UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE CONSTRUCCIONES

Desarrollo y evaluación del método integral CPM/Last Planner para la planificación, control de construcciones y el manejo de la incertidumbre.

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de

INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES

Autor:

JOSÉ ANDRÉS CUEVA MOSCOSO

Director

ING. VLADIMIR EUGENIO CARRASCO CASTRO. M.SC.

CUENCA – ECUADOR

2017

DEDICATORIA

A mi abuelo, “Ito”, quién, a través de su pasión y dedicación hacia la ingeniería civil, me enseñó que los retos y las dificultades son parte del día a día, que cada momento puede ser más sacrificado y decisivo que el anterior, pero cada segundo será victorioso si haces lo que amas. Desde la primera vez que lo acompañé en una de sus jornadas laborales, mediante su entrega, liderazgo y su ejemplar manera de resolver cada problema de la forma más eficiente e ingeniosa, no ha dejado de enseñarme e instruirme pues es él de quien aprendí que la clave del éxito es transformar la vocación en vacación.

A mis padres, a mis hermanos, y a mis abuelos, quienes me han acompañado, alentado, motivado y aconsejado en cada momento de mi vida con el único objetivo de verme triunfar y que sea feliz.

AGRADECIMIENTO

Me gustaría agradecer primeramente a Dios, quien me ha dado la fuerza y el ánimo para sobrellevar cada situación y me ha acompañado omnipresentemente en cada momento de mi vida.

A Juan Esteban Crespo, quien siempre estuvo dispuesto a darme toda su ayuda a cualquier momento y hora del día, y fue una persona esencial para poder realizar el presente trabajo de titulación.

A mis padres y hermanos, quienes siempre me han motivado y me han ayudado a resolver toda situación adversa. Sin su apoyo incondicional hubiera resultado imposible obtener el título de Ingeniero.

Quiero agradecer de manera especial a “Abu Marcia” quién en todo momento de mi vida me ha apoyado y ayudado a encontrar la solución de lo que creía irremediable, ya sea en tempranas horas de la mañana o altas horas de la noche.

A mis profesores, Vladimir Carrasco, Juan Carlos Malo y Paúl Cordero, quienes me guiaron con sus conocimientos y fueron imprescindibles para la realización del presente trabajo de titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS iv
ÍNDICE DE FIGURAS viii
ÍNDICE DE TABLAS xii
ÍNDICE DE ANEXOS xiv
RESUMEN xv
ABSTRACT xvi
INTRODUCCIÓN 1
ANTECEDENTES 3
JUSTIFICACIÓN 6
ALCANCE 6
OBJETIVO GENERAL 9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS 9
1. CAPÍTULO I 10
1.1. Introducción 10
1.2. Conceptos importantes 11
1.3. Descripción del sistema 12
1.4. Reseña histórica 15
1.5. Componentes del sistema 16
1.5.1. Identificación de las actividades 16
1.5.2. Relaciones de interdependencia de las actividades 20
1.5.3. Estimación de la duración de las actividades 22
1.5.4. La red de actividades y sus componentes 23
1.5.4.1. Red de actividades 24
1.5.4.2. Consideraciones y particularidades para elaborar la red 27
1.5.4.3. Procedimiento para elaborar la red de actividades 33

1.5.4.4. Análisis de tiempos 36
1.5.4.5. Holguras 48
1.5.4.6. La Ruta Crítica 59
1.6. Análisis de precios unitarios 63
1.6.1. Conceptos importantes 63
1.6.2. Descripción general 64
1.6.3. Método de cálculo 71
1.6.4. Presupuesto 75
1.7. Análisis de sensibilidad (Optimización de costos) 76
1.8. Ventajas del Método de la Ruta Crítica 78
1.9. Conclusiones 79
2. CAPÍTULO II 81
2.1. Introducción 81
2.2. Descripción general de la vivienda 81
2.3. Determinación de las actividades 83
2.4. Cantidades de obra 85
2.5. Relación de precedencia entre las actividades y estimación de las duraciones 90
2.6. Red de actividades 94
2.7. Análisis de la ruta crítica y las holguras 105
2.8. Presupuesto 111
2.9. Cronograma valorado, curvas de duración vs costos y duración vs avance planificado 115
2.10. Análisis de sensibilidad 125
2.11. Conclusiones 127
3. CAPÍTULO III 130
3.1. Introducción 130
3.2. Conceptos importantes 131

3.3. Filosofías en las que se basa el sistema 133
3.3.1. *Lean Production* 133
3.3.2. *Lean Construction* 135
3.4. Descripción general del sistema 137
3.5. Principios del sistema 141
3.5.1. Cinco conversaciones cruciales para el flujo de trabajo 141
3.6. Componentes o etapas del método 145
3.6.1. Planificación inicial o Plan Maestro 147
3.6.2. Programas de fase ("Pull Planning") 148
3.6.3. Planificación Intermedia o *Lookahead Process* 153
3.6.3.1. Ventana de Planificación Intermedia 157
3.6.3.2. Asignaciones de calidad 158
3.6.4. Plan de producción (Planificación Semanal) 163
3.6.5. Seguimiento de la producción, medición y aprendizaje 167
3.7. Ventajas de la implementación del sistema 175
3.8. Crítica a los sistemas de planificación tradicionales 177
3.9. Comparación métodos de planificación tradicionales vs *Last Planner* 180
3.10. Conclusiones 183
4. CAPÍTULO 4 187
4.1. Introducción 187
4.2. Las reuniones y conversaciones para la implementación del sistema 187
4.2.2. Reunión para la Planificación Intermedia 195
4.2.3. Reunión para la Planificación Semanal 197
4.2.4. *Stand-up Meetings* (Reuniones de pie) 201
4.3. Implementación del *Last PLanner System* 202
4.4. Metodología de implementación 205
4.4.1. Reunión para la Planificación Intermedia 207

4.4.2. Reunión para la Planificación Semanal 212
4.5. Resumen y resultados de la Implementación del Last Planner System 214
4.5.1. Reunión para la Planificación Intermedia 214
4.5.2. Reunión Semanal 220
4.5.2.1. Reunión Semanal 1 220
4.5.2.2. Reunión Semanal 2 227
4.5.2.3. Reunión Semanal 3 239
4.5.2.4. Reunión Semanal 4 251
4.5.2.5. Reunión Semanal 5 266
4.6. Evaluación y resultados de la implementación del *Last Planner System* .. 274
4.7. Conclusiones 283
CONCLUSIONES 287
RECOMENDACIONES 290
BIBLIOGRAFÍA 292
ANEXOS 298

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Estructura de la División de Trabajo. 19
Figura 1.2: Círculo de precedencias entre actividades. 21
Figura 1.3: Tipos de relaciones entre las actividades. 25
Figura 1.4: Eventos y actividades. 27
Figura 1.5: Secuencia lineal de actividades. 28
Figura 1.6: Evento precedido por varias actividades. 28
Figura 1.7: Evento origen. 28
Figura 1.8: Actividades que comparten sus precedentes. 29
Figura 1.9: Actividad simultánea. 29
Figura 1.10: Actividad simultánea sin actividad ficticia 30
Figura 1.11: Actividad simultánea con actividad ficticia 30
Figura 1.12: Actividad que comparte algunas de las actividades precedentes 30
Figura 1.13: Ampliación 1 al caso “actividad que comparte algunas de las actividades precedentes” 31
Figura 1.14: Ampliación 2 al caso “actividad que comparte algunas de las actividades precedentes” 31
Figura 1.15: Actividades secuenciales largas 32
Figura 1.16: Actividades secuenciadas mediante fases 32
Figura 1.17: Diagrama de flechas 35
Figura 1.18: Diagrama de precedencias 36
Figura 1.19: Notación de los elementos en los diagramas de flechas 37
Figura 1.20: Diagrama de flechas para el cálculo de los tiempos tempranos y tardíos 39
Figura 1.21: Cálculo de los tiempos tempranos en el diagrama de flechas 40
Figura 1.22: Cálculo de los tiempos tardíos en el diagrama de flechas 41
Figura 1.23: Formas de representar las actividades y sus componentes con el diagrama de precedencias 42
Figura 1.24: Conexiones entre dos actividades con el diagrama de precedencias 43
Figura 1.25: Red de precedencias para el cálculo del tiempo de inicio y terminación tempranos y tardíos 45

Figura 1.26: Cálculo de los tiempos tempranos de las actividades del diagrama de precedencias 47
Figura 1.27: Holgura total de una actividad comprendida entre dos eventos 49
Figura 1.28: Diagrama de flechas para el cálculo de las holguras totales..... 50
Figura 1.29: Holgura total de cada actividad en la red de flechas 51
Figura 1.30: Red de precedencias para el cálculo de las holguras totales..... 51
Figura 1.31: Holgura total en cada actividad en la red de precedencias 52
Figura 1.32: Representación gráfica de la holgura libre de una actividad comprendida entre dos eventos 53
Figura 1.33: Diagrama de flechas para el cálculo de la holgura libre..... 54
Figura 1.34: Diagrama de precedencias para el cálculo de la holgura libre 55
Figura 1.35: Representación gráfica de la holgura libre de una actividad comprendida entre dos eventos 56
Figura 1.36: Diagrama de flechas para el cálculo de la holgura independiente..... 57
Figura 1.37: Diagrama de flechas para el cálculo de la holgura independiente..... 58
Figura 1.38: Determinación de las longitudes de ruta..... 60
Figura 1.39: Determinación de la ruta crítica por medio de las holguras totales..... 62
Figura 1.40: Ruta crítica..... 63
Figura 1.41: Plantilla para el análisis de precios unitarios..... 72
Figura 1.42: Plantilla detallada para el análisis de precios unitarios 73
Figura 1.43: Plantilla para el presupuesto de obra 76
Figura 2.1: Ventana de MS Project para ingresar los datos necesarios para la elaboración de la red del proyecto 95
Figura 2.2: Ventana de MS Project al ingresar las actividades..... 96
Figura 2.3: Diagrama de barras de Gantt 97
Figura 2.4: Actividad de finalización de la red..... 98
Figura 2.5: Cuadro de información de la actividad de finalización de la red 98
Figura 2.6: Diagrama de barras de Gantt con Ruta Crítica..... 100
Figura 2.7: . Pestaña “Vista” para convertir diagrama de barras de Gantt en una red de precedencias 101
Figura 2.8: Información presente en cada nodo de las actividades para la red de precedencias en Microsoft Project 102
Figura 2.9: Ejemplo de los colores en las actividades de acuerdo a su naturaleza .. 102
Figura 2.10: Red de precedencias con Ruta Crítica 104

Figura 2.11: Fecha de terminación del proyecto 105
Figura 2.12: Ejemplo para el segundo caso de la diferencia de valores entre la holgura total y la holgura libre 109
Figura 2.13: Cronograma valorado de trabajos 117
Figura 2.14: Distribución de las actividades para la primera quincena 119
Figura 2.15: Distribución de las actividades para la segunda quincena 121
Figura 2.16: Inversión quincenal requerida 122
Figura 2.17: Inversión quincenal acumulada
Figura 2.18: Inversión requerida en cada quincena 122
Figura 2.19: Avance acumulado del cronograma 122
Figura 3.1: Tipos de actividades 134
Figura 3.2: Estructura de la planificación tradicional. Estructura de la planificación con “Last Planner System” 139
Figura 3.3: Estructura de la planificación con “Last Planner System” 140
Figura 3.4. El proceso colaborativo para la Planificación de la Producción. 144
Figura 3.5. Esquema genera de la metodología del Last Planner System propuesta por Glenn Ballard en su tesis de doctorado. 145
Figura 3.6. Componentes del Last Planner System. 146
Figura 3.7. Principales componentes del sistema Last Planner. 146
Figura 3.8. Estructura para la elaboración del plan maestro. 147
Figura 3.9. El proceso “Lookahead”: Preparar mediante la revisión y el sistema “pull”. 155
Figura 3.10: Ventana de planificación intermedia. 160
Figura 3.11. Plantilla para la revisión de restricciones. 161
Figura 3.12. Protección de las actividades mediante las asignaciones de calidad. .. 163
Figura 3.13. El círculo de las promesas. 166
Figura 3.14. Formato de Planificación Semanal con la medición del PPC y CNC. 172
Figura 3.15. Programación Semanal y medición del PPC. 172
Figura 3.16. Plan de Producción. 172
Figura 3.17. Resumen del Sistema del Último Planificador. 173
Figura 3.18. Cómo se puede aplicar el Last Planner System a cualquier empresa constructora. 174
Figura 3.19. Esquema del proceso de planificación tradicional 178
Figura 3.20. Funcionamiento generalizado del LPS. 179

Figura 4.1: Etapas del LPS y reuniones en las que ocurre cada una de ellas..... 189
Figura 4.2: Campos de información que se deben rellenar en la hoja adhesiva. 192
Figura 4.3: Instrucciones para rellenar la hoja adhesiva. 192
Figura 4.4: Ejecución del Plan de Producción. 198
Figura 4.5: Perfiles metálicos electrosoldados en sección “I” en planta alta alta y cubierta..... 203
Figura 4.6: Zapatas y armaduras para columnas adicionales..... 204
Figura 4.7: Excavación para desagües y pozos de revisión 204
Figura 4.8: Grieta en pared entre eje 4 y eje F 205
Figura 4.9: Preparación del flujo para las próximas semanas (Ventana Lookahead) 210
Figura 4.10: Planilla para el análisis de las restricciones..... 211
Figura 4.11: Planilla para el Inventario de Trabajo Ejecutable..... 211
Figura 4.12: Cronograma Pull para todo el proyecto..... 215
Figura 4.13: Gráfico de las Causas de No Cumplimiento de las actividades para la semana 1..... 231
Figura 4.14: Gráfico de las Causas de No Cumplimiento de las actividades para la semana 2..... 241
Figura 4.15: Gráfico de las Causas de No Cumplimiento de las actividades para la semana 3..... 256
Figura 4.16: Deflexión de las vigas de madera. 258
Figura 4.17: Gráfico de las Causas de No Cumplimiento de las actividades para la semana 4..... 268
Figura 4.18: Evolución del Porcentaje de Plan Completado..... 275
Figura 4.19: Gráfico de las Causas de No Cumplimiento Generales..... 278

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Tabla de actividades..... 35
Tabla 1.2: Tabla para el análisis de tiempos 38
Tabla 1.3: Cálculo de los tiempos de inicio tempranos y tardíos de las actividades de la red de flechas..... 42
Tabla 2.1: Work Breakdown Structure 84
Tabla 2.2: Resumen de cantidades de obra para cada actividad 87
Tabla 2.3: Tabla de precedencias y duraciones..... 91
Tabla 2.4: Tabla de holguras y actividades críticas 106
Tabla 2.5: Presupuesto de obra 112
Tabla 3.1: Comparación entre el Sistema de producción tradicional y Lean Production 182
Tabla 3.2: Comparación entre el método CPM y Last Planner..... 183
Tabla 4.1: Oficios y responsables 208
Tabla 4.2: Cronograma Lookahead..... 219
Tabla 4.3: Planilla de restricciones para la semana 1..... 222
Tabla 4.4: Inventario de Trabajo Ejecutable para la semana 1. 224
Tabla 4.5: Planificación Semanal para la semana 1. 225
Tabla 4.6: Actividades críticas dentro de la planificación semanal 226
Tabla 4.7: Cálculo del PPC de las actividades de la semana 1. 228
Tabla 4.8: PPC global para la semana 1..... 230
Tabla 4.9: Tabla de cálculo de la frecuencia relativa para cada Causa de No Cumplimiento de la Semana 1. 231
Tabla 4.10: Planilla de restricciones para la semana 2..... 233
Tabla 4.11: Inventario de Trabajo Ejecutable para la semana número 2. 234
Tabla 4.12: Planificación de la Producción para la semana 2. 235
Tabla 4.13: Actividades críticas dentro de la planificación semanal 2 236
Tabla 4.14: Primera actualización del Cronograma Lookahead con horizonte de 7 semanas 237
Tabla 4.15: Primera actualización del Cronograma Lookahead con un horizonte de cuatro semanas. 238
Tabla 4.16: Cálculo del PPC de las actividades de la semana 2 240
Tabla 4.17: PPC global para la semana 2..... 241

Tabla 4.18: Tabla de cálculo de la frecuencia relativa para cada Causa de No Cumplimiento de la Semana 2. 241
Tabla 4.19: Planilla de restricciones para la semana 3..... 244
Tabla 4.20: Inventario de Trabajo Ejecutable para la semana número 3 245
Tabla 4.21: Planificación de la Producción para la semana 3..... 246
Tabla 4.22: Actividades críticas dentro de la planificación semanal 3 247
Tabla 4.23: Segunda actualización del Cronograma Lookahead con horizonte de 7 semanas 248
Tabla 4.24: Segunda actualización del Cronograma Lookahead con un horizonte de cuatro semanas 249
Tabla 4.25: Cálculo del PPC de las actividades de la semana 3. 252
Tabla 4.26: PPC global para la semana 3 (Incluyendo actividad de “definición de las medidas de la claraboya sobre el pasillo de planta alta”)..... 254
Tabla 4.27: PPC global para la semana 3 (Sin incluir actividad de “definición de las medidas de la claraboya sobre el pasillo de planta alta”)..... 254
Tabla 4.28: Tabla de cálculo de la frecuencia relativa para cada Causa de No Cumplimiento de la Semana 3 256
Tabla 4.29: Planilla de restricciones para la semana 4..... 259
Tabla 4.30: Inventario de Trabajo Ejecutable para la semana número 4 260
Tabla 4.31: Planificación de la Producción para la semana 4..... 261
Tabla 4.32: Actividades críticas dentro de la planificación semanal 4 262
Tabla 4.33: Tercera actualización del Cronograma Lookahead con horizonte de 7 semanas 263
Tabla 4.34: Tercera actualización del Cronograma Lookahead con un horizonte de cuatro semanas 264
Tabla 4.35: Cálculo del PPC de las actividades de la semana 4 267
Tabla 4.36: PPC global para la semana 4..... 268
Tabla 4.37: Tabla de cálculo de la frecuencia relativa para cada Causa de No Cumplimiento de la Semana 4 268
Tabla 4.38: Cuarta actualización del Cronograma Lookahead con horizonte de 7 semanas 272
Tabla 4.39: Evolución del Porcentaje del Plan Completado..... 275
Tabla 4.40: Cálculo de la frecuencia absoluta y relativa totales para cada Causa de No Cumplimiento..... 278

ÍNDICE DE ANEXOS

1. Cantidades de obra …… 298
2. Análisis de precios unitarios …… 406
3. Anexo fotográfico …… 452
4. Planos …… 483

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DEL MÉTODO INTEGRAL CPM/LAST PLANNER PARA LA PLANIFICACIÓN, CONTROL DE CONSTRUCCIONES Y EL MANEJO DE LA INCERTIDUMBRE.

RESUMEN

El trabajo de titulación presenta la aplicación de un procedimiento de planificación y control de obra usando el Método de la Ruta Crítica (CPM) en combinación con una técnica basada en la filosofía *Lean*, con el propósito de manejar la incertidumbre inherente a la construcción y así mejorar el proceso. Se utiliza un caso de estudio, para el cual se establecen las actividades, relaciones entre éstas y los costos para ejecutar la obra, generando así un cronograma con su respectiva ruta crítica, que posteriormente, a través del sistema *Last Planner*, se desmenuza en cronogramas de menor duración hasta llegar a la planificación semanal.

Palabras clave: Actividades, red, costos, cronograma, productividad, incertidumbre.

Vladimir Eugenio Carrasco Castro

Director de Tesis

José Fernando Vázquez Calero

Director de Escuela

José Andrés Cueva Moscoso

Autor

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF THE CPM / LAST PLANNER INTEGRATED METHOD FOR PLANNING AND CONTROL OF CONSTRUCTION PROJECTS AND MANAGEMENT OF UNCERTAINTY.

ABSTRACT

This graduation work dealt with the implementation of a procedure for planning and control of construction projects through the Critical Path Method (CPM) in combination with a Lean philosophy-based technique. The Purpose was to manage the uncertainty inherent in construction, and thus, improve the process. A case-study was used; for which, activities, relations between them and the costs to implement the work were established. Then, a schedule with its respective critical path was generated. After, through the application of the Last Planner system, this was broken down into shorter-term schedules, until the weekly planning was established.

Keywords: activities, network, costs, schedule, productivity, uncertainty.

Vladimir Eugenio Carrasco Castro
Thesis Director

José Fernando Vázquez Calero
School Director

José Andrés Cueva Moscoso
Author

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
Dpto. Idiomas

Translated by
Lic. Lourdes Crespo

Cueva Moscoso José Andrés

Trabajo de Graduación

Mst. Vladimir Eugenio Carrasco Castro

Mayo, 2017

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DEL MÉTODO INTEGRAL CPM/LAST PLANNER PARA LA PLANIFICACIÓN, CONTROL DE CONSTRUCCIONES Y EL MANEJO DE LA INCERTIDUMBRE

GENERALIDADES

INTRODUCCIÓN

La construcción en un país es el sector más fuerte en términos económicos, ya que es ahí donde se invierte la mayor parte del capital del país. En Ecuador este caso no es diferente ya que de acuerdo a la Federación Interamericana de la Industria de la Construcción (FIIC), la industria de la construcción es la segunda de mayor crecimiento en el Producto Interno Bruto (PIB) (9% promedio entre 2010 y 2013), superada sólo por Seguridad y Defensa (14%). Así mismo, con un crecimiento del 8,6% en 2013 y 5,5% en 2014, la construcción sigue ubicándose como uno de los sectores de mayor dinamismo de la economía. Consecuentemente, la construcción es una actividad que se desarrolla de manera constante, por lo que gran parte de la fuerza laboral de un país se encuentra inmerso en este mundo, en el cual una mala programación de obra tiene fuertes repercusiones para los encargados de la ejecución de las obras. El sector de la construcción por tradición ha sido relacionado a un mal desempeño, ya que, debido a la percepción que la población tiene de la misma, se considera como un sector con escasa productividad y dudosa calidad, sin mencionar la gran presión que existe sobre los trabajadores, la cual sumada a la costumbre de dar solución a los problemas de manera correctiva en el día a día durante la ejecución, en lugar de presentar soluciones de manera preventiva durante la planificación, ha

causado que el sector de la construcción se encuentre inmerso en un ambiente de malestar, disputas e incertidumbre ha sido asociado a un mal desempeño.

Además de la falta de planificación, uno de los principales factores que causan problemas dentro del mundo de la construcción es el manejo de riesgo en cuanto al cumplimiento del cronograma, ya que el mismo está implícito en todas las obras que se realice debido a que está en función de la variabilidad e incertidumbre, compuesto de varios factores tales como las condiciones físicas y climáticas, el rendimiento de la cuadrilla, el número de trabajadores o la calidad o experiencia del personal que se use, retrasos, entrega a tiempo de materiales, prerrequisitos necesarios, ubicación de la obra, tipo de obra, entre otros. Entonces como se puede observar la construcción está supeditada a muchos factores que podrían generar problemas y pérdidas tanto de tiempo y calidad como de dinero y la reputación del contratista. Por otro lado, también debido a los factores nombrados, la estadística versa que sólo el 50% (Ballard H. G., A brief history of the Last Planner System of Production Control, 2000) de lo ejecutado se cumple de acuerdo a lo programado, causando al final de la obra malestares y pérdidas económicas para el constructor, así como discusiones con el dueño, creando de esta manera un ambiente tenso y de angustia.

La administración de proyectos de construcción es todo un arte que involucra tanto conocimientos contables como control de maquinaria y equipo, así como de personal. Es ahí donde entra en juego la habilidad de balancear el tiempo y el personal, generando la mejor calidad de obra en el menor tiempo con el mayor rédito económico. El presente trabajo de titulación persigue justamente lo estipulado, es decir, planificar una obra de tal manera que se tenga claro las actividades que la conforman y su interrelación, para identificar la secuencia lógica que se debe seguir para poder completar la obra de inicio a fin, plasmando esto en una red gráfica de actividades para posteriormente calcular los tiempos de inicio y fin de cada actividad, la duración total del proyecto, así como costo para el constructor de ejecutar cada actividad mediante el análisis de precios unitarios, que al realizar una suma aritmética de los cotos de cada actividad (que en este caso serán los rubros; se explicará la diferencia más adelante) e incorporar la cantidad de obra que se tendrá para cada una de ellas se podrá saber el costo que tendrá el proyecto, lo cual es una aproximación muy útil para cada una de las partes interesadas. La red lógica de actividades con sus duraciones permitirá que se pueda realizar un cronograma total del trabajo que se debería ejecutar para llevar a

cabo la construcción de inicio a fin, y el mismo servirá para dar inicio a un método de construcción, basado en la filosofía *Lean Construction*, el cual permitirá la planificación a distintos niveles de detalle, en los que cada etapa contempla programas actualizados con la situación real del proyecto, además de preparar cada actividad de tal forma de que la producción se planifique únicamente en base a las actividades que realmente podrán ser ejecutadas, entonces se tendrá un flujo de trabajo ininterrumpido y eficiente, es decir no solamente se aumentará la productividad, sino la calidad, la seguridad y la satisfacción tanto del cliente como de los distintos equipos que realizarán el trabajo al crear un ambiente con una estructura organizacional horizontal, que eliminará la mayor parte de los desperdicios y la variabilidad e incertidumbre en la que están envueltos todos los proyectos de construcción.

Con el objetivo de probar la efectividad y la factibilidad de combinar el método de planificación tradicional (que en nuestro medio generalmente el método tradicional es una mezcla de ciertos elementos del Método de la Ruta Crítica, como lo es la propia ruta crítica, más la informalidad presente en el medio) con un método que tiene fundamentos completamente distintos, además de un funcionamiento completamente diferente, se implementará el sistema propuesto en la planificación y construcción de una vivienda. De esta manera se buscará en el presente trabajo de titulación aumentar la productividad en la planificación y control de un proyecto de construcción, además de eliminar en su máximo grado la incertidumbre, mediante la predictibilidad en la ejecución de la programación que se realiza para cada semana.

ANTECEDENTES

La construcción es un sector económico en el cual se manejan sumas monetarias sustanciales, así como el número de actores que participan con cada uno de los proyectos de construcción, es elevado, razón por la cual es imperioso que la planificación y control en estos proyectos sean lo más precisos, eficientes, minuciosos y éticos posibles, ya que una mala administración de un proyecto puede resultar desde disputas y grandes pérdidas monetarias para las partes interesadas, así como en demandas judiciales. Por ello se debe realizar el manejo de proyectos con una metodología de trabajo que cumpla con los estándares planteados, de ahí la importancia de los métodos que se empleen para la administración de la construcción.

En el Ecuador, si bien la mayoría de empresas y personas naturales que están inmersos en el mundo de la construcción, no obstante, no utilizan al pie de la letra un método de planificación de obra enteramente, puesto que, se basan en los principios de un determinado método y ejecutan simplemente ciertas partes del método, ya sea para cumplir con los estándares del contrato o para tener cierto control del proyecto, no obstante en su mayoría el método de planificación que predomina es el sistema tradicional, puntualmente el Método de la Ruta Crítica (CPM). El método CPM, como se analizará al final del capítulo 3, de acuerdo a Glenn Ballard en su tesis doctoral, y varios autores que incluyen a Baldwin y Bordolli, Juan Felipe Pons y Alan Mossman; es un buen método en la teoría; pues en la práctica es ineficiente debido a todas las situaciones y condiciones a las que se sujetan la ejecución de los proyectos, por ello se generan desperdicios de distintos tipos, como lo son desperdicios en tiempo que se traducen en retrasos en el proyecto, desperdicios en mano de obra y materiales, los cuales se traducen en pérdida monetarias tanto para el contratista como para el cliente.

Consecuentemente, debido a la popularidad del sistema tradicional en el día a día de los proyectos de construcción, se han realizado investigaciones para poder optimizar el sistema por medio de incorporar al sistema herramientas de planificación que sean afines a los fundamentos del mismo, o bien proveer una guía para su correcta implementación. Por ejemplo, El estudio realizado por los ingenieros John Xavier Samaniego Navarrete y Juan Andrés Vanegas Ortiz, provenientes de la ciudad de Cuenca, Ecuador, tiene como objetivo dar a conocer las maneras en las que se puede programar un proyecto de construcción que tenga como resultado la aplicación de un control de obra y eficiencia en lo que se refiere a procesos de construcción y tiempos. Para ello los autores del estudio mencionado se basan en el método de Gantt y el método de la Ruta Crítica (CPM), obteniendo resultados tales como una visualización general del tiempo que requerirá el proyecto para ser materializado, así como la relación y dependencia de las actividades necesarias para poder ejecutarlo, arrojando de este modo la determinación de la ruta crítica del proyecto, así como el tiempo que se pueden retrasar las actividades que no son parte de esa ruta, de tal modo que su retraso no tenga repercusiones en la duración total planificada del proyecto. Concluyendo de este modo que la planeación utilizada con los métodos mencionados permite un mejor aprovechamiento de los recursos (personal, tiempo y dinero), beneficiando a ambas partes; es decir a la entidad contratante, así como el contratista.

(Samaniego Navarrete & Vanegas Ortiz, Resumen. Conclusiones., 2014). Así mismo a nivel nacional destaca el trabajo del ingeniero Luis Palate Moyolema, el cual consta de un análisis de rendimientos y desglose minucioso de los elementos que influyen en un proyecto y los precios unitarios de cada una de las actividades que son necesarias para llevar a cabo el proyecto. Para lograr una adecuada planificación y control el autor utiliza el método PERT/CPM, pudiendo así determinar la duración del proyecto y las actividades más críticas para realizarlo, logrando de esta manera ahorros en lo que se refiere a tiempo y dinero. (Palate Moyolema, 2012).

El Método de la Ruta Crítica es el método más usado ya sea por tradición o por ignorancia de la existencia de métodos nuevos, peor aún, la combinación de dos métodos. De cualquier manera, siempre habrá resistencia para adoptar un sistema completamente distinto al tradicional, debido a que ello obligaría a los constructores y directivos de las corporaciones a salir de su zona de confort, y asumir un "riesgo" al cambiar lo que han venido realizando en años pasados para adoptar un sistema del cual no saben de su funcionamiento, y desconocen la factibilidad de que el mismo sea aplicado en nuestro medio, ignorando realmente los beneficios que puede ofrecer un sistema basado en la filosofía *Lean* al ser implementado correctamente y con un verdadero compromiso. Por ello la escasez de investigaciones de sistemas que respondan a la filosofía *Lean Construction* como lo es el *Last Planner System*.

José Coronel Carcelén, oriundo de la ciudad de Quito, es uno de los pioneros en Ecuador en este ámbito al lograr crear un manual o guía para la correcta implementación del sistema *Last Planner* en proyectos de construcción. En este trabajo se presenta un manual para la correcta implementación del sistema *Last Planner* y tener una guía para iniciar procesos de cambio en la construcción, dando como resultado el beneficio de todos los usuarios. Al aplicar esta metodología a un proyecto se concluye que además de ser beneficioso para planificar, también lo es para importantes componentes de la administración, tales como la organización, dirección y coordinación. Adicionalmente, con el sistema *Last Planner* es posible balancear de manera armoniosa el costo, calidad y satisfacción de todos los involucrados, logrando optimizar el proyecto en todo sentido. (Carcelén, 2010).

Uno de los principales cambios de mentalidad que se debe hacer para implementar satisfactoriamente la filosofía *Lean Construction*, es la de romper los esquemas

tradicionales de promover una jerarquía organizacional piramidal y cambiarla por una estructura horizontal. Si bien es un cambio difícil de realizar en nuestro medio, no obstante, es necesario.

JUSTIFICACIÓN

Debido a la popularidad del sistema tradicional de planificación y control de obra en nuestro medio, y a la falta de desarrollo e investigación de métodos nuevos, así como la resistencia al cambio de mentalidad, sumado a la necesidad de aumentar la productividad, calidad y el ambiente existente en las construcciones, y así la reputación que tiene el sector de la construcción en nuestro medio debido a los paradigmas que dicta la cotidianidad, es necesario desarrollar un método de planificación y control de obra, el cual recopile las ventajas del método tradicional, pero al mismo tiempo enmiende sus falencias y genere un salto potencial en la productividad, calidad de los trabajos, satisfacción de todas las partes interesadas; creando un ambiente de bienestar al eliminar la variabilidad y desperdicios, así como promover un compromiso real de los ejecutores.

Para ese fin el presente trabajo de titulación tiene como objetivo desarrollar un sistema de administración de proyectos de construcción, combinando los dos métodos más representativos de las dos filosofías analizadas, es decir, el Método de la Ruta Crítica y el *Last Planner System*. Con el objetivo y obligación moral de brindar un sistema que permita a la sociedad constructora tener una participación en el futuro que cumpla y supere las expectativas de los clientes, además de desarrollar la metodología, se implementará la misma en la planificación y construcción de una vivienda, de esa manera el lector podrá aprender paso a paso cómo implementar el sistema, además de experimentar la transición entre dos filosofías que, si bien son opuestas, no obstante, compatibles si se realiza la transición entre ambos sistemas en el punto adecuado, lo cual se explica en el presente trabajo.

ALCANCE

El alcance del presente trabajo de investigación es el desarrollo de un método de planificación y control a partir del Método de la Ruta Crítica y el *Last Planner System* (Sistema del Último Planificador en español), en el cual se desarrollen los componentes y particularidades de cada uno de los métodos, así como su metodología

de implementación y fusión, de tal forma que nos beneficiemos de las ventajas de ambos métodos.

Para poder realizar lo mencionado, se implementará el método a desarrollarse mediante un caso de estudio, el cual consta de la planificación y construcción de una vivienda, ubicada en el sector de San Joaquín, Cuenca. La vivienda que será objeto del caso de estudio, es un excelente ejemplo para implementar el sistema, ya que la misma constará de un sótano, planta baja y una planta alta, para las cuales se necesitará realizar muros de hormigón armado y dispondrá de losas alivianadas con casetones de pómez, así como también su planta alta estará sustentada por perfiles metálicos electrosoldados, los cuales servirán como sustento de la losa de piso de planta alta, la cubierta, así como una losa conformada por placa colaborante. Es decir, la vivienda presenta un grado alto de complejidad debido a las distintas secciones y materiales que posee, por lo que deberán actuar en la misma distintos equipos para la ejecución de las actividades, por lo que la implementación del sistema en la misma proveerá insumos suficientes para que el sistema sea explicado con claridad y profundidad.

Para implementar el sistema, primero se actuará con el método CPM, ya que el mismo es una excelente herramienta para determinar la secuencia y relaciones entre las distintas actividades, para finalmente conocer la holgura que se tiene para cada una de ellas, así como la duración estimada para la totalidad del proyecto, lo cual se complementará armoniosamente con el presupuesto para la construcción de la vivienda, el cual se obtiene a partir del análisis de precios unitarios, razón por la cual se deben calcular las cantidades de obra a partir de los planos e información existente. El objetivo del método CPM es obtener una red con las actividades que se deben ejecutar de inicio a fin del proyecto, acompañado de la identificación de las actividades críticas, con las cuales se debe tener especial precaución, y finalmente plasmar la red obtenida y el presupuesto en un cronograma valorado de trabajos general de proyecto, lo cual proveerá al cliente una aproximación del flujo de caja que existirá a lo largo de cada fase el proyecto.

La implementación del Sistema del Último Planificador tiene lugar a partir del cronograma valorado obtenido con el método CPM, y se implementará este sistema durante un período determinado, equivalente a la duración de la etapa Intermedia del mismo, la cual será de cuatro semanas. Entonces se selecciona en el cronograma

valorado el período en el cual se implementará el sistema, y se realiza los distintos niveles de planificación y control de obra durante la etapa mencionada, midiendo la productividad mediante indicadores, los cuales se explicará posteriormente en el capítulo respectivo, además de analizar las causas de incumplimiento de las actividades, para mediante una retroalimentación tomar acciones correctivas.

Finalmente se evaluará los resultados obtenidos mediante la implementación del sistema, y se analizará si realmente se cumplen las hipótesis propuestas, así como los objetivos de ambos sistemas, y adicionalmente se analizarán las dificultades que se afrontaron al implementar los mismos.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un método integral que combine el Método de la Ruta Crítica y el sistema *Last Planner*, para optimizar la planificación y control de la ejecución del cronograma de proyectos de construcciones, mediante el manejo de la incertidumbre.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las actividades necesarias para la ejecución del proyecto, así como sus duraciones, costos y las relaciones existentes entre las actividades a realizarse.
- Determinar la ruta crítica del proyecto con el objeto de proporcionar información valiosa para la generación de cronogramas de semanales con la metodología *Last Planner*.
- Establecer el cronograma valorado de trabajos para toda la obra, el cual será el Cronograma *Pull* del sistema *Last Planner*.
- Generar y evaluar cronogramas semanales predecibles que genere un Porcentaje de Plan Completado global general para el período de implementación igual o superior al 70%.

1. CAPÍTULO I
EL MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA

1.1. Introducción

En las últimas décadas el desarrollo tecnológico y el crecimiento poblacional exponencial han sido los principales factores desencadenantes para que las ciudades se expandan tanto de manera horizontal como vertical. La construcción de obras civiles se posiciona como un factor clave dentro de este ambiente, dentro del cual la administración de proyectos juega un papel crucial, ya que en el caso de que la administración es deficiente el ambiente se tornará desfavorable al estar envuelto en disputas entre el cliente y la persona (natural o jurídica) responsable de materializar el proyecto, además de que una mala gestión puede llevar a grandes pérdidas económicas para ambas partes. De ahí la importancia de administrar de una manera acertada, eficiente y ética el proyecto, y para ello es imprescindible contar con una herramienta que permita la toma de decisiones en base al procesamiento y análisis de la información que se tiene del proyecto, la cual arroje resultados lógicos de tal forma que se pueda balancear los tres factores críticos que intervienen en todo tipo de construcción: plazos, costo y alcance, con la mejor calidad posible.

Un sistema de análisis de redes proporciona un método comprensible para la planificación, programación y control de proyectos. El método de la Ruta Crítica (*Critical Path Method* en inglés) es la herramienta más utilizada y desarrollada del sistema tradicional para programación y control de proyectos de distinta índole, la cual consiste en la representación por medio de un esquema, de las actividades que se deben realizar para poder ejecutar la obra, así como la secuencia lógica y la relación de dependencia de cada una de ellas, con la finalidad de determinar la ruta más larga en el diagrama de actividades, la cual revelará el tiempo más corto en el cual puede ser materializado el proyecto. El Método de la Ruta Crítica es aplicable para cualquier tipo de proyecto, y dentro de la construcción, ha sido ampliamente aplicado, debido a que los resultados que arroja el método son datos imprescindibles para entender el comportamiento que debería tener la ejecución de la construcción del proyecto, así como para determinar las fechas límites en las que se debería haber alcanzado cada fase del proyecto para que no se genere un retraso en el proyecto, de esta manera se puede controlar que se cumplan con los plazos y el alcance. Adicionalmente, el método

al ser complementado mediante herramientas de análisis contable como lo es el análisis de precios unitarios, y así, determinar el costo de cada actividad y la totalidad del proyecto, para finalmente plasmar la red de actividades y los costos en un cronograma valorado total del proyecto, el cual será de gran ayuda para el departamento administrativo, así como para el cliente (dueño del proyecto), ya que, se podrá controlar el avance y ejecución del mismo, así como el flujo de caja que se tendrá a lo largo de cada etapa en la construcción.

En este primer capítulo se describirá el funcionamiento y los componentes del Método de la Ruta Crítica, así como del análisis de precios unitarios, y de esa manera se contará con todos los insumos necesarios para implementarlo en el siguiente capítulo

1.2. Conceptos importantes

En el desarrollo del presente capítulo se utilizará constantemente algunos términos, los cuales, en el afán de no generar confusión alguna en el lector, merecen que su significado sea explicado.

Proyecto: "Es un esfuerzo que es emprendido para producir los resultados que son esperados por la persona que los solicita." (Oberlender H. , 2000). Es decir, un proyecto es materializar una idea.

Programación: Elaboración de una red en el que se representen las actividades requeridas para realizar el proyecto, y a su vez la relación entre las mismas y su duración. (Samaniego Navarrete & Vanegas Ortiz, Conceptos y Objetivos de un Programa., 2014). "Es importante la programación debido a que para su elaboración se toma en cuenta la definición del proyecto, el personal, los costos, los recursos, la distribución de tiempos y métodos para ejecutar el trabajo y poder así definir una secuencia lógica de actividades para el proyecto" (Oberlender G. , Definition of a project, 2000).

Oferta: La oferta se refiere al costo del proyecto en términos monetarios y/o horas de trabajo (Oberlender G. , Definition of a project, 2000).

Alcance: El alcance se define como "aquellos ítems y actividades que son requeridas para satisfacer las necesidades del dueño." (Oberlender G. , Project Scope Definition, 2000). El alcance representa el trabajo que debe ser realizado en términos de calidad y cantidad.

Calidad: La Real Academia Española define a la calidad como la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor. En materia de administración de proyectos Garold Oberlender (2000) define a la calidad como "un elemento que debe ser integrado en y entre todas los componentes y etapas del proyecto (…) Calidad es cumplir con la necesidades y satisfacción del usuario del propietario del proyecto". La calidad es una responsabilidad de todos los participantes del proyecto y en todos los niveles de planificación y ejecución.

Programa/Cronograma: El programa o cronograma se refiere a la secuenciación y distribución de tiempo lógica del trabajo que debe ser ejecutado (Oberlender G. , Definition of a project, 2000). Es una representación gráfica del conjunto de actividades que deben ser ejecutadas de inicio a fin a lo largo de la duración del proyecto.

Dueño: El dueño o cliente es la persona u organización que requiere de la instalación y pagará por el proyecto. El dueño puede ser una persona natural o jurídica como lo es una entidad contratante y al mismo tiempo, podrá ser una organización o entidad pública (ministerios, municipalidades, consejos provinciales, entre otros) o privada (individual, compañías, corporaciones, transnacionales, entre otros).

Contratista: Es la persona natural o jurídica a la cual se le ha adjudicado el contrato para la construcción del proyecto. El contratista podrá encargarse de la construcción del proyecto, como también a su vez contratar a alguien para ello.

Administración de Proyectos: "Es el arte y la ciencia de coordinar personal, equipo, materiales, dinero y horarios para completar un determinado proyecto a tiempo y con un presupuesto aprobado." (Oberlender G. , Purpose of Project Management, 2000).

1.3. Descripción del sistema

El Método de Ruta Crítica, en inglés *Critical Path Method*, de ahí su abreviación a CPM, el cual es la herramienta de planificación y dirección más utilizada, siendo calificada por muchos gerentes y textos como uno de los métodos más usables y prácticos debido a que en la planificación de una obra es necesario contar con un método que permita a través de una red lógica o un diagrama, representar las relaciones entre las actividades y sus relaciones que se deben ejecutar para que el proyecto transcurra de inicio a fin cumpliendo con lo estipulado en los documentos

contractuales. El CPM ha sido ampliamente investigado y desarrollado, a tal punto que el *Project Management Book* este método es extensamente discutido, debido a que es considerado como una base para todo tipo de programación de obra.

El Método de la Ruta Crítica al ser fundamentado en el sistema tradicional de planificación, es compatible con otros sistemas o herramientas como lo son el *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), la Línea de Balance (LOB), entre otros. Por ello se ha experimentado la combinación del CPM y cualquiera de los otros métodos afines, descubriendo que la mejor combinación es aquella que resulta de la fusión CPM/PERT, ya que son similares porque en ambos se requiere la creación de una red de actividades, sin embargo, poseen diferencias notables que radican principalmente en la manera en que se estiman los tiempos para las actividades.

El CPM es una técnica basada en métodos cuantitativos y su principal objetivo del método CPM es determinar la duración total del proyecto. El primer paso para aplicar la metodología es determinar las actividades necesarias para la construcción de la obra, para lo cual es muy recomendado utilizar herramientas como el *Work Breakdown Structure* (WBS), la cual es "romper" o desglosar cada etapa e hito del proyecto en actividades, las cuales posteriormente se desglosarán para determinar así que tarea o serie de tareas se requieren para realizar una actividad que esté en un nivel superior. El WBS se lo puede realizar con tanto detalle como el planificador crea conveniente, sin embargo, alcanzar niveles de detalle exagerados resultará posteriormente en redes de actividades que no son manejables, por ello se recomienda que se llegue a un nivel de detalle que no sobrepase lo necesario, lo cual está a criterio del planificador. Después de tener conocimiento de las actividades requeridas, se procede a identificar la interrelación que existen entre ellas, esto son las relaciones de dependencia, lo cual significa determinar la o las actividades predecesores y sucesoras para cada actividad en cuestión. El siguiente paso es construir la red o diagrama de actividades, para lo cual es imprescindible tener claro las relaciones de dependencia entre las actividades, para armar una red que tenga una secuencia lógica, y así, poder calcular después los tiempos de inicio y terminación tempranos y tardíos de cada actividad, lo cual será la base para el cálculo de las holguras y así determinar la Ruta Crítica, que no es más que el camino más largo de inicio a fin en el diagrama de actividades y la duración que presente dicho camino será la duración más corto en el cual puede ser completado el proyecto.

La ruta crítica en sí representa el grupo o la secuencia de actividades predecesoras/sucesoras que tomarán el mayor tiempo en completarse. La duración de la ruta crítica es la suma de duración de las actividades a lo largo del camino, de ahí la ruta crítica puede definirse como el camino más largo a través de la red de actividades. La duración de la ruta crítica representa el tiempo mínimo requerido para completar un proyecto y cualquier demora a lo largo del método implicaría ese tiempo adicional para terminar el proyecto. En otras palabras, el CPM asume que el proyecto se ha dividido en actividades de duración fija y relaciones predecesoras bien definidas. Una relación predecesora significa que una actividad debe ir antes que otra en el cronograma. Es importante mencionar que puede haber más de un camino crítico entre todas las actividades del proyecto, de este modo todo el proyecto podría demorarse si se retrasa una o más actividades de cualquiera de las rutas críticas (Hendrickson, 2008).

De esta manera el Método de la Ruta Crítica provee resultados que son decisivos para una planificación eficiente y clara del proyecto, debido a que proporciona la secuencia en la que deben ejecutarse las actividades, además de la duración de cada una de ellas y de la totalidad del proyecto, lo cual es muy útil para poder realizar el seguimiento o control de la construcción. Adicionalmente, al determinar las actividades críticas y las holguras se conoce el tiempo que se podría retrasar la actividad en su comienzo o durante su ejecución sin que genere un retraso al tiempo que durará el proyecto en su totalidad, y como lo indica el nombre de la metodología, el resultado más relevante es que el mismo le permite conocer al administrador del proyecto la actividades críticas y la ruta crítica, es decir, las actividades que no se pueden retrasar ya que un retraso en ellas significa un retraso en todo el proyecto, y el camino o secuencia de actividades que se deben seguir para completar la obra en el menor tiempo.

Es importante mencionar que la efectividad del método está en función de la experiencia que tenga el planificador de la obra, ya que, para poder asignar las duraciones de las actividades de manera precisa, así como para establecer las relaciones de dependencia de las mismas que respondan a una metodología de trabajo que funcione mejor para cada tipo de obra, se requiere tener experiencia.

1.4. Reseña histórica

Antes de se desarrolle el método CPM y métodos afines que se basan en el mismo sistema como lo es el PERT, el sistema usado para programación de obra el método de barras de Henry Gantt, el cual consiste "un sistema de coordenadas, en el eje horizontal se debe colocar un calendario, o escala de tiempo definido en término de la unidad más adecuada al trabajo que se va a ejecutar: hora, día, semana, més, etc; mientras que en el eje vertical van las actividades que constituyen el trabajo a ejecutar, a cada actividad se hace corresponder una línea horizontal cuya longitud es proporcional a su duración en la cual la medición se efectúa con relación a la escala definida en el eje horizontal" (Samaniego Navarrete & Vanegas Ortiz, Método de barras de Henry Gantt: Principios fundamentales, 2014).

La aplicación del método de barras de Gantt no era práctica en algunas situaciones y presentaba dificultades que impedían su correcta aplicación, razón por la cual desde 1956 se comenzaron a desarrollar los conceptos básicos y procedimientos del Método de la Ruta Crítica para lograr tener un método con un enfoque determinístico para la programación. Los resultados de la investigación resultaron paralelamente en dos sistemas con los mismos principios, pero distintos enfoques: El Método de la Ruta Crítica, el cual posee un enfoque "determinístico" y el método PERT, cuyo enfoque es "probabilístico". El método PERT fue desarrollado bajo el patrocinio de la Oficina Especial de Proyectos de la Armada de Estados Unidos (*U.S. Navy*), para ser usado como una herramienta de control de contratos para el Programa de Misiles Balísticos de la Flota del país norteamericano. El método PERT tiene un enfoque probabilístico, debido a que los tiempos de duración de las actividades se los calculaba de una manera probabilística, en la cual el contratista tenía que predecir para cada actividad un tiempo "optimista", un tiempo "pesimista" y un tiempo "más probable" para su ejecución para despúes mediante una fórmula trasformar aquellos tiempos en un tiempo "esperado" para cada actividad y finalmente incorporarlos en un sistema de control. Sin embargo, la herramienta PERT considera los costos de cada actividad como una variable.

En contraste, la empresa DuPont con la ayuda del consultor Remington Rand, creadores de la metodología CPM, en el cual, debido a su enfoque determinístico, es mucho más compatible para las aplicaciones constructivas que el método probabilístico, debido a que en este método se considera tanto los costos como los

tiempos como variables controlables, las cuales requieren que sean estimadas con una precisión razonable. De esta manera este método se posiciona como un sistema para la planificación y programación de proyectos, y ha sido aplicado exitosamente en varios proyectos complejos que involucran el diseño, construcción y operaciones de mantenimiento. La empresa Mauchy Associates de Pennsylvania ha sido responsable de que el método se profundice en gran magnitud y se extienda de sobremanera debido a todos los cursos de capacitación que la misma ha realizado en varias ciudades de Estados Unidos y Canadá, en los cuales han participado varias empresas de construcción para aprender esta técnica y aplicarla a sus proyectos. Además, el Método de la Ruta Crítica ha sido enseñado en las universidades por más de dos décadas (Fondahl, 1962).

1.5. Componentes del sistema

Para implementar el Método de la Ruta Crítica a un proyecto de construcción antes se debe contar con ciertos datos, como lo son una estimación precisa del tiempo y del costo de las actividades que intervendrán en la materialización del proyecto, para después determinar las relaciones de precedencia entre las mismas, y así poder construir el diagrama o red de actividades que a través de cálculo de la holgura total de cada actividad se podrá conocer la ruta crítica y la duración en la que se puede completar la construcción. Finalmente se traduce la red de actividades y los costos de cada actividad en un cronograma valorado.

1.5.1. Identificación de las actividades

Como se mencionó anteriormente, para elaborar el diagrama o red de actividades de la metodología CPM, primero se deben conocer las actividades que intervendrán en ella, es decir las actividades necesarias para llevar a cabo el proyecto de inicio a fin la construcción de la obra.

La metodología más utilizada para este propósito se la conoce como *Work Break Structure* (WBS), la cual es una herramienta poderosa y sencilla que puede ser aplicada para proyectos simples o muy complejos, sin embargo, es frecuentemente descuidada u olvidada por los planificadores, trayendo como consecuencia futura constantes revisiones al diagrama de actividades una vez que se lo ha elaborado sin haber utilizado el WBS.

La “Estructura de División de Trabajo” es la piedra angular para la programación de obras, ya que define el trabajo que debe realizarse, identifica la experticia requerida, ayuda en la selección de los equipos para realizar el proyecto, y establece la base para poder programar y controlar la obra. El WBS es una ventana gráfica del proyecto que muestra la división del trabajo en un sistema multinivel (Oberlender G. , Work Breakdown Structure, 2000).

El concepto del WBS es sencillo, desglosar al proyecto en componentes o partes que sean manejables, que a su vez se las puede subdividir para conocer las actividades necesarias para cumplir con cada componente. Este proceso se puede repetir el número de veces que el planificador desee hasta conseguir el nivel de detalle que considere conveniente, sin embargo, no se recomienda llegar a un nivel de detalle muy alto, ya que esto traerá dificultades para elaborar la red de actividades debido a un excesivo número de las mismas. Es decir, el objetivo del WBS es poder manejar el proyecto mediante la administración de cada una de las partes que lo componen. Adicionalmente, se debe recalcar que este método identifica las tareas y actividades que deben ser realizadas, pero no la secuencia y la interdependencia de las actividades determinadas con el WBS.

Para garantizar la comprensión del método, se proporcionará el siguiente ejemplo: Imagine un proyecto de construcción de una vivienda de dos plantas, de las cuales la primera planta es un subsuelo; entonces se puede dividir el proyecto en dos principales componentes, siendo el primer componente el subsuelo y el segundo la planta baja, y se obtendría un primer nivel de detalle. Entonces, el subsuelo a su vez se lo puede dividir en la cimentación, muros portantes perimetrales, losa de piso (contrapiso), y las habitaciones que tendrá el subsuelo, las cuales se las puede dividir por su uso. Siguiendo el mismo procedimiento, la planta baja se la puede desglosar por las habitaciones que tendrá y la cubierta. Hasta este momento se ha obtenido un segundo nivel de detalle. De la misma manera, para realizar los cimientos y muros portantes se debe realizar las obras de excavación, relleno con mejoramiento, y las obras propias de hormigón para la cimentación y los muros perimetrales; y se puede seguir con este proceso de desglosar los distintos componentes para conocer las actividades que lo conforman, y obtener actividades bien definidas, lo cual será imprescindible para aplicar el Método de la Ruta Crítica apropiada.

“El número de niveles en una ‘Estructura de División del Trabajo’ variará de acuerdo al tamaño y complejidad del proyecto. La unidad más pequeña en un WBS es el paquete de trabajo, el cual tiene que ser definido con el suficiente nivel de detalle para que el trabajo pueda ser medido, presupuestado, programado y controlado” (Oberlender G. , Work Breakdown Structure, 2000)

A continuación, se presenta un ejemplo de un WBS realizado para un proyecto que consta de dos edificios, que se desglosan de la siguiente manera: obras de excavaciones y rellenos, y en instalaciones generales (sanitarias, eléctricas, entre otras). A continuación, se pueden ver los componentes en los que se dividió el proyecto, así como los distintos niveles de detalle en que desglosó cada componente.

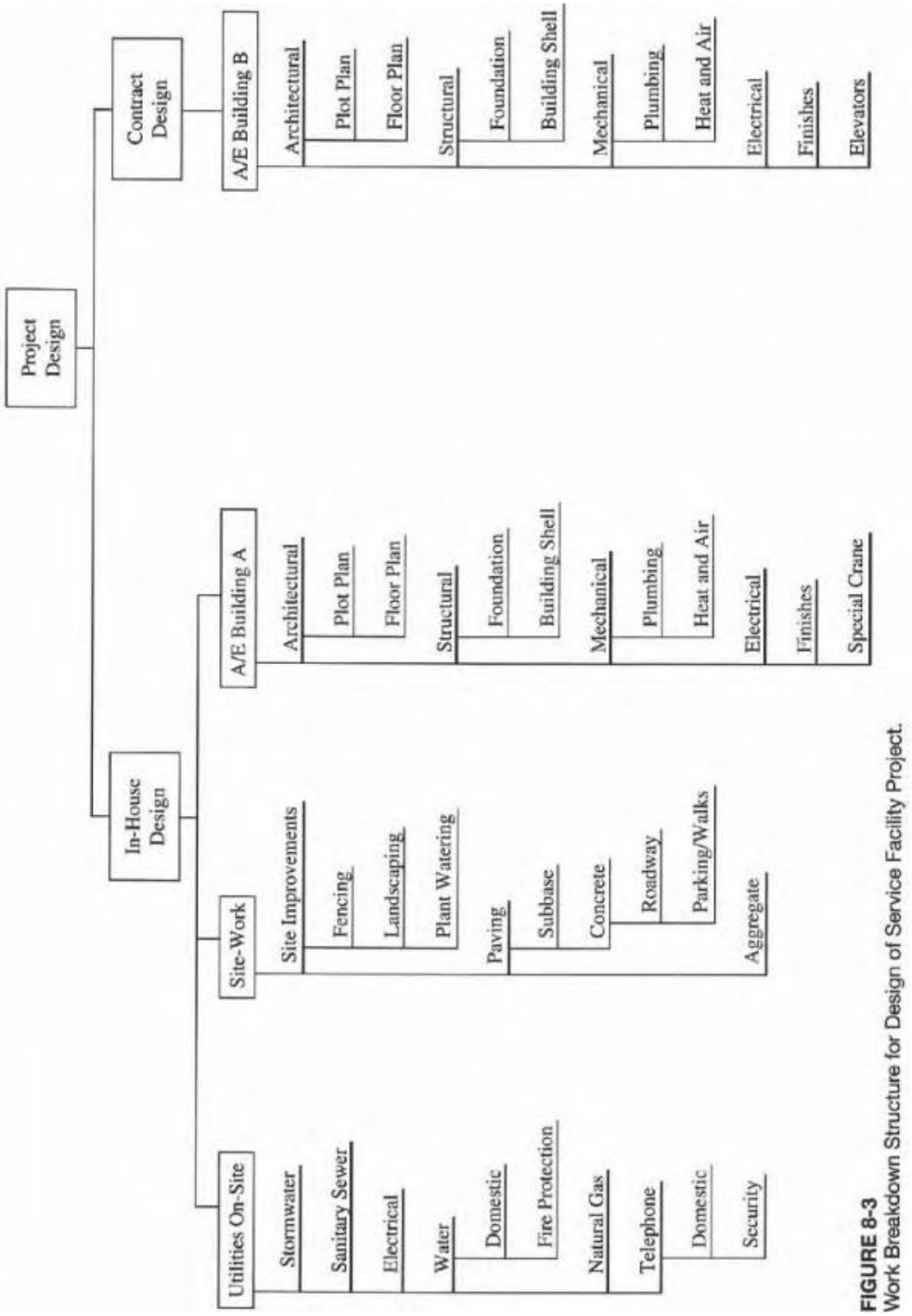


FIGURE 8-3
Work Breakdown Structure for Design of Service Facility Project.

Figura 1.1: Estructura de la División de Trabajo.
Fuente: "Project Management for Engineering and Construction" de Garold Oberlender, pág 149.

1.5.2. Relaciones de interdependencia de las actividades

Una vez determinadas las actividades que serán parte de la red, el siguiente paso es definir las relaciones de precedencia o dependencia entre actividades, lo cual significa que las actividades deben ocurrir con una determinada secuencia. Para cada proyecto pueden existir varias secuencias posibles, las cuales estarán en función de la relación de dependencia de cada una de las actividades y de la metodología de trabajo que desee adoptar el constructor; es decir, no existe solo una manera para relacionar las actividades sino varias, por ello no se puede calificar una red como correcta o incorrecta a menos que la red tenga relaciones ilógicas entre actividades, como por ejemplo decir que la instalación de la cerámica en una losa se debe realizar antes de hormigonar dicha losa, ya que no tiene relación lógica como lo tendría decir que el hormigonado de una columna depende del encofrado de la misma.

Las relaciones de dependencia entre cada actividad se las observa gráficamente en el diagrama de actividades. Existen dos tipos de diagramas o redes, los cuales serán explicados más adelante: el diagrama de flechas y el diagrama de precedencias. Brevemente, el diagrama de flechas representa a cada actividad con una flecha y a cada evento con un nodo, de tal forma para que ocurra un determinado evento, primero debe ocurrir la o las actividades cuyas flechas llegan al evento en cuestión. Bajo esta premisa se tomará el ejemplo de los diagramas de flechas para explicar ciertas particularidades al momento de definir las relaciones entre las actividades.

Las relaciones entre las actividades pueden ser simples como por ejemplo el caso de que la actividad B sea precedida por la actividad A, y a su vez la actividad C es sucesora de la actividad B, es decir, que su predecesora es la actividad B; pero así mismo ocurrirán casos más complejos como por ejemplo que la actividad B puede ocurrir 21 días después de que ha culminado la actividad A (esto ocurre frecuentemente con actividades que dependen de que el concreto haya fraguado y alcanzado una resistencia mínima para poder soportar cargas), también se puede dar el caso de que el evento X sea precedido por las actividades A, B y C, de esta forma la actividad sucesora del evento X no podrá iniciar sino hasta que haya ocurrido el evento X, es decir, hasta que hayan ocurrido cada una de las actividades A, B y C. Los tipos de relaciones entre actividades se los analizará profundamente más adelante al momento de describir la red de actividades.

Se debe tratar de evitar tres errores al momento de especificar las relaciones de precedencia entre las actividades (Hendrickson, Defining precedence relationships among activities, 2008):

a) Generar un círculo de actividades, ya que resultará en una planificación imposible. Esto ocurre por ejemplo cuando se especifica que la actividad B está precedida por la actividad A, la actividad B precede a la actividad C, pero la actividad C también precede a la actividad A, como se observa a continuación.

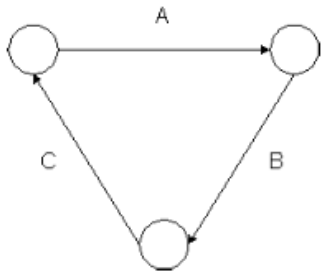


Figura 1.2: Círculo de precedencias entre actividades.
Fuente: "Project Management for Construction" de Chris Hendrickson, capítulo 5, pág 14.

b) Olvidar una actividad precedente necesaria, lo cual podría causar que ambas actividades se planifiquen al mismo tiempo. Por ejemplo, no definir que el encofrado precede al hormigonado del elemento, en ese caso, por negligencia, se podría programar ambas actividades como simultáneas, lo cual no sería posible. Percatarse de este error después de haber realizado la programación de actividades traería pérdidas de tiempo e inclusive monetarias.
c) Realizar correcciones en la precedencia de actividades durante la ejecución de las mismas, ya que la calidad en el proyecto terminado se podría ver afectada.

Así mismo, Hendrickson (2008) menciona que es importante diferenciar entre las siguientes particularidades entre los distintos tipos de precedencias y cada una tendrá distintos efectos en la programación de las actividades:

- Algunas actividades tienen una relación física o técnica necesaria que no puede ser sustituida ni olvidada, como es el caso de que primero se debe enconfrar antes de hormigonar.
- Algunas actividades tienen una relación de precedencia necesaria sobre un espacio continuo en lugar de una relación discreta entre tareas. Por ejemplo, el

encofrado puede ser colocado en un tramo de la excavación de una zanja cuando se ha concluido la excavación del tramo, aun así, si la maquinaria sigue excavando los tramos siguientes de la zanja. En contraparte, no se podría colocar el encofrado en un determinado tramo antes de que se realice la excavación del mismo. Ambas actividades podrían ser iniciadas y detenidas independientemente con esa restricción.

- Algunas relaciones de precedencia no son técnicamente necesarias, pero son impuestas debido a las decisiones implícitas en la programación del proyecto. Por ejemplo, dos actividades pueden requerir de la misma maquinaria, entonces la relación de precedencia puede ser definida entre las dos para asegurar que se las programe para el mismo período. No importa qué actividad se la planifique primero. Como segundo ejemplo se tiene que al cambiar el orden entre dos actividades resulte posible pero más costoso, entonces, la relación de precedencia no es físicamente necesaria pero solo se aplica para reducir los costos.

1.5.3. Estimación de la duración de las actividades

Estimar la duración de cada actividad es un procedimiento complejo porque cada proyecto es distinto, además el rendimiento para cada actividad variará en función del equipo que ejecute la actividad. La duración que se asigne a las actividades juega un papel fundamental en la programación porque la ruta crítica, la distribución de tiempos entre actividades, así como la utilización de los recursos están en función de las duraciones asignadas. Es decir, que no sólo la duración total del proyecto dependerá de las duraciones asignadas para cada actividad, sino programación de la obra en sí, debido a que por considerar un tiempo insuficiente para una actividad generará que se presenten retrasos en la misma, además de que el equipo sucesor tendrá un tiempo ocioso porque el equipo predecesor todavía no acaba de ejecutar la actividad, lo cual se traduce en pérdidas de tiempo, económicas y disputas, además de una reprogramación del cronograma.

La duración de cada actividad es variable debido a que está supeditada a varios factores tales como las condiciones climáticas, o que la cuadrilla se encuentre completa o también que el equipo predecesor haya acabado su trabajo, la disponibilidad de los materiales, así como la cantidad de trabajo a ser ejecutado, la calidad de los trabajos, la productividad de los ejecutores, el ambiente de trabajo, la efectividad de la

supervisión del trabajo, entre otras condiciones. Estos factores que impiden el cumplimiento parcial o total de la actividad se llaman restricciones y serán ampliamente discutidos en los capítulos 3 y 4 del presente trabajo de titulación. Debido al impacto que genera en la red de actividades y en la totalidad de la administración del proyecto, se debe realizar esta labor consciente y realísticamente.

Como se sabe, varias actividades en el proyecto son habituales, y esto permite que la duración para completar dichas actividades se calcule de una manera acertada al dividir la cantidad total de trabajo para el rendimiento del equipo de trabajo, lo cual, a su vez, depende del número de obreros que ha sido designado para que ejecute la actividad. Es importante considerar el hecho de que el trabajo no va a ser ejecutado de manera ininterrumpida al momento de asignar la duración de las actividades, sin embargo, siempre todo trabajo está sujeto a que se presenten retrasos, interrupciones y otras situaciones que afectarán a la ejecución de los trabajos de la manera que se planificó. Por ello se debe asignar un tiempo extra a la duración determinada para actividad con el fin de absorber estas situaciones (Oberlender G. , Assigning realistic durations, 2000).

Las duraciones para cada actividad también se pueden estimar según datos estadísticos del rendimiento promedio para la cuadrilla mínima requerida para ejecutar cada actividad, lo cual se puede obtener en las instituciones relacionadas a la construcción, de cada ciudad, así como universidades o empresas consultoras, sin embargo, lo óptimo sería que cada empresa constructora disponga o maneje un archivo de sus propios datos estadísticos de los rendimientos para cada actividad en base a las obras que ha construido, de esta forma se puede asignar las duraciones de una manera más realista y precisa.

1.5.4. La red de actividades y sus componentes

Una vez que se ha determinado las relaciones de precedencia de las actividades que intervienen en el proyecto y se ha asignado sus duraciones, es momento de elaborar la red de actividades para poder calcular la holgura de las actividades, la duración del proyecto y conocer la ruta crítica. Para ello se explicará primero los tipos de redes de actividades que existen, así como ciertas consideraciones que se deben tomar en cuenta antes de construir la red, después se dará a conocer el procedimiento para elaborar la

red a partir de las actividades determinadas con WBS, para finalmente explicar la metodología para el cálculo de las holguras y determinación de la ruta crítica.

1.5.4.1. Red de actividades

La red o diagrama de actividades simplemente es graficar las relaciones de precedencia de todas las actividades que se tienen para el proyecto, por lo que, si al inicio se han definido bien las actividades que intervienen en el proyecto mediando el WBS, la elaboración de la red de actividades se simplifica significativamente.

Primero, se debe distinguir entre los dos tipos básicos de diagramas CPM, y a pesar de que ambos tipos de diagrama conducen a los mismos resultados, su estructura es distinta, como se expone a continuación (Oberlender G. , 2000; Hillier & Hillier, 2008):

- El diagrama de flechas: Se lo conoce también como "actividades en las flechas" precisamente porque en este tipo de diagrama las actividades se representan mediante flechas, mientras que los eventos son representados por medio de nodos. El evento no tiene duración, simplemente representa que la o las actividades que llegan o lo preceden, se han cumplido, es decir, la ocurrencia de un evento solo puede darse cuando han ocurrido sus actividades predecesoras. En otras palabras, los eventos o nodos tienen la finalidad de separar una actividad (flecha de salida) de cada una de sus actividades predecesoras (flecha de entrada).
- El diagrama de precedencia: Es llamado también "actividades en los nodos" debido a que cada nodo representa una actividad, mientras que las flechas se utilizan para mostrar las relaciones de dependencia entre las actividades. En este tipo de redes para cada nodo con predecesores inmediatos tiene una flecha que viene de cada uno de los predecesores.

Inicialmente las redes CPM y PERT se las elaboraba con los diagramas de flechas, y a pesar de que ambos tipos de redes conducen a los mismos resultados, la mayoría de proyectos en la actualidad son administrados mediante los diagramas de precedencia, debido a que presenta ciertas ventajas sobre el método de diagrama de flecha (Oberlender G. , 2000; Hillier & Hillier, 2008):

- Los diagramas de precedencia son más fáciles de elaborar que las redes de tipo “actividades en las flechas”.
- Los diagramas de precedencia no requieren el uso de actividades ficticias.
- Las redes de precedencia son más fáciles de comprender para los usuarios sin experiencia, inclusive para algunos gerentes, que los diagramas de flecha.
- Cuando se presentan cambios en el proyecto, las redes de precedencia son más sencillas de corregir que las redes de flechas.
- Las redes de precedencia proporcionan relaciones entre las actividades de tipo inicio-inicio, final-final, inicio-final y final-inicio, lo cual permite que se pueda reducir considerablemente el número de actividades requeridas para elaborar el diagrama, sin embargo, algunos planificadores prefieren no usar este tipo de relaciones debido a que puede causar grandes confusiones al elaborar la red.

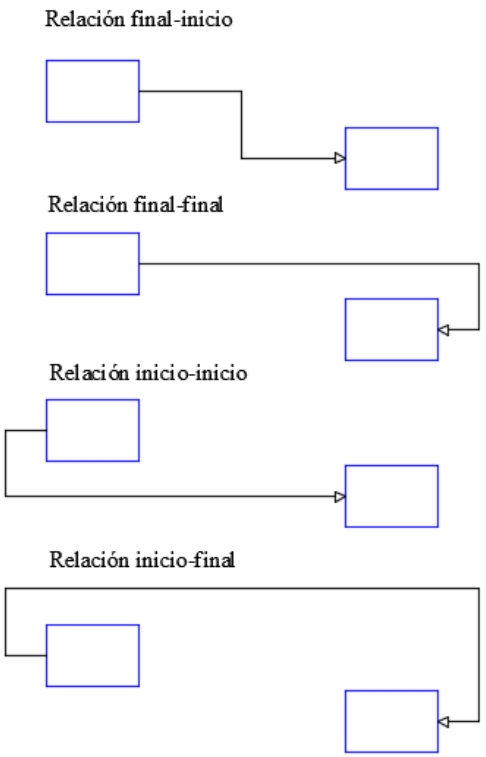


Figura 1.3: Tipos de relaciones entre las actividades.

Una vez que se ha entendido las diferencias entre ambos tipos de redes de proyecto, es importante que se tenga claro ciertas particularidades que existen al momento de elaborar la red. Para explicar estas particularidades se lo hará mediante el uso de los

diagramas de flecha, debido a que se simplificará el entendimiento, pero antes se explicará con profundidad los elementos de la red y la terminología que se utilizará.

Una vez que se ha entendido bien cómo elaborar una red de flechas, es muy sencillo elaborar una red de precedencia, pero no ocurre el caso contrario, debido a que en las redes de flechas se tienen componentes adicionales y casos particulares que no poseen las redes de precedencia.

Como se mencionó anteriormente, en los diagramas de flechas las actividades se representan por medio de flechas y los eventos por medio de nodos. Una **actividad** se refiere a la ejecución de una tarea o una serie de tareas necesarias (fabricación, ensamblaje, inspección, entre otros) para completar el proyecto, y la misma requiere de un determinado tiempo y recursos para ser ejecutada. En las redes de actividades las actividades pueden graficarse de izquierda a derecha o de arriba hacia abajo pero no de manera contraria, y las flechas deben ser rectas y siguiendo una dirección. Dentro de las actividades se pueden diferencias dos distintos tipos o clases de actividades: actividades reales y actividades ficticias. Las **actividades reales**, son aquellas actividades cuya duración es mayor a cero, y para ser ejecutadas requieren de recursos en cuanto a mano de obra, materiales y equipo, por lo que tendrán un costo. Las **actividades ficticias**, conocidas también como actividades virtuales o artificiales, son actividades que están representadas por una flecha entrecortada en el diagrama, cuya duración es igual a cero y no requieren tiempo, recursos, ni un costo para ser ejecutadas, es decir no representan ningún trabajo. Son actividades que se necesitan únicamente para que la red pueda hacerse lógica y la precedencia entre las actividades pueda ser graficada correctamente. Estas actividades indican que cualquier actividad que esté precedida por una actividad ficticia no puede iniciar hasta que la actividad o actividades que precedan a la actividad virtual hayan sido completadas. Las actividades ficticias se originan en la programación de actividades para independizar e resolver problemas asociados a la identificación cuando se tiene dos actividades reales que salen del mismo evento inicial y llegan al mismo nodo final. Los **eventos**, como se mencionó anteriormente, no representan más que el inicio o final de una actividad. Dos eventos se encuentran divididos entre sí por medio de una o más actividades, entonces, un evento solamente puede ocurrir cuando ha ocurrido la o las actividades que lo preceden, de esta manera los eventos indican cuando se ha cumplido la actividad que lo precede. Los eventos al tener esta naturaleza se utilizan para marcar instantes

importantes o separar etapas en el proyecto, y generalmente se representan por medio de círculos, cuadrados o rectángulos (Oberlender G. , 2000; Samaniego Navarrete & Vanegas Ortiz, 2014)

1.5.4.2.Consideraciones y particularidades para elaborar la red

Como se mencionó anteriormente, las redes de flechas son más complejas de elaborar que los diagramas de precedencia, pero, además, la comprensión de las construcciones básicas que existen, se ejemplifica mejor mediante este tipo de redes, cuyo entendimiento facilitará de sobremanera la elaboración de un diagrama total del proyecto lógico y bien estructurado.

La primera consideración que se debe tener es que siempre existirán dos eventos para cada actividad, uno del cual la actividad inicia y otro donde termina la actividad.

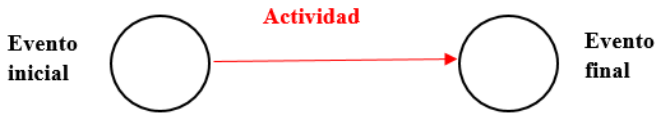


Figura 1.4: Eventos y actividades.

Cada red de proyecto lleva en su inicio y final un evento para marcar estas etapas. De esta manera se debe proceder a armar la red simplemente estructurando el diagrama de tal forma que se intervengan todas las actividades determinadas en el WBS, se muestren las relaciones de dependencia de las actividades y la red tenga una secuencia lógica. Para este fin se debe explicar los tipos de estructuras o construcciones básicas que se pueden presentar al momento de elaborar una red.

a) Construcciones lógicas simples

- **Secuencia lineal de actividades:** Un evento se produce cuando la actividad anterior se ha completado. Una actividad no puede comenzar hasta que haya ocurrido el evento que le precede y las actividades se ejecutan en serie siguiendo la dirección de las flechas.

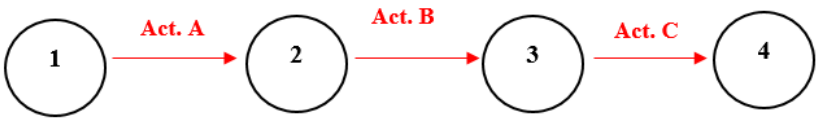


Figura 1.5: Secuencia lineal de actividades.

En este caso debe terminar la actividad A para que pueda comenzar la actividad B, y finalmente, para que comience la actividad C, debe terminar la actividad B.

- **Evento precedido por varias actividades:** El evento no puede ocurrir hasta que todas las actividades que coinciden en el evento hayan ocurrido. Es útil para indicar que una situación o etapa no puede comenzar hasta que se hayan cumplido varias actividades.

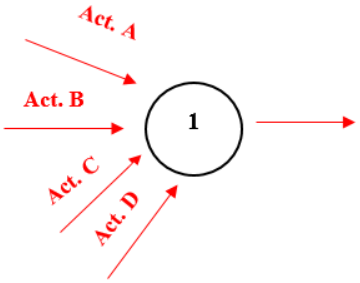


Figura 1.6: Evento precedido por varias actividades.

El evento 1 no puede ocurrir hasta que se haya completado las actividades A, B, C y D; es decir, la actividad que nace en el evento 1 no podrá ocurrir si no se han completado primero las actividades mencionadas.

- **Evento origen:** Varias actividades nacen de un evento, es decir las actividades no pueden comenzar hasta que el evento haya ocurrido.

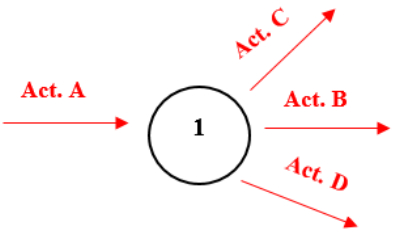


Figura 1.7: Evento origen.

En este caso las actividades B, C y D no podrá comenzar hasta que haya ocurrido el evento 1, es decir, hasta que se haya completado la actividad A.

- **Actividades que comparten las mismas actividades precedentes**

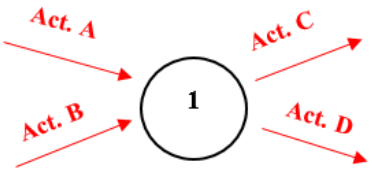


Figura 1.8: Actividades que comparten sus precedentes.

Para que ocurra C y D tiene que haber ocurrido antes A y B, por lo tanto, las actividades C y D tienen las mismas actividades precedentes.

- **Actividades simultáneas:** Una o más actividades ocurren de manera paralela a las otras actividades.

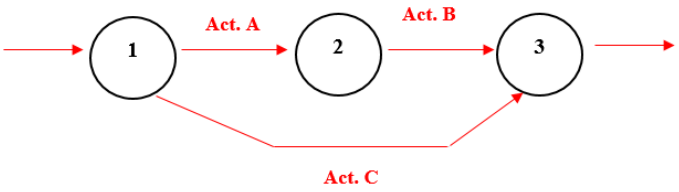


Figura 1.9: Actividad simultánea.

b) Construcciones lógicas con actividades ficticias

Para introducir una actividad ficticia se debe crear un evento adicional (ficticio), entonces la actividad ficticia nace del evento real y llega al evento ficticio, el cual es el origen de la actividad real que llegará al evento deseado.

- **Actividades simultáneas:** Como se observa en el caso de las construcciones lógicas simples para actividades simultáneas, la identificación de la actividad simultánea se vuelve ambigua. Esto se resuelve al introducir un evento extra y una actividad virtual o ficticia.

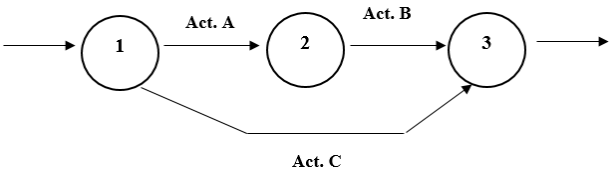


Figura 1.10: Actividad simultánea sin actividad ficticia

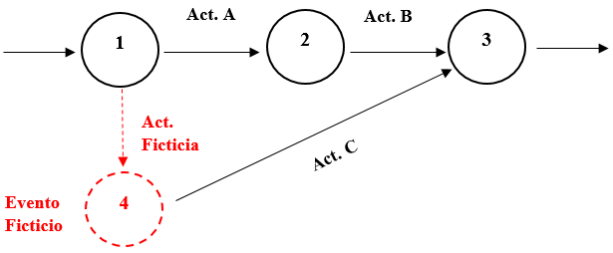


Figura 1.11: Actividad simultánea con actividad ficticia

- **Actividades que comparten algunas actividades precedentes:** La actividad ficticia se requiere para aislar la o las actividades precedentes que no son comunes a todas las actividades que se originan en el evento.

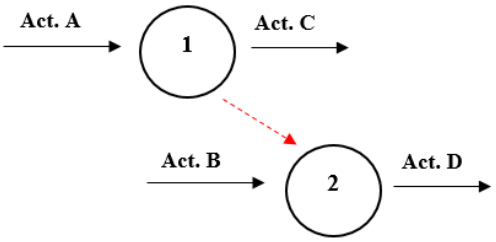


Figura 1.12: Actividad que comparte algunas de las actividades precedentes

En este caso se muestra que para que pueda comenzar la actividad C, tiene que haberse completado antes la actividad A. De la misma manera, para que ocurra la actividad D, tiene que haberse completado antes las actividades A y B. Por lo tanto, D comparte una de las actividades precedentes de C, que es la actividad A.

Si se quisiera introducir una actividad adicional E que tiene las mismas actividades precedentes que la actividad D, simplemente tiene que nacer desde el mismo nodo que la actividad D, como se indica.

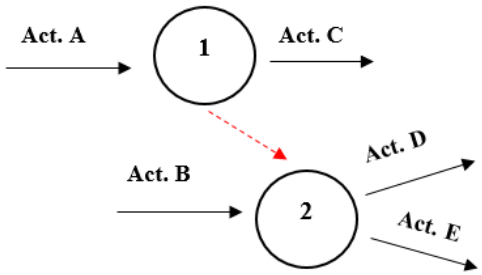


Figura 1.13: Ampliación 1 al caso "actividad que comparte algunas de las actividades precedentes"

En este caso para que ocurra la actividad C tiene que ocurrir la actividad A, y para que pueda ocurrir tanto la actividad D como la actividad E, tiene que haberse finalizado antes las actividades A y B. Por lo tanto, si se introduce la actividad E, que comparte las mismas precedencias que la actividad D, tendrá que originarse desde el evento 2.

Así mismo, si se quisiera introducir la actividad E, pero solo comparte con D la precedencia de la actividad B, más no la actividad A, se debe introducir una actividad y evento ficticios adicionales para establecer de forma lógica las actividades precedentes, como se muestra a continuación.

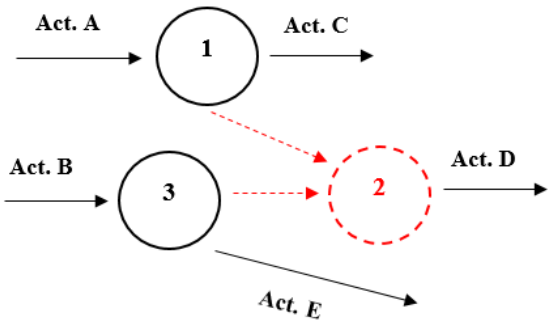


Figura 1.14: Ampliación 2 al caso "actividad que comparte algunas de las actividades precedentes"

En este caso tanto la actividad C, como la actividad D y E tienen dependencias distintas, pero a su vez comunes, entonces se requiere de una actividad ficticia adicional y un evento ficticio para poder representar esto, de tal forma que se muestra que la actividad C depende de la actividad A, la actividad D es precedida por A y B, y la actividad E depende exclusivamente de la actividad B.

- **Traslape en la ejecución de actividades:** Es útil cuando se tiene actividades que son largas, entonces se las divide en fases para poder traslapar actividades durante su ejecución. Para representar las relaciones de precedencia de las actividades traslapadas se requiere de actividades ficticias.

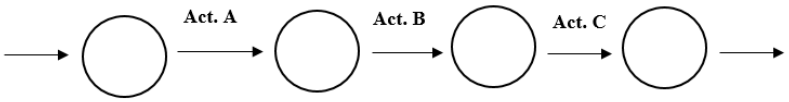


Figura 1.15: Actividades secuenciales largas

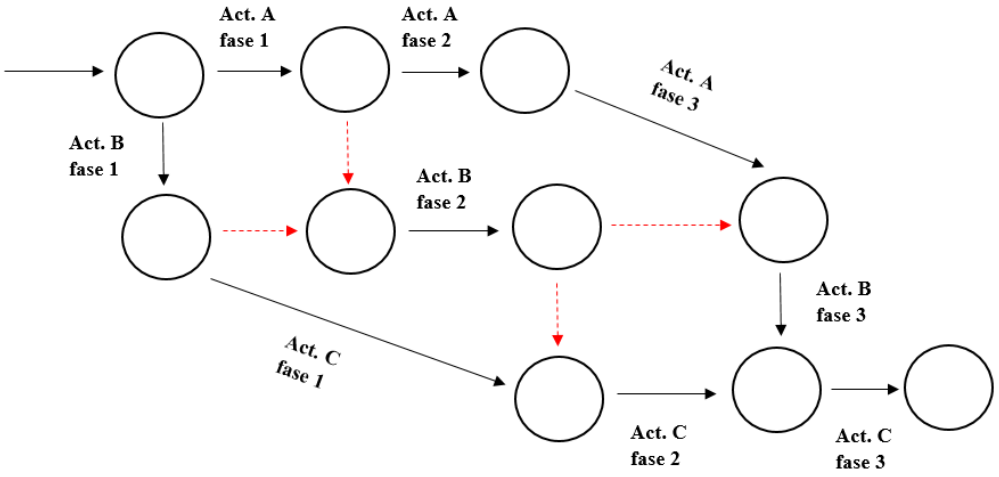


Figura 1.16: Actividades secuenciadas mediante fases

El esquema propuesto muestra un ejemplo de cómo se puede realizar actividades secuenciales largas al dividirlas por etapas. Entonces primero se realiza la fase 1 de la actividad A y mientras se realiza la fase 2 de la actividad A se puede ejecutar la fase 1 de la actividad B. Para proseguir con la fase 2 de la actividad B primero se debe haber finalizado la fase 2 de la actividad A y la fase 1 de la actividad B. Así mismo, para comenzar con la fase 1 de la actividad C debe haber concluido la fase 1 de la actividad B. Después, mientras se ejecuta la tercera fase de la actividad A, se puede realizar la segunda fase de la actividad B, y de esta manera cuando ha finalizado la fase 3 de la actividad A y la fase 2 de la actividad B, puede iniciar la fase 3 de la actividad B, y de la misma manera puede comenzar la segunda fase de la actividad C, debido a ha culminado la ejecución de la segunda fase de la actividad B y la primera fase de la

actividad C. Finalmente, una vez que termina la fase 2 de la actividad C y la fase 3 de la actividad B, se puede comenzar con la última fase de la actividad C, y así concluir con las actividades A, B y C.

1.5.4.3. Procedimiento para elaborar la red de actividades

Para elaborar la red del proyecto simplemente se debe graficar las precedencias de todas las actividades determinadas en el WBS que están presentes en el proyecto de inicio a fin, y para ello se recomienda que el primer esquema se lo haga de manera manual como un borrador, para que se pueda tener una visión de cómo será la red y los inconvenientes que pueden existir para elaborarla, así como en la secuencia, para poder hacer revisiones y facilitar la construcción de la red real. La red final se la puede realizar en computadora mediante cualquier programa de administración de redes o programas especializados en la metodología CPM.

De igual manera para determinar cómo serán conectadas las distintas actividades y elaborar una red correctamente se debe tomar en cuenta los siguientes puntos y preguntas que se exponen a continuación, pero sin embargo antes de iniciar con el proceso de la construcción de la red, se aconseja elaborar una lista donde se encuentren todas las actividades que participarán en la red y con sus precedencias (Samaniego Navarrete & Vanegas Ortiz, Precedencias, 2014).

- Identificar la actividad con la cual se inicia el proceso de construcción de la obra.
- ¿Qué actividades deben proceder inmediatamente a la actividad en cuestión?
- ¿Qué actividades pueden ejecutarse inmediatamente de la actividad analizada?
- ¿Qué actividades pueden realizarse de manera simultánea o paralela a la actividad analizada?
- No es obligatorio ni necesario que la red de actividades se la construya en el orden en el que aparecen en la lista de actividades fruto del WBS.

Así mismo, cuando se está elaborando una red complicada se debe iniciar con las actividades que corresponden a los niveles más altos del WBS, de tal forma que se indique el trabajo a ejecutar mediante actividades generales y facilitar la elaboración de la red. Se recomienda que se subdivida el proyecto en actividades o etapas más específicas, en base a la información general del proyecto. Generalmente, cuando se va a tener una red complicada, la planificación se realiza mediante dos o tres niveles

de redes, donde los niveles más altos tienen la finalidad para explicar la naturaleza general del trabajo requerido para el proyecto y establecer y monitorear el progreso de los objetivos a largo plazo, como, por ejemplo: movilización general, hormigonar, entre otros. Por el otro lado, los niveles bajos en las redes son aquellos que presentan mayor nivel de detalle y su utilidad radica en establecer la cantidad precisa del trabajo que se requiere para construir la obra, y para la planificación y control de obra a corto plazo. Las actividades que se encuentran dentro de la red deben ser aproximadamente del mismo nivel en cuanto a tiempos de ejecución y recursos, como por ejemplo encontrarse con actividades dentro de la red con duraciones de horas y tener a su vez otras actividades con duraciones de meses.

Además, las redes grandes pueden presentar dificultades en su elaboración y ser tediosas, ya que es difícil controlar el número de actividades e incluso, interpretar la red en sí. Entonces, cuando se elaboren redes grandes, se recomienda que se adopten medidas para que se facilite el manejo de la red, y esto es, realizar la red en un tablero o pizarra grande, y utilizar notas adhesivas para la administración de actividades en las que se detalle el nombre de la actividad analizada, el nivel al que pertenece la actividad, el detalle del lugar donde será aplicado la actividad, entre otros, procurando siempre que las subdivisiones deben ser orientadas a los componentes, debido a que esto reflejará la forma en la que se construirá. De esta manera se logrará que se separen las partes del proyecto, se controle el grado de descomposición y por lo tanto el número de actividades, y se proporcione los niveles del diagrama para que sea más manejable.

Por último, Samaniego Navarrete junto con Vanegas Ortiz (Análisis del trazado de redes, 2014) presentan las siguientes recomendaciones al momento de elaborar la red del proyecto con el afán de mejorar la representación del diagrama:

- Procurar que las flechas no se intercepten y además que su trazado se lo haga en línea recta.
- Para evitar malinterpretaciones con respecto a la duración de las actividades, se recomienda que se procure en la medida de lo posible que el trazado de las flechas tenga una longitud constante.
- Diagramar dejando espacio para colocar datos internos.

- Para dar una impresión de progreso, se debe mantener la misma tendencia en diagrama, ya sea de izquierda a derecha o de arriba hacia abajo.
- Utilizar la menor cantidad de actividades ficticias eliminando aquellas que sean innecesarias y redundantes.
- Toda red debe tener un inicio y un final.
- La numeración de la red se la hace de arriba hacia abajo.

Para facilitar el entendimiento, a continuación, a manera de ejemplo, se presenta una lista de las actividades de un proyecto con sus relaciones de precedencia y respectivas duraciones, y después presentar ambos tipos de red para el mismo proyecto.

Tabla 1.1: Tabla de actividades

Actividad	Predecesora	Duración
A	-	4
B	-	6
C	B	3
D	B	2
E	A, C	10
F	D	7

Ahora se muestran los dos tipos de redes:

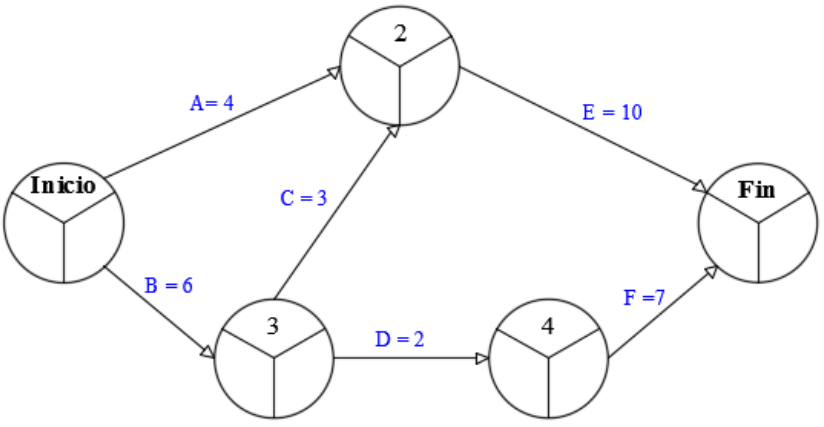


Figura 1.17: Diagrama de flechas

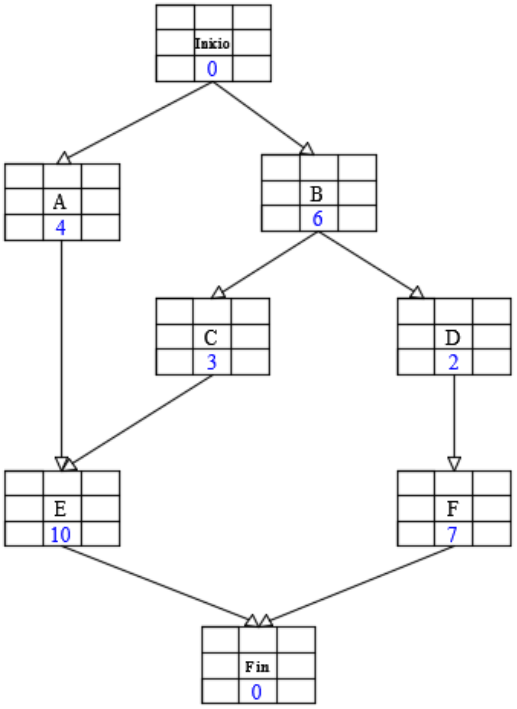


Figura 1.18: Diagrama de precedencias

Como se observa, la elaboración de ambos tipos de redes no es más que la representación gráfica y de manera lógica de las relaciones de precedencias. Es importante que el planificador no se olvide de colocar un evento de inicio y finalización para el caso del diagrama de flechas y actividades, de igual manera, de inicio y fin del proyecto para la red de precedencia.

1.5.4.4. Análisis de tiempos

El análisis de tiempos dentro de una red se refiere a los cálculos necesarios para determinar la duración total del proyecto y los distintos tipos holguras que existen en las actividades. Los parámetros a calcularse para cada actividad en este análisis son: inicio temprano, terminación temprana, inicio tardío, terminación tardía, y la diferencia entre los tiempos de inicios y terminación definirán la magnitud de los tiempos flotantes, la cual será la holgura. En este momento se definirá cada uno de los parámetros mencionados, a excepción de las holguras, las cuales se explicarán más adelante (Hillier & Hillier, Programación de un proyecto con PERT/CPM, 2008).

- Inicio cercano o temprano (IC): Tiempo de inicio de la actividad si no se presentara ningún retraso en el proyecto.

- Terminación temprana (TC): Tiempo de terminación de la actividad si no se presentara ningún retraso en el proyecto.
- Inicio lejano o tardío (IL): Es el tiempo de inicio más tardío en que puede comenzar una actividad sin retrasar la terminación del proyecto, y mientras se trabaje en este rango, aun llegará al nodo de terminación del proyecto sin presentar retrasos, es decir, aún se cumplirá el proyecto con la duración determinada con el tiempo de terminación más cercano.
- Terminación tardía (TL): Es el tiempo límite en que puede terminar una actividad sin retrasar la terminación del proyecto, y al igual que el inicio lejano, si las actividades se cumplen dentro de su tiempo de terminación tardía, no se retrasará el proyecto.

La duración del proyecto estará definida por el tiempo de terminación temprano, el mismo que es igual al tiempo de terminación de la actividad. El análisis de tiempos se lo puede realizar solamente cuando se ha comprobado y revisado la red, es decir con la red que se considera definitiva. El análisis de tiempos difiere ligeramente en sus cálculos ligeramente dependiendo el tipo de red con el que se esté trabajando, aunque en esencia, los principios y fundamentos son los mismos. Por ellos se explicará cómo realizar el cálculo de los distintos parámetros para cada tipo de red.

a) Análisis de tiempos para los diagramas de flechas

Para el caso de los diagramas de flechas, si bien para cada evento existen tiempos tempranos y tardíos, no obstante, los parámetros explicados se determinan para cada actividad. Como se mencionó con anterioridad, para comenzar a calcular los distintos tiempos la red debe estar ya elaborada, y en este tipo de diagramas se utiliza la siguiente notación.

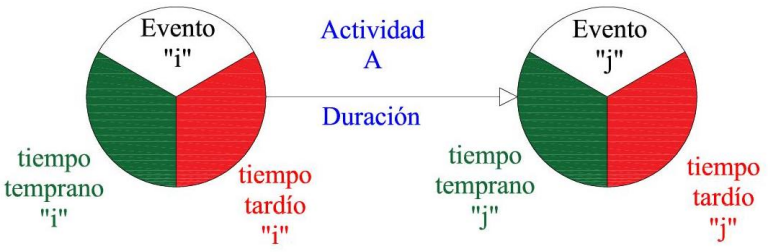


Figura 1.19: Notación de los elementos en los diagramas de flechas

En ese concepto, el análisis de tiempos para cada actividad se calcula de la siguiente manera:

Inicio temprano actividad A = tiempo temprano evento "i"

Terminación temprana actividad A = tiempo temprano evento "i" + Duración actividad A

Inicio tardío actividad A = tiempo tardío evento "j" − Duración actividad A

Terminación tardía actividad A = tiempo tardío evento "j"

Entonces, simplemente se aplica lo propio para la red completa de actividades, y se recomienda realizar una tabla donde se muestren los tiempos inicios y tardíos para cada par de eventos que constituyan el inicio y final de cada actividad, así como la duración de la actividad, de tal forma que se pueda calcular de manera sistemática los tiempos de inicio y terminación tempranos y tardíos de cada actividad.

Tabla 1.2: Tabla para el análisis de tiempos

Actividad				Evento inicial "i"		Evento final "j"		Incio temprano	Inicio tardío	Terminación temprana	Terminación tardía
Nombre	Evento inicial "i"	Evento final "j"	Duración	Tiempo temprano	Tiempo tardío	Tiempo temprano	Tiempo tardío				

Para determinar los tiempos tempranos y tardíos de cada evento existente en la red se debe seguir los siguientes pasos:

- El tiempo temprano y tardío de la actividad inicial son siempre cero.
- Calcular los tiempos tempranos de cada evento desde el evento de inicio hasta el evento final, es decir según la morfología de la red, realizar este proceso de arriba hacia abajo, o de derecha hacia izquierda.
- Cuando se tienen dos o más actividades que llegan al mismo evento, el tiempo temprano para evento será el mayor tiempo temprano que se calcule al sumar el tiempo temprano de cada evento origen más la duración de cada actividad respectivamente.

- Obtener el tiempo temprano del evento final del proyecto siguiendo los dos puntos anteriores.
- El tiempo tardío del evento final es igual al tiempo temprano del mismo evento, y aquel tiempo corresponderá a la duración del proyecto.
- Para calcular los tiempos tardíos de cada actividad, se comienza desde el evento final hasta llegar al evento inicial, es decir, la secuencia de cálculo se la hace de abajo hacia arriba en la red, o de derecha hacia izquierda.
- Para el caso que en un evento coincidan dos o más actividades, el tiempo tardío para aquel evento será el menor tiempo del que resulte de restar el tiempo tardío de la actividad origen (como la secuencia es de arriba hacia abajo, sería en la notación adaptada el evento "j") de la duración de cada una de las actividades respectivamente.
- Al llegar al evento de inicio del proyecto, se comprobará que los cálculos han sido realizados correctamente, debido a que el tiempo tardío de aquel evento deberá ser igual cero, como se explicó en el primer punto.
- No olvidar que las actividades ficticias no tienen duración.

Para explicar el proceso para determinar los tiempos tempranos y tardíos en los diagramas de flechas, se recurrirá al uso de un ejemplo.

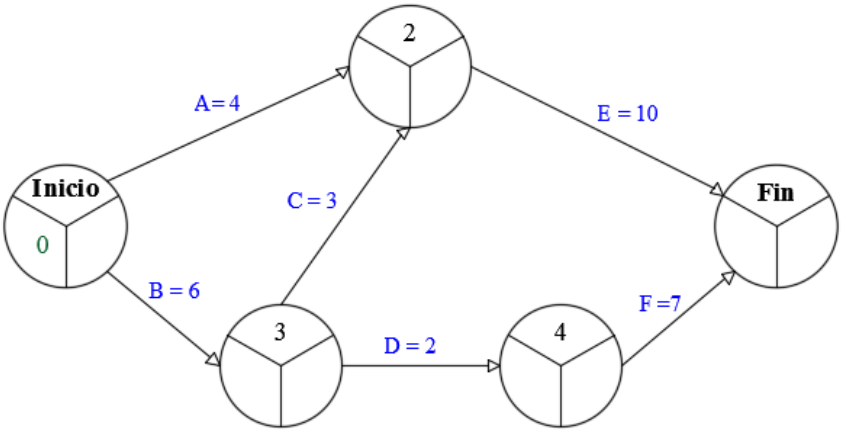


Figura 1.20: Diagrama de flechas para el cálculo de los tiempos tempranos y tardíos

Una vez que se ha graficado el diagrama de flechas mediante las relaciones de precedencia de todas las actividades, el siguiente paso es calcular los distintos tiempos de los eventos. Para ello se seguirán los pasos mencionados anteriormente.

Primero, se sabe que siempre habrá un evento de inicio del proyecto y un evento de finalización, como se observa en la red propuesta. Para el primer nodo, se establece que su tiempo temprano es cero. Después se procede a calcular los tiempos tempranos de los siguientes nodos de izquierda a derecha, mediante la expresión que se expuso (tiempo temprano evento final = tiempo temprano evento inicial + duración de la actividad), y en el caso de que varias actividades lleguen al evento, el tiempo temprano del evento será el mayor de los tiempos tempranos de las actividades que coinciden en el nodo.

- Nodo 3: tiempo temprano evento 3 = 0 + 6 = 6 días.
- Nodo 2: tiempo temprano evento 2 con actividad A = 0 + 4 = 4 días, y tiempo temprano evento 2 con actividad C = 6 + 3 = 9 días, por lo tanto, el tiempo temprano del evento 2 es el mayor de los tiempos calculados, es decir, 9 días.
- Nodo 4: tiempo temprano evento 4 = 6 + 2 = 8 días.
- Nodo de fin de proyecto: Mayor valor entre tiempo temprano con actividad E = 9 + 10 = 19 días, y tiempo temprano con actividad F = 8 + 7 = 15 días. Por lo tanto, el tiempo temprano del evento de fin de proyecto es igual a 19 días.

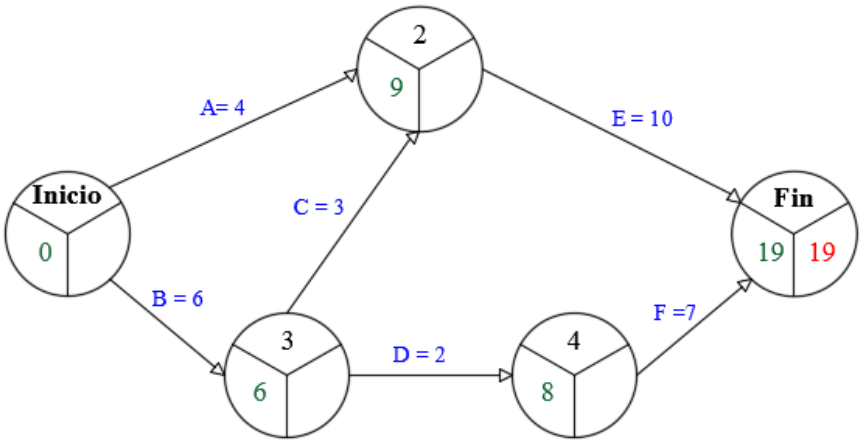


Figura 1.21: Cálculo de los tiempos tempranos en el diagrama de flechas

Como se establece, el tiempo tardío del nodo de finalización será igual al tiempo temprano del mismo evento. El siguiente paso es calcular los tiempos tardíos para cada evento de derecha a izquierda desde el nodo de fin de proyecto hasta el nodo de inicio del proyecto, mediante la expresión:

Tiempo tardío evento inicial = tiempo tardío evento final - duración de la actividad

Se escogerá el menor tiempo tardío de todas las actividades que han salido del nodo que se está analizando. De esta manera se obtiene:

- Nodo 4: tiempo tardío evento 4 = 19 -7 = 12 días.
- Nodo 2: tiempo tardío evento 2 = 19 – 10 = 9 días.
- Nodo 3: menor tiempo entre tiempo tardío con actividad D = 12 – 2 = 10 días, y tiempo tardío con actividad C = 9 – 3 = 6 días. Por lo tanto, el tiempo tardío del evento 3 será igual a 6 días.
- Nodo de inicio de proyecto: menor tiempo tardío entre el tiempo tardío con actividad B = 6 – 6 = 0, y el tiempo con la actividad A = 9 – 4 = 5 días. Por lo tanto, el tiempo tardío para el evento de inicio es igual a cero, y de esta forma se comprueba que los tiempos han sido calculados correctamente.

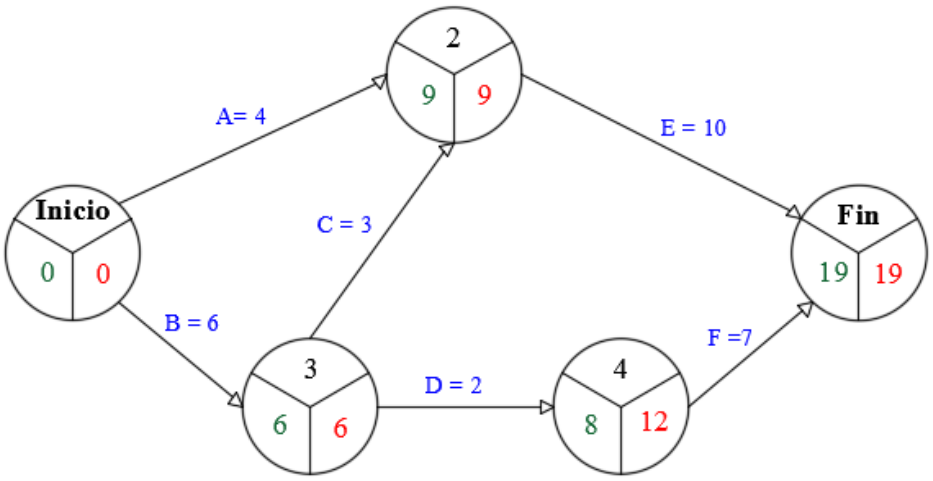


Figura 1.22: Cálculo de los tiempos tardíos en el diagrama de flechas

Para completar el análisis de tiempo, se procede a calcular los tiempos de inicio y terminación tempranos y lejanos para cada actividad, utilizando la tabla y expresiones presentadas anteriormente.

Tabla 1.3: Cálculo de los tiempos de inicio tempranos y tardíos de las actividades de la red de flechas

Actividad				Evento inicial "i"		Evento final "j"		Incio temprano	Inicio tardío	Terminación temprana	Terminación tardía
Nombre	Evento inicial "i"	Evento final "j"	Duración	Tiempo temprano	Tiempo tardío	Tiempo temprano	Tiempo tardío				
A	Inicio	2	4	0	0	9	9	0	5	4	9
B	Inicio	3	6	0	0	6	6	0	0	6	6
C	3	2	3	6	6	9	9	6	6	9	9
D	3	4	2	6	6	8	12	6	10	8	12
E	2	Fin	10	9	9	19	19	9	9	19	19
F	4	Fin	7	8	12	19	19	8	12	15	19

Con estos tiempos ya se puede proceder a calcular las distintas holguras existentes en las actividades.

La duración del proyecto, como se determinó, es de 19 días. Se puede observar que se cumplen con los objetivos del análisis de los tiempos.

b) Análisis de tiempos para los diagramas de precedencia

Como se analizó en secciones anteriores, los diagramas o redes de precedencia es el tipo de red de proyecto que se ha adoptado más en la actualidad debido a las ventajas que presenta sobre la red de flechas, como la omisión de las actividades ficticias y facilitar el entendimiento de la red al analista. A continuación, presenta un ejemplo para poder entender la metodología y denotación de los parámetros de tiempo.

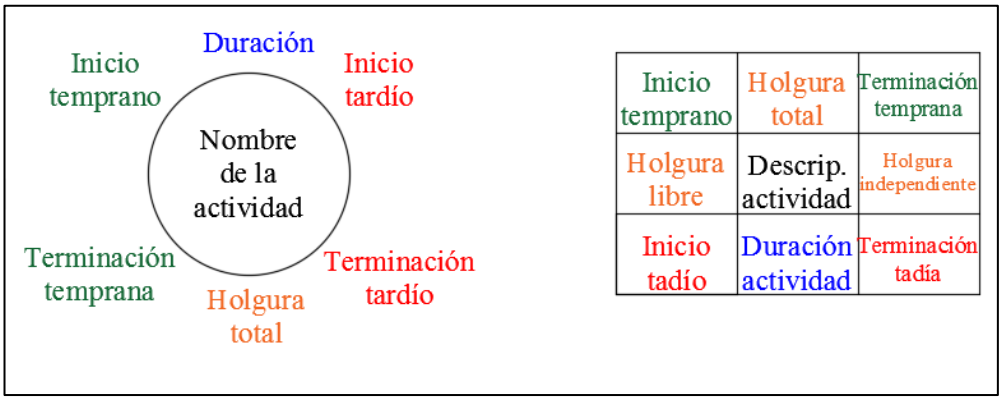


Figura 1.23: Formas de representar las actividades y sus componentes con el diagrama de precedencias

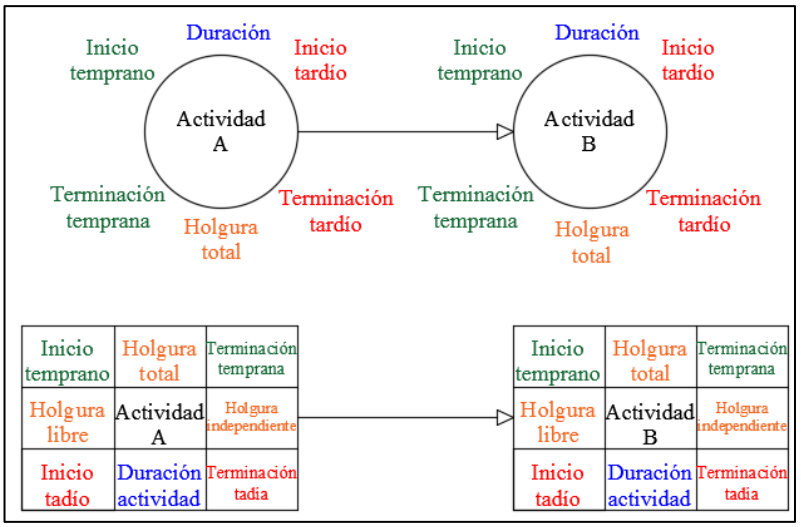


Figura 1.24: Conexiones entre dos actividades con el diagrama de precedencias

En el diagrama de precedencias las actividades son representadas por nodos, generalmente rectangulares o circulares, en los cuales a su vez se colocan los distintos tiempos, y las flechas entre actividades representan los nexos o precedencias entre las actividades. Como se puede observar, en el diagrama de precedencias se manejan básicamente dos formas de representar las actividades y sus componentes de tiempo, que, si bien ambas están representadas por nodos, en el segundo tipo (nodos rectangulares) se puede poner más detalle debido al espacio en el nodo, pero esto no significa que con el diagrama representado por nodo circulares no se puede calcular los parámetros de tiempo que no están presentes (holgura libre y holgura independiente), sino que no se lo coloca en el nodo debido a la falta de espacio. Es importante destacar, para evitar cualquier tipo de confusión, que el cálculo de los distintos tiempos para las dos clases de nodo se lo realiza exactamente de la misma manera y con las mismas expresiones.

En este momento se procederá a detallar la metodología de cálculo para determinar la duración del proyecto y los distintos tiempos de inicio y terminación de las actividades (Hillier & Hillier, Programación de un proyecto con PERT/CPM, 2008).

- Calcular el tiempo de inicio temprano y tardío para cada actividad. Este proceso se lo hará de arriba hacia abajo, o de izquierda a derecha, dependiendo de la morfología de la red, es decir, se lo hace desde el nodo inicial hasta el nodo final.

1. El inicio y final del proyecto serán representados como actividades. El inicio temprano del proyecto se establece como cero y de igual manera su terminación temprana, ya que la duración de la actividad será igual a cero.
2. Para actividad que se haya determinado el tiempo de inicio temprano se calcula el tiempo de inicio tardío o lejano, mediante la siguiente expresión:

Terminación temprana (TC)=Inicio temprano (IC)+duración de la actividad

3. Para cada actividad cuyas actividades que le preceden inmediatamente se ha determinado su tiempo de terminación cercano (TC), se calcula tiempo de inicio cercano o temprano (IC) sabiendo que el IC de cualquier actividad es igual al mayor tiempo de terminación temprano (TC) de sus actividades predecesoras inmediatas.
4. Una vez determinado el TC en el paso anterior, se calcula el IC como se explica en el paso número 2.
5. Se debe repetir el paso número 3 sucesivamente hasta que se obtenga el IC y TC de todas las actividades incluido el nodo de terminación del proyecto.

- Calcular el tiempo de inicio y terminación tardío o lejano para cada actividad. Este proceso se lo hace de abajo hacia arriba, o de derecha a izquierda, dependiendo de la morfología de la red, es decir, desde el nodo de terminación del proyecto hasta el nodo de inicio. Para calcular estos tiempos se siguen los siguientes pasos:

1. Para el nodo de terminación del proyecto, su tiempo de terminación lejano (TL) será igual al tiempo de terminación cercano (TC) determinado anteriormente.
2. Para cada actividad que se ha determinado su TL, el tiempo de inicio tardío de la actividad (IL) se calcula con la siguiente expresión:

Inicio tardío (IL)=Terminación tardía (TL) - duración de la actividad

3. Para cada actividad cuyos sucesores inmediatos se ha determinado el tiempo de inicio lejano (IL), se calcula el tiempo el TL, sabiendo que el mismo será igual al menor de los tiempos de inicio lejanos de sus sucesores inmediatos.
4. Una vez que se obtiene el TL de cada actividad, se calcula el IL para cada actividad repitiendo el paso 2 hasta llegar al nodo de inicio del proyecto.
5. Repetir el paso 3 hasta que se obtenga finalmente el TL e IL de cada actividad. El tiempo de inicio y terminación lejanos de la actividad de inicio del proyecto

debe ser igual a cero, de esa manera se comprueba que no haya errores en los cálculos de alguna actividad.

A continuación, se procederá a explicar la metodología de los cálculos de los distintos tiempos tempranos y lejanos para una red de precedencias, pero primero se debe transformar la red de flechas a una red de precedencias.

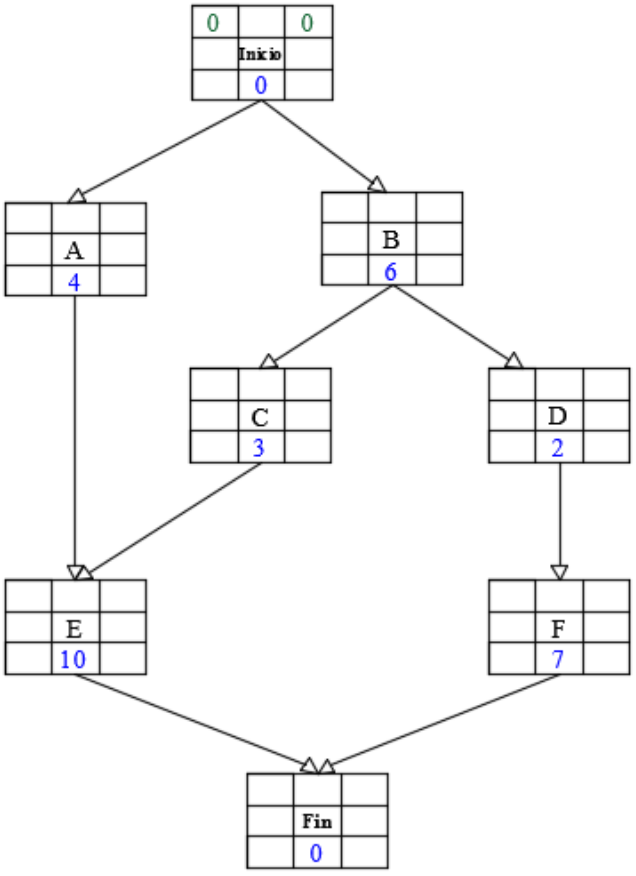


Figura 1.25: Red de precedencias para el cálculo del tiempo de inicio y terminación tempranos y tardíos

Primero se coloca los tiempos de inicio temprano de la actividad de inicio, la cual es igual a 0, y como la actividad no tiene duración (0), el tiempo de terminación temprano también es igual a cero. Ahora se procede a determinar los tiempos de inicio y terminación cercanos para cada actividad, desde arriba hacia abajo desde la actividad de inicio hasta la actividad de finalización, sabiendo que para cada actividad el tiempo de inicio cercano será el mayor de los tiempos de terminación cercanos de las actividades que llegan a la actividad analizada. Entonces se tiene:

1. Actividad A

- IC = 0
- TC = 0 + 4 días.

2. Actividad B

- IC = 0
- TC = 0 + 6 = 6 días.

3. Actividad C

- IC = 6 días.
- TC = 6 + 3 = 9 días.

4. Actividad D

- IC = 6 días.
- TC = 6 + 2 = 8 días.

5. Actividad E

- IC = El mayor valor de IC entre actividad A = 4 días, y actividad C = 9 días. Por lo tanto, el IC de la actividad E es igual a 9 días.
- TC = 9 +10 = 19 días.

6. Actividad F

- IC = 8 días.
- TC = 8 + 7 = 15 días.

7. Actividad de fin de proyecto

- IC = El mayor valor de IC entre actividad E = 19 días, y actividad F = 15 días. Por lo tanto, el IC de la actividad de finalización es igual a 19 días.

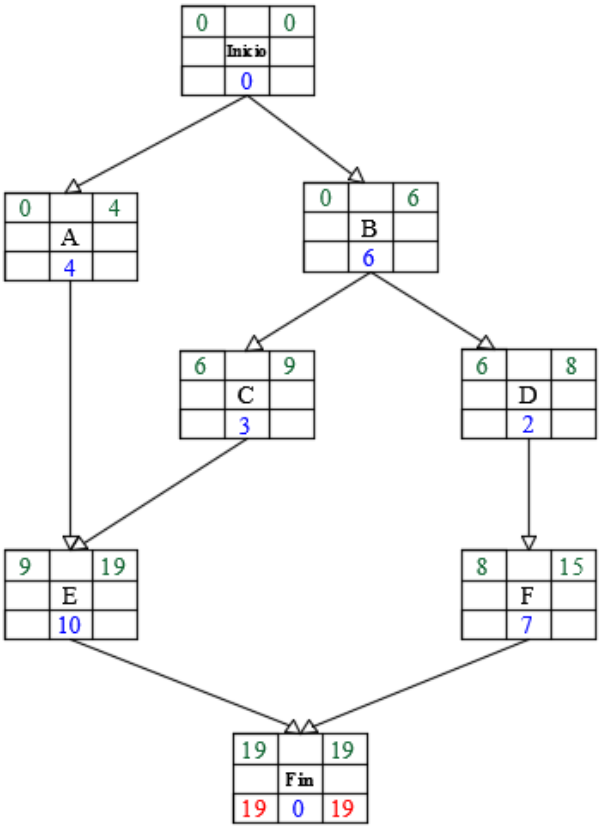


Figura 1.26: Cálculo de los tiempos tempranos de las actividades del diagrama de precedencias

Para calcular los tiempos de inicio y terminación lejanos o tardíos de las actividades, partimos del nodo de finalización y la secuencia de cálculo será desde abajo hacia arriba, teniendo en cuenta que el tiempo de terminación tardía es el menor de los tiempos de inicio tardíos de todas las actividades que parten o nacen de la actividad que se está analizando.

1. Actividad de fin

- TL = TC = 19 días.
- IL = 19 – 0 = 19 días.

2. Actividad E

- TL = 19 días.
- IL = 19 – 10 = 9 días.

3. Actividad F

- TL = 19 días.
- IL = 19 – 7 = 12 días.

4. Actividad C
- TL = 9 días.
- TC = 9 – 3 = 6 días.
5. Actividad D
- TL = 12 días
- IL = 12 – 2 = 10 días.
6. Actividad B
- TL = El menor valor de IL entre actividad C = 6 días, y actividad D = 10 días. Por lo tanto, el IL de la actividad B es igual a 6 días.
- IL = 6 – 6 = 0 días.
7. Actividad A
- TL = 9 días.
- IL= 9 – 4 = 5 días.
8. Actividad de inicio de proyecto
- TL = El menor valor de IL entre actividad A = 5 días, y actividad B = 0 días. Por lo tanto, el TL de la actividad inicial del proyecto es igual a 0 días.
- IL = 0 – 0 = 0 días.

Al comparar los resultados en cuanto a los tiempos de inicio y terminación cercanos y lejanos, así como la duración obtenida para el proyecto, con los resultados determinado mediante el método de diagramas flechas, se observa que los resultados son iguales, confirmando la validez de ambos métodos, sin embargo, con el método de la red de flechas los cálculos son más tediosos, mientras que el método de precedencias es más sistemático, además de que en el mismo se representa de manera más sencilla las relaciones de dependencia entre las actividades.

1.5.4.5.Holguras

Después de que se conocen los tiempos de inicio cercanos y lejanos se puede determinar la holgura que existe para cada actividad, las cual no es más que " el mayor o menor tiempo con que se pueden iniciar o terminar una actividad, es decir, es el grado de libertad para la realización de la actividad" (Samaniego Navarrete & Vanegas Ortiz, 2014, pág. 53). Si bien existen varios tipos de holguras, se explicará y profundizará tres tipos de holguras.

- **Holgura total (HT)**

Se la conoce también como holgura primaria, y es "la cantidad de tiempo que puede retrasarse una actividad sin retrasar la terminación del proyecto (suponiendo que no hay retrasos subsecuentes en el proyecto)" (Hillier & Hillier, 2008, pág. 335). La holgura total está dada por la diferencia entre el tiempo más lejano de terminación y el tiempo de terminación más cercano; o de la mima manera por la diferencia entre el tiempo de inicio más lejano y el más cercano. Es importante mencionar que la holgura total puede ser positiva o negativa; cuando es positiva significa que las actividades pueden retrasarse la magnitud de tiempo de su holgura total sin retrasar la totalidad del proyecto, pero cuando el valor es negativo, representa el tiempo que la actividad se debe apresurar para completar el proyecto en su duración planificada. Por otra parte, si la holgura total es igual a cero, significa que las actividades no se deben apresurar, pero tampoco podrán obtener retrasos (posteriormente se analizará el caso puntual del significado una holgura igual a cero). La expresión general para determinar la holgura total está dada como sigue:

$$\textbf{Holgura total}=TL-TC=IL-IC$$

Para el caso de los diagramas de flechas, si no se ha calculado los distintos tiempos de inicio y terminación, y se cuenta únicamente con los tiempos tempranos y tardíos de los eventos, se puede representar y calcular la holgura total de la siguiente manera:

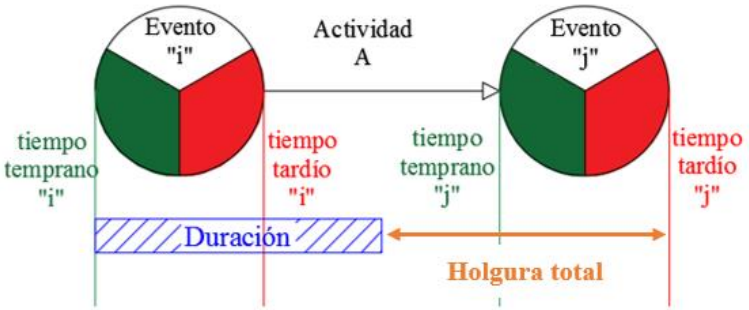


Figura 1.27: Holgura total de una actividad comprendida entre dos eventos

Holgura total=tiempo tardío evento "j" - tiempo temprano evento "i" - duración actividad A

En este momento se explicará el cálculo de la holgura total para los dos tipos de diagramas de proyecto.

a) Diagrama de flechas

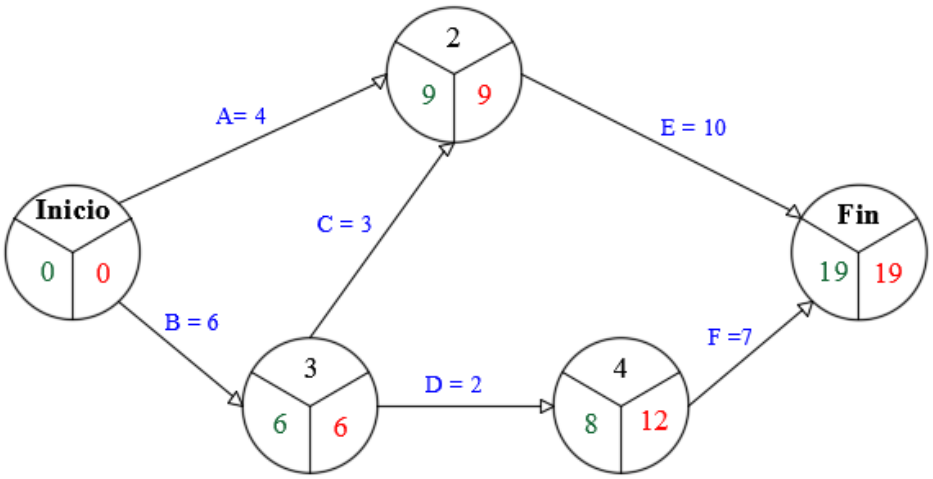


Figura 1.28: Diagrama de flechas para el cálculo de las holguras totales

Una vez que se han obtenido los tiempos tempranos y tardíos para cada evento, para determinar la holgura total de cada actividad simplemente se debe aplicar el concepto descrito anteriormente. Por ejemplo, para calcular la holgura de la actividad A simplemente se determina la diferencia entre el tiempo tardío del evento final menos el tiempo temprano del evento inicial y la duración de la actividad, es decir, en este caso se calcularía la diferencia entre el tiempo tardío del evento 2 menos el tiempo temprano del evento de inicio del proyecto y la duración de la actividad A, como sigue: HT act. A = 9 – 0 – 4 = 5. Este proceso se realiza para cada actividad, y se obtiene el siguiente resultado.

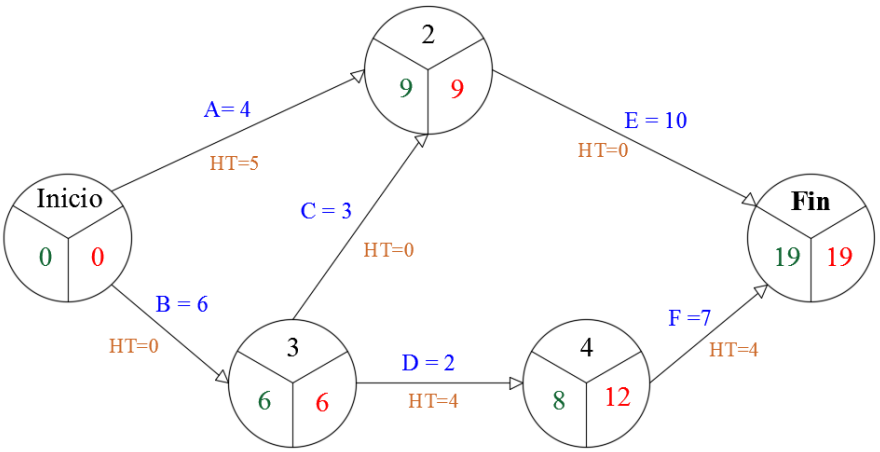


Figura 1.29: Holgura total de cada actividad en la red de flechas

b) Diagrama de precedencias

Para el caso del diagrama de precedencias, primero se transforma la red del proyecto de diagrama de flechas a red de precedencias, y acto seguido se calculan los tiempos tempranos y tardíos para cada actividad de la red.

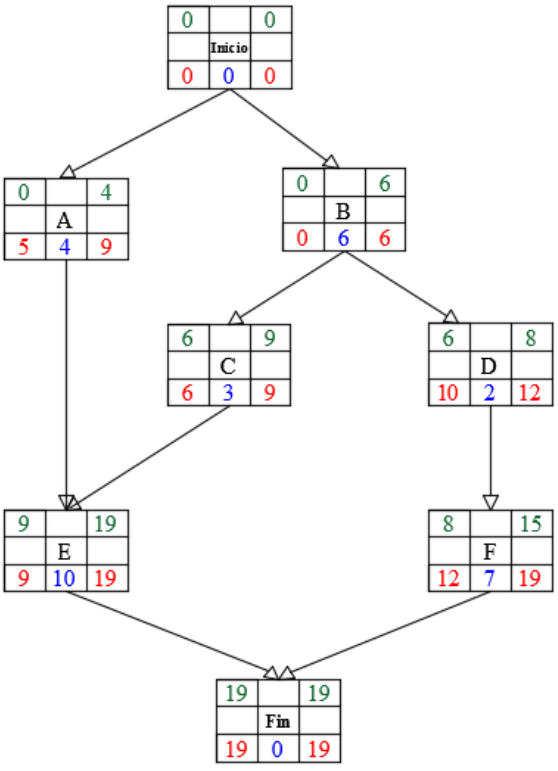


Figura 1.30: Red de precedencias para el cálculo de las holguras totales

El siguiente paso es calcular la holgura total de cada actividad. Por ejemplo, en el caso de la actividad "A" que se analizó para el caso del diagrama de flechas, para calcular su holgura total se debe restar el tiempo de terminación temprana del tiempo de terminación tardío de la actividad o hallar la diferencia entre el tiempo de inicio tardío de la actividad menos el tiempo de inicio temprano, como sigue: HT act. A = 9 – 4 = **5** = 5 – 0. Este proceso se lo realiza para cada actividad de la red, y se obtiene:

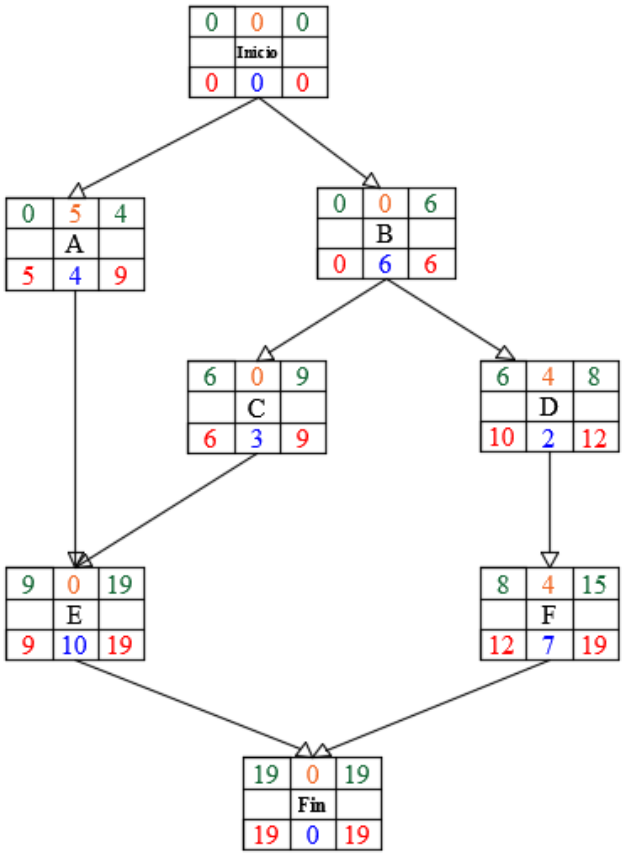


Figura 1.31: Holgura total en cada actividad en la red de precedencias

Como se observa, se obtienen los mismos resultados que los que se determinaron en la red de flechas.

- **Holgura libre (HL)**

Se la denomina también holgura secundaria y es la cantidad máxima de tiempo en que se puede retrasar la ejecución de una actividad sin retrasar las actividades siguientes. Para el caso de los diagramas de flechas, si no se tiene determinados los tiempos de inicio y terminación cercanos y lejanos, la holgura libre entre dos eventos se representa de la siguiente manera:

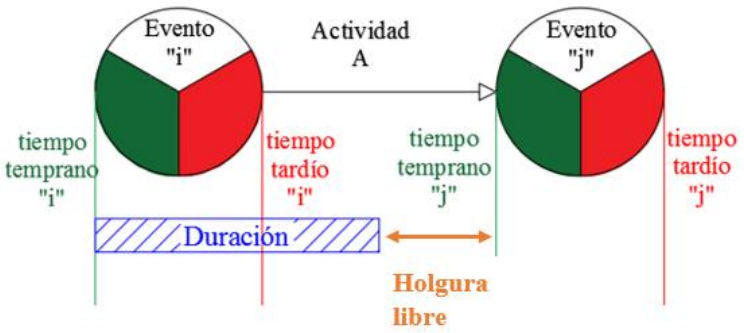


Figura 1.32: Representación gráfica de la holgura libre de una actividad comprendida entre dos eventos

Holgura libre=tiempo temprano evento "j" - tiempo temprano evento "i" - duración actividad A

Para el caso del diagrama de precedencias y diagrama de flechas, se calcula "encontrando la menor holgura total para todas las actividades que entren en una actividad en particular y después se resta de los valores de la holgura total de las otras actividades que también entren en esa misma actividad. Puesto que es la diferencia relativa entre los valores de holgura total para actividades que entran en una misma actividad, sólo existirá cuando dos o más actividades entren a la misma actividad (…) La holgura libre es una diferencia relativa entre valores de holgura total, siempre es un valor positivo" (Gido & Clements, 2003, pág. 239).

Para el caso puntual de los diagramas de flecha, la holgura libre entre dos eventos se puede determinar de una manera más simple mediante "la diferencia entre la fecha más temprana del suceso posterior y la fecha más temprana que necesita la actividad para terminar la operación" (Samaniego Navarrete & Vanegas Ortiz, 2014, pág. 54).

La holgura libre es un indicador muy interesante para prevenir el riesgo, ya que mide la importancia de las actividades no críticas, es decir, para aquellas actividades que su holgura total es distinta de cero.

Para poder explicar el concepto de este tipo de holgura y lo que representa, se recurrirá a un ejemplo.

Diagrama de flechas

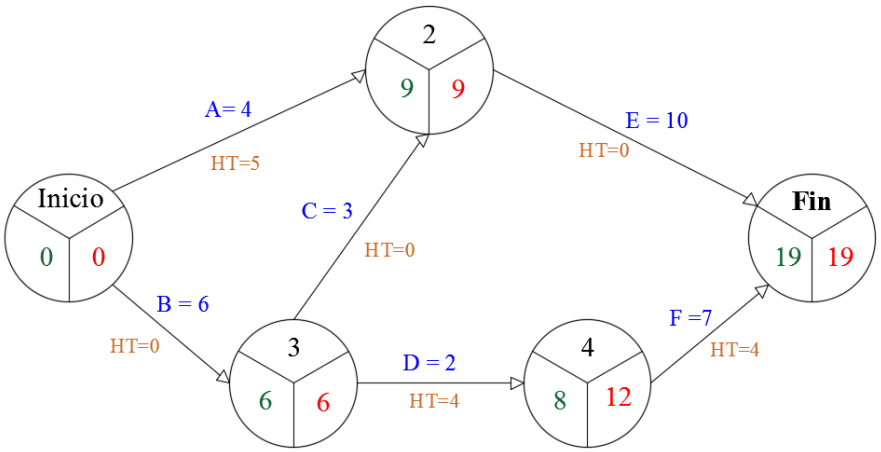


Figura 1.33: Diagrama de flechas para el cálculo de la holgura libre

Utilizando el método simplificado del cálculo de la holgura libre de Samaniego Navarrete y Vanegas Ortiz, que se mencionó anteriormente, se tiene que para el caso del evento 2, llegan dos actividades: la actividad A y la actividad C. Al calcular el tiempo de inicio más temprano del evento (IC=tiempo temprano evento inicial + duración actividad), se tiene que la actividad A genera un tiempo de inicio más temprano de 0+4=4, mientras que la actividad C un tiempo de 6+3 = 9, por lo tanto la holgura libre o secundaria para el evento 2, es decir, para la actividad sucesora al evento 2, que es la actividad E, será la diferencia entre ambos tiempos de inicio más temprano, que sería 9 – 4 = **5**, y esto representa el tiempo que tiene para finalizar o completarse la actividad A antes de que se inicie la actividad sucesora al evento 2.

De la misma manera, al aplicar la definición general propuesta por Gido y Clements, para determinar la holgura libre de la actividad sucesora del evento 2, se determina primero la holgura total de las actividades que llegan al evento 2, es decir de la

actividad A y la actividad C, por medio de la expresión propuesta para el cálculo de la holgura total (HT) entre dos eventos (HT= tiempo tardío evento final – tiempo temprano evento inicial – duración actividad), y se obtiene: HT act. A = 9 – 0 – 4 = 5, HT act. C = 9 – 6 – 3 = 0. Entonces se elige la menor holgura total entre las actividades, que sería la correspondiente a la actividad C que es 0, y se resta de los valores de la holgura total de las actividades que llegan al evento 2 (en este caso llegan al evento 2 solamente las actividades A y C), es decir, se deberá restar únicamente de la holgura total de la actividad A, la cual es 5, entonces, la holgura libre del evento 2, o actividad E, se obtiene así: HL evento 2 = 5 – 0 = **5**. Se observa que por ambos métodos se obtiene el mismo valor de holgura libre.

a) Diagrama de precedencias

Para aplicar el concepto del cálculo de la holgura libre en este tipo de diagramas, primero se transforma el diagrama de flechas usado para el ejemplo explicado a una red de precedencias.

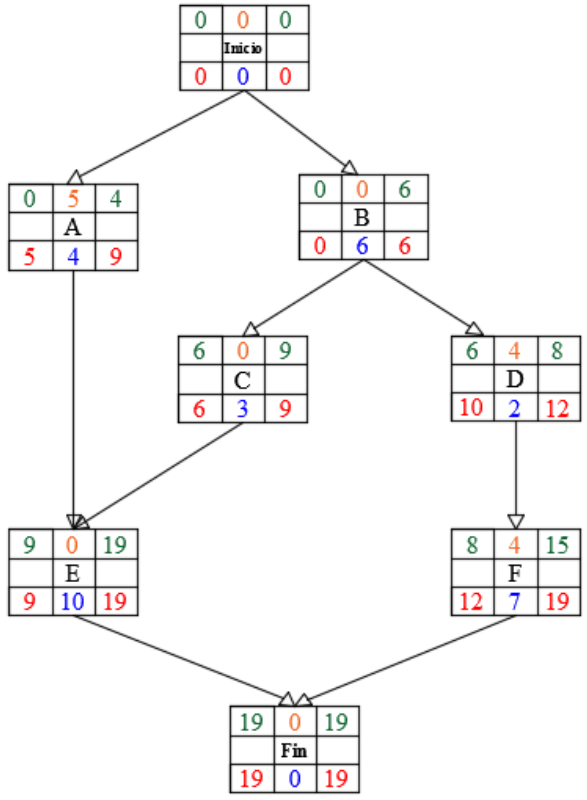


Figura 1.34: Diagrama de precedencias para el cálculo de la holgura libre

Para calcular la holgura libre de la actividad E, primero se escoge la menor holgura total de las actividades que llegan a la actividad en cuestión, que en este caso son las actividades A y C, con holguras totales de 5 y 0, respectivamente, entonces la menor es la correspondiente a la actividad C, es decir 0. Después para obtener la holgura libre de la actividad E se debe restar esta holgura de las holguras totales del resto de actividades que llegan a la actividad; en este caso como solo llega la actividad A y C, se resta solo de la actividad A, teniendo: HL act. E = 5 – 0 = 5. Esto significa que la actividad C puede retrasarse hasta 5 días sin demorar el inicio más temprano de la actividad “e”. De esa manera se observa que se obtiene la misma holgura libre para la actividad “e” que se calculó con ambos métodos para el diagrama de flechas.

- **Holgura independiente (HI)**

Es la cantidad máxima de tiempo que puede extenderse la duración de la actividad sin retrasar otras actividades, incluso si la holgura en las actividades anteriores se ha consumido. La holgura independiente representa el tiempo remanente después de que las actividades de la red han iniciado en su tiempo más tardío, y termina en su tiempo de inicio más cercano de la actividad siguiente. La holgura independiente entre dos eventos se representa gráficamente de la siguiente manera:

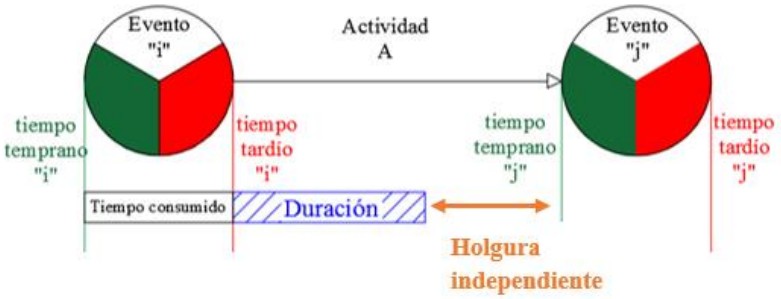


Figura 1.35: Representación gráfica de la holgura libre de una actividad comprendida entre dos eventos

Holgura independiente = tiempo temprano evento "j" - tiempo tardío evento "i"

- duración actividad A

La holgura independiente es un indicador útil, debido a que la misma muestra el caso más desfavorable, ya que evalúa el caso en que las actividades han utilizado sus márgenes al máximo, y su valor generalmente es pequeño e incluso negativo, siendo

su límite superior el valor correspondiente a la holgura total (Samaniego Navarrete & Vanegas Ortiz, Cálculo de holguras, 2014). Cuando la holgura independiente es negativa se toma el valor de cero de manera arbitraria, ya que su definición no permite que este valor sea negativo. De esta manera, de forma general la holgura independiente se expresa mediante la siguiente fórmula:

Holgura independiente=máx. [0; (IC mín. -TL máx. - duración actividad)]

Donde,

IC mín. = mínimo inicio cercano de todas las actividades sucesoras inmediatas a la actividad analizada.

TL= Tiempo de terminación más lejano de la actividad analizada.

A continuación, se presenta un ejemplo para entender cómo se determina la holgura independiente de las actividades:

a) Diagrama de flechas

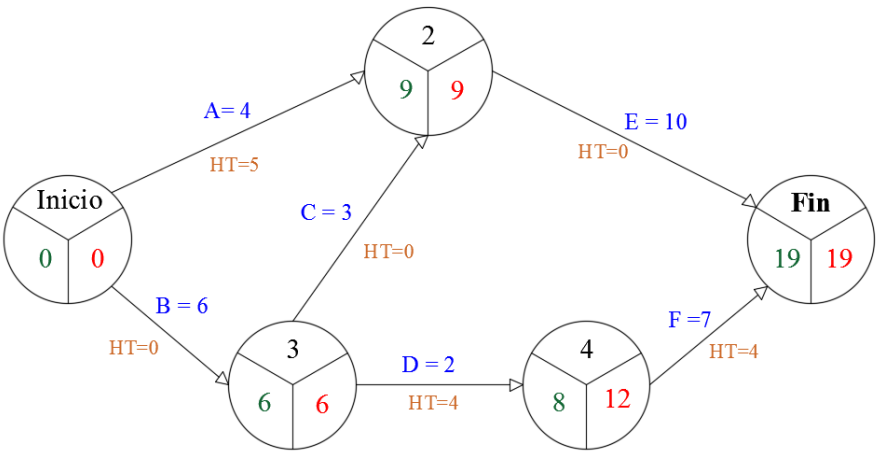


Figura 1.36: Diagrama de flechas para el cálculo de la holgura independiente

Tomando el caso de la actividad D, su holgura independiente se calcula al restar el tiempo tardío del evento 3 y la duración de la actividad D, del tiempo cercano del evento 4, obteniendo que: HI act. D = 8 – 6 – 2 = 0. Es decir, en este caso la holgura independiente de la actividad D tomó el valor de su holgura total (0), y significa que

la actividad D no puede demorarse más de su duración planificada, sino se retrasará y tendrá efecto sobre las actividades que le sucedan; y de esta manera, ratifica el significado de la holgura libre de la actividad, es decir la actividad no requiere ser apresurada pero tampoco puede retrasarse sino se retrasará todo el proyecto.

b) Diagrama de precedencias

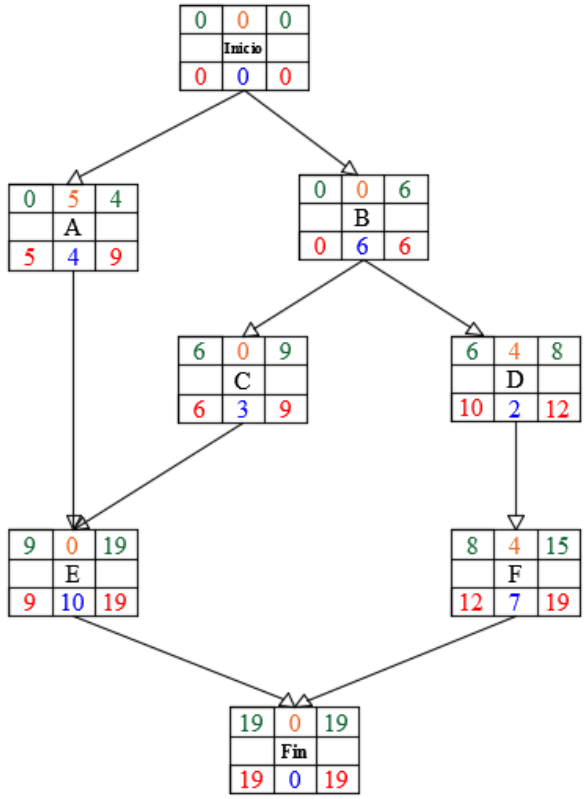


Figura 1.37: Diagrama de flechas para el cálculo de la holgura independiente

Al aplicar la expresión general para el cálculo de la holgura independiente para la actividad D, se tiene que se debe elegir el máximo valor entre cero y el que resulte de la diferencia del menor tiempo de inicio más cercano de su actividad sucesora menos el tiempo de terminación más lejano de la actividad D y su duración, en este caso, el mínimo IC de la actividad sucesora es el IC de la actividad F (8), mientras que el TC de la actividad D es 10, y tiene una duración con un valor de 2, por lo que la holgura independiente de la actividad D es igual a: HI act. D = máx (0; 10 – 8 – 2 = 0). Es decir, la holgura independiente en este caso es igual a cero, lo cual concuerda con el valor obtenido en el diagrama de flechas.

1.5.4.6. La Ruta Crítica

Al momento de elaborar una red de proyecto, se observa que se tiene distintos caminos o rutas para ejecutar el proyecto de inicio a fin, y cada uno de estas rutas generará un tiempo distinto de terminación del proyecto, siendo algunos mayores y otras menores. Si bien existen múltiples rutas o caminos para terminar el proyecto, no obstante, "no se puede terminar un proyecto hasta que se finalice la ruta de actividades más larga (la que solicita más tiempo). A este trayecto más largo en el diagrama de red global se le denomina ruta crítica" (Gido & Clements, 2003, pág. 236). Esta es la primera característica fundamental de la ruta crítica, y para determinar la ruta más larga, la cual definirá la duración del proyecto, se lo puede hacer básicamente de dos maneras, la primera, una vez que se ha elaborado el diagrama del proyecto se identifican todas las rutas de inicio a fin del proyecto, y se suman duraciones de las actividades para determinar así la duración total, que se llama longitud de la ruta; de esa manera al encontrar la ruta con mayor longitud será la ruta crítica. La segunda manera es mediante el cálculo de la holgura total de cada actividad, después de que se ha realizado el análisis de tiempos de la red.

Al realizar el análisis de tiempos, se puede observar que en ciertas actividades existe una relación estrecha entre los tiempos tempranos y tardíos, que es que el tiempo de inicio temprano de la actividad es igual a su tiempo de inicio tardío, y su tiempo de terminación temprano es igual a su tiempo de terminación tardío, lo cual significa que la actividad tiene una holgura total a cero, es decir, que las actividades que tienen esa particularidad no podrán retrasarse, debido a que un retraso, ya sea en su inicio o en su tiempo de terminación, generará un retraso en la totalidad del proyecto. A estas actividades se las llama actividades críticas, y el camino conformado por dichas actividades de inicio a fin es el camino o ruta crítica del proyecto.

Es este concepto, las actividades que se encuentren fuera de la ruta crítica podrán tener retrasos determinados por sus distintas holguras, pero el administrador del proyecto deberá tener especial cuidado con la ejecución de las actividades críticas, ya que el cumplimiento y duración del proyecto dependerá del cumplimiento de estas actividades de acuerdo a lo planificado. Sin embargo, no se puede dejar de lado las actividades secundarias o no críticas, ya que, si se sobrepasa el límite de tiempo de sus holguras, generarán cambios en la programación, pudiendo convertirse en actividades críticas (Samaniego Navarrete & Vanegas Ortiz, El camino crítico o ruta crítica, 2014).

De esta manera, la identificación de la ruta crítica tiene una importancia crucial para el administrador del proyecto, ya que la misma arroja como resultado el camino más largo de actividades para completar el proyecto, el cual es el tiempo más corto en el cual se puede terminar el proyecto, y las actividades que conforman esta ruta son aquellas que no se pueden dejar de realizar dentro del proyecto, debido a que un retraso en cualquiera de estas actividades significará un retraso en la totalidad del proyecto.

A continuación, se explicará mediante un ejemplo cómo identificar la ruta crítica por medio de la longitud de las distintas rutas, así como con las holguras totales de las actividades.

1. Longitud de las rutas

Se explicará únicamente mediante el diagrama de precedencias, ya que el procedimiento es exactamente el mismo para los diagramas de flechas. A continuación, se presenta el diagrama de precedencias que se mostró al inicio, es decir sin haber realizado el análisis de tiempos.

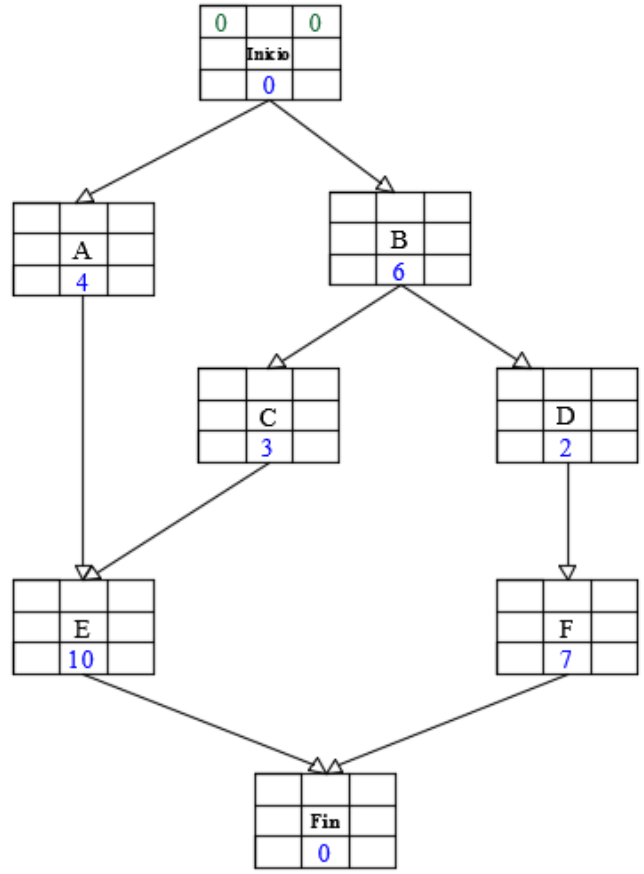


Figura 1.38: Determinación de las longitudes de ruta

Las distintas rutas que se tienen de inicio a fin están conformadas por las siguientes actividades:

- Ruta 1: Inicio, A, E, Fin
- Ruta 2: Inicio, B, C, E, Fin
- Ruta 3: Inicio, B, D, F, Fin

Las longitudes de las rutas se calculan como sigue:

- Ruta 1: 0 + 4 + 10 + 0 = 14 días.
- Ruta 2: 0 + 6 + 3 + 10 + 0 = 19 días.
- Ruta 3: 0 + 6 + 2 + 7 + 0 = 15 días

De esta forma se observa que la mayor longitud de ruta está dada por la ruta 2, de esta manera la ruta 2 es la ruta crítica, y su longitud determinará menor tiempo en que se puede completar el proyecto, que es 19 días, lo cual coincide con el tiempo de terminación temprano calculado.

2. Holguras totales

En este momento se presenta la red de actividades con sus holguras totales, la cual se determinó en el subcapítulo anterior.

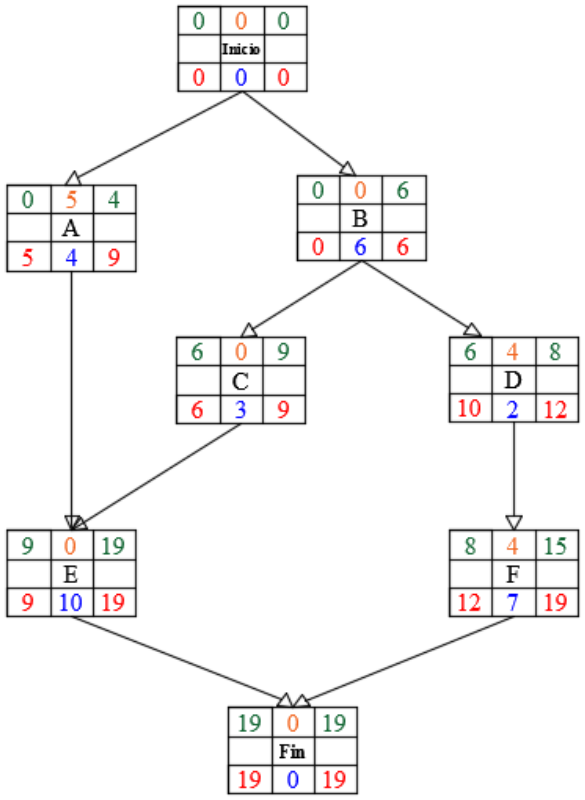


Figura 1.39: Determinación de la ruta crítica por medio de las holguras totales

Se observa el grupo de actividades que tienen una holgura total igual a cero, las cuales conforman las actividades críticas: Inicio, actividad B, actividad C, actividad E, Fin. De esta manera la ruta crítica es aquella conformada por esas actividades, y al analizar las actividades que no pertenecen a las actividades críticas, se observa que la actividad A tiene una holgura total de 5 días, la actividad D una holgura de 4 días y a la actividad F le corresponde una holgura total de 4 días, es decir, esos son los tiempos máximos que se podrán retrasar dichas actividades sin que se retrase la duración total del proyecto y se generen cambios en la programación, como una nueva ruta crítica.

La ruta crítica determinada mediante el cálculo de la longitud de ruta es la misma que la determinada por las holguras totales, lo cual corrobora que los cálculos se han realizado correctamente.

Finalmente, se resalta en la ruta crítica en la red.

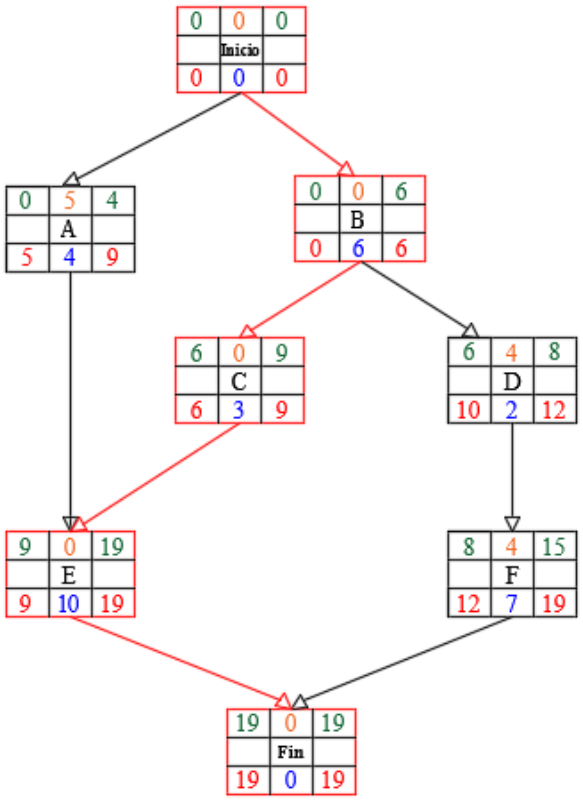


Figura 1.40: Ruta crítica

Se puede determinar la ruta crítica de cualquier de las dos maneras, sin embargo, el cálculo de la longitud de ruta se dificulta cuando se tiene una red extensa y compleja, por lo que se recomienda determinar la ruta crítica por medio el cálculo de las holguras totales, además de que con este método se proporciona información valiosa adicional al administrador del proyecto, como lo son el valor que se puede retrasar cada actividad sin alterar la duración del proyecto, y así realizar una mejor administración.

1.6. Análisis de precios unitarios

1.6.1. Conceptos importantes

- **Concepto de trabajo:** Se denomina también rubro y es el conjunto de operaciones manuales y mecánicas, así como materiales que el contratista emplea en la realización de la obra. El rubro también se define como “una categoría que se utiliza para agrupar dentro de ella a objetos o actividades que entre sí poseen determinadas características; el rubro en un presupuesto es una actividad que se va a realizar dentro de la obra en a construirse, dicho rubro

consta con su cantidad y precio unitario determinado por el debido análisis de precios unitarios, y está determinado por una unidad de medida" (Calero C., 2015, pág. 17). Un rubro puede llegar a ser una actividad cuando es compatibilizado y cumple ciertas condiciones, es decir, un rubro puede ser "hormigón f´c=210 Kg/cm^2", pero cuando se especifica el lugar donde será utilizado, por ejemplo "hormigón f´c=210 Kg/cm^2 para vigas de cimentación", el rubro se considera como una actividad.

- **Costos:** Es la suma de gastos necesarios para obtener un trabajo o servicio. Son los esfuerzos económicos necesarios para la producción o la comercialización de bienes o a la prestación de servicios, y están enfocados al mantenimiento de la administración de las empresas (Calero C., Componentes del análisis de precios unitarios., 2015)
- **Costo de obra:** Es el valor de la inversión realizada para concluir totalmente la obra.
- **Precio de obra:** Es el monto de venta, y equivale al costo de la obra sumado los costos indirectos.
- **Precio unitario:** Remuneración monetaria que el contratante deberá reconocer al contratista por unidad de obra y por concepto de trabajo que se ejecuta.
- **Unidad de obra:** Unidad de medición señalada en las especificaciones para cuantificar el concepto de trabajo para fines de mediciones y pago.

1.6.2. Descripción general

"Análisis de precios unitarios es el proceso mediante el cual se puede determinar el rendimiento de una obra, es decir que mediante este método se puede fijar la cantidad de obra que se va a realizar en un día, o por unidad de medida, lo cual es muy importante, ya que todos los parámetros de la obra están regidos a este concepto; y esto nos permite definir un tiempo estimado para realización del proyecto, y de igual manera plantear un costo para el mismo" (Calero C., 2015, pág. 13).

El análisis de precios unitarios es crucial para el contratista general, así como para el administrador de proyectos, ya que, dentro de la contratación pública en el Ecuador, los presupuestos elaborados con esta metodología, son los que más comunes y los que más se requieren. Además, mediante el análisis de precios unitarios, el contratista, analiza a detalle y considera los elementos más relevantes necesarios para poder ejecutar cada rubro. De ahí radica la importancia del manejo de este sistema.

Para que el proceso de análisis de obra sea efectivo se debe tomar en cuenta tres importantes características:

- Es un proceso cuyos **resultados son aproximados**, debido a la particularidad de cada obra dentro del sector de la construcción, sumado al hecho de que el proceso de analizar un precio de un rubro está basado en la experiencia del analista, además de que el rendimiento de la mano de obra siempre será un factor que no se puede determinar con total seguridad y certeza. Es decir, los precios unitarios se basan en suposiciones además de la habilidad que tenga el analista y para su estimación están supeditados a condiciones promedio de consumos, pérdidas y desperdicios.
- Los precios unitarios **son específicos** debido a que cada estimación es propia de cada proceso constructivo y es consecuencia de su planificación y ejecución.
- El precio unitario es válido en el momento del cálculo y en las condiciones dadas para el mismo, por lo cual debe ser actualizado continuamente, ya que los insumos que lo componen están variando continuamente. Es decir, para una obra dada se puede utilizar un análisis de precio unitario de otro presupuesto que se realizó, pero se deberán actualizar los precios, cantidades de mano de obra, equipos y transporte.

Los presupuestos realizados por la metodología están divididos en rubros con su respectiva unidad de medición, su precio unitario, la cantidad a realizarse del rubro, seguido por el precio total que tendrá la ejecución del rubro. La suma del precio total de cada rubro será el equivalente al monto presupuestado para el proyecto.

El análisis de precios unitarios establece que cada rubro está dividido en dos costos: costos directos y costos indirectos, los cuales a su vez se subdividen en más componentes. La suma de los costos directos más los costos indirectos será el precio unitario del rubro analizado.

Como se analizará después, los costos directos del rubro están conformados por cuatro grandes componentes: equipo/maquinaria, materiales, mano de obra y transporte (en el caso que lo requiera). Cada componente dentro del análisis tendrá una incidencia en el costo unitario para realizar el rubro, puesto que, el costo directo del rubro estará determinado por los costos de sus componentes, y como se verá más adelante, el precio unitario de un rubro es la suma del costo directo del rubro más un porcentaje del

mismo, llamado costo indirecto. Por ello para realizar un A.P.U, se debe tener muy claro el alcance del proyecto, y las especificaciones técnicas de cada rubro que será componente del proyecto. De la misma manera se debe contar con los planos necesarios, de tal forma que se pueda calcular las cantidades de obra de cada rubro de la manera más precisa, y el presupuesto sea realista. Los rubros que se consideren dependen también del método constructivo que se haya optado para realizar la obra, debido a que el mismo define el **personal** y equipo requerido para poder realizar el trabajo, y su productividad, determinada por el rendimiento de las cuadrillas y equipos. El costo de mano de obra estará definido por la cuadrilla que se requiera para la ejecución del rubro, así como el valor monetario que gana cada tipo de obrero, y el rendimiento de la cuadrilla. El rendimiento de las cuadrillas o equipos de trabajo es un factor muy importante que tiene una incidencia grande en cada rubro, pero al mismo tiempo, es muy difícil determinarla con certeza, ya que la misma está supeditada a muchos factores, como la hora a la que se ejecute el trabajo (una cuadrilla no tiene el mismo rendimiento a las 10 am que a las 5 pm), así como el clima (climas extremos inciden en la productividad de las cuadrillas: un equipo no trabaja de la misma manera en un día templado que en un día en cual la temperatura es de por ejemplo 35 grados Celsius), las condiciones y ambiente del sitio de trabajo, y hay que tomar en cuenta que cada cuadrilla tiene un rendimiento distinto así esté conformada por el mismo número de personas y trabaje en el mismo lugar que la otra cuadrilla. Se pueden encontrar datos de rendimientos en las cámaras de construcción de cada ciudad, provincia, cantón o estado, pero las mismas no son muy acertada debido a que aquellos rendimientos fueron determinados bajo ciertas condiciones de trabajo y con ciertas cuadrillas; es decir, los registros de rendimientos a los que se puede acceder no serán los mismos del proyecto que estamos planificando, debido a que nuestras condiciones de trabajo son distintas, así como el tipo de obra, pues los distintos rubros tendrán distintos rendimientos en función del tipo de obra, pues no es lo mismo hormigonar una losa de piso que hormigonar una zapata en una zona pantanosa, o de la misma manera, no es lo mismo realizar una excavación de 2 m de profundidad en arcilla, que realizar la misma excavación en un terreno rocoso. Además, se debe tener claro los **materiales** y recursos necesarios para cada rubro, ya que en cuanto a los materiales se requiere determinar además de la cantidad necesaria, la proporción de ellos que será usado para cada unidad de trabajo de cada rubro, así como el rendimiento y el desperdicio, el cual está presente en todas las construcciones. En cuanto a la

maquinaria, se debe diferenciar si el equipo es propio o es alquilado, ya que si el mismo es alquilado, simplemente el precio de este componente por unidad de trabajo será equivalente a la tarifa de alquiler del equipo determinado por la empresa dueña del mismo; pero si el equipo es propio, se debe analizar factores como la depreciación del mismo, su rendimiento, potencia, entre otros factores, para poder calcular el costo que genera la maquinaria por cada unidad de trabajo dentro del rubro. En cuanto al costo debido al **transporte**, el mismo no es un valor que estará presente en cada rubro debido a que las compañías que venden los materiales generalmente incluyen en su precio de venta el transporte. El transporte se considera cuando por ejemplo se tiene una obra a la que para poder acceder se debe recorrer grandes distancias, por lo que se considerará el transporte de los materiales y equipos, ya que pueden tener recargos por este factor.

A continuación, se presenta el desglose de los componentes de cada tipo de costo, y cómo determinarlo.

- **Costos directos**

Son aquellos costos de los recursos que se incorporan físicamente al producto final y a su empaque, y ambos se comercializan conjuntamente, como, por ejemplo, el cemento con su empaque, cerámica con su empaque, entre otros. Es decir, Son todos los costos producidos por los gastos de mano de maquinaria, materiales, mano de obra y transporte, efectuados exclusivamente para para la ejecución de un concepto de trabajo. Los costos directos influyen directamente en el costo de un determinado rubro.

Los costos directos se componen de los costos incurridos por los equipos/maquinaria, materiales, mano de obra y el transporte, y para obtener el costo directo total del rubro, simplemente se realiza la sumatoria de los costos de sus componentes sin tomar en cuenta el impuesto al valor agregado (IVA), puesto que el mismo se lo aplica al final del presupuesto.

- **Costos indirectos**

Los costos indirectos son todos aquellos gastos que se realizan para la ejecución de un proyecto y que no han sido considerados como costos directos; es decir, son los costos de los recursos que participan en el proceso constructivo/productivo, pero que no se

incorporan físicamente al producto final, pues están vinculados al período productivo, más no al producto final.

Los costos indirectos se dividen en dos grandes grupos: por gastos de la administración central y por gastos de obra.

1. Por gastos de la administración central

Estos costos aplican para todas las obras que esté realizando el contratista. Se subdividen en los siguientes capítulos y se considerará que el contratista tiene una empresa. Si el contratista trabaja como persona natural y no como jurídica, es posible que no necesite analizar una o más subdivisiones o elementos del siguiente listado.

- Capítulo I: Alquileres, amortizaciones

a) Alquiler de bodega
b) Alquiler de oficina
c) Computadoras
d) Servicios básicos
e) Vehículos de oficina

- Capítulo II: Cargos administrativos

a) Almacenes
b) Jefe de compras
c) Mensajeros
d) Recepcionista
e) Secretarias

- Capítulo III: Cargos técnicos y profesionales

a) Abogado
b) Contador
c) Arquitecto (si el caso lo amerita)
d) Ingenieros
e) Jefe del departamento de costos
f) Gerente general
g) Subgerente
h) Departamento de programación

Se considera solamente el personal necesario para todas las obras, ya que, si por ejemplo el arquitecto participa solo en una obra, ya no será parte de los gastos de la administración central, sino de los gastos por obra.

- Capítulo IV: Depreciación y mantenimiento

a) Útiles de oficina
b) Material de limpieza

- Capítulo V: Gastos de licitación

a) Bases para ofertas
b) Especificaciones técnicas

- Capítulo VI: Retenciones

a) Impuesto a la renta
b) Impuesto al valor agregado (IVA)

- Capítulo VII: Materiales de consumo

a) Combustibles
b) Papelería, copias, fotografía, entre otros.

- Capítulo VIII: Promociones

a) Publicidad
b) Gastos de representación
c) Varios

- Capítulo IX: Suscripciones y afiliaciones

a) Colegio de profesionales
b) Cámara de la construcción
c) Publicaciones técnicas
d) Varios

- Capítulo X: Seguros

a) Equipos
b) Personal
c) Seguro social
d) Vehículos

Para todos los capítulos se realiza una sumatoria mensual de los gastos incurridos en cada capítulo por sus elementos. Los costos indirectos debido a gastos administrativos serán equivalentes entonces a:

$$Gastos\ administrativos\ anuales = \sum_{i=Cap.I}^{i=Cap.X} Gastos \cdot 12$$

Generalmente los gastos administrativos representan un valor cercano al 10% de los costos directos.

2. Costos indirectos por gastos de cada obra

Estos costos están divididos en nueve capítulos, y son aquellos gastos que se consideran para cada obra puntual, debido a que serán distintos para cada obra que el contratista esté construyendo.

- Capítulo I: Cargos de campo

a) Bodeguero
b) Gratificaciones
c) Residentes de obra
d) Transporte de equipo

- Capítulo II: Construcciones provisionales
- Capítulo III: Financiamiento

Generalmente llega a tomar un valor del 1-2% del monto total de la obra.

- Capítulo IV: Fiscalización

Se lo considera solamente en el caso de que el servicio de fiscalización lo tenga que pagar el contratista, ya que, generalmente este servicio es contratado por la entidad contratante.

- Capítulo V: Fletes y acarreos
- Capítulo VI: Garantías

a) Buen uso del anticipo
b) Fiel cumplimiento
c) Buena calidad de materiales
d) Técnica

- Capítulo VII: Gastos de contratación
- Capítulo VIII: Imprevistos

Los gastos por imprevistos tienen la finalidad de proteger al constructor de cualquier situación adversa que no se contempla dentro de la planificación. Se asigna un porcentaje de los costos directos para cubrir estos gastos, y generalmente varía del 1% al 10%.

- Capítulo IX: Utilidad

La utilidad del contratista es un valor que usualmente oscila entre el 8% y 15% de los costos directos.

Para calcular los costos indirectos por gastos de obra se procede de la siguiente manera:

$$\text{Costo 1} = \frac{\sum \text{Capítulo I, II,IV,VII durante el tiempo que dure la obra}}{\text{Monto total de la obra analizada}}$$

Los costos de los capítulos I, II, IV y VII se calculan para cada mes y se multiplica por el número de meses que dure la obra. El resultado del costo 1 se lo expresa como un porcentaje de los costos directos.

$$\text{Costo 2} = \sum (\text{Capítulo III+VI+VIII+IX})$$

El costo de cada capítulo para el cálculo del capítulo 2 serán expresados como una proporción o porcentaje de los costos directos. De esta manera el porcentaje de costos directos incurrido por los gastos de obra será:

$$\text{Gastos de obra} = \text{Costo 1} + \text{Costo 2}$$

Finalmente, los costos indirectos totales es la sumatoria de los costos directos por los gastos administrativos y los gastos de obra.

$$\text{Costos indirectos} = \%\ \text{Gastos administrativos} + \%\ \text{Gastos de obra}$$

De esa manera, para cada rubro los costos indirectos, se expresan como un porcentaje de los costos directos.

1.6.3. Método de cálculo

Como se explicó anteriormente, el precio unitario de cada rubro no es más que la sumatoria de los costos directos y costos indirectos; y una vez que se ha determinado el precio de cada rubro que incide en la construcción de la obra, simplemente se multiplica el precio unitario de cada rubro por su cantidad a realizarse y finalmente al

realizar la sumatoria de los precios totales de los distintos rubros, se obtiene el presupuesto total de la obra, el cual se verá afectado después por el impuesto al valor agregado.

A continuación, se presenta una plantilla para el análisis de cada precio unitario, y en el capítulo 2 se entenderá el procedimiento a realizar para obtener el valor cada componente.

Análisis de Precios Unitarios

Item:	
Código:	
Descrip.:	
Unidad:	

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
					Subtotal de Equipo:	

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
					Subtotal de Materiales:	

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
					Subtotal de Mano de Obra:	

Costo Directo Total:	

COSTOS INDIRECTOS

% costos directos	

Precio unitario ofertado	

Figura 1.41: Plantilla para el análisis de precios unitarios

Las plantillas de análisis de precios unitarios se las puede realizar tan detalladas como el analista lo desee, un ejemplo de una plantilla detalla es la que sigue:

ANÁLSIS DE PRECIOS UNITARIOS	
OBRA:	
RUBRO:	
FECHA:	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
UNIDAD	

A. Mano de Obra					
Clase	Cantidad	Jornal/Hora	F.Mayorac.	TOTAL	%

B. Equipo y herramientas					
Clase	Cantidad	Valor	Costo/hora	TOTAL	%

C. Rendimiento		unidad del rubro / unidad de tiempo	**D. (A+B)/C**		

E. Materiales					
Clase	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL	%

F. Transporte					
Clase	Cantidad	Distancia	$/u/Km.	Total	%

Costos directos (D+E+F)					
Costos Indirectos		I.V.A.	14%		
Imprevistos			%		
Utilidades			%		
TOTAL					
TOTAL OFERTADO					

Figura 1.42: Plantilla detallada para el análisis de precios unitarios

Sin importar si se realice una plantilla detallada o no, el proceso y las consideraciones a tomar serán las mismas:

1. Mano de obra
    - Para cada rubro se debe considerar la cuadrilla mínima que es capaz de realizar el trabajo, y en ello incide de gran manera la experiencia del contratista. También se pueden obtener estos datos de tablas que han sido oficialmente aceptadas, como las que proporcionan las cámaras de la construcción.
    - El rendimiento del equipo consiste en conocer el tiempo que se tarda la cuadrilla de trabajadores en elaborar o ejecutar el rubro analizado. El rendimiento es variable y depende varios factores los cuales se mencionaron con anterioridad. El rendimiento se lo puede expresar como una relación del tiempo por unidad de trabajo o viceversa, aunque actualmente, es común que se lo exprese de la primera manera.
    - El pago a los trabajadores depende de la clase de trabajador que se analice, y su valor mínimo por hora se lo encuentra en la tabla salarial presentada por la Contraloría General del Estado.
    - Para calcular el costo de la mano de obra simplemente se multiplica el número de obreros de cada clase por su salario real horario y por el rendimiento de la cuadrilla. Después se suma el costo generado por cada clase de obrero y se obtiene el costo total de mano de obra para el rubro.
2. Materiales
    - Para los materiales únicamente se debe considerar el precio de cada material, y la cantidad requerida del material por unidad de trabajo. Entonces, se multiplica el precio del material por su cantidad, y se realiza la sumatoria de los costos de cada material y se obtiene el costo por materiales.
    - El costo generado por las herramientas menores se lo considera como un 5% de la mano de obra.
3. Maquinaria/equipos
    - Se debe diferenciar si la maquinaria es propia o alquilada. Si la maquinaria es alquilada el costo de la misma será igual a su tarifa de alquiler multiplicado por el rendimiento y la cantidad requerida. Si la maquinaria es propia, para saber el costo que tiene la misma se debe considerar su vida útil, especificaciones técnicas entre otros factores.

4. Transporte
    - El costo del transporte no se lo considera en todos los rubros, ya que el mismo está presente únicamente cuando se realizan recargos debido a que la distancia al sitio de la obra es muy grande.
5. Costos indirectos

Se calcula el porcentaje de costos indirectos al sumar los gastos administrativos y gastos de obra como se explicó anteriormente.

1.6.4. Presupuesto

El presupuesto de una obra se lo define como "una herramienta para la programación y control de actividades que reflejan el costo total aproximado de todo lo que conlleva la construcción de una edificación, es decir, calcula y cotiza todo lo relacionado a los rubros generados por los datos que nos proporciona el proyecto, en otras palabras, nos ayuda a conocer la cantidad de los materiales y servicios necesarios para así poder controlar y calcular los costos de manera más cuidadosa" (Samaniego Navarrete & Vanegas Ortiz, 2014, pág. 17). El presupuesto de una obra o proyecto es la determinación previa del monto económico necesario para poder materializar el proyecto. Existen distintas maneras de calcular un presupuesto, sin embargo, el presente trabajo de titulación contempla únicamente el presupuesto realizado por el método del análisis de precios unitarios.

Para elaborar el presupuesto, una vez que se ha obtenido los precios unitarios de los rubros, se recomienda utilizar una plantilla de este tipo:

PRESUPUESTO	
Obra:	
Oferente:	
Ubicación:	
Fecha:	

Codigo	Descripcion	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
					0.00
Impuesto al valor agregado (IVA)				14%	0.00
					0.00

Figura 1.43: Plantilla para el presupuesto de obra

De esa manera, el presupuesto será la sumatoria del precio total de cada rubro, el cual no es más que el producto de la cantidad de trabajo de cada rubro por su precio unitario.

1.7. Análisis de sensibilidad (Optimización de costos)

Una vez que se ha obtenido el diagrama del proyecto, realizado el análisis de tiempos de tal forma que se ha podido determinar la duración del proyecto y las holguras de las actividades, sumado al hecho de haber determinado el precio de cada rubro y el precio total para construir la obra; es muy importante analizar soluciones para optimizar el costo o tiempo, de acuerdo a lo se requiera, y tener un mayor desempeño. Como se sabe el precio y la duración de la actividad estará en función de los recursos que se utilicen, pues si para un rubro determinado con una cuadrilla mínima de tres personas se ejecuta en dos semanas, al duplicar el equipo de trabajo probablemente la duración de la actividad no llegue a un valor similar a la mitad, ya que la productividad no es en todo momento directamente proporcional a la cantidad de mano de obra, debido a que

llegará un punto en que habrá personas sin hacer nada y demasiadas en un espacio reducido, de tal forma que la productividad comenzaría a disminuir. Por otro lado al aumentar la mano de obra, si bien se reduce el tiempo de ejecución de la actividad, pero el precio de la actividad también aumenta de manera proporcional, y es ahí donde surge la necesidad de encontrar un equilibrio entre el aumento de personal y la reducción de tiempo o costo, según las necesidades del proyecto, debido a que si se realiza lo contrario, es decir, si se "relaja" la actividad, lo cual es prolongar su tiempo de ejecución con menos personal, tampoco es beneficioso económicamente porque se debe pagar al personal por más tiempo además de que el proyecto se retrasará. Entonces, es muy útil para el gerente del proyecto encontrar soluciones que optimicen los costos de las actividades sin que las condiciones de trabajo se vean comprometidas, ni tampoco que el costo de realizar la actividad perjudique a la empresa constructora. Bajo ese concepto parecería que las acciones para optimizar los costos de una actividad se resumirían en un proceso iterativo de cómo afecta al tiempo y los costos el aumento o disminución de recursos, especialmente de mano de obra, lo cual además de requerir demasiado tiempo, es un proceso complejo que engloba mucha incertidumbre para el manejo inicial de un cronograma con varias actividades, debido a que existen innumerables posibilidades. Sin embargo, existe un análisis llamado análisis de sensibilidad o análisis de "qué pasa si", que tiene como objetivo evaluar el efecto de cómo influye en el costo el aumento o disminución de los recursos de las actividades, que generalmente se utiliza en ciertos tipos de proyectos que son repetitivos.

El análisis de "qué pasa si" se basa en estudiar los efectos de qué ocurre con una solución óptima si alteran las condiciones originales que el analista considera que podrían ocurrir en el futuro. El análisis de sensibilidad ayuda mucho a la administración porque además del hecho de que los proyectos siempre se ejecutan en torno a un ambiente donde las condiciones generalmente son cambiantes o variables, al realizar este análisis se encuentra que si la mejor solución es aquella que se planeó originalmente, se ejecutará el plan inicial con mayor seguridad; y caso contrario, si pequeños cambios en las condiciones o recursos tienen grandes efectos en la solución encontrada, el gerente del proyecto querrá poner especial atención en estos factores. Este análisis tiene muchos beneficios tales como que el mismo señala los parámetros más sensibles a los que se debe dar mayor importancia, además que, este análisis revela los parámetros que podrían cambiar la solución óptima, aún así si cambian las

condiciones después de haber realizado este estudio (Hillier & Hillier, Análisis de "qué pasa si" para programación lineal, 2008).

Si el proyecto tiene una cantidad significativa de actividades, se recomienda hacer un análisis de sensibilidad con las actividades más costosas y representativas del proyecto, ya que una optimización en ellas significará grandes ahorros para el contratista, pero, por el contrario, si se pasa por alto este análisis podría tener graves consecuencias tanto monetarias como en la relación entre el cliente y el contratista.

1.8.Ventajas del Método de la Ruta Crítica

Una vez que se han estudiado a detalle los fundamentos y el funcionamiento del Método de la Ruta Crítica, se pueden identificar las siguientes principales ventajas al ser implementado en un proyecto para la planificación y control del mismo:

- Al realizar una red lógica con las actividades que intervendrán desde el inicio hasta el final del proyecto, se adquiere un panorama general que ayuda a entender e identificar los aspectos más importantes de las actividades, así como su secuencia de ejecución y la metodología de trabajo que se requerirá, además de los equipos de trabajo y recursos necesarios para poder materializar el proyecto.
- Determina el menor tiempo en el que puede ser finalizado un proyecto.
- Identifica las actividades que no pueden admitir retrasos en su ejecución, ya que, caso contrario, la totalidad del proyecto se retrasará; lo cual le permite al administrador del proyecto saber en qué actividades merecen atención especial.
- Permite calcular las distintas holguras que tienen las actividades, de tal forma que el administrador del proyecto pueda tomar decisiones concisas con fundamentos en cuanto a la programación de las actividades.
- Permite dar una respuesta más rápida a los problemas.
- Es una herramienta que se complementa perfectamente con la metodología de análisis de precios unitarios, ya que proporciona las bases y condiciones más importantes en cuanto al alcance, la metodología de trabajo y consideraciones a tomar en cuenta para la estimación de los precios unitarios. Una vez que se han obtenido el precio total de cada rubro, se combina con los resultados obtenidos con el CPM para formar un cronograma valorado de trabajo, el cual

permite conocer el flujo de caja que se tendrá, lo cual es crucial tanto como para el contratista como para el cliente.

- El método CPM al ser complementado con un análisis de sensibilidad en sus rubros más representativos, generará que se puedan conocer los aspectos más importantes y variables de esos rubros con el fin de poder manejar de manera más eficiente el proyecto y tomar decisiones que permitirán una mejor administración y menores costos al contratista.

1.9.Conclusiones

En el presente epígrafe se estudió y profundizó la técnica más conocida y utilizada para la planificación y control de obras, el Método de la Ruta Crítica, el cual permite obtener un panorama general del proyecto al resumirlo en una red de actividades de la cual se obtienen parámetros en cuanto el tiempo y la importancia de las actividades.

En este capítulo se aprendió la importancia de identificar claramente las actividades necesarias para realizar la obra, ya que omitir actividades importantes tendrá impactos negativos en la ejecución y programación, como retrasos y pérdidas económicas, así como un deterioro en la relación con el cliente y entre los distintos equipos de trabajo. Por ello, se demostró que una muy buena herramienta para la identificación de actividades es la "Estructura de División del Trabajo", la cual desglosa al proyecto en distintos componentes, los cuales su subdividen repetidamente hasta obtener el nivel de detalle requerido, y así definir claramente las actividades, lo cual será de gran ayuda al momento de elaborar la red del proyecto. El siguiente paso es determinar cómo se relacionan las actividades identificadas, es decir, identificar la o las actividades que deben ejecutarse inmediatamente de cada actividad, con el fin de generar una secuencia lógica. La determinación de las relaciones de precedencia entre cada actividad es un aspecto medular dentro del Método de la Ruta crítica, pues la red del proyecto se basa en las relaciones de dependencia entre las actividades. Después se explicó que a cada actividad se le debe asignar una duración determinada, lo será trascendente dentro del método CPM, ya que todas las estimaciones de tiempo están en función de las duraciones asignadas. Una vez que se ha asignado la duración a cada actividad se procede a elaborar la red de actividades, lo cual no es más que representar las relaciones de precedencia de las actividades por medio de un diagrama que puede ser de dos tipos: red de flechas o diagrama de precedencias. Como se explicó, ambos tipos de red conducen a los mismos resultados, aunque el diagrama de precedencias presenta

ventajas sobre el diagrama de flechas. Después se explicó la importancia de realizar el análisis de tiempos una vez que se ha realizado la red del proyecto, ya que dicho análisis tiene como objetivo determinar la duración del proyecto además que será la base para determinar las distintas holguras y la ruta crítica.

El análisis de las holguras le otorga al planificador suficientes insumos para poder realizar una programación acertada e inteligente, debido a que con ello se identifican qué tiempo de retraso puede admitir cada actividad sin afectar a la totalidad del proyecto, o inclusive a las actividades sucesoras a la actividad analizada. Se explicó que las actividades que tienen una holgura total igual a cero se las denomina actividades críticas, y el conjunto de todas las actividades de inicio a fin se llama ruta crítica, el cual es el grupo de actividades que no se pueden dejar de realizar en el proyecto, ya que un retraso en cualquiera de ellas causará un retraso en la totalidad del proyecto. Además, la duración de la ruta crítica será el menor tiempo en que puede completarse el proyecto. De esa manera el método CPM le proporciona al contratista un panorama amplio y claro, que es la base para poder realizar una planificación eficiente y manejar los recursos.

Se demostró que el método CPM debe complementarse con el análisis económico, por ello se explicó el análisis de precios unitarios, de tal forma que se obtenga el precio de cada rubro y complementar, así, a la red de actividades elaborando un cronograma valorado para todo el proyecto, que permitirá saber cómo fluirá el dinero durante cada etapa del proyecto, lo cual es muy útil y beneficioso para el contratista y el cliente. La realización del cronograma valorado se aprenderá en el capítulo II.

Así mismo, en el capítulo II se pondrá en práctica los conceptos aprendidos en el presente capítulo mediante la implementación del sistema en la construcción de una vivienda, de tal forma que se constaten las ventajas del sistema CPM, y después potenciar los resultados obtenidos con el Método de la Ruta Crítica al implementar en el capítulo 4 el método *Last Planner System* el cual se fundamenta en la mejora continua, fomentando el aumento de la productividad, eliminación de los desperdicios y el manejo de la incertidumbre.

2. CAPÍTULO II

IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA

2.1. Introducción

A lo largo del capítulo 2 se presentarán los resultados del proceso de implementación del Método de la Ruta Crítica para la construcción de una vivienda familiar situada en el sector de San Joaquín, en la ciudad de Cuenca. Para ello primero se describirá de una manera general acerca de las características de la vivienda, así como de las consideraciones importantes que se deben tener para poder realizar la planificación de la obra. Después comienza la implementación del sistema CPM mediante el listado de las actividades necesarias para realizar la construcción de la vivienda, la determinación de las relaciones de precedencia de las actividades, así como la estimación de la duración y el rendimiento de las cuadrillas para cada actividad, y el cálculo de las cantidades de obra, de tal forma que se cuente con todos los insumos para realizar la red del proyecto y el presupuesto de la obra. Una vez elaborado el diagrama del proyecto se presentará la ruta crítica y la holgura permisible para cada una de las actividades, lo cual será de gran utilidad para la implementación del sistema *Last Planner* en el último capítulo del presente trabajo de titulación. La red del proyecto y el cálculo del precio unitario de cada actividad serán la base para elaborar el cronograma valorado del proyecto, el cual es esencial para controlar el flujo de trabajo, así como el flujo monetario a lo largo del período de construcción. Además, se realizará un análisis de sensibilidad de las actividades más representativas en términos económicos con el objetivo de tener una mayor seguridad en cuanto a la asignación de recursos para su ejecución. Finalmente, se analizarán los resultados obtenidos y se dará inicio al estudio del Sistema del Último Planificador en el capítulo 3.

2.2. Descripción general de la vivienda

La vivienda, objeto del presente caso de estudio, se encuentra ubicada en el sector de San Joaquín en la entrada llamada “El Alto” en el Km 5 ½ de la vía el Ejido, y le pertenece a la familia Crespo-Moscoso, siendo el cliente directo y administrador del proyecto el ingeniero Juan Esteban Crespo. La zona donde será construida la vivienda se caracteriza por su clima lluvioso y su suelo compuesto principalmente por arcillas compresibles; lo cual se debe tomar en cuenta para la planificación de

la secuencia de trabajo. Por otra parte, la configuración de la vivienda consta de una planta a nivel del subsuelo con un entrepiso de 2.50 m de altura, planta baja y planta alta con una altura de 3.00 m de entrepiso cada una de ellas. La losa de piso del sótano (subsuelo) consta de una losa maciza de hormigón armado, mientras que en la planta baja se dispondrá de una losa aliviana con casetones de bloque de pómez entre los ejes E-H y 1-4, y una losa maciza entre los ejes A-E y 1-4, la cual contendrá vigas de cimentación. La planta alta de igual manera está compuesta por dos tipos de losas: una losa alivianada con casetones de pómez entre los ejes A-E y 1-4 y una losa de hormigón constituida con placa colaborante en los ejes G-H y 1-4 y el pasillo entre los ejes E-G y 3-4. La vivienda también presenta un "deck" en planta baja que se planea realizarlo con vigas metálicas, losa de hormigón con placa colaborante y revestirlo de piedra "pizarra". La planta alta tiene dos losas inaccesibles que se armarán con una configuración similar al "deck" de planta baja, por lo que se puede referir a estas losas inaccesibles de planta alta como "decks" de planta alta. Además, el sótano será cimentado con vigas de cimentación y para contener los empujes del terreno, se construirán muros de contención de hormigón armado en las paredes perimetrales al subsuelo.

Es importante mencionar que la vivienda será parte de una urbanización familiar, cuyo propietario es el ingeniero Fernando Moscoso, quien además es el responsable principal de la construcción, con sus cuadrillas de trabajo para la obra gris, y además, proveerá los equipos para los trabajos que requieran ser subcontratados como: instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas, carpintería, obras con elementos de acero, entre otros. En la urbanización mencionada se están construyendo tres casas, y para todas ellas intervienen los equipos de trabajo del constructor principal. Se deben destacar esas consideraciones debido a que se deberá coordinar con el contratista principal (Fernando Moscoso) para determinar la secuencia de trabajo, ya que se trabajará con sus cuadrillas. Por otra parte, la construcción de la vivienda la cual será objeto del caso de estudio del presente trabajo de titulación, comenzó el día lunes 18 de julio de 2016, pero ha tenido algunas inconsistencias debido a cambios en los planos y en otros casos ausencia de los mismos, por ello la implementación del sistema CPM se realiza a partir del mes de septiembre, ya que en ese entonces ya se contó con los planos finales y se podrán obtener resultados más acertados y realistas; y de esta manera utilizar los resultados

del Método de la Ruta Crítica para implementar el sistema *Last Planner* para un determinado período de tiempo, cuyos resultados se analizarán en el capítulo 4.

Inicialmente la implementación del sistema se la haría únicamente para la construcción de la obra gris, sin embargo el cliente deseaba que el sistema también contemple cierto número de rubros referentes a los acabados con el fin de conocer una fecha aproximada que sería cercana a la fecha en la que podrá mudarse, además de poder tener un control sobre los costos más importantes de los acabados y su ejecución, por ello, la implementación del sistema CPM contemplará la construcción de la obra gris de la vivienda y los rubros más representativos de los acabados, es decir, los más costosos e importantes para el propietario de la vivienda.

2.3. Determinación de las actividades

Como se había mencionado en el capítulo 1 para la determinación de las actividades necesarias para realizar la obra de inicio a fin se recomienda realizar el *Work Breakdown Structure*, diviendo el proyecto en sus distintos componentes y desglosando cada componente en actividades hasta obtener el nivel de detalle que se requiera, y después se realiza una lista con las actividades determinadas. A continuación, se presenta el listado de actividades que se obtuvo al aplicar la "Estructura de División del Trabajo".

Tabla 2.1: Work Breakdown Structure

Actividad	Unidad	Actividad	Unidad
OBRA GRIS		MAMPOSTERÍA PLANTA BAJA	
OBRAS PRELIMINARES		Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3	m2
Desbroce y limpieza	m2	Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2	m
Replanteo y nivelación de áreas	m2	Encofrado recto de madera para columnas	m2
Relleno con mejoramiento compactado (area dormitorios planta baja)	m3	Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3
SÓTANO		Enlucido con mortero cemento-arena 1:3	m2
CIMENTACIÓN		DECK PLANTA BAJA	
Excavación mecánica en suelo sin clasificar	m3	Deck revestido de piedra pizarra (Incluye vigas y viguetas)	m2
Relleno con mejoramiento compactado para sótano	m3	ESCALERA METÁLICA PLANTA BAJA-PLANTA ALTA	
Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m (vigas, zapata muro y zapatas)	m3	Escalera metálica	huella
Cargada de Material a maquina	m3	INSTALACIONES SANITARIAS PLANTA BAJA	
Transporte de materiales más de 5 Km	m3-km	Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros	u
Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (vigas, zapata muro y zapatas)	m3	PLANTA ALTA	
Acero de Refuerzo para vigas, zapata muro y zapatas (Incluye corte y doblado)	Kg	LOSA ALIVIANADA DE PISO DE PLANTA ALTA	
Sum. + Instal. Malla Electrosoldada R84 (4 mm cada 15 cm)	m2	Encofrado metálico recto para losa	m2
Encofrado Recto	m2	Sum. + Inst. Bloques de concreto 40x20x20 cm	u
Hormigón Simple 240 Kg/cm2	m3	Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg
MURO DE CONTENCIÓN SÓTANO		Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2
Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado) para pantalla muro	Kg	Encofrado recto de madera lateral	m2
Encofrado metálico recto para muros	m2	Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3
Hormigón Simple 240 Kg/cm2	m3	LOSA DE PISO DE PLANTA ALTA CON PLACA COLABORANTE	
COLUMNAS SÓTANO PLANTA BAJA		Acero estructural	Kg
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	Losa con placa colaborante Novalosa 55 e. placa=0.65 mm, e. capa compresión= 6 cm, Hormigón f""c=280 Kg/cm2 (No incluye vigas de acero de soporte)	m2
Encofrado recto de madera para columnas	m2	COLUMNAS PLANTA ALTA	
Hormigón Simple 240 Kg/cm2	m3	Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg
MAMPOSTERÍA SÓTANO		Encofrado recto de madera para columnas	m2
Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3	m2	Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3
Mamposteria de ladrillo panelon invertido con mortero 1:3	m2	MAMPOSTERÍA PLANTA ALTA	
Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2	m	Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3	m2
Encofrado recto de madera	m2	Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2	m
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	Encofrado recto de madera	m2
Enlucido con mortero cemento-arena 1:3	m2	Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3
INSTALACIONES SANITARIAS SÓTANO		Enlucido con mortero cemento-arena 1:3	m2
Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros	u	CUBIERTA	
ESCALERAS DE HORMIGÓN ARMADO SÓTANO - PLANTA BAJA		Acero estructural	Kg
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	DECK PLANTA ALTA	
Encofrado recto de madera para escaleras	huella	Deck revestido de piedra pizarra (Incluye vigas secundarias)	m2
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	INSTALACIONES SANITARIAS PLANTA ALTA	
ESCALERA METÁLICA SÓTANO - PLANTA BAJA		Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros	u
Escalera metálica	huella	ACABADOS	
PLANTA BAJA		PUERTAS	
CIMENTACIÓN DORMITORIOS PLANTA BAJA		Sum. + Inst. Puerta interior	u
Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	Sum. + Inst. Puerta exterior	u
Cargada de Material a maquina	m3	VENTANAS	
Transporte de materiales más de 5 Km	m3-km	Sum.+ Inst. Ventana	m2
Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (Colocado)	m3	PISO DE MADERA INTERIOR PLANTA BAJA Y PLANTA ALTA	
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	Piso de madera (Incluye lacado y pulido)	m2
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	PISO DE PORCELANATO INTERIOR	
Encofrado recto de madera	m2	Piso de porcelanato	m2
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	CUBIERTA	
LOSA ALIVIANADA DE PISO PLANTA BAJA		Sum. + Instal. Tableros de Playwood	m2
Encofrado metálico recto para losa	m2	Sum. + Instal. Impermeabilizante asfáltico tipo Chova	m2
Sum. + Inst. Bloques de concreto 40x20x20 cm	u	Sum. + Instal. Teja	m2
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	CIELO RASO DE MADERA	
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	Cielo raso de madera con vigas ornamentales (Planta baja y planta alta)	m2
Encofrado recto de madera lateral y vigas deck	m2	CIELO RASO CON GYPSUM	
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	Cielo raso con Gypsum (Liso, empastado y pintado) (Sótano, planta baja y planta alta)	m2
COLUMNAS PLANTA BAJA - PLANTA ALTA		PINTADO DE PAREDES	
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	Pintado de paredes	m2
Encofrado recto de madera para columnas	m2	REVESTIMIENTO DE PIEDRA PARA PAREDES	
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	Suministro e instalacion de revestimiento de piedra	m2

Como se puede observar, se dividió al proyecto en dos componentes principales en su nivel más alto: obra gris y acabados. Después, se procedió a subdividir el componente de obra gris en cuatro subcomponentes para conformar un segundo nivel de detalle: obras preliminares, sótano, planta baja y planta alta. Para llegar al tercer nivel de detalle se desglosó cada planta en los componentes que tienen como: mampostería, instalaciones sanitarias, losas, columnas, escaleras, entre otros. Finalmente, para determinar las actividades necesarias para poder realizar la construcción de la obra gris, se requirió volver a desglosar los componentes anteriores y llegar a un cuarto nivel de detalle, es decir, se determinaron las actividades necesarias para realizar la mampostería, la construcción de las losas y las columnas, y el resto de elementos. En cuanto a los acabados se requirió llegar a un tercer nivel de detalle, ya que se subdividió de acuerdo a los elementos en los cuales se requiere realizar un acabado y posteriormente el acabado necesario para cada elemento. Además, para cada actividad determinada se la acompaño con la unidad en la cual será medida. De esta manera se contó con todas las actividades que intervendrán en la elaboración de la red del proyecto y en el presupuesto de obra.

2.4. Cantidades de obra

Las cantidades de obra inicialmente fueron determinadas en base a los planos e información existente antes de que inicie la construcción; sin embargo, para determinar datos más precisos y reales, los cuales se reflejen en una red de proyecto y presupuesto realistas, se actualizaron las cantidades de obra con los últimos planos arquitectónicos y estructurales que fueron realizados al considerar ciertos cambios propuestos por el propietario de la vivienda, y también contemplaban algunas soluciones a problemas que no se habían previsto antes de iniciar la construcción. Además, cabe destacar que no se contó con los planos estructurales completos, como el plano estructural de la losa aliviana en la planta alta, así como tampoco el plano de la cimentación para el área de los dormitorios en la planta baja, ni el plano estructural del deck de planta baja ni de las losas inaccesibles tipo “deck” en planta alta; ya que el ingeniero estructural para el caso puntual de la losa aliviana de planta alta dijo que se realice una configuración y armado a la losa aliviana de planta baja; y análogamente, sugirió que la cimentación del área de dormitorios de planta baja se la construya siguiendo el criterio y consideraciones tomadas para las vigas de

cimentación del subsuelo. Por otra parte, para el “deck”, losas inaccesibles de planta alta y las escaleras metálicas de sótano-planta baja y planta baja-planta alta, el estructuralista dijo que se resolvería en el momento que inicie su construcción. De este modo, para el cálculo de las cantidades de obra de la losa alivianada de planta alta se las determinó utilizando las cuantías determinadas con los cálculos de las cantidades para la losa alivianada de planta baja; mientras que, para el caso del resto de elementos, con la ayuda del contratista principal, se asumieron secciones y soluciones provisionales para poder realizar el cálculo de las cantidades de obra. En los anexos, se presenta el detalle de cada cálculo de las cantidades de obra de cada elemento en cada planta. A continuación, se presentan los resultados de la determinación de las cantidades de obra para cada actividad.

Tabla 2.2: Resumen de cantidades de obra para cada actividad

Descripcion	Unidad	Cantidad
TRABAJOS PRELIMINARES		
Desbroce y limpieza de terreno	m2	886.88
Replanteo y nivelación de áreas	m2	345.45
Material de Reposicion (Incluye esponjamiento)	m3	56.00
Relleno compactado	m3	56.00
CIMENTACIÓN		
Excavación mecanica en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad,	m3	200.00
Material de Reposicion (Incluye esponjamiento)	m3	48.00
Relleno compactado	m3	48.00
Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	35.27
Cargada de Material a maquina	m3	44.08
Transporte de materiales más de 5 Km	m3-km	44.08
Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (Colocado)	m3	3.01
Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado) para vigas, zapata muro y zapatas aisladas	Kg	1,605.00
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	134.58
Encofrado recto de madera	m2	20.13
Hormigon f´c=240 kg/cm2	m3	32.89
SÓTANO		
MURO DE CONTENCIÓN SÓTANO		
Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado) para pantalla muro	Kg	2,126.90
Encofrado metálico recto para muros	m2	101.13
Hormigon f´c=240 kg/cm2	m3	20.03
COLUMNAS SÓTANO PLANTA BAJA		
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	412.62
Encofrado recto de madera para columnas	m2	19.50
Hormigon f´c=240 kg/cm2	m3	1.91
MAMPOSTERÍA SÓTANO		
Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3	m2	115.13
Mamposteria de ladrillo panelon invertido con mortero 1:3	m2	10.48
Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2	m	39.00
Encofrado recto de madera para columnas	m2	11.38
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	0.98
Enlucido con mortero cemento-arena 1:3	m2	222.23
INSTALACIONES SANITARIAS SÓTANO		
Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros	u	6.00
Suministro de inodoro	u	2.00
Suministro de lavamanos	u	2.00
Suministro de ducha	u	1.00
ESCALERAS DE HORMIGÓN ARMADO SÓTANO - PLANTA BAJA		
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	114.81
Encofrado recto de madera para escaleras	huella	6.89
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	2.17
ESCALERA METÁLICA SÓTANO - PLANTA BAJA		
Escalera metálica	huella	17.00
VENTANAS SÓTANO		
Sum.+ Inst. Ventana	m2	1.20
PUERTAS SÓTANO		
Sum. + Inst. Puerta interior	u	6.00
Sum. + Inst. Puerta exterior	u	1.00

Descripcion	Unidad	Cantidad
PLANTA BAJA		
CIMENTACIÓN DORMITORIOS PLANTA BAJA		
Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	11.78
Cargada de Material a maquina	m3	14.72
Transporte de materiales más de 5 Km	m3-km	14.72
Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (Colocado)	m3	0.42
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	275.76
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	71.21
Encofrado recto de madera	m2	5.93
Hormigon f´c=240 kg/cm2	m3	11.35
LOSA ALIVIANADA DE PISO PLANTA BAJA		
Sum. + Inst. Bloques de concreto 40x20x20 cm	u	959.00
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	3,614.35
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	183.15
Encofrado metálico recto para losa	m2	183.15
Encofrado recto de madera	m2	45.14
Hormigon f´c=240 kg/cm2	m3	44.46
COLUMNAS PLANTA BAJA - PLANTA ALTA		
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	563.64
Encofrado recto de madera para columnas	m2	34.20
Hormigon f´c=240 kg/cm2	m3	2.03
MAMPOSTERÍA PLANTA BAJA		
Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3	m2	235.18
Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2	m	162.50
Encofrado recto de madera para columnas	m2	68.15
Hormigon f´c=240 kg/cm2	m3	4.97
Enlucido con mortero cemento-arena 1:3	m2	477.61
DECK PLANTA BAJA		
Deck revestido de piedra pizarra (Incluye vigas y viguetas)	m2	84.64
ESCALERA METÁLICA PLANTA BAJA-PLANTA ALTA		
Escalera metálica	huella	22.00
INSTALACIONES SANITARIAS PLANTA BAJA		
Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros	u	12.00
Suministro de ducha	u	2.00
Suministro de lavamanos	u	5.00
Suministro de inodoro	u	3.00
VENTANAS PLANTA BAJA		
Sum.+ Inst. Ventana	m2	113.33
PUERTAS PLANTA BAJA		
Sum. + Inst. Puerta interior	u	5.00
Sum. + Inst. Puerta exterior	u	1.00

Descripcion	Unidad	Cantidad
PLANTA ALTA		
LOSA ALIVIANADA DE PISO DE PLANTA ALTA		
Sum. + Inst. Bloques de concreto 40x20x20 cm	u	477.73
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	1,688.85
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	91.24
Encofrado metálico recto para losa	m2	91.24
Encofrado recto de madera	m2	12.06
Hormigon f´c=240 kg/cm2	m3	16.61
LOSA DE PISO DE PLANTA ALTA CON PLACA COLABORANTE		
Acero estructural	Kg	3,672.80
Losa con placa colaborante Novalosa 55 e. placa=0.65 mm, e. capa compresión= 6 cm, Hormigón f""c=280 Kg/cm2 (No incluye vigas de acero de soporte)	m2	91.88
COLUMNAS PLANTA ALTA		
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	349.56
Encofrado recto de madera para columnas	m2	20.49
Hormigon f´c=240 kg/cm2	m3	1.54
MAMPOSTERÍA PLANTA ALTA		
Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3	m2	155.99
Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2	m	130.00
Encofrado recto de madera para columnas	m2	48.35
Hormigon f´c=240 kg/cm2	m3	3.67
Enlucido con mortero cemento-arena 1:3	m2	323.70
CUBIERTA		
Acero estructural	Kg	8,315.93
DECK PLANTA ALTA		
Deck revestido de piedra pizarra (Incluye vigas secundarias)	m2	60.36
INSTALACIONES SANITARIAS PLANTA ALTA		
Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros	u	8.00
Suministro de inodoro	u	2.00
Suministro de lavamanos	u	3.00
Suministro de ducha	u	2.00
VENTANAS PLANTA ALTA		
Sum.+ Inst. Ventana	m2	88.45
PUERTAS PLANTA ALTA		
Sum. + Inst. Puerta interior	u	4.00
ACABADOS		
PISO INTERIOR PLANTA BAJA Y PLANTA ALTA		
Piso de madera (Incluye lacado y pulido)	m2	270.63
PISO DE PORCELANATO INTERIOR		
Piso de porcelanato	m2	183.10
CUBIERTA		
Sum. + Instal. Tableros de Playwood	m2	371.88
Sum. + Instal. Impermeabilizante asfáltico tipo Chova	m2	371.88
Sum. + Instal. Teja	m2	371.88
CIELO RASO PLANTA ALTA		
Cielo raso de madera con vigas ornamentales	m2	478.82
CIELO RASO CON GYPSUM (SÓTANO, BAÑOS Y COCINA PB)		
Cielo raso con Gypsum (Liso, empastado y pintado)	m2	219.00
PINTADO DE PAREDES		
Pintado de paredes	m2	887.31
REVESTIMIENTO DE PIEDRA PARA PAREDES		
Suministro e instalacion de revestimiento de piedra	m2	131.98

2.5.Relación de precedencia entre las actividades y estimación de las duraciones

Con el objetivo de obtener resultados acertados en el análisis de tiempos y en la duración del proyecto, se optó por obtener datos acerca de la duración y rendimiento de las actividades que sean previstos por el contratista general de la urbanización, quién como se mencionó para este caso, es el propietario de la urbanización; debido a que él conoce el rendimiento de sus equipos de trabajo debido a su vasta experiencia, de esta forma la red del proyecto que se obtendrá será elaborada con duraciones que reflejan la capacidad real de las cuadrillas de trabajo. De esta forma, para cada actividad de acuerdo a la cantidad de trabajo que se debe ejecutar, determinado anteriormente mediante el cálculo de las cantidades de obra, con la ayuda del contratista general se determinaron los tiempos aproximados que requerirán las distintas actividades para ser completadas. Algunos tiempos fueron determinados directamente, mientras que para otras actividades fueron calculados en base a los rendimientos para las actividades, que de igual manera fueron provistos por el contratista.

De la misma manera, para determinar las relaciones de precedencia entre las actividades se estudió la secuencia de trabajo con el contratista y el propietario de la vivienda, de tal forma que se acordara la mejor secuencia entre las actividades de acuerdo a los recursos disponibles y a la metodología de trabajo, de tal forma que se trate de garantizar un flujo de trabajo continuo con la menor cantidad de retrasos e inconsistencias.

Bajo estas premisas, se muestra la tabla de las actividades con sus relaciones de precedencias y duraciones estimadas, y se utilizó una notación especial para diferenciar los tipos de relaciones entre las actividades.

CC: La actividad en cuestión comienza al mismo tiempo o se ejecuta de manera paralela que su actividad predecesora. Es decir, es una relación comienzo-comienzo entre las actividades.

CC+X [días]: La actividad analizada se ejecuta de manera paralela a su actividad predecesora después de que han pasado X días.

FF: La actividad analizada termina al mismo tiempo que la actividad que la precede inmediatamente. Es decir, es una relación final-final entre las actividades.

FC+ X [días]: La actividad analizada comienza después de X días de que ha terminado su actividad predecesora.

Tabla 2.3: Tabla de precedencias y duraciones

ID	Descripción de la actividad	Duración [días]	Predecesora	Detalle de la actividad predecesora
1	**INICIO**	0		
2	**TRABAJOS PRELIMINARES**			
3	Limpieza y desbroce	1	1	Inicio
4	Replanteo y nivelación de áreas	6	3	Limpieza y desbroce
5	Relleno con mejoramiento compactado (area dormitorios planta baja)	2	4	Replanteo y nivelacion de áreas
6	**SÓTANO**			
7	**CIMENTACIÓN**			
8	Excavación mecánica en suelo sin clasificar	4	4	Replanteo y nivelacion de áreas
9	Relleno con mejoramiento compactado para sótano	3	8	Excavación mecánica en suelo sin clasificar
10	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m (vigas, zapata muro y zapatas)	4	9	Relleno con mejoramiento compactado para sótano
11	Cargada de material a maquina	0.75	10	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m (vigas, zapata muro y zapatas)
12	Transporte de materiales más de 5 Km	1	11	Cargada de material a maquina
13	Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (vigas, zapata muro y zapatas)	1	12	Transporte de materiales más de 5 Km
14	Acero de Refuerzo para vigas, zapata muro y zapatas (Incluye corte y doblado)	3	13	Hormigón simple 180 Kg/cm2 para replantillo (vigas, zapata muro y zapatas)
15	Sum. + Instal. Malla Electrosoldada R84 (4 mm cada 15 cm)	0.5	14	Acero de refuerzo para vigas, zapata muro y zapatas (Incluye corte y doblado)
16	Encofrado Recto	2	15	Sum. + Instal. Malla Electrosoldada R84 (4 mm cada 15 cm) para vigas de cimentación, zapata muro, zapatas y losa de piso
17	Hormigón Simple 240 Kg/cm2	1	16	Encofrado recto
18	**MURO DE CONTENCIÓN SÓTANO**			
19	Acero de refuerzo para pantalla (Incluye corte y doblado)	3.5	14CC	En paralelo con acero de refuerzo para vigas, zapata muro y zapatas (Incluye corte y doblado)
20	Encofrado metálico recto para muros	4	17;19	Hormigón simple 240 Kg/cm2 para cimentación y losa de piso / acero de refuerzo para pantalla (Incluye corte y doblado)
21	Hormigón Simple 240 Kg/cm2	1	20	Encofrado metálico recto para muro de contención
22	**COLUMNAS SÓTANO-PLANTA BAJA**			
23	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	0.7	14CC	En paralelo con acero de refuerzo para vigas, zapata muro y zapatas (Incluye corte y doblado)
24	Encofrado Recto	1	21;23	Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado) / Hormigón Simple 240 Kg/cm2 para muro de contención
25	Hormigón Simple 240 Kg/cm2	0.5	24	Encofrado recto columnas sótano-planta baja
26	**MAMPOSTERÍA**			
27	Mamposteria de ladrillo panelón (Susudel) 25x12x7 cm	14	21	Hormigón simple 240 Kg/cm2 para pantalla del muro de contención
28	Mamposteria de ladrillo panelón invertido (Susudel) 25x12x7 cm	7	21	Hormigón simple 240 Kg/cm2 para pantalla del muro de contención
29	Sum+Inst Vigas electrosoldadas para columnas de confinamiento	2.5	27FF	Termina al mismo tiempo que mamposteria ladrillo panelón normal del sótano
30	Encofrado recto madera	0.6	29	Sum+Inst. Vigas electrosaldadas para columnas de confinamiento para sótano
31	Hormigón Simple 240 Kg/cm2	1	30	Encofrado recto madera para sótano
32	Enlucido con mortero 1:3	13	31	Hormigón simple 240 Kg/cm2 para columnas confinamiento de sótano
33	**INSTALACIONES SANITARIAS**			
34	Instalaciones sanitarias	2	57FC+21 días	Despues de 21 días de que termina hormigón simple 240 Kg/cm2 de losa alivianada de planta baja
35	**ESCALERAS DE HORMIGON ARMADO**			
36	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	0.2	67	Enlucido con mortero 1:3 en mampostería de planta baja
37	Encofrado recto de madera	2	36	Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)
38	Hormigón Simple 240 Kg/cm2	1	37	Encofrado recto de madera
39	**ESCALERAS DE METAL**			
40	Escalera de metal	12	116CC+15 días	Despues de 15 días del inicio de cielo raso de madera con vigas ornamentales
41	**PLANTA BAJA**			
42	**CIMENTACIÓN DORMITORIOS**			
43	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m (vigas cimentacion)	1.5	31;5	Hormigón simple 240 Kg/cm2 para columnas confinamiento en sótano / Relleno con mejoramiento compactado (area dormitorios planta baja)
44	Cargada de Material a maquina	0.25	43	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, profundidad entre 0 y 2 m (vigas cimentacion)
45	Transporte de materiales más de 5 Km	0.4	44	Cargada de material a maquina
46	Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (vigas cimentacion)	0.2	45	Transporte de materiales más de 5 Km
47	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	0.5	46	Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (vigas cimentacion)
48	Sum. + Instal. Malla Electrosoldada R84 (4 mm cada 15 cm)	0.3	47	Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado) para vigas de cimentación en área dormitorios planta baja
49	Encofrado Recto de madera	0.6	48	Sum. + Instal. Malla Electrosoldada R84 (4 mm cada 15 cm) para losa maciza en área dormitorios en planta baja
50	Hormigón Simple 240 Kg/cm2	0.5	57FF;49	Encofrado Recto de madera / Termina al mismo tiempo que hormigón de 240kg/cm2 losa alivianada de planta baja

ID	Descripción de la actividad	Duración [días]	Predecesora	Detalle de la actividad predecesora
51	**LOSA ALIVIANA DE PISO (CON VIGAS MACIZAS)**			
52	Encofrado recto metálico para losa alivianada (inferior)	8	31;25	Hormigón Simple 240 Kg/cm2 para columnas confinamiento de sótano / Hormigón simple 240 kg/cm2 columnas de sótano-planta baja
53	Suministro+Instal. Bloques de pómez 40x20x20 cm	2.5	52	Encofrado recto metálico para losa alivianada (inferior)
54	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	6	53	Suministro+Instal. Bloques de pómez 40x20x20 cm
55	Sum. + Instal. Malla Electrosoldada R84 (4 mm cada 15 cm)	0.7	54	Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)
56	Encofrado recto de madera lateral y vigas cargadoras deck	6	55	Sum. + Instal. Malla Electrosoldada R84 (4 mm cada 15 cm) para losa aliviana en planta baja
57	Hormigón Simple 240 Kg/cm2	1	56	Encofrado recto de madera lateral y vigas cargadoras deck
58	**COLUMNAS PLANTA BAJA-PLANTA ALTA**			
59	Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	1	54CC	Comienza en paralelo con instalación de losa alivianada de planta baja
60	Encofrado recto metálico	1.75	57;59	Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado) / Hormigón Simple 240 Kg/cm2 de losa alivianada en planta baja
61	Hormigón simple 240 Kg/cm2	0.4	60	Encofrado recto metálico
62	**MAMPOSTERÍA**			
63	Mamposteria de ladrillo panelón (Susudel) 25x12x7 cm	14	57;50	Hormigón simple 240 Kg/cm2 en losa alivianada de planta baja / Hormigón simple 240 Kg/cm2 en losa masisa de planta baja
64	Sum+Inst Vigas electrosoldadas para columnas y vigas de confinamiento	10	63FF	Termina al mismo tiempo que mamposteria ladrillo panelón en planta baja
65	Encofrado recto de madera	4	64	Sum+Inst Vigas electrosaldadas para columnas y vigas de confinamiento en planta baja
66	Hormigón simple 240 Kg/cm2	5	65	Encofrado recto de madera
67	Enlucido con mortero 1:3	15	66;61	Hormigón simple 240 Kg/cm2 en columnas de confinamiento de planta baja / Hormigón simple 240 kg/cm2 planta baja - planta alta
68	**DECK PLANTA BAJA**			
69	Deck revestido de piedra pizarra	10	96	Acero estructural para cubierta
70	**ESCALERA METÁLICA PLANTA BAJA-PLANTA ALTA**			
71	Escalera metalica	16	116CC+15 días	Comienza después de 15 días del inicio de cielo raso de madera con vigas ornamentales
72	**INSTALACIONES SANITARIAS**			
73	Instalaciones sanitarias	4	81FC+21 días	Comienza 21 días despues de hormigón simple 240 kg/cm2 de losa alivianada de planta baja
74	**PLANTA ALTA**			
75	**LOSA ALIVIANA DE PISO (CON VIGAS MACIZAS)**			
76	Encofrado recto metálico para losa alivianada (inferior)	4	66	Hormigón simple 240 Kg/cm2 en columnas de confinamiento de planta baja
77	Suministro+Instal. Bloques de pómez 40x20x20 cm	1	76	Encofrado recto metálico para losa alivianada (inferior)
78	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	2.6	77	Suministro+Instal. Bloques de pómez 40x20x20 cm
79	Sum. + Instal. Malla Electrosoldada R84 (4 mm cada 15 cm)	0.5	78	Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)
80	Encofrado recto de madera (lateral)	1	79	Sum. + Instal. Malla Electrosoldada R84 (4 mm cada 15 cm)
81	Hormigón Simple 240 Kg/cm2	0.4	80	Encofrado recto de madera (lateral)
82	**LOSA DE PISO CON PLACA COLABORANTE**			
83	Acero estructural (perfiles tipo "I")	5	66	Hormigón Simple 240 Kg/cm2 en columnas de confinamiento de planta baja
84	Losa con placa colaborante Novalosa 55 e. placa=0.65 mm, e. capa compresión= 6 cm, Hormigón f'c Kg/cm2 (Sum+Inst. placa colaborante, malla R-84 y hormigonado, no incluye vigas de acero de soporte)	2	83	Acero estructural (perfiles tipo "I")
85	**COLUMNAS PLANTA ALTA-CUBIERTA**			
86	Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	0.6	78CC	En paralelo con acero de refuerzo en losa alivianada de planta alta
87	Encofrado recto metálico	1	81;86;84	Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado) / Losa con placa colaborante en planta alta / Hormigón simple 240 kg/cm2 en losa alivianada de planta alta
88	Hormigón Simple 240 Kg/cm2	0.4	87	Encofrado recto metálico
89	**MAMPOSTERÍA**			
90	Mamposteria de ladrillo panelón (Susudel) 25x12x7 cm	9	81	Hormigón simple 240 kg/cm2 en losa alivianada de planta alta
91	Sum+Inst Vigas electrosoldadas para columnas y vigas de confinamiento	8	90FF	Termina al mismo tiempo que mampostería de ladrillo en planta alta
92	Encofrado recto de madera	2.5	91	Sum+Inst Vigas electrosoldadas para columnas y vigas de confinamiento en mampostería de planta alta
93	Hormigón simple 240 Kg/cm2	4	92	Encofrado recto de madera
94	Enlucido con mortero 1:3	14	93	Hormigón Simple 240 Kg/cm2 en columnas confinamiento de planta alta
95	**CUBIERTA**			
96	Acero estructural para cubierta	10	93;88	Hormigón Simple 240 Kg/cm2 en columnas confinamiento de planta alta / Hormigón Simple 240 Kg/cm2 en columnas de planta alta-cubierta
97	**DECK**			
98	Deck revestido de piedra pizarra	6	96	Acero estructural para cubierta
99	**INSTALACIONES SANITARIAS**			
100	Instalaciones sanitarias	2.5	93	Hormigón Simple 240 Kg/cm2 en columnas confinamiento de planta alta

ID	Descripción de la actividad	Duración [días]	Predecesora	Detalle de la actividad predecesora
101	**ACABADOS**			
102	**PUERTAS**			
103	Sum,-Ins, Puerta interior de madera	1.2	108;110	Piso de madera / Piso de porcelanato
104	Sum,-Ins, Puerta madera exteriores	0.3	108;110	Piso de madera / Piso de porcelanato
105	**VENTANAS**			
106	Sum,-Ins, Ventana de aluminio, incluye vidrio	35.5	67;94;32	Enlucido en mampostería de planta baja / Enlucido en mampostería de planta alta / Enlucido en mampostería de sótano
107	**PISO DE MADERA INTERIOR (PLANTA BAJA, PLANTA ALTA)**			
108	Piso de madera	20	116;117	Cielo raso de madera con vigas ornamentales / Cielo raso de gypsum (sótano y cocina PB)
109	**PISO DE PORCELANATO INTERIOR**			
110	Piso de porcelanato	15	116;117	Cielo raso de madera con vigas ornamentales / Cielo raso de gypsum (sótano y cocina PB)
111	**CUBIERTA**			
112	Sum. + Instal. Tableros de Playwood	3	96	Acero estructural para cubierta
113	Sum. + Instal. Impermeabilizante asfáltico tipo Chova	3	112	Sum. + Instal. Tableros de Playwood
114	Sum. + Instal. Teja	6	113	Sum. + Instal. Impermeabilizante asfáltico tipo Chova
115	**CIELO RASO**			
116	Cielo raso de madera con vigas ornamentales	40	112;106	Sum. + Instal. Tableros de Playwood / Sum,-Ins, Ventanas
117	Cielo raso de gypsum (sótano y cocina PB)	17	106	Sum,-Ins, Ventanas
118	**PINTADO DE PAREDES (SÓTANO, PLANTA BAJA, PLANTA ALTA)**			
119	Pintado de paredes	6	106	Sum,-Ins, Ventanas
120	**REVESTIMIENTO DE PIEDRA PARA PAREDES**			
121	Suministro e instalacion de revestimiento de piedra	15	67;94	Enlucido con mortero 1:3 en mampostería de planta baja / Enlucido con mortero 1:3 en mampostería de planta alta
122	**FIN**	0	40;71;38;34;73;100;103;104;121;114;119;28;69;98	Escalera metálica sótano-planta baja / Escalera metalica planta baja-planta alta / Hormigón simple 240 Kg/cm2 para escaleras sótano-planta baja / Instalaciones sanitarias en sótano / Instalaciones sanitarias en planta baja / Instalaciones sanitarias en planta alta / Sum,-Ins, Puerta interior de madera / Sum,-Ins, Puerta madera exteriores / Suministro e instalacion de revestimiento de piedra / Sum. + Instal. Teja / Pintado de paredes / Mamposteria de ladrillo panelón invertido (Susudel) 25x12x7 cm en sótano / Deck revestido de piedra pizarra en planta baja / Deck revestido de piedra pizarra en planta alta

2.6. Red de actividades

Para elaborar la red de actividades no se debe hacer más que representar las relaciones de precedencia entre las actividades, después calcular los tiempos tempranos y tardíos para obtener la duración total del proyecto, como se detalla en el capítulo 1, sin embargo, debido a que en el caso de proyectos para los cuales se presenta una cantidad de actividades significativa, como el presente caso de estudio, se vuelve complejo y tedioso realizar los cálculos de los tiempos, holguras y por ende, determinación de la ruta crítica, de manera manual, por lo que en estos caso se opta por realizar este procedimiento mediante la ayuda de softwares amigables especializados. Además, la introducción de cambios en la programación en una red de manera manual resultaría en excesos de tiempo innecesarios al tener que recalcular todos los parámetros, y este proceso de manera repetida simplemente no es factible ni deseable; y esa es otra razón por la que realizar la programación con sistemas computarizados le lleva ventaja a la planificación manual, ya que, en cualquier proyecto, el tiempo es un recurso escaso y no se puede destinar parte de él a cálculos mecánicos. Entonces, el tiempo que se gana al automatizar los procesos se lo invierte en el análisis de los resultados para la toma de mejores decisiones.

Debido a las razones mencionadas, para la elaboración de la red de proyecto y los cálculos de los distintos tiempos se utilizó el software Microsoft Project, en el cual se debe ingresar como datos de entrada la descripción de cada actividad, su duración y su actividad predecesora, y el programa elabora la red de actividades, calcula la duración del proyecto, la holgura permisible de cada actividad y muestra la ruta crítica. El primer paso es ingresar la información inicial del proyecto en el programa, tal como la fecha de inicio, días laborables, número de horas laborables por día, entre otros parámetros.

De esta manera se ingresa la fecha de inicio del proyecto para el día lunes 18 de julio de 2016, que es la fecha en la cual inició, efectivamente, el proceso de construcción de la vivienda. En cuanto al resto de los datos de información inicial del proyecto, se ingresaron las condiciones reales sobre las cuales se trabaja para esta obra, es decir, jornada laboral de ocho horas diarias de lunes a viernes en dos períodos, siendo el primero de 08h00 a 12h00 y el segundo de 13h00-17h00, y el día sábado una jornada única de 07h00 a 13h00. Después se procede a configurar el aspecto del entorno de trabajo, es decir, se establece la escala de tiempo en la que se desea que se muestre la

red del proyecto, la cual, para el presente proyecto, se mostrará en una escala de tiempo semanal.

Una vez ingresada la información inicial del proyecto, se procede ingresar los datos de cada actividad, para cual se utiliza la tabla de precedencias y duraciones elaborada anteriormente, en una ventana como la que sigue:

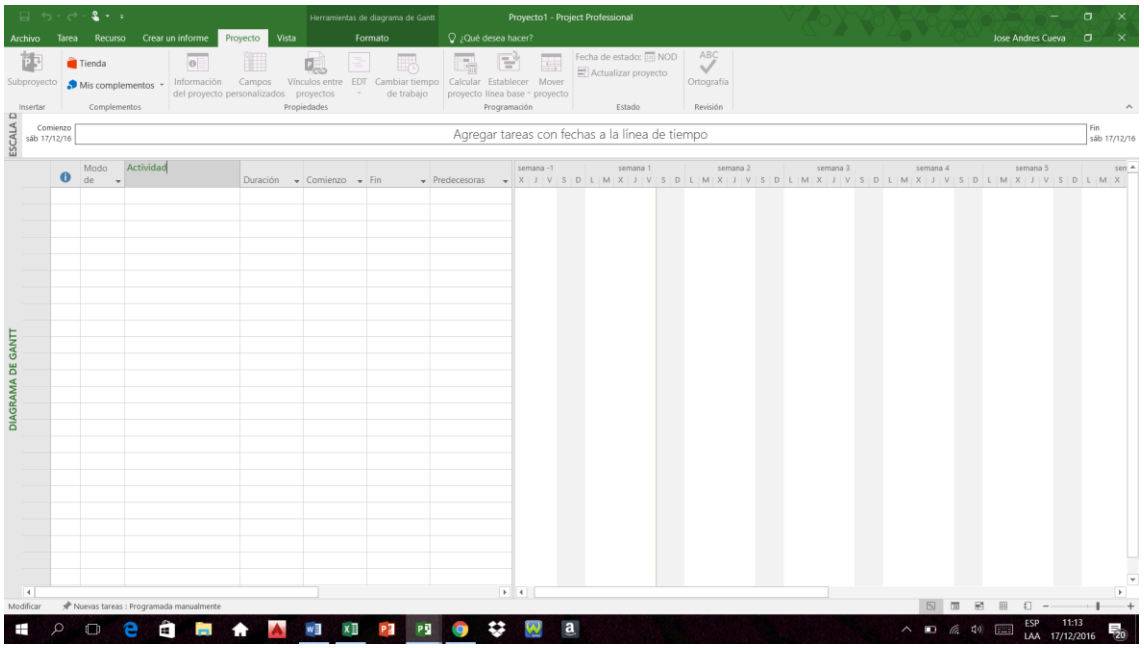


Figura 2.1: Ventana de MS Project para ingresar los datos necesarios para la elaboración de la red del proyecto

A medida que se ingresan los datos de las actividades se elabora la red de actividades mediante un diagrama de barras como se muestra a continuación:

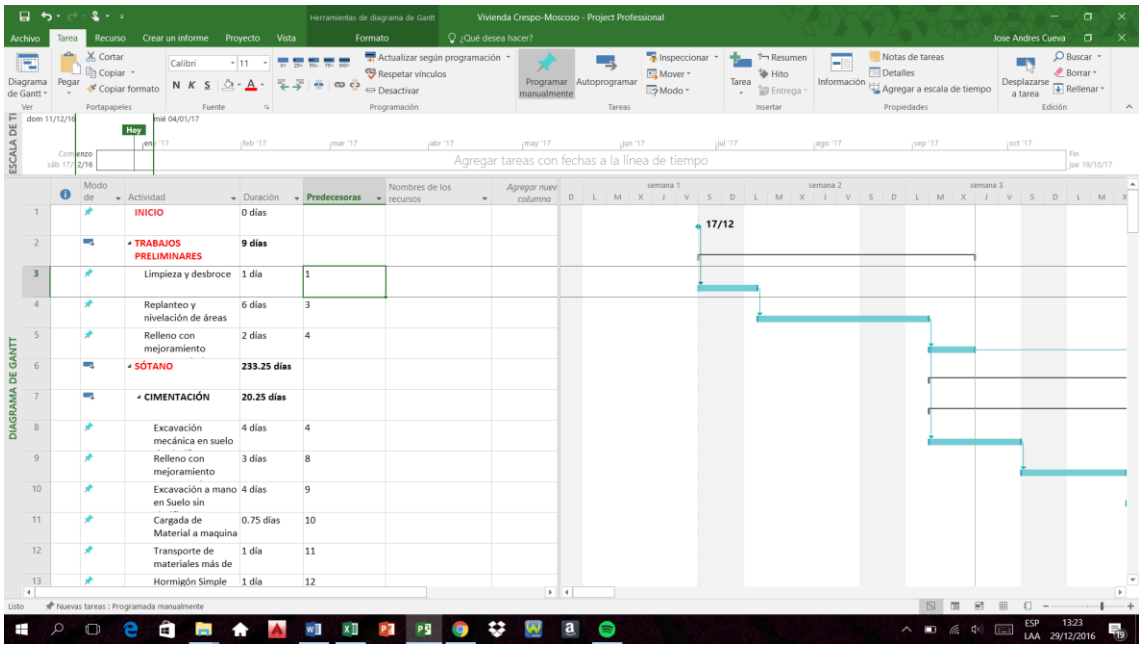


Figura 2.2: Ventana de MS Project al ingresar las actividades

Un punto muy importante a destacar es que se debe ingresar una actividad de inicio y otra de fin del proyecto con duración igual a cero, tal como lo dice en la teoría expuesta en el capítulo 1 en el procedimiento para elaborar las redes de proyecto. De esta manera, al ingresar todas las actividades con sus duraciones y relaciones de precedencia, el analista debe asegurarse que ninguna actividad se ha quedado sin ingresar sus actividades predecesoras, y además de que el sistema se cierra, es decir, que las actividades llegan a la actividad de finalización del proyecto. Entonces, a continuación se muestra el diagrama de barras obtenido para el proyecto del trabajo de titulación.

Id	Modo de tarea	Actividad	Duración
1			
2		**TRABAJOS PRELIMINARES**	**9 días**
3		Limpieza y desbroce	1 día
4		Replanteo y nivelación de áreas	6 días
5		Relleno con mejoramiento	2 días
6		**SÓTANO**	**185.55 días**
7		**CIMENTACIÓN**	**20.25 días**
8		Excavación	4 días
9		Relleno con mejoramiento	3 días
10		Excavación a mano en Suelo	4 días
11		Cargado de Material a	0.75 días
12		Transporte de materiales más	1 día
13		Hormigón Simple 180	1 día
14		Acero de Refuerzo para	3 días
15		Sum. + Instal. Malla	0.5 días
16		Encofrado Recto	2 días
17		Hormigón Simple 240	1 día
18		**MURO DE CONTENCIÓN**	**11.5 días**
19		Acero de refuerzo para	3.5 días
20		Encofrado metálico recto	4 días
21		Hormigón Simple 240	1 día
22		**COLUMNAS SÓTANO-PLANTA**	**13 días**
23		Acero de Refuerzo	0.7 días
24		Encofrado Recto	1 día
25		Hormigón Simple 240	0.5 días
26		**MAMPOSTERÍA**	**28.6 días**
27		Mamposteria de ladrillo panelón	14 días
28		Mamposteria de ladrillo panelón	7 días
29		Suministro Vigas, electrosoldadas	2.5 días
30		Encofrado recto de madera	0.6 días
31		Hormigón Simple 240	1 día
32		Enlucido con mortero 1:3	13 días
33		**INSTALACIONES SANITARIAS**	**2 días**
34		Instalaciones sanitarias	2 días
35		**ESCALERAS DE HORMIGON**	**3.2 días**
36		Acero de Refuerzo	0.2 días
37		Encofrado recto de madera	2 días
38		Hormigón Simple 240	1 día
39		**ESCALERAS DE METAL**	**12 días**
40		Escalera de metal	12 días
41		**PLANTA BAJA**	**152.7 días**
42		**CIMENTACIÓN DORMITORIOS**	**24.2 días**
43		Excavación a mano en Suelo	1.5 días
44		Cargado de Material a	0.25 días
45		Transporte de materiales más	0.4 días
46		Hormigón Simple 180	0.2 días
47		Acero de Refuerzo	0.5 días
48		Sum. + Instal. Malla	0.3 días
49		Encofrado Recto	0.6 días
50		Hormigón Simple 240	0.5 días
51		**LOSA ALIVIANA DE PISO (CON VIGAS MACIZAS)**	**24.2 días**
52		Encofrado recto para	8 días
53		Suministro de Bloques de	2.5 días
54		Acero de Refuerzo	6 días
55		Sum. + Instal. Malla	0.7 días
56		Encofrado recto de madera lateral y vigas	6 días
57		Hormigón Simple 240	1 día
58		**COLUMNAS PLANTA BAJA-PLANTA ALTA**	**15.85 días**
59		Acero de Refuerzo	1 día
60		Encofrado recto metálico	1.75 días
61		Hormigón Simple 240	0.4 días
62		**MAMPOSTERÍA**	**30 días**
63		Mamposteria de ladrillo panelón	14 días
64		Suministro Vigas, electrosoldadas	10 días
65		Encofrado recto de madera	4 días
66		Hormigón Simple 240	5 días
67		Enlucido con mortero 1:3	15 días
68		**DECK PLANTA BAJA**	**10 días**
69		Deck revestido de piedra pizarra	10 días
70		**ESCALERA METÁLICA PLANTA BAJA-PLANTA ALTA**	**16 días**
71		Escalera metalica	16 días
72		**INSTALACIONES SANITARIAS**	**4 días**
73		Instalaciones sanitarias	4 días
74		**PLANTA ALTA**	**41 días**
75		**LOSA ALIVIANA DE PISO (CON VIGAS MACIZAS)**	**9.5 días**
76		Encofrado recto metálico para	4 días
77		Suministrotrivista	1 día
78		Acero de Refuerzo	2.6 días
79		Sum. + Instal. Malla	0.5 días
80		Encofrado recto	1 día
81		Hormigón Simple 240	0.4 días
82		**LOSA DE PISO CON PLACA COLABORANTE**	**7 días**
83		Acero estructural	5 días
84		Losa con placa colaborante	2 días
85		**COLUMNAS PLANTA ALTA-CUBIERTA**	**5.9 días**
86		Acero de Refuerzo	0.6 días
87		Encofrado recto	1 día
88		Hormigón Simple 240	0.4 días
89		**MAMPOSTERÍA**	**29.3 días**
90		Mamposteria de ladrillo panelón	9 días
91		Suministro Vigas, electrosoldadas	8 días
92		Encofrado recto de madera	2.5 días
93		Hormigón Simple 240	4 días
94		Enlucido con mortero 1:3	14 días
95		**CUBIERTA**	**10 días**
96		Acero estructural para	10 días
97		**DECK**	**6 días**
98		Deck revestido de piedra pizarra	6 días
99		**INSTALACIONES SANITARIAS**	**2.5 días**
100		Instalaciones sanitarias	2.5 días
101		**ACABADOS**	**100.7 días**
102		**PUERTAS**	**1.2 días**
103		Sum, ins, Puerta madera de madera	1.2 días
104		Sum, ins, Puerta madera exteriores	0.3 días
105		**VENTANAS**	**35.5 días**
106		Sum, ins, Ventana de aluminio, incluye vidrio	35.5 días
107		**PISO DE MADERA (PLANTA BAJA, PLANTA ALTA)**	**20 días**
108		Piso de madera	20 días
109		**PISO DE PORCELANATO INTERIOR**	**15 días**
110		Piso de porcelanato	15 días
111		**CUBIERTA**	**12 días**
112		Sum. + Instal. Tablero de Playwood	3 días
113		Sum. + Instal. Impermeabilizan sintético tipo Chova	3 días
114		Sum. + Instal. Teja	6 días
115		**CIELO RASO**	**40 días**
116		Cielo raso de madera con	40 días
117		Cielo raso de madera con	17 días
118		**PINTADO DE PAREDES (SOTANO, PLANTA BAJA, PLANTA**	**6 días**
119		Pintado de paredes	6 días
120		**REVESTIMIENTO DE PIEDRA PARA PAREDES**	**15 días**
121		Suministro e instalacion de	15 días
122		**FIN**	0 días

Proyecto: AUXILIAR
Fecha: vie 27/04/17

Tarea · División · Hito · Resumen · Resumen del proyecto · Tarea inactiva · Hito inactivo · Resumen inactivo · Tarea manual · solo duración · Informe de resumen manual · Resumen manual · solo el comienzo · solo fin · Tareas externas · Hito externo · Fecha límite · Progreso · Progreso manual

Como se puede observar, la red del proyecto es bastante grande, por lo cual la realización del análisis de tiempos y cálculo de las holguras hubiera sido una gran dificultad al realizar la red de manera manual. Al tener la red del proyecto, y ver la fecha en la que se llega a la actividad de finalización del proyecto, se observa que la misma data para el día sábado 06 de mayo de 2017, lo cual corresponde a un tiempo de 42 semanas, como se puede confirmar en la barra superior de información de la red.

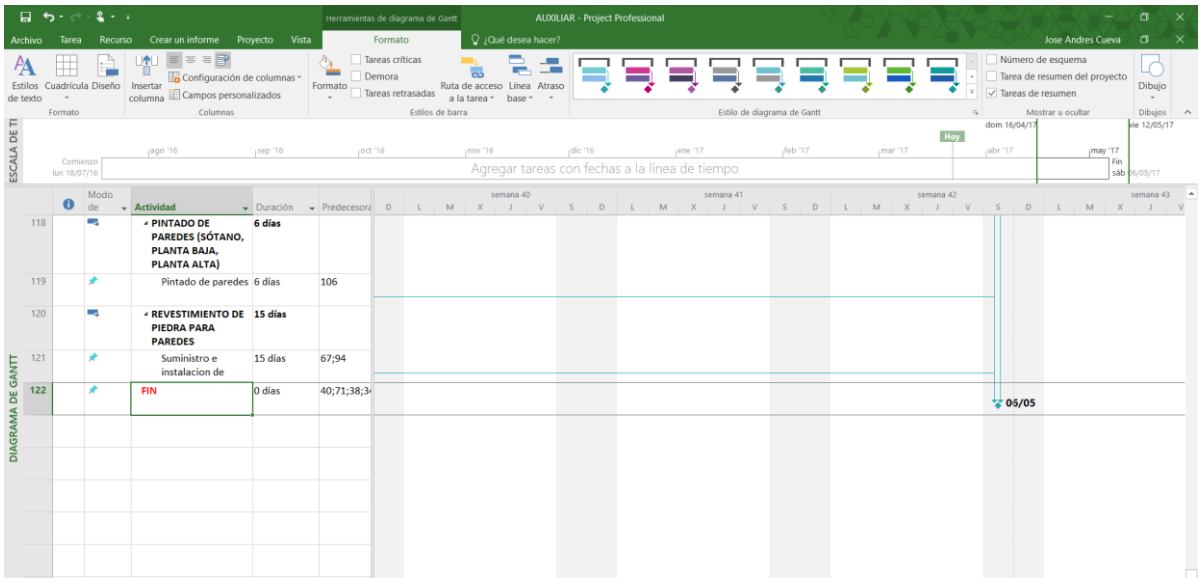


Figura 2.4: Actividad de finalización de la red

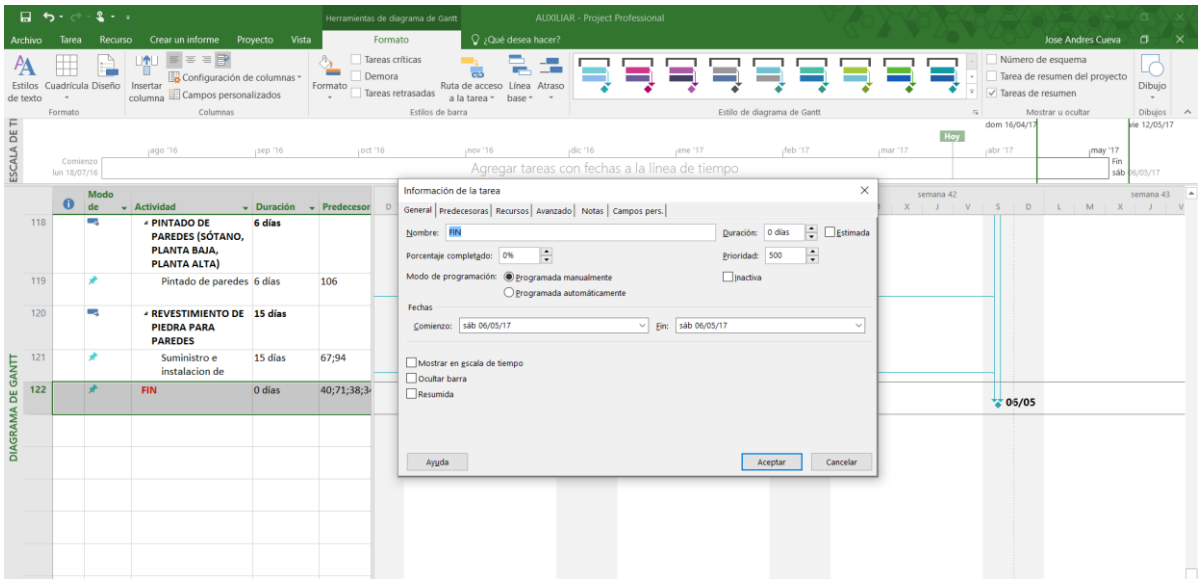
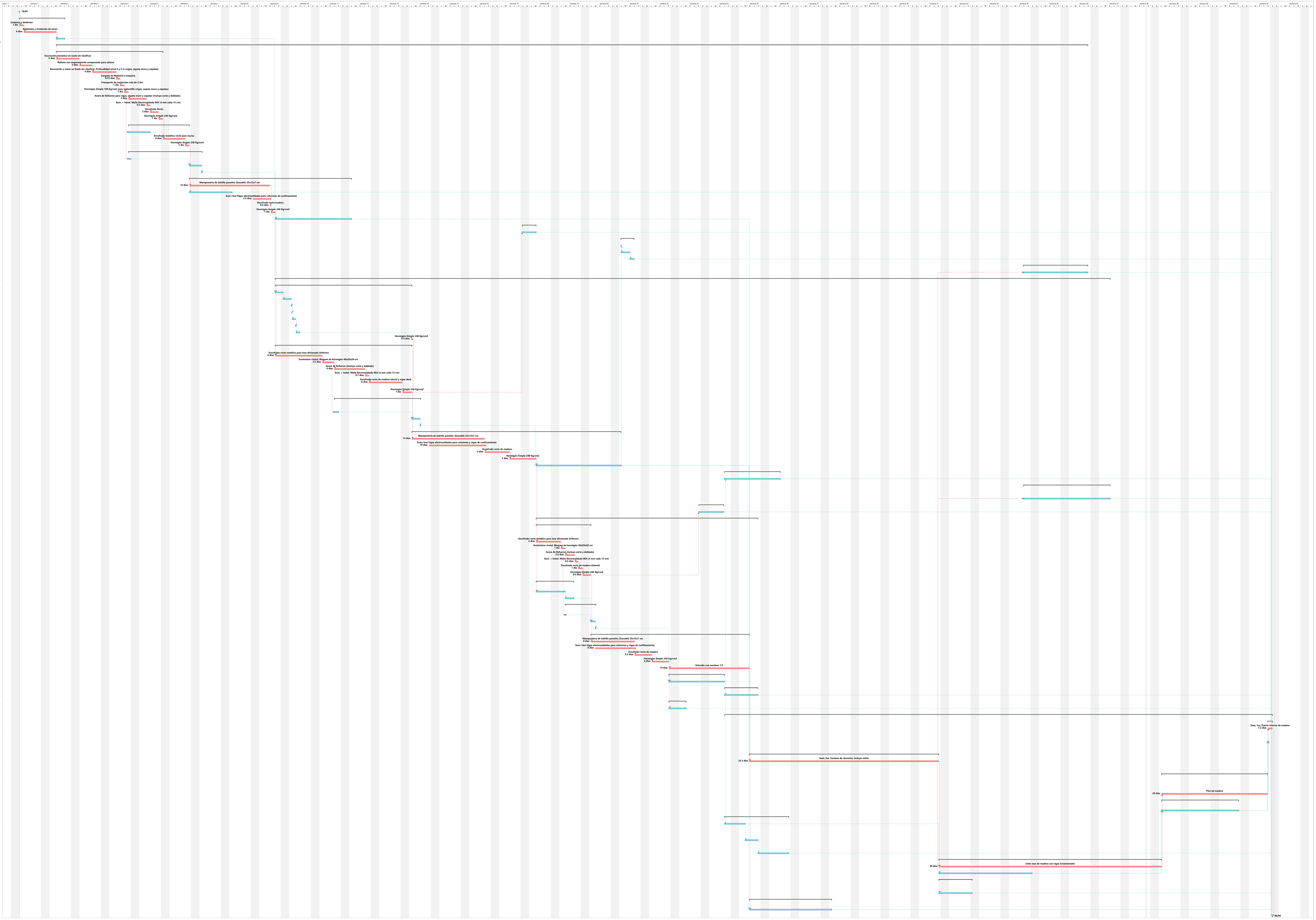


Figura 2.5: Cuadro de información de la actividad de finalización de la red

Si se desea visualizar la ruta crítica en el diagrama de barras o diagrama Gantt, simplemente se debe ir a la pestaña “Formato” y después seleccionar la opción “Tareas críticas”, y se mostrarán con color rojo las actividades que pertenecen a la ruta crítica, como se muestra a continuación.

Id	Modo de tarea	Actividad	Duración
1		INICIO	0 días
2		**TRABAJOS PRELIMINARES**	**9 días**
3		Limpieza y desbroce	1 día
4		Replanteo y nivelación de áreas	6 días
5		Relleno con mejoramiento	2 días
6		**SÓTANO**	**189.55 días**
7		**CIMENTACIÓN**	**20.25 días**
8		Excavación mecánica en	4 días
9		Relleno con mejoramiento	3 días
10		Excavación a mano en Suelo	4 días
11		Cargada de Material a	0.75 días
12		Transporte de materiales más	1 día
13		Hormigón Simple 180	1 día
14		Acero de Refuerzo para	3 días
15		Sum. + Instal. Malla	0.5 días
16		Encofrado Recto	2 días
17		Hormigón Simple 240	1 día
18		**MURO DE CONTENCIÓN**	**11.5 días**
19		Acero de refuerzo para	3.5 días
20		Encofrado metálico recto	4 días
21		Hormigón Simple 240	1 día
22		**COLUMNAS SÓTANO-PLANTA**	**13 días**
23		Acero de Refuerzo	0.7 días
24		Encofrado Recto	1 día
25		Hormigón Simple 240	0.5 días
26		**MAMPOSTERÍA**	**28.6 días**
27		Mamposteria de ladrillo panelón	14 días
28		Mamposteria de ladrillo panelón	7 días
29		Sum+Inst Vigas electrosaldadas	2.5 días
30		Encofrado recto madera	0.6 días
31		Hormigón Simple 240	1 día
32		Enlucido con mortero 1:3	13 días
33		**INSTALACIONES SANITARIAS**	**2 días**
34		Instalaciones sanitarias	2 días
35		**ESCALERAS DE HORMIGON**	**3.2 días**
36		Acero de Refuerzo	0.2 días
37		Encofrado recto de madera	2 días
38		Hormigón Simple 240	1 día
39		**ESCALERAS DE METAL**	**12 días**
40		Escalera de metal	12 días
41		**PLANTA BAJA**	**152.7 días**
42		**CIMENTACIÓN DORMITORIOS**	**24.2 días**
43		Excavación a mano en Suelo	1.5 días
44		Cargada de Material a	0.25 días
45		Transporte de materiales más	0.4 días
46		Hormigón Simple 180	0.2 días
47		Acero de Refuerzo	0.5 días
48		Sum. + Instal. Malla	0.3 días
49		Encofrado Recto de madera	0.6 días
50		Hormigón Simple 240	0.5 días
51		**LOSA ALIVIANA DE PISO (CON VIGAS MACIZAS)**	**24.2 días**
52		Encofrado recto metálico para	8 días
53		Suministro+Insta Bloques de	2.5 días
54		Acero de Refuerzo	6 días
55		Sum. + Instal. Malla	0.7 días
56		Encofrado recto de madera lateral y vigas	6 días
57		Hormigón Simple 240	1 día
58		**COLUMNAS PLANTA BAJA-PLANTA ALTA**	**15.85 días**
59		Acero de Refuerzo	1 día
60		Encofrado recto metálico	1.75 días
61		Hormigón Simple 240	0.4 días
62		**MAMPOSTERÍA**	**38 días**
63		Mamposteria de ladrillo panelón	14 días
64		Sum+Inst Vigas electrosaldadas	10 días
65		Encofrado recto de madera	4 días
66		Hormigón Simple 240	5 días
67		Enlucido con mortero 1:3	15 días
68		**DECK PLANTA BAJA**	**10 días**
69		Deck revestido de piedra pizarra	10 días
70		**ESCALERA METÁLICA PLANTA BAJA-PLANTA ALTA**	**16 días**
71		Escalera metalica	16 días
72		**INSTALACIONES SANITARIAS**	**4 días**
73		Instalaciones sanitarias	4 días
74		**PLANTA ALTA**	**41 días**
75		**LOSA ALIVIANA DE PISO (CON VIGAS MACIZAS)**	**9.5 días**
76		Encofrado recto metálico para	4 días
77		Suministro+Insta Bloques de	1 día
78		Acero de Refuerzo	2.6 días
79		Sum. + Instal. Malla	0.5 días
80		Encofrado recto de madera	1 día
81		Hormigón Simple 240	0.4 días
82		**LOSA DE PISO CON PLACA COLABORANTE**	**7 días**
83		Acero estructural	5 días
84		Losa con placa colaborante	2 días
85		**COLUMNAS PLANTA ALTA-CUBIERTA**	**5.9 días**
86		Acero de Refuerzo	0.6 días
87		Encofrado recto metálico	1 día
88		Hormigón Simple 240	0.4 días
89		**MAMPOSTERÍA**	**29.5 días**
90		Mamposteria de ladrillo panelón	9 días
91		Sum+Inst Vigas electrosaldadas	8 días
92		Encofrado recto de madera	2.5 días
93		Hormigón Simple 240	4 días
94		Enlucido con mortero 1:3	14 días
95		**CUBIERTA**	**10 días**
96		Acero estructural para	10 días
97		**DECK**	**6 días**
98		Deck revestido de piedra pizarra	6 días
99		**INSTALACIONES SANITARIAS**	**2.5 días**
100		Instalaciones sanitarias	2.5 días
101		**ACABADOS**	**100.7 días**
102		**PUERTAS**	**1.2 días**
103		Sum,-Ins, Puerta interior de madera	1.2 días
104		Sum,-Ins, Puerta madera exteriores	0.3 días
105		**VENTANAS**	**35.5 días**
106		Sum,-Ins, Ventana de aluminio, incluye vidrio	35.5 días
107		**PISO DE MADERA INTERIOR (PLANTA BAJA, PLANTA ALTA)**	**20 días**
108		Piso de madera	20 días
109		**PISO DE PORCELANATO INTERIOR**	**15 días**
110		Piso de porcelanato	15 días
111		**CUBIERTA**	**12 días**
112		Sum. + Instal. Tableros de Playwood	3 días
113		Sum. + Instal. Impermeabilizant asfáltico tipo Chova	3 días
114		Sum. + Instal. Teja	6 días
115		**CIELO RASO**	**40 días**
116		Cielo raso de madera con	40 días
117		Cielo raso de gypsum (sótano	17 días
118		**PINTADO DE PAREDES (SÓTANO, PLANTA BAJA, PLANTA**	**6 días**
119		Pintado de paredes	6 días
120		**REVESTIMIENTO DE PIEDRA PARA PAREDES**	**15 días**
121		Suministro e instalacion de	15 días
122		FIN	0 días



Proyecto: AUXILIAR
Fecha: vie 07/04/17

El siguiente paso es convertir el diagrama de Gantt en una red de precedencias. Para ello, hay que ir a la pestaña “Vista”, y se selecciona en “Diagrama de red”.

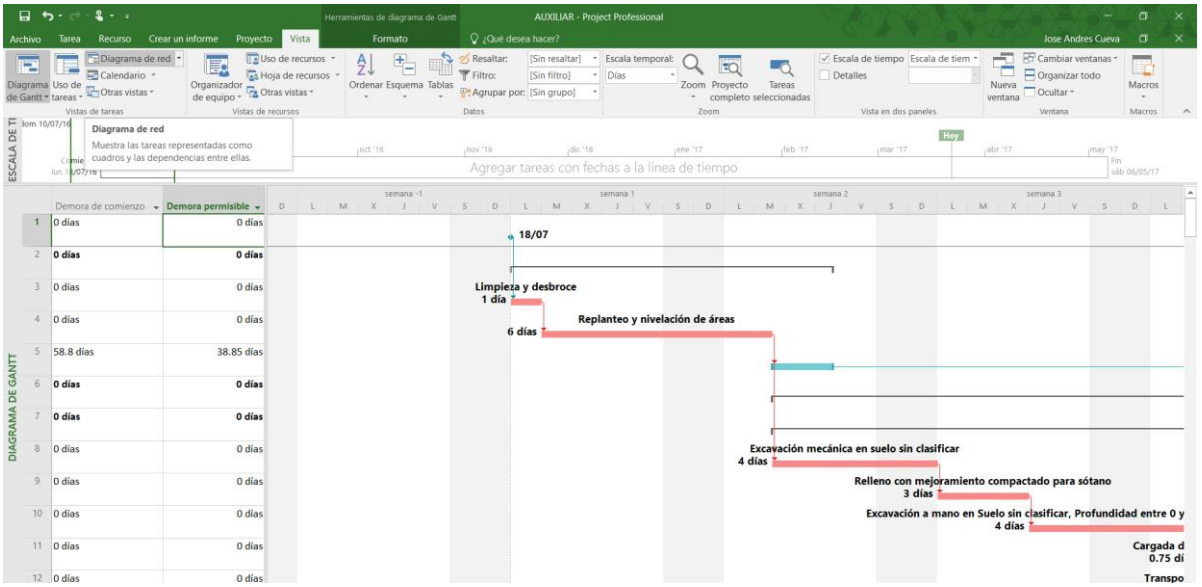


Figura 2.7: . Pestaña “Vista” para convertir diagrama de barras de Gantt en una red de precedencias

Después simplemente se debe configurar el formato que se desea que tengan las actividades, es decir el tipo de nodo (circular, rectangular, cuadrado, entre otros), el color deseado para las actividades según su naturaleza (por ejemplo, color rojo para actividades críticas, azul para actividades no críticas, verde para actividades de resumen), y los datos que el analista desea que se muestren para cada actividad. Para el presente trabajo de titulación se configuró de tal forma que los nodos sean rectangulares, y que en cada actividad se muestre el nombre de la actividad, inicio temprano, terminación temprana, inicio tardío, terminación tardía, duración de la actividad, holgura total y holgura libre, con la disposición sugerida en la teoría en el anterior capítulo.

Inicio temprano	Holgura total	Terminación temprana
Holgura libre	Descrip. actividad	
Inicio tadío	Duración actividad	Terminación tadía

Figura 2.8: Información presente en cada nodo de las actividades para la red de precedencias en Microsoft Project

Además, para facilitar la comprensión de los tipos de actividades, se dispuso que las actividades críticas aparezcan con color rojo, actividades no críticas en color azul y actividades de resumen en color verde claro.

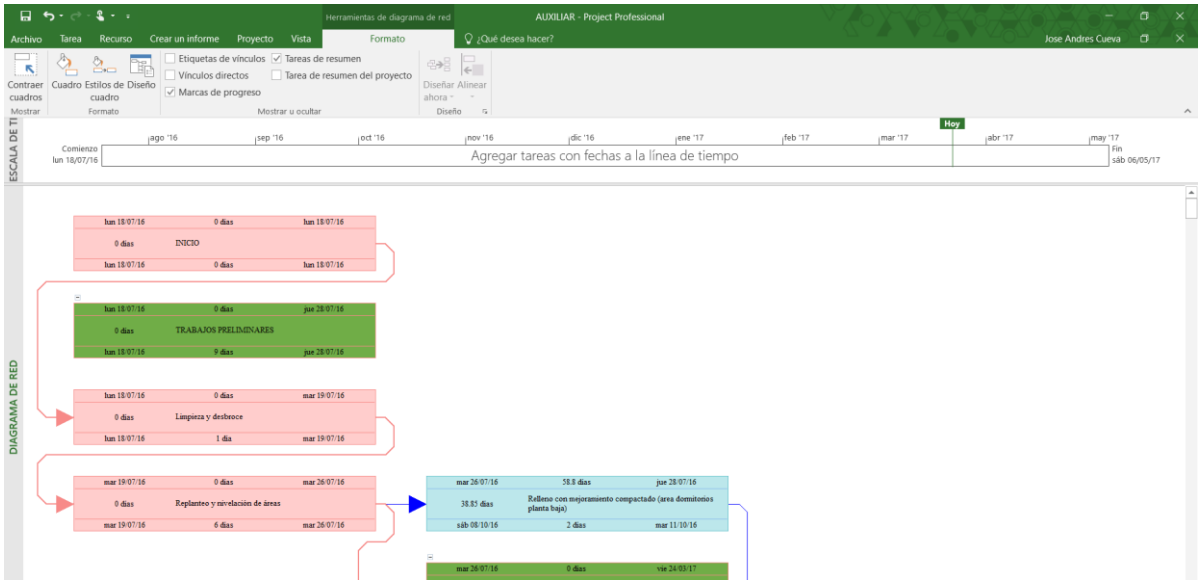
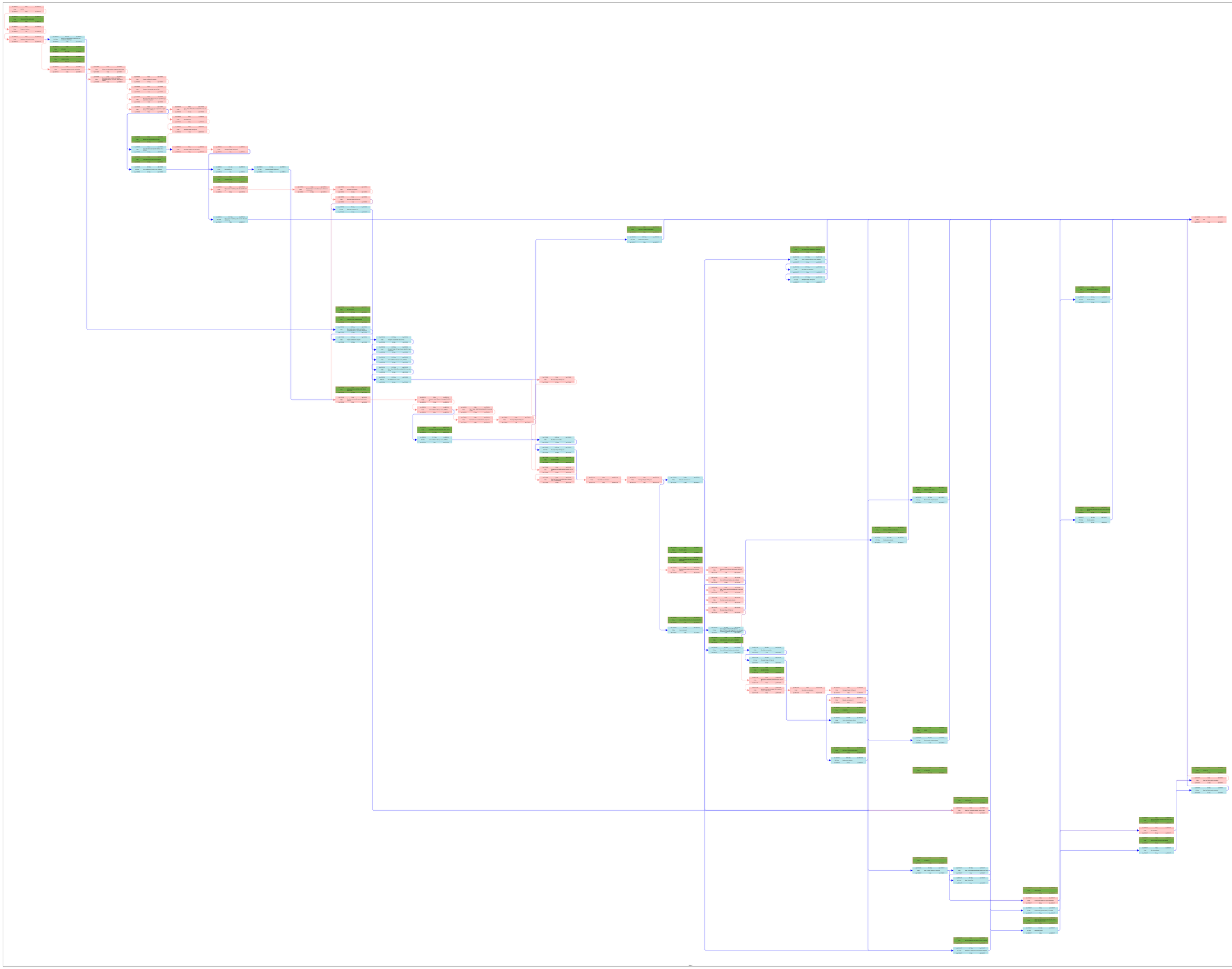


Figura 2.9: Ejemplo de los colores en las actividades de acuerdo a su naturaleza

Como se puede observar, las actividades de resumen tendrán un color verde, las actividades críticas aparecen en color rojo mientras que las no críticas en color azul, y cada una de ellas tiene la configuración mencionada. Las actividades de resumen se refieren a los componentes del segundo y tercer nivel de detalle de la "Estructura de la División de Trabajo" realizada, como, por ejemplo: sótano, mampostería de planta baja, losa alivianada de planta alta, y así sucesivamente.

A continuación, se presenta la red de precedencias para el proyecto de construcción de la vivienda Crespo-Moscoso con su Ruta Crítica en color rojo. Para la red de

precedencias, la cual se ha configurado en una escala semanal y no diaria como en el diagrama de barras, con la finalidad que se pueda apreciar y observar los datos y resultados obtenidos al implementar el sistema.



En el diagrama de precedencias para la vivienda analizada se observa la ruta crítica conformada por las actividades que aparecen en color rojo, cuya holgura es igual a cero, y así mismo la duración del proyecto en la última actividad, correspondiente a 42 semanas, ya que la fecha de terminación del proyecto se ha calculado para el 06 de mayo de 2017.

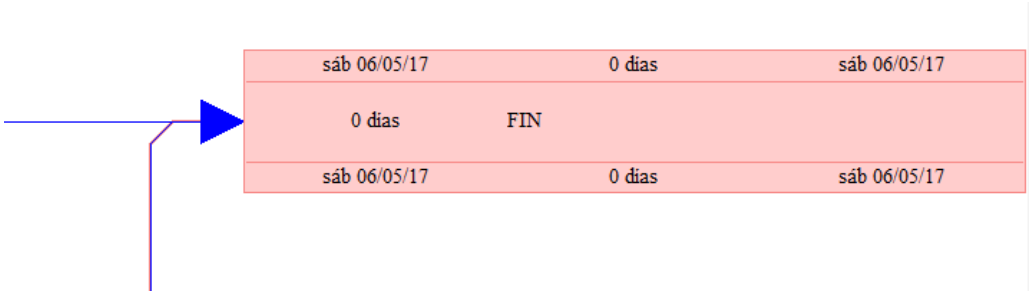


Figura 2.11: Fecha de terminación del proyecto

2.7.Análisis de la ruta crítica y las holguras

En Microsoft Project las holguras son conocidas como “demoras”, y el software calcula dos tipos de holguras: demora de comienzo y demora permisible. La demora de comienzo corresponde a la holgura total, mientras que la demora permisible corresponde a la holgura libre. A continuación, se presenta una tabla donde se muestra cada actividad con su holgura total y holgura libre.

Tabla 2.4: Tabla de holguras y actividades críticas

ID	Descripción de la actividad	Duración [días]	Predecesora	Sucesoras	Holgura Total [días]	Holgura Libre [días]	Actividad crítica?
1	INICIO	0		3	0	0	Si
2	TRABAJOS PRELIMINARES				0	0	Si
3	Limpieza y desbroce	1	1	4	0	0	Si
4	Replanteo y nivelación de áreas	6	3	5;8	0	0	Si
5	Relleno con mejoramiento compactado (area dormitorios planta baja)	2	4	43	58.8	38.85	No
6	SÓTANO				0	0	Si
7	CIMENTACIÓN				0	0	Si
8	Excavación mecánica en suelo sin clasificar	4	4	9	0	0	Si
9	Relleno con mejoramiento compactado para sótano	3	8	10	0	0	Si
10	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m (vigas, zapata muro y zapatas)	4	9	11	0	0	Si
11	Cargada de material a maquina	0.75	10	12	0	0	Si
12	Transporte de materiales más de 5 Km	1	11	13	0	0	Si
13	Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (vigas, zapata muro y zapatas)	1	12	14	0	0	Si
14	Acero de Refuerzo para vigas, zapata muro y zapatas (Incluye corte y doblado)	3	13	15;19CC;23CC	0	0	Si
15	Sum. + Instal. Malla Electrosoldada R84 (4 mm cada 15 cm)	0.5	14	16	0	0	Si
16	Encofrado Recto	2	15	17	0	0	Si
17	Hormigón Simple 240 Kg/cm2	1	16	20	0	0	Si
18	MURO DE CONTENCIÓN SÓTANO				0	0	Si
19	Acero de refuerzo para pantalla (Incluye corte y doblado)	3.5	14CC	20	3	3	No
20	Encofrado metálico recto para muros	4	17;19	21	0	0	Si
21	Hormigón Simple 240 Kg/cm2	1	20	24;27;28	0	0	Si
22	COLUMNAS SÓTANO-PLANTA BAJA				0	0	Si
23	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	0.7	14CC	24	24.9	10.8	No
24	Encofrado Recto	1	21;23	25	14.1	0	No
25	Hormigón Simple 240 Kg/cm2	0.5	24	52	14.1	14.1	No
26	MAMPOSTERÍA				0	0	Si
27	Mamposteria de ladrillo panelón (Susudel) 25x12x7 cm	14	21	29FF	0	0	Si
28	Mamposteria de ladrillo panelón invertido (Susudel) 25x12x7 cm	7	21	122	191.5	191.5	No
29	Sum+Inst Vigas electrosoldadas para columnas de confinamiento	2.5	27FF	30	0	0	Si
30	Encofrado recto madera	0.6	29	31	0	0	Si
31	Hormigón Simple 240 Kg/cm2	1	30	32;43;52	0	0	Si
32	Enlucido con mortero 1:3	13	31	106	73.2	73.2	No
33	INSTALACIONES SANITARIAS				0	0	Si
34	Instalaciones sanitarias	2	57FC+21 días	122	135.7	135.7	No
35	ESCALERAS DE HORMIGON ARMADO				0	0	Si
36	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	0.2	67	37	117.5	0	No
37	Encofrado recto de madera	2	36	38	117.5	0	No
38	Hormigón Simple 240 Kg/cm2	1	37	122	117.5	117.5	No
39	ESCALERAS DE METAL				0	0	Si
40	Escalera de metal	12	116CC+15 días	122	34.2	34.2	No
41	PLANTA BAJA				0	0	Si
42	CIMENTACIÓN DORMITORIOS				0	0	Si
43	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m (vigas cimentacion)	1.5	31;5	44	19.95	0	No
44	Cargada de Material a maquina	0.25	43	45	19.95	0	No
45	Transporte de materiales más de 5 Km	0.4	44	46	19.95	0	No
46	Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (vigas cimentacion)	0.2	45	47	19.95	0	No
47	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	0.5	46	48	19.95	0	No
48	Sum. + Instal. Malla Electrosoldada R84 (4 mm cada 15 cm)	0.3	47	49	19.95	0	No
49	Encofrado Recto de madera	0.6	48	50	19.95	19.95	No
50	Hormigón Simple 240 Kg/cm2	0.5	57FF;49	63	0	0	Si
51	LOSA ALIVIANA DE PISO (CON VIGAS MACIZAS)				0	0	Si
52	Encofrado recto metálico para losa alivianada (inferior)	8	31;25	53	0	0	Si
53	Suministro+Instal. Bloques de pómez 40x20x20 cm	2.5	52	54	0	0	Si
54	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	6	53	55;59CC	0	0	Si
55	Sum. + Instal. Malla Electrosoldada R84 (4 mm cada 15 cm)	0.7	54	56	0	0	Si
56	Encofrado recto de madera lateral y vigas cargadoras deck	6	55	57	0	0	Si
57	Hormigón Simple 240 Kg/cm2	1	56	34FC+21 días;50FF;60;63	0	0	Si
58	COLUMNAS PLANTA BAJA-PLANTA ALTA				0	0	Si
59	Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	1	54CC	60	57.55	12.7	No
60	Encofrado recto metálico	1.75	57;59	61	44.85	0	No
61	Hormigón simple 240 Kg/cm2	0.4	60	67	44.85	20.85	No
62	MAMPOSTERÍA				0	0	Si
63	Mamposteria de ladrillo panelón (Susudel) 25x12x7 cm	14	57;50	64FF	0	0	Si
64	Sum+Inst Vigas electrosoldadas para columnas y vigas de confinamiento	10	63FF	65	0	0	Si
65	Encofrado recto de madera	4	64	66	0	0	Si
66	Hormigón simple 240 Kg/cm2	5	65	67;76;83	0	0	Si
67	Enlucido con mortero 1:3	15	66;61	106;121;36	24	0	No
68	DECK PLANTA BAJA				0	0	Si
69	Deck revestido de piedra pizarra	10	96	122	90.7	90.7	No
70	ESCALERA METÁLICA PLANTA BAJA-PLANTA ALTA				0	0	Si
71	Escalera metalica	16	116CC+15 días	122	30.2	30.2	No
72	INSTALACIONES SANITARIAS				0	0	Si
73	Instalaciones sanitarias	4	81FC+21 días	122	101.2	101.2	No

74	**PLANTA ALTA**				0	0	Si
75	**LOSA ALIVIANA DE PISO (CON VIGAS MACIZAS)**				0	0	Si
76	Encofrado recto metálico para losa alivianada (inferior)	4	66	77	0	0	Si
77	Suministro+Instal. Bloques de pómez 40x20x20 cm	1	76	78	0	0	Si
78	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	2.6	77	79;86CC	0	0	Si
79	Sum. + Instal. Malla Electrosoldada R84 (4 mm cada 15 cm)	0.5	78	80	0	0	Si
80	Encofrado recto de madera (lateral)	1	79	81	0	0	Si
81	Hormigón Simple 240 Kg/cm2	0.4	80	73FC+21 días;87;90	0	0	Si
82	**LOSA DE PISO CON PLACA COLABORANTE**				0	0	Si
83	Acero estructural (perfiles tipo "I")	5	66	84	53.1	0	No
84	Losa con placa colaborante Novalosa 55 e. placa=0.65 mm, e. capa compresión= 6 cm, Hormigón f'c Kg/cm2 (Sum+Inst. placa colaborante, malla R-84 y hormigonado, no incluye vigas de acero de soporte)	2	83	87	53.1	2.5	No
85	**COLUMNAS PLANTA ALTA-CUBIERTA**				0	0	Si
86	Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	0.6	78CC	87	54.5	3.9	No
87	Encofrado recto metálico	1	81;86;84	88	50.6	0	No
88	Hormigón Simple 240 Kg/cm2	0.4	87	96	50.6	14.1	No
89	**MAMPOSTERÍA**				0	0	Si
90	Mamposteria de ladrillo panelón (Susudel) 25x12x7 cm	9	81	91FF	0	0	Si
91	Sum+Inst Vigas electrosoldadas para columnas y vigas de confinamiento	8	90FF	92	0	0	Si
92	Encofrado recto de madera	2.5	91	93	0	0	Si
93	Hormigón simple 240 Kg/cm2	4	92	94;96;100	0	0	Si
94	Enlucido con mortero 1:3	14	93	106;121	0	0	Si
95	**CUBIERTA**				0	0	Si
96	Acero estructural para cubierta	10	93;88	69;98;112	36.5	0	No
97	**DECK**				0	0	Si
98	Deck revestido de piedra pizarra	6	96	122	94.7	94.7	No
99	**INSTALACIONES SANITARIAS**				0	0	Si
100	Instalaciones sanitarias	2.5	93	122	108.2	108.2	No
101	**ACABADOS**				0	0	Si
102	**PUERTAS**				0	0	Si
103	Sum,-Ins, Puerta interior de madera	1.2	108;110	122	0	0	Si
104	Sum,-Ins, Puerta madera exteriores	0.3	108;110	122	0.9	0.9	No
105	**VENTANAS**				0	0	Si
106	Sum,-Ins, Ventana de aluminio, incluye vidrio	35.5	67;94;32	116;117;119	0	0	Si
107	**PISO DE MADERA INTERIOR (PLANTA BAJA, PLANTA ALTA)**				0	0	Si
108	Piso de madera	20	116;117	103;104	0	0	Si
109	**PISO DE PORCELANATO INTERIOR**				0	0	Si
110	Piso de porcelanato	15	116;117	103;104	5	5	No
111	**CUBIERTA**				0	0	Si
112	Sum. + Instal. Tableros de Playwood	3	96	113;116	36.5	0	No
113	Sum. + Instal. Impermeabilizante asfáltico tipo Chova	3	112	114	88.7	0	No
114	Sum. + Instal. Teja	6	113	122	88.7	88.7	No
115	**CIELO RASO**				0	0	Si
116	Cielo raso de madera con vigas ornamentales	40	112;106	108;110;71CC+15 días;40CC+15 dias	0	0	Si
117	Cielo raso de gypsum (sótano y cocina PB)	17	106	108;110	23	23	No
118	**PINTADO DE PAREDES (SÓTANO, PLANTA BAJA, PLANTA ALTA)**				0	0	Si
119	Pintado de paredes	6	106	122	55.2	55.2	No
120	**REVESTIMIENTO DE PIEDRA PARA PAREDES**				0	0	Si
121	Suministro e instalacion de revestimiento de piedra	15	67;94	122	81.7	81.7	No
122	**FIN**	0	40;71;38;34;73;100;103;104;121;114;119;28;69;98		0	0	Si

De esta manera se identifican todas las actividades críticas en el proyecto, a las cuales se les deberá dar especial importancia, debido a que en su ejecución de acuerdo a lo planeado sin dejar de lado las actividades sub-críticas o no críticas se encuentra la clave para terminar el proyecto en la fecha planificada, en este caso en 42 semanas. Si se analizada detenidamente los resultados obtenidos en cuanto a las holguras ocurren algunos fenómenos que se explicarán en este momento. La primera particularidad radica en que algunas actividades poseen una holgura total que parecería excesiva, como es el caso de la actividad “mampostería de ladrillo panelón invertido en el sótano” la cual tiene una holgura total de 191.5 días, o las actividades de instalaciones sanitarias para cada una de las tres plantas o la construcción de las losas inaccesibles tipo “deck” de planta alta, que tiene una holgura de 94.7 días, así como el “deck” de planta baja que tiene una holgura total de 90.7 días.. Al presenciar holguras totales tan extensas como las que se tienen para las actividades mencionadas, el analista podría

llegar a pensar que existe algún error en la red o en los cálculos, sin embargo, al analizar las actividades sucesoras del proyecto se encuentra la respuesta para cada una de estas holguras excesivas. Para el caso de la mampostería con ladrillo panelón invertido, como se puede observar en la red del proyecto o en la columna de actividades sucesoras, su actividad sucesora inmediata es la actividad de fin del proyecto, esto quiere decir que ninguna actividad depende de la actividad analizada, sin embargo se la debe ejecutar para poder terminar el proyecto, por ello su holgura tan grande, ya que puede ser realizada en cualquier momento hasta antes del final del proyecto una vez que haya finalizado su actividad inmediatamente predecesora, aunque se recomienda realizarla de manera paralela a la mampostería "normal" del sótano debido a que el material estará disponible y habrá espacio suficiente y accesibilidad para ejecutar la actividad, por ello en la red del proyecto la actividad se ejecuta de manera simultánea a la mampostería "normal" en el sótano. El mismo análisis ocurre para el caso de las instalaciones sanitarias, cuyas grandes holguras se deben a que para los tres casos sus actividades sucesoras inmediatas es la actividad de fin del proyecto, y ocurre lo propio para el caso de la construcción de las losas inaccesible tipo "deck" de planta alta, cuyo requerimiento para iniciar su construcción es que la estructura de cubierta se haya armada, de tal forma que el equipo de soldadores pueda comenzar la construcción de la estructura metálica para estas losas de manera simultánea con la estructura metálica del "deck" de planta baja, los cuales son necesarios para que finalice el proyecto, pero ninguna otra actividad depende de ellos inmediatamente.

Adicionalmente, otra particularidad que se debe explicar para que el lector no tenga confusiones es la razón de la diferencia de los valores entre la holgura total y holgura libre para algunas actividades, y por qué en otras actividades estos dos valores son iguales. Para el primer caso, se puede evidenciar su presencia en actividades como la colocación del acero de refuerzo para las columnas de sótano-planta baja, la colocación del acero de refuerzo para columnas de planta baja-planta alta, y la construcción de la losa con placa colaborante en planta alta. Para analizar esta particularidad se tomará como ejemplo la primera actividad mencionada, en la cual la holgura total es 24.9 días, mientras que la holgura libre 10.8 días. Esto significa que si la actividad se retrasara hasta un tiempo máximo correspondiente a su holgura libre, no se retrasará la fecha planificada para terminar el proyecto, sin embargo, sus actividades sucesoras

inmediatas se pueden ver afectadas, por lo que puede cambiar la ruta crítica, es decir si la colocación del acero de refuerzo en las columnas de sótano-planta baja se retrasara un tiempo de 24.9 días, el proyecto aún puede finalizarse en 42 semanas, pero el encofrado recto de esas columnas podría retrasarse y convertirse en una actividad crítica. Por otra parte, analizando su holgura libre, en el caso de cada actividad si se retrasan como máximo el tiempo correspondiente al valor de su holgura libre, sus actividades inmediatamente sucesoras no se verán afectadas, es decir, mientras se trabaje dentro del rango de tiempo correspondiente a la holgura libre de cada actividad no se alterará la ruta crítica ni la fecha de finalización planificada para el proyecto. Es decir, mientras la colocación del acero de refuerzo se retrase máximo 10.8 días, el encofrado de las columnas no se convertirá en una actividad crítica, y el proyecto seguirá pudiendo completarse en 42 semanas como se planificó.

El segundo caso de la diferencia de valores entre la holgura total y holgura libre tiene la característica de que la actividad tiene un valor de holgura total, pero su holgura libre es igual a cero. Se analizará el ejemplo de las actividades de excavación manual, cargada de material, transporte del material, replantillo de hormigón para las vigas de cimentación, colocación del acero de refuerzo para las vigas de cimentación, colocación de la malla electrosoldada para la losa maciza sobre las vigas de cimentación y el encofrado recto de la losa sobre las vigas.

39	**ESCALERAS DE METAL**				0	0	Si
40	Escalera de metal	12	116CC+15 días	122	34.2	34.2	No
41	**PLANTA BAJA**				0	0	Si
42	**CIMENTACIÓN DORMITORIOS**				0	0	Si
43	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m (vigas cimentacion)	1.5	31;5	44	19.95	0	No
44	Cargada de Material a maquina	0.25	43	45	19.95	0	No
45	Transporte de materiales más de 5 Km	0.4	44	46	19.95	0	No
46	Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (vigas cimentacion)	0.2	45	47	19.95	0	No
47	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	0.5	46	48	19.95	0	No
48	Sum. + Instal. Malla Electrosoldada R84 (4 mm cada 15 cm)	0.3	47	49	19.95	0	No
49	Encofrado Recto de madera	0.6	48	50	19.95	19.95	No
50	Hormigón Simple 240 Kg/cm2	0.5	57FF;49	63	0	0	Si
51	**LOSA ALIVIANA DE PISO (CON VIGAS MACIZAS)**				0	0	Si
52	Encofrado recto metálico para losa alivianada (inferior)	8	31;25	53	0	0	Si

Figura 2.12: Ejemplo para el segundo caso de la diferencia de valores entre la holgura total y la holgura libre

Como se puede observar todas las actividades mencionadas antes del encofrado tienen una holgura total de 19.95 días, mientras que su holgura libre es cero. Esto significa que, independientemente, para cada una de estas actividades si se retrasaran 19.95 días la fecha de finalización planificada del proyecto se podría mantener, sin embargo, al

tener una holgura libre nula, cualquier retraso cada una de las actividades significaría que su o sus actividades inmediatamente sucesoras se volverían críticas. Para la actividad de encofrado, se tiene que la holgura libre y la holgura total son iguales, teniendo un valor de 19.95 días, esto significa que se podrá retrasar la actividad 19.95 días sin afectar a la fecha de finalización del proyecto ni a su actividad sucesora, que es el hormigonado de las vigas de cimentación y la losa. Como se puede observar, las actividades anteriores al encofrado de la losa dependen inmediatamente de su sucesora para poder ser ejecutada, por ello no pueden ser retrasadas sin afectar a su actividad sucesora por más de que tengan un valor de holgura total. Esto ocurre hasta que llega la actividad de encofrado, la cual adquiere un valor de holgura libre debido a que su actividad sucesora además de depender del encofrado, depende de otra actividad más, por lo tanto, se adquiere un margen de holgura libre igual a su holgura total. Para el caso de la actividad sucesora al encofrado, hormigonado de las vigas y losa, una vez que inicia no puede retrasarse debido a que retrasaría a su actividad sucesora y a la totalidad del proyecto, es decir su holgura total y crítica son iguales a cero, o sea la actividad es crítica.

De esta manera se puede inferir que si bien se debe prestar mayor atención a las actividades críticas no se puede dejar de lado a las actividades sub-críticas, y tampoco analizar solamente la holgura total de cada actividad pensando que, al trabajar en este rango con todas las actividades, la fecha de finalización del proyecto se mantendrá intacta. Trabajar con la holgura total de las actividades funciona para cada actividad no para el conjunto de actividades, ya que, si se trabaja con la holgura total de una actividad y se sobrepasa su holgura libre, la fecha de terminación del proyecto no se habrá afectado, sin embargo, la actividad sucesora se volverá crítica y todo el proyecto se reprogramará. Por ello se recomienda tratar de trabajar dentro del rango de la holgura libre de las actividades, ya que de esta manera no se afecta a la totalidad del proyecto ni a las actividades inmediatamente sucesoras de la actividad analizada.

2.8. Presupuesto

El análisis de precios unitarios se lo realizó para cada actividad presente en la red del proyecto con la finalidad de determinar el precio unitario de dicha actividad y obtener posteriormente el cronograma valorado, y, además, realizar el análisis de sensibilidad de dos de las actividades más representativas en cuanto a su costo.

Para realizar el análisis de precios unitarios se utilizó la primera plantilla mostrada en el capítulo 1. En cuanto al porcentaje de los costos indirectos, se asumió un 15% debido a que no se considerará el porcentaje de utilidad, debido a que se estará construyendo la obra con las cuadrillas del propietario de la urbanización y, también, el análisis de precios unitarios es parte de la metodología aplicada para el caso de estudio, por ello no se considera el porcentaje de utilidad. Los únicos porcentajes contemplados en los costos indirectos serán los cargos debido a imprevistos y los sueldos al personal administrativo, para lo cual se ha asumido porcentajes de 5% y 10%, respectivamente, lo cuales son datos provistos por el contratista.

En los anexos se encuentran todos los análisis para determinar el precio unitario de cada actividad, los cuales se resumen en la tabla para determinar el presupuesto de la obra, que se presenta a continuación:

Tabla 2.5: Presupuesto de obra

PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA CRESPO-MOSCOSO	
Analista:	José Andrés Cueva Moscoso
Ubicación:	San Joaquín, autopista Medio Ejido Km 5.5, entrada "El Alto"

Descripcion	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
OBRA GRIS				**181,050.47 $**
TRABAJOS PRELIMINARES				**2,372.68 $**
Desbroce y limpieza de terreno	m2	886.88	0.78	691.77
Replanteo y nivelación de áreas	m2	345.45	1.40	483.63
Material de Reposicion (Incluye esponjamiento)	m3	56.00	17.40	974.40
Relleno compactado	m3	56.00	3.98	222.88
CIMENTACIÓN				**11,089.73 $**
Excavación mecanica en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad,	m3	200.00	2.70	540.00
Material de Reposicion (Incluye esponjamiento)	m3	48.00	17.40	835.20
Relleno compactado	m3	48.00	3.98	191.04
Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	35.27	10.75	379.11
Cargada de Material a maquina	m3	44.08	1.10	48.49
Transporte de materiales más de 5 Km	m3-km	44.08	0.28	12.34
Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (Colocado)	m3	3.01	125.10	376.82
Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado) para vigas, zapata muro y zapatas aisladas	Kg	1,605.00	1.90	3,049.50
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	134.58	6.80	915.13
Encofrado recto de madera	m2	20.13	21.67	436.28
Hormigon premezclado f´c=240 kg/cm2 (Hormi-Azuay) + Colocación	m3	32.89	130.92	4,305.82
SÓTANO				**22,666.20 $**
MURO DE CONTENCIÓN SÓTANO				**7,805.65**
Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado) para pantalla muro	Kg	2,126.90	1.90	4,041.11
Encofrado metálico recto para muros	m2	101.13	10.45	1,056.76
Hormigon premezclado f´c=240 kg/cm2 (Hormi-Azuay) + Colocación en pantalla muro	m3	20.03	135.22	2,707.78
COLUMNAS SÓTANO PLANTA BAJA				**1,390.65**
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	412.62	1.90	783.97
Encofrado recto de madera para columnas	m2	19.50	17.15	334.43
Hormigon premezclado f´c=240 kg/cm2 (Hormi-Azuay) + Colocación en columnas	m3	1.91	142.82	272.25
MAMPOSTERÍA SÓTANO				**6,451.44**
Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3	m2	115.13	25.52	2,937.99
Mamposteria de ladrillo panelon invertido con mortero 1:3	m2	10.48	57.18	598.96
Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2	m	39.00	5.97	232.83
Encofrado recto de madera para columnas	m2	11.38	17.15	195.08
Hormigón Simple f"c= 240 Kg/cm2	m3	0.98	136.63	133.21
Enlucido con mortero cemento-arena 1:3	m2	222.23	10.59	2,353.36
INSTALACIONES SANITARIAS SÓTANO				**115.98**
Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros	u	6.00	19.33	115.98
ESCALERAS DE HORMIGÓN ARMADO SOTANO - PLANTA BAJA				**676.50**
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	114.81	1.90	218.14
Encofrado recto de madera para escaleras	huella	6.89	23.45	161.56
Hormigón Simple f"c= 240 Kg/cm2	m3	2.17	136.63	296.79
ESCALERA METÁLICA SÓTANO - PLANTA BAJA				**4,035.46**
Escalera metálica	huella	17.00	237.38	4,035.46
VENTANAS SÓTANO				**143.52**
Sum.+ Inst. Ventana	m2	1.20	119.60	143.52
PUERTAS SÓTANO				**2,047.00**
Sum. + Inst. Puerta interior	u	6.00	264.50	1,587.00
Sum. + Inst. Puerta exterior	u	1.00	460.00	460.00

Descripcion	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
PLANTA BAJA				**72,473.21 $**
CIMENTACIÓN DORMITORIOS PLANTA BAJA				**2,822.92**
Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	11.78	10.75	126.59
Cargada de Material a maquina	m3	14.72	1.10	16.19
Transporte de materiales más de 5 Km	m3-km	14.72	0.28	4.12
Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (Colocado)	m3	0.42	125.10	52.80
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	275.76	1.90	523.93
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	71.21	6.80	484.21
Encofrado recto de madera	m2	5.93	21.67	128.59
Hormigon premezclado f´c=240 kg/cm2 (Hormi-Azuay) + Colocación	m3	11.35	130.92	1,486.47
LOSA ALIVIANADA DE PISO PLANTA BAJA				**17,715.48**
Sum. + Inst. Bloques de concreto 40x20x20 cm	u	959.00	0.86	824.74
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	3,614.35	1.90	6,867.26
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	183.15	6.80	1,245.43
Encofrado metálico recto para losa	m2	183.15	10.81	1,979.87
Encofrado recto de madera	m2	45.14	21.67	978.09
Hormigon premezclado f´c=240 kg/cm2 (Hormi-Azuay) + Colocación	m3	44.46	130.92	5,820.10
COLUMNAS PLANTA BAJA - PLANTA ALTA				**1,946.65**
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	563.64	1.90	1,070.91
Encofrado recto de madera para columnas	m2	34.20	17.15	586.53
Hormigon premezclado f´c=240 kg/cm2 (Hormi-Azuay) + Colocación en columnas	m3	2.03	142.82	289.21
MAMPOSTERÍA PLANTA BAJA				**13,877.07**
Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3	m2	235.18	25.52	6,001.84
Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2	m	162.50	5.97	970.13
Encofrado recto de madera para columnas	m2	68.15	17.15	1,168.84
Hormigón Simple f"c= 240 Kg/cm2	m3	4.97	136.63	678.37
Enlucido con mortero cemento-arena 1:3	m2	477.61	10.59	5,057.89
DECK PLANTA BAJA				**15,320.24**
Deck revestido de piedra pizarra (Incluye vigas y viguetas)	m2	84.64	181.00	15,320.24
ESCALERA METALICA PLANTA BAJA-PLANTA ALTA				**5,222.36**
Escalera metálica	huella	22.00	237.38	5,222.36
INSTALACIONES SANITARIAS PLANTA BAJA				**231.96**
Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros	u	12.00	19.33	231.96
VENTANAS PLANTA BAJA				**13,554.03**
Sum.+ Inst. Ventana	m2	113.33	119.60	13,554.03
PUERTAS PLANTA BAJA				**1,782.50**
Sum. + Inst. Puerta interior	u	5.00	264.50	1,322.50
Sum. + Inst. Puerta exterior	u	1.00	460.00	460.00

Descripcion	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
PLANTA ALTA				**72,448.65 $**
LOSA ALIVIANADA DE PISO DE PLANTA ALTA				**7,661.63**
Sum. + Inst. Bloques de concreto 40x20x20 cm	u	477.73	0.86	410.85
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	1,688.85	1.90	3,208.81
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	91.24	6.80	620.41
Encofrado metálico recto para losa	m2	91.24	10.81	986.28
Encofrado recto de madera	m2	12.06	21.67	261.34
Hormigon premezclado f´c=240 kg/cm2 (Hormi-Azuay) + Colocación	m3	16.61	130.92	2,173.95
LOSA DE PISO DE PLANTA ALTA CON PLACA COLABORANTE				**12,314.10**
Acero estructural	Kg	3,672.80	2.58	9,475.81
Losa con placa colaborante Novalosa 55 e. placa=0.65 mm, e. capa compresión= 6 cm, Hormigón f""c=280 Kg/cm2 (No incluye vigas de acero de soporte)	m2	91.88	30.89	2,838.29
COLUMNAS PLANTA ALTA				**1,235.13**
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	349.56	1.90	664.17
Encofrado recto de madera para columnas	m2	20.49	17.15	351.45
Hormigon premezclado f´c=240 kg/cm2 (Hormi-Azuay) + Colocación en columnas	m3	1.54	142.82	219.51
MAMPOSTERÍA PLANTA ALTA				**9,515.69**
Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3	m2	155.99	25.52	3,980.95
Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2	m	130.00	5.97	776.10
Encofrado recto de madera para columnas	m2	48.35	17.15	829.12
Hormigón Simple f"c= 240 Kg/cm2	m3	3.67	136.63	501.54
Enlucido con mortero cemento-arena 1:3	m2	323.70	10.59	3,427.98
CUBIERTA				**21,455.10**
Acero estructural	Kg	8,315.93	2.58	21,455.10
DECK PLANTA ALTA				**8,475.85**
Deck revestido de piedra pizarra (Incluye vigas secundarias)	m2	60.36	140.43	8,475.85
INSTALACIONES SANITARIAS PLANTA ALTA				**154.64**
Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros	u	8.00	19.33	154.64
VENTANAS PLANTA ALTA				**10,578.50**
Sum.+ Inst. Ventana	m2	88.45	119.60	10,578.50
PUERTAS PLANTA ALTA				**1,058.00**
Sum. + Inst. Puerta interior	u	4.00	264.50	1,058.00
ACABADOS				**106,993.17 $**
PISO INTERIOR PLANTA BAJA Y PLANTA ALTA				**25,022.85**
Piso de madera (Incluye lacado y pulido)	m2	270.63	92.46	25,022.85
PISO DE PORCELANATO INTERIOR				**5,978.15**
Piso de porcelanato	m2	183.10	32.65	5,978.15
CUBIERTA				**18,378.31**
Sum. + Instal. Tableros de Playwood	m2	371.88	21.40	7,958.23
Sum. + Instal. Impermeabilizante asfáltico tipo Chova	m2	371.88	17.25	6,414.93
Sum. + Instal. Teja	m2	371.88	10.77	4,005.15
CIELO RASO PLANTA ALTA				**44,161.70**
Cielo raso de madera con vigas ornamentales	m2	478.82	92.23	44,161.70
CIELO RASO CON GYPSUM (SÓTANO, BAÑOS Y COCINA PB)				**5,295.45**
Cielo raso con Gypsum (Liso, empastado y pintado)	m2	219.00	24.18	5,295.45
PINTADO DE PAREDES				**3,291.92**
Pintado de paredes	m2	887.31	3.71	3,291.92
REVESTIMIENTO DE PIEDRA PARA PAREDES				**4,864.78**
Suministro e instalacion de revestimiento de piedra	m2	131.98	36.86	4,864.78
TOTAL SIN I.V.A.				**288,043.63 $**
IMPUESTO AL VALOR AGREGADO (I.V.A.)			**14%**	**40,326.11 $**
TOTAL				**328,369.74 $**

Como se observa, el presupuesto de obra contiene los datos de cantidades de obra, precio unitario y precio total para cada actividad. De igual manera, se sumó y determinó el costo correspondiente a cada componente del proyecto para los distintos niveles en los que se dividió previamente en el WBS, es decir, el costo correspondiente a la obra gris y sus subcomponentes (obras o trabajos preliminares, sótano, planta baja, planta alta), así como el costo de acabados con sus subcomponentes. El costo de la obra gris es de $181.050,47 y el costo de los acabados es $106.993,17; pero la diferencia entre ambos costos realmente radica en que la obra gris está dividida en varios componentes, de tal forma que se puede controlar con mayor facilidad, ya que en el peor de los casos, una pérdida en una de las actividades que componen la obra gris no significa una pérdida muy grande ya que el costo total de la obra gris está distribuido en varias actividades, mientras que el monto correspondiente a los acabados está distribuido en pocos componentes, con actividades con precios sumamente elevados como la construcción del "cielo raso de madera con vigas ornamentales", que tiene un costo de proximadamente $44.000, es decir, el 42% del monto de acabados recae en una sola actividad, y si se suma el costo de instalar el piso de madera (aprox. $25.000), se tendrá que en dos actividades se encuentra el 65% de los costos de acabados, por ello se debe tener especial cuidado en estas actividades, además de que ambas son actividades críticas, por ello se recomienda que en el análsis de sensibilidad posterior al menos se encuentre la actividad de contrucción del "cielo raso de madera con vigas ornamentales".

2.9. Cronograma valorado, curvas de duración vs costos y duración vs avance planificado

Una vez que se ha generado la red del proyecto y se ha calculado el precio de realizar cada actividad, se puede combinar estos resultados y así, obtener el cronograma valorado de trabajos para el proyecto, el cual no es más que la representación gráfica de la distribución lógica de las actividades con el respectivo costo que representa la ejecución de cada una de las actividades a lo largo del tiempo. De esta manera se podrá determinar el flujo del dinero en cada etapa del proyecto, lo cual ayuda de gran manera al resposable de la construcción de la obra, así como al cliente, debido a que ambos podrán saber qué inversión se requiere realizar para cada etapa del proyecto, y cómo será la tendencia del flujo del dinero a lo largo del tiempo, y de esta forma administrar

mejor sus recursos, y de igual manera, ayudará a ambas partes a saber si requieren pedir algún tipo de financiamiento externo para alguna etapa.

Para crear el cronograma valorado del proyecto primero se debe decidir la escala temporal en la cual se desea trabajar; para proyectos de corta duración se puede trabajar en una escala semanal incluso diaria, sin embargo para poryectos largos se recomienda utilizar una escala temporal quincenal, inclusive mensual, caso contrario el cronograma resultante será demasiado grande y difícil de comprender. El siguiente paso es colocar en el eje vertical el listado de actividades presentes en el diagrama de precedencias, acompañadas por sus cantidades de obra, precio unitario y precio total, para lo cual se hace uso del presupuesto de obra, y se evidencia la importancia de haber realizado el anásis de precios unitarios de cada una de las actividades de la red. En el eje horizontal se dispone la escala temporal, entonces, se distribuye cada actividad de acuerdo a su duración y costo, respetando su secuencia en la red del proyecto, a lo largo del tiempo. Después, para cada unidad de tiempo (semana, quincena, mes, entre otros) se suma el costo de las actividades que intervienen en ese período, es decir, se suma el costo de las actividades que se ejecutarán en la semana 1 (o quincena 1, mes 1, según sea el caso) y se realizará este procedimiento para todos los períodos de tiempo de inicio a fin del proyecto.

A continuación se presenta el cronograma valorado de trabajos para la construcción de la vivienda Crespo-Moscoso.

CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJOS.

ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P. TOTAL	TIEMPO: QUINCENAL 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA PARA LA FAMILIA CRESPO-MOSCOSO, UBICADA EN SAN JOAQUÍN																													
PREPARADO POR: JOSÉ ANDRÉS CUEVA MOSCOSO																													
OBRAS PRELIMINARES																													
Desbroce y limpieza	m2	886.88	0.78	691.77	100%																								
					$ 691.77																								
Replanteo y nivelación de áreas	m2	345.45	1.40	483.63	100%																								
					$ 483.63																								
Relleno con mejoramiento compactado (area dormitorios planta baja)	m3	56.00	21.38	1,197.28	100%																								
					$ 1,197.28																								
SÓTANO																													
CIMENTACIÓN																													
Excavación mecánica en suelo sin clasificar	m3	200.00	2.70	540.00	100%																								
					$ 540.00																								
Relleno con mejoramiento compactado para sótano	m3	48.00	21.38	1,026.24		100%																							
						$ 1,026.24																							
Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m (vigas, zapata muro y zapatas)	m3	35.27	10.75	379.11		100%																							
						$ 379.11																							
Cargada de Material a maquina	m3	44.08	1.10	48.49		100%																							
						$ 48.49																							
Transporte de materiales más de 5 Km	m3-km	44.08	0.28	12.34		100%																							
						$ 12.34																							
Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (vigas, zapata muro y zapatas)	m3	3.01	125.10	376.82		100%																							
						$ 376.82																							
Acero de Refuerzo para vigas, zapata muro y zapatas (Incluye corte y doblado)	Kg	1,605.00	1.90	3,049.50		50%	50%																						
						$ 1,524.75	$ 1,524.75																						
Sum. + Instal. Malla Electrosoldada R84 (4 mm cada 15 cm)	m2	134.58	6.80	915.13			100%																						
							$ 915.13																						
Encofrado Recto	m2	20.13	21.67	436.28			100%																						
							$ 436.28																						
Hormigón Simple 240 Kg/cm2	m3	32.89	130.92	4,305.82			100%																						
							$ 4,305.82																						
MURO DE CONTENCIÓN SÓTANO																													
Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado) para pantalla muro	Kg	2,126.90	1.90	4,041.11		25%	75%																						
						$ 1,010.28	$ 3,030.84																						
Encofrado metálico recto para muros	m2	101.13	10.45	1,056.76			100%																						
							$ 1,056.76																						
Hormigón Simple 240 Kg/cm2	m3	20.03	135.22	2,707.78			100%																						
							$ 2,707.78																						
COLUMNAS SÓTANO PLANTA BAJA																													
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	412.62	1.90	783.97		25%	75%																						
						$ 195.99	$ 587.98																						
Encofrado recto de madera para columnas	m2	19.50	17.15	334.43			50%	50%																					
							$ 167.21	$ 167.21																					
Hormigón Simple 240 Kg/cm2	m3	1.91	142.82	272.25				100%																					
								$ 272.25																					
MAMPOSTERÍA SÓTANO																													
Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3	m2	115.13	25.52	2,937.99				100%																					
								$ 2,937.99																					
Mamposteria de ladrillo panelon invertido con mortero 1:3	m2	10.48	57.18	598.96				100%																					
								$ 598.96																					
Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2	m	39.00	5.97	232.83				100%																					
								$ 232.83																					
Encofrado recto de madera	m2	11.38	17.15	195.08					100%																				
									$ 195.08																				
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	0.98	136.63	133.21					100%																				
									$ 133.21																				
Enlucido con mortero cemento-arena 1:3	m2	222.23	10.59	2,353.36					25%	75%																			
									$ 588.34	$ 1,765.02																			
INSTALACIONES SANITARIAS SÓTANO																													
Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros	u	6.00	19.33	115.98		20%			15%	15%												20%	15%	15%					
						$ 23.20			$ 17.40	$ 17.40												$ 23.20	$ 17.40	$ 17.40					
ESCALERAS DE HORMIGÓN ARMADO SÓTANO - PLANTA BAJA																													
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	114.81	1.90	218.14											100%														
															$ 218.14														
Encofrado recto de madera para escaleras	huella	6.89	23.45	161.56											100%														
															$ 161.56														
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	2.17	136.63	296.79											100%														
															$ 296.79														
ESCALERA METÁLICA SÓTANO - PLANTA BAJA																													
Escalera metálica	huella	17.00	237.38	4,035.46																			80%	20%					
																							$ 3,228.37	$ 807.09					
PLANTA BAJA																													
CIMENTACIÓN DORMITORIOS PLANTA BAJA																													
Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	11.78	10.75	126.59					100%																				
									$ 126.59																				
Cargada de Material a maquina	m3	14.72	1.10	16.19					100%																				
									$ 16.19																				
Transporte de materiales más de 5 Km	m3-km	14.72	0.28	4.12					100%																				
									$ 4.12																				
Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (Colocado)	m3	0.42	125.10	52.80					100%																				
									$ 52.80																				
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	275.76	1.90	523.93					100%																				
									$ 523.93																				
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	71.21	6.80	484.21					100%																				
									$ 484.21																				
Encofrado recto de madera	m2	5.93	21.67	128.59					100%																				
									$ 128.59																				
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	11.35	130.92	1,486.47							100%																		
											$ 1,486.47																		
LOSA ALIVIANADA DE PISO PLANTA BAJA																													
Encofrado metálico recto para losa	m2	183.15	10.81	1,979.87					50%	50%																			
									$ 989.93	$ 989.93																			
Sum. + Inst. Bloques de concreto 40x20x20 cm	u	959.00	0.86	824.74						100%																			
										$ 824.74																			
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	3,614.35	1.90	6,867.26						100%																			
										$ 6,867.26																			
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	183.15	6.80	1,245.43						100%																			
										$ 1,245.43																			
Encofrado recto de madera lateral y vigas deck	m2	45.14	21.67	978.09							100%																		
											$ 978.09																		
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	44.46	130.92	5,820.10							100%																		
											$ 5,820.10																		
COLUMNAS PLANTA BAJA - PLANTA ALTA																													
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	563.64	1.90	1,070.91						25%	75%																		
										$ 267.73	$ 803.18																		
Encofrado recto de madera para columnas	m2	34.20	17.15	586.53							100%																		
											$ 586.53																		
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	2.03	142.82	289.21							100%																		
											$ 289.21																		
MAMPOSTERÍA PLANTA BAJA																													
Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3	m2	235.18	25.52	6,001.84							40%	60%																	
											$ 2,400.74	$ 3,601.11																	
Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2	m	162.50	5.97	970.13							40%	60%																	
											$ 388.05	$ 582.08																	
Encofrado recto de madera para columnas	m2	68.15	17.15	1,168.84								30%	70%																
												$ 350.65	$ 818.19																
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	4.97	136.63	678.37									100%																
													$ 678.37																
Enlucido con mortero cemento-arena 1:3	m2	477.61	10.59	5,057.89									25%	75%															
													$ 1,264.47	$ 3,793.42															
DECK PLANTA BAJA																													
Deck revestido de piedra pizarra (Incluye vigas y viguetas)	m2	84.64	181.00	15,320.24														100%											
																		$ 15,320.24											
ESCALERA METÁLICA PLANTA BAJA-PLANTA ALTA																													
Escalera metálica	huella	22.00	237.38	5,222.36																			60%	40%					
																							$ 3,133.42	$ 2,088.94					
INSTALACIONES SANITARIAS PLANTA BAJA																													
Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros	u	12.00	19.33	231.96					20%				15%	15%								20%	15%	15%					
									$ 46.39				$ 34.79	$ 34.79								$ 46.39	$ 34.79	$ 34.79					
PLANTA ALTA																													
LOSA ALIVIANADA DE PISO DE PLANTA ALTA																													
Encofrado metálico recto para losa	m2	91.24	10.81	986.28									70%	30%															
													$ 690.39	$ 295.88															
Sum. + Inst. Bloques de concreto 40x20x20 cm	u	477.73	0.86	410.85										100%															
														$ 410.85															
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	1,688.85	1.90	3,208.81										100%															
														$ 3,208.81															
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	91.24	6.80	620.41										100%															
														$ 620.41															
Encofrado recto de madera lateral	m2	12.06	21.67	261.34										100%															
														$ 261.34															
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	16.61	130.92	2,173.95										100%															
														$ 2,173.95															
LOSA DE PISO DE PLANTA ALTA CON PLACA COLABORANTE																													
Acero estructural	Kg	3,672.80	2.58	9,475.81										60%	40%														
														$ 5,685.49	$ 3,790.32														
Losa con placa colaborante Novalosa 55 e. placa=0.65 mm, e. capa compresión= 6 cm, Hormigón f'"c=280 Kg/cm2 (No incluye vigas de acero de soporte)	m2	91.88	30.89	2,838.29										100%															
														$ 2,838.29															
COLUMNAS PLANTA ALTA																													
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	349.56	1.90	664.17										100%															
														$ 664.17															
Encofrado recto de madera para columnas	m2	20.49	17.15	351.45										100%															
														$ 351.45															
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	1.54	142.82	219.51										100%															
														$ 219.51															
MAMPOSTERÍA PLANTA ALTA																													
Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3	m2	155.99	25.52	3,980.95											100%														
															$ 3,980.95														
Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2	m	130.00	5.97	776.10											100%														
															$ 776.10														
Encofrado recto de madera	m2	48.35	17.15	829.12											100%														
															$ 829.12														
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	3.67	136.63	501.54											100%														
															$ 501.54														
Enlucido con mortero cemento-arena 1:3	m2	323.70	10.59	3,427.98												100%													
																$ 3,427.98													
CUBIERTA																													
Acero estructural	Kg	8,315.93	2.58	21,455.10												100%													
																$ 21,455.10													
DECK PLANTA ALTA																													
Deck revestido de piedra pizarra (Incluye vigas secundarias)	m2	60.36	140.43	8,475.85														100%											
																		$ 8,475.85											
INSTALACIONES SANITARIAS PLANTA ALTA																													
Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros	u	8.00	19.33	154.64											40%		60%												
															$ 61.86		$ 92.78												
ACABADOS																													
PUERTAS																													
Sum. + Inst. Puerta interior	u	15.00	264.50	3,967.50																						100%			
																										$ 3,967.50			
Sum. + Inst. Puerta exterior	u	2.00	460.00	920.00																						100%			
																										$ 920.00			
VENTANAS																													
Sum.+ Inst. Ventana	m2	202.98	119.60	24,276.05														20%	35%	35%	10%								
																		$ 4,855.21	$ 8,496.62	$ 8,496.62	$ 2,427.60								
PISO DE MADERA INTERIOR PLANTA BAJA Y PLANTA ALTA																													
Piso de madera (Incluye lacado y pulido)	m2	270.63	92.46	25,022.85																					50%	50%			
																									$ 12,511.42	$ 12,511.42			
PISO DE PORCELANATO INTERIOR																									30%	70%			
Piso de porcelanato	m2	183.10	32.65	5,978.15																					$ 1,793.44	$ 4,184.70			
CUBIERTA																													
Sum. + Instal. Tableros de Playwood	m2	371.88	21.40	7,958.23														100%											
																		$ 7,958.23											
Sum. + Instal. Impermeabilizante asfáltico tipo Chova	m2	371.88	17.25	6,414.93														100%											
																		$ 6,414.93											
Sum. + Instal. Teja	m2	371.88	10.77	4,005.15														100%											
																		$ 4,005.15											
CIELO RASO DE MADERA																													
Cielo raso de madera con vigas ornamentales (Planta baja y planta alta)	m2	478.82	92.23	44,161.70																	25%	25%	25%	25%					
																					$ 11,040.43	$ 11,040.43	$ 11,040.43	$ 11,040.43					
CIELO RASO CON GYPSUM																													
Cielo raso con Gypsum (Liso, empastado y pintado) (Sótano, planta baja y planta alta)	m2	219.00	24.18	5,295.45																		20%	40%	40%					
																						$ 1,059.09	$ 2,118.18	$ 2,118.18					
PINTADO DE PAREDES																													
Pintado de paredes	m2	887.31	3.71	3,291.92																				100%					
																								$ 3,291.92					
REVESTIMIENTO DE PIEDRA PARA PAREDES																													
Suministro e instalacion de revestimiento de piedra	m2	131.98	36.86	4,864.78														30%	35%	35%									
																		$ 1,459.43	$ 1,702.67	$ 1,702.67									
INVERSION QUINCENAL (SIN IVA)				288,043.63	2,912.68 $	4,597.22 $	14,732.54 $	4,209.24 $	3,306.81 $	11,977.51 $	12,752.37 $	4,533.83 $	9,171.70 $	18,725.06 $	6,764.21 $	24,975.87 $	48,489.04 $	10,199.29 $	10,199.29 $	13,468.03 $	12,169.10 $	19,572.58 $	19,398.75 $	14,304.87 $	21,583.63 $				
% DE INVERSION PARCIAL					1.01%	1.60%	5.11%	1.46%	1.15%	4.16%	4.43%	1.57%	3.18%	6.50%	2.35%	8.67%	16.83%	3.54%	3.54%	4.68%	4.22%	6.80%	6.73%	4.97%	7.49%				
INVERSION ACUMULADA					2,912.68 $	7,509.90 $	22,242.44 $	26,451.68 $	29,758.49 $	41,736.00 $	54,488.37 $	59,022.21 $	68,193.91 $	86,918.97 $	93,683.18 $	118,659.04 $	167,148.08 $	177,347.37 $	187,546.67 $	201,014.70 $	213,183.80 $	232,756.38 $	252,155.14 $	266,460.01 $	288,043.63 $				
% DE INVERSION ACUMULADA					1.01%	2.61%	7.72%	9.18%	10.33%	14.49%	18.92%	20.49%	23.67%	30.18%	32.52%	41.19%	58.03%	61.57%	65.11%	69.79%	74.01%	80.81%	87.54%	92.51%	100.00%				
AVANCE 80%					2,330.14 $	3,677.78 $	11,786.03 $	3,367.39 $	2,645.45 $	9,582.01 $	10,201.89 $	3,627.07 $	7,337.36 $	14,980.05 $	5,411.37 $	19,980.69 $	38,791.23 $	8,159.43 $	8,159.43 $	10,774.42 $	9,735.28 $	15,658.07 $	15,519.00 $	11,443.89 $	17,266.90 $				
AVANCE ACUMULADO 80%					2,330.14 $	6,007.92 $	17,793.95 $	21,161.35 $	23,806.80 $	33,388.80 $	43,590.70 $	47,217.77 $	54,555.13 $	69,535.17 $	74,946.54 $	94,927.23 $	133,718.47 $	141,877.90 $	150,037.33 $	160,811.76 $	170,547.04 $	186,205.11 $	201,724.11 $	213,168.00 $	230,434.91 $				

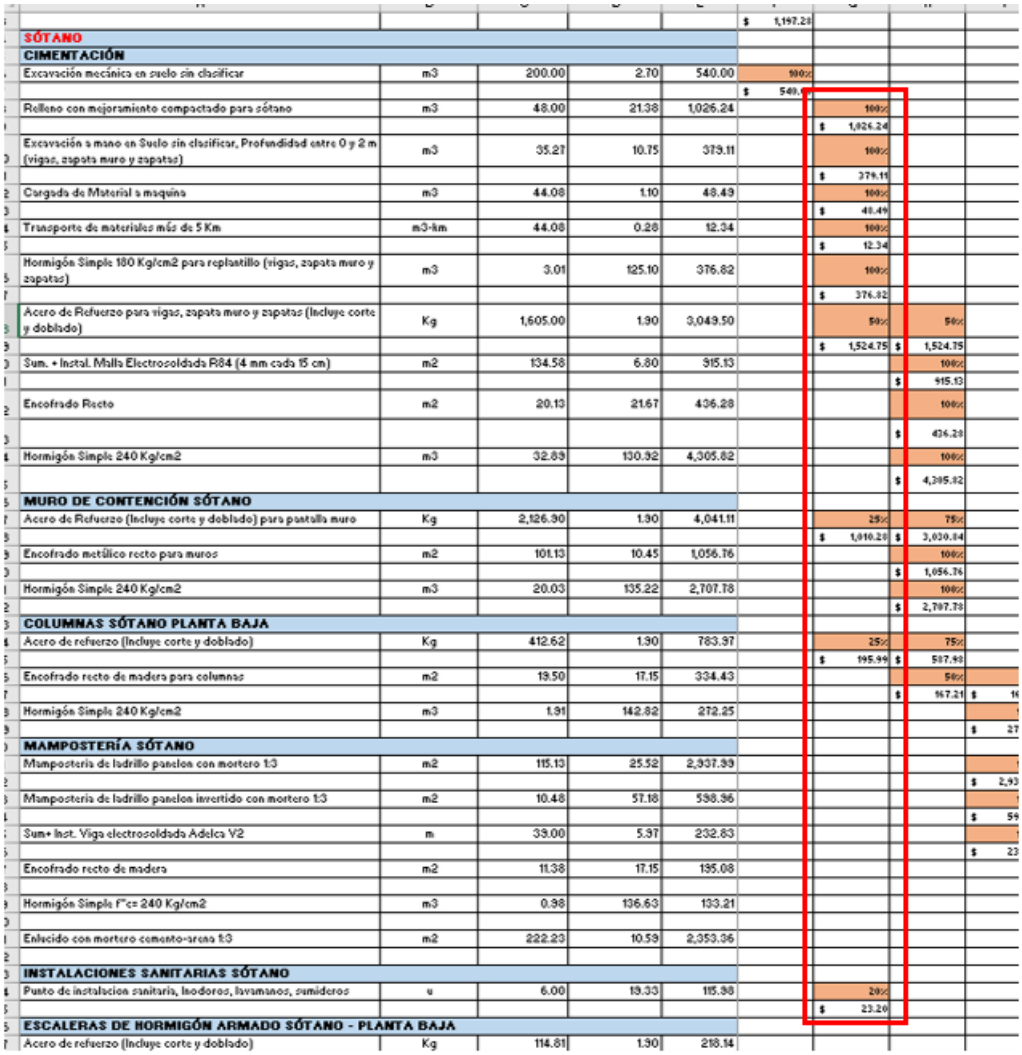
Para el cronograma valorado del caso de estudio la escala temporal será en quincenas, ya que como la duración del proyecto será de 42 semanas, una escala de tiempo semanal resultaría un cronograma demasiado grande, y una escala mensual, omitiría muchos detalles, por lo que se decidió realizar el cronograma con una escala de tiempo quincenal, es decir para realizar el proyecto se requerirán 21 quincenas, las cuales se observan en el eje horizontal del cronograma presentado, y se debe tener en cuenta que debido a que los días domingo no se trabaja, la quincena contemplará 12 días de trabajo. Por otra parte, en el eje vertical, en la parte izquierda, se puede apreciar el listado de las actividades presentes en la red del proyecto acompañadas de sus cantidades de obra y su costo. Entonces, para realizar el cronograma valorado se debe ver la duración de la actividad y su secuencia en la red de precedencias, de acuerdo a sus relaciones de precedencias, y representar gráficamente el avance de la actividad en la unidad de tiempo del cronograma, con su costo. Por ejemplo, para la primera actividad, del cronograma "limpieza y desbroce del terreno", al ver la red de precedencias o la tabla de precedencias se sabe que la misma tendrá una duración de un día, entonces se la coloca dentro de la primera quincena, acompañada de su porcentaje de realización y su costo, es decir, en la primera quincena se realizará el 100% de la actividad, por lo tanto, se tendrá que pagar el 100% de su costo (691,77 $). Al observar en la red de actividades las siguientes actividades, se tiene que se puede realizar en la primera quincena la segunda, tercera y cuarta actividad, cuyas duraciones son de 6, 2 y 4 días respectivamente, y sus actividades predecesoras son sus actividades inmediatamente anteriores, entonces al sumar sus duraciones y la de la primera actividad se tiene: 1 + 6 + 2 + 4 = 13 días, pero como la quincena contempla 12 días de trabajo, se compensará el día faltante en las quincenas siguientes.

ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P. TOTAL	1	2	3	4	5
CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA PARA LA FAMILIA CRESPO-MOSCOSO, UBICADA EN SAN JOAQUÍN									
PREPARADO POR: JOSÉ ANDRÉS CUEVA MOSCOSO									
OBRAS PRELIMINARES									
Desbroce y limpieza	m2	886.88	0.78	691.77	100%				
					$ 691.77				
Replanteo y nivelación de áreas	m2	345.45	1.40	483.63	100%				
					$ 483.63				
Relleno con mejoramiento compactado (áreas dormitorios planta baja)	m3	56.00	21.38	1,197.28	100%				
					$ 1,197.28				
SÓTANO									
CIMENTACIÓN									
Excavación mecánica en suelo sin clasificar	m3	200.00	2.70	540.00	100%				
					$ 540.00				
Relleno con mejoramiento compactado para sótano	m3	48.00	21.38	1,026.24		100%			
						$ 1,026.24			
Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m (vigas, zapata muro y zapatas)	m3	35.27	10.75	379.11		100%			
						$ 379.11			
Cargada de Material a maquina	m3	44.08	1.10	48.49		100%			
						$ 48.49			
Transporte de materiales más de 5 Km	m3-km	44.08	0.28	12.34		100%			
						$ 12.34			
Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (vigas, zapata muro y zapatas)	m3	3.01	125.10	376.82		100%			
						$ 376.82			
Acero de Refuerzo para vigas, zapata muro y zapatas (Incluye corte y doblado)	Kg	1,605.00	1.90	3,049.50		50%	50%		
						$ 1,524.75	$ 1,524.75		
Sum. + Instal. Malla Electrosoldada R84 (4 mm cada 15 cm)	m2	134.58	6.80	915.13			100%		
							$ 915.13		
Encofrado Recto	m2	20.13	21.67	436.28			100%		

Figura 2.14: Distribución de las actividades para la primera quincena

Para la segunda quincena se realiza el mismo procedimiento, acomodar las actividades de acuerdo a su duración y precedencias, entonces, se consideran las actividades de relleno con mejoramiento compactado, excavación manual, cargada de material, transporte del material, replantillo para la cimentación con hormigón f'c=180 Kg/cm^2 y la colocación del acero de refuerzo para la cimentación, cuyas actividades predecesoras para cada caso, es su actividad inmediatamente predecesora, y la suma de sus duraciones es de 11.75 días, entonces las actividades encajarían perfectamente en la segunda quincena, pero además se observa en la red del proyecto que las actividades de colocación del acero de refuerzo en la pantalla del muro de contención y en las columnas de sótano-planta baja se ejecutan paralelamente a la colocación del acero de refuerzo para la cimentación, por lo cual se deben incluir en la segunda quincena. La duración de las actividades que ocurren de manera paralela es de 3.5 y 0.7 días para cada una de ellas, respectivamente, es decir se sumaría un tiempo de 4.2 días en la segunda quincena, en caso de ser ejecutadas en su totalidad. Además, se debe considerar que, si bien las instalaciones sanitarias del sótano han sido planificadas en la red de una manera continua, es decir, ininterrumpida, y debería ocurrir entre la semana 17 y 18, no obstante, las instalaciones sanitarias al momento de la construcción se la realizan por partes, ya que una parte de ellas se debe realizar de manera paralela al armado de la cimentación y la losa de piso, de manera que después queden dentro

del hormigón. Después de realizar la mampostería se tiene otra fase de la instalación de la red sanitaria, y una vez que se ha desencofrado la losa de planta baja, se debe realizar la fase final de la instalación de la red sanitaria para poderla conectar con las instalaciones de la planta baja. Es decir, las instalaciones sanitarias tienen lugar en varias ocasiones en el proyecto y de manera paralela a otras actividades. Entonces, debido a que en la segunda quincena se comienza a colocar el acero de refuerzo para la cimentación se debe incluir un porcentaje de las instalaciones sanitarias en esta quincena. Es evidente que no se pueden realizar en su totalidad todas las actividades que deben ingresar en la segunda quincena, entonces se planifica que se realice un cierto porcentaje de las últimas actividades, es decir en la segunda quincena solamente se realizará un porcentaje de la colocación del acero de refuerzo en los distintos elementos conforme se coloca las instalaciones sanitarias en lo que se va armando. Entonces se planifica que las actividades desde el relleno con mejoramiento hasta el replantillo con hormigón se realice en su totalidad (100%), después, se realizará el 50% de la colocación del acero de refuerzo para la cimentación, el 25% de la colocación del acero de refuerzo en la pantalla del muro, el 25% en las columnas, y se habrá instalado un 20% de la red sanitaria del sótano, teniendo un tiempo total de 12.7 días (3+4+0.75+1+1+0.5*3+0.25*3.5+0.25*0.7+0.2*2=12.7 días), lo cual si es posible realizar. De igual manera, bajo cada porcentaje que se realizará de cada actividad, se coloca el costo correspondiente al porcentaje mencionado. El porcentaje faltante correspondiente a las actividades que no se ejecutaron en su totalidad en la segunda quincena, se debe distribuir para la o las siguientes quincenas en función de su duración y relaciones de precedencia del resto de actividades que intervendrán en dichas quincenas. Este procedimiento se repite sucesivamente con todas las actividades que intervienen en el proyecto, y de esta manera se obtendrá el cronograma valorado de trabajos.



					$ 1,197.28			
SÓTANO								
CIMENTACIÓN								
Excavación mecánica en suelo sin clasificar	m3	200.00	2.70	540.00	100%			
					$ 540.00			
Relleno con mejoramiento compactado para sótano	m3	48.00	21.38	1,026.24		100%		
						$ 1,026.24		
Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m (vigas, zapata muro y zapatas)	m3	35.27	10.75	379.11		100%		
						$ 379.11		
Cargada de Material a maquina	m3	44.08	1.10	48.49		100%		
						$ 48.49		
Transporte de materiales más de 5 Km	m3-km	44.08	0.28	12.34		100%		
						$ 12.34		
Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (vigas, zapata muro y zapatas)	m3	3.01	125.10	376.82		100%		
						$ 376.82		
Acero de Refuerzo para vigas, zapata muro y zapatas (Incluye corte y doblado)	Kg	1,605.00	1.90	3,049.50		50%		50%
						$ 1,524.75	$ 1,524.75	
Sum. + Instal. Malla Electrosoldada Ri84 (4 mm cada 15 cm)	m2	134.58	6.80	915.13			100%	
							$ 915.13	
Encofrado Recto	m2	20.13	21.67	436.28			100%	
							$ 436.28	
Hormigón Simple 240 Kg/cm2	m3	32.89	130.92	4,305.82			100%	
							$ 4,305.82	
MURO DE CONTENCIÓN SÓTANO								
Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado) para pantalla muro	Kg	2,126.90	1.90	4,041.11		25%	75%	
						$ 1,010.28	$ 3,030.84	
Encofrado metálico recto para muros	m2	101.13	10.45	1,056.76			100%	
							$ 1,056.76	
Hormigón Simple 240 Kg/cm2	m3	20.03	135.22	2,707.78			100%	
							$ 2,707.78	
COLUMNAS SÓTANO PLANTA BAJA								
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	412.62	1.90	783.97		25%	75%	
						$ 195.99	$ 587.98	
Encofrado recto de madera para columnas	m2	19.50	17.15	334.43			50%	
							$ 167.21	$ 16
Hormigón Simple 240 Kg/cm2	m3	1.91	142.82	272.25				
								$ 27
MAMPOSTERÍA SÓTANO								
Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3	m2	115.13	25.52	2,937.99				
								$ 2,93
Mamposteria de ladrillo panelon invertido con mortero 1:3	m2	10.48	57.18	598.96				
								$ 59
Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2	m	33.00	5.97	232.83				
								$ 23
Encofrado recto de madera	m2	11.38	17.15	195.08				
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	0.98	136.63	133.21				
Enlucido con mortero cemento-arena 1:3	m2	222.23	10.59	2,353.36				
INSTALACIONES SANITARIAS SÓTANO								
Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros	u	6.00	19.33	115.98		20%		
						$ 23.20		
ESCALERAS DE HORMIGÓN ARMADO SÓTANO - PLANTA BAJA								
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	114.81	1.90	218.14				

Figura 2.15: Distribución de las actividades para la segunda quincena

Por otra parte, al sumar los costos de las actividades en cada quincena, se tendrá el monto necesario que se debe invertir para cada quincena y el porcentaje que representa del monto total de la obra. Al realizar una suma acumulada de la inversión de cada una de las quincenas se debe obtener que en la última quincena se habrá invertido el monto total presentado en el presupuesto, y para cada suma acumulada se la puede acompañar del porcentaje que representa.

REVESTIMIENTO DE PIEDRA PARA PAREDES																			
Suministro e instalacion de revestimiento de piedra	m2	131.98	36.86	4,864.78															
												30%	35%	35%					
												$ 1,459.43	$ 1,702.67	$ 1,702.67					
INVERSION QUINCENAL (SIN IVA)				288,043.63	4,209.24 $	3,306.81 $	11,977.51 $	12,752.37 $	4,533.83 $	9,171.70 $	18,725.06 $	6,764.21 $	24,975.87 $	48,489.04 $	10,199.29 $	10,199.29 $	13,468.03 $	12,169.10 $	19,572.58 $	19,398.75 $	14,304.87 $	21,583.63 $
% DE INVERSION PARCIAL					1.46%	1.15%	4.16%	4.43%	1.57%	3.18%	6.50%	2.35%	8.67%	16.83%	3.54%	3.54%	4.68%	4.22%	6.80%	6.73%	4.97%	7.49%
INVERSION ACUMULADA					26,451.68 $	29,758.49 $	41,736.00 $	54,488.37 $	59,022.21 $	68,193.91 $	86,918.97 $	93,683.18 $	118,659.04 $	167,148.08 $	177,347.37 $	187,546.67 $	201,014.70 $	213,183.80 $	232,756.38 $	252,155.14 $	266,460.01 $	288,043.63 $
% DE INVERSION ACUMULADA					9.18%	10.33%	14.49%	18.92%	20.49%	23.67%	30.18%	32.52%	41.19%	58.03%	61.57%	65.11%	69.79%	74.01%	80.81%	87.54%	92.51%	100.00%
AVANCE 80%					3,367.39 $	2,645.45 $	9,582.01 $	10,201.89 $	3,627.07 $	7,337.36 $	14,980.05 $	5,411.37 $	19,980.69 $	38,791.23 $	8,159.43 $	8,159.43 $	10,774.42 $	9,735.28 $	15,658.07 $	15,519.00 $	11,443.89 $	17,266.90 $
AVANCE ACUMULADO 80%					21,161.35 $	23,806.80 $	33,388.80 $	43,590.70 $	47,217.77 $	54,555.13 $	69,535.17 $	74,946.54 $	94,927.23 $	133,718.47 $	141,877.90 $	150,037.33 $	160,811.76 $	170,547.04 $	186,205.11 $	201,724.11 $	213,168.00 $	230,434.91 $

Figura 2.16: Inversión quincenal requerida

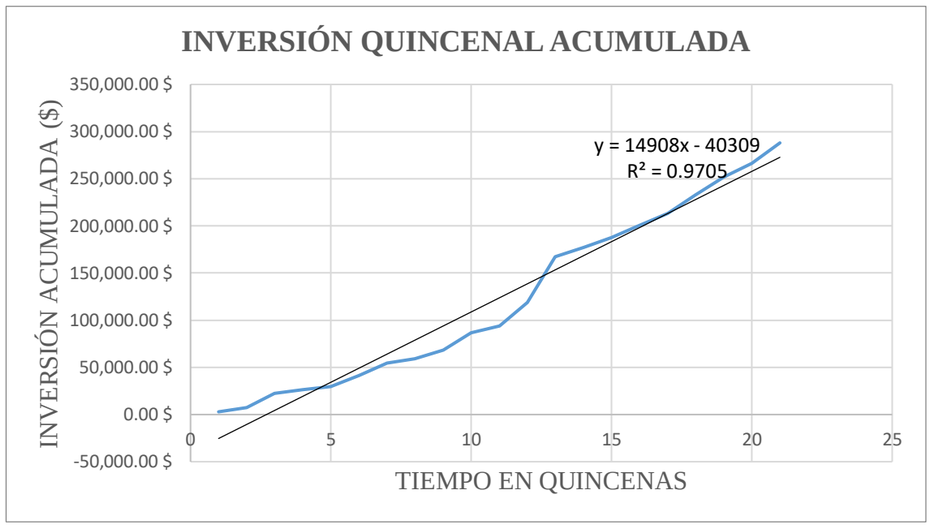


Figura 2.17: Inversión quincenal acumulada

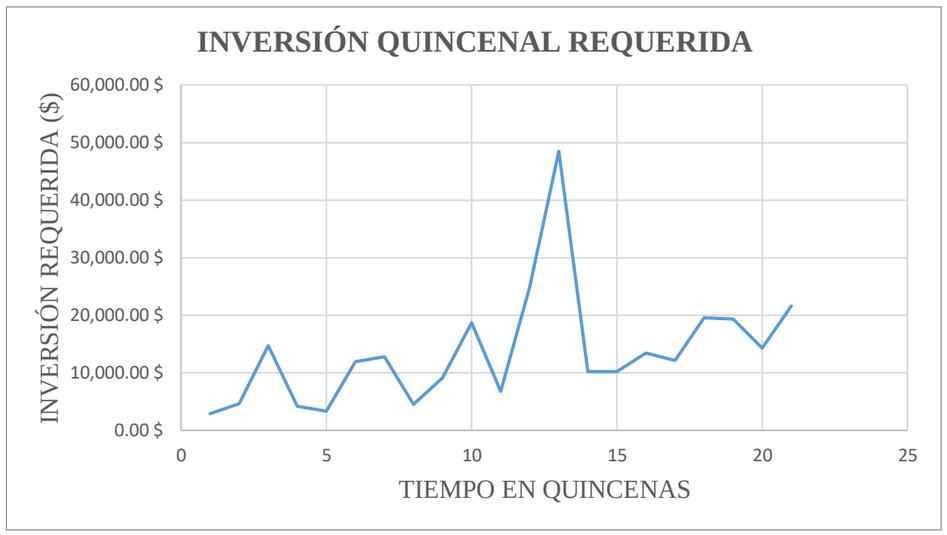


Figura 2.18: Inversión requerida en cada quincena

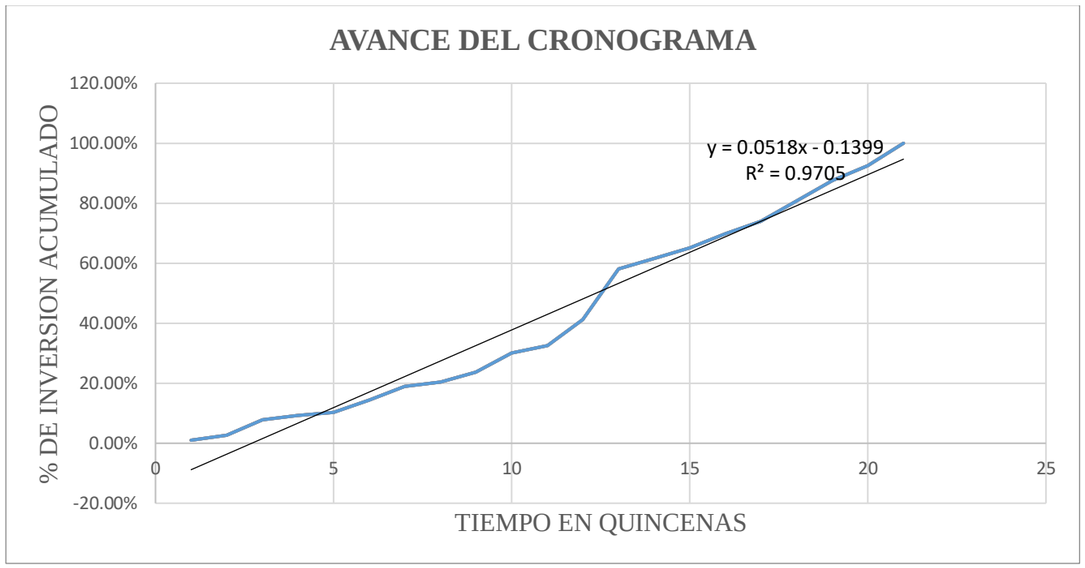


Figura 2.19: Avance acumulado del cronograma

Con la inversión requerida para cada quincena, la inservión acumulada, y los porcentajes que representan del monto total, en cada caso, se pueden graficar las curvas presentadas. El gráfico de la inversión requerida para cada quincena muestra efectivamente el monto que se deberá desenbolsar cada dos semanas, el cual como se puede observar presenta una tendencia aparentemente constante a lo largo del tiempo, y muestra que a lo largo del tiempo el monto para cada quincena asciende y desciende, con un rango de diferencia entre sus puntos altos y bajos de aproximdamente $10.000, con la particularidad de que en la quincena número 13 la inversión requerida asciende desmesuradamente, rompiendo la tedencia, a un valor de $48.489,04 debido a que en esa quincena se planifica construir los "decks" de planta baja y planta alta, así como también se planea colocar los tableros de "Playwood", impermeabilizante asfáltico y las tejas en la cubierta, lo cuales son rubros altos. Por ello se recomienda que desde el inicio el cliente administre sus finanzas para que esté listo para cuando llegue ese momento. Por otro lado, al promediar la inversión requerida para cada quincena, se obtiene que para cada quincena se deberían desembolsar $13.716,36; el cual es un enfoque más sencillo para administrar las finanzas, ya que se tendría un flujo constante de dinero a lo largo del tiempo, en vez de tener flujos variables.

El gráfico de la inversión monetaria a lo largo del tiempo permite observar el flujo de caja que tendrá el proyecto, el cual será ascendente, al principio en menor grado, pero a partir de la semana 13 comienza a ascender, y se mantiene con una tendencia así debido a que a partir de ese momento tienen lugar también los rubros fuertes de acabados como el cielo raso de madera y la instalación del piso de madera. Se adjunta en el gráfico la línea de tendencia para el flujo de caja, cuya ecuación es:

$$y = 14908\ x - 40309$$

Donde,

y: Inversión monetaria planificada para un determinado valor de tiempo, expresado en dólares americanos.

x: Tiempo, expresado en quincenas.

La confiabilidad de la ecuación presentada es de 97%, esto significa que, si el cliente o el constructor desea saber el monto de dinero que se habrá invertido en un determinado momento del proyecto, el resultado que obtenga mediante el uso de la

ecuación será 97% seguro, es decir podrá haberse desembolsado para ese momento un 3% más o 3% menos, del valor calculado. La ecuación es muy útil ya que no se tendrá que prescisar del cronograma valorado en todo momento, simplemente se deberá tener presente la ecuación y se obtendrán aproximaciones muy acertadas.

De igual manera, el último gráfico muestra el porcentaje que se planea haber construido a lo largo del tiempo, el cual tiene la misma tendencia que la curva de la inversión acumulada, ya que, como se explicó anteriormente, el porcentaje del costo de una actividad que se invertirá en una determinada quincena será igual al porcentaje que se planifica realizar de una actividad en dicha quincena. De esta manera tanto el constructor como el cliente pueden saber el porcentaje de construcción que se planea realizar en cualquier momento dentro de la vida del proyecto, lo cual puede ser muy útil para comparar lo planificado versus lo ejecutado y tomar medidas correctivas, y de igual manera para que el cliente tenga conocimiento de lo que se debería avanzar en cada momento. Para calcular el avance del proyecto también se precisa de una ecuación, que si bien tiene la misma confiabilidad que la ecuación anterior, no obstante presenta coeficientes diferentes debido a que en la ecuación anterior se correlaciona la insersión monetaria en el tiempo mientras que en la ecuación que se mostrará a continuación se correlaciona el porcentaje de avance con el tiempo.

$$y = 0.0518x\text{-}0.1399$$

Donde,

y: Avance planificado del proyecto para un determinado valor de tiempo, expresado en porcentaje.

x: Tiempo, expresado en quincenas.

De esta forma el cronograma valorado de trabajos es una herramienta sumamente útil y práctica para la programación del proyecto, ya que en ella se plasma la red de actividades, pero representando el avance de cada una de ellas a lo largo del tiempo con el valor monetario que se deberá desembolsar para cada valor de tiempo, pero además, el cronograma valorado proporciona información que será clave para el control del proyecto tanto en términos del avance que debería tener el mismo, así como el flujo de dinero que se planifica que tenga el proyecto en cada etapa. El cronograma

valorado de trabajos junto con el listado de las actividades críticas será la base para la aplicación del sistema *Last Planner* en el último capítulo del trabajo de titulación.

2.10. Análisis de sensibilidad

Como se mencionó en el capítulo 1, el análisis de "qué pasa si" o análisis de sensibilidad estudia cómo afecta la variabilidad de los parámetros de la función objetivo a la solución calculada, y de esa manera poder plantear distintos escenarios que podrían darse en el futuro. Recordemos también que los precios unitarios de cada actividad son la suma de los costos directos más los costos indirectos, lo cuales son un porcentaje de los costos directos, que a su vez, están divididos en cuatro componentes: maquinaria/herramientas, materiales, mano de obra y transporte, si el caso amerita. Pero los tres primeros componentes estarán presentes en todos los rubros, y el costo de unos de los componentes, que es el de materiales, será fijo para cada rubro, debido a que el mismo engloba la cantidad de materiales necesario por unidad de trabajo, es decir, no se puede aumentar ni disminuir esta cantidad, por lo que el costo incurrido por materiales será un valor constante distinto para cada rubro. Así mismo, el costo por materiales y herramientas es de naturaleza mixta, ya que si se trata de herramientas menores, el costo corresponde al 5% de la mano de obra, mientras que la cantidad de equipos necesarios se podría aumentar para poder dismunuir la duración de la actividad, sin embargo estará en función de su rendimiento. Finalmente, el costo de mano de obra se podría pensar que es variable, pero siempre será constante para cada rubro, debido a que para cada rubro se debe tener un número de personal mínimo (cuadrilla mínima) para poder ejecutarlo, y para calcular su costo se debe multiplicar por el rendimiento de la cuadrilla, y el salario real horario, el cual es constante para cada tipo de obrero. El rendimiento de las cuadrillas, si se mide en horas por unidad de trabajo, es inversamente proporcional al aumento de personal, por ejemplo, si se tiene que un equipo conformado por un ayudante y un carpintero se demoran una hora en instalar un metro cuadrado de cerámica de piso, si se duplica el personal el rendimiento disminuría a la mitad, lo cual significa que la productividad se duplicaría, y se instalaría en media hora el mismo metro cuadrado de piso. Es decir, cada aumento de personal estará dado por el aumento de una cuadrilla mínima, y el rendimiento será proporcional a las veces del aumento del personal, ya que, si la cuadrilla mínima para ejecutar una determinada actividad está conformada por un ayudante y un carpintero, si se desea aumentar el personal no se puede aumentar sólo un ayudante o un

carpintero, sino que el aumento estará dado en términos de cuadrillas, es decir se tendrá que aumentar un ayudante y un carpintero, y como se duplicó el personal el rendimiento será la mitad, con una productividad duplicada. Debido a que el costo por mano de obra está dado por el producto de la cantidad de la mano de obra por su rendimiento y su salario real, que es un valor fijo, el costo por mano de obra si se duplica o triplica el personal será el mismo, ya que el rendimiento habrá disminuído en la misma proporción, es decir a la mitad o a un tercio, respectivamente, dando como resultado el mismo costo. Para el componente de equipos, el costo también será el mismo si se aumenta la cantidad de equipos, de acuerdo a que ocurre lo mismo que con la mano de obra. El parámetro que en realidad varía si se aumenta la cantidad de mano de obra o equipos, es la duración de la actividad, pero bajo el mismo precio unitario de la actividad, es decir, el costo de la actividad será el mismo, pero el flujo de caja variará puesto que el costo de la actividad se efectivizará en menos tiempo, por ejemplo con un rendimiento dado se realiza una actividad que tiene un costo de $20.000 en 10 días, los $20.000 estarán repartidos en los 10 días, pero si se duplica el personal y la actividad se ejecuta en 5 días, los $20.000 se desembolsarán en 5 días, es decir, inicialmente se tenía un flujo de caja a una tasa de 2000 $/día, mientras que en el segundo caso el flujo será de 4000 $/día, pero en ambos casos se desembolsará el mismo monto, $20.000.

De esta manera no se puede realizar un análisis de cuán sensible será el costo de ejecutar la actividad en función del aumento de personal para ejecutarla, pero como se mencionó, el aumento de personal en la actividad reduce la duración de la actividad, por lo cual se altera el flujo de caja, ya que el costo de la actividad con mayor número de obreros o con el la cantidad original será el mismo, sólo que ese monto se tendrá que desembolsarlo en más o menos días de acuerdo si se tiene el primer o segundo caso. Finalmente, de esta manera se recomienda mantener la cantidad original de personal para la actividad, de tal manera que no se altere el flujo de caja y el mismo se desembolse de una manera que no contemple variaciones, a menos que el cliente desee que las actividades se ejecuten en un menor tiempo y esté dispuesto a tener un flujo de caja variable.

Para finalizar con el presente subcapítulo, con la finalidad de no dejar espacio para que se generen dudas acerca de la aplicación del análisis de sensibilidad, Pierce (2013, págs. 171-172) presenta las características que debe tener un proyecto para que se

puede aplicar esta herramienta:“Existen algunos tipos de proyectos, los cuales no se pueden dividir fácilmente en etapas o segmentos, en los que se recomienda utilizar una alternativa adicional al Método de la Ruta Crítica, llamada Análisis de Sensibilidad (…) Los proyectos en los cuales se puede aplicar el análisis de sensibilidad son aquellos en lo que los equipos ejecutan su trabajo continuamente de inicio a fin, tal como en construcciones de gran altura, instalaciones de alcantarillados y construcción masiva de viviendas, así como la construcción de túneles, canales, y autopistas. La clave para identificar estos tipos de proyectos es la falta de segmentos distintivos e individuales como columnas, distintas plantas, o muros de cortina. En estos tipos de proyectos, en los que se puede realizar el análisis de sensibilidad, serán aquellos en los que se conformen por un solo “segmento”, el cual generalmente es largo y esencialmente no cambia desde un punto a otro, y también, cada componente del proyecto es similar al resto de componentes”. De esta forma se evidencia que para el presente caso de estudio no se puede aplicar el análisis de sensibilidad ya que no es un proyecto que sea de “un segmento”, debido a que sus componentes se diferencian entre sí, es decir, cada planta es distinta con sus particularidades y tipos de elementos, y además, a excepción del equipo de obra gris y acabados, los equipos no trabajan continuamente de inicio a fin, ya que el equipo de soldadores llegará solamente para la etapa que le corresponda, que es al momento de colocar los perfiles electosoldados tipo “I”, y para la construcción de la cubierta, el “deck” y las escaleras metálicas. De igual manera el equipo de las ventanas, así como el de instalaciones eléctricas y sanitarias no estarán presentes durante todo el período de construcción.

2.11. Conclusiones

Está claro, después de estudiar el presente epígrafe, que el Método de la Ruta Crítica proporciona resultados que son sumamente útiles al administrador de la obra para que pueda tomar decisiones con claridad permitiéndole estudiar y entender el proyecto de una manera que no podría en caso de no aplicar el sistema mencionado, ya que al aplicar el método CPM el planificador y los directivos del proyecto llegan a comprender la interdependencia entre las actividades y su secuencia, para generar una red de proyecto lógica, sobre la cual al realizar el análisis de tiempos, se obtienen las actividades que no se pueden retrasar sin que se retrase la duración total calculada del proyecto, la cual será la menor duración en la que se puede completar la construcción. Además, el cálculo de las holguras le permite al programador saber la cantidad de

tiempo que se puede retrasar una actividad sin que se afecten sus actividades sucesoras, y de la misma manera el tiempo que se puede postergar una actividad sin que se afecte la totalidad del proyecto. Es decir el Método de la Ruta Crítica le permite al programador tomar decisiones con una visión y conocimiento completo del panorama, de tal forma que pueda programar la obra sabiendo en qué etapa puede recuperar tiempo en caso de atrasos, así como en que etapas se debe tener mayor cuidado.

El presupuesto de obra mediante el cálculo de los precios unitarios y las cantidades de obra, le permiten saber al constructor y al cliente no sólo el monto total de la obra, sino también los recursos necesarios para ejecutar cualquier actividad, lo cual es sumamente útil al momento de programar la construcción.

Al crear el cronograma valorado de trabajos se vuelve a revisar la relación de dependencias de las actividades que están plasmadas en la red del proyecto, y las duraciones de las mismas, y así poder programar la ejecución y el avance de los trabajos para cada quincena con su costo correspondiente obtenido del análisis de precios unitarios realizado para cada actividad. El cronograma valorado le permite saber a amabas partes la inversión necesaria para cada quincena, lo cual es muy útil tanto como para la administración financiera del proyecto como para determinar si se requiere financiamiento externo para una determinada fase del proyecto. Además, mediante los resultados que se obtienen del cronograma valorado de trabajos se puede realizar un análisis más profundo al graficar la inversión necesaria para cada quincena, la inversión acumulada a lo largo del tiempo y el avance planificado para cada momento en la vida del proyecto. Con el primer gráfico se determina la inversión promedio que se requerirá quincenalmente desde el inicio hasta el final del proyecto; con el segundo gráfico, al obtener la ecuación de la línea de tendencia al correlacionar los valores de la gráfica, se puede calcular el monto que se debería haber desembolsado para un determinado momento del proyecto, lo cual es muy útil ya que no se deberá precisar del cronograma valorado ni de la curva, sólo de la ecuación. De la misma manera, se determina la línea de tendencia para la última curva, con la cual se podrá determinar el avance planificado del proyecto para cualquier valor de tiempo. Para cualquiera de las dos curvas los resultados que se obtengan tendrán una confiabilidad del 97%, el cual es un valor alto, por lo que se tendrá una muy buena aproximación.

El método CPM si bien presenta resultados de gran utilidad para planificar el proyecto y entender la secuencia y relación de las actividades, tiene algunos factores que juegan en su contra, cuyas consecuencias principales son retrasos y disputas con el cliente. Estos factores radican principalmente en la incertidumbre presente al momento de la ejecución de los trabajos, ya que las actividades que han sido planificadas no están listas para ser ejecutadas, es decir, presentan restricciones que impiden su ejecución, sin tener actividades de reserva en caso de que el plan falle, causando que se originen tiempos ociosos. Todo esto se origina debido a que la planificación se la realiza en base a lo que se "debería" hacer para poder compeltar el proyecto, pero no en base a lo que realmente se "puede" hacer, además de que la planificación está a cargo de los directivos del proyecto, sin tomar en cuenta a los equipos de trabajo, es decir, el funcionamento del Método de la Ruta Crítica se basa en un esquema piramidal. En los dos capítulos siguientes se conocerá un método de planificación y control de obra que rompe con los esquemas y paradigmas de la jerarquía piramidal dentro de la empresa al implementar un esquema horizontal, en el cual las decisiones son tomadas en conjunto con las personas que en realidad realizan los trabajos, y la planificación se realiza en base a lo que realmente se "puede" hacer, al eliminar las restricciones de las actividades que ingresan en la planificación para cada semana, dando como resultado cronogramas predecibles en los cuales se maneja la incertidumbre y se eliminan desperdicios. Esta metodología se basa en la mejora continua a través de la retroalimentación. Para poder potencializar los resultados, y cambiar las falencias del sistema CPM por beneficios que dispararán la producción, se utlizará como materia prima en la implementación del sistema el cronograma valorado de trabajos, así como también las actividades críticas jugarán un papel muy importante. El sistema del cual se está hablando es el sistema *Last Planner*, el mismo que ha cambiado el mundo de la construcción.

3. CAPÍTULO III

El sistema *Last Planner* para la planificación y control de obra

"Las malas noticas generan buena información. Las malas noticias anticipadas generan información aún mejor".

Alan Mossman.

3.1.Introducción

En el sector de la construcción tanto como en cualquier otro sector económico que tenga una filosofía tradicional de funcionamiento y administración, se plantea que la empresa debe tener una jerarquía piramidal, en la cual, en la base de la pirámide, es decir, en la sección inferior de la empresa se encuentra el personal que menos influencia tiene en las decisiones, y a medida que se asciende en la pirámide, el número de personas se reduce, pero su importancia dentro del negocio asciende, finalmente en la cúspide de la organización se encuentra una persona o un grupo reducido de personas quienes toman las decisiones que son trascendentes y vitales para el funcionamiento de la empresa, sobre sus hombros llevan el futuro de la empresa.

Actualmente, la experiencia ha demostrado en numerosas ocasiones que para que una empresa crezca de manera significativa tanto en su economía como en el bienestar general de su personal, la misma debe adoptar un esquema de organización horizontal, en el cual todas las personas que constituyen la compañía son tomadas en cuenta para las decisiones, donde el jefe deja de ser un jefe y se convierte en un líder, que comparte su conocimiento y lecciones aprendidas con todos, y participa de manera conjunta con sus empleados en los procesos y toma de decisiones, además de plantear metas de mejoramiento, causando de manera paralela de que cada empleado use esos conocimiento y lecciones, se sienta "dueño" de la firma y de este modo comprometido y motivado con la misma. La eliminación de los paradigmas tradicionales es la base para que se dé una mejora continua en la empresa, además de que se volverán más competitivas y tendrán un factor que las diferencie del resto de compañías.

Este cambio en la filosofía de las empresas que persigue una mejora continua nace en Japón, a raíz de la experiencia vivida en la Segunda Guerra Mundial, debido a que para la restauración de su economía y sobrevivir a la devastación que la guerra causó, la nación nipona planteó que, para aprovechar completamente de los recursos, se debe

producir sin desperdicios y con un sistema de retroalimentación, que genere un sistema de mejora continua. De esta manera desarrollan una filosofía llamada "Lean Production", la cual en décadas posteriores fue adoptada a la construcción, creando nuevos principios, que rompen con todos los esquemas tradicionales, denominado "Lean Construction".

Esta teoría fue un elemento clave para el nacimiento de varios métodos "nuevos" de planificación y control de obras en el sector de la construcción. Sin embargo, uno de los métodos que mayor acogida ha tenido, además de cuando se aplica de manera correcta, causa que la productividad aumente mientras los desperdicios se reducen de manera significativa, es el que crearon los norteamericanos Glenn Ballard y Gregory Howell, llamado "Last Planner System", en español "Sistema del Último Planificador".

Para poder describir y profundizar en el sistema mencionado, es sumamente importante proporcionar una breve explicación sobre sus bases, estas son, las filosofías "Lean Production" y "Lean Construction", pero antes se explicarán ciertos términos importantes que se usarán a lo largo del presente capítulo.

3.2.Conceptos importantes

Actividad: Paquetes de trabajo a nivel de proyecto. Las actividades se subdividen en operaciones, las cuales a su vez se subdividen en tareas (Coronel Carcelén, Conceptos básicos, 2010).

Operaciones: Aquellos paquetes de trabajo que constan en la instalación o colocación de elementos de construcción definibles. Estos paquetes de trabajo están compuestos por una serie de tareas, para los cuales se sigue un proceso de fabricación o de trabajo. Se recomienda exponer los paquetes de trabajo como operaciones a nivel de preparación de los trabajos (Coronel Carcelén, Conceptos básicos, 2010).

Proceso de trabajo: Conjunto de tareas que se las realiza siguiendo una secuencia lógica (Coronel Carcelén, Conceptos básicos, 2010).

Tareas: Son los elementos más básicos de trabajo. Se recomienda exponer los paquetes de trabajo como tareas a nivel de la Planificación de Producción, ya sea diaria o semanal (Coronel Carcelén, Conceptos básicos, 2010).

Asignaciones: Los planes específicos que deben ser ejecutados en la obra el día de mañana. Estas tareas específicas las realizan los Últimos Planificadores (*Last Planners*) (Coronel Carcelén, Conceptos básicos, 2010).

Productividad: "La productividad es la eficiencia con la que los recursos son administrados para la fabricación de un producto específico, con un estándar de calidad determinado y dentro de un plazo establecido. En este proceso intervienen entonces el logro efectivo de las metas dispuestas y la utilización adecuada de los recursos." (Coronel Carcelén, Productividad y Constructibilidad, 2010).

Asignaciones de calidad: Son los paquetes de trabajo que están listos para poder ser ejecutados sin interrupciones, es decir, son las tareas que están libres de restricciones.

Restricciones: Son todos los impedimentos que se deben resolver previamente a la ejecución de una tarea. Cada tipo de asignaciones están gobernadas por distintos tipos de restricciones, siendo las más comunes restricciones o impedimentos asociados al diseño, materiales, aprobaciones, prerrequisitos, condiciones físicas, entre otros.

Condiciones de Satisfacción: Son los parámetros que están determinados por las especificaciones técnicas que se deben cumplir para cada tarea que definen cuándo se puede declarar la misma como ejecutada o cumplida, es decir, son las condiciones que debe cumplir cada tarea en cuando a calidad y parámetros de medición para establecer o clasificar la actividad como cumplida o no. Los Últimos Planificadores solamente pueden comprometerse a cumplir una cierta tarea cuando las Condiciones de Satisfacción de la misma han sido identificadas y cuando están seguros de que la misma puede ser ejecutada. "Es importante entonces determinar las Condiciones de Satisfacción de los trabajos terminados, mediante especificaciones técnicas o incluso verbalmente y verificarlas; pues el no detectar errores en los trabajos significaría arrastrar los desperfectos hacia los siguientes trabajos en curso" (Coronel Carcelén, Asignaciones de calidad, 2010).

3.3.Filosofías en las que se basa el sistema

3.3.1. *Lean Production*

"Es un conjunto de conceptos y técnicas, pensadas para aumentar la productividad, eliminando aquellas operaciones que no agregan valor a nuestro producto o servicio. Es un sistema basado en la eliminación del despilfarro, que genera valor a través de procesos optimizados; que está focalizado en la satisfacción total del cliente dentro de un entorno de trabajo en equipo, con mano de obra disciplinada y organizada; en un entorno de evolución y mejora continua en el que la calidad no se controla, sino que se fabrica o se construye, todos los días, en todos lugares de la empresa y por todas las personas. Es un sistema que tiene en cuenta el respeto a las personas" (Pons Achell, Lean Construction Management, 2013)

Este sistema nace en Japón a raíz de la destrucción causada por la Segunda Guerra Mundial, y fue creado por la empresa automovilística "Toyota Motors Company", empresa que fue creada por Sakichi Toyoda, pero quien realmente revolucionó la compañía fue Taiichi Ohno, quien sostenía que la sobreproducción (producción que no va ser consumida o vendida inmediatamente o en un tiempo cercano, o producir más de lo requerido) solamente lleva a tener un inventario saturado, además de varias piezas defectuosas e inversiones de capital sumamente altas. El sistema tradicional se basa en un sistema "Push", en el cual la producción se "empuja" hacia el mercado, con la creencia de que la oferta sería igualada por la demanda, ocurriendo lo opuesto ya que el cliente siente que sus intereses no son tomados en cuenta, lo que lleva solamente a tener un exceso de producción en el almacén, lo cual es otro de los puntos que argumenta Ohno. Entonces nacen dos conceptos que son claves en Toyota, que llevan a la mejora continua: "Jikoda" y "Justo-A-Tiempo". El primero establece que se debe cuidar de la calidad en todo proceso, es decir, que cuando se detecta una parte defectuosa o con mal funcionamiento se para automáticamente la línea de producción para que los operadores arreglen el problema, previniendo de esta manera que se generen y ensamblen productos defectuosos. El segundo principio se sustenta en producir "solo lo necesario, cuando es necesario y bajo las cantidades necesarias". Mediante esta filosofía se puede eliminar completamente los desperdicios, aumentar la productividad, eficiencia y calidad. (Coronel Carcelén, Sistema de Producción Toyota, 2010; Sanchis Mestre, 2013).

La filosofía “Lean Production” establece que existen dos tipos de actividades: Las que generan valor al producto y las que no generan valor al producto. Es importante mencionar que los dos tipos de actividades requieren de recursos, tiempo y espacio, diferenciándose en que las actividades que agregan valor al producto, son aquellas que transforman el material o información hacia lo que necesita el cliente. Entonces es de suma importancia determinar las actividades que no agregan valor al producto con el fin de eliminarla las que no sean esenciales y reducir al máximo aquellas que sí son esenciales. Cuando se habla de actividades que no agregan valor al producto pero que son esenciales y no hay como eliminarlas por completo, se refiere a los flujos, los cuales están relacionados, dentro de la cadena de producción, a las actividades de inspección, transporte y espera. Entonces tanto las actividades de transporte y de espera, si bien no agregan valor al producto, son necesarias debido a que siempre se presentará algún tipo de espera para poder comenzar con la actividad, ya sea esta una espera a que lleguen los materiales, o de algún tipo de información o mediciones. Entonces se debe pretender reducir estos tiempos de espera (tiempos ociosos) al mínimo, lo mismo ocurre con el transporte, se debe reducir los tiempos procurando que los proveedores de materiales tengan que recorrer la menor distancia posible hasta el sitio de la obra (Montecino Díaz, Lean Production, 2007).

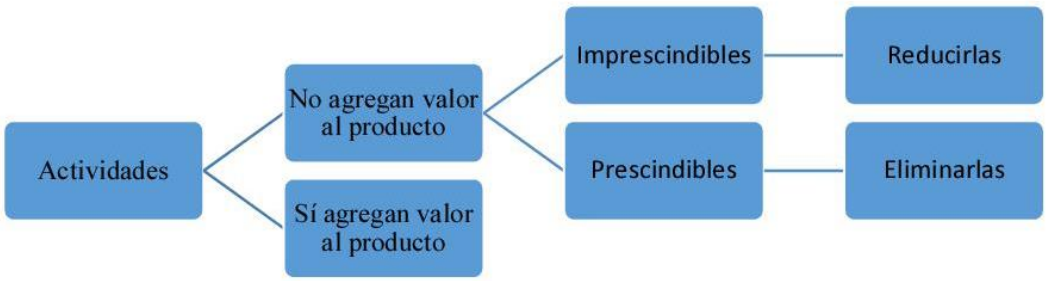


Figura 3.1: Tipos de actividades

No hay que olvidar que el principio básico de “Lean Production” es “Kaizen” o la mejora continua. Entonces nacen cinco principios básicos de “Lean Production”, los cuales han sido desarrollados por Womack y Jones en su libro “Lean Thinking”, y son la base para poder lograr la mejora continua.

1. Especificar el valor: Cumplir con las necesidades del consumidor final, en un tiempo específico y a un costo determinado en función del punto de vista del consumidor.
2. Identificar la cadena de valor: Identificar las actividades en la línea de producción que no agregan valor al producto y eliminarlas, y, si es que son esenciales reducirlas al máximo. Realizar lo mencionado para cada proceso.
3. Flujo: Crear un proceso de producción continuo, procurando enmarcar en una secuencia integrada y simple los procedimientos para agregar valor al producto, de tal manera que el producto final fluya hacia el consumidor o cliente final.
4. Halar hacia el cliente: Producir solamente lo que realmente quiere el cliente, en vez de presionarle al cliente con el producto que se le quiere vender, para no realizar producciones innecesarias y eliminar la sobreproducción.
5. Alcanzar la perfección.

(Womack & Jones, 2003)

3.3.2. *Lean Construction*

Los principios de "Lean Production" fueron creados para la industria de la manufactura, por lo cual podría parecer algo disparatado pensar que los mismos se puedan aplicar a un sector que a simple vista es completamente diferente, como el de la construcción. Además, se debe tener en cuenta de que en la construcción cada proyecto es diferente y en un sitio distinto, a diferencia de otros sectores. Adicionalmente, la incertidumbre en la construcción juega un papel fundamental en contra, y depende de una serie de factores, debido a que se trabaja generalmente con subcontratistas, esto significa que se trabaja con distintos grupos, los cuales pueden tener su forma de trabajo establecida, y pueden presentar una fuerte resistencia a cambiar sus paradigmas con el fin de lograr una mejora general.

Sin embargo, Lauri Koskela, en 1992, en su publicación "Application of the New Production Philosophy to Construction" hace referencia a que se debe aprovechar en la construcción las herramientas proporcionadas por la filosofía nipona (Lean Production), ya que, si bien la construcción difiere a gran escala de la industria manufacturera, no obstante, también presenta problemas en cuanto a gestión y desperdicios se refiere. Los principios de la industria de la manufactura como el sector

de la construcción nacen de los principios de la producción en masa, es decir, tratan de solventar las pérdidas manteniendo una presión intensa en cada actividad, para poder reducir el costo y duración de cada etapa.

Los principios "Lean" intentan aislar al equipo que realiza la actividad de la dependencia de la actividad con otras, otorgándoles una reserva o amortiguamiento que les permita atrasarse o adelantarse según amerite el caso. Sin embargo, la incertidumbre y la variación son factores que no desaparecen por más que se tenga una capacidad y recursos adecuados para cumplir con la actividad. La incertidumbre sólo puede manejarse cuando se tiene procesos predecibles y simples.

La construcción sigue realizándose de una manera tradicional en muchos de sus procesos, esto es de una manera "artesanal", a pesar de que ha habido adelantos y mejoras gigantescas en la tecnología, hay procesos que deben realizarse de la manera tradicional, entonces para que se realice de una manera eficiente se deben mejorar los procesos de planificación, lo cual corresponde a la administración, y es ahí donde entra la medición del desempeño y aprender de las lecciones con el fin de no cometer el mismo error dos veces.

En este punto, la filosofía "Lean" es la piedra angular para producir una mejora continua en el negocio de la construcción eliminando los desperdicios. El medio para llegar al fin deseado, adopta los principios de "Lean Production" para crear una nueva filosofía llamada "Lean Construction". Para poder lograr que esta filosofía se pueda aplicar y sea adoptada satisfactoriamente, las partes involucradas en el proyecto deben ser capacitadas para que puedan conocer estos principios, y así llegarán a tener un convencimiento real de que el trabajo que se realiza generará una mejora continua, además de que se sentirán comprometidos a trabajar por un bien común y dispuestos a aprender de sus errores y aplicar estas lecciones en el día a día.

Es así como "Lean Construction" mejora el flujo de trabajo, reduciendo la variabilidad y la dependencia entre las actividades. Al utilizar un sistema de control desde el diseño hasta la entrega del producto, sumado a la claridad en los objetivos, se garantizará la satisfacción del cliente (Montecino Díaz, Lean Construction, 2007).

3.4.Descripción general del sistema

"El sistema Last Planner maneja las relaciones, conversaciones y compromisos que juntos hacen posible las decisiones para elaborar colaborativamente una programación y un plan de trabajo al nivel más bajo posible en un rango completo de configuraciones para producciones únicas (…). Al promover las conversaciones entre los capataces y los administradores a un nivel apropiado de detalle antes de que los "asuntos" se vuelvan críticos, el LPS está creando mejoras significativas en la predictibilidad de la programación, productividad, utilidad, seguridad y el sentimiento del bienestar entre los participantes del proyecto" (Mossman, Last Planner: Collaborative conversations for reliable design and construction delivery, 2009, pág. 1).

El "Last Planner System" o Sistema del Último Planificador, al traducirse al español, es un método de planificación y control de obra que se basa en los principios de "Lean Construction", llegando a ser la piedra angular de la metodología "Lean Construction". Fue desarrollado por Hernan Glenn Ballard y Gregory A. Howell, y se fundamenta en una planificación colaborativa que elimina los desperdicios y maneja la variabilidad e incertidumbre, al involucrar a los representantes de cada equipo o compañía que participa en el proceso de construcción, el contratista principal y el cliente; logrando un completo conocimiento del plan de trabajo, ya que el mismo se elabora con todos los personajes anteriormente mencionados y un proceso de control proactivo y retroalimentación, que induce a una mejora continua, incremento en la productividad, eficiencia, calidad, seguridad y sentimiento del bienestar en los trabajadores. La experiencia demuestra que todos los planes son pronósticos, y al ser así, todos los planes están mal y presentan errores, pero al analizar la causa real de los problemas e identificar las acciones correctivas para los mismos, el Sistema del Último Planificador tiene como objetivo no cometer el mismo error dos veces.

Como se sabe la estructura de los sistemas de planificación tradicionales se basa en determinar lo que se "debería" hacer en función de los objetivos e información del proyecto. Entonces todas las actividades y procesos se ejecutan a partir de un sistema que "empuja" las actividades siguientes con el fin de cumplir lo que se "debería" hacer, sin tomar en cuenta la variabilidad que va a haber en el proyecto en el caso de que se presenten cambios, tales como que una actividad crítica no se cumpla ya sea por motivos de escasez de recursos, deficiencias en la coordinación de la misma, o

cualesquiera que fueren los motivos. Adicionalmente, el personal de supervisión ejerce presión para que se cumplan las fechas de inicio de las actividades y poder llegar como se planificó a los hitos, y eso, sumado a la variabilidad que se mencionó anteriormente, además de que no se puede planificar en gran detalle debido a que la misma variabilidad de lo que pueda suceder en el proyecto produce que aparezcan nuevas actividades que no estaban contempladas. Todo lo que se ha enunciado causa que la construcción no se ejecute en la manera que estaba planificada, creando un ambiente en el que se trata de evitar la responsabilidad, lo cual a su vez genera disputas entre los involucrados además de disconformidad del cliente, el mismo que se siente que no es tomado en cuenta, ya que en el sistema tradicional las únicas personas que participan en el proceso de planificación y toma de decisiones son los altos mandos de la administración, en particular el contratista general. De manera gráfica se puede representar lo anterior mediante un análisis de conjuntos, el que lo que debería hacerse se considera como un todo, sin embargo, lo que "puede" hacerse y lo que se decide que se "hará" no puede ser igual al total de lo que se "debería" por la presencia de las restricciones que presenta cada actividad, lo cual generará atrasos y cambios en el proyecto. Entonces lo que se "puede" hacer y lo que se "hará" será subconjuntos de lo que se "debería" hacer, y al ejecutarse las actividades que estaban planificadas sin saber en realidad cuáles verdaderamente se las puede ejecutar, lo que realmente se realizará será lo que comprenda la intersección de los dos subconjuntos del "puede" y se "hará". (En la práctica se utiliza las dos metodologías (*push* y *pull*) con el propósito de empujar las actividades desde el método CPM para seleccionar las actividades en un rango de 4-6 semanas realizando un análisis de restricciones y la eliminación de éstas, de tal forma únicamente las actividades que estén libres de restricciones y para las cuales se han comprometido los Últimos Planificadores, sean aquellas que ingresen a la planificación semanal (*pull*)).

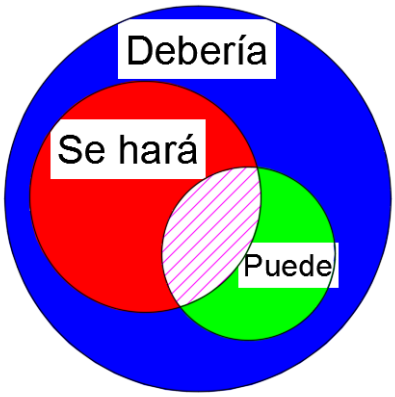


Figura 3.2: Estructura de la planificación tradicional. Estructura de la planificación con "Last Planner System"

Fuente: (Rodríguez Fernández, Alarcón Cárdenas, & Pellicer Armiñana, La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador, 2011)

Last Planner System se trata de un sistema "pull" ("hacia atrás" o de "halado") en lugar de un sistema "push", como lo es el sistema tradicional, porque la actividad que se encuentra aguas abajo en la cadena de valor es la que marca el ritmo y tira de la demanda, en suceder lo que ocurre en el sistema tradicional, en el cual las actividades que están aguas arriba empujan la producción hacia las actividades aguas abajo generando tiempos muertos, inventario excesivo, cuellos de botella, entre otros desperdicios (Pons Achell, Last Planner System, 2014).

El Sistema del Último Planificador cambia la manera en que se determina lo que se "debería" realizar, por medio de un sistema de filtros, en base al análisis de las restricciones que se presentan para realizar cada actividad, y una planificación colaborativa que junto con un procedimiento metódico que consiste en la "liberación" o eliminación de las restricciones de las actividades se determina lo que en realidad se "puede" hacer, para finalmente elaborar un plan de producción que contemple lo que verdaderamente se "hará".

Esto se puede analizar de manera gráfica al representarse como un total lo que se debería hacer en el llamado "Plan maestro" en el sistema "Last Planner", en el cual se definen los hitos y las fechas para llegar a ellos. Después se discretiza el cronograma en fases intermedias que contemplan cronogramas que son más manejables, y se analiza que es lo que impide el cumplimiento de las actividades o qué requiere el

equipo que ejecutará la actividad, pudiendo así, saber lo que realmente se puede hacer en ese período, y finalmente en base a las actividades que han sido completamente liberadas de sus restricciones, se decide que es lo que se hará durante la semana, evitando que las actividades se retrasen por alguna restricción.

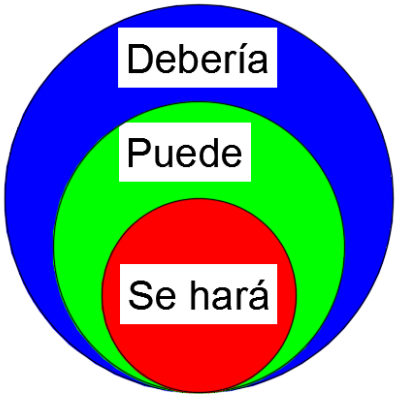


Figura 3.3: Estructura de la planificación con "Last Planner System"

Fuente: (Rodríguez Fernández, Alarcón Cárdenas, & Pellicer Armiñana, La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador, 2011)

Al analizar este sistema surge la pregunta ¿De dónde proviene la etimología de su nombre? o, en otras palabras: ¿Quién o quiénes son los Últimos Planificadores? Andrew Baldwin y David Bardolli (2014) lo definen en su libro "A Handbook for Construction Planning and Scheduling" a los últimos planificadores como "las personas que se están directamente a cargo de los distintos equipos de trabajo que participan en la ejecución de las actividades; es decir, aquellos que son responsables de organizar los grupos de trabajo y supervisar la producción en el día a día. Los Últimos Planificadores trabajan colaborativamente con sus colegas o contrapartes de distintas compañías para preparar los cronogramas de trabajo para el siguiente período de trabajo. Ellos usan oficinas o lugares de planificación para analizar en qué parte se puede obtener ahorros en cuanto a tiempos. Ellos acuerdan e inician tareas de trabajo y monitorean subsecuentemente el rendimiento o desempeño de manera diaria. Cuando la producción que se anticipó no se ha logrado, ellos buscan la razón de por qué eso sucedió y consideran los cambios que se deben hacer al cronograma. Esto lleva a obtener mejoras continuas en la producción."

3.5.Principios del sistema

Andrew Baldwin y David Bardolli (2014) aseguran que Last Planner System se basa en cinco principios básicos:

1. Planificar detalladamente a medida que se acerca la fecha de realización del trabajo.
2. Planificar colaborativamente con los representantes de los equipos que realizarán el trabajo.
3. Utilizar un sistema de liberación de restricciones para las actividades planificadas con aquellas personas que puedan eliminar esas restricciones.
4. Hacer promesas confiables.
5. Aprender de los errores pasados al determinar las raíces de las causas o verdaderas razones que generaron el incumplimiento de las actividades planificadas, y tomar medidas correctivas para evitar que se vuelvan a repetir estos problemas.

Además, los autores mencionados declaran que para mejorar el porcentaje del plan o actividades completadas (PPC), se debe permitir que en la planificación semanal ingresen únicamente las actividades que:

1. Estén bien definidas.
2. “Limpias”, es decir, que se hayan liberado todas las restricciones que sean posibles eliminar antes del comienzo del período de trabajo.
3. Secuenciadas.
4. Exista un balance entre el tamaño de la actividad y la capacidad laboral del o los equipos que estarán encargados de ejecutarla.

3.5.1. Cinco conversaciones cruciales para el flujo de trabajo

La transformación de materiales es la base para poder crear valor en la construcción. Para poder lograr un flujo óptimo de las actividades en todo su ciclo (comienzo a fin) y poder reducir los desperdicios se deben alistar o preparar cada actividad para su ejecución tomando en cuenta siete flujos esenciales, de modo que, si uno de estos flujos es interrumpido o se ha fallado en uno de ellos, no se puede agregar valor al producto. Los siete flujos indispensables son los siguientes (Mossman, Last Planner: Collaborative conversations for reliable design and construction delivery, 2009, págs. 2-4):

1. Personal
2. Información
3. Equipo
4. Materiales
5. Trabajo previo
6. Condiciones externas
7. Espacio seguro

Las relaciones interpersonales, presiones entre compañeros que se dan entre los Últimos Planificadores son clave para poder administrar el flujo de los procesos y que se cumplan los compromisos realizados en cada etapa de planificación. Para ello, el LPS crea conversaciones entre los Últimos Planificadores al nivel y tiempo correcto para poder fomentar la confianza entre los involucrados en el proyecto, es decir entre los Últimos Planificadores y los administradores. El fundamento para que se dé el cumplimiento de lo que se ha planificado es que los representantes de cada equipo de trabajo y los administradores del proyecto, y si requiere el caso, el cliente, planifiquen de manera colaborativa la producción semanal y aseguren el cumplimiento de las tareas por medio de la preparación de las mismas y el compromiso a cumplirlas. Este proceso cada vez será de mayor calidad ya que beneficiado por la mejora continua que es parte de este método de planificación, y debido a que la planificación se la realiza de una manera colaborativa, se garantiza el total entendimiento por parte de todos los involucrados (Mossman, Last Planner: Collaborative conversations for reliable design and construction delivery, 2009, págs. 2-4).

Siendo así, existen cinco conversaciones que son clave para poder asegurar el flujo de trabajo y aplicar de manera correcta el LPS. Cada una de estas conversaciones conlleva a un beneficio, y de manera conjunta cada conversación refuerza a la anterior y se produce un beneficio mayor. Las cinco conversaciones anteriormente mencionadas son las siguiente (Mossman, Last Planner: Collaborative conversations for reliable design and construction delivery, 2009, págs. 2-4):

1. Programación colaborativa: Conversación en la que se crea y acuerda la secuencia de producción (y se la comprime en caso de ser necesario)
2. Preparación de actividades (“MakeReady”): Conversación para alistar y preparar las tareas, teniendo en cuenta los siete flujos esenciales, en el período

de planificación intermedia (Lookahead), de tal manera que puedan ser realizadas cuando se requiera.

3. Planificación colaborativa “hacia atrás” de la producción: conversación en la que los representantes de cada equipo acuerdan las actividades que se realizarán la próxima semana, y se comprometen a cumplirlas. Se realiza en una modalidad de una reunión semanal.
4. Seguimiento de la producción: Mediante el monitoreo de la producción en el día a día.
5. Medición, aprendizaje y mejora continua: Conversación que tiene como fin el aprendizaje para obtener mejora en el proyecto, en la planificación y en el éxito.

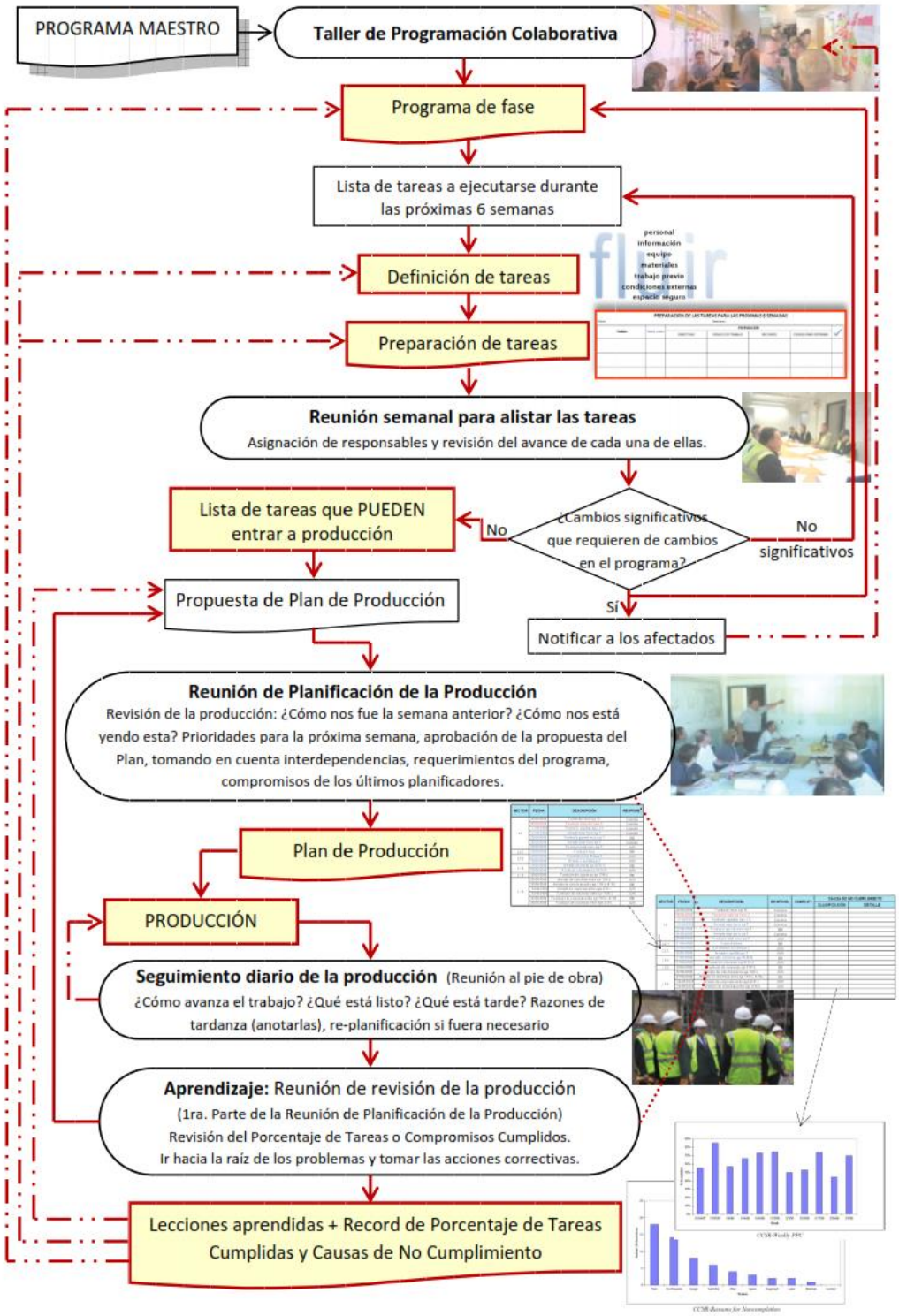


Figura 3.4. El proceso colaborativo para la Planificación de la Producción.

Fuente: "Collaborative conversations for reliable design and Construction delivery", de Alan Mossman, pág 4. Disponible en Internet en: http://www.thechangebusiness.co.uk.

3.6.Componentes o etapas del método

El *Last Planner System* presenta algunos componentes, algunos autores como Juan Felipe Pons esquematizan al sistema a partir de tres componentes: El Plan Maestro o Planificación Inicial, la Planificación Intermedia y la Planificación Semanal o Plan de Producción. Por el otro lado, otros autores como Glenn Ballard, Alan Mossman, Andrew Baldwin y David Bordolli, descomponen al sistema en más fases, las cuales, si bien se pueden englobar o se encuentran dentro de las tres etapas mencionadas, vale la pena analizarlas de forma particular. A continuación, se presenta de manera esquematizada las diferentes estructuras del sistema que se mencionó, y acto seguido se explicará de manera puntual los componentes clave, de tal forma que se entienda la relación entre ellos y cómo se los puede resumir en las tres etapas principales (Plan Maestro, la Planificación Intermedia y la Planificación Semanal), aunque como se mencionó, los subcomponentes merecen suficiente importancia como para poder dividir la estructura del sistema en sus sub-fases.

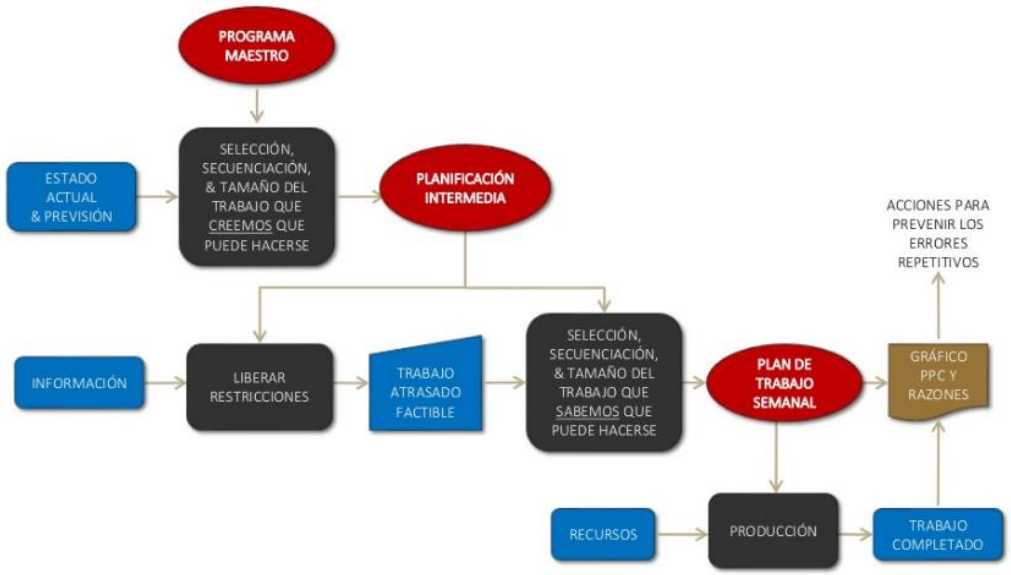


Figura 3.5. Esquema genera de la metodología del Last Planner System propuesta por Glenn Ballard en su tesis de doctorado.

Fuente de "Last Planner System" de Juan Felipe Pons, disponible en internet en www.es.slideshare.net/juanfelipeponsachell1/last-planner-system.

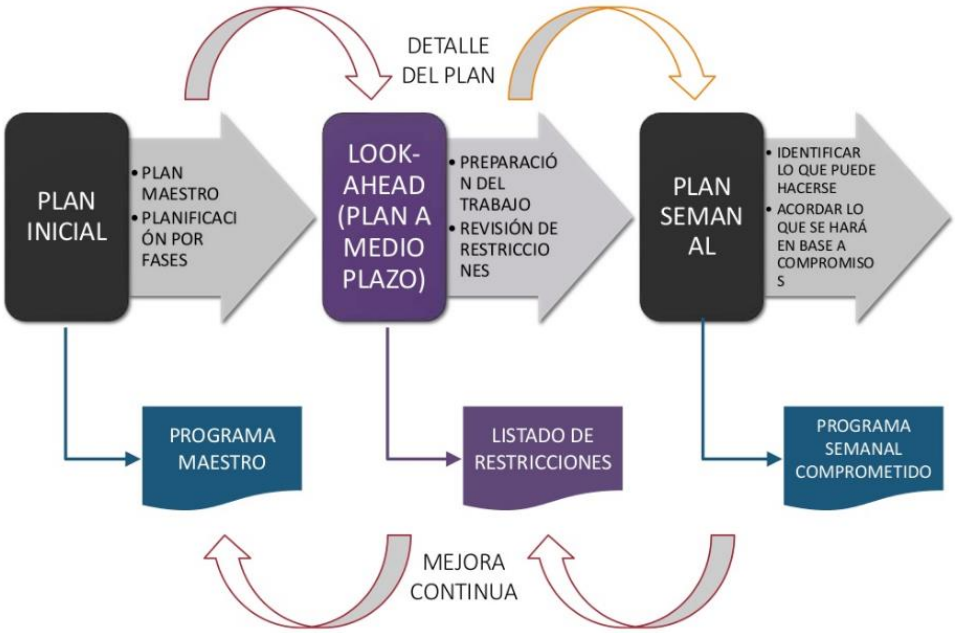


Figura 3.6. Componentes del Last Planner System.

Fuente: "Last Planner System" de Juan Felipe Pons, disponible en internet en www.es.slideshare.net/juanfelipeponsachell1/last-planner-system.



Figura 3.7. Principales componentes del sistema Last Planner.

Fuente: "Last Planner: 5+1 crucial & collaborative conversations for predictable design & Construction delivery" de Alan Mossman, Pág 34.

3.6.1. Planificación inicial o Plan Maestro

En los proyectos de construcción se elabora una planificación inicial en base a los objetivos del proyecto y la información disponible. Este plan inicial es llamado también Plan Maestro, y el mismo es un programa que sea factible para el cliente, el mismo contemplará los hitos principales del proyecto con sus fechas respectivas, para poder realizar un control adecuado del mismo. Se recomienda subdividir al proyecto en paquetes de actividades (fases) y realizar este plan inicial debe ser elaborado de tal manera que represente la verdadera capacidad de la empresa en obra. El Plan Maestro es la base para poder dividir el programa total en programas más detallados, el mismo también sirve como una herramienta clave para la coordinación y es una buena referencia para observar cómo será el flujo de dinero a lo largo del proyecto. Generalmente el plan maestro es desarrollado por la alta gerencia del proyecto, o por profesionales especializados, es decir los "primeros planificadores", los cuales a su vez deben modelar el flujo del cronograma para las condiciones más favorables y desfavorables que se podrían presentar a lo largo del proyecto, ya que las condiciones más desfavorables servirán para no fallar en las fechas de entrega, mientras que con las condiciones más favorables sirven para determinar el flujo de caja (Coronel Carcelén, El Programa Maestro, 2010; Montecino Díaz, Programa Maestro, 2007).

Esto se puede representar mediante el siguiente esquema:

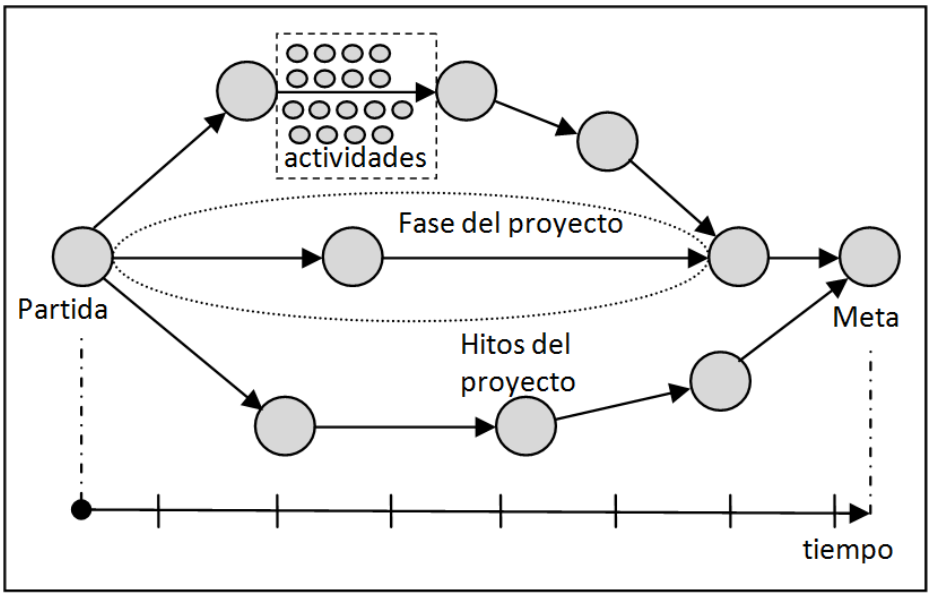


Figura 3.8. Estructura para la elaboración del plan maestro.

Fuente: "Planificación y control del proceso productivo en la construcción de proyectos civiles: Un manual/guía para la implementación del Last Planner System," de José Coronel Carcelén, pág 52.

El *Lean Construction Institute* (White Paper #5) recomienda elaborar un Plan Maestro en una línea de tiempo que cumpla con los siguientes puntos:

- Demostrar la factibilidad del cumplimiento de los trabajos en el tiempo disponible.
- Desarrollar y demostrar estrategias de ejecución.
- Determinar las actividades que requieran anticipaciones tempranas.
- Identificar las fechas límite de entrega para el cliente.

3.6.2. Programas de fase ("Pull Planning")

Los programas de fase, en inglés *Pull Planning*, es la planificación que se elabora a partir del plan inicial que se ha realizado anteriormente, y para realizarla los principales actores son los representantes de los equipos que ejecutarán las actividades, es decir los Útimos Planificadores, aunque también pueden intervenir los primeros planificadores (diseñadores, profesionales especializados que intervinieron en la etapa del diseño del proyecto). En otras palabras, para poder entrar en esta etapa, además de que ya se deben haber contratado a los subcontratistas encargados de la ejecución de los distintos tipos del proyecto, se debe conocer el sitio donde se realizará la construcción, las condiciones que rodean a la obra tales como condiciones climáticas promedio, distancias con los principales proveedores y la capacidad laboral de las compañías que participan (esto incluye maquinaria, mano de obra y equipos reales).

Esta etapa del LPS se trata de explotar el cronograma maestro en un programa más detallado mediante la planificación colaborativa, la cual puede iniciar antes de que comience la construcción del proyecto, o también cuando la ejecución de la misma está en curso, pero antes de que una nueva fase de construcción o producción comience, por lo cual se resalta la importancia de que se deben estar contratados los equipos de trabajo, y estar definidas las Condiciones de Satisfacción. Las fases de la construcción se pueden desglosar en secciones más sencillas para que se facilite la planificación en detalle, y de igual manera las fases pueden ser colapsadas cuando las duraciones de los proyectos son cortas y los representantes de las compañías involucradas pueden ensamblarse o montarse (uno sabe que se está pasando o moviendo de una fase a otra cuando los participantes o ejecutores cambian).

Según Ballard (2000), el objetivo del *Pull Planning* es, "producir un plan para completar una fase de trabajo que maximice la generación de valor y que todos los involucrados comprendan y apoyen a producir un plan desde el cual las actividades programadas sean expuestas en el proceso de preparación para ser explotadas a nivel de operaciones y sean alistadas para volverse asignaciones en los planes de trabajo semanales".

Para poder realizar de manera satisfactoria la etapa de programación de fase se realiza un proceso de planificación "hacia atrás", en el cual a partir del hito final del proyecto se determina cuál es la actividad que le precede anteriormente. Una vez determinada la actividad predecesora se determina nuevamente la o las actividades que le preceden inmediatamente a ésta, de tal modo que se determine una red o secuencia lógica de actividades para la ejecución del proyecto. Esto garantiza que se ejecute el trabajo que libera a otro trabajo, lo cual es uno de los puntos que persigue la filosofía Lean. Es importante destacar que, al determinar cada actividad o grupo de actividades predecesoras, el representante del equipo encargado de realizar la actividad establece el tiempo promedio para su ejecución, las restricciones que presenta, así como las actividades que se deben realizar antes de que se pueda ejecutar la misma. De esta manera al determinar la secuencia lógica de actividades con la metodología de "halado", se llega a conocer el tiempo de inicio más tardío del proyecto o de la fase para la cual se está analizando y la holgura correspondiente.

Al trabajar con el sistema "pull" todas las tareas que ha realizado una cuadrilla en una fase se entregan a una nueva inmediatamente que terminen con su trabajo.

La programación de fase permite que se dé una conversación entre todos los actores de manera temprana, y que sea posible discutir acerca de las relaciones de dependencia de las actividades, con fin de acordar entre todas las partes un programa que cumpla con las metas del plan maestro. Adicionalmente es este espacio de planificación se pueden plantear soluciones que se consideren óptimas para la ejecución de las actividades, y se discuten también los criterios que son importantes para la constructibilidad o incongruencias encontradas en los diseños. Es de suma importancia que los representantes de los equipos se comprometan con la planificación que se realiza, para ello se elabora un proceso de negociación, en el cual se acuerda el menor tiempo promedio en el que pueden ejecutar la actividad, es decir

para evitar de que los participantes quieran incluir márgenes o tiempos de seguridad en sus tareas en caso de que ocurra cualquier imprevisto (Mossman, Last Planner™ for reliable project delivery (Presentación PPT), 2009).

Al concluir con la reunión para realizar la planificación de fase, los participantes deben tener un completo entendimiento del cronograma realizado y un compromiso real con el mismo, pues el plan no podrá ser cambiado a menos que se cumplan las siguientes condiciones que especifica Glenn Ballard (2000) en su publicación "Phase Scheduling":

1. Que se cambie el contrato principal.
2. Que uno de los Últimos Planificadores tenga una mejor idea y sea aceptada por todas las partes involucradas. Esto puede ocasionar cambios en el flujo de caja.
3. Que no se tenga la confianza de que se va a poder preparar la tarea (eliminar sus restricciones), y entonces no se la pueda iniciar en el momento adecuado. Entonces esta o estas tareas deben posponerse.

Si bien el LPS permite a los planificadores generar una holgura la cual estará disponible para el caso de que intervengan durante la construcción factores que no se habían analizado en la planificación o cualquier situación imprevista, no obstante, no se puede abusar de ellos y crear una holgura que es demasiado grande para el proyecto pensando que la misma generará una protección contra cualquier situación. Por el contrario, se debe considerar la situación más favorable, es decir que no van a haber problemas, y a esa modelo agregarle una pequeña brecha.

Es primordial verificar que las duraciones de las actividades no estén "acolchonadas" o amortiguadas por un margen de tiempo de seguridad contra la variabilidad en el trabajo, debido a que como se explicó, lo que se pretende es crear un cronograma con las condiciones ideales y después agregar la brecha. La brecha que se agrega se la puede distribuir por medio de tres casos distintos: 1) Asignar la brecha a las actividades cuya duración es más incierta y potencialmente variable, 2) Retrasar el inicio del proyecto con la finalidad de dedicar más tiempo en el trabajo preliminar o para permitir que aflore la información más reciente del proyecto, o 3) acelerar el cumplimiento de la fase. Si la brecha no ha podido actuar de manera positiva para absorber la variabilidad, la fecha de finalización de la fase variará, entonces se debe

tomar especial atención en recuperar ese tiempo en las siguientes fases (Ballard G. , 2000).

La planificación de fases, como ya se explicó brevemente, se la hace en una reunión llamada reunión "pull" o **"Pull Session",** en la cual se reúnen los representantes de las partes interesantes, y también el cliente si el caso lo amerita, en una oficina destinada a la programación, la cual generalmente se trata de una "Obeya Room" o una habitación grande para examinar el cronograma factible que se realizó con anterioridad (plan inicial) y después proceder a trabajar de manera colaborativa y a "romper" o desglosar el cronograma maestro y obtener los cronogramas de fase que se explicaron anteriormente. En la reunión se acuerda la manera de trabajo que sea factible para todos los involucrados, y en algunos casos se tiene "comprimir" el plan original para cumplir con los plazos que pide el cliente. Por ejemplo, si se tiene un proyecto que consta de la construcción de diez torres, el hito final será, por supuesto, la construcción de las diez torres, pero al realizar la planificación de fase se procede a "romper" el programa inicial y se lo desglosa en un cronograma detallado por cada fase, obteniendo de tal forma cronogramas de menor extensión pero con mayor detalle, los cuales se vuelven manejables tanto como para planificar, preparar o alistar las actividades y llevar un control de cada fase.

De esta forma la "**fase"** se refiere al tiempo que comprende el cronograma *Pull* que es realizado a partir del Plan Maestro. Es decir, si el Sistema del Último Planificador se implementa para todo el proyecto, el cronograma de fase o cronograma *Pull* será aquel que provenga de realizar el proceso de "halado" a partir de Programa Maestro para toda la obra, pero si el LPS se aplica solamente para una determinada etapa durante la construcción del proyecto, la fase o el cronograma de fase será aquel que contemple el tiempo de implementación del sistema y ha sido obtenido mediante el proceso de "halado" a partir del Plan Maestro.

El procedimiento sugerido por Ballard (2000) para realizar la planificación de fase en la reunión "Pull" es el siguiente:

1. Definir las actividades que entran en la fase por medio de la explotación de la fase a partir del plan maestro.

2. Determinar la fecha de entrega de la fase, así como también de los hitos importantes dentro de la misma. Verificar el estado de entrega de la fase anterior y el inicio de la o las fases siguientes.
3. Desarrollar la red de actividades que se requieren para completar la fase trabajando desde la fecha de finalización de la fase hacia el inicio de la fase. Se debe incluir cualquier hito intermedio que se encuentre en el proceso.
4. Determinar la duración de cada actividad sin añadir ningún tipo de holgura, sino considerando el tiempo promedio para su realización.
5. Re-examinar la red de actividades y tratar de acortar reducir los tiempos de duración de las actividades.
6. Determinar la fecha de inicio de la fase más temprana y práctica.
7. Si al comparar la fecha de inicio que se estimó en el paso anterior con la fecha de inicio en el plan maestro, existe un tiempo diferencial o una holgura, se procede a destinar la holgura o brecha, como se detalla a continuación:

- Considerar las actividades que son más frágiles en cuanto a su duración, es decir, que su nivel de incertidumbre es más alto.
- Ordenar las actividades de mayor a menor en función de su grado de variabilidad o incertidumbre.
- Definir o colocar una holgura en cada actividad de manera proporcional al nivel de incertidumbre que presente cada actividad. Utilizar también una parte de esta brecha que se calculó para asignar una holgura a toda la fase.

8. Realizar la siguiente pregunta para comprobar: ¿Están todos satisfechos con el programa? ¿Piensan que las holguras han sido distribuidas de tal manera de que asegure el cumplimiento de las fechas de los hitos? En caso de que no sea así, se deberá re-planificar la fase, o tratar de desplazar la fecha de entrega lo necesario según sea posible. Si hay tiempo residual después de haber sido distribuido en las actividades frágiles y en el tiempo de la fase, decidir entre acelerar la fecha de entrega de la fase o usar ese exceso de tiempo para aumentar la probabilidad de que se termine a tiempo la misma.
9. Compromiso.

Adicionalmente, resulta ventajosa la planificación colaborativa por fases para proyectos que se encuentran atrasados porque se estudian las mejores alternativas para que el proyecto salga adelante, además de que todos los equipos contribuyen con sus experiencias e ideas.

3.6.3. Planificación Intermedia o *Lookahead Process*

La Planificación Intermedia, como su nombre lo indica, ocurre entre la etapa de planificación inicial (plan maestro y planificación de fases) y la planificación a corto plazo (planificación de la producción semanal). El objetivo de esta etapa es preparar o alistar las tareas que han sido planificadas en la planificación a corto plazo, esto es, liberar a las actividades de sus restricciones, de tal manera que sólo las actividades que hayan sido completamente liberadas de sus restricciones entrarán a al plan de producción semanal. Adicionalmente en la Planificación Intermedia se establecen y crean las condiciones para el flujo de trabajo (coordinación de planos, proveedores de materiales y equipos, recursos humanos, información y requisitos previos) y da forma a la producción, de una unidad de producción a otra, de tal forma que, si algo llegase a fallar, se tiene una reserva de actividades que no estaban contempladas en plan de producción semanal, pero que, sin embargo, que están listas para ejecutarse (Coronel Carcelén, Planificación Intermedia, 2010).

Cabe destacar que, antes de adentrarse en la etapa de la planificación intermedia, hay que explotar las actividades que han sido determinadas en la planificación maestra, obteniendo como resultado la existencia de múltiples tareas o asignaciones para poder realizar cada una de las actividades, lo cual se realiza en la etapa de la planificación de fase.

Para realizar la Planificación Intermedia se debe examinar la última tarea de la fase actual, la cual, de manera conjunta con la información disponible del proyecto, proveerá insumos suficientes para poder determinar lo que se necesita o requiere antes de que comience la próxima fase en la construcción. Esto garantiza de que lo que lo que contenga el plan de producción haya sido basado en lo que “puede” hacerse. En esta etapa los equipos reciben los paquetes de trabajo que deben ejecutar. Acto seguido se realiza un análisis de restricciones en el que participan todas las tareas que son consideradas para la planificación intermedia, arrojando como resultado, lo que se debe realizar para poder preparar o tener listas las tareas para que pueda ser

ejecutada acorde a su programación. La regla general es que en el cronograma "Lookahead" solamente se encuentren las actividades que puedan ser liberadas de sus restricciones, de modo que, las mismas puedan ser preparadas y ejecutadas de acuerdo a la planificación. Si el Último Planificador no está seguro de que la actividad puede ser liberada de sus restricciones, la actividad no entrará en el programa "Lookahead", sino que se postergará para el próximo. De esta forma se atiende al principio de *Lean Production*, "Jikoda", asegurando que se dé una mejora continua (Baldwin & Bordolli, Implementing the Last Planner System, 2014; Ballard H. G., 2000)

Las actividades que tienen alta probabilidad de ser ejecutadas del programa de fase y han sido seleccionadas para que ingresen a la planificación intermedia, entran a la ventana de planificación intermedia seis semanas antes de su ejecución programada. El *modus operandi* de esta etapa establece que las actividades que entraron a la ventana de planificación intermedia avanzan una semana cada semana hasta que se logre generar un retraso manejable, de tal suerte que las actividades se encuentren en una secuencia lógica para ser ejecutadas y además sus restricciones han sido liberadas. Si el Último Planificador encargado de ejecutar la actividad repara en una restricción que no se pueda eliminar a tiempo, la tarea no podrá avanzar en el plan, es decir no ingresará a la planificación intermedia de la fase analizada. Al proceder de esta manera se mantendrá un cronograma o plan con tareas "limpias" o "sanas" (libre de restricciones) que está listo para ser ejecutado con la certeza de que el retraso manejable que contiene, sea en realidad, controlable. Es importante planificar en base a que los retrasos que se puedan presentar sean retrasos "manejables", es decir, que ocurran retrasos en actividades cuyas restricciones hayan sido eliminadas antes de su ejecución, y a la vez que no sean actividades críticas. Para poder lograr esto es primordial secuenciar correctamente las tareas, de tal suerte que, se pueda liberar (ejecutar) las tareas que tengan retrasos manejables pero que se puedan ejecutar en este momento sin tener ningún tipo de penalidad. Posteriormente, el plan semanal será elaborado con este retraso controlable, resultando en mejoras en la productividad de los equipos encargados de ejecutar la tarea y se incrementará la confianza en el flujo de trabajo de la próxima unidad de producción (equipo de trabajo o compañía que realiza la actividad en cuestión) (Baldwin & Bordolli, Implementing the Last Planner System, 2014; Ballard H. G., 2000).

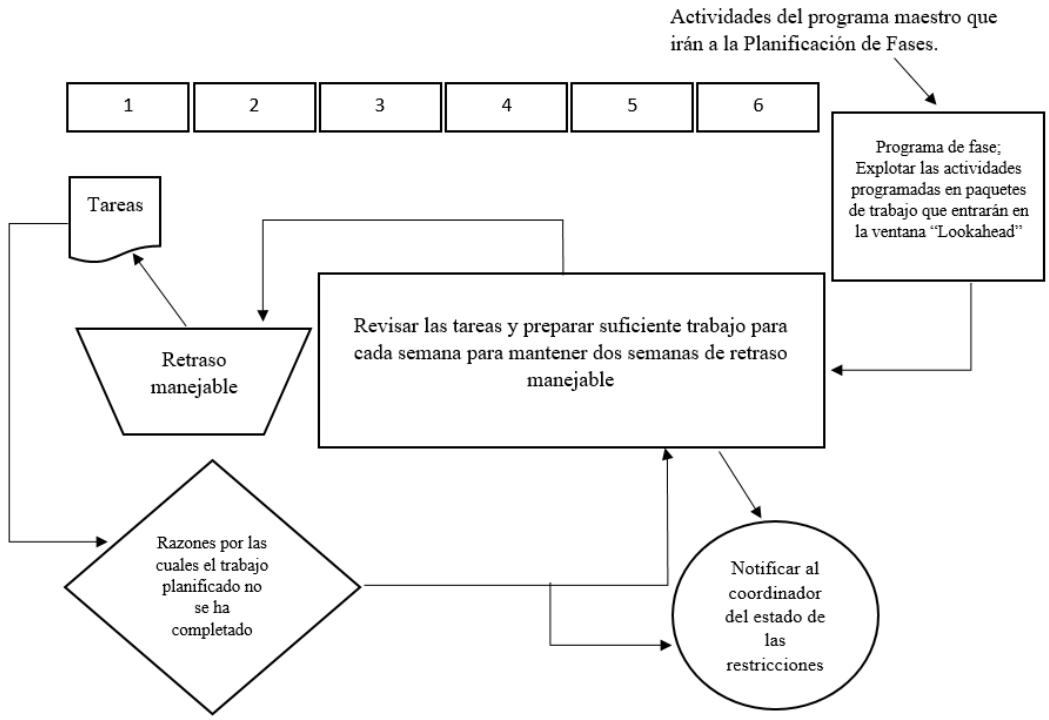


Figura 3.9. El proceso "Lookahead": Preparar mediante la revisión y el sistema "pull".
Fuente: "The Last Planner System of Production Control", de Herman Glenn Ballard, pág 9, capítulo 3.

Para poder desarrollar la planificación intermedia, primero hay que imponerse el tiempo en el que se extenderá esta etapa. Según Ballard (2000), la duración de la etapa se la escoge en función de las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación, y los tiempos de respuesta para obtener información, fuerza laboral y maquinaria. El proceso "Lookahead" generalmente tiene una duración entre 3 a 12 semanas, tomando típicamente un valor de 5 o 6 semanas. Básicamente la etapa comprende en preparar las actividades que vendrán en las próximas semanas en base a la planificación de fase, para proceder a prepararlas y definir la estrategia de trabajo que agregue el mayor valor al producto.

Así mismo Glenn Ballard, en su disertación para obtener el título de doctor en filosofía, que responde al nombre de "The Last Planner System of Production Control", declara que el proceso "Lookahead" tiene algunas funciones o ventajas principales que son:

- Dar forma a la secuencia y tasa del flujo de trabajo.
- Equilibrar la capacidad de trabajo con la cantidad de trabajo.
- Descomponer las actividades del plan maestro en paquetes de trabajo y operaciones.
- Desarrollar métodos detallados para ejecutar el trabajo.
- Preparar las tareas y mantener un retraso manejable para las tareas, además de un inventario de trabajo ejecutable.
- Actualizar y revisar los cronogramas realizados en las etapas previas.

Al analizar las funciones que se enlistaron se pueden encontrar ventajas significativas para el éxito en la ejecución del sistema, y, por ende, de la obra. En la etapa de planificación de fase ya se realizó previamente en las instancias de planificación inicial, en la que los encargados de realizar este trabajo fueron los "Primeros Planificadores", sin embargo, en la planificación intermedia se vuelve a revisar este punto ya con mayor detalle y exactitud ya que se planifica de manera colaborativa con aquellos que representan a quienes ejecutarán la obra, los mismos conocen el rendimiento de su personal, la capacidad de su maquinaria y equipo. Si bien se tiene una idea mucho mayor que en etapas anteriores de la relación entre la capacidad de los equipos versus la cantidad de trabajo a realizarse, no obstante, solamente se tendrá una noción del tipo de unidad de producción requerida para realizar el trabajo, más no que unidad específica realizará el trabajo. Ese detalle se determina en la etapa de planificación semanal.

De la misma manera resulta beneficioso volver a revisar la secuencia o red lógica de las actividades, pasar de que esto ya haya sido realizado en plan maestro y planificación de fase, debido a que ahora se tiene un mayor nivel de detalle y se puede detectar cualquier incoherencia o error que no haya sido identificado anteriormente.

Al desarrollar detalladamente los métodos para poder realizar el trabajo, lo que se hace en pocas palabras es definir la manera en que se materializarán las actividades que han sido planificadas, lo cual tiene como resultado poder identificar posibles problemas con los que se encontrarán los equipos de trabajo en el campo o terreno en el momento de la ejecución de las actividades, pudiendo solventar cualquier problema o duda en cuanto a la logística y evitar que posteriormente la actividad tenga que ser

reprogramada debido a imposibilidad de ejecución (Coronel Carcelén, El Programa Maestro, 2010)

Preparar las tareas manteniendo un inventario de actividades listas para ser ejecutadas, es justamente, tener una reserva de actividades que están libres de restricciones las cuales están listas para ser ejecutadas en caso de que sea por el motivo que fuere, no se pueda realizar la actividad que haya sido programada, logrando que el equipo de trabajo (unidad de producción) tenga tiempos ociosos. Esto permite que se pueda estabilizar el flujo de trabajo porque para cada programa de producción semanal existirá una actividad a la que se puede proceder a ejecutar, ya que tiene una holgura que permite distribuirla en el tiempo, como se explicó en la planificación de fase. Este inventario de actividades o trabajo ejecutable nace a partir del análisis de restricciones de cada actividad que se hace en la etapa del *Lookahead Process* (Coronel Carcelén, El Programa Maestro, 2010)**.** Más adelante se explicará con mayor detalle el inventario de trabajo ejecutable.

El representante de cada equipo de trabajo controla la unidad que produce, de manera análoga el control del flujo de trabajo se basa en el control de la entrega de los trabajos de un equipo a otro. El control del flujo de trabajo es el objetivo fundamental de la Planificación Intermedia, ya que de este modo se evita la aparición de tiempos ociosos en la ejecución de las tareas.

3.6.3.1.Ventana de Planificación Intermedia

La ventana de planificación intermedia contiene la planificación de la próxima semana y de las 3 a 5 próximas semanas, en función de lo que se haya establecido en el plan de fase. Esta ventana se debe actualizar semanalmente con los cambios incurridos en la planificación semanal debido a que no se haya podido cumplir alguna actividad o se haya generado algún tipo de retraso, ya sea por razones climáticas o cualquier razón. Entonces la ventana del *Lookahead Plan* al actualizarse cada semana actúa de manera integral con la producción semanal, y en él se contemplan los cambios que se hayan realizado, pues el plan deberá de reprogramarse en caso de ser necesario debido a lo explicado. Así, la ventana de Planificación Intermedia incluye nuevas actividades requeridas, y el estado de las próximas actividades, en función de lo que ocurra en cada período de producción. Es importante definir la fecha de inicio y final del tiempo de preparación de cada actividad, para ello se debe conocer la

información del proyecto y el nivel de dificultad para poder obtener todos los recursos e insumos necesarios para poder eliminar las restricciones de cada actividad. Si alguna actividad tiene una duración mayor a la duración del *Lookahead Plan* se deberá resaltar en el programa de fase para poderla preparar de manera anticipada.

3.6.3.2.Asignaciones de calidad

José Coronel Carcelén en su trabajo de titulación que responde al nombre de "Planificación y control del proceso productivo en l construcción de proyectos civiles: Un manual/guía para la implementación del Last Planner System", define a las asignaciones de calidad como "los planes de trabajo justos que permiten el correcto desenvolvimiento de las tareas, de inicio a fin, sin interrupciones y bajo las Condiciones de Satisfacción preestablecidas". Realizar asignaciones de calidad es simplemente escoger del inventario de trabajos ejecutables qué actividad se realizará la próxima semana. Las asignaciones de calidad deben tener las siguientes características según Díaz (2007), que recalcan lo que ya se ha mencionado anteriormente.

1. Las actividades deben estar bien definidas, con una descripción clara.
2. La secuencia de trabajo o red de actividades debe ser lógica.
3. La cantidad de trabajo debe estar equilibrado con la capacidad laboral de los equipos.
4. Los prerrequisitos de la actividad deben haber finalizado, es decir, que la unidad de producción tenga lo que necesita de otros.

Para poder realizar las asignaciones de calidad, Koskela aconseja considerar los siete componentes indispensables para que fluya el trabajo (personal, información, equipo, materiales, trabajo previo, condiciones externas, espacio seguro), que son los principales tipos de restricciones para cada actividad, las cuales se mencionaron anteriormente dentro de las cinco conversaciones cruciales para el flujo de trabajo. Por su parte, Glenn Ballard (2000) enlista las restricciones más comunes dentro del sector de la construcción:

1. Contrato
2. Diseño: Puede ocurrir debido a la falta de información ya sean planos, especificaciones técnicas y constructivas, entonces se generarán actividades adicionales no contempladas.

3. Entrega
4. Materiales
5. Prerrequisitos (actividades predecesoras)
6. Espacio
7. Equipos

Además, puede haber otras restricciones que incluyan permisos, inspecciones, aprobaciones, entre otras. Tanto los siete flujos de Koskela como las siete restricciones que presenta Ballard, si bien presentan diferencias, se complementan. En ningún momento se obliga a que se analicen solamente las restricciones de un autor u otro, pues como se mencionó, para cada tarea y proyecto existirán distintas restricciones, los autores simplemente mencionan las más comunes con el afán de ayudar en el procedimiento de liberar las restricciones a quienes planifican la producción.

De manera breve, las restricciones mencionadas, hacen referencia a reconocer y solucionar a problemas o impedimentos que se generan debido a la aparición de nuevas actividades que no estaban contempladas inicialmente en el proyecto debido a falta de planos, o cambios en el trabajo, entre otros. De la misma manera se debe tener listos los recursos necesarios para ejecutar la actividad en la fecha planificada, tanto en mano de obra como en maquinaria y en equipo. Es esencial determinar los prerrequisitos que la actividad requiere para poder iniciarse, estos son, las actividades que deben ser realizadas antes de que pueda comenzar la actividad en cuestión, por ejemplo, antes de hormigonar algún elemento estructural es necesario realizar el encofrado, y a su vez, antes de realizar el encofrado se debe haber cortado y figurado el acero de refuerzo. En cuanto a las condiciones externas, se refiere a cualquier situación que podría interrumpir el flujo de trabajo, ya sea desde las condiciones climáticas hasta la clausura de la obra debido a falta de permisos. La falta de permisos es parte también de las restricciones que se pueden tener debido a razones del contrato, y así de esta manera y de otras más, es como se vinculan las restricciones que presenta Ballard con las que menciona Koskela.

Al incorporar las restricciones recomendadas por Koskela o Ballard, o los que consideren pertinentes los Últimos Planificadores, en programa de la Planificación Intermedio, además de delegar a responsables para que se libere cada restricción se obtiene una planificación Intermedia como se muestra a continuación.

VENTANA DE PLANIFICACIÓN INTERMEDIA

Proyecto: NAIQ
Fase: Estructura PTB
Semana: 17
Subcontratista: JVW (hormigones)
Preparado por/fecha: Veronica
Fecha de preparación: 29-octubre-2008

Responsables:
Santiago (Personal)
Renato (Directivas, coordinación entrega y recepción)
Christian (Materiales, encofrados, herramientas, equipos)
Daniel (Topografía)
Gissela (Seguridad industrial y salud ocupacional)
Juan (Condiciones externas)

Operaciones	Respons.	NOVIEMBRE																					Personal	Directivas	Materiales, encofrados	Herram. y equipos	Topografía	Seguridad industrial y salud ocupacional	trabajos previos	Condiciones externas	TODO LISTO?
		SEMANA 17							SEMANA 18							SEMANA 19															
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22									
		L	M	Mi	J	V	S	D	L	M	Mi	J	V	S	D	L	M	Mi	J	V	S	D									
Apuntalamiento losa L2-1	JVW			X	X	X																	si	si	si	si	si	si	si	si	ok!
Encofrado losa L2-1	JVW					X	X		X	X	X												si	si	si	si	si	si	no	si	ok!
Armado vigas losa L2-1	BB									X	X	X	X	X																	
Armado losas L2-1	BB												X	X		X	X														
Maestras de función losa L2-1	JVW																	X					no	no	si	si	si	si	no	si	no
Fundición losa L2-1	JVW																		X				si	si	no	si	-	no	no	si	no
Alisado de pisos losa L2-1	JVW																		X				si	no	-	si	no	si	no	no	no
Curado losa L2-1	JVW																			X	X		no	si	si	no	-	si	no	si	no
Armado cols. Eje F 5 a 12	BB			X																											
Encofrado cols. Eje F 5 a 12	JVW					X																	si	si	si	si	si	si	si	si	ok!
Fundición cols. F 5 a 12	JVW						X																si	si	si	si	si	no	no	si	no
Columnas-Ménsulas ejes J y K, 3 a 7	JVW																						si	no	no	si	no	no	no	no	no

Figura 3.10: Ventana de planificación intermedia.
Fuente: "Planificación y control del proceso productivo en l construcción de proyectos civiles: Un manual/guía para la implementación del Last Planner System", de José Coronel Carcelén, pág 59.

Planificar de esta manera permite que se observe claramente el flujo de trabajo, y al mismo tiempo se visualice qué es lo que se requiere para poder preparar las actividades en base a los siete flujos esenciales que propone Koskela, con los encargados de liberar las restricciones. De esta forma se puede lograr a controlar de manera muy eficiente el flujo de trabajo y garantizar la entrega de trabajos de un equipo a otro, adicionalmente, evitar que se produzcan tiempos ociosos.

Otros autores, proponen que es ventajoso realizar el análisis de restricciones separando el cronograma *Lookahead* de la planilla de revisión de las restricciones, con el objetivo de analizar éstas de una manera detallada, incorporando para cada semana y actividad dentro de la semana en cuestión, las restricciones consideradas además del período (con su fecha de inicio y fin) en el que se debe tratar de eliminarlas, seguido de los responsables tanto de la liberación de las mismas para cada actividad como de los responsables para hacer el seguimiento. A continuación, se muestra un formato que responde a la descripción dada.

SEMANA	ACTVIDADES	FECHAS		RESTRICCIONES						RESPONSABLE	
		INICIO	TERMINO	CANCHA	M.O.	MATERIALES	DISEÑO	LISTA DE CHEQUEO	EQUIPOS Y HERR.	EJECUCION	SEGUIMIENTO
1 (04 al 08 de junio)	Hormigón muros y pilares piso 1 sector B	30/05/07	05/06/07	√	√	√	√	√	√	H.C	H.C
	Moldaje vigas y losa piso 1 sector B	05/06/07	08/06/07	√	√	√	√	√	√	H.C	F.G
	Fierro vigas y losa piso 1 sector B	05/06/07	08/06/07	x	√	√	√	√	√	H.C	F.G
	Hormigón vigas y losa piso 1 sector B	08/06/07	11/06/07	x	√	√	√	√	√	H.C	F.G
	Trazados y niveles generales edificio C-D	04/06/07	08/06/07	√	√	√	√	√	√	R.A	H.C
	Excavaciones fundaciones edificio C	04/06/07	15/06/07	√	x	√	√	√	√	H.C	F.G
	Fierro muros y pilares piso 2 sector A	08/06/07	11/06/07	x	√	√	√	√	√	R.A	H.C
	Instalaciones provisorias: Alcantarillado	09/04/07	13/06/07	√	√	√	√	√	√	H.C	F.G

Figura 3.11. Plantilla para la revisión de restricciones.

Fuente: "Aplicación del sistema de planificación 'Last Planner' a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura", de Daniela Andrea Díaz Montecino, pág 38.

Ya sea cualquiera de los dos casos, tanto se decida incorporar la revisión al cronograma de la fase intermedia, o se prefiera revisar las restricciones de manera aislada, el procedimiento a seguir es el mismo. Simplemente para cada actividad se considera de manera detallada los impedimentos que contiene cada actividad según la clasificación de las restricciones que se explicó. En caso de que para la actividad analizada no se presente uno o más obstáculos, se asume que se cuenta con los requisitos para ejecutar la actividad en los que compete a la categoría en la que se da ésta ausencia de restricciones. Los responsables de cada equipo de trabajo analizan sus actividades y detallan los impedimentos o condicionantes que las mismas presentan para ser ejecutadas, y después proceden a eliminar dichas limitantes en el período que se confiere para este fin, de tal suerte de que se eliminen todas las restricciones de las actividades que han sido consideradas para la planificación de la semana próxima y las siguientes a ella que se encuentren dentro de la Planificación Intermedia. En la planilla de restricciones para cada impedimento que se haya eliminado o liberado, se coloca un "visto bueno" o un "Sí" en la casilla correspondiente, y de manera análoga, para cada restricción que no se haya podido eliminar se coloca una "X" o un "No" en la casilla correspondiente a la categoría analizada. Solamente las actividades que hayan sido completamente liberadas de sus limitantes podrán ingresar en la planificación semanal; basta con que no se haya podido eliminar una restricción para que la actividad no ingrese en la planificación semanal, entonces esta actividad se tiene que correr para la semana próxima y así

sucesivamente hasta que se hayan eliminado todos los impedimentos para poder ejecutarla.

El análisis de restricciones tiene como ventaja la detección de problemas de manera anticipada, y poder resolverlos y no atrasar el inicio planificado para la actividad. Al tener la posibilidad de remover las restricciones antes de su inicio programado abre la posibilidad de poder adelantar o postergar las actividades según lo acordado en el plan maestro. El proceso de "limpiar" a las actividades garantiza que las mismas al momento de ser ejecutadas, en realidad puedan cumplirse según lo programado, y que no se genere ningún tipo de retraso en obra al momento de iniciarse las tareas.

Hay que diferenciar entre la "revisión" de restricciones y la preparación de las actividades, pues la revisión de las restricciones se realiza en el momento que se consideran las actividades del cronograma de fase que ingresarán a la planificación intermedia, es decir solamente las actividades que tengan gran potencial de ser ejecutadas en la fecha planificada, y de manera análoga a como ocurre en la selección de actividades que ingresan a la planificación semanal, si el planificador no se encuentra seguro de que las restricciones podrán ser removidas para la fecha de ejecución de la actividad, la misma deberá ser postergada para el próximo plan intermedio. Por el otro lado la preparación de las restricciones engloba el proceso de realizar las acciones necesarias para que las actividades que entraron la planificación intermedia puedan ejecutarse en la fecha programada. Como se explicó anteriormente la liberación de restricciones está íntimamente ligada con el tiempo de respuesta que tienen los proveedores (Montecino Díaz, Planificación Intermedia, 2007).

Cuando se ha logrado eliminar todas las restricciones de la actividad, la misma entra en el inventario de trabajos ejecutables (ITE). Anteriormente se explicó de una manera rápida el concepto y la función del ITE, y se hizo una analogía del mismo como una reserva de actividades que están listas para comenzar en caso de que una de las actividades programadas dentro del plan semanal no se pueda ejecutar debido a la razón que sea. El inventario de trabajos ejecutables puede entrar tanto las tareas que se pueden ejecutar en las semanas futuras, como las tareas que se podía haber ejecutado en la semana actual. El objetivo del ITE además se asegurar que no ocurran tiempos ociosos debido a que no se puede ejecutar la actividad planificada en el programa, es tener una base de datos de que actividades qué se "pueden" hacer y con

ello poder decidir qué es lo que se “hará”, ya que también puede ocurrir el caso de que las actividades se cumplan antes de lo programado, entonces se recurre al inventario de trabajos ejecutables para evitar los tiempos ociosos que se generarían por la falta de trabajo al haber acabado antes de lo esperado (Montecino Díaz, Planificación Intermedia, 2007).

3.6.4. Plan de producción (Planificación Semanal)

La planificación de la producción ocurre generalmente de manera semanal como fruto de una reunión semanal (normalmente al final de la semana), la cual tiene como objetivo definir lo que se realizará o hará durante la próxima semana, en base al inventario de trabajo ejecutable y de los objetivos cumplidos en la semana que ha finalizado. Es decir, la planificación semanal persigue realizar las asignaciones de calidad y proteger a las unidades de producción de la incertidumbre, permitiendo que dichas unidades mejoren su productividad, así como que mejore la productividad de las unidades de producción aguas abajo en la misma línea de trabajo (Baldwin & Bordolli, Implementing the Last Planner System, 2014). Esto se puede observar en el siguiente gráfico:

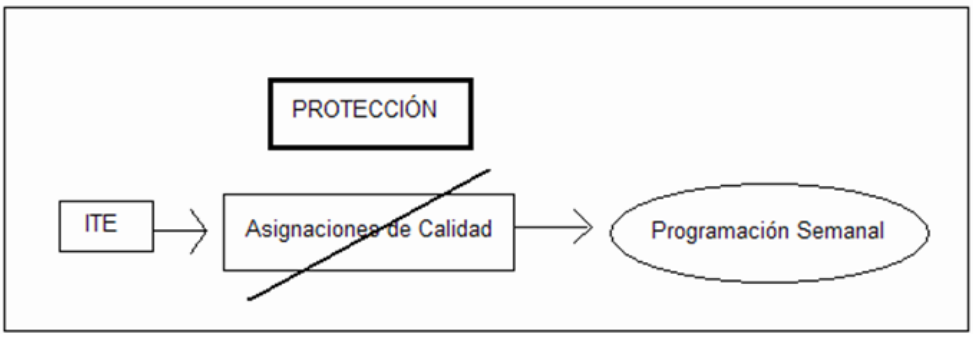


Figura 3.12. Protección de las actividades mediante las asignaciones de calidad.
Fuente: “Aplicación del sistema de planificación "Last Planner" a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura”, de Daniela Andrea Montecino Díaz, pág 41.

En la planificación semanal, realizada en la reunión semanal, los Últimos Planificadores se reúnen para planificar el trabajo del próximo período de producción. Ellos confirman el trabajo que se está realizando actualmente y el trabajo que se ha realizado. Cada uno de los últimos planificadores prepara un programa de producción para su equipo, y los mismas son recopiladas y acordados por todos los involucrados en la reunión, y los últimos planificadores se comprometen a cumplirlas. Esos planes

comprenden el plan de producción acordado para el próximo período de trabajo (siguiente semana). La planificación semanal permite evaluar al final de cada período de producción lo que ha sucedido durante la semana actual mediante el Porcentaje de Plan Completado (PPC), para poder identificar las actividades que no se realizaron e identificar su causa de incumplimiento, y mediante la herramienta de los "5 Whys" (5 Por qué), se determina las causas raíz de incumplimiento, para poder atacar directamente con las acciones pertinentes a esas causas y evitar que se vuelva cometer el mismo error y hacer una retroalimentación. La efectividad de las acciones correctivas se las evalúa en la siguiente reunión semanal, ya que, si no se ha vuelto a incumplir una actividad debido a las mismas razones de la semana pasada, las acciones correctivas han sido satisfactorias. En la reunión semanal se realiza el cronograma para la próxima semana incorporando lo sucedido en la semana actual, es decir si una actividad que estaba planificada para la semana actual no se ha realizado, se la incluye en la planificación de la semana siguiente, acompañado de las actividades que se pueden realizar de acuerdo al inventario de trabajos ejecutables, atendiendo siempre al cronograma "Lookahead". De este modo la planificación intermedia se debe actualizar cada semana en base a la planificación semanal. Además de planificar la producción del siguiente período en la reunión semanal, también se debe planificar la producción de la semana que vendrá seis semanas después de la semana actual, de tal manera que se liga lo que ocurre en la actualidad con el cronograma de la próxima planificación intermedia. La razón de este proceder es identificar los posibles problemas que pueden ocurrir en las actividades para dicha semana, y la experiencia demuestra que en el sector de la construcción la mayoría de problemas que surgen pueden ser resueltos en un tiempo de seis semanas, entonces, si se planifica cada semana lo que se realizará seis semanas después, se tendrá un tiempo suficiente para eliminar las restricciones para esa semana y se podrá cumplir con lo planificado y reducir la incertidumbre y evitar que ocurran retrasos debido a que no pueda comenzar la actividad porque ha tenido restricciones en las que no se había considerado o pensado con anterioridad. De esta manera la planificación semanal siempre está ligada a la planificación intermedia, la cual a su vez responde al plan maestro. Esa es la razón por la cual el Sistema del Último Planificador es un sistema integral, ya que es un ciclo e induce a la mejora continua, en la que se realiza en cada etapa afecta a la etapa siguiente, y a su vez lo que ocurre en la etapa siguiente afecta a las fases o etapas anteriores, de este modo, cada etapa en el sistema se mantiene actualizada y de acuerdo a lo que ocurre en la

producción en tiempo real; es por eso que el *Last Planner System* es un sistema de planificación y control de obra. Lo propio no ocurre en los sistemas de planificación tradicionales ya que en ellos simplemente se trata de cumplir con la fecha de los hitos que ocurren la planificación, y la planificación maestra funciona simplemente como una referencia de lo que debe ocurrir en obra.

En la planificación semanal los representantes de cada equipo se comprometen a realizar sus actividades de acuerdo al programa que se realiza en la reunión, y se hace un registro de las promesas que realizan, las cuales son la base para la evaluación del rendimiento con el PPC, es por ellos que los Últimos Planificadores deben prometer solamente lo que están completamente seguros que podrán realizar, en otras palabras, los Últimos Planificadores pueden prometer el cumplimiento de una actividad solamente cuando se ha cumplido con las Condiciones de Satisfacción de la actividad y tienen la seguridad de que van a poder cumplir con la actividad. Los *Last Planners* determinan cuándo se cumplirá con la actividad y la manera en que realizarán la actividad, además de lo que necesita su equipo para poder realizar la actividad y que pueda continuar o entrar el siguiente equipo, el cual realiza el mismo procedimiento para el anterior, es decir, cada equipo interactúa con el equipo anterior para poder comenzar y realizar su trabajo y se compromete con el siguiente equipo para dejar el trabajo en las condiciones y calidad que requiere el próximo equipo para poder comenzar con su trabajo. Este proceso se llama “El Círculo de las Promesas” el cual se lo esquematiza a continuación (Baldwin & Bordolli, Implementing the Last Planner System, 2014).

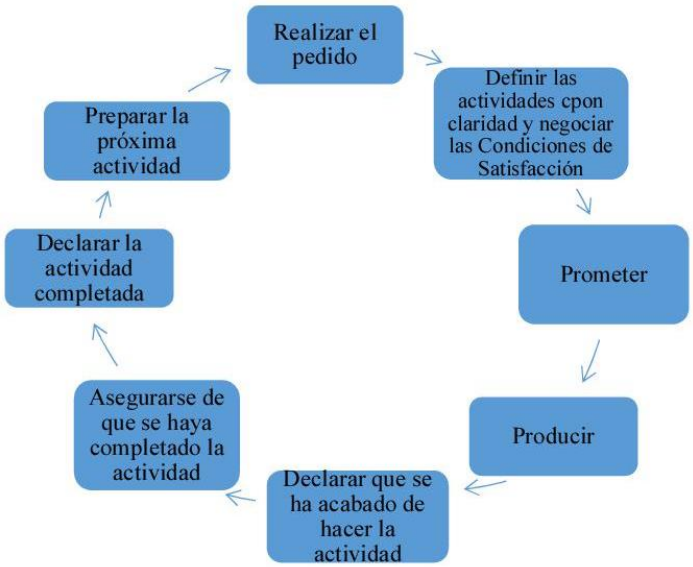


Figura 3.13. El círculo de las promesas.
Fuente: "A Handbook for Construction Planning and Scheduling", Andrew Baldwin & David Bordolli, pág 178.

El círculo de las promesas establece que para cada compañía (equipo de trabajo) cada pedido para realizar un trabajo debería tener como una respuesta una promesa de cumplir el trabajo o la negación de realizar la promesa. La promesa solamente se realiza después de haberse aclarado y negociado las Condiciones de Satisfacción. Después de que se ha completado la tarea de construcción, los últimos planificadores declaran la finalización de la tarea al personal administrativo. Esto permite al personal administrativo ir al lugar de la obra y verificar que en realidad se ha cumplido la tarea a tiempo de la manera y con la calidad acordada, permitiendo al próximo equipo de trabajo que pueda comenzar sus tareas. Tanto la inspección del propio equipo de trabajo como la inspección sucesiva por parte de la administración y el representante del equipo que sigue en la línea de trabajo son usados en "Lean Construction", de tal manera no solamente la administración revisa que se haya cumplido la tarea sino el equipo de trabajo que la desarrolló y el cliente, logrando verificar que el trabajo se ha realizado en verdad correctamente. Se recurrirá a un ejemplo para poder explicar lo mencionado: Imaginemos que en un proyecto en el cual se está realizando la estructura metálica de la cubierta de una vivienda, el equipo de los soldadores informa a la administración que han finalizado de armar y soldar la estructura metálica. Después de que se ha armado la estructura de cubierta la siguiente actividad en el cronograma

es la colocación de tableros de MDF, sobre los cuales se coloca un impermeabilizante asfáltico y sobre eso las tejas. Entonces inmediatamente después de que el representante del equipo de soldadores ha informado que acabó su actividad, el siguiente en la línea de trabajo es el equipo de carpintería encargado de colocar los tableros de MDF, de esta madera el representante del equipo de carpinteros revisa que efectivamente se haya acabado de armar la cubierta y que todo esté en condiciones para que puedan comenzar su trabajo, y lo mismo hace el supervisor general de la obra el cual representa a la administración, y de igual manera puede ir el cliente, si desea, y verificar que se cumplen sus exigencias y al mismo tiempo se siente que es tomado en cuenta en todos los procesos. Después de realizar esa inspección y que el trabajo de los soldadores efectivamente se ha realizado, puede comenzar el equipo de carpintería con su trabajo, y la secuencia se repite de un equipo a otro, es decir, se controla que la unidad de producción y la transferencia de trabajo de una unidad a otra.

3.6.5. Seguimiento de la producción, medición y aprendizaje

Es fundamental dentro del LPS el seguimiento y control de la producción, que son la base para que los equipos puedan retroalimentarse y aprender de los errores con el fin de no cometer dos veces el mismo error, y aplicar las lecciones aprendidas, y poder aumentar la productividad y eficiencia.

Para evaluar el cumplimiento de las actividades ejecutadas en la semana de acuerdo a lo planificado en la reunión semanal, se usa un índice llamado Porcentaje de Plan Completado (PPC) o también Plan de Actividades Completadas (PAC), el cual es una manera de hacer el seguimiento a la producción y determinar si efectivamente se está realizando lo que cada Último Planificador prometió que iba a hacer. El PPC no es una forma de buscar y señalar culpables, sino que su objetivo es ayudar a encontrar los problemas que están surgiendo durante la producción para después encontrar la causa raíz y tomar acciones correctivas, y poder introducirlas en la planificación intermedia. Al poder observar públicamente los resultados obtenidos de la semana que ha transcurrido, se verifica y comprueba el compromiso realizado por los equipos la semana pasada, de este modo se refuerza el compromiso de los Últimos Planificadores. El índice mencionado simplemente es el cociente entre las actividades ejecutadas y las actividades planificadas.

$$\text{PPC } [\%] = \frac{\text{Número de tareas planificadas completadas}}{\text{Número de tareas planificadas}} \cdot 100$$

Para poder realizar el seguimiento de la producción mediante el uso de esta herramienta, se lo debe calcular en la reunión semanal, y en efecto, el primer tema que se aborda en la reunión de planificación semanal es el análisis de cumplimiento de la planificación vencida, es decir, de la semana que ha transcurrido. Entonces con cada equipo se compara lo planificado versus lo ejecutado y se calcula el PPC, y se identifica las causas de no cumplimiento. Una actividad solamente se puede declarar como "completada satisfactoriamente" cuando se ha finalizado a tiempo de acuerdo al cronograma semanal, y con las Condiciones de Satisfacción establecidas, por lo que se podrá obtener resultados de mejor calidad si se realiza el seguimiento de las actividades cada día, con ello se tiene más posibilidades de reaccionar rápidamente, ya que, si se espera hasta el final de la semana para revisar las actividades, no nos podremos dar cuenta que estamos atrasados sino hasta el final de la semana. Otra forma de realizar un seguimiento muy acertado, es realizar un seguimiento a la mitad de la semana y otro al final, de tal modo que se puede identificar a tiempo problemas que se los puede solucionar.

En la reunión semanal se calcula el PPC de cada equipo, entonces es común sobre todo en las primeras semanas que se implementa el sistema, que unos equipos tengan un índice del 100 por ciento de cumplimiento, mientras que puede haber uno o más equipos que tengan índices de cumplimiento muy bajos, entonces, algo que resulta muy beneficioso, es que los equipos que presentan los mayores índices de cumplimiento pueden compartir consejos con el resto de equipo para poder ayudar a que su porcentaje de actividades cumplidas ascienda. De esta forma, los equipos trabajan de manera armoniosa y colaborativa, y todos ayudan a que el otro equipo tenga éxito, es decir todos trabajan por el bien y éxito común. Además, se calcula el PPC de la empresa constructora como conjunto, en base de los PPC de cada subcontratista, el mismo muestra la eficiencia que tiene el equipo o empresa como un todo. Usualmente es conveniente fijarse o imponerse un PPC mínimo con el que se quiera cumplir, y se lo compara semana a semana con el PPC calculado. Se recomienda de igual manera realizar una gráfica donde se muestra el PPC de cada semana y unirlos, de tal forma que se puede ver la evolución general del PPC a lo largo del tiempo, y se observa si la compañía mejora, empeora o mantiene su productividad

y eficiencia semana a semana. En la gráfica de la evolución del PPC también se grafica el PPC mínimo que se desea cumplir, ya que resulta más fácil analizar estos resultados visualmente y observar la productividad de manera gráfica, lo cual ayuda mucho a que los equipos tomen consciencia, o de la misma manera, sepan que están haciendo un buen trabajo.

De manera simultánea al seguimiento de la producción y el cálculo del PPC, se identifican las razones de no cumplimiento de las actividades, y los orígenes de las causas de no cumplimiento, a diferencia de lo que comúnmente se cree, no sólo se pueden deber a razones ligas a la mano de obra, materiales o causas externas, sino que las fallas o razones se pueden provenir debido a deficiencias del personal administrativo, así como procesos y funciones. (Montecino Díaz, Planificación Semanal, 2007). Para poder identificar las causas raíces del incumplimiento se usa la herramienta de *"5 Whys"* (en español 5 Por qué), el cual se basa en analizar en cinco niveles distintos la causa de incumplimiento mencionada, entonces al llegar al último nivel de análisis, se ha identificado a la verdadera causa de incumplimiento. Una clave para poder obtener una mejora continua es analizar las razones de incumplimiento mediante un análisis de Pareto por medio de todos los equipos de trabajo, identificando y resolviendo los problemas más importantes tales como falta de información o falta de personal de trabajo. Los equipos que se desempeñan de manera insuficiente y afectan al desempeño de los demás equipos de trabajo, son identificados y tomados con especial atención por parte del constructor o empresa constructora principal (Baldwin & Bordolli, Implementing the Last Planner System, 2014). Como se mencionó anteriormente las razones de incumplimiento pueden ser un sinfín, pero las raíces de estas causas generalmente pueden ser una de las siguientes (Coronel Carcelén, Medición,aprendizaje y mejoramiento continuo, 2010):

- Falsa liberación de restricciones: Ingresar al inventario de trabajos ejecutables a actividades, cuyas restricciones no hayan sido totalmente eliminadas.
- Asignaciones que no cumplen los criterios de calidad, es decir, no han sido bien definidas, secuenciadas ni equilibrada la cantidad de trabajo con la capacidad de trabajo, ni son prácticas (no han sido tomados en cuenta los siete flojos críticos).
- Coordinación deficiente de los recursos compartidos.
- Cambio en las prioridades a último momento.

- Errores en los diseños o cambios en los mismos.

Las causas de no cumplimiento por su parte pueden clasificarse como sigue, según José Coronel Carcelén en su tesis de grado “Planificación y control del proceso productivo en la construcción de proyectos civiles: Un manual/guía para la implementación del Last Planner System” (pág 65):

1. Directivas
- Indefinición en las Condiciones de Satisfacción.
- Errores en los diseños (falta de especificaciones, diseños no claros, diseños incompletos, entre otros).
- Cambios en los diseños a último momento.
- Instrucciones de trabajo no claras.
2. Personal
- Ausencia.
- Interrupciones que no han sido programadas (comidas, distracciones, entre otras).
- Rendimientos insuficientes.
- Mala ejecución de los trabajos, la cual genera que se deba volver a realizar el trabajo.
3. Materiales
- Errores en cálculo de cantidades.
- Materiales defectuosos.
- Problemas con los proveedores.
4. Herramientas y equipos
- Se encuentran en malas condiciones.
- Errores en la planificación de la cantidad de herramientas o equipos necesarios para ejecutar el trabajo.
- Falta de combustible, voltaje insuficiente en obra, entre otros.
5. Prerrequisitos
- Entrega retrasada de los trabajos por parte del equipo anterior al equipo que sigue en la línea de trabajo.
- No cumple con las Condiciones de Satisfacción para el siguiente equipo de trabajo.

6. Espacio de trabajo

- Incomodidad para realizar los trabajos.
- Falta de luz, ventilación, entre otros.
- Inseguridad (causa que el trabajo se ejecute de manera más lenta).

7. Condiciones de trabajo

- Condiciones climáticas que impiden o retrasan el cumplimiento de la actividad.
- Interrupción o paro en las actividades debido a paros por autoridades o clausura de la obra.
- Falta de pago.

8. Programación

- Cantidad de trabajo superior a la capacidad de trabajo.
- Cambio en las prioridades de las actividades, o cambio en la secuencia de ejecución de las actividades.

9. Imprevistos/otros

- Accidentes de trabajo.
- Cortes de energía eléctrica o agua potable.
- Otros.

Como se puede ver hay que tomar en cuenta los 7 flujos indispensables para la generación de valor en las actividades, y a los mismos incorporarles las causas asociadas a la mala programación e imprevistos. El PPC aumentará al momento que dejen de repetirse los problemas asociados a las causas de no cumplimiento de las actividades, y esto se verá reflejado en un aumento en la productividad, calidad, tiempos de entrega y seguridad. Glenn Ballard declara que, según investigaciones, un porcentaje de PPC que se encuentre cercano o mayor al 70%, significa que ha habido una buena planificación y por lo tanto habrá alta productividad (Coronel Carcelén, Medición,aprendizaje y mejoramiento continuo, 2010).

A continuación, se muestran formatos de la planificación semanal y el seguimiento de las actividades:

PROYECTO Fecha inicio Fecha fin							Diagrama de Gantt					Causas de NO Cumplimiento									
												Tipo									
COD.	ACTIVIDAD	RESP.	OBJETIVO			Cumplido (si/no)	SEMANA 1					Proveedores	Subcontratistas	Equipos	Seguridad y S.	Medio Ambiente	Externos	Otros	Descripción	Retraso	Medidas correctoras
			A ejecutar	Ejecutado	% Alcanzado		L	M	X	J	V										
							8	9	10	11	12										

Figura 3.14. Formato de Planificación Semanal con la medición del PPC y CNC.

Fuente: "La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador", de Rodríguez Fernández, Antonio; Alarcón Cárdenas, Luis Fernando; Pellicer Armiñana, Eugenio. Pág 7.

PROGRAMACIÓN OBRA GRUESA Semana del 5 al 11 de junio												
Nº	ACTIVIDAD	MARTES 5		MIERCOLES 6		JUEVES 7		VIERNES 8		LUNES 11		PAC
1	Fierro vigas y losa piso 1 sector A	x	x									1
2	Hormigón vigas y losa piso 1 sector A	x	x									1
3	Moldaje muros y pilares piso 1 sector B	x	x	x	x							1
4	Hormigón muros y pilares piso 1 sector B	x	x	x	x							1
5	Moldaje vigas y losa piso 1 sector B	x	x	x	x	x	x	x	x			1
6	Fierro vigas y losa piso 1 sector B			x	x	x	x	x	x	x	x	1
7	Hormigón vigas y losa piso 1 sector B									x	x	1
8	Fierro muros y pilares piso 2 sector A							x	x	x	x	1
9	Moldaje muros y pilares piso 2 sector A									x	x	1
10	Hormigón muros y pilares piso 2 sector A										x	1
11	Trazados y niveles generales edificio C-D	x	x	x	x	x	x	x	x			1
12	Excavaciones fundaciones edificio C	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1
13	Emplantillado edificio C									x	x	1
14	Excavaciones fundaciones edificio D			x	x	x	x	x	x	x	x	1
15	Instalaciones provisorias: Electricidad	x	x	x	x	x	x	x	x			1
16	Instalaciones provisorias: Alcantarillado	x	x	x	x	x	x	x	x			0
17	Instalaciones provisorias: Agua potable	x	x	x	x	x	x	x	x			0
18	Cierres provisorios	x	x	x	x	x	x	x	x			1
										PAC [%]		89

Figura 3.15. Programación Semanal y medición del PPC.

Fuente: "Aplicación del sistema de planificación "Last Planner" a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura" de Daniela Andrea Montecino Díaz, pág 42.

Plan de Producción

Proyecto:	Inicio de la semana:											
Fase:	Preparado por:											
Sector/Nivel:	Fecha de preparación:											
Descripción de la Tarea	Necesidades finales para alistar/	Período de ejecución del trabajo							Análisis PPC			
(Criterio para liberar asignaciones: definición, practicidad, ...)	Responsables	L	M	Mi	J	V	S	D	Sí	No	Razones de entrega tardía	

Figura 3.16. Plan de Producción.

Fuente: "Planificación y control del proceso productivo en la construcción de proyectos civiles: Un manual/guía para la implementación del Last Planner System" de José Coronel Carcelén, pág 117.

Finalmente, después de determinar las Causas de No Cumplimiento (CNC), se procede a introducirlas en un proceso para determinar la raíz de cada causa, y para ello una herramienta muy efectiva es los *"5 Whys"* (5 Por qué), la cual analiza cada causa en 5 niveles distintos, en el que en el último nivel se encuentra la causa raíz. El método se fundamenta en a partir de la causa que se esté analizando se realiza la pregunta "¿Por qué ocurrió esto?", entonces se reflexiona y se obtiene una respuesta, y nuevamente se inquiere "¿Por qué ocurrió esto?", y se reflexiona una vez más y se obtiene una nueva razón que causó el incumplimiento. Se realiza este proceso de preguntar "¿Por qué?" cinco veces, como lo indica el nombre de la herramienta, de tal forma que la respuesta de la quinta vez que se pregunta "¿Por qué ocurrió esto?" será la raíz de la causa de no cumplimiento que se analiza. Una vez que se ha encontrado la causa raíz, se procede a atacar a esa causa mediante acciones correctivas de tal manera que, si la acción correctiva ha tenido éxito, no se volverá a repetir el error dos veces. La medición de la eficiencia de las acciones correctivas se verifica cada semana en la reunión semanal, al determinar el Porcentaje de Plan Completo y las Causas de No Cumplimiento.

Finalmente se presenta esquemas que resume todo el proceso del sistema del "Último Planificador", con cada etapa que lo compone, según distintos autores:

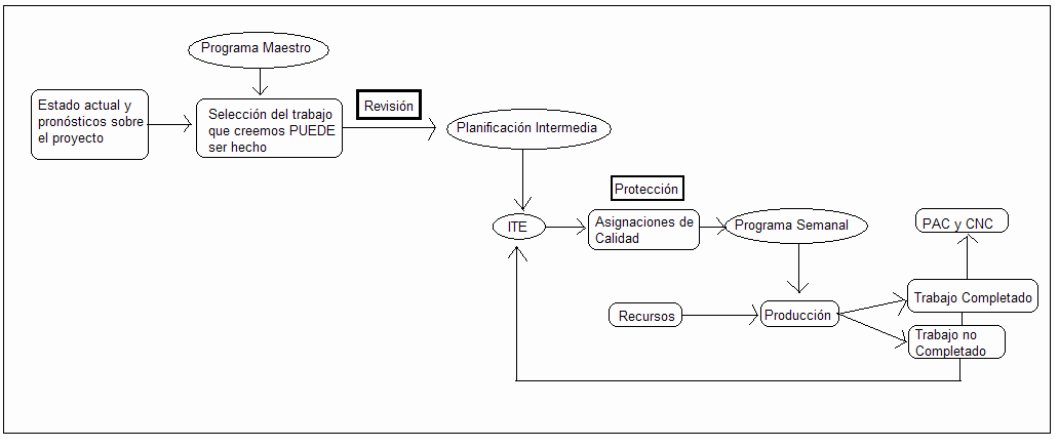


Figura 3.17. Resumen del Sistema del Último Planificador.

Fuente: "Aplicación del sistema de planificación "Last Planner" a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura" de Daniela Andrea Montecino Díaz, pág 43.

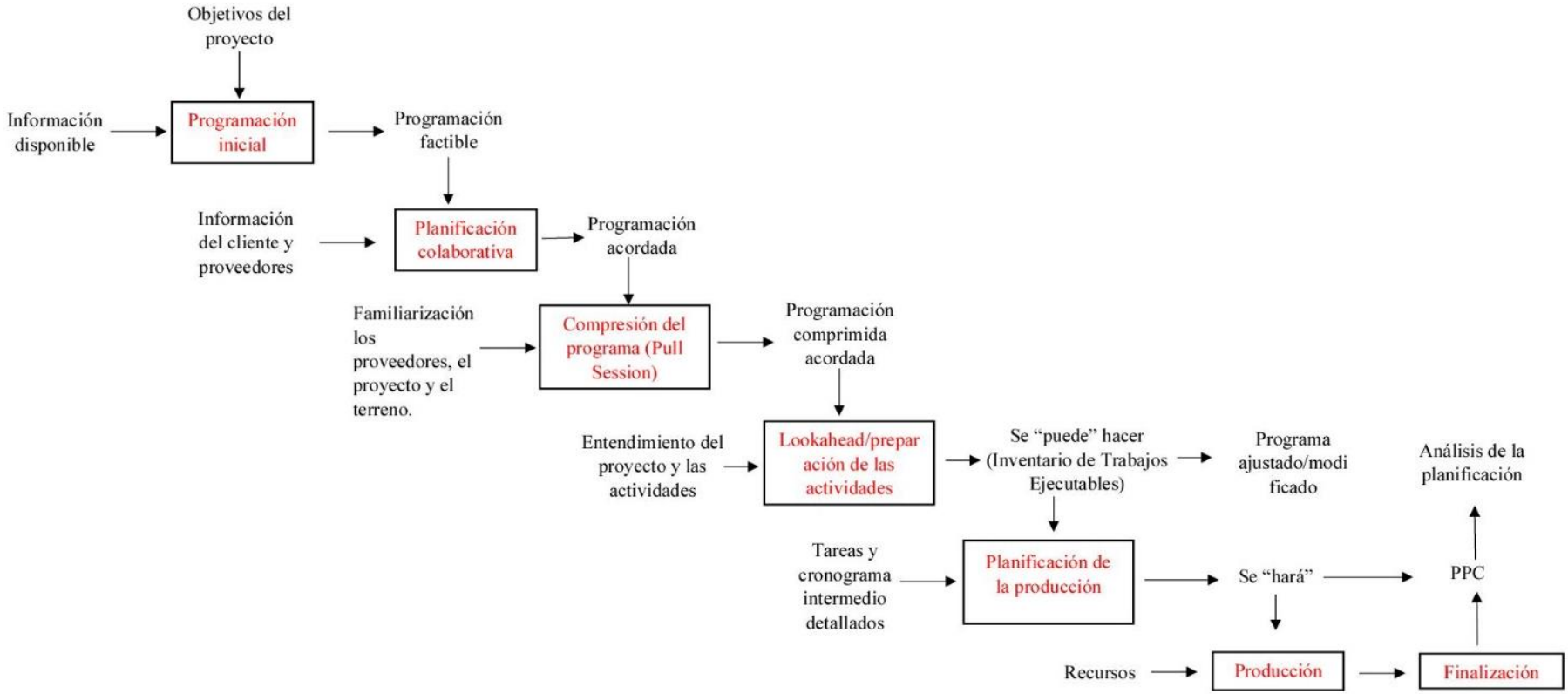


Figura 3.18. Cómo se puede aplicar el Last Planner System a cualquier empresa constructora.

Fuente: "A Handbook for Construction Planning and Scheduling" de Andrew Baldwin & David Bordolli, pág 176.

3.7.Ventajas de la implementación del sistema

El Sistema del Último Planificador, al ser fundamentado en los principios Lean, es un método que, al ser implementado proporciona un sinfín de ventajas. Comenzando desde que el sistema se puede usar para cualquier tipo de proyectos, reduce las esperas y desperdicios, hasta aumentar la productividad, el rendimiento, la utilidad de la empresa constructora, la satisfacción del cliente, y el bienestar de todas las partes involucradas. Adicionalmente, la experiencia ha mostrado que cuando se implementa el LPS, los subcontratistas trabajan para lograr los objetivos planteados. El Sistema del Último Planificador provisiona evidencia de que los equipos subcontratados han actuado dentro de los términos estipulados en el contrato. Además, el sistema permite mediante el seguimiento de las actividades que se registre cuándo se comenzó cada actividad y el tiempo tomado para cada una.

Al analizar cada componente y fundamento del LPS, se infiere que, si el mismo se implementa de manera correcta, cumpliendo de inicio a fin con los pasos y principios de cada etapa y con su filosofía, y al sumarle el compromiso total de todos los involucrados, se obtienen ventajas invaluables, la mayoría de ellas se enlista a continuación:

- El flujo de trabajo se hace más predecible, por lo tanto, se reduce la incertidumbre.
- Existe menos malentendidos y disputas entre los involucrados en la ejecución, y también el cliente.
- Todos los equipos que participan en el proyecto al participar de la planificación y ser tomados en cuenta para cada decisión, y comprometerse a cumplir con lo que prometen, rinden de manera significativa, y dan lo mejor de sí por un bien mayor, que es el éxito del proyecto.
- El cliente se siente que es tomado en cuenta en las decisiones para la planificación, así como en el control del cumplimiento de las actividades.
- Todas las partes involucradas conocen la planificación, ya que los representantes de cada equipo elaboran colaborativamente el programa, de acuerdo a su capacidad de trabajo, y ordenan las actividades en una secuencia lógica.

- Se obtiene mayor productividad y eficiencia.
- El LPS elimina el control reactivo y lo vuelve proactivo.
- El sistema permite que se genere valor en los proyectos.
- Se elimina los desperdicios en la mayor cantidad posible.
- Aumenta la seguridad en la ejecución de los trabajos.
- Se reducen los costos de operación.
- Cada etapa de la planificación es actualizada con lo que ocurre en la ejecución de la obra, de tal forma que los cronogramas son completamente apegados a la realidad.
- Permite detectar los posibles problemas de manera anticipada, de tal forma que se pueden resolver antes de que comience la actividad según lo planeado.
- Reduce los retrasos en las actividades debido a que la misma ha presentado algún tipo de restricción que impide el inicio de la actividad. El LPS reduce también los tiempos ociosos.
- Debido al proceso del seguimiento, análisis de las causas de no cumplimiento y retroalimentación, se da una mejora continua.

De acuerdo a Baldwin y Bordolli (Benefits of the Last Planner System, 2014), los principales beneficios del LPS son los siguientes:

- Prepara a los miembros de los equipos para que actúen conjuntamente.
- Habilita a los miembros de los equipos que puedan discutir los detalles en etapas tempranas del proyecto.
- Determina la secuencia de las actividades y otros problemas que serían difíciles de cambiar en la etapa de producción.
- Permite que los miembros de los equipos puedan sugerir ideas para reducir o comprimir el programa, mejorar el flujo de trabajo y la constructibilidad.
- Identifica detalles de diseño que no están claros.
- Genera compromiso con el programa y reduce el tiempo total del proyecto.

En la etapa de preparación de las tareas, Baldwin y Bordolli (Benefits of the Last Planner System, 2014), han identificado las siguientes ventajas:

- Las tareas se encuentran listas para la producción en el momento que son requeridas.

- Planificación que incluye análisis del riesgo y declaración de métodos de trabajo, de tal forma que las prácticas de trabajo sean más seguras.
- Mayor certeza del tiempo, materiales y equipos, y a su vez menores desperdicios.

3.8.Crítica a los sistemas de planificación tradicionales

La planificación tradicional está conformada por varios métodos de planificación, entre los principales métodos de planificación tradicional para la construcción se encuentra el método PERT (Project Evaluation and Review Techniques), la Línea de Balance, el CPM (Critical Path Method), entre otros. De estos métodos, el más utilizado y desarrollado es el Método de la Ruta Crítica, ya que es una herramienta muy valiosa para analizar la lógica entre las actividades que se deben ejecutar para poder construir la obra, indentificando aquellas actividades que son críticas y permitiendo finalmente obtener un modelo en el que se puede analizar los recursos, además de producir un cronograma para el cumplimiento de las actividades y las fechas en las que se debe llegar a cumplir con los hitos.

El CPM otorga mucha claridad para poder identificar de manera clara las fechas contractuales clave para el comienzo y finalización de las tareas o actividades, además de que permite la confirmación de los plazos en la producción y obligaciones contractuales. A pesar de todas las ventajas mencionadas, el método CPM no es una herramienta óptima para la producción en el sitio de trabajo, ya que la experiencia ha demostrado a lo largo del tiempo que el Método de la Ruta Crítica si bien es una gran herramienta para planificaciones a corto plazo, no obstante, la probabilidad de que las actividades se ejecuten de acuerdo a lo previsto reduce notoriamente cuando se requiere programar con un nivel alto de detalle. En su tesis para obtener el título de doctor en filosofía, el ingeniero Glenn Ballard al realizar una investigación descubrió que el porcentaje de plan completado (PPC) con el Método de Ruta Crítica es de típicamente el 50%, en pocas palabras, esto demuestra que al planificar una obra con el método CPM solamente la mitad de las actividades se cumplen de acuerdo a lo planificado. Al analizar esas particularidades el método indica cuando las actividades deberían comenzar y finalizar, pero no asegurar que se podrá cumplir con lo acordado. Al apegarse de manera estricta a las fechas de inicio de cada actividad se tiene garantizado que las obligaciones contractuales se cumplen o satisfacen, pero puede incurrir en que uno de los equipos de trabajo se salga de su secuencia o programación

y afecte, entonces, a otro equipo de trabajo, lo que podría ser motivo de disputas, malestares y que el trabajo se pueda volver abortivo. (Baldwin & Bordoli, The development of Last Planner, 2014)

Esa es una gran desventaja de los métodos tradicionales ya que el alto índice de incumplimiento de lo que se planea en comparación a lo que en realidad se ejecuta del plan indica que existe una gran variabilidad, es decir, existe mucha incertidumbre la misma que genera desperdicios en tiempo, materiales, mano de obra, y capital, a más de la credibilidad del constructor y de los supervisores al no poder cumplir sus promesas.

Glenn Ballard (2000) en su disertación de doctorado expone de igual manera que los sistemas tradicionales responden a una planificación tipo "push" o empuje, debido a que se fijan en los objetivos del proyecto, acto seguido recopilan información y planifican el trabajo en base a lo que debería hacerse, como se muestra a continuación.

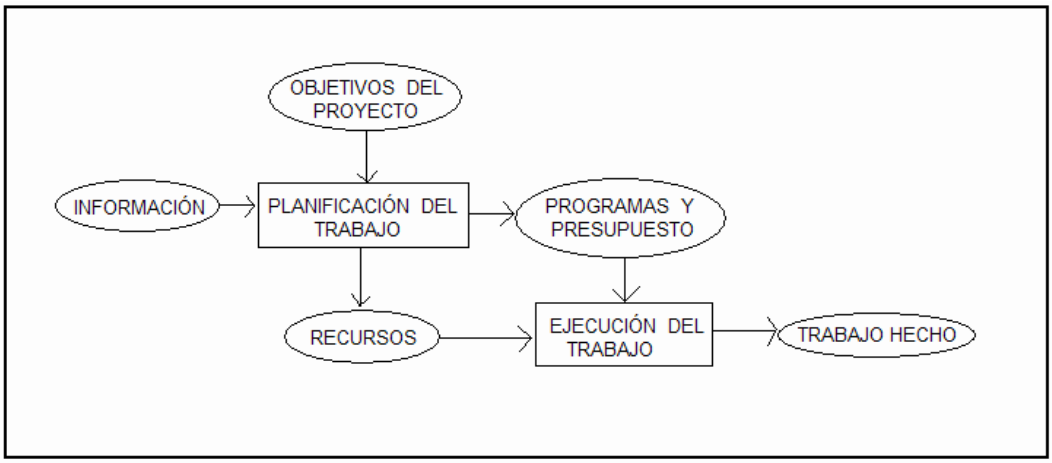


Figura 3.19. Esquema del proceso de planificación tradicional.
Fuente: "Aplicación del sistema de planificación "Last Planner" a la construcción de un edificio de mediana altura", Daniela Andrea Díaz Montecino, Pág 24.

Como se observa, la planificación del proyecto se realiza en base a la información disponible y a los objetivos del proyecto, entonces se asignan recursos a las actividades que forman parte de la programación realizada, sin embargo, la existencia de actividades que no podrán ser realizadas es obvia, a pesar de que hayan sido contempladas en la planificación. Consecuentemente durante la ejecución de la obra, al tener actividades que no se podrán ejecutar, se producirán atrasos en las actividades

que dependan de las actividades que no se pudieron realizar, causando que el trabajo se vuelva impredecible, además de contar con obreros y personal sin trabajar. Esto lleva a la conclusión de que no se debe asignar recursos a lo que se debería hacer sino a lo que se puede hacer, de ahí la eliminación de desperdicios (Montecino Díaz, Modelo tradicional y modelo "Lean", 2007).

El sistema del Último Planificador parte de lo que se "debería" hacer, y mediante un proceso la planificación colaborativa en el cual se determinan las restricciones que tiene cada actividad, se llega a determinar que se "puede" hacer, y con ello finalmente se planifica en base a las actividades que han sido liberadas de sus restricciones, dando como resultado una planificación que contenga lo que en realidad se "hará". En este sistema sólo se puede comenzar con la ejecución de una actividad sólo si se cuenta con todo lo necesario para poder completar la actividad. Esto se demuestra de manera resumida con el siguiente esquema.

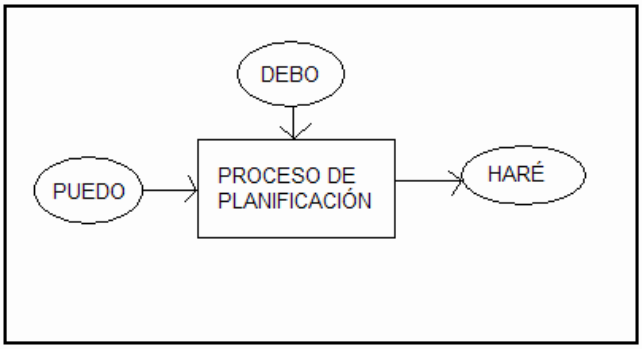


Figura 3.20. Funcionamiento generalizado del LPS.
Fuente: "Aplicación del sistema de planificación "Last Planner" a la construcción de un edificio de mediana altura". Daniela Andrea Díaz Montecino, Pág 24.

Como se explicó el LPS es un sistema "*pull*" en lugar de un sistema "*push*" porque la actividad que se encuentra aguas abajo en la cadena de valor es la que marca el ritmo y tira de la demanda, contrario a lo que ocurre en el sistema tradicional, en el cual las actividades que están aguas arriba empujan la producción hacia las actividades aguas abajo generando tiempos muertos, inventario excesivo, cuellos de botella, entre otros desperdicios (Pons Achell, Last Planner System, 2014)

3.9.Comparación métodos de planificación tradicionales vs *Last Planner*

El análisis anterior es de gran utilidad para recalcar que el sistema tradicional y el *Last Planner System* nacen de filosofías opuestas, entonces al estar estructurados por esquemas diferentes, presentan distintas características, así como su implementación y resultados no son iguales.

Como se sabe la filosofía "Lean Production" nació en la industria de la manufactura, en la cual la producción ocurre de una manera muy repetitiva, entonces si bien la construcción es un sector en el que existe la repetición, pero en un grado mucho menor, no obstante, posee varias características que a su vez nacen del sistema de producción tradicional. Esto lleva a la conclusión de que sí se puede llegar a comparar estos dos sistemas de producción.

En el método tradicional los errores y falencias del sistema se realiza mediante el control del costo de las actividades. Entonces para disminuir costos que son incurridos por los errores que se hayan detectado, se debe implementar nueva tecnología, lo cual está a cargo del departamento de control de calidad bajo autorización de la gerencia. "Lean Production" por su parte se enfoca en la gestión y el asesoramiento para mejorar el costo, tiempo y el flujo de trabajo, además del control, para poder prevenir posibles fallas del sistema.

La principal diferencia entre ambos sistemas es la consideración de las actividades que no agregan valor, ya que con los métodos tradicionales se generan muchos tiempos "ociosos" en el día a día en la construcción, debido a que en repetidas ocasiones durante el día los trabajadores se encuentran realizando tareas adicionales a la tarea que estaba planificada, además de que muchas veces los trabajadores se dan maneras para evadir el trabajo. En cambio, con la filosofía "Lean Construction" se elimina la mayor cantidad de desperdicios en el día a día.

Otra de las principales diferencias entre ambos métodos es que debido a que el sistema LPS está basado en la filosofía "Lean", el cliente no pasará a ser sólo un destinatario como ocurre con los métodos tradicionales, sino que será una parte activa dentro de los procesos de planificación y control, debido a que el cliente no solo será el dueño de la obra, sino que el cliente será también el equipo de trabajo que comienza con sus actividades una vez que otro grupo de trabajo haya finalizado las actividades que le precedían al grupo de trabajo actual. De esta manera el grupo de trabajo actual

funcionará como el cliente, el cual antes de empezar con su trabajo evalúa el trabajo que llega a sus manos, y no podrá comenzar a trabajar, sino hasta que se cumpla exactamente con lo que se haya acordado. De esta manera también se logra de que los ejecutores no solamente traten de presentar trabajos de calidad en las obras finales, que serán las que el cliente final (dueño) reciba, sino que la calidad se mantendrá constante a lo largo de la producción de cada actividad.

Un punto clave para que funcione correctamente el sistema "Last Planner", es el compromiso de todas las partes involucradas, ya que con esto se garantiza un mejor desempeño, porque todas las personas trabajan de mejor manera y con mayor responsabilidad al realizar algo que ellos mismos han planeado, trabajar por un objetivo que ha sido impuesto por una tercera persona, es decir, trabajan por una causa común. Así, los procesos serán transparentes y el flujo de trabajo será más confiable. Esto no ocurre en el sistema tradicional, de ahí que el personal tienda a evitar el trabajo y generar tiempos "ociosos".

La prevención también es un factor diferenciador entre ambos sistemas, pues en el sistema del Último Planificador no se puede comenzar una tarea sino hasta que se cuente con todo lo necesario para poder realizarla, ya sea en materiales y fuerza laboral como falta de información, o que se presenten dudas acerca de los procesos. Esto se puede lograr mediante la planificación a corto y medio plazo (plan semanal y plan intermedio) (Montecino Díaz, Modelo tradicional y modelo "Lean", 2007).

A continuación, se presenta una tabla comparativa de manera resumida que contiene las principales diferencias entre ambos sistemas, realizada por Daniela Andrea Díaz Montecino:

Tabla 3.1: Comparación entre el Sistema de producción tradicional y *Lean Production*

	Modelo Tradicional	**Lean Production**
Objeto	Afecta a productos y al servicio.	Afecta a todas las actividades.
Alcance	Actividades de control.	Gestión, asesoramiento y control.
Modo de aplicación	Impuestas por la dirección.	Por convencimiento y participación.
Metodología	Detectar y corregir.	Prevenir.
Responsabilidad	Del departamento de calidad.	Compromiso de todos los miembros de la empresa.
Clientes	Ajenos a la empresa.	Externos e internos.
Conceptualización de la producción.	Consiste en actividades de conversión y todas las actividades agregan valor al producto.	Consiste en actividades de flujo y hay actividades que agregan valor al producto o que no.
Control	Costo de las actividades.	Dirigido hacia el costo, tiempo y control de los

Fuente: "Aplicación del sistema de planificación "Last Planner" a la construcción de un edificio de mediana altura". Daniela Andrea Díaz Montecino, Pág 26.).

Además, se presenta una tabla que resume las diferencias más grandes entre el sistema Last Planner y el Método de la Ruta Crítica, las cuales algunas fueron mencionadas previamente.

Tabla 3.2: Comparación entre el método CPM y *Last Planner*

Programación tradicional (CPM)	**Last Planner System**
Única persona realiza la planificación y define los hitos	Un grupo de responsables define los hitos y realizan la planificación en equipo.
Una persona comprometida.	Un equipo comprometido.
No hay intercambio de conocimientos.	Sí hay intercambio de conocimientos.
No hay conversación.	Conversaciones cara a cara.
Bajo nivel de detalle.	Mayor nivel de detalle.
Intervinientes no identificados.	Intervinientes identificados.
No se anticipa la disgregación de tareas.	Se anticipa la disgregación de tareas.
Es difícil realizar el seguimiento.	Es fácil realizar el seguimiento.
No hay acuerdo con los supuestos.	Acuerdo con los supuestos.
Dificultad para identificar las restricciones.	Facilidad para identificar las restricciones.

Fuente: "Last Planner System (LPS)", Juan Felipe Pons Achell.

3.10. Conclusiones

En el epígrafe presente se expusieron las filosofías y principios en los que se basa el Last Planner System, los cuales de una manera lenta han podido ingresar al campo de la construcción con la finalidad de buscar mejorar la productividad, el ambiente de trabajo, la calidad de la producción, así como la satisfacción del cliente y la eliminación de desperdicios, generando un ambiente libre, en la medida de lo posible, de la incertidumbre. Para ello es primordial que se eliminen las actividades que no agregan valor final al producto, y así aumentar la eficiencia.

El Sistema del Último Planificador permite cumplir con los objetivos de la filosofía *Lean Construction*, mediante la planificación colaborativa por parte de las distintas partes interesadas en el proyecto (representantes de los equipos de trabajo, y si el caso lo amerita, el cliente, diseñadores, entre otros) a distintos niveles de detalle, basándose en la planificación inicial, en la cual se determinan los principales hitos del proyecto, es decir indica lo que se "debería" hacer, y su generación está a cargo generalmente de

los “Primeros Planificadores” (diseñadores, arquitecto, contratista general, entre otros), el cual servirá como materia prima para poder realizar un cronograma basado en la técnica *Pull,* que dará como resultado un cronograma a nivel de fases, para acto seguido, subdividirlo en cronogramas que sean manejables, los mismos tendrán una duración de cuatro a doce semanas, generalmente seis semanas, en función del tiempo de respuesta de los proveedores. El cronograma para la duración mencionada se lo llama Cronograma *Lookahead,* y en el mismo ingresan las actividades que los Últimos Planificadores piensan que realmente se “pueden” hacer, es decir, aquellas actividades de las cuales ellos están seguros que podrán liberar sus restricciones hasta el momento de su ejecución, y el objeto de eso es filtrar incertidumbres que el flujo no sea continuo. Como su nombre lo indica, *Lookahead,* esta etapa significa “mirar adelante” es decir, anticiparnos a los problemas y situaciones que se puedan dar e impedir el cumplimiento de la actividad, lo cual es algo que los métodos de construcción tradicionales obvian, ya que los mismos generan que los problemas que surgen se traten de solucionar en el día a día en el sitio de obra, es decir, solo se trata de corregir lo que ha ocurrido en lugar de prevenir, y esto causa que den retrasos en el programa y se trabaje en un ambiente de incertidumbre, causando disputas y malestar, además de todo tipo de pérdidas. Una vez que se ha realizado el Plan Intermedio o *Lookahead,* el siguiente paso es realizar una planificación a gran nivel de detalle, es decir la Planificación de la Producción o Plan Semanal, la cual se basa en realizar asignaciones de calidad y en equilibrar la cantidad de trabajo con la capacidad de trabajo. Entonces, para poder realizar el Plan Semanal se revisa en el Cronograma *Lookahead* lo que está planificado para la semana para después revisar cuáles de esas actividades se encuentran libres de restricciones. A las tareas que están libres de restricciones se las registra en una especie de reserva llamada Inventario de Trabajos Ejecutables, y así, después se eligen qué tareas del ITE se van a realizar, considerando siempre la cantidad de personal y equipos que se tienen para poder determinar el número de tareas que ingresarán al Cronograma Semanal, de esa manera los equipos de trabajo podrán realizar sus actividades sin interrupciones. Es importante considerar un par de actividades que se encuentran en el Inventario de Trabajo Ejecutable como reserva en caso de que por algún motivo no se pueda realizar una de las tareas planificadas, el personal no tenga que incurrir en tiempos ociosos, sino que pueda comenzar inmediatamente una de las tareas que se tenían de reserva. Después comienza el seguimiento de la producción de tal manera que en las reuniones semanales se pueda

medir la productividad mediante un indicador llamado Porcentaje de Plan Completo, y para el caso de las actividades que se han incumplido total o parcialmente encontrar la raíz de las razones del incumplimiento y poder atacar a la causa mediante las acciones correctivas pertinentes, con la finalidad de no cometer el mismo error dos veces y garantizar que se dé una mejora continua.

Uno de los pilares fundamentales para que pueda funcionar e implementarse de manera correcta el LPS es el compromiso por parte de los distintos actores (*Last Planners*), ya que, si los mismos se comprometen de verdad a cumplir con las promesas que realizan, se sentirán motivados a trabajar no por el bien de su equipo, sino por un objetivo mayor, un bien común, sintiendo que el proyecto es suyo, además de que los mismos tienen la obligación de no prometer realizar una determinada tarea si no están completamente seguros de que van a poder prepararla hasta que la misma inicie. Al realizar una planificación colaborativa donde cada Último Planificador tiene un rol decisivo para el éxito del programa, los mismos se sienten que son tomados en cuenta, es decir, se sienten parte de la empresa, en vez de solamente acatar órdenes del Jefe de Obra o contratista general, sin que sus decisiones y criterios tengan repercusión o efecto alguno en el curso del proyecto, como ocurre con la construcción tradicional, es decir, el LPS rompe con los esquemas tradicionales de tener una organización basada en una jerarquía piramidal y la convierte en una organización horizontal, donde los jefes se convierten en líderes y cada participante ayuda a su compañero, lo cual resulta en grandes ventajas. Otra de las ventajas de planificar con los representantes de los equipos subcontratados es que los mismos saben de la situación real del avance de la obra, así como los problemas que ocurren, por lo que la planificación que se genere será lo más real y acertada posible. De esta manera se ve como el Sistema del Último Planificador prevé un sistema de escudos o defensas, que, si cada fase y componente del sistema se la realiza correctamente, evitará en lo posible de que el cronograma falle y se retrase el programa, sino se cumplan los objetivos de la planificación y del contrato de la manera más satisfactoria y con la mayor calidad bajo la menor cantidad de desperdicios.

Para finalizar el presente capítulo, se concluye que el *Last Planner System* es un herramienta de planificación y control de proyectos de construcción, que tiene como finalidad reducir la variabilidad e incertidumbre que siempre es un factor que juega en contra de los participantes del proyecto, por medio de la generación de planes que sean

predecibles y eficientes, y así poder incrementar el cumplimiento de las actividades de acuerdo a lo planificado y eliminar todo tipo de desperdicios, ya sean de materiales, mano de obra, tiempo, económicos, entre otros. De esta forma el sistema analizado hace que los planes o pronósticos realmente cumplan con su razón de ser y reflejen la situación real del proyecto, en vez de realizar cronogramas con la finalidad de cumplir con requisitos contractuales mostrando solamente lo que se "debería" hacer y que la realidad del proyecto sea muy distinta. El LPS genera satisfacción a todas las partes interesadas, además de trabajos con calidad, seguridad, productividad, compromiso; creando un ambiente de bienestar manejando la incertidumbre.

4. CAPÍTULO 4
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA *LAST PLANNER*

4.1. Introducción

En el capítulo anterior se describió la estructura del *Last Planner System*, partiendo desde las filosofías que lo fundamentan, hasta adentrarse en cada componente y etapa del sistema, así como también se lo comparó con el método de planificación tradicional más representativo (*Critical Path Method*), con la finalidad de proporcionar suficiente información para adquirir un gran conocimiento del sistema, y posteriormente poder implementarlo de manera satisfactoria. Al sumergirse en el Sistema del Último Planificador, se sabe que el mismo persigue mejorar la producción, seguridad, calidad, reducir tiempos de entrega y manejar la variabilidad. Justamente, en el epígrafe presente se aplicará el método a la construcción de una vivienda ubicada en el sector de San Joaquín, Cuenca, Ecuador, la cual ya se encuentra en ejecución, y se determinará si en realidad se pueden conseguir los beneficios que pondera el sistema. Para ello antes se explicará las principales reuniones en las que se resume los componentes del sistema para poder implementarlo.

4.2. Las reuniones y conversaciones para la implementación del sistema

Hay un sinnúmero de razones por la que varias empresas y corporaciones tanto en Estados Unidos como en Europa, incluso en Suramérica (principalmente en Brasil, Chile y Perú), han decidido implementar métodos de planificación que responden a la filosofía Lean, y principalmente optan por el método o sistema del Último Planificador, ya que como se analizó previamente, su correcta implementación genera resultados muy beneficiosos para todas las partes involucradas. Según Mossman (2015), una gran cantidad de compañías implementan el sistema por las siguientes razones:

- Para identificar problemas potenciales antes de que los mismos se conviertan en obstáculos en el proyecto.
- Para ayudar a mejorar la confiabilidad general de los procesos de producción en pequeños y grandes proyectos.

- Para reducir la incidencia de las malas noticias en el proyecto, y recibir las malas noticias de manera temprana, de tal forma que se pueda tomar acciones a tiempo.
- Para crear proyectos confiables para los clientes, y entregarlos cumpliendo con el principio de Lean: Justo-A-Tiempo
- Para desarrollar habilidades supervisión y reducir las tareas en la administración.
- Para crear programas de producción más predecibles y confiables.
- Para entregar proyectos más seguros, rápidos y económicos.
- Para estabilizar proyectos.
- Para entregar proyectos con mayor predictibilidad de costos.
- Para mejorar la lógica o secuencia de construcción en los proyectos.
- Para mejorar las predicciones de la cantidad de trabajo que se requiere.
- Para reducir el riesgo de accidentes de trabajo.
- Para cumplir o finalizar proyectos a tiempo, como se planificó.
- Para reducir disputas y el estrés.
- Para tener mayor control de los costos.
- Para reducir las duraciones de los proyectos.

Como se mencionó con anterioridad, el sistema se compone de tres etapas principales, o cuatro si se considera como una etapa a la planificación de fases, y a su vez estas etapas pueden subdividirse en más componentes. Sin embargo, para poder implementar el sistema se requieren de tres reuniones principales que son "*Pull Session"* (reunión para realizar la planificación de fase), la reunión para realizar Planificación intermedia y la reunión semanal. Cabe destacar, que no se considera la reunión para la planificación inicial, porque la misma la realizan sólo los "Primeros Planificadores", y su resultado es el Plan Maestro, el cual es el documento clave para poder realizar la reunión *"Pull"* o *Pull Session.* Previamente se describió la estructura de cada reunión, los objetivos que persiguen, así como el rol que tendrán los participantes en cada una de ellas, y los resultados que se obtienen de ellas. Este proceso se describe con el siguiente esquema.



Figura 4.1: Etapas del LPS y reuniones en las que ocurre cada una de ellas
Fuente: "Last Planner System" de Juan Felipe Pons, disponible en internet en www.es.slideshare.net/juanfelipeponsachell1/last-planner-system.

Ahora se detallará los pasos y las preguntas que se recomiendan realizar para poder garantizar el éxito y el cumplimiento de los objetivos planteados en estas reuniones.

4.2.1. *Pull Session*

La *Pull Session* se la realiza una vez al mes, y ocurre dentro de una de las reuniones semanales de ese mes, generalmente ocurre al final del mes. Cabe recalcar que el cronograma que se obtiene en esta reunión, llamado cronograma *Pull*, es el cronograma correspondiente a la etapa de la Planificación de Fases. Es decir, esta reunión, como ya se ha mencionado, es la reunión para poder realizar la Planificación de Fases. Para poder realizar la misma reunión, primero se debe preparar a los equipos que participarán en el proyecto, y para ello se debe pedir a los integrantes de los equipos, principalmente al representante de cada equipo, que examine y estudie los planos y especificaciones. Además, se debe contar con el cronograma factible realizado por los "Primeros Planificadores" en la etapa de la planificación inicial, con los hitos que han considerado más importantes.

Los hitos principales se encuentran en el cronograma *Masterahead* o Plan Maestro, realizado en la etapa presupuestal del proyecto. En la reunión *Pull* se toman los hitos mencionados y se les agrega más detalle mediante el proceso de planificación "hacia atrás" o de "halado", de tal manera que el hito final de proyecto y los otros hitos que se determinaron, quedarán subdividido en más hitos.

Para poder realizar la reunión de mejor manera, ayuda mucho realizar como un paso previo un listado con los oficios o roles y el responsable de cada uno de ellos, es decir, de los equipos y su representante, así como de los cargos administrativos, arquitecto, entre otros. Juan Felipe Pons (2014) recomienda que para poder realizar la "Pull Session" de manera satisfactoria, se deben seguir los siguientes pasos previos:

1. Definir la estrategia para liderar la reunión

- ¿Qué se quiere lograr?
- ¿Quiénes son los participantes?
- ¿Cuáles son las preguntas que deben hacerse para crear la mejor estrategia para definir los hitos?
- ¿Cuáles son los posibles retos que se puedan presentar durante la reunión?

2. Enviar a los participantes de la reunión una carta de invitación, o asegurarse de que todos los participantes tengan conocimiento de la misma, así como el lugar y la hora a desarrollarse la reunión.
3. Capacitar a los participantes de la reunión del comportamiento que deben tener en la reunión, así como las instrucciones para participar en ella. Para ello se debe proceder como sigue:

- Incitar a los participantes a que revisen y estudien los planos del proyecto, y también se les debe pedir que identifiquen a groso modo las actividades que requerirá cada uno de ellos para llevar a cabo el proyecto.
- Pedir a los participantes que preparen una lista de tareas, incluyendo la duración y la mano de obra.
- Pedir a los participantes que identifiquen las restricciones para poder realizar estas tareas.

Se debe tener en cuenta algunos aspectos para la reunión, tales como que todos los representantes de los equipos deben participar en la reunión, aun así, su participación en el proyecto aún no esté próxima. Otro punto importante es que las tareas tienen que haberse definido claramente, así como también se debe acordar estrategias para el trabajo, y una secuencia lógica para que después se elabora el "Cronograma Pull" mediante el método de "halado" o *Pull*, que ya se explicó con anterioridad. Finalmente, la reunión finaliza cuando los Últimos Planificadores han acordado la red lógica de actividades, y ninguno tiene una objeción acerca de ella, además, deben estar seguros que pueden tener lista cada actividad para ejecutarla según lo programado y en el tiempo que han prometido en la negociación durante la reunión.

Para poder crear la reunión *Pull*, Juan Felipe Pons (2014) y Jason Mayes (2013), aconsejan que la persona que es la encargada de dirigir la reunión (llamado facilitador) debe ser de preferencia un consultor o una persona especializada en el sistema, pero de no contar con la misma, al menos debe conocer bien el sistema. Los autores mencionados, recomiendan que para que se genere una reunión exitosa, el facilitador tiene la responsabilidad de que se cumplan los siguientes puntos:

1. Se debe contar con una pizarra, o un tablero de gran tamaño para poder realizar el cronograma *Pull* en él. Se debe escribir el hito y la fecha de terminación en el lado derecho del tablero, que es lo que se va a "halar".
2. Asignar un color distintivo para cada equipo. Por ejemplo: El equipo encargado del acero estructural y soldadura tendrá el color amarillo, el equipo encargado de las obras de hormigón tendrá el color gris, y así sucesivamente. Después se entregará a cada equipo hojas adhesivas (tipo post it's) con el color respectivo de cada equipo.
3. Se observa el último hito que se presenta en el Programa Maestro y se pregunta lo siguiente: "¿Cuál es la tarea inmediatamente anterior a este hito o actividad?". Se determina la actividad predecesora al hito o actividad analizada, e inmediatamente el representante de cada equipo rellena la hoja adhesiva. En algunas ocasiones se podrá tener dos o más tareas predecesoras, por lo que se tendrá que lidiar con todas las actividades que resulten predecesoras inmediatas de la actividad analizada. A continuación, se presentan los campos de información que se deben rellenar en las hojas adhesivas. La primera es la estructura sugerida por Alan Mossman, y la

segunda estructura la propone Juan Felipe Pons. Cabe destacar, que se puede usar cualquier formato que le resulta más práctico a la empresa para rellenar la hoja adhesiva.

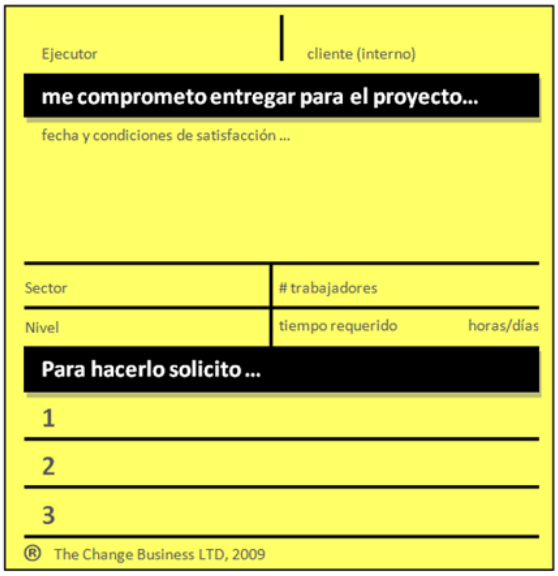


Figura 4.2: Campos de información que se deben rellenar en la hoja adhesiva.
Fuente:"Last Planner: 5+1 crucial & collaborative conversations for predictable design & Construction delivery" de Alan Mossman, Pág 16.

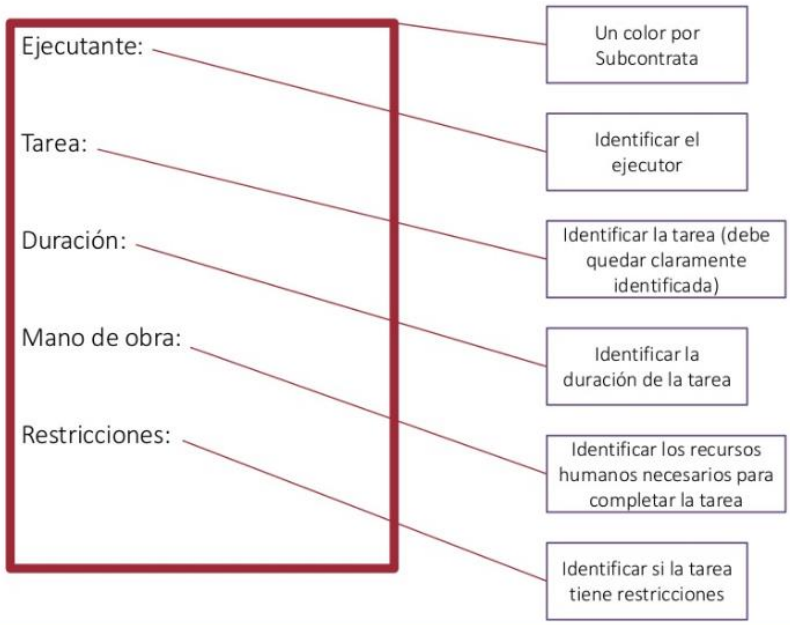


Figura 4.3: Instrucciones para rellenar la hoja adhesiva.
Fuente: "Last Planner System" de Juan Felipe Pons, disponible en internet en www.es.slideshare.net/juanfelipeponsachell1/last-planner-system

4. Colocar la hoja adhesiva a lado izquierdo del hito, y se debe dibujar una flecha desde la actividad que se determinó mediante el proceso *Pull* hasta la actividad o hito sucesor.
5. El facilitador inquiere nuevamente: "¿Cuál es la tarea predecesora de la colocada en el tablero?" En algunas ocasiones se podrá tener dos o más tareas predecesoras, por lo que se tendrá que lidiar con todas las actividades que resulten predecesoras inmediatas de la actividad analizada.
6. Colocar en la hoja adhesiva en la parte izquierda de la tarea que le precede y se debe realizar la siguiente pregunta: "¿Tenemos una superposición entre estas dos actividades?".
7. Se dibuja una flecha desde la tarea (predecesora) a la tarea (sucesora) e informar de la superposición, si existe.
8. El facilitador entonces pregunta: "¿Hay más actividades?". Si la respuesta es "Sí", hay que ir al paso 5. Si la respuesta es "No" la *Pull Session* ha terminado y hay que ir al paso 9.
9. Hacer una revisión de las tareas con los participantes para asegurarse de que está de acuerdo con los resultados de la *Pull Session* y realizar ajustes al programa en caso de ser necesario.
10. Realizar una revisión Plus-Delta de la sesión.

La revisión Plus-Delta ayuda a llevar un seguimiento de lo que se realizó bien en el *Pull Plan* o reunión *Pull* actual y de lo que se puede hacer de mejor manera para las próximas reuniones. Para para realizar este tipo de revisión se les pide a los participantes de la reunión que se introduzcan en un proceso de retroalimentación de lo que ocurrió en la reunión actual, para determinar los Plus (aspectos positivos de la reunión. Por ejemplo: los equipos trabajaron de manera colaborativa, la reunión fue corta, entre otros) y los Delta (aspectos que se deben mejorar para la próxima reunión. Por ejemplo: el arquitecto debería estar presente en la próxima reunión porque él también toma decisiones importantes, o que la reunión fue muy larga, entre otros). Entonces para la próxima reunión se debe haber tratado de resolver todos los Deltas de la reunión anterior, y para comprobarlo al inicio de la próxima reunión se mencionan los Deltas de la reunión pasada junto con las soluciones que se han encontrado.

De igual manera, es imprescindible que, durante la reunión, al momento que se determinan las actividades en el proceso de "halado" se determinen las principales restricciones para cada actividad, como se presenta en los formatos para rellenar en las hojas adhesivas. De esta manera se identifican de manera anticipada los principales problemas que pueden surgir en la ejecución del proyecto, para mediante la liberación de las restricciones, poderlos solucionar a tiempo y lograr de que las actividades puedan iniciar y ejecutarse según lo acordado.

Adicionalmente, si se presentaran incongruencias notables en la duración de las actividades, tales como que en el proceso de "halado" una actividad presenta una duración mucho mayor a la que presentaba en el Plan Maestro, se debe cuestionar dicha actividad utilizando la técnica de los 5 *Whys*, y poder determinar de esa manera la razón de la diferencia, la cual podría ser que el representante del equipo encargo de ejecutar la actividad haya colocado una duración que incluya una holgura de protección contra la "mala suerte" o cualquier imprevisto, lo cual está prohibido como se explicó en la planificación de fases.

Se recomienda realizar el cronograma *Pull* lo más detallado posible, y tenerlo presente en todas las reuniones de las siguientes etapas. En la *Pull Session* cada tarea debe estar bien definida, esto es especificar el lugar donde se ejecutará la tarea, especificar la duración de la tarea en los días laborables, especificar los recursos humanos que se necesitan para la tarea, así como la especificación de la tarea predecesora a la tarea analizada, y finalmente es importante especificar si la tarea tiene restricciones, es decir, si la tarea tiene algo que le impida al ejecutor que realice la tarea.

Finalmente, al haber manejado y desarrollado correctamente la reunión, se deberá haber cumplido como objetivo principal que se mejore el flujo del trabajo al momento de ejecutarlo, acompañado de objetivos específicos como la identificación de los conflictos durante la generación de la red de actividades y ruta crítica, también se logrará determinar la duración de la holgura total del proyecto para después distribuirla en las actividades potencialmente sensibles como se explicó en la planificación intermedia. Además se logrará preparar a los subcontratistas y de manera conjunta si la secuencia de actividades es la correcta, determinar superposiciones entre actividades, entre otros (Pons Achell, Last Planner System, 2014).

4.2.2. Reunión para la Planificación Intermedia

El proceso para poder realizar la Planificación Intermedia se lo explicó de manera minuciosa cuando se hizo la descripción general, características, particularidades y objetivos que persigue la misma, por lo que a continuación se explicarán los aspectos que se deben tener en cuenta para la correcta implementación de esta etapa. Es importante recordar que cada semana durante la reunión para realizar el plan de producción, también se actualiza la ventana *Lookahead*, y además se realiza la planificación de las actividades que ocurrirá seis semanas después de la semana actual.

Como se sabe, la Planificación Intermedia, es un filtro del cronograma *Pull*, que su duración depende sobretodo de los tiempos de respuesta para obtener información, fuerza laboral y maquinaria. Sin embargo generalmente, esta etapa comprende un período de 6 semanas, para el cual hay que tomar en cuenta las siguientes preguntas que propone Juan Felipe Pons (2014):

- ¿Las tareas se están definiendo correctamente?
- ¿La secuencia del trabajo es lógica y correcta?
- ¿La duración de las tareas son correctas?
- ¿Las superposiciones entre tareas son correctas?
- ¿Los equipos de trabajo cuentan con los recursos necesarios para poder ejecutar las tareas?
- ¿Cuáles son las oportunidades de mejora?

Como se mencionó lo principal de la Planificación Intermedia es poder preparar las tareas, mediante la liberación de sus restricciones para que puedan ingresar al Inventario de Trabajos Ejecutables, y para ello es muy importante verificar que los 7 flujos de Koskela están siendo considerados y poder realizar asignaciones de calidad. Como se sabe, el análisis de las restricciones se administra por medio de la planilla de restricciones, la cual puede estar integrada al cronograma *Lookahead*, o bien de manera aislada para manejar un mayor nivel de detalle.

Para la búsqueda de poder aumentar el PPC se debe preparar las tareas adecuada en el proceso de Planificación Intermedia, para lo cual se debe definir de manera clara en qué consiste cada actividad, quién es el encargado de liberar las restricciones de la misma, así como el responsable de realizar el seguimiento de ello. Para poder lograr

esto, el coordinador o facilitador (especialista en el sistema), debe revisar el flujo de trabajo para las semanas próximas, según lo establecido en la planificación y a las condiciones de la obra en el sitio de trabajo (Coronel Carcelén, Preparación de las asignaciones, 2010). Para poder administrar de una manera eficiente la planilla de restricciones, algunos autores recomiendan que todos los martes y jueves se contacte con los Últimos Planificadores que son parte de la planilla de restricciones para el período *Lookahead* actual y son los responsables de eliminar las restricciones en la semana actual, con el motivo de preguntarles si efectivamente van a poder eliminar sus restricciones, de tal forma que si piensan que no van a poder liberar las restricciones, se informa al equipo y al ejecutor de la tarea que la restricción no va a poder ser eliminada, por lo que se causarán retrasos, desperdicios y el cronograma tendrá que reprogramarse, y por ende el Porcentaje de Plan Completado (PPC) disminuirá (Pons Achell, Last Planner System, 2014).

El proceso de la Planificación Intermedia que debe realizarse cada semana, se resume en los siguientes pasos (Ballard H. G., 1997):

1. Revisar y actualizar el Plan Maestro en caso de ser necesario.
2. Explotar las actividades del programa de fase en operaciones.
3. Identificar de manera colaborativa las actividades que van a ser planificadas. Es importante realizarlo de manera conjunta con los representantes de los equipos porque en las actividades que son identificadas participan distintos subcontratistas o equipos.
4. Planificar la secuencia o método de trabajo para la operación completa, reuniendo el trabajo que es altamente interdependiente.
5. Generar y acordar con los Últimos Planificadores un flujo de trabajo en función de la capacidad de la organización (es decir, en función de la capacidad de los equipos de trabajo) que permita una secuencia y velocidad necesaria para poder cumplir con los objetivos del proyecto para cada período.
6. Equilibrar la cantidad de trabajo con la capacidad de trabajo de cada equipo.
7. Preparar las asignaciones, y mantener un Inventario de Trabajo Ejecutable para cada equipo y supervisor (frente de trabajo).

4.2.3. Reunión para la Planificación Semanal

Durante la primera reunión semanal se producirá únicamente el plan de producción para la semana que viene, según la fase en la que se encuentra el proyecto, y se deberá procurar que la reunión sea lo más breve posible, y que todos los Últimos Planificadores se comprometan a cumplir lo que han programado y acordado. Después se realiza el seguimiento del plan a lo largo de la semana, entonces en la próxima reunión se evaluará el Porcentaje de Plan Completado y se identificarán las Causas de No Cumplimiento de las actividades que no se pudieron cumplir (Coronel Carcelén, El plan de producción, 2010).

Para la reunión semanal cada Último Planificador debe llevar su propuesta para la planificación de actividades para su equipo correspondiente al próximo período de producción, esto es, de la próxima semana. El motivo de este proceder es planificar la producción de manera colaborativa con todos los representantes de las cuadrillas subcontratadas en base a la propuesta del Plan de Trabajo semanal realizada por el coordinador y la planificación determinada en la ventana actualizada *Lookahead*, y determinar la mejor secuencia de trabajo para que el flujo de trabajo sea el más eficiente. Se recomienda que para la planificación o programa semanal se consideren actividades que sirvan como un "colchón", es decir, que, si una de las actividades planificadas no puede comenzar o falla, se puedan realizar las actividades que se tenían en reserva, las cuales provienen del Inventario de Trabajo Ejecutable, de tal forma que los equipos o cuadrillas nunca tenga tiempos ociosos debido a ello, o sea que nunca se quede sin hacer nada. Además, para poder realizar el plan semanal se necesita haber definido con anterioridad las Condiciones de Satisfacción para las actividades, con la finalidad de tener los estándares para poder declarar terminada cada tarea (Coronel Carcelén, El plan de producción, 2010).

El siguiente esquema resume el proceso de la ejecución del Plan de Producción como se muestra a continuación en la siguiente figura propuesta por José Coronel Carcelén.

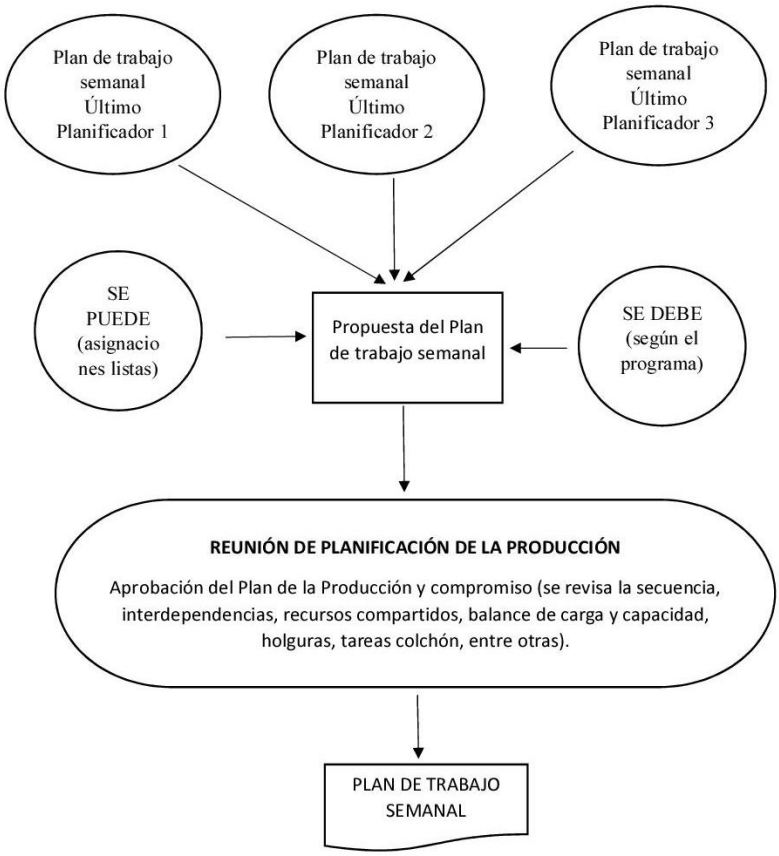


Figura 4.4: Ejecución del Plan de Producción.
Fuente: "Planificación y control del proceso productivo en la construcción de proyectos civiles: Un manual/guía para la implementación del Last Planner System" de José Coronel Carcelén, pág 82.

Además, José Coronel Carcelén en su trabajo de titulación "Planificación y control del proceso productivo en la construcción de proyectos civiles: Un manual/guía para la implementación del Last Planner System", recomienda que se elabore un esquema similar al que sigue, donde se presenta lo que se debe prever para la reunión de la Planificación Semanal.

REUNIÓN DE LA PLANIFICACIÓN SEMANAL Y APRENDIZAJE

CADA ÚLTIMO PLANIFICADOR (debe entregar vísperas de la reunión al coordinar):

- Propuesta del Plan de Trabajo Semanal para su equipo de trabajo.
- PPC y CNC de la semana anterior y propuesta de acciones correctivas (opcional).

COORDINADOR DEL SISTEMA LAST PLANNER:

- Propuesta general del Plan de Trabajo Semanal.
- Gráfico PPC acumulado (hasta la semana anterior).
- Gráfico de CNC acumulado, ordenado según la frecuencia (hasta la semana anterior).

ASISTENTES (ÚLTIMOS PLANIFICADORES)

- Coordinador del sistema.
- Maestros de obra y subcontratistas.
- Ingenieros residentes de obra, supervisores, jefes de terreno.
- Superintendente de obra.
- Encargados de preparar las asignaciones.
- Fiscalización (opcional).
- Líderes en la implementación del LPS (opcional).

ORDEN DEL TÍPICO:

1. Análisis de los gráficos de PPC y CNC.
2. Análisis de cada Causa de No Cumplimiento con *5 Whys.*
3. Retroalimentación: Incluye preguntas acerca de cómo mejorar el flujo de trabajo, qué acciones correctivas implementar, y la comparación de lo que se ha ejecutado contra lo que establece el programa. En el caso de que los resultados obtenidos de la semana que pasó hayan sido positivos, felicitar a los equipos.
4. Si la reunión se realiza en la mitad de la semana, analizar el avance de la semana actual hasta antes de la reunión, e implementar acciones correctivas o

la solución de problemas si se identifican problemas que se pueden solventar inmediatamente.

5. Revisión de la Propuesta del Plan de Trabajo Semanal mediante las siguientes preguntas: ¿Cuáles son las prioridades para la próxima semana? ¿Qué dice el programa? (el representante de cada equipo propone su propuesta de trabajo para la semana). Se analizan las interdependencias, recursos compartidos y las sugerencias de cada equipo.
6. En el caso de que algún Último Planificador no esté de acuerdo con el programa y piensa que se puede mejorar el plan de una manera determinada y el resto de los planificadores están de acuerdo, corregir el programa.
7. Aprobación del Plan de Trabajo Semanal y realización de los compromisos por parte de cada Último Planificador en voz alta.
8. Entrega del Plan de Trabajo Semanal a todos los Últimos Planificadores, incluyendo las celdas correspondientes al seguimiento del cumplimiento de las tareas.

También es importante resaltar que si una tarea dentro de la Planificación Semanal, y que, consta en la Planificación Intermedia, no se ejecuta durante la semana para la cual ha estado programada, se notará la misma en la lista de las actividades con retrasos manejables, y se tendrá que incorporar al próximo Período de Producción, y posteriormente se tendrá que comprimir o ajustar la Planificación Intermedio próxima para poder cumplir con los tiempos que estipula el cronograma *Pull*. De igual manera no hay que olvidarse de cada semana actualizar la ventana Lookahead con lo que ha ocurrido durante la semana, así como planificar en cada reunión semanal la producción correspondiente a seis semanas después de la semana actual, y lo propio ocurre con el cronograma *Pull* o de Fase, que en la reunión mensual habrá que actualizarlo, a pesar de que en cada semana en la reunión para la Planificación de la Producción además de comparar lo ocurrido con el *Lookahead Program*, se debe comparar con el cronograma *Pull* para que se tenga una referencia de los tiempos en general y observar de manera macro lo que ocurre en el proyecto.

De manera análoga al proceder de la reunión *Pull*, se recomienda para que la planificación colaborativa dentro de la reunión semanal sea más interactiva y todos los participados se interesen, se debe realizar el mismo procedimiento que en la *Pull Session* en lo que se refiere al uso de las hojas adhesivas, esto es, que cada equipo rellene con sus actividades en hojas adhesivas con un color por equipo, en las cuales preverán la tarea bien definida, la duración de la misma, entre otras. Después se procederá a negociar con los representantes de los equipos acerca de las duraciones de las actividades, y también a conversar con todos los equipos acerca de la secuencia de trabajo, el espacio, la presencia de actividades simultáneas (superposición entre actividades), con el objetivo de solventar todas las dudas. Al planificar usando las hojas adhesivas, se garantiza la facilidad para cambiar el orden en la secuencia en las actividades durante la planificación y el conocimiento total del plan, además de que los planificadores se sienten como una parte integral dentro del proyecto, y esto tendrá como resultado un verdadero compromiso por su parte para cumplir lo que han prometido.

De esta manera se puede tener éxito en la reunión la Planificación de la Producción y obtener un verdadero compromiso de los participantes, además al revisar cada semana lo que ha ocurrido en la semana anterior y evaluar el PPC y las Causas de No Cumplimiento junto con las medidas correctivas para cada causa, y a esas acciones incorporarlas en la planificación de la próxima semana realizando asignaciones de calidad sumadas de actividades "colchón", aumentará de manera significativa la productividad de cada equipo (reflejada en el PPC), la predictibilidad en la ejecución de las actividades, se eliminarán los desperdicios referentes a tiempos ociosos, mano de obra, materiales y equipo, y finalmente, se controla a las unidades de producción así como la trasferencia de trabajo de una unidad a otra.

4.2.4. *Stand-up Meetings* (Reuniones de pie)

Este tipo de reuniones si bien no es parte de los tres tipos de reuniones fundamentales que se mencionaron anteriormente, no obstante, es muy importante para realizar un seguimiento a la producción y estabilizar el flujo de trabajo, ya que en ella se discuten el progreso de los distintos equipos que se encargan de la producción de la semana actual. Este tipo de reuniones generalmente ocurren de manera diaria y no deben tener una duración mayor a 15 minutos, y de ser posible deben celebrarse dentro de un

horario regular. En ella participan los representantes de cada equipo, y además de revisar el avance de las actividades planificadas, se revisa los indicadores de rendimiento y el progreso de las acciones de mejora (Pons Achell, Last Planner System, 2014).

Juan Felipe Pons (2014) sugiere que esta reunión contemple tres distintas partes: 1) Puesta al día del equipo, en la cual se revisa los avances hasta el día anterior a la reunión, los compromisos para el día presente y los obstáculos y problemas que hayan surgido. 2) Revisión de los indicadores de rendimiento, haciendo hincapié en las preocupaciones acerca el cumplimiento del programa para esa semana. 3) Sugerencias por parte del equipo o el supervisor acerca del progreso en la mejora del rendimiento.

4.3. Implementación del *Last PLanner System*

El sistema se va a implementar a la construcción de la vivienda de la familia Crespo Moscoso, a partir del cronograma obtenido con el Método de la Ruta Crítica, el cual debido a que ha sido elaborado con un nivel de detalle considerable, ha sido elaborado a partir de la red de actividades, para la cual se determinaron las relaciones de dependencia entre cada actividad, obteniendo como resultado la Ruta Crítica para la construcción de la vivienda de inicio a fin, además de la holgura de cada actividad que conforma la red. Es por ello, que el cronograma total realizado con el método CPM, se considera como la piedra angular entre ambos métodos, ya que contiene las características de la Planificación de Fases (determinar la holgura del proyecto y las actividades críticas), a pesar de haber sido generado a partir de la filosofía *Push*, que caracteriza a los métodos de planificación tradicional. En otras palabras, el cronograma obtenido con el método CPM, se considerará como el Cronograma *Pull* para la implementación del Sistema del Último Planificador, a partir del cual se seleccionará un período para realizar la planificación intermedia y semanal, y poder graficar el Porcentaje de Plan Completado acumulado y las Causas de No Cumplimiento, y así, evaluar si los objetivos del sistema se han cumplido y las barreras para la implementación del sistema.

Como se explicó en el capítulo I y II, la vivienda a la cual se está aplicando el método integral de planificación y control, objeto del presente trabajo de titulación, se encuentra ubicada en el sector de San Joaquín en la entrada llamada “El Alto” en el Km 5 ½ de la vía el Ejido. La implementación del sistema se realizó a partir del mes

de enero de 2017, comenzando la ejecución del primer Plan de Producción el día lunes 16 de enero. Como se mencionó anteriormente, el proyecto ya se encontraba en ejecución antes de implementar el sistema, pues al momento de comenzar con la implementación del sistema, el avance de la construcción se encontraba en una etapa donde la mayoría de las paredes de planta alta se habías levantado, y enlucido las paredes interiores de planta alta, además, se colocaron los perfiles electrosoldados en sección "I", los cuales soportarán un pasillo de planta alta, dos losas (tipo "deck") en planta alta y la estructura de cubierta. Adicionalmente, se realizó el hormigonado de dos zapatas adicionales (no estaban contempladas en los planos iniciales), de las cuales nacen dos columnas, sobre las que se colocarán un perfil electrosoldado con la finalidad de que soporte una de las losas tipo "deck" que se mencionó anteriormente. El avance de la obra hasta el día sábado 14 de enero se puede observar en las siguientes imágenes:



Figura 4.5: Perfiles metálicos electrosoldados en sección "I" en planta alta alta y cubierta



Figura 4.6: Zapatas y armaduras para columnas adicionales



Figura 4.7: Excavación para desagües y pozos de revisión

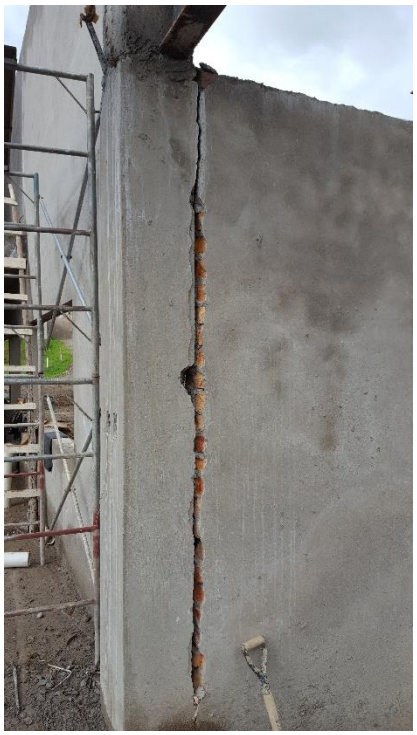


Figura 4.8: Grieta en pared entre eje 4 y eje F

A continuación se detallará la metodología para la implementación del sistema *Last Planner*.

4.4. Metodología de implementación

Debido a que la construcción de la obra estaba en curso, los distintos equipos de trabajo (equipo de obra gris y acabados, equipo de acero estrucural o soldadores, equipo de instalaciones sanitarias y equipo de instalaciones eléctricas) ya habían interactuado entre ellos y trabajado conjuntamente, razón por la cual no fue necesario realizar una reunión de conocimiento del grupo de trabajo, sin embargo se les notificó de que se implementará un método distinto al que conocen de planificación y control de obra.

El administrador del proyecto (que para este caso era el cliente y dueño de la construcción) y el coordinador de la implementación del LPS, que en este caso soy yo, nos reunimos para discutir la metodología del sistema, debido a que el administrador no tenía conocimiento del funcionamiento del sistema; entonces, en primer lugar, se le capacitó al dueño de la obra en cuanto a los principios del sistema, su funcionamiento, su metodología de implementación y los beneficios que proporciona el mismo al ser implementado correctamente. De esa manera se procedió después a

discutir acerca de las formas que consideramos más prácticas para poner en marcha al sistema y transmitir la información al personal, reconociendo de antemano como principal obstáculo la falta de compromiso y desinterés que tienen los obreros en nuestro medio.

Una ventaja de primero explicarle el sistema al dueño de la vivienda y que sea al mismo tiempo el administrador de la misma y pedirle su colaboración para la implementación del sistema, es que los obreros se sentirán obligados a acatar el sistema debido a que el dueño es quién les paga, y al mismo tiempo el dueño compartirá con todo el equipo cualquier cambio o duda que pueda tener, así como cada decisión que quiera tomar, para que si se toma una decisión se la haga de manera conjunta para poder discutir las mejores opciones desde los diferentes puntos de vista, y lograr así la satisfacción del cliente y de todas la partes interesadas, ya que se aumentará la productividad, la eficiencia, y se podrá manejar la incertidumbre, la cual es muy común en nuestro medio, debido a varias razones, entre las cuales oscilan principalmente comenzar actividades sin contar con lo necesario (actividades que poseen restricciones son ejecutadas), causando retrasos y el cambio de todo el programa que por ende genera una falta de control en el flujo del proyecto.

Como se explicó anteriormente, el cronograma general que se obtuvo al aplicar el método CPM, se considerará como el cronograma *Pull*, debido a que para obtenerlo se realizó la red lógica de actividades en función de las relaciones de dependencia las actividades que se consideraron como las principales y la duración de las mismas, pudiendo estimar el tiempo total del proyecto, las actividades críticas y la holgura que presenta cada actividad. En pocas palabras, el cronograma que da como resultado el método CPM, a pesar de haber sido determinado con una metodología *Push*, cumple con las características que debe tener el cronograma *Pull*, y, además, el mismo, gracias al análisis de precios unitarios y cálculo de cantidades de obra que se realizaron, cuenta con el flujo de caja que se estima para el proyecto. Esa es la razón por la que no se realizará la reunión para la Planificación de Fase, sino que debido a que se cuenta con los insumos suficientes, se implementará el LPS a partir de la reunión para la Planificación Intermedia. De esta manera se acordó con el administrador del proyecto que la reunión para darle inicio a la etapa *Lookahead* se la realizará el día miércoles 4 de enero de 2017, de tal forma que cada subcontratista tenga tiempo de preparar las actividades que entrarán en el programa *Lookahead*.

Además, como se explicó con anterioridad, el LPS puede implementarse ya sea desde cero, es decir, desde antes que inicie la construcción de la obra, o ya sea desde cualquier etapa de la construcción del proyecto, es decir, para el segundo caso ya se contará con la planificación inicial y obviamente la misma no se habrá cumplido a cabalidad hasta antes de la implementación del LPS, debido a la incertidumbre, cambios, retrasos debido a que no se eliminaron las restricciones en las actividades antes de ejecutarlas y el equipo recién cayó en cuenta de las restricciones de las actividades en el momento de ejecutarlas, entre otras razones. Entonces en ese caso, se verán grandes diferencias en cuanto a la productividad, rendimiento, reducción de desperdicios y manejo de la incertidumbre, a partir de la etapa del proyecto en la que se implementa el sistema del Último Planificador, y ese es el caso para el presente trabajo.

4.4.1. Reunión para la Planificación Intermedia

Después de haber notificado a los distintos representantes de cada equipo de trabajo que la primera reunión para la implementación del sistema se la haría el día 4 de enero, se le proporcionó a los mismos información muy resumida acerca de los principios básicos en los que se basa el sistema, y una breve descripción del sistema para que al asistir a la primera reunión cuenten con una noción básica acerca de lo que se tratará en la misma.

Debido a que las oficinas administrativas se encontraban lejanas al sitio de trabajo y la puntualidad en nuestro medio representa un gran problema, se decidió que toda la planificación se la realizará en el sitio de la obra, y que los días que se realice alguna reunión el personal terminará su jornada una hora y media antes, con el fin de tener tiempo para realizar las reuniones, caso contrario, al celebrar las reuniones al final de la jornada laboral, no se obtendrían resultados satisfactorios, ya que el personal se sentiría ansioso por retirarse hacia sus hogares, además de cansados, y participarían de forma deficiente.

Para agilizar la primera reunión se procedió a realizar una planilla donde se indica cada oficio con el representante o encargado del mismo, como se muestra a continuación:

Tabla 4.1: Oficios y responsables

Oficio/Rol	Responsable/Representante
Propietario de la vivienda	Juan Esteban Crespo
Contratista general (Jefe de Obra)	Fernando Moscoso
Contratista general (Encargado)	Juan Esteban Crespo
Arquitecto/Diseñador	Freddy Alvarado
Diseñador de iluminación	Analiz García
Obra gris y acabados	Percy Rojas
Acero estructural (soldadores)	Luis Ortiz
Instalaciones sanitarias (fontaería y desagües)	Humberto Campoverde
Instalaciones eléctricas	José Tello

Al llegar la primera reunión asistieron todas las personas que fueron invitadas (administrador del proyecto, coordinador del proyecto, coordinador de materiales y asuntos varios, y los representantes de los distintos equipos) y se los capacitó en cuanto al funcionamiento del sistema, sus beneficios, cómo implementarlo y los indicadores para la medición. De igual manera, se respondió a cada duda que presentaron los presentes. Cabe destacar que al explicar el funcionamiento y la metodología del sistema no se les dio nombres a las etapas del mismo para no crear confusión, pero se explicó en que consiste cada una de las etapas, y además se les aclaró de que cada actividad presenta restricciones que impiden que la misma se ejecute, y que al proceder como se acostumbra con los métodos de planificación tradicionales, se generan retrasos y desperdicios en materiales, tiempo, mano de obra, entre otros; además de ocasionar cambios constantes a la planificación, por lo que la obra se sumerge en un ambiente de incertidumbre, lo cual genera disputas entre los participantes, pérdidas económicas y molestias en el cliente. De esa manera, los representantes de cada equipo (Últimos Planificadores), pudieron notar la importancia de preparar las tareas.

Al informarles que el compromiso por parte de los Últimos Planificadores es la clave para que el sistema tenga éxito, se hizo hincapié en la necesidad de realizar promesas únicamente cuando se encuentran completamente seguros de que pueden cumplir con las mismas, y que es mejor no prometer algo en vez de realizar una promesa y no cumplirlo, ya que la productividad de todo el proyecto se verá afectada por el incumplimiento del equipo que realizó una promesa que no podía cumplirla. Adicionalmente, se tomó suficiente tiempo para explicarles de manera muy clara a los participantes que al momento de estimar la duración que le toma a su equipo para ejecutar una tarea, es crucial proporcionar la duración promedio que le toma a su cuadrilla ejecutar la actividad en condiciones normales, y no proporcionar duraciones

que incluyan tiempos mayores al tiempo promedio con la finalidad de proteger a la actividad contra situaciones adversas o “mala suerte”, ni tampoco el caso contrario, que es muy común en nuestro medio, que es prometer realizar la actividad en tiempos muy cortos que son irreales, con la finalidad de intentar de que el cliente los considere más eficientes, debido a que de igual manera ocasionarán que toda la planificación falle. De la misma manera se dio la suficiente importancia y detenimiento para explicarles que para cada actividad se deben estipular las condiciones de satisfacción de la misma, para poder así constatar y declarar el momento en que una tarea se encuentra verdaderamente ejecutada.

Acto seguido, se procedió a revisar el cronograma general que se realizó, y ubicar el avance real del proyecto y compararlo con el avance planificado, para poder después seleccionar el período para la Planificación Intermedia, y conocer las actividades que contempla la planificación original, y determinar actividades faltantes y los cambios que se han realizado en la ejecución, y de tal forma se decida de forma conjunta las actividades que realmente crean que van a poder preparar y ejecutarlas de acuerdo a lo que se planifique en el cronograma *Lookahead*. El intervalo que se estableció para analizar las actividades fue de cuatro semanas, debido a que el tiempo de respuesta de los proveedores no requería más.

De esta manera, después de haber seleccionado las actividades que entrarán en la ventana *Lookahead*, se procedió a enlistarlas en la planilla de análisis de restricciones. Para el presente trabajo de titulación, se optó por manejar una cuadrilla de restricciones aislada de la ventana *Lookahead* con el motivo de poder describir de manera más detallada cada una de las restricciones, ya que en la misma se encuentra la descripción de la restricción, así como el equipo encargado de ejecutar la tarea y el responsable de eliminar las restricciones para cada tarea, y de esta manera poder llevar un mejor seguimiento de las mismas. Las restricciones que se consideraron para el análisis son referentes a cuatro grandes grupos: directivas, prerrequisitos, recursos, procesos. Dentro de las restricciones en cuanto a impedimentos por parte de los directivos se encuentra la presencia de preguntas sin respuesta, planos o especificaciones incompletos, coordinación y comunicación del plan y, finalmente, cambios al trabajo. Dentro de las restricciones referentes a los prerrequisitos se subdivide tareas predecesoras, requerimiento de información y muestras. Así mismo, en las restricciones en cuanto a la falta de recursos se encuentra dividida en materiales,

equipo, mano de obra y el espacio que se requiere para poder ejecutar la tarea. Finalmente, las restricciones que se pueden presentar dentro del proceso constructivo hacen referencia al subcontratista, a la cuadrilla, materiales o equipo, y finalmente, las condiciones físicas que tiene que haber en el sitio de trabajo. Es decir, las restricciones que fueron analizadas en el trabajo de titulación nacen de los siete componentes para que fluya el trabajo que propone Koskela (personal, información, equipo, materiales, trabajo previo, condiciones externas, espacio seguro), y de los siete tipos de restricciones que propone Ballard en su disertación doctoral (Contrato, diseño, entrega, materiales, prerrequisitos, espacio, equipos)

A continuación, se presenta el formato que se utilizó para el análisis de las restricciones, así como de la ventana *Lookahead.*

Cronograma *Lookahead* (semana X-semana Y)																								
Proyecto																								
Preparado por																								
Descripcion Tarea	Equipo Responsable	Semana 1 (DD/MM/AAAA-DD/MM/AAAA)						Semana 2 (DD/MM/AAAA-DD/MM/AAAA)						Semana 3 (DD/MM/AAAA-DD/MM/AAAA)						Semana 4 (DD/MM/AAAA-DD/MM/AAAA)					
		Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa

Figura 4.9: Preparación del flujo para las próximas semanas (Ventana Lookahead)

Análisis de restricciones para la la elaboración de la Planificación Semanal (semana X: DD/MM/AAAA-DD/MM/AAAA)																		
Proyecto																		
Preparado por																		
				Restricciones														
				Directivas				Prerequisitos			Recursos				Procesos			
															Practica de Trabajo			
Tarea	Equipo responsable	Representante del equipo	Encargado de liberar restricción	Preguntas sin respuesta	Planos o espec. incomp.	Coord. y comunic. plan	Cambios al trabajo	Otras tareas	Req. de informacion	Muestras	Material	Equipo	Mano de obra	Espacio	Subcont	Cuadrilla	Equipo / Material	Condiciones climáticas/físicas

Figura 4.10: Planilla para el análisis de las restricciones

Inventario de Trabajo Ejecutable (semana XX: DD/MM/AAAA-DD/MM/AAAA)																			
Proyecto																			
Preparado por																			
			Restricciones																
			Directivas				Prerequisitos			Recursos				Procesos					
														Practica de Trabajo					
Tarea	Equipo responsable	Representante del equipo	Preguntas sin respuesta	Planos o espec. incomp.	Coord. y comunic. plan	Cambios al trabajo	Otros tareas	Req. de informacion	Muestras	Material	Equipo	Mano de obra	Espacio	Subcont	Cuadrilla	Equipo / Material	Condic. Fisicas/ climáticas	Entra al plan semanal?	Observaciones

Figura 4.11: Planilla para el Inventario de Trabajo Ejecutable

De este modo semana a semana se podía dar seguimiento al avance de la liberación de restricciones, y se debía identificar las tareas que han sido liberadas de sus restricciones e introducirlas en el Inventario de Trabajo Ejecutable, así mismo, cada semana se permitía que se incorpore nuevas actividades que se puedan ejecutar y que no han sido consideradas al inicio de la Planificación Intermedia ya que se pensaba que se tendría poca probabilidad de que sean ejecutadas.

Evidentemente, como ameritaba el caso, en la primera reunión se aclaró a todos los participantes que durante el proceso de análisis de las restricciones, cuando se elimina una restricción y obviamente, el responsable de darle el seguimiento a la liberación de las restricciones de la tarea, declara que se ha eliminado las restricciones de la misma, la tarea entrará en una base de tareas llamada el Inventario de Trabajos Ejecutable, que a partir de la misma se seleccionan las actividades que entrarán en el cronograma semanal, y lo que es más, para cada plan semanal se debe contemplar una o un cierto número de actividades de reserva en caso de que por alguna razón no pueda comenzar una actividad planificada, el personal no se quede sin nada que hacer, sino que puede comenzar inmediatamente con otras actividades que están listas para ejecutarse.

4.4.2. Reunión para la Planificación Semanal

La reunión para la planificación semanal se la celebraba cada sábado durante el período en que se implementó el sistema. La primera reunión semanal tuvo lugar el día sábado 14 de enero de 2017, que corresponde al sábado inmediatamente anterior al día que se ejecutaría el primer plan semanal (lunes 16 de enero). En la primera reunión se revisó la programación realizada en la primera reunión para la Planificación Intermedia para la primera semana del período y se comparó dichas actividades contra las actividades que ingresaron al Inventario de Trabajo Ejecutable, y de esa manera se procedió a realizar el cronograma para la primera semana, teniendo en cuenta ciertas actividades de reserva para evitar tiempos ociosos, como se explicó anteriormente. En esta primera reunión semanal se realizó una retroalimentación de manera breve acerca de los principios del sistema, así como la manera en que se dará el seguimiento al sistema y los indicadores de rendimiento junto con el análisis de las Causas de No Cumplimiento, para poder discernir cualquier tipo de duda.

Para las siguientes reuniones semanales se evaluaría el rendimiento y la productividad de las cuadrillas durante la semana transcurrida, así como también se debe proponer

soluciones para los problemas que se hayan presentado a lo largo de la semana y realizar la planificación de la semana siguiente y actualizar la ventana *Lookahead*, ambas incluyendo lo ocurrido en la semana que transcurrió, al igual que el Inventario de Trabajos Ejecutables, esto significa que tanto en la planificación para la semana siguiente así como en la ventana *Lookahead* se incorporarán nuevas actividades según lo que ocurra en la ejecución de la obra, y de la misma manera si alguna actividad no se pudo realizar por algún motivo, se analizará la razón por la que se incumplió con la programación, y se determinará si la actividad puede realizarse la próxima semana con el motivo de incluirla en la planificación de esa semana, y en caso de que se haya presentado algún tipo de restricción, postergar la actividad hasta que esté libre de restricciones y vuelva a ingresar al ITE para poderla incluir en la planificación de la semana siguiente. Este último proceder de actualizar la Planificación Semanal e Intermedia, tiene repercusiones en el cronograma *Pull,* ya que la planificación podría retrasarse porque las actividades que no se cumplan en el período *Lookahead* actual tendrán que ingresar en el período siguiente, y para ese período se tendrá que tratar de comprimirlo de tal manera que no se presenten retrasos en comparación con la Planificación de Fase, y es ahí donde entra en juego haber distribuido bien la holgura en las actividades y en la totalidad del proyecto. Se mencionó que en cada reunión semanal se debe también planificar las actividades para la semana que vendrá en seis semanas a partir de la semana siguiente, lo cual no se realizó en este caso, ya que el sistema se implementaría únicamente durante un período *Lookahead* con una duración de cuatro semanas.

Bajo esta premisa, para poder lograr lo anteriormente mencionado, en cada reunión semanal se realizó lo siguiente:

- Revisión de la planificación para la semana que transcurrió.
- Revisión de las soluciones a los problemas planteados en la reunión pasada.
- Determinación del Porcentaje de Plan Completado (PPC).
- Determinación de las Causas de No Cumplimiento (CNC), análisis de las mismas y retroalimentación.
- Comparación del PPC de la semana pasada versus el PPC de la reunión actual. Análisis delos resultados obtenidos.
- Planificación tentativa para la semana siguiente, actualización de la ventana *Lookahead* y analizar el avance general del proyecto con el Programa de Fase.

- Analizar y revisar las restricciones para las tareas que se planea que ingresen en el plan de producción, y proponer soluciones para los problemas que han surgido.
- Realizar el Inventario de Trabajo Ejecutable en base al análisis de restricciones.
- Realizar la planificación definitiva para la próxima semana con las tareas que están libres de restricciones.
- Conversatorio acerca cualquier tema que sea de preocupación que haya surgido durante la semana que ha transcurrido.

4.5. Resumen y resultados de la Implementación del Last Planner System

Como se mencionó anteriormente el período en que se implementó el LPS tuvo una duración total de cuatro semanas que abarcó desde el lunes 16 de enero hasta el sábado 11 de febrero. En el tiempo de implementación no hubo días festivos y el calendario de trabajo del proyecto es de lunes a viernes en un horario de 08h00-12h00 y 13h00 a 18h00, dentro del cual se incluye una pausa para que el personal descase en la mañana generalmente a las 10h00, mientras que el día sábado la jornada laboral es de 08h00 a 13h00.

A continuación, se presentará la planificación que se realizó en la reunión *Lookahead* el día 4 de enero, la planificación semanal y el análisis de las restricciones con su respectiva planilla, así como el Inventario de Trabajos Ejecutables, la actualización de la ventana *Lookahead*, y los gráficos de PPC y CNC para cada semana, así como también los gráficos de la evolución del PPC y las Causas Generales de No Cumplimiento para todo el período de evaluación.

4.5.1. Reunión para la Planificación Intermedia

Se explicó que la reunión para la planificación Intermedia se la realizó el día lunes 4 de enero con la finalidad de que se tenga tiempo para preparar las actividades venideras sobre todo para la primera semana de implementación del sistema. También se aclaró los temas que se trataron en la reunión, y se mencionó que en ella se ubicó en qué parte de la programación *Pull* se encontraba el proyecto para que en base a la planificación para las semanas venideras se realice el cronograma *Lookahead* el cuál contemplaría la situación real actual del proyecto y los cambios realizados, lo cual se mostrará a continuación.

CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJOS.

TIEMPO: QUINCENAL

ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P. TOTAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA PARA LA FAMILIA CRESPO-MOSCOSO, UBICADA EN SAN JOAQUÍN																													
PREPARADO POR: JOSÉ ANDRÉS CUEVA MOSCOSO																													
OBRAS PRELIMINARES																													
Desbroce y limpieza	m2	886.88	0.78	691.77	100%																								
					$ 691.77																								
Replanteo y nivelación de áreas	m2	345.45	1.40	483.63	100%																								
					$ 483.63																								
Relleno con mejoramiento compactado (area dormitorios planta baja)	m3	56.00	21.38	1,197.28	100%																								
					$ 1,197.28																								
SÓTANO																													
CIMENTACIÓN																													
Excavación mecánica en suelo sin clasificar	m3	200.00	2.70	540.00	100%																								
					$ 540.00																								
Relleno con mejoramiento compactado para sótano	m3	48.00	21.38	1,026.24		100%																							
						$ 1,026.24																							
Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m (vigas, zapata muro y zapatas)	m3	35.27	10.75	379.11		100%																							
						$ 379.11																							
Cargada de Material a maquina	m3	44.08	1.10	48.49		100%																							
						$ 48.49																							
Transporte de materiales más de 5 Km	m3-km	44.08	0.28	12.34		100%																							
						$ 12.34																							
Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (vigas, zapata muro y zapatas)	m3	3.01	125.10	376.82		100%																							
						$ 376.82																							
Acero de Refuerzo para vigas, zapata muro y zapatas (Incluye corte y doblado)	Kg	1,605.00	1.90	3,049.50		50%	50%																						
						$ 1,524.75	$ 1,524.75																						
Sum. + Instal. Malla Electrosoldada R84 (4 mm cada 15 cm)	m2	134.58	6.80	915.13			100%																						
							$ 915.13																						
Encofrado Recto	m2	20.13	21.67	436.28			100%																						
							$ 436.28																						
Hormigón Simple 240 Kg/cm2	m3	32.89	130.92	4,305.82			100%																						
							$ 4,305.82																						
MURO DE CONTENCIÓN SÓTANO																													
Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado) para pantalla muro	Kg	2,126.90	1.90	4,041.11		25%	75%																						
						$ 1,010.28	$ 3,030.84																						
Encofrado metálico recto para muros	m2	101.13	10.45	1,056.76			100%																						
							$ 1,056.76																						
Hormigón Simple 240 Kg/cm2	m3	20.03	135.22	2,707.78			100%																						
							$ 2,707.78																						
COLUMNAS SÓTANO PLANTA BAJA																													
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	412.62	1.90	783.97		25%	75%																						
						$ 195.99	$ 587.98																						
Encofrado recto de madera para columnas	m2	19.50	17.15	334.43			50%	50%																					
							$ 167.21	$ 167.21																					
Hormigón Simple 240 Kg/cm2	m3	1.91	142.82	272.25				100%																					
								$ 272.25																					
MAMPOSTERÍA SÓTANO																													
Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3	m2	115.13	25.52	2,937.99				100%																					
								$ 2,937.99																					
Mamposteria de ladrillo panelon invertido con mortero 1:3	m2	10.48	57.18	598.96				100%																					
								$ 598.96																					
Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2	m	39.00	5.97	232.83				100%																					
								$ 232.83																					
Encofrado recto de madera	m2	11.38	17.15	195.08					100%																				
									$ 195.08																				
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	0.98	136.63	133.21					100%																				
									$ 133.21																				
Enlucido con mortero cemento-arena 1:3	m2	222.23	10.59	2,353.36					25%	75%																			
									$ 588.34	$ 1,765.02																			
INSTALACIONES SANITARIAS SÓTANO																													
Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros	u	6.00	19.33	115.98		20%			15%	15%												20%	15%	15%					
						$ 23.20			$ 17.40	$ 17.40												$ 23.20	$ 17.40	$ 17.40					
ESCALERAS DE HORMIGÓN ARMADO SÓTANO - PLANTA BAJA																													
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	114.81	1.90	218.14											100%														
															$ 218.14														
Encofrado recto de madera para escaleras	huella	6.89	23.45	161.56											100%														
															$ 161.56														
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	2.17	136.63	296.79											100%														
															$ 296.79														
ESCALERA METÁLICA SÓTANO - PLANTA BAJA																													
Escalera metálica	huella	17.00	237.38	4,035.46																			80%	20%					
																							$ 3,228.37	$ 807.09					
PLANTA BAJA																													
CIMENTACIÓN DORMITORIOS PLANTA BAJA																													
Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	11.78	10.75	126.59					100%																				
									$ 126.59																				
Cargada de Material a maquina	m3	14.72	1.10	16.19					100%																				
									$ 16.19																				
Transporte de materiales más de 5 Km	m3-km	14.72	0.28	4.12					100%																				
									$ 4.12																				
Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (Colocado)	m3	0.42	125.10	52.80					100%																				
									$ 52.80																				
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	275.76	1.90	523.93					100%																				
									$ 523.93																				
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	71.21	6.80	484.21					100%																				
									$ 484.21																				
Encofrado recto de madera	m2	5.93	21.67	128.59					100%																				
									$ 128.59																				
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	11.35	130.92	1,486.47							100%																		
											$ 1,486.47																		
LOSA ALIVIANADA DE PISO PLANTA BAJA																													
Encofrado metálico recto para losa	m2	183.15	10.81	1,979.87					50%	50%																			
									$ 989.93	$ 989.93																			
Sum. + Inst. Bloques de concreto 40x20x20 cm	u	959.00	0.86	824.74						100%																			
										$ 824.74																			
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	3,614.35	1.90	6,867.26						100%																			
										$ 6,867.26																			
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	183.15	6.80	1,245.43						100%																			
										$ 1,245.43																			
Encofrado recto de madera lateral y vigas deck	m2	45.14	21.67	978.09							100%																		
											$ 978.09																		
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	44.46	130.92	5,820.10							100%																		
											$ 5,820.10																		
COLUMNAS PLANTA BAJA - PLANTA ALTA																													
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	563.64	1.90	1,070.91						25%	75%																		
										$ 267.73	$ 803.18																		
Encofrado recto de madera para columnas	m2	34.20	17.15	586.53							100%																		
											$ 586.53																		
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	2.03	142.82	289.21							100%																		
											$ 289.21																		
MAMPOSTERÍA PLANTA BAJA																													
Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3	m2	235.18	25.52	6,001.84							40%	60%																	
											$ 2,400.74	$ 3,601.11																	
Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2	m	162.50	5.97	970.13							40%	60%																	
											$ 388.05	$ 582.08																	
Encofrado recto de madera para columnas	m2	68.15	17.15	1,168.84								30%	70%																
												$ 350.65	$ 818.19																
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	4.97	136.63	678.37									100%																
													$ 678.37																
Enlucido con mortero cemento-arena 1:3	m2	477.61	10.59	5,057.89									25%	75%															
													$ 1,264.47	$ 3,793.42															
DECK PLANTA BAJA																													
Deck revestido de piedra pizarra (Incluye vigas y viguetas)	m2	84.64	181.00	15,320.24														100											
																		$ 15,320											
ESCALERA METÁLICA PLANTA BAJA-PLANTA ALTA																													
Escalera metálica	huella	22.00	237.38	5,222.36																			60%	40%					
																							$ 3,133.42	$ 2,088.94					
INSTALACIONES SANITARIAS PLANTA BAJA																													
Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros	u	12.00	19.33	231.96					20%				15%	15%								20%	15%	15%					
									$ 46.39				$ 34.79	$ 34.79								$ 46.39	$ 34.79	$ 34.79					
PLANTA ALTA																													
LOSA ALIVIANADA DE PISO DE PLANTA ALTA																													
Encofrado metálico recto para losa	m2	91.24	10.81	986.28									70%	30%															
													$ 690.39	$ 295.88															
Sum. + Inst. Bloques de concreto 40x20x20 cm	u	477.73	0.86	410.85										100%															
														$ 410.85															
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	1,688.85	1.90	3,208.81										100%															
														$ 3,208.81															
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	91.24	6.80	620.41										100%															
														$ 620.41															
Encofrado recto de madera lateral	m2	12.06	21.67	261.34										100%															
														$ 261.34															
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	16.61	130.92	2,173.95										100%															
														$ 2,173.95															
LOSA DE PISO DE PLANTA ALTA CON PLACA COLABORANTE																													
Acero estructural	Kg	3,672.80	2.58	9,475.81										60%	40%														
														$ 5,685.49	$ 3,790.32														
Losa con placa colaborante Novalosa 55 e. placa=0.65 mm, e. capa compresión= 6 cm, Hormigón f'"c=280 Kg/cm2 (No incluye vigas de acero de soporte)	m2	91.88	30.89	2,838.29										100%															
														$ 2,838.29															
COLUMNAS PLANTA ALTA																													
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	349.56	1.90	664.17										100%															
														$ 664.17															
Encofrado recto de madera para columnas	m2	20.49	17.15	351.45										100%															
														$ 351.45															
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	1.54	142.82	219.51										100%															
														$ 219.51															
MAMPOSTERÍA PLANTA ALTA																													
Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3	m2	155.99	25.52	3,980.95											100%														
															$ 3,980.95														
Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2	m	130.00	5.97	776.10											100%														
															$ 776.10														
Encofrado recto de madera	m2	48.35	17.15	829.12											100%														
															$ 829.12														
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	3.67	136.63	501.54											100%														
															$ 501.54														
Enlucido con mortero cemento-arena 1:3	m2	323.70	10.59	3,427.98												100%													
																$ 3,427.98													
CUBIERTA																													
Acero estructural	Kg	8,315.93	2.58	21,455.10												100%													
																$ 21,455.10													
DECK PLANTA ALTA																													
Deck revestido de piedra pizarra (Incluye vigas secundarias)	m2	60.36	140.43	8,475.85														100											
																		$ 8,475											
INSTALACIONES SANITARIAS PLANTA ALTA																													
Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros	u	8.00	19.33	154.64											40%		60%												
															$ 61.86		$ 92.78												
ACABADOS																													
PUERTAS																													
Sum. + Inst. Puerta interior	u	15.00	264.50	3,967.50																						100%			
																										$ 3,967.50			
Sum. + Inst. Puerta exterior	u	2.00	460.00	920.00																						100%			
																										$ 920.00			
VENTANAS																													
Sum.+ Inst. Ventana	m2	202.98	119.60	24,276.05														20	35%	35%	10%								
																		$ 4,855	$ 8,496.62	$ 8,496.62	2,427.60								
PISO DE MADERA INTERIOR PLANTA BAJA Y PLANTA ALTA																													
Piso de madera (Incluye lacado y pulido)	m2	270.63	92.46	25,022.85																					50%	50%			
																									$ 12,511.42	$ 12,511.42			
PISO DE PORCELANATO INTERIOR																													
Piso de porcelanato	m2	183.10	32.65	5,978.15																					30%	70%			
																									$ 1,793.44	$ 4,184.70			
CUBIERTA																													
Sum. + Instal. Tableros de Playwood	m2	371.88	21.40	7,958.23														100											
																		$ 7,958											
Sum. + Instal. Impermeabilizante asfáltico tipo Chova	m2	371.88	17.25	6,414.93														100											
																		$ 6,414											
Sum. + Instal. Teja	m2	371.88	10.77	4,005.15														100											
																		$ 4,005											
CIELO RASO DE MADERA																													
Cielo raso de madera con vigas ornamentales (Planta baja y planta alta)	m2	478.82	92.23	44,161.70																	25%	25%	25%	25%					
																					$ 11,040.43	$ 11,040.43	$ 11,040.43	$ 11,040.43					
CIELO RASO CON GYPSUM																													
Cielo raso con Gypsum (Liso, empastado y pintado) (Sótano, planta baja y planta alta)	m2	219.00	24.18	5,295.45																		20%	40%	40%					
																						$ 1,059.09	$ 2,118.18	$ 2,118.18					
PINTADO DE PAREDES																													
Pintado de paredes	m2	887.31	3.71	3,291.92																				100%					
																								$ 3,291.92					
REVESTIMIENTO DE PIEDRA PARA PAREDES																													
Suministro e instalacion de revestimiento de piedra	m2	131.98	36.86	4,864.78														30	35%	35%									
																		$ 1,459	$ 1,702.67	$ 1,702.67									
INVERSION QUINCENAL (SIN IVA)				288,043.63	2,912.68 $	4,597.22 $	14,732.54 $	4,209.24 $	3,306.81 $	11,977.51 $	12,752.37 $	4,533.83 $	9,171.70 $	18,725.06 $	6,764.21 $	24,975.87 $	48,489.04 $	10,199.29 $	10,199.29 $	13,468.03 $	12,169.10 $	19,572.58 $	19,398.75 $	14,304.87 $	21,583.63 $				
% DE INVERSION PARCIAL					1.01%	1.60%	5.11%	1.46%	1.15%	4.16%	4.43%	1.57%	3.18%	6.50%	2.35%	8.67%	16.83%	3.54%	3.54%	4.68%	4.22%	6.80%	6.73%	4.97%	7.49%				
INVERSION ACUMULADA					2,912.68 $	7,509.90 $	22,242.44 $	26,451.68 $	29,758.49 $	41,736.00 $	54,488.37 $	59,022.21 $	68,193.91 $	86,918.97 $	93,683.18 $	118,659.04 $	167,148.08 $	177,347.37 $	187,546.67 $	201,014.70 $	213,183.80 $	232,756.38 $	252,155.14 $	266,460.01 $	288,043.63 $				
% DE INVERSION ACUMULADA					1.01%	2.61%	7.72%	9.18%	10.33%	14.49%	18.92%	20.49%	23.67%	30.18%	32.52%	41.19%	58.03%	61.57%	65.11%	69.79%	74.01%	80.81%	87.54%	92.51%	100.00%				
AVANCE 80%					2,330.14 $	3,677.78 $	11,786.03 $	3,367.39 $	2,645.45 $	9,582.01 $	10,201.89 $	3,627.07 $	7,337.36 $	14,980.05 $	5,411.37 $	19,980.69 $	38,791.23 $	8,159.43 $	8,159.43 $	10,774.42 $	9,735.28 $	15,658.07 $	15,519.00 $	11,443.89 $	17,266.90 $				
AVANCE ACUMULADO 80%					2,330.14 $	6,007.92 $	17,793.95 $	21,161.35 $	23,806.80 $	33,388.80 $	43,590.70 $	47,217.77 $	54,555.13 $	69,535.17 $	74,946.54 $	94,927.23 $	133,718.47 $	141,877.90 $	150,037.33 $	160,811.76 $	170,547.04 $	186,205.11 $	201,724.11 $	213,168.00 $	230,434.91 $				

De acuerdo a la fecha de implementación del sistema, 16 de enero de 2017, que corresponde a la semana 28 desde la fecha de inicio del proyecto (28 de julio de 2016), según la red de actividades que se encuentra en los anexos, la cual se refleja en el cronograma *Pull*, para la semana 28 que equivale a la quincena número 14, el proyecto debería encontrarse en una etapa donde las actividades que se deberían estar realizando son la instalación de las ventanas y el revestimiento de las paredes con piedra, es decir, para ese momento ya se debería haber armado la cubierta metálica, así como también ya se debería haber colocado los tableros de playwood sobre la estructura de cubierta, y sobre ellos el impermeabilizante asfáltico y las tejas. De la misma manera ya se debería haber construido el "deck" de planta baja y las losas inaccesibles de planta alta tipo "deck". Otro punto que hay que destacar es que, las escaleras metálicas también ya deberían haberse construido, y lo propio con las instalaciones sanitarias y eléctricas, que ya deberían haberse instalado en su totalidad. Debido a los diferentes motivos por los que retrasa una obra y no se cumple a cabalidad lo planificado en los sistemas de planificación tradiciones (sistemas tipo *push)*, los cuales que como se ha explicado de manera repetida, son principalmente atrasos y cambios en el programa debido a que no se tomó en cuenta las restricciones de las actividades antes de ejecutarlas, sino que los ejecutores se percataron de las mismas al momento de efectuarlas, teniendo como consecuencia que no hayan podido iniciarse actividades críticas de acuerdo a lo establecido en la planificación, además de no haber previsto actividades que pudieran haberse ejecutado en caso de que las actividades principales no pidieran iniciarse, esto repercute en retrasos en la planificación, además de tensión entre los equipos ejecutores y disputas entre los mismos, así como del contratista con el cliente, y el proyecto se sumerge en un ambiente conflictivo y tensionado, además de que la reputación del contratista principal se ve afectada debido a que no ha cumplido con lo que prometió. Además de todo esto, durante la ejecución de un proyecto, siempre surgen cambios, ya sea por las condiciones del sitio de obra o por decisiones tomadas por el cliente ya sea por estética o por economizar, es decir cambios en los materiales o inclusive, cambios en los diseños del proyecto. También puede ocurrir que ciertas actividades no se hayan podido comenzar debido a que en ese momento el cliente no contaba con el capital suficiente para poder comprar los materiales, o prever la mano de obra requerida. Así mismo, la incertidumbre y la variabilidad que envuelve a la ejecución de una obra causa que la planificación tenga retrasos, así como desperdicios de materiales, mano de obra, equipos y monetarias.

Bajo esa premisa, se puede comprender el retraso que presentaba el proyecto, ya que transcurrida la semana 27, el proyecto se encontraba en una etapa donde todavía no se armaba la estructura de cubierta de planta alta, es decir, tampoco se había comenzado con la construcción del "deck" de planta baja, ni las escaleras metálicas de sótano a planta baja y de planta baja a planta alta. Esto quiere decir que el proyecto se encontraba en la semana número 22, incluyendo actividades de semanas anteriores que aún no se las ha concluido, tales como finalizar el enlucido de planta alta, así como la finalización de las instalaciones sanitarias y eléctricas del sótano y planta baja. Al traducir el atraso del estado de ejecución real del proyecto versus lo planificado a términos de tiempo, el proyecto se encontraba retrasado seis semanas, que al incluir el tiempo de actividades que aún no se concluían correspondientes a semanas pasadas, se puede decir que el proyecto tenía un retraso aproximado de 9 semanas, esto es aproximadamente dos meses.

En cuanto a los cambios que se han realizado de la planificación y diseño original del proyecto, y tienen influencia para la etapa de implementación del LPS hasta la finalización de la construcción de la vivienda, destacan los siguientes:

1. En la cubierta también se realizaron cambios, ya que inicialmente la cubierta era en su totalidad armada con estructura metálica conformada por perfiles 2G transversales como armadura principal, sobre los cuales se colocaría la armadura secundaria compuesta por perfiles G simples, como se puede observar en los planos de cubierta en los anexos. En los renders originales el cielo raso de planta alta en su totalidad se lo haría con tablas de madera de pino y vigas AVIO de madera ornamentales (materiales decididos por el cliente). Poco tiempo antes de se realice el pedido de material para la estructura de cubierta, el dueño de la vivienda decidió que la cubierta seguiría lo presentado en los planos en el área correspondiente a los dormitorios, es decir entre los ejes A-F y ejes 1-4, y en el área correspondiente a los ejes F-G y ejes 1-4 se armaría con los perfiles principales transversales 2G que se presenta en los planos, pero se introducirían vigas AVIO de madera de 14x7 cm intermedias, sobre las cuales se colocarían tiras de "seike" de 4x2 cm y sobre las mismas tableros de "Playwood", sobre los que se colocará el impermeabilizante asfáltico y después las tejas. Es decir, en el área de la cubierta entre los ejes F-G y ejes 1-4, no se colocarán los perfiles G longitudinales que presenta el

diseño original. Para el área de los dormitorios donde la cubierta se realizará de acuerdo al diseño original, el dueño decidió que no se hará el cielo raso de madera que se presentaba en la planificación original, sino que se lo hará con "Gypsum".

2. Los cambios mencionados en la cubierta generan cambios considerables en el costo de construcción, debido a que uno de los costos más representativos que se aprecia en el presupuesto de construcción de la vivienda (aproximadamente $44.000), ya que al haber decidido que el área de los dormitorios el cielo raso se lo hará con "Gypsum", se economizará en ese sentido.
3. Entre los ejes F-H y ejes 1-4 (área de la sala, comedor y cocina), se construyó más grande que lo que estipula en los diseños en lo que se refiere a la dimensión del eje 1 al eje 4, y no se percató de ese error sino hasta después de haber colocado los perfiles electrosoldados "Vk" (perfiles tipo "I") para la planta alta, debido a que los perfiles quedaban cortos y entonces la losa inaccesible de planta alta entre los ejes F-G y ejes 1-2 no podría construirse debido a que el eje 1 se había desplazado. Entonces para poder construir tanto la losa inaccesible mencionada, así como para poder construir de manera uniforme el "deck" de planta baja en la zona entre el eje 1 y eje 2, se tendrá que realizar dos columnas adicionales en la parte del terreno colindante al terreno vecino, es decir, a lado del eje 1 original, para poder después unir estas columnas por medio de perfiles metálicos adicionales a los perfiles Vk que se encuentran en el eje F y G y terminan en el eje 1 original. De esta manera se tendrá que construir dos zapatas que soporten a las columnas adicionales.
4. El revestimiento de paredes sobre el eje 4 entre los ejes G-H, el eje H entre los ejes 1-4, y el eje 1 entre los ejes G-H, inicialmente era de madera, después se cambió a piedra debido a que la madera se deteriora con la lluvia y su exposición al sol, es decir con la meteorización, pero finalmente el cliente decidió que quiere que se haga el revestimiento de las paredes con madera (posiblemente se lo haga con tablones de "seike", aún se lo debe definir).
5. El pasillo de planta alta entre los ejes E-H y 3-4 que antes se iba a realizar una losa de hormigón y placa colaborante, ahora se lo realizará con vigas de madera AVIO de 14x7 cm sobre los cuales se colocarán tiras de "seike" y tablones de "yunbingue".

Teniendo presente los cambios mencionados, además de los retrasos en la ejecución por las distintas razones mencionadas, de manera conjunta, se realizó el cronograma *Lookahead* como se puede ver a continuación:

Tabla 4.2: Cronograma Lookahead

Cronograma *Lookahead* (semana 28-semana 31)																																											
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso (a partir de la semana 28)																																										
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde																																										
Descripcion Tarea	**Equipo Responsable**	**Semana 1 (16/01/2017-21/01/2017)**						**Semana 2 (23/01/2017-28/01/2017)**						**Semana 3 (30/01/2017-04/02/2017)**						**Semana 4 (06/02/2017-11/02/2017)**						**Semana 5 (13/02/2017-18/02/2017)**						**Semana 6 (20/02/2017-25/02/2017)**						**Semana 7 (27/02/2017-04/03/2017)**					
		Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa
Acero estructural de cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	X	X	X	X	X	X																																				
Construcción de zapatas y columnas adicionales (Son dos) (f'c=240 Kg/cm2)	Equipo obra gris y acabados	X	X	X	X	X	X																																				
Enlucido de paredes con mortero cemento-arena 1:3	Equipo obra gris y acabados	X	X	X	X	X	X																																				
Empastado de paredes	Equipo obra gris y acabados	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																								
Revestimiento de perfiles electrosoldados Vk (tipo "I") con mortero cemento-arena 1:3	Equipo obra gris y acabados	X	X	X	X	X	X																																				
Demolición de pared agrietada	Equipo obra gris y acabados	X	X	X	X	X	X																																				
Armado de estructura metálica para pared	Equipo del acero estructural (Soldadores)	X	X	X	X	X	X																																				
Viga de hormigón armado inferior para reconstrucción de pared	Equipo obra gris y acabados	X	X	X	X	X	X																																				
Instalaciones sanitarias (planta baja y planta alta)	Equipo instalaciones sanitarias	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																		
Instalación de vigas de madera AVIO en la cubierta	Equipo obra gris y acabados							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																								
Colocación de tableros de aglomerado tropicalizado para cubierta	Equipo obra gris y acabados							X	X	X	X	X	X													X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Instalación de impermeabilizante asfáltico (tipo Chova) sobre tableros de aglomerado	Equipo obra gris y acabados							X	X	X	X	X	X																			X	X	X	X	X	X						
Instalación de tejas	Equipo obra gris y acabados													X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X													X	X	X	X	X	X
Armado de estrucura metálica para deck de Planta Baja (Vigas principales y secundarias)	Equipo del acero estructural (Soldadores)													X	X	X	X	X	X																								
Colocación de tablones/tablones pino-PVC para Deck	Equipo obra gris y acabados																			X	X	X	X	X	X																		
Colocación de tiras de madera sobre vigas de madera en la cubierta	Equipo obra gris y acabados													X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
Veredas exteriores	Equipo obra gris y acabados																			X	X	X	X	X	X																		
Construcción de cajas de revisión para desagües	Equipo obra gris y acabados																			X	X	X	X	X	X																		
Instalación de ventanas	Instaglass																															X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Construcción de cielo raso de Gypsum	Equipo obra gris y acabados																																					X	X	X	X	X	X
Armado de estrucura metálica para escalera de planta baja-planta alta	Equipo del acero estructural (Soldadores)													X	X	X	X	X	X																								

Como se puede observar, si bien el período de implementación del sistema es de cuatro semanas, no obstante, para que se observe de mejor manera la secuencia de las actividades y un mayor horizonte, en el cronograma *Lookahead* se presentan tres semanas adicionales, es decir, la Programación Intermedia contempla siete semanas a

pesar de que para la implementación del LPS el cronograma *Lookahead* tendrá una duración únicamente de cuatro semanas.

También es importante mencionar que para el Programa Intermedio que será objeto de evaluación se consideraron las actividades más importantes, sin embargo, aparecerán más actividades las cuales se considerarán en los programas semanales y después se actualizará la ventana *Lookahead*.

4.5.2. Reunión Semanal

En este momento se procederá a describir los resultados que se obtuvieron en las reuniones semanales celebradas durante el tiempo que se implementó el Sistema del Último Planificador en el proyecto. Además, se considera conveniente, que para que se entienda todo el proceso de implementación del sistema y la posterior interpretación de los resultados obtenidos mediante los distintos indicadores, se resumirá el análisis y conclusiones realizadas en cada una de las reuniones semanales.

4.5.2.1.Reunión Semanal 1

La primera reunión semanal fue realiza el día sábado 14 de enero de 2017, la cual al igual que el resto de reuniones tuvo lugar en el sitio de trabajo. En esta reunión se volvió a revisar el Cronograma de Fase (Cronograma *Pull*), y posteriormente la el Cronograma *Lookahead*, con el motivo de revisar lo que se tiene que ejecutar la primera semana según la planificación realizada, y compararla con el estado actual del proyecto para determinar si hay actividades adicionales que se tenga que incluir al programa semanal, o también si se ha presentado alguna situación que cause cambios al programa. Después, se pasó a revisar y analizar conjuntamente el listado de actividades que se le pidió a cada equipo en la primera reunión para la Planificación Intermedia, y de esta manera poder realizar la planificación semanal tentativa, la cual contemplaría una programación en la que se consideran todos los aspectos y puntos críticos de cada equipo y sus actividades, además esta planificación contempla una secuencia de trabajo acorde a las necesidades de cada equipo en cuanto al espacio y seguridad.

Para poder realizar el esquema tentativo de trabajo, se analizó el proceso de liberación de restricciones, para poder tener así el listado de las actividades libres de restricciones,

así como las que no se pudieron liberar y por lo tanto tendrán que ser acomodadas en las semanas siguientes.

Es importante mencionar que con el fin de realizar una planificación semanal lo más actualizada y exacta posible, se realizó una reunión intermedia breve durante la jornada laboral antes de que se realice la primera reunión semanal. La reunión intermedia fue celebrada el día 11 de enero, y durante la misma se recorrió con cada equipo al lugar donde están ejecutando cada una de sus actividades, y poder determinar posibles restricciones para las actividades venideras, así como cambios o dificultades que hayan encontrado los equipos, y poder incluir nuevas actividades para la planificación de la semana 1 (semana siguiente), que no han sido contempladas en la reunión de la Planificación Intermedia. De esta manera los Últimos Planificadores, así como los directivos, tendrían tiempo de eliminar las restricciones de las actividades adicionales hasta la reunión semanal del día sábado 14 de enero. A continuación, se presenta la planilla para el análisis de restricciones para las actividades planificadas para la semana 1 (16 enero-21 enero), que se realizó el día sábado en la reunión semanal a partir de lo contemplado y los resultados del anterior del día miércoles, y las tareas que se han ido conversando a lo largo de la semana con los distintos equipos de trabajo.

Tabla 4.3: Planilla de restricciones para la semana 1.

Análisis de restricciones para la la elaboración de la Planificación Semanal (semana 28: 16 enero-21 enero de 2017)																		
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso																	
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde																	
				Restricciones														
				Directivas				**Prerequisitos**			**Recursos**				**Procesos**			
															Practica de Trabajo			
Tarea	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Encargado de liberar restricción**	**Preguntas sin respuesta**	**Planos o espec. incomp.**	**Coord. y comunic. plan**	**Cambios al trabajo**	**Otros tareas**	**Req. de informacion**	**Muestras**	**Material**	**Equipo**	**Mano de obra**	**Espacio**	**Subcont**	**Cuadrilla**	**Equipo / Material**	**Condiciones climáticas/fisicas**
Armado de cubierta (correas 2G y correas G)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Luis Ortiz, Juan Esteban Crespo	Detalle de unión entre correas 2G y G		1) Coordinar con soldadores lo que deben llevar en cuanto a materiales, equipo y mano de obra. 2) Coordinar con proveedores para entrega de material		Colocación de perfiles Vk principales (ya se colocaron la semana pasada).			Suelda, oxigeno, gas butano (Soldadores encargados de provisionarlo).	Amoladora, teeles, equipo para soldar, andamios (Soldadores encargados de provisionar equipo)	2 soldadores y 2 ayudantes (Soldadorell evan a su cuadrilla)	Planta alta en zona dormitorios, entre Ejes 1-4 y Ejes A-E				Debe haber espacio en la sala (Ejes F-G) para el corte y conformación de perfiles.
Pintado de perfiles para correas en la cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Luis Ortiz, Juan Esteban Crespo, Hemán Cuesta			Coordinar para que la pintura anticorrosiva y el disolvente lleguen antes del inicio de la actividad (Máximo martes)		Se requiere que los perfiles estén conformados y cortados			Pintura anticorrosiva color negro mate. Disolvente	Brochas y herramientas menores (Soldadores encargados de provisionarlo)	2 peones	Sala (Ejes F-G) para el corte y conformación de perfiles.				Debe haber espacio en la sala (Ejes F-G) para el corte y conformación de perfiles.
Zapatas para columnas adicionales	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Percy Rojas, Juan Esteban Crespo, José Andrés Cueva	Dimensiones de las zapatas, configuración de armado, resistencia del hormigón a la compresió a los 28 dias.	No hay planos, ya que las columnas adicionales son parte de los cambios.		Se requieren para poder asentar un perfil IPN en cada una para que los mismos no queden en volado.	Se requiere que el área exterior se haya rellenado con mejoramiento y haya sido compactado.	Se requiere que se haya definido los detalles construcivos de las zapatas en cuanto a su dimensión, configuración de armado y profundidad de cimentación.		Varillas de acero de refuerzo, diámetro=12 cm. Malla electrosoldada R-84. Cemento, arena, grava.	Concretera de 1 saco. Herramientas menores.	1 albañil, 2 ayudantes, 4 peones.	Area exterior colindante al terreno vecino (Entre ejes E-G).				
Columnas adicionales (2 columnas)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Percy Rojas, Juan Esteban Crespo, José Andrés Cueva	Dimensiones de la columnas, configuración de armado, resistencia del hormigón a la compresió a los 28 dias.	No hay planos, ya que las columnas adicionales son parte de los cambios. Se requieren para poder asentar un perfil IPN en cada una para que los mismos no queden en volado.			Se requiere que las zapatas se hayan hormigonado.	Se requiere que se haya definido los detalles construcivos de las columnas en cuanto a dimensiones, configuración de armado.		Varillas de acero de refuerzo, diámetro=10 y 16 cm. Cemento, arena, grava.	Concretera de 1 saco. Herramientas menores.	1 oficial, 2 ayudantes, 4 peones.	Area exterior colindante al terreno vecino (Entre ejes E-G).				
Empastado de paredes	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Percy Rojas						Revisión de que las paredes de planta baja estén enlucidas		Empaste, lija	Herramientas menores	2 ayudantes y 2 peones	Planta baja en zona dormitorios, entre Ejes 1-4 y Ejes A-E	No	2 ayudantes y 2 peones		Se debe disponer de espacio para poder transitar y trabajar
Enlucido de paredes con mortero 1:3 para corrección de fallas generales y revestimiento de perfiles electrosoldados Vk en perímetro cocina en planta con mortero 1:3	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Percy Rojas			Coordinar para que se compre la lija.		Revisión de fallas y fisuras leves para poder saber su ubicación antes de proceder a corregirlas.			Arena, cemento. Lija gruesa, malla de nervometal	Concretera de 1 saco. Herramientas menores.	1 oficial, 1 ayudante	Zona perimetral a la cocina (entre ejes G-H y ejes 1-4)				Deben estar colocados los andamios
Demolición de pared agrietada	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Percy Rojas, José Andrés Cueva			Informar a los equipos para que no transiten en la zona de demolición para evitar accidentes.						Combo y cincel	2 ayudantes y 2 peones	Pared a lado de la entrada principal de planta baja (entre eje 4 y eje F).		Acordar el proceso de demolición y que todos los equipos sepan de él.		Debe estar libre la zona donde se va a realizar la demolición.
Colocación de perfiles G (inclinado y recto superior) para reconstrucción de pared	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Luis Ortiz, Juan Esteban Crespo			Coordinar con equipo de soldadores para que tengan personal disponible para el inicio de la actividad, así como que lleven los materiales.		La pared debe estar demolida			1) Perfiles metálicos estructurale cuadrado (125x125x3 mm). 2)Suelda, oxigeno, gas butano (Soldadores encargados de provisionarlo).	Amoladora, equipo para soldar, andamios (Soldadores encargados de provisionar equipo)	1 soldador, 1 ayudante	Pared a lado de la entrada principal de planta baja (entre eje 4 y eje F).				
viga inferior para reconstrucción de pared	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Percy Rojas					La viga inclinada en la pared debe estar inclinada.			Varillas de acero de refuerzo, diámetro=12 cm. Cemento, arena, grava, madera de enconfrado recto.	Concretera de 1 saco. Herramientas menores.	1 oficial, 2 ayudantes, 4 peones.	Pared a lado de la entrada principal de planta baja (entre eje 4 y eje F).	No			
Instalaciones sanitarias	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	Juan Esteban Crespo, Hmberto Campoverde						Definir las piezas sanitarias a usarse (lavamanos, mezcladoras) y las tinas para poder continuar con desagües.	Muestras de tuberia española para agua potable.	Tubería para agua potable, accesorios (Subcontratista está a cargo de prevcer los materiales)	Herramientas menores (Subcontratista encargado de provisionarlo)	1 instalador, 1 ayudante (Subcontratista encargado de provisionar el personal)	Planta baja				

De este modo en la reunión semanal, el día sábado 14 de enero, se revisó cada actividad planificada y su estado en cuanto a la liberación de sus restricciones, y se realizó el Inventario de Trabajo Ejecutable, en el cual se enlistan las tareas planificadas y los distintos tipos de restricciones que se analizan, los cuales se explicó anteriormente, y si es que la restricción se ha eliminado se coloca sobre la celda correspondiente "Sí", y caso contrario se escribe "No". Entonces para cada actividad, si en todos los casilleros de sus restricciones se encuentra la palabra "Sí", la misma puede entrar a la planificación semanal. Por el otro lado, en las actividades que en uno o más casilleros de las restricciones se encuentre la palabra "No", no podrá ingresar al Plan Semanal, y la misma tendrá que ser acomodada en la planificación semanal que corresponda al momento en que todas las restricciones de la actividad hayan sido eliminadas, ya que basta que la actividad tenga una restricción que no se haya eliminado para el momento de su ejecución para que la misma no pueda ejecutarse y cumplir con sus Condiciones de Satisfacción, y de ese modo causar retrasos y que otras actividades no se puedan ejecutar. Puede darse el caso de que una restricción para una determinada actividad no se haya podido eliminar aún, pero el representante del equipo promete que la va a poder eliminar para el momento de la ejecución de la misma, entonces sólo en ese caso, se podría admitir esa excepción y que la tarea entre en la planificación, pero el Último Planificador tendrá en juego no sólo la disminución del PPC de su equipo y del resto de equipos, sino también su credibilidad, en caso de no cumplir con su promesa. De esta manera a continuación se presenta el Inventario de Trabajos Ejecutables para la semana 1.

Tabla 4.4: Inventario de Trabajo Ejecutable para la semana 1.

Inventario de Trabajo Ejecutable (semana 28: 16 enero-21 enero de 2017)																					
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso																				
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde																				
			Restricciones																	**Entra al plan semanal?**	**Observaciones**
			Directivas				**Prerequisitos**			**Recursos**				**Procesos**							
														Practica de Trabajo			**Condic. Fisicas/ climáticas**				
Tarea	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Preguntas sin respuesta**	**Planos o espec. incomp.**	**Coord. y comunic. plan**	**Cambios al trabajo**	**Otros tareas**	**Req. de informacion**	**Muestras**	**Material**	**Equipo**	**Mano de obra**	**Espacio**	**Subcont**	**Cuadrilla**	**Equipo / Material**					
Armado de cubierta (correas 2G +A9/T18y correas G)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	
Pintado de perfiles para correas en la cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	
Zapatas para columnas adicionales	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	
Columnas adicionales (2 columnas)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	
Empastado de paredes	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	Si	Si	Si	No	**No**	
Enlucido de paredes con mortero 1:3 para corrección de fallas generales y revestimiento de perfiles electrosoldados Vk en perimetro cocina en planta con mortero 1:3	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	
Demolición de pared agrietada	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	
Colocación de perfiles G (inclinado y recto superior) para reconstrucción de pared	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	
viga inferior para reconstrucción de pared	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	
Instalaciones sanitarias	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	Se seguirá con la instalación de la red de agua potable y desagües que no incluya la conexión para la que se requiere saber las piezas sanitarias a usarse y las mezcladoras.

De este modo se tuvo insumos suficientes para poder elaborar de manera colaborativa entre todas las partes interesadas que asistieron a la reunión, la Planificación Semanal tentativa, que después, al revisarla los participantes estaban de acuerdo con la misma, y pasó a ser la planificación definitiva.

Tabla 4.5: Planificación Semanal para la semana 1.

Planificación Semanal (semana 28: 16 enero-21 enero de 2017)								
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso							
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde							
Fecha	Sábado 14 de enero de 2017							
Ubicación/Sector	San Joaquín							
Tarea	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**
Armado de cubierta (correas 2G y correas G) en zona dormitorios, entre Ejes 1-4 y Ejes A-E	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Corte y conformación perfiles 2G (Incluye armado con varilla de acero de refuerzo en el alma)	Corte y conformación perfiles 2G (Incluye armado con varilla de acero de refuerzo en el alma)	Corte de perfiles G	Colocación de perfiles 2G		Colocación de perfiles G
Pintado de perfiles para correas en la cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz			Pintado de perfiles 2G		Pintado de perfiles G	
Zapatas para columnas adicionales en área exterior colindante al terreno vecino (Entre ejes E-G).	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	1) Excavación. 2) Corte y doblado de acero de refuerzo	1) Hormigonado.				
Columnas adicionales (2 columnas) en área exterior colindante al terreno vecino (Entre ejes E-G).	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas			1) Colocación acero de refuerzo. 2) Encofrado	Hormigonado	Desencofrado	
Enlucido de paredes con mortero 1:3 para corrección de fallas generales y revestimiento de perfiles electrosoldados Vk en perímetro cocina (entre ejes G-H y ejes 1-4)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	1) Colocación de malla de nervometal. 2) Revestimiento en vigas Vk 250x130x4x8 mm sobre ejes 1-4 entre ejes G-H	1) Colocación de malla de nervometal. 2) Revestimiento en vigas Vk 250x130x4x8 mm sobre ejes 1-4 entre ejes G-H	1) Colocación de malla de nervometal. 2) Revestimiento en vigas Vk 480x180x6x10 mm sobre ejes G-H entre ejes 1-6	1) Colocación de malla de nervometal. 2) Revestimiento en vigas Vk 480x180x6x10 mm sobre ejes G-H entre ejes 1-7	Corrección de fallas y fisuras leves generales	Corrección de fallas y fisuras leves generales
Demolición de pared agrietada entre eje 4 y eje F	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas		Demolición				
Colocación de perfiles G (inclinado y recto superior) para reconstrucción de pared entre eje 4 y eje F	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz			Corte y colocación perfil G inclinado	Corte y colocación perfil G superior		
Viga de hormigón armado inferior para reconstrucción de pared entre eje 4 y eje F	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas					Corte y doblado de acero de refuerzo	1) Encofrado. 2) Hormigonado
Instalaciones sanitarias en planta baja	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	Instalaciones agua potable y desagües	Instalaciones agua potable y desagües	Instalaciones agua potable y desagües	Instalaciones agua potable y desagües	Instalaciones agua potable y desagües	Instalaciones agua potable y desagües

Para concluir la primera reunión semanal se analizaron la importancia de cada actividad, es decir, se determinaron las actividades que son críticas, ya que hay que prestarles especial importancia debido a que un retraso en cualquiera de ellas significaría un retraso en todo el proyecto. A continuación, se presenta el análisis para las actividades planificadas para el primer período de producción.

Tabla 4.6: Actividades críticas dentro de la planificación semanal

Análisis de la importancia de las actividades planificadas para la semana 1 (16 enero-21 enero de 2017)					
Proyecto	Construcción de la vivienda Crespo-Moscoso		**Ubicación**	San Joaquín Km 5.5	
Preparado por	José Andrés Cueva		**Fecha**	Sábado, 14 de enero de 2017	
Semana	**Tarea**	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Es crítica?**	**Observaciones**
Semana 1	Armado de cubierta (correas 2G y correas G) en zona dormitorios, entre Ejes 1-4 y Ejes A-E	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Si	No es una actividad crítica según la red, pero entre todos los equipos involucrados se ha decidido que la misma es una actividad crítica para el proyecto, ya que sin la misma no se puede colocar las vigas de madera, tiras de seike, tableros de aglomerado, tejas, y consecuentemente la instalación de las ventanas (la cual es crítica según la red) depende de que la estructura de cubierta esté armada ya que sin la misma no se pueden acabar de realizar la mampostería ni enlucido de planta alta, y este último es una actividad predecesora directa de la colocación de ventanas. Entonces el armado de la estructura de cubierta se considera como una actividad crítica.
	Pintado de perfiles para correas en la cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Si	Es parte de la actividad de acero estructural para cubierta.
	Zapatas para columnas adicionales en área exterior colindante al terreno vecino (Entre ejes E-G).	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	No	No está considerada en la red de actividades porque la actividad no estaba considerada en los planos iniciales. No es una actividad que impida el curso del proyecto en caso de retraasarse por lo que no se la considera como crítica.
	Columnas adicionales (2 columnas) en área exterior colindante al terreno vecino (Entre ejes E-G).	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	No	No está considerada en la red de actividades porque la actividad no estaba considerada en los planos iniciales. No es una actividad que impida el curso del proyecto en caso de retraasarse por lo que no se la considera como crítica.
	Enlucido de paredes con mortero 1:3 para corrección de fallas generales y revestimiento de perfiles electrosoldados Vk en perímetro cocina (entre ejes G-H y ejes 1-4)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	No	No estaba contemplada dentro de las actividades que se consideraron para armar la red de actividades. Es una actividad secundaria, entonces su retraso no afecta a la duración total del proyecto.
	Demolición de pared agrietada entre eje 4 y eje F	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Para el dueño la reconstrucción de la pared agrietada es una actividad crítica, por lo que se la considerará de ese modo para tener especial cuidado de no retrasarse y cumplir con las expectativas del dueño.
	Colocación de perfiles G (inclinado y recto superior) para reconstrucción de pared entre eje 4 y eje F	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Si	Es parte de la reconstrucción de la pared agrietada.
	Viga de hormigón armado inferior para reconstrucción de pared entre eje 4 y eje F	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Es parte de la reconstrucción de la pared agrietada.
	Instalaciones sanitarias en planta baja	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	No	Según la red de actividades.

Es importante mencionar que, en el análisis para considerar las actividades críticas para la planificación semanal, cuando dentro de la columna de observaciones aparece que la actividad se considera crítica o no de acuerdo a lo que se presenta en la red de actividades, se refiere a que la actividad en cuestión resultó ser una actividad crítica dentro de la red de actividades realizada con el método CPM.

4.5.2.2. Reunión Semanal 2

La segunda reunión semanal tuvo lugar el día sábado 21 de enero, y en la misma se revisó lo ejecutado en la semana 1 (semana del 16 al 21 enero 2017), se calculó el Porcentaje de Plan Completado de cada actividad, equipo, así también como de manera global. Después se procedió a determinar las Causas de No Cumplimiento para después de manera conjunta realizar una retroalimentación y poder aprender de los errores cometidos, y finalmente realizar la planificación de la semana número 2 (semana 29 del cronograma *Pull*).

Lo primero que se realizó en la reunión es el análisis de lo sucedido en la semana número 1, para ello se calculó en primer lugar el PPC para cada actividad, como sigue:

Tabla 4.7: Cálculo del PPC de las actividades de la semana 1.

Planificación Semanal (semana 28: 16 enero-21 enero de 2017)													
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso								**Fecha**		Sábado 14 de enero de 2017		
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde								**Ubicación**		San Joaquin		
Tarea	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Completo (Si o No)**	**Porcentaje de Plan Completado (PPC)**	**Razon Variacion (analisis)**	**Detalle**	**Condiciones climáticas**
Armado de cubierta (correas 2G y correas G) en zona dormitorios, entre Ejes 1-4 y Ejes A-E	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Corte y conformación perfiles 2G (Incluye armado con varilla de acero de refuerzo en el alma)	Corte y conformación perfiles 2G (Incluye armado con varilla de acero de refuerzo en el alma)	Corte de perfiles G	Colocación de perfiles 2G		Colocación de perfiles G	No	17%	Falta de personal.	Solo llegaron 2 personas del equipo de soldadores y debían haber estado 4 personas. Se colocaron hasta el sábado los perfiles 2G y se comenzó a cortar los perfiles G.	Martes y miércoles llovió, lo cual también impidió el debido avance según el cronograma.
Pintado de perfiles para correas en la cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz			Pintado de perfiles 2G		Pintado de perfiles G		No	0%	Falta de personal. Condiciones climáticas	Se pintaron solo los perfiles 2G	El clima no afecta al cumplimiento de esta actividad.
Zapatas para columnas adicionales en área exterior colindante al terreno vecino (Entre ejes E-G).	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	1) Excavación. 2) Corte y doblado de acero de refuerzo	1) Hormigonado.					Si	100%			La lluvia afecta a la velocidad del trabajo, pero no impide su cumplimiento.
Columnas adicionales (2 columnas) en área exterior colindante al terreno vecino (Entre ejes E-G).	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas			1) Colocación acero de refuerzo. 2) Encofrado	Hormigonado	Desencofrado		Si	100%	Directivas (Cambios en los diseños a último momento)	Se realizó un muro de hormigón ciclópeo y vigas de hormigón armado para ayudar al anclaje de las columnas con la losa de planta baja y muro de sótano. El dueño decide poner una viga que una las dos columnas a nivel de la losa de planta baja, con el fin de extender la losa de planta baja hay el exterior. Esta viga se debe realizar la próxima semana. Se tuvo que comprar piedras para el muro	La lluvia afecta a la velocidad del trabajo, pero no impide su cumplimiento.
Enlucido de paredes con mortero 1:3 para corrección de fallas generales y revestimiento de perfiles electrosoldados Vk en perímetro cocina (entre ejes G-H y ejes 1-4)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	1) Colocación de malla de nervometal. 2) Revestimiento en vigas Vk 250x130x4x8 mm sobre ejes 1-4 entre ejes G-H	1) Colocación de malla de nervometal. 2) Revestimiento en vigas Vk 250x130x4x8 mm sobre ejes 1-4 entre ejes G-H	1) Colocación de malla de nervometal. 2) Revestimiento en vigas Vk 480x180x6x10 mm sobre ejes G-H entre ejes 1-6	1) Colocación de malla de nervometal. 2) Revestimiento en vigas Vk 480x180x6x10 mm sobre ejes G-H entre ejes 1-7	Corrección de fallas y fisuras leves generales	Corrección de fallas y fisuras leves generales	Si	100%			La lluvia afecta a la velocidad del trabajo, pero no impide su cumplimiento.
Demolición de pared agrietada entre eje 4 y eje F	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas		Demolición					Si	100%			Clima templado
Colocación de perfiles G (inclinado y recto superior) para reconstrucción de pared entre eje 4 y eje F	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz			Corte y colocación perfil G inclinado	Corte y colocación perfil G superior			No	50%	Falta de personal	Solo llegaron 2 personas del equipo de soldadores y debían haber estado 4 personas. Falta de organización y coordinación del equipo subcontratado.	El clima no afecta al cumplimiento de esta actividad.
Viga de hormigón armado inferior para reconstrucción de pared entre eje 4 y eje F	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas					Corte y doblado de acero de refuerzo	1) Encofrado. 2) Hormigonado	No	0%	Cambios en las prioridades de las actividades / Personal tranferido a otra obra	Personal realizando otras actividades. Falta de personal que se planificó, debido a algunos obreros que se encontraban en otra obra.	El clima no afecta al cumplimiento de esta actividad.
Instalaciones sanitarias en planta baja	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	Instalaciones agua potable y desagües	Instalaciones agua potable y desagües	Instalaciones agua potable y desagües	Instalaciones agua potable y desagües	Instalaciones agua potable y desagües	Instalaciones agua potable y desagües		100%		Si bien se cumple con lo planificado, no obstante la falta de información referente a las piezas sanitarias que se utilizarán puede causar retrasos en el cronograma semanal de la siguiente semana.	El clima no afecta al cumplimiento de esta actividad.

Para calcular el PPC de cada actividad, se consideraron las actividades ejecutadas según lo planificado, esto significa, si la actividad estaba planificada para un determinado día, a pesar de que la misma se haya cumplido el día anterior, se considera como si el día que estaba planificada la actividad, la misma no se hubiera realizado, ya que lo que busca el sistema es que la planificación se vuelva lo más predecible posible y poder manejar la incertidumbre. Así mismo, después de calcular el PPC para una determinada actividad, se analizó con el representante del equipo ejecutor de la misma, la o las razones por la que la tarea no pudo ejecutarse o haberse cumplido de acuerdo a lo programado. Es decir, el proceso de analizar las causas del incumplimiento, se aplica para las actividades con un PPC menor al 100%. Para cada actividad incumplida o que presentó inconsistencias, se clasificó la causa de incumplimiento dentro de las principales Causas de No Cumplimiento, y después en el casillero de al lado de cada causa, se detalla lo ocurrido.

Cabe recalcar que las Causas de No Cumplimiento generales las cuales son objeto para la clasificación realizada, son las mismas que se mencionaron en el capítulo anterior en el subcapítulo “Seguimiento de la producción, medición y aprendizaje”:

1. Directivas
2. Personal
3. Materiales
4. Herramientas y equipos
5. Prerrequisitos
6. Espacio de trabajo
7. Condiciones de trabajo
8. Programación
9. Imprevistos/otros

Después de haber calculado el PPC para cada actividad y haber determinado las CNC y su explicación detallada para cada tarea que haya presentado inconsistencias, se procedió a calcular el Porcentaje de Plan Completado para cada uno de los equipos ejecutores, por medio de la media aritmética del PPC obtenido en cada una de las actividades que aparecen en la planificación semanal para el equipo o subcontrata. De la misma manera, para obtener el PPC promedio de todos los equipos como conjunto, se realizó una media ponderada que relaciona el PPC promedio de cada equipo de

trabajo con el número de actividades que ha ejecutado el equipo, que se puede expresar mediante la siguiente expresión:

$$PPC\ promedio\ general\ = \frac{\sum_{i=0}^{n} PPC_{promedio} \cdot Número\ de\ actividades}{Número\ total\ de\ actividades\ ejecutadas}$$

Donde,

i= Equipo de trabajo "i".

n= Todos los equipos de trabajo.

De esa manera se obtiene el PPC global para la empresa de construcción como un conjunto, y se obtiene el siguiente resultado:

Tabla 4.8: PPC global para la semana 1.

Porcentaje de Plan Completado para la semana 1 (PPC Global)				
Equipo de trabajo	**Representante del equipo**	**PPC promedio del equipo**	**Número de actividades**	**PPC*Número de actividades**
Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	80%	5	4.00
Equipo del acero estructural (Soldadores)	Ortiz	22%	3	0.67
Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	100%	1	1.00
		PPC Global		**63%**

Si bien el PPC es mayor al porcentaje de cumplimiento de las actividades de acuerdo a lo planificado con el método tradicional, que es del 50%, Ballard señala que un PPC igual o superior al 70%, reflejan una buena planificación y ese es el objetivo al cual se quiere llegar, por lo que después de analizar las Causas de No Cumplimiento, se conversó con los distintos equipos para tomar medidas correctivas.

Así mismo, se utilizó la herramienta estadística para el caso de las Causas de No Cumplimiento, para cada causa se determinó su frecuencia absoluta para después estimar su frecuencia relativa, y se obtuvo el siguiente gráfico de barras:

Tabla 4.9: Tabla de cálculo de la frecuencia relativa para cada Causa de No Cumplimiento de la Semana 1.

Causas de No Cumplimiento		
Causa general de incumplimiento	**Frecuencia absoluta**	**Frecuencia relativa**
Falta de personal	3	43%
Directivas	1	14%
Cambios en las prioridades de las actividades	1	14%
Personal transferido a otra obra	1	14%
Condiciones climáticas	1	14%
Total	7	100%

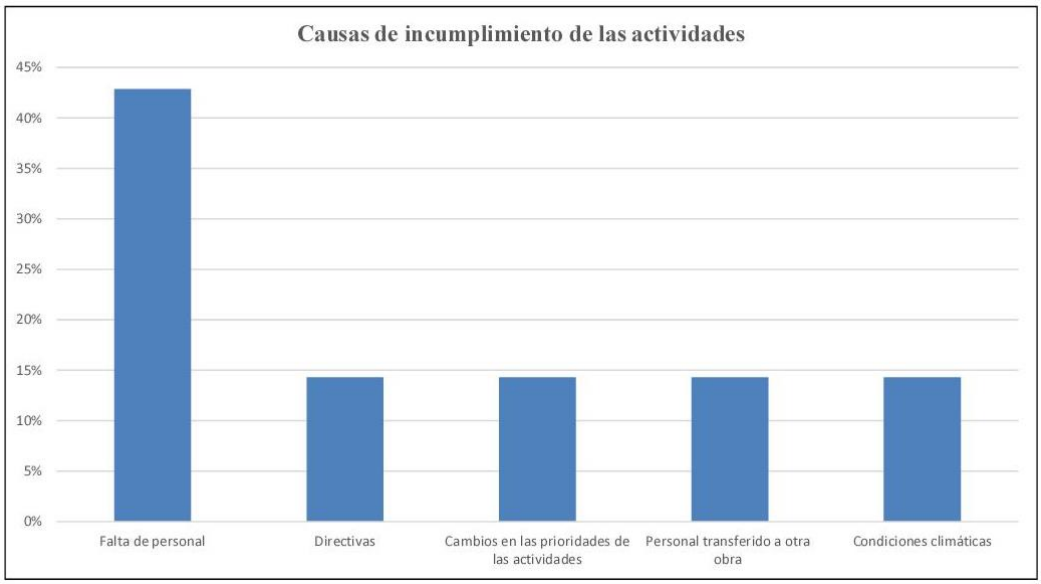


Figura 4.13: Gráfico de las Causas de No Cumplimiento de las actividades para la semana 1.

Como se puede observar, para la semana 1, la principal causa de no cumplimiento es la ausencia de mano de obra para poder ejecutar las actividades, el resto de causas si bien tuvieron un efecto sobre el incumplimiento de las tareas, no obstante, no fue tan significativo como la falta de personal, la cual representa el 43% de los motivos de incumplimiento para esa semana. Entonces lo que se hizo es charlar y de manera colaborativa aconsejarle al representante del equipo de acero estructural y soldadores, Luis Ortiz, ya que su equipo es quien presenta el menor PPC (22%). De esa manera se analizó las razones de presentar repetitivamente ausencia de mano de obra, y se le explicó que su incumplimiento en las promesas que realizó muestra una falta de compromiso y eso incide en la productividad y avance general de la obra, lo cual se refleja en el PPC global. Finalmente, el planificador reparó que el incumplimiento radicaba en que había prometido un determinado número de obreros en su equipo, mientras sabía que los mismos estarían repartidos en otras obras e hizo esa promesa a

sabiendas de que no podría cumplirla con el motivo de que tenía miedo de que el dueño de la obra buscaría otro equipo para realizar sus actividades, pero se comprometió a conseguir más obreros para las próximas semanas y no hacer promesas que no puede cumplir.

La eficiencia de las acciones correctivas se las determinará con el análisis del PPC global de la próxima semana durante la reunión semanal 3.

El siguiente paso, al haber finalizado la revisión y análisis del PPC y CNC, y haber conversado conjuntamente con todos los equipos, de tal forma que se encuentren las medidas correctivas óptimas para los problemas encontrados y poder aumentar el Porcentaje de Plan Completado global para la próxima semana, se procedió a realizar el análisis de las restricciones para las actividades de la semana siguiente para después realizar el Inventario de Trabajo Ejecutable y realizar la Planificación Semanal, y finalmente poder actualizar la ventana *Lookahead*, con lo realmente ocurrido en la semana 1 y lo planificado para la semana 2.

Para el análisis de las restricciones, la creación del ITE, y la generación del Plan de Producción para la semana número 2 del período de implementación del sistema se siguió el mismo procedimiento que se explicó detalladamente para la semana número 1, y se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 4.10: Planilla de restricciones para la semana 2.

Análisis de restricciones para la la elaboración de la Planificación Semanal (semana 29: 23 enero-28 enero de 2017)																			
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso																		
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde																		
				Restricciones															
				Directivas				**Prerequisitos**			**Recursos**				**Procesos**				
															Practica de Trabajo				
Tarea	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Encargado de liberar restricción**	**Preguntas sin respuesta**	**Planos o espec. incomp.**	**Coord. y comunic. plan**	**Cambios al trabajo**	**Otras tareas**	**Req. de informacion**	**Muestras**	**Material**	**Equipo**	**Mano de obra**	**Espacio**	**Subcont**	**Cuadrilla**	**Equipo / Material**	**Condiciones climáticas/físicas**	
Pintado de perfiles para correas G y 2G adicionales en la cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Luis Ortiz, Juan Esteban Crespo								Pintura anticorrosiva color negro mate. Disolvente	Brochas y herramientas menores (El subcontratista se encarga de provisionarlo).	2 peones (Subcontratista se encarga de provisionarlo)	Sala (Ejes F-G)	Luis Ortiz			Debe haber espacio en la sala (Ejes F-G) para el corte y conformación de perfiles.	
Armado de estructura con perfiles 2G	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Luis Ortiz, Juan Esteban Crespo		Los perfiles 2G en esta zona no estaban contemplados en los planos de cubierta.	Comunicar a soldadores que deben conformar los perfiles 2G. Pedir a Luis Ortiz que tenga el suficiente personal disponible para realizar la actividad	No estaba planificada orignalmente esta actividad, pero se la incluyó debido a que el dueño tenia miedo de que los perfiles G en esa zona no resistan las vigas de madera en volado que se pondrian sobre ellas. Entonces se optó por colocar perfiles 2G conformados con varillas de acero de refuerzo en el alma.	Pintado de perfiles.			1) Perfiles G 150x50x15x3 mm. 2) Varillas de acero de refuerzo d=12 mm. 3) Suelda, gas butano, oxigeno (Subcontratista se encarga de provisionarlo)	Equipo de suelda, herramientas menores, amoladora, andamios (El subcontratista se encarga de provisionarlo)	2 soldadores, 2 ayudantes	1) Area sala (Ejes F-G) para el corte y conformación de perfiles. 2) Cubierta y planta alta entre ejes 1-2 y ejes A-E, y entre ejes 3-4 y ejes A-E	Luis Ortiz			Debe haber espacio en la sala (Ejes F-G) para el corte y conformación de perfiles. Deben estar armados los andamios en el área requerida para la colocación de los perfiles.	
Colocación de perfiles G en cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Ortiz	Luis Ortiz				Se requerirá que el equipo de los soldadores lleven más obreros para poder cumplir con la colocación de los perfiles G, debido a la decisión de colocar los perfiles 2G que no estaba previsto, la cual también requiere de personal y tiempo.	Pintado y cortado de perfiles.			1) Perfiles G 150x50x15x3 mm. 2) Suelda, gas butano, oxigeno (Subcontratista se encarga de provisionarlo)	Equipo de suelda, herramientas menores, amoladora, andamios (El subcontratista se encarga de provisionarlo)	2 soldadores, 2 ayudantes	Cubierta, planta alta entre ejes 1-4 y ejes A-E	Luis Ortiz			Deben estar armados los andamios en el área requerida.	
Preparación de las vigas de madera para la cubierta	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Percy Rojas			Coordinar el uso de espacio con soldadores ya que puede interferir con el espacio para corte, conformación y pintado de los perfiles G y 2G		Las vigas G y 2G deben estar colocadas.			masilla de madera, aceite de teca, vigas AVIO 7x14	Herramientas menores, lijadora	1 carpintero, 1 ayudante	Cocina (Ejes G y H)	No			La zona de la cocina (Entre eje G y H) debe estar libre para poder trabajar bajo techo.	
Colocación de vigas de madera en cubierta	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	Percy Rojas. Luis Ortiz	Percy Rojas, Luis Ortiz.	Cómo son los herrajes para las uniones de las vigas de madera y los perfiles metálicos?	Definir ubicación y configuración del armado en cuanto a las alturas de las vigas de madera en el los volados, más las tiras de Seike y los tableros de aglomerado.	Coordinar con Luis Ortiz la fecha de entrega de los herrajes. Coordinar el uso de los andamios con los soldadores porque puede interferir con su trabajo. Coordinar secuencia de trabajo para colocar los perfiles y soldar los herrajes.		1) Lijado y preparado de vigas. 2) Los herrajes deben estar listos	Revisar que se haya reforzado la suelda en las vigas en la cubierta.		1) Herrajes, andamios. 2) Suelda, oxigeno, gas butano (Equipo de soldadores encargados de provisionar)	Equipo de suelda (El subcontratista se encarga de provisionarlo).2) Herramientas menores	1 soldador, 1 ayudante (Subcontratista encargado de provisionarlo), 1 oficial, 2 ayudantes	Cubierta en zona dormitorios (Ejes 1-2 entre ejes A y F, ejes 3-4 entre ejes A y F)	Mixto (Percy Rojas, Luis Ortiz)			Los andamios deben estar colocados en la zona de trabajo.	
Colocación de tableros de aglomerado tropicalizado sobre vigas metálicas en la cubierta.	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Juan Esteban Crespo, José Andrés Cueva		Definir detalles constructivos en cuanto a las alturas de las vigas más los tableros, y las alturas de las vigas de madera en volado más las tiras de seike sobre ellas y tableros de aglomerado para que queden a la misma altura y poder colocar el impermeabilizante asfáltico y las tejas	Coordinar el uso de los andamios con los otros equipos para que tener disputas		Estructura metálica (perfiles G y 2G) en cubierta debe estar armada (en ejes entre ejes 1-4 y ejes A-E)	Cotización tableros	Obtener muestra de tableros	Tableros de aglomerado tropicalizado 1,22x2,44m,	Herramientas menores	1 carpintero, 1 ayudante	Cubierta, planta alta entre ejes 1-4 y ejes A-E	No			Los andamios deben estar colocados en la zona de trabajo.	
Instalación de impermeabilizante asfáltico tipo Chova sobre tableros de aglomerado en cubierta.	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Juan Esteban Crespo			Coordinar el uso de los andamios con los otros equipos para que tener disputas		Deben haberse colocado una parte de los tableros para poder comenzar con esta actividad	Cotización impermeabilizante	Obtener muestra del producto a instalar	Impermeabilizante asfáltico tipo Chova	Herramientas menores	1 albañil, 1 ayudante	Cubierta, planta alta entre ejes 1-4 y ejes A-E	No			Los andamios deben estar colocados en la zona de trabajo.	
Colocación viga de acero superior para la reconstrucción de pared agrietada	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Luis Ortiz		No hay planos ya que es una actividad adicional incurrida debido al agrientamiento de la pared. Acordar detalles Luis Ortiz			La viga inclinada de acero debe estar colocada.	Revisión de que la viga inclinada esté bien colocada.		1) Perfil metálico estructural cuadrado (125x125x3 mm), 2) suelda, gas butano, oxigeno (El subcontratista se encarga de provisionarlo)	Equipo de suelda, herramientas menores, amoladora (El subcontratista se encarga de provisionarlo)	1 soldador, 1 ayudante	Pared a lado de la entrada principal de planta baja (entre eje 4 y eje F).	Luis Ortiz				
Construcción de viga inferior para reconstrucción de pared	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Juan Esteban Crespo	Definir las dimensiones de la viga en cuanto a su sección	No hay planos ya que es una actividad adicional incurrida debido al agrientamiento de la pared			La viga inclinada de acero debe estar colocada.			Cemento, arena, grava, varillas de acero de refuerzo (d=12cm y 10 cm) madera para encofrado recto (guayacán)	Concretera de 1 saco. Herramientas menores.	1 albañil, 2 ayudantes, 4 peones.	Pared a lado de la entrada principal de planta baja (entre eje 4 y eje F).	No			El clima no afecta al cumplimiento de esta actividad.	
Mamposteria	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Percy Rojas			Pedirle a representante de equipo de obra gris (Percy Rojas) que traiga a más personas (1 ayudante y 1 peón) para poder realizar la mamposteria de la bodega		Las vigas 2G deben estar colocadas para poder realizar mamposteria baño padres			Ladrillo panelón, bloques de pomez, cemento, arena, andamios	Herramientas menores	2 ayudantes y 2 peones	Baño padres en planta alta (Eje A entre ejes 1 y 4), zona jardin interior en plan alta (Eje 2 entre eje E y F), zona bodega (a lado de muro en el sótano entre eje 1 y ejes G-H).	No			Deben estar armados los andamios en el área para mamposteria de bloque en planta alta.	
Enlucido de paredes con mortero 1:3	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Juan Esteban Crespo			Coordinar el uso de andamios con el equipo de soldadores.		Pared de bloque de pomez debe estar realizada			Cemento, arena, lija gruesa, andamios	Herramientas menores	2 ayudantes y 2 peones	Planta alta pared colindante a terreno vecino sobre eje 1 entre ejes A-E, y pared de bloque en planta alta sobre eje 2 entre ejes E-F	No			Deben estar armados los andamios en el área requerida.	
Empastado de paredes	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Juan Esteban Crespo			Coordinar secuencia de trabajo con equipo de instalaciones sanitarias para que no trabajen ambos equipos en las mismas zonas al mismo tiempo y tengan espacio para transitar.		Revisar que las paredes de planta baja deben estar enlucidas (Si están).			Empaste, lija	Herramientas menores	2 ayudantes y 2 peones	Planta baja	No				
Colocación de perfil estrucural Vk 330x150x4x10 mm sobre columnas adicionales	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Percy Rojas, Luis Ortiz.					Revisar que las columnas estén desencofradas			1) Perfil Vk 330x150x4x10 mm. 2)Suelda, gas butano, oxigeno (Soldadores encargados de provisionarlo). 3) Pintura anticorrosiva mate	Equipo para soldar, andamios, teceles (Soldadores encargados de provisionar equipo)	1 soldador, 1 ayudante	Zona exterior colindante con terreno vecino entre eje 1 y ejes E-G, a nivel de planta alta (N 3+000)					
Construcción de bodega para tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Juan Esteban Crespo	Definir ubicación de la puerta	Definir medidas de la bodega						Piedras d=20cm, cemento, arena, grava. Vigas electrosoldadas (10x15), madera para encofrado (guayacán)	Herramientas menores	2 oficiales, 4 peones, 2 ayudantes	Zona exterior, área patio colindante a terreno vecino(a lado de muro en el sótano entre eje 1 y ejes G-H).					
Preparado de superficie con graut en columnas (para lograr un apoyo uniforme para los perfiles Vk 330x150x4x10 mm)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Hernán Cuesta								Graut autonivelante	Herramientas menores	1 peon	Columna en intersección eje 2 y eje G, y columnas en intersección entre eje 4 y eje G, a nivel N 6+000				Se debe tener escaleras disponibles en el lugar de trabajo	
Losa adicional	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Juan Esteban Crespo, José Andrés Cueva		Acordar la resistencia del hormigón a la compresión a los 28 dias, para poder determinar la dosificación para la fabricación del mismo	Pedirle al encargado del equipo de obra gris (Percy Rojas) que tenga el personal suficiente para poder realizar la actividad en los dias planificados. Coordinar secuencia de compactación de relleno de mejoramiento e instalaciones sanitarias (desagües) que van enterradas en el relleno	Esta losa no estaba planificada originalmente ya que iba el deck metálico, por lo que causará que el flujo de trabajo tenga que ser más intenso y requiera de mayor personal. Coordinar el flujo de trabajo.				1) Piedras diámetro similar a 20 cm. 2) Cemento, arena y grava. 3) Varillas de acero de refuerzo (diámetro= 14 cm y 10cm). 4) Tubos de PVC diámetro= 4 in, para desagüe, codos y tees. 5) Material de mejoramiento (1 volqueta de 8 m3)	Vibroapisonador, herramientas menores, vibrador para hormigón, tablones de madera (guayacán) para encofrado.	2 oficiales, 4 peones, 2 ayudantes	Zona exterior, área patio colindante a terreno vecino entre eje 1 y ejes E y G				Debe estar libre el espacio de trabajo	
Recubrimiento con mortero 1:3 de perfil Vk 330x150x4x10 mm en zona de mamposteria de bloque en planta alta	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Hernán Cuesta								Malla de nervo-metal, cemento, arena	Herramientas menores	1 ayudante, 1 peon	Debajo de mamposteria de bloque en planta alta (Eje 2 entre eje E y F).	No	1 peón	Se cuenta con todo lo requerido	Debe haber alguna escalera o andamio dispobible para colocar en la zona donde se realizará el trabajo.	
Instalaciones sanitarias	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	Juan Esteban Crespo	Aún no se definen las piezas sanitarias mezcladoras .		Se debe coordinar con Humberto Campoverde para realizar todo lo que se pueda que no involucre las piezas sanitarias ni mezcladoras ni tinas. Coordinar para que no hayan disputas por el espacio con equipo de obra gris que hará empastado.		La mamposteria debe estar picada para poder realizar la ducteria e intalaciones			Material provisto por el subcontratista	Herramientas menores provistas por el subcontratista	Cuadrilla provista por el subcontratista	Planta baja	Ortiz	Subcontratista provee cuadrilla	Se cuenta con todo lo requerido	Planta baja	

Tabla 4.11: Inventario de Trabajo Ejecutable para la semana número 2.

Inventario de Trabajo Ejecutable (semana 29: 23 enero-28 enero de 2017)																				
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso																			
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde																			
			Restricciones																**Entra al plan semanal?**	**Observaciones**
			Directivas				**Prerequisitos**			**Recursos**				**Procesos**						
Tarea	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Preguntas sin respuesta**	**Planos o espec. incomp.**	**Coord. y comunic. plan**	**Cambios al trabajo**	**Otros tareas**	**Req. de informacion**	**Muestras**	**Material**	**Equipo**	**Mano de obra**	**Espacio**	**Practica de Trabajo**			**Condic. Fisicas/ climáticas**			
														Subcont	**Cuadrilla**	**Equipo / Material**				
Pintado de perfiles para correas G y 2G adicionales en la cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	
Armado estructura con perfiles 2G	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Si	Si	Si	Si	Si (Ver observaciones)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	La revisión del pintado de perfiles se la realiza durante la semana
Colocación de perfiles G en cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Ortiz	Si	Si	Si	Si (Ver observaciones)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	Luis Ortiz tiene otras obras, pero se compromete a tener el suficiente personal para cumplir con las actividades planificadas para la semana en nuestra obra
Preparación de las vigas de madera para la cubierta	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	No	Si	No	Si	Si	No	No	No	No	No	Si	Si	No	**No**	
Colocación de vigas de madera en cubierta	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	Percy Rojas. Luis Ortiz	No	No	No	Si	No	No		No	Si	Si	No	Si	No	No	Si	**No**	
Colocación de tableros de aglomerado tropicalizado sobre vigas metálicas en la cubierta.	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	No	No	Si	No	No	No	No	Si	No	No	No	No	No	No	**No**	
Instalación de impermeabilizante asfáltico tipo Chova sobre tableros de aglomerado en cubierta.	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	No	Si	No	No	No	No	Si	No	No	No	No	No	No	**No**	
Colocación viga de acero superior para la reconstrucción de pared agrietada	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	
viga inferior para reconstrucción de pared	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	
Mampostería	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si (Ver observación)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	Percy Rojas se compromete en traer a más obreros para poder realizar el conjunto de actividades de mampostería.
Enlucido de paredes con mortero 1:3	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si (Ver observación)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	
Empastado de paredes	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	
Colocación de perfil estrucural Vk 330x150x4x10 mm sobre columnas adicionales	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	
Bodega para tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	
Preparado de superficie con graut en columnas (para lograr un apoyo uniforme para los perfiles Vk 330x150x4x10 mm)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	
Losa adicional	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si (Ver observación)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	No se ha acordado aún la dosificación del hormigón para la losa adicional, pero en obra se lo hará ya que hay suficiente material
Recubrimiento con mortero 1:3 de perfil Vk 330x150x4x10 mm en zona de mampostería de bloque en planta alta	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	
Instalaciones sanitarias	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	Si	Si	Si	Si	Si	Si (Ver observación)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	El dueño debe definir lo más pronto posiblelas piezas sanitarias, mexcladoras y tinas que desea, de modo que no se tengan retrasos en las actividades del equipo de instalaciones sanitarias en las próximas semanas.

Tabla 4.12: Planificación de la Producción para la semana 2.

Planificación Semanal (semana 29: 23 enero-28 enero de 2017)								
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso							
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde							
Fecha	Sábado, 21 de enero de 2017							
Ubicación/Sector	San Joaquín							
Tarea	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**
Pintado de perfiles para correas G y 2G adicionales en la cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz		Pintado de perfiles G en área sala (Ejes F-G).	Pintado de perfiles G en área sala (Ejes F-G) 2)Pintado perfiles 2G en área sala (Ejes F-G)	Pintado perfiles 2G en área sala (Ejes F-G)		
Armado estructura de cubierta con perfiles 2G (Pintado, conformación, corte y colocación)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz		1) Corte de perfiles en área sala (Ejes F-G). 2) Conformación de perfiles 2G en área sala (Ejes F-G)	1) Corte de perfiles en área sala (Ejes F-G). 2) Conformación de perfiles 2G en área sala (Ejes F-G)	Colocación de perfiles en cubierta entre ejes 1-2 y ejes A-E, y entre ejes 3-4 y ejes A-E		
Colocación de perfiles G en cubierta entre ejes 1-4 y ejes A-E	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz		Cortado de perfiles en área sala (Ejes F-G)	Cortado de perfiles en área sala (Ejes F-G)	Colocacióin de perfiles en cubierta entre ejes 1-4 y ejes A-E	Colocacióin de perfiles en cubierta entre ejes 1-4 y ejes A-E	
Colocación viga de acero superior para la reconstrucción de pared agrietada	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Colocación viga de acero superior (perfil estructural cuadrado)					
Viga de hormigón armado inferior para reconstrucción de pared entre eje 4 y eje F	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	1) Corte y doblado de acero de refuerzo. 2) Encofrado recto de madera. 3) Hormigonado (f'c=180 Kg/cm2)					
Mamposteria	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	1) Mamposteria de ladrillo panelón para reconstrucción pared agrietada entre eje 4 y eje F. 2) Mamposteria de bloque de pomez en planta alta (zona sala-pared de piedra para jardín interior) entre eje 2 entre eje E y F	Mamposteria pared baño dormitorio padres en planta alta sobre eje A entre ejes 1 y 4	Mamposteria pared baño dormitorio padres en planta alta sobre eje A entre ejes 1 y 4			Mamposteria para bodega de tanques de gas (a lado de muro en el sótano entre eje 1 y ejes G-H).
Enlucido de paredes con mortero 1:3 en planta alta	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas		1) Enlucido de pared exterior en planta alta (pared colindante a terreno vecino sobre eje 1 entre ejes A-E). 2) Enlucido mamposteria de bloque en planta alta sobre eje 2 entre ejes E-F	1) Enlucido de pared exterior en planta alta (pared colindante a terreno vecino sobre eje 1 entre ejes A-E). 2) Enlucido mamposteria de bloque en planta alta sobre eje 2 entre ejes E-F	Enlucido de pared exterior en planta alta (pared colindante a terreno vecino sobre eje 1 entre ejes A-E).	Enlucido de pared exterior en planta alta (pared colindante a terreno vecino sobre eje 1 entre ejes A-E).	
Empastado de paredes en planta baja	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas			Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Primera mano)	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Primera mano)	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Primera mano)	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Primera mano)
Colocación de perfil estrucural Vk 330x150x4x10 mm sobre columnas adicionales entre eje 1 y ejes E-G, a nivel de planta alta (N 3+000)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Colocación de perfiles IPN que conectan vigas IPN de losa de planta alta con columnas adicionales (estructura losa inaccesible planta alta)					
Construcción de bodega para tanques de gas (a lado de muro en el sótano entre eje 1 y ejes G-H).	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas		Muro de hormigón ciclópeo 60% Ho 40% piedra (sobre el muro se hará una losa de piso)	Muro de hormigón ciclópeo 60% Ho 40% piedra (sobre el muro se hará una losa de piso)	1) Corte y figurado de acero de refuerzo para vigas que soportarán la mamposteria. 2) Encofrado lateral para losa	1) Hormigonado de losa de piso. 2) Instalación de columna electrosoldada	
Preparado de superficie con graut en columnas (para lograr un apoyo uniforme para los perfiles Vk 330x150x4x10 mm)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Preparado de suferficie en columnas en planta alta en zona cocina en columna en intersección eje 2 y eje G, y columnas en intersección entre eje 4 y eje G, a nivel N 6+000					
Contrucción de losa adicional área patio colindante a terreno vecino entre eje 1 y ejes E y G	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	1) Muro de hormigón ciclópeo para armar sobre el mismo la viga que une las dos columnas adicionales (viga de borde de losa adicional). 2) corte y figurado de de acero de refuerzo para viga de borde de losa	1) Relleno con mejoramiento compactado cada 15 cm con vibroapisonador en zona viga de borde de losa adicional y losa de planta baja. 2) Instalación de tuberías de desagüe	1) Encofrado lateral de losa adicionl. 2) Hormigonado (f'c = 210 Kg/cm2)			
Recubrimiento con mortero 1:3 de perfil Vk 330x150x4x10 mm en zona de mamposteria de bloque en planta alta (Eje 2 entre eje E y F)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas			Colocacion de malla de nervo-metal en el área del perfil que se va a recubrir	Recubrimiento con mortero 1:3		
Instalaciones sanitarias en planta baja	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	Instalaciones en sótano y planta	Instalaciones en sótano y planta	Instalaciones en sótano y planta	Instalaciones en sótano y planta	Instalaciones en sótano y planta	Instalaciones en sótano y planta

De manera complementaria al plan de producción, se presenta el listado de actividades críticas para la semana número 2, con la finalidad de contar con todos los insumos necesarios para poder ejecutar de la mejor manera lo programado y saber en qué actividades se debe prestar atención especial.

Tabla 4.13: Actividades críticas dentro de la planificación semanal 2

Análisis de la importancia de las actividades planificadas para la semana 2 (23 enero-28 enero de 2017)					
Proyecto	Construcción de la vivienda Crespo-Moscoso		**Ubicación**	San Joaquín Km 5.5	
Preparado por	José Andrés Cueva		**Fecha**	Sábado, 21 de enero de 2017	
Semana	**Tarea**	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Es crítica?**	**Observaciones**
Semana 2	Pintado de perfiles para correas G y 2G adicionales en la cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Si	Es parte del armado de la estructura metálica de cubierta.
	Armado estructura de cubierta con perfiles 2G (Pintado, conformación, corte y colocación)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Si	En el análisis realizado para la primera semana se acuerda que el armado de estructura de cubierta es crítica.
	Colocación de perfiles G en cubierta entre ejes 1-4 y ejes A-E	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Si	En el análisis realizado para la primera semana se acuerda que el armado de estructura de cubierta es crítica.
	Colocación viga de acero superior para la reconstrucción de pared agrietada	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Si	Es parte de la reconstrucción de la pared agrietada.
	Viga de hormigón armado inferior para reconstrucción de pared entre eje 4 y eje F	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Es parte de la reconstrucción de la pared agrietada.
	Mampostería	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Es una actividad crítica al momento de realizar la mampostería de la pared que se reconstruirá.
	Enlucido de paredes con mortero 1:3 en planta alta	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	De acuerdo a la red de actividades, la misma es una actividad crítica, y es la predecesora directa para poder instalar los vidros de las ventanas, la cual es otra actividad crítica.
	Empastado de paredes en planta baja	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	No	No está dentro de la red de actividades pero su retraso no afecta o no retrasa a la totalidad del proyecto, por lo cual la misma no es una avtividad crítica.
	Colocación de perfil estrucural Vk 330x150x4x10 mm sobre columnas adicionales entre eje 1 y ejes E-G, a nivel de planta alta (N 3+000)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	No	No está dentro de la red de actividades pero su retraso no afecta o no retrasa a la totalidad del proyecto, por lo cual la misma no es una avtividad crítica.
	Construcción de bodega para tanques de gas (a lado de muro en el sótano entre eje 1 y ejes G-H).	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	No	No está contemplada en la red de actividades, pero la misma es solo una obra complementaria a la construcción total de la casa, por lo cual no es una actividad crítica.
	Preparado de superficie con graut en columnas (para lograr un apoyo uniforme para los perfiles Vk 330x150x4x10 mm)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	No	No afecta al transcurso del proyecto, es una actividad secundaria, de relleno.
	Contrucción de losa adicional área patio colindante a terreno vecino entre eje 1 y ejes E y G	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	No	Es parte del Deck de planta baja, el cual no es una actividad crítica.
	Recubrimiento con mortero 1:3 de perfil Vk 330x150x4x10 mm en zona de mampostería de bloque en planta alta (Eje 2 entre eje E y F)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	No	Es una actividad secundaria, es complementario al enlucido de algunas paredes y tiene una finalidad netamente estética, entonces su retraso no afecta a la duración total del proyecto
	Instalaciones sanitarias en planta baja	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	No	Según la red de actividades.

Después de planificar la producción para la semana entrante, se actualizó la ventana *Lookahead* con lo que ocurrió realmente en la semana uno. Primero se muestra la Planificación Intermedia actualizada contemplando el horizonte de siete semanas para que se pueda apreciar el avance de manera más amplia, ya que algunas actividades abarcan más tiempo que el período de implementación del sistema. Entonces se calculó también el porcentaje que se realizará de cada actividad durante las cuatro semanas de implementación.

Tabla 4.14: Primera actualización del Cronograma Lookahead con horizonte de 7 semanas

Cronograma *Lookahead* (semana 28-semana 31)																																												
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso																																											
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde																																											
Descripcion Tarea	**Equipo Responsable**	**Porcentaje de la actividad a realizarse**	**Semana 1 (16/01/2017-21/01/2017)**						**Semana 2 (23/01/2017-28/01/2017)**						**Semana 3 (30/01/2017-04/02/2017)**						**Semana 4 (06/02/2017-11/02/2017)**						**Semana 5 (13/02/2017-18/02/2017)**						**Semana 6 (20/02/2017-25/02/2017)**						**Semana 7 (27/02/2017-04/03/2017)**					
			Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa
Acero estructural de cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																														
Construcción de zapatas y columnas adicionales (Son dos) (f'c=240 Kg/cm2)	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																																				
Enlucido de paredes con mortero cemento-arena 1:3	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X																															
Empastado de paredes	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																								
Revestimiento de perfiles electrosoldados Vk (tipo "I") con mortero cemento-arena 1:3	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X			X	X																																
Demolición de pared agrietada	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																																				
Armado de estructura metálica para pared	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%	X	X	X	X	X	X	X																																			
Construcción de viga de hormigón armado inferior para reconstrucción de pared	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X	X																																			
Muro de hormigón ciclópeo para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%								X	X																																	
Losa para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%										X	X																															
Mamposteria de ladrillo panelón para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%												X																														
Preparado de superficie con graut en columnas	Equipo obra gris y acabados	100%							X																																			
Construcción de losa adicional (Extensión de losa de planta baja, es parte del deck)	Equipo obra gris y acabados	100%							X	X	X																																	
Instalaciones sanitarias (planta baja y planta alta)	Equipo instalaciones sanitarias	80%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
Instalación de vigas de madera AVIO en la cubierta	Equipo obra gris y acabados Equipo de Soldadores	100%													X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																		
Colocación de tableros de aglomerado tropicalizado para cubierta	Equipo obra gris y acabados	33%													X	X	X	X	X	X													X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Instalación de impermeabilizante asfáltico (tipo Chova) sobre tableros de aglomerado	Equipo obra gris y acabados	42%														X	X	X	X	X																			X	X	X	X	X	X
Instalación de tejas	Equipo obra gris y acabados	33%																			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
Armado de estrucura metálica para deck de Planta Baja (Vigas principales y secundarias)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%													X	X	X	X	X	X																								
Colocación de tablones/tablones pino-PVC para Deck	Equipo obra gris y acabados	100%																			X	X	X	X	X	X																		
Colocación de tiras de madera sobre vigas de madera en la cubierta	Equipo obra gris y acabados	33%																			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Construcción de cajas de revisión para desagües	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																																				
Armado de estrucura metálica para escalera de planta baja-planta alta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%													X	X	X	X	X	X																								

A partir de este momento, en los resultados de las reuniones semanales siguientes, se mostrará la actualización del Cronograma *Lookahead*, pero englobará sólo el tiempo de aplicación del mismo, es decir cuatro semanas, como se presenta a continuación:

Tabla 4.15: Primera actualización del Cronograma Lookahead con un horizonte de cuatro semanas.

Cronograma *Lookahead* (semana 28-semana 31)																																			
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso																																		
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde																																		
Descripcion Tarea	**Equipo Responsable**	**Porcentaje de la actividad a realizarse**	**Semana 1 (16/01/2017-21/01/2017)**						**Semana 2 (23/01/2017-28/01/2017)**						**Semana 3 (30/01/2017-04/02/2017)**						**Semana 4 (06/02/2017-11/02/2017)**															
			Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa									
Acero estructural de cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																					
Construcción de zapatas y columnas adicionales (Son dos) (f'c=240 Kg/cm2)	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																											
Enlucido de paredes con mortero cemento-arena 1:3	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X																						
Empastado de paredes	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X															
Revestimiento de perfiles electrosoldados Vk (tipo "I") con mortero cemento-arena 1:3	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X			X	X																							
Demolición de pared agrietada	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																											
Armado de estructura metálica para pared	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%	X	X	X	X	X	X	X																										
Construcción de viga de hormigón armado inferior para reconstrucción de pared	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X	X																										
Muro de hormigón ciclópeo para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%								X	X																								
Losa para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%										X	X																						
Mamposteria de ladrillo panelón para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%												X																					
Preparado de superficie con graut en columnas	Equipo obra gris y acabados	100%							X																										
Construcción de losa adicional (Extensión de losa de planta baja, es parte del deck)	Equipo obra gris y acabados	100%							X	X	X																								
Instalaciones sanitarias (planta baja y planta alta)	Equipo instalaciones sanitarias	80%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
Instalación de vigas de madera AVIO en la cubierta	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	100%													X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
Colocación de tableros de aglomerado tropicalizado para cubierta	Equipo obra gris y acabados	33%													X	X	X	X	X	X															
Instalación de impermeabilizante asfáltico (tipo Chova) sobre tableros de aglomerado	Equipo obra gris y acabados	42%														X	X	X	X	X															
Instalación de tejas	Equipo obra gris y acabados	33%																			X	X	X	X	X	X									
Armado de estrucura metálica para deck de Planta Baja (Vigas principales y secundarias)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%													X	X	X	X	X	X															
Colocación de tablones/tablones pino-PVC para Deck	Equipo obra gris y acabados	100%																			X	X	X	X	X	X									
Colocación de tiras de madera sobre vigas de madera en la cubierta	Equipo obra gris y acabados	33%																			X	X	X	X	X	X									
Construcción de cajas de revisión para desagües	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																											
Armado de estrucura metálica para escalera de planta baja-planta alta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%													X	X	X	X	X	X															

Tanto en la ventana para la planificación Intermedia de siete semanas como la de cuatro semanas, se pueden apreciar actividades escritas con color azul, las cuales significan que fueron realizadas en la semana 1 pero no aparecían en el programa *Lookahead* original. Además, las "X" con color azul para las actividades que estaban planificadas significan los días adicionales que se requieren para poder completar las

actividades, así como las “X” en color rojo significan los días que se debería haber ejecutado las actividades durante la semana transcurrida pero no que no sucedió así.

Para el caso puntual de la tarea “Construcción de cajas de revisión para desagües”, la cual estaba planificada para la semana cuatro de acuerdo al plan *Lookahead* original, se la ejecutó en la primera semana con la finalidad de evitar tiempos ociosos debido a los cambios incurridos porque no se cumplió el plan como estaba pronosticado por la ausencia de personal y las demás razones de incumplimiento presentadas, y obviamente la tarea contaba con todo lo necesario para poderla iniciar, es decir, estaba libre de restricciones, por ello no hace que baje el PPC global, ya que la misma se registró como una actividad de reserva.

4.5.2.3. Reunión Semanal 3

En la reunión semanal número tres, celebrada el día sábado 28 de enero, se procedió de la misma manera que en la segunda reunión semanal, es decir, primero se determinó el PPC de cada actividad, después se calculó el PPC de cada equipo y el PPC global con la finalidad de evaluar el rendimiento y la productividad de los equipos y determinar la eficiencia de las acciones correctivas implementadas en la reunión semanal pasada. Después se analizaron las Causas de No Cumplimiento de las actividades con inconsistencias, para después pasar al análisis de las restricciones para las actividades que se planea que estén dentro del tercer período de producción, las cuales se filtrarán y se decidirán por medio del Inventario de Trabajo Ejecutable, y finalmente se generará el Cronograma Semanal para la tercera semana del período de producción, considerando las actividades críticas acompañadas por su respectivo análisis. Para concluir la reunión se realizó la actualización de la ventana *Lookahead* con lo ocurrido en la segunda semana. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la tercera reunión semanal.

Tabla 4.16: Cálculo del PPC de las actividades de la semana 2

Planificación Semanal (semana 29: 23 enero-28 enero de 2017)													
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso								**Fecha**	Sábado 28 de enero de 2017			
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde								**Ubicación**	San Joaquín			
Tarea	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Completo (Si o No)**	**Porcentaje de Plan Completado (PPC)**	**Razon Variacion (analisis)**	**Detalle**	**Condiciones climáticas**
Pintado de perfiles para correas G y 2G adicionales en la cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz		Pintado de perfiles G en área sala (Ejes F-G).	Pintado de perfiles G en área sala (Ejes F-G) 2)Pintado perfiles 2G en área sala (Ejes F-G)	Pintado perfiles 2G en área sala (Ejes F-G)			No	25%	Falta de material y condiciones climáticas	La pintura y el disolvente llegan el dia martes al final de la jornada, por lo que no se pudo comenzar a pintar el martes. El miércoles el clima impide que la actividad comience en la mañana sino en la tarde. El atraso en esta actividad causa que la colocación de los perfiles G en la cubierta comience el viernes en la tarde en vez del jueves	El clima causa atrasos en esta actividad
Armado estructura de cubierta con perfiles 2G (Pintado, conformación, corte y colocación)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz		1) Corte de perfiles en área sala (Ejes F-G). 2) Conformación de perfiles 2G en área sala (Ejes F-G)	1) Corte de perfiles en área sala (Ejes F-G). 2) Conformación de perfiles 2G en área sala (Ejes F-G)	Colocación de perfiles en cubierta entre ejes 1-2 y ejes A-E, y entre ejes 3-4 y ejes A-E				100%			La lluvia afecta a la velocidad del trabajo, pero no impide su cumplimiento.
Colocación de perfiles G en cubierta entre ejes 1-4 y ejes A-E	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz		Cortado de perfiles en área sala (Ejes F-G)	Cortado de perfiles en área sala (Ejes F-G)	Colocación de perfiles en cubierta entre ejes 1-4 y ejes A-E	Colocación de perfiles en cubierta entre ejes 1-4 y ejes A-E		No	25%	Personal transferido a otra obra (por parte del dueño de la urbanización) y condiciones climáticas	Los perfiles no se cortan el dia martes debido a que el personal es transferido a otra obra y tampoco se pudo pintar los perfiles. Los perfiles G se comienzan a colocar el viernes en la mañana debido a que el clima impidió que se pinten los perfiles cuando estaba planificado, y de igual manera que se pueda soldar los mismo de manera continua.	La lluvia afecta a la velocidad del trabajo, y su cumplimiento
Colocación viga de acero superior para la reconstrucción de pared agrietada	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Colocación viga de acero superior (perfil estructural cuadrado)						Si	100%			La lluvia afecta a la velocidad del trabajo, pero no impide su cumplimiento.
Viga de hormigón armado inferior para reconstrucción de pared entre eje 4 y eje F	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	1) Corte y doblado de acero de refuerzo. 2) Encofrado recto de madera. 3) Hormigonado ($f'c$=180 Kg/cm2)						Si	100%			El clima no afecta al cumplimiento de esta actividad.
Mamposteria	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	1) Mamposteria de ladrillo panelón para reconstrucción pared agrietada entre eje 4 y eje F. 2) Mamposteria de bloque de pomez en planta alta (zona sala-pared de piedra para jardin interior) entre eje 2 entre eje E y F	Mamposteria pared baño dormitorio padres en planta alta sobre eje A entre ejes 1 y 4	Mamposteria pared baño dormitorio padres en planta alta sobre eje A entre ejes 1 y 4			Mamposteria para bodega de tanques de gas (a lado de muro en el sótano entre eje 1 y ejes G-H).	No	80%	Personal transferido a otra obra (por parte del dueño de la urbanización) y falta de material	No se realiza mamposteria para bodega de tanques de gas. Mamposteria de en bodega se debe incluir en cronograma de la siguiente semana (semana 3). No se puede realizar mamposteria planta alta en pared baño dormitorio padres el dia mércoles, debido a que proveedores no cuentan con ladrillos sino hasta el dia viernes.	
Enlucido de paredes con mortero 1:3 en planta alta	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas		1) Enlucido de pared exterior en planta alta (pared colindante a terreno vecino sobre eje 1 entre ejes A-E). 2) Enlucido mamposteria de bloque en planta alta sobre eje 2 entre ejes E-F	1) Enlucido de pared exterior en planta alta (pared colindante a terreno vecino sobre eje 1 entre ejes A-E). 2) Enlucido mamposteria de bloque en planta alta sobre eje 2 entre ejes E-F	Enlucido de pared exterior en planta alta (pared colindante a terreno vecino sobre eje 1 entre ejes A-E).	Enlucido de pared exterior en planta alta (pared colindante a terreno vecino sobre eje 1 entre ejes A-E).		No	83%	Personal transferido a otra obra (por parte del dueño de la urbanización) y cambio en la prioridad de las actividades	Personal realizando otras actividades. Falta de personal que se planificó, debido a algunos obreros que se encontraban en otra obra. Enlucido en pared de bloque no se realiza el miércoles, sino el dia sábado.	
Empastado de paredes en planta baja	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas			Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Primera mano)	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Primera mano)	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Primera mano)	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Primera mano)	No	75%	Personal transferido a otra obra (por parte del dueño de la urbanización) y cambio en la prioridad de las actividades	Personal realizando otras actividades. Falta de personal que se planificó, debido a algunos obreros que se encontraban en otra obra. La actividad comienza un dia después de lo planificado.	El clima no afecta al cumplimiento de esta actividad, porque se a realiza bajo techo.
Colocación de perfil estrucural Vk 330x150x4x10 mm sobre columnas adicionales entre eje 1 y ejes E-G, a nivel de planta alta (N 3+000)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Colocación de perfiles IPN que conectan vigas IPN de losa de planta alta con columnas adicionales (estructura losa inaccesible planta alta)						Si	100%			El clima no afecta al cumplimiento de esta actividad.
Construcción de bodega para tanques de gas (a lado de muro en el sótano entre eje 1 y ejes G-H).	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas		Muro de hormigón ciclópeo 60% Ho 40% piedra (sobre el muro se hará una losa de piso)	Muro de hormigón ciclópeo 60% Ho 40% piedra (sobre el muro se hará una losa de piso)	1) Corte y figurado de acero de refuerzo para vigas que soportarán la mamposteria. 2) Encofrado lateral para losa	1) Hormigonado de losa de piso. 2) Instalación de columna electrosoldada		Si	100%			El clima provoca que la actividad se cumpla con un menor rendimiento, sin embargo se cumple en el tiempo planificado
Preparado de superficie con graut en columnas (para lograr un apoyo uniforme para los perfiles Vk 330x150x4x10 mm)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Preparado de suferficie en columnas en planta alta en zona cocina en columna en intersección eje 2 y eje G, y columnas en intersección entre eje 4 y eje G, a nivel N 6+000						SI	100%			El clima no afecta al cumplimiento de esta actividad.
Contrucción de losa adicional área patio colindante a terreno vecino entre eje 1 y ejes E y G	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	1) Muro de hormigón ciclópeo para armar sobre el mismo la viga que une las dos columnas adicionales (viga de borde de losa adicional). 2) corte y figurado de de acero de refuerzo para viga de borde de losa	1) Relleno con mejoramiento compactado cada 15 cm con vibroapisonador en zona viga de borde de losa adicional y losa de planta baja. 2) Instalación de tuberias de desagüe	1) Encofrado lateral de losa adicionl. 2) Hormigonado ($f'c$ = 210 Kg/cm2)				Si	100%		No se coordinó bien entre los directivos y el personal la dosificación del hormigón para la losa, debido a olvidos. El hormigón de la losa adicional se lo fabricó con una dosificación 1:3:3 (fc=180 Kg/cm2), en vez de una dosificación 1:2:2.5 (fc=210 Kg/cm2)	El clima no afecta al cumplimiento de estas actividades.
Recubrimiento con mortero 1:3 de perfil Vk 330x150x4x10 mm en zona de mamposteria de bloque en planta alta (Eje 2 entre eje E y F)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas			Colocacion de malla de nervo-metal en el área del perfil que se va a recubrir	Recubrimiento con mortero 1:3			No	0%	Personal transferido a otra obra (por parte del dueño de la urbanización)	La actividad comienza el jueves en vez del miércoles debido a que el miércoles una parte del personal fue transferido a otra obra, lo cual no se tenia previsto. La actividad se completa el viernes en vez del jueves.	El clima no afecta al cumplimiento de esta actividad.
Instalaciones sanitarias en planta baja	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	Instalaciones en sótano y planta	Instalaciones en sótano y planta	Instalaciones en sótano y planta	Instalaciones en sótano y planta	Instalaciones en sótano y planta	Instalaciones en sótano y planta	Si	100%			El clima no afecta al cumplimiento de esta actividad.

Tabla 4.17: PPC global para la semana 2

Porcentaje de Plan Completado para la semana 2 (PPC Global)				
Equipo de trabajo	**Representante del equipo**	**PPC promedio del equipo**	**Número de actividades**	**PPC*Número de actividades**
Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	77%	8	6.15
Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	70%	5	3.50
Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	100%	1	1.00
		PPC Global		**76%**

Tabla 4.18: Tabla de cálculo de la frecuencia relativa para cada Causa de No Cumplimiento de la Semana 2.

Causas de No Cumplimiento		
Causa general de incumplimiento	**Frecuencia absoluta**	**Frecuencia relativa**
Falta de personal	0	0%
Cambios en las prioridades de las actividades	2	18%
Personal transferido a otra obra	5	45%
Condiciones climáticas	2	18%
Falta de material	2	18%
Total	11	100%

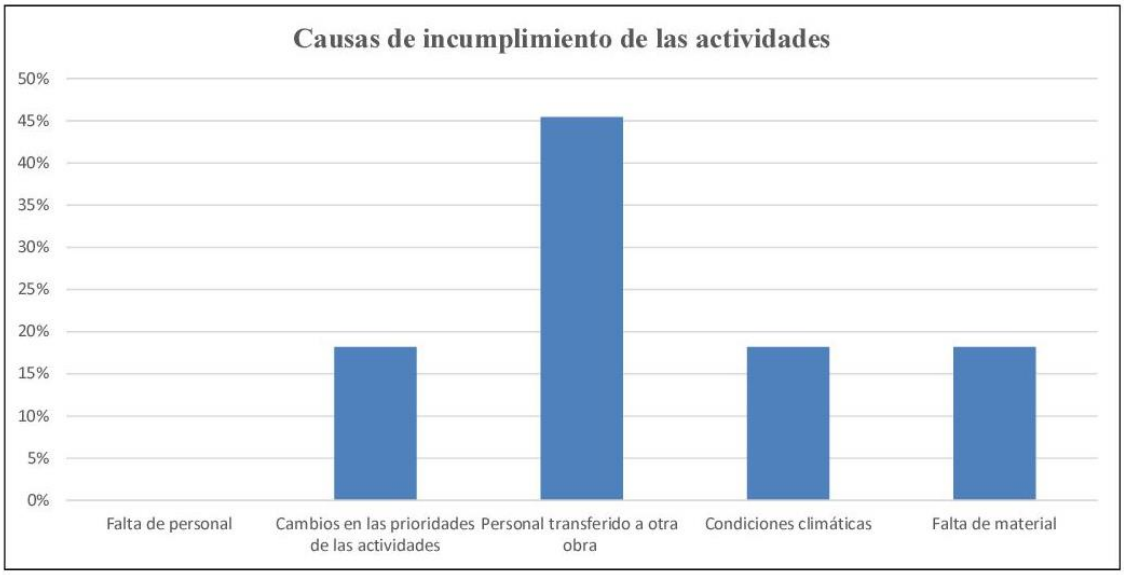


Figura 4.14: Gráfico de las Causas de No Cumplimiento de las actividades para la semana 2

Se puede observar que el PPC global incrementó del 63%, que se obtuvo en la semana pasada, al 76%, lo cual refleja una buena planificación y control en la ejecución de las tareas, además el incremento del PPC global muestra que las acciones correctivas implementadas, y esto tuvo repercusiones en el caso puntual del equipo de acero estructural y soldadores, ya que su representante logró que su equipo incremente su productividad y cumpla en mayor grado lo prometido, incrementando de esta manera su PPC en un 48% en comparación con la semana pasada, por lo cual se felicitó al *Last Planner*.

Por otra parte, que los equipos de trabajo se hayan acostumbrado y entendido más el funcionamiento del sistema, sumado a un mayor compromiso de cada parte involucrada en el proyecto, fue fundamental para el incremento del PPC global.

En cuanto al análisis de las Causas de No Cumplimiento, se puede ver que se eliminó completamente la "ausencia de personal", la cual fue la causa más representativa de la semana pasada, entonces el error no volvió a repetirse esta semana, lo cual es un indicio de que el sistema se está implementando de manera correcta y se están cumpliendo los objetivos del mismo. Por otro lado, en la semana que transcurrió se dio un caso de manera muy repetitiva, que su control estaba fuera de las manos del equipo directivo, y la ocurrencia del fenómeno mencionado pasó a ser la principal Causa de No Cumplimiento para las actividades planificadas. El fenómeno del cual se está hablando es la "Transferencia del personal a otras obras", el cual representa el 45% del total de las Causas de No Cumplimiento para la semana, y esto ocurrió debido a que en el presente proyecto se está trabajando con el personal contratado por el dueño de la urbanización, es decir, el equipo de soldadores además de trabajar en la vivienda para la familia Crespo-Moscoso, también lo están haciendo en el resto de casas que se están construyendo en la urbanización, de las cuales una pertenece al dueño de la urbanización, entonces el mismo para esa semana movió parte del personal que estaba trabajando en la vivienda que es objeto del trabajo de titulación, a su propia vivienda, motivo por el cual causó que se desprograme el cronograma y se incumplan algunas actividades debido a la falta de personal, pero no como consecuencia de una mala planificación o por culpa de los representantes de los equipos, sino por fuerza mayor debido a que el contratista general o principal (dueño de la urbanización) así lo dispuso sin ningún aviso previo.

Entonces lo que se hizo es hablar con el dueño de la urbanización para explicarle de manera breve del sistema de planificación y control que se está implementando en el proyecto, con el fin de explicarle la importancia de proveer con anterioridad las distintas situaciones que se puedan dar, ya que lo que pasó en la semana transcurrida no estaba en las manos de ninguno de los equipos ni de los directivos. De esa manera el dueño de la urbanización prometió avisar con anterioridad si necesitaba mover el personal.

Al haber solucionado el principal problema de la semana, se solucionó al mismo tiempo el segundo problema, el cual es “el cambio de prioridad en las actividades” ya que el mismo surgió a raíz de la falta de personal en los equipos, ya que al no contar con el personal necesario se tuvo que cambiar la prioridad en las actividades y realizar otras actividades. El cambio de prioridad en las actividades causó retrasos en algunas actividades críticas, lo cual causa un retraso en todo el proyecto.

A continuación, se muestra el análisis de las restricciones en las tareas, así como el ITE y la planificación semanal para el tercer período de producción con el respectivo análisis de las actividades críticas.

Tabla 4.19: Planilla de restricciones para la semana 3

Análisis de restricciones para la la elaboración de la Planificación Semanal (semana 30: 30 enero-04 febrero de 2017)																				
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso																			
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde																			
				Restricciones																
				Directivas				**Prerequisitos**			**Recursos**				**Procesos**					
Tarea	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Encargado de liberar restricción**	**Preguntas sin respuesta**	**Planos o espec. incomp.**	**Coord. y comunic. plan**	**Cambios al trabajo**	**Otras tareas**	**Req. de informacion**	**Muestras**	**Material**	**Equipo**	**Mano de obra**	**Espacio**	**Practica de Trabajo**			**Condiciones climáticas/físicas**
															Subcont	**Cuadrilla**	**Equipo / Material**	
Reforzamiento de suelda en los perfiles G y 2G adicionales	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Luis Ortiz								Suelda, oxigeno, gas butano (Equipo de soldadores encargados de provisionar)	Equipo de suelda (El subcontratista se encarga de provisionarlo).	1 soldador, 1 ayudante (Subcontratista encargado de provisionarlo)	Cubierta y planta alta, ejes 2 y 3 entre ejes A y F.	Luis Ortiz			Los andamios deben estar colocados en la zona de trabajo.
Preparación de las vigas de madera para la cubierta	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Juan Esteban Crespo			Coordinar el uso de espacio con sokladores ya que puede interferir con el espacio para corte, conformación y pintado de los perfiles G y 2G		Las vigas G y 2G deben estar colocadas.			masilla de madera, aceite de teca, vigas AVIO 7x14	Herramientas menores, lijadora	1 carpintero, 1 ayudante	Cocina (Ejes G y H)	No			La zona de la cocina (Entre eje G y H) debe estar libre para poder trabajar bajo techo.
Colocación de vigas de madera en cubierta	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	Percy Rojas. Luis Ortiz	Juan Esteban Crespo, José Andrés Cueva, Luis Ortiz	Cómo son los herrajes para las uniones de las vigas de madera y los perfiles metálicos?	Definir ubicación y configuración del armado en cuanto a las alturas de las vigas de madera en el los volados, más las tiras de Seike y los tableros de aglomerado.	Coordinar con Luis Ortiz la fecha de entrega de los herrajes. Coordinar el uso de los andamios con los soldadores porque puede interferir con su trabajo. Coordinar secuencia de trabajo para colocar los perfiles y soldar los herrajes. Coordinar el uso de los andamios para que no haya interferencia entre las actividades		1) Lijado y preparado de vigas. 2) Los herrajes deben estar listos	Revisar que se haya reforzado la suelda en las vigas en la cubierta. Cálculo de cantidad de herrajes necesarios.		1) Herrajes, andamios. 2) Suelda, oxigeno, gas butano (Equipo de soldadores encargados de provisionar)	Equipo de suelda (El subcontratista se encarga de provisionarlo) 2) Herramientas menores	1 soldador, 1 ayudante (Subcontratista encargado de provisionarlo), 1 oficial, 2 ayudantes	Cubierta en zona dormitorios (Ejes 1-2 entre ejes A y F, ejes 3-4 entre ejes A y F)	Mixto (Percy Rojas, Luis Ortiz)			Los andamios deben estar colocados en la zona de trabajo.
Colocación de tableros de aglomerado tropicalizado sobre vigas metálicas en la cubierta.	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Juan Esteban Crespo, José Andrés Cueva		Definir detalles constructivos en cuanto a las alturas de las vigas más los tableros, y las alturas de las vigas de madera en volado más las tiras de Seike sobre ellas y tableros de aglomerado para que queden a la misma altura y poder colocar el impermeabilizante asfáltico y las tejas	Coordinar el uso de los andamios con los otros equipos para que tener disputas		Estructura metálica (perfiles G y 2G) en cubierta debe estar armada (en ejes entre ejes 1-4 y ejes A-E)	Cotización tableros	Obtener muestra de tableros	Tableros de aglomerado tropicalizado 1,22x2,44m,	Herramientas menores	1 carpintero, 1 ayudante	Cubierta, planta alta entre ejes 1-4 y ejes A-E	No			Los andamios deben estar colocados en la zona de trabajo.
Instalación de impermeabilizante asfáltico tipo Chova sobre tableros de aglomerado en cubierta.	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Juan Esteban Crespo			Coordinar el uso de los andamios con los otros equipos para que tener disputas		Deben haberse colocado una parte de los tableros para poder comenzar con esta actividad	Cotización impermeabilizante	Obtener muestra del producto a instalar	Impermeabilizante asfáltico tipo Chova	Herramientas menores	1 albañil, 1 ayudante	Cubierta, planta alta entre ejes 1-4 y ejes A-E	No			Los andamios deben estar colocados en la zona de trabajo.
Claraboya sobre pasillo en planta alta	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Percy Rojas								Escalera	Herramientas menores	1 oficial, 1 peón	Ejes 3 y 4, entre ejes B y E	No			
Mamposteria	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Juan Esteban Crespo, Percy Rojas			Determinar la mejor secuencia de trabajo para poder cumplir con la actividad sin tener que incluir personal adicional					Ladrillo panelón, cemento, arena y grava	Herramientas menores	1 ayudante, 1 peon	Zona exterior entre eje 1 y ejes G y H	No			
Enlucido de paredes con mortero 1:3	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Juan Esteban Crespo, José Andrés Cueva			Coordinar la secuencia de trabajo con la actividad de reforzamiento de suelda para no interferir en cuanto al uso de los andamios y tener tiempos "ociosos"		Columnas de confinamiento deben estar hormigonadas para poder culminar esta actividad.			Cemento, arena y grava	1) Herramientas menores. 2) Concretera de 1 saco	1 ayudante, 1 peon	Pared baño dormitorio padres en planta alta (Eje A entre ejes 1 y 4)	No			Los andamios deben estar colocados en la zona de trabajo.
Empastado de paredes	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Juan Esteban Crespo			Coordinar secuencia de trabajo con equipo de instalaciones sanitarias para que no trabajen ambos equipos en las mismas zonas al mismo tiempo y tengan espacio para transitar.		Las paredes de planta baja deben estar con la primera mano de empastado			Empaste, lija	Herramientas menores	2 peones	Planta baja y sótano	No			Planta baja y sótano
Sacado de fiks en mamposteria	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Hernán Cuesta								1) perfiles de aluminio. 2) cemento, arena	Herramientas menores	1 peon	Planta alta pared colindante a terreno vecino sobre eje 1 entre ejes A-E, y pared de bloque en planta alta sobre eje 2 entre ejes E-F.	No			
Columnas de confinamiento	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Hernán Cuesta								Madera para encofrado recto (guayacán), cemento, arena, grava	Herramientas menores	2 oficiales, 4 peones, 2 ayudantes	Pared baño dormitorio padres en planta alta (Eje A entre ejes 1 y 4)	No			
Armado de estructura de deck de planta baja	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Luis Ortiz		No hay un plano definitivo del deck. Definir con Luis Ortiz configuración del deck y dimensiones de vigas principales y secundarias		El deck en los ejes 1 y ejes E y G es ahora con losa de hormigón (ya se realizó)	Definir el tipo de madera usarse en el piso (Antes el piso era de piedra pizarra)	Calcular cantida de material a usarse en cuanto a estructura metálica		Definir perfiles que se usarán	Huerramientas para soldar (Subcontratista encargado de provisionarlo)	1 soldador, 1 ayudante	Ejes F-H sobre eje 4, ejes 1-4 sobre eje H, ejes G-H sobre eje 1				Andamios en zona entre Ejes F-H sobre eje 4, ejes 1-4 sobre eje H
Gradas metálicas planta baja-planta alta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Analiz Garcia, Juan Esteban Crespo, Luis Ortiz	Conversar con diseñadora para tener aprobación	Luis Ortiz debe entregar plano de las escaleras.	Pedir materiales.			Cálculo de cantidades de obra		1) Perfil estructural rectangular 150x50 mm. 2) Suelda, oxigeno, gas butano (Soldadores encargados de provisionarlo)	Huerramientas para soldar (Subcontratista encargado de provisionarlo)	1 soldador, 1 ayudante	Planta baja zona jardin interior entre ejes E-F y ejes 2-3	Luis Ortiz			Zona de trabajo debe estar lista para poder trabajar.
Instalaciones sanitarias	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	Juan Esteban Crespo, Percy Rojas			Coordinar para que no hayan disputas por el espacio con equipo de obra gris que hará empastado.		La mamposteria debe estar picada para poder realizar la ducteria e intalaciones	Definir piezas sanitarias, mezcladoras y tinas.		Material provisto por el subcontratista	Herramientas menores provistas por el subcontratista	Cuadrilla provista por el subcontratista	Planta baja	Humberto Campoverde			

Tabla 4.20: Inventario de Trabajo Ejecutable para la semana número 3

Inventario de Trabajo Ejecutable (semana 30: 30 enero-04 febrero de 2017)																					
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso																				
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde																				
			Restricciones																		
			Directivas				**Prerequisitos**			**Recursos**				**Procesos**							
Tarea	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Preguntas sin respuesta**	**Planos o espec. incomp.**	**Coord. y comunic. plan**	**Cambios al trabajo**	**Otros tareas**	**Req. de informacion**	**Muestras**	**Material**	**Equipo**	**Mano de obra**	**Espacio**	**Practica de Trabajo**			**Condic. Fisicas/ climáticas**	**Entra al plan semanal?**	**Observaciones**		
														Subcont	**Cuadrilla**	**Equipo / Material**					
Reforzamiento de suekla en los perfiles G y 2G adicionales	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**			
Preparación de las vigas de madera para la cubierta	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**			
Colocación de vigas de madera en cubierta	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	Percy Rojas. Luis Ortiz	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si (Ver observación)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	Luis Ortiz promete que herrajes se entregarán el día martes.		
Colocación de tableros de aglomerado tropicalizado sobre vigas metálicas en la cubierta.	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas		Si	No	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	No	Si	Si	Si	No	**No**			
Instalación de impermeabilizante asfáltico tipo Chova sobre tableros de aglomerado en cubierta.	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	No	Si	No	Si	Si	No	Si	No	No	Si	Si	Si	No	**No**			
Claraboya sobre pasillo en planta alta	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**			
Mampostería	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si (Ver observación)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	Existe una posibilidad que la actividad se cumpla en un día distonto a lo planeado debido a que no se culminen antes las actividades con mayor prioridad)		
Enlucido de paredes con mortero 1:3	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**			
Empastado de paredes	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si (Ver observación)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	Existe una posibilidad que la actividad se cumpla en un día distinto a lo planeado debido a que no se culminen antes las actividades con mayor prioridad)		
Sacado de filos en mampostería	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**			
Columnas de confinamiento	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**			
Armado de estructura de deck de planta baja	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz		Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	No	**No**			
Gradas metálicas planta baja-planta alta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**			
Instalaciones sanitarias	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**			

Tabla 4.21: Planificación de la Producción para la semana 3

Planificación Semanal (semana 30: 30 enero-04 febrero de 2017)								
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso							
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde							
Fecha	Sábado, 28 de enero de 2017							
Ubicación/Sector	San Joaquín							
Tarea	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**
Reforzamiento de suelda en los perfiles G y 2G adicionales (ejes 2 y 3 entre ejes A y F)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Reforzamiento de suelda	Reforzamiento de suelda				
Preparación de las vigas de madera para la cubierta (zona cocina entre ejes G y H)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	1) Lijado en vigas de 4m y 2 m. 2) colocación de aceite en vigas de 4m y 2 m	1) Lijado en vigas de 4m y 2 m. 2) colocación de aceite en vigas de 4m y 2 m	1) Lijado en vigas de 4m y 2 m. 2) colocación de aceite en vigas de 4m y 2 m	1) Lijado en vigas de 4m y 2 m. 2) colocación de aceite en vigas de 4m y 2 m	1) Lijado en vigas de 4m y 2 m. 2) colocación de aceite en vigas de 4m y 2 m	1) Lijado en vigas de 4m y 2 m. 2) colocación de aceite en vigas de 4m y 2 m
Colocación de vigas de madera en cubierta (Ejes 1-2 entre ejes A y F, ejes 3-4 entre ejes A y F)	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	Percy Rojas. Luis Ortiz	Colocación vigas de 4 y 2 m en cubierta (vigas en volado entre ejes 3-4 entre ejes A y F)	Colocación vigas de 4 y 2 m en cubierta (vigas en volado entre ejes 3-4 entre ejes A y F)	Colocación vigas de 4 y 2 m en cubierta (vigas en volado entre ejes 3-4 entre ejes A y F)	Colocación vigas de 4 y 2 m en cubierta (vigas en volado entre ejes 1-2 y ejes A y F)	Colocación vigas de 4 y 2 m en cubierta (vigas en volado entre ejes 1-2 y ejes A y F)	Colocación vigas de 4 y 2 m en cubierta (vigas en volado entre ejes 1-2 y ejes A y F)
Claraboya sobre pasillo en planta alta (ejes 3 y 4, entre ejes B y E	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas						Definir medidas
Mampostería con ladrillo panelón en la bodega (zona exterior entre eje 1 y ejes G y H)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	1) Mampostería de ladrillo panelón en bodega para tanques de gás					
Enlucido de paredes con mortero 1:3 (baño dormitorio padres sobre eje A entre ejes 1 y 4)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Enlucido pared exterior baño dormitorio padres	Enlucido pared exterior baño dormitorio padres				
Empastado de paredes en planta baja y sótano	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Segunda mano) y sotano	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Segunda mano) y sotano	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Segunda mano) y sotano	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Segunda mano) y sotano	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Segunda mano) y sotano	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Segunda mano) y sotano
Sacado de filos en mampostería en planta en pared colindante a terreno vecino sobre eje 1 entre ejes A-E, y pared de bloque en planta alta sobre eje 2 entre ejes E-F.	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas					1)Sacado de filos en pared exterior en planta alta para ventanasobre eje 1 entre ejes A-E. 2)Sacado de filos en pared de bloque en planta alta sobre eje 2 entre ejes E-F.	1)Sacado de filos en pared exterior en planta alta para ventanasobre eje 1 entre ejes A-E. 2)Sacado de filos en pared de bloque en planta alta sobre eje 2 entre ejes E-F.
Columnas de confinamiento en pared baño dormitorio padres en planta alta (Eje A entre ejes 1 y 4)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	1) Encofrado de madera. 2) Hormigonado					
Gradas metálicas planta baja-planta alta zona jardín interior entre ejes E-F y ejes 2-3	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz					Colocación perfiles métalicos rectangulares transversales	
Instalaciones sanitarias en planta baja	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	Instalaciones sanitarias planta baja y planta alta	Instalaciones sanitarias planta baja y planta alta	Instalaciones sanitarias planta baja y planta alta	Instalaciones sanitarias planta baja y planta alta	Instalaciones sanitarias planta baja y planta alta	Instalaciones sanitarias planta baja y planta alta

Tabla 4.22: Actividades críticas dentro de la planificación semanal 3

Análisis de la importancia de las actividades planificadas para la semana 3 (30 enero-04 febrero de 2017)					
Proyecto	Construcción de la vivienda Crespo-Moscoso		**Ubicación**	San Joaquín Km 5.5	
Preparado por	José Andrés Cueva		**Fecha**	Sábado, 28 de enero de 2017	
Semana	**Tarea**	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Es crítica?**	**Observaciones**
Semana 3	Reforzamiento de suelda en los perfiles G y 2G adicionales (ejes 2 y 3 entre ejes A y F)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Si	Es parte del armado de la estructura de cubierta.
	Preparación de las vigas de madera para la cubierta (zona cocina entre ejes G y H)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Es la actividad predecesora de la colocación de las vigas de madera, la cual a su vez es la predecesora de poder colocar las tiras de seike y los tableros de aglomerado y las tejas. Entonces esta actividad, a pesar de que no se la contemple en la red de actividades, hay que considerarla como crítica pues su retraso induce a un retraso de actividades críticas siguientes, como lo es la instalación de los vidrios para las ventanas.
	Colocación de vigas de madera en cubierta (Ejes 1-2 entre ejes A y F, ejes 3-4 entre ejes A y F)	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	Percy Rojas. Luis Ortiz	Si	Esta actividad, si bien no pertenece a la estrucura propiamente de cubierta (porque se refiere a las vigas que van en volado en el a los extremos de la cubierta y son netamente estéticas), se la debe considerar como crítica porque responde un análisis similar al de la preparación de las vigas de madera para la cubierta.
	Claraboya sobre pasillo en planta alta (ejes 3 y 4, entre ejes B y E	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	No	Es una actividad secundaria, que precede a la fabricación del vidrio para la claraboya.
	Mampostería con ladrillo panelón en la bodega (zona exterior entre eje 1 y ejes G y H)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	No	La bodega de tanques de gas es una obra complementaria.
	Enlucido de paredes con mortero 1:3 (baño dormitorio padres sobre eje A entre ejes 1 y 4)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Es parte de las actividades críticas de acuerdo a la red de actividades.
	Empastado de paredes en planta baja y sótano	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	No	No está dentro de la red de actividades pero su retraso no afecta o no retrasa a la totalidad del proyecto, por lo cual la misma no es una avtividad crítica.
	Sacado de filos en mampostería en planta en pared colindante a terreno vecino sobre eje 1 entre ejes A-E, y pared de bloque en planta alta sobre eje 2 entre ejes E-F.	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	No, pero prestar atención (Ver observaciones)	Es una actividad complementaria al enlucido, para darle un acabado. Sin embargo, hay que prestar atención o asegurarse de que la misma haya finalizado en la zona donde van las ventanas antes de que se instalen los vidrios.
	Columnas de confinamiento en pared baño dormitorio padres en planta alta (Eje A entre ejes 1 y 4)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Según la red deactividades.
	Gradas metálicas planta baja-planta alta zona jardín interior entre ejes E-F y ejes 2-3	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	No, pero requiere atención especial.	No es una actividad crítica según la red de actividades pero el dueño desea que se ponga una atención especial al armado de la estrucura metálica de las gradas para poder realizar el acabado que desea. Entonces se ponndrá atención especial en su precisión y calidad.
	Instalaciones sanitarias en planta baja	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	No	Según la red deactividades.

De esa manera se presenta la planificación semanal acordada por todos los participantes (Últimos Planificadores y dueño de la vivienda) para la semana número tres, acompañado del análisis de la importancia de cada actividad. Finalmente, se presenta la actualización de la Planificación Intermedia con lo ocurrido en la semana pasada, y lo pronosticado para la semana entrante.

Tabla 4.23: Segunda actualización del Cronograma Lookahead con horizonte de 7 semanas

Cronograma *Lookahead* (semana 28-semana 31)

Proyecto: Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso

Preparado por: José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde

Descripcion Tarea	Equipo Responsable	Porcentaje de la actividad a realizarse	Semana 1 (16/01/2017-21/01/2017)						Semana 2 (23/01/2017-28/01/2017)						Semana 3 (30/01/2017-04/02/2017)						Semana 4 (06/02/2017-11/02/2017)						Semana 5 (13/02/2017-18/02/2017)						Semana 6 (20/02/2017-25/02/2017)						Semana 7 (27/02/2017-04/03/2017)					
			Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa
Acero estructural de cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																												
Construcción de zapatas y columnas adicionales (Son dos) (f'c=240 Kg/cm2)	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																																				
Enlucido de paredes con mortero cemento-arena 1:3	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X																												
Empastado de paredes	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																								
Revestimiento de perfiles electrosoldados Vk (tipo "I") con mortero cemento-arena 1:3	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X				X	X																																
Demolición de pared agrietada	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																																				
Armado de estructura metálica para pared	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%	X	X	X	X	X	X	X																																			
Construcción de viga de hormigón armado inferior para reconstrucción de pared	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X	X																																			
Muro de hormigón ciclópeo para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%							X	X																																		
Losa para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%									X	X																																
Mamposteria de ladrillo panelón para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%											X	X																														
Preparado de superficie con graut en columnas	Equipo obra gris y acabados	100%						X																																				
Construcción de losa adicional (Extensión de losa de planta baja, es parte del deck)	Equipo obra gris y acabados	100%						X	X	X																																		
Enlucido paredes de bodega con mortero 1:3	Equipo obra gris y acabados	100%															X	X																										
Sacado de filo en enlucido de planta baja y planta alta	Equipo obra gris y acabados	100%																X	X																									
Instalaciones sanitarias (planta baja y planta alta)	Equipo instalaciones sanitarias	80%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
Instalación de vigas de madera AVIO en la cubierta	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	50%																			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
Colocación de tableros de aglomerado tropicalizado para cubierta	Equipo obra gris y acabados	33%																			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
Instalación de impermeabilizante asfáltico (tipo Chova) sobre tableros de aglomerado	Equipo obra gris y acabados	42%																				X	X	X	X	X																		
Instalación de tejas	Equipo obra gris y acabados	0%																									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Armado de estrucura metálica para deck de Planta Baja (Vigas principales y secundarias)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%																			X	X	X	X	X	X																		
Colocación de tablones/tablones pino-PVC para Deck	Equipo obra gris y acabados	100%																									X	X	X	X	X	X												
Armado de estrucura metálica para escalera de planta baja-planta alta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%																	X	X	X	X	X	X	X	X																		
Colocación de tiras de madera sobre vigas de madera en la cubierta	Equipo obra gris y acabados	33%																			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Construcción de cajas de revisión para desagües	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																																				

Tabla 4.24: Segunda actualización del Cronograma Lookahead con un horizonte de cuatro semanas

Cronograma *Lookahead* (semana 28-semana 31)																																			
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso																																		
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde																																		
Descripcion Tarea	**Equipo Responsable**	**Porcentaje de la actividad a realizarse**	**Semana 1 (16/01/2017-21/01/2017)**						**Semana 2 (23/01/2017-28/01/2017)**						**Semana 3 (30/01/2017-04/02/2017)**						**Semana 4 (06/02/2017-11/02/2017)**															
			Lu	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**	**Lu**	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**	**Lu**	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**	**Lu**	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**										
Acero estructural de cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																			
Construcción de zapatas y columnas adicionales (Son dos) (f'c=240 Kg/cm2)	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																											
Enlucido de paredes con mortero cemento-arena 1:3	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X																			
Empastado de paredes	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X															
Revestimiento de perfiles electrosoldados Vk (tipo "I") con mortero cemento-arena 1:3	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X				X	X																						
Demolición de pared agrietada	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																											
Armado de estructura metálica para pared	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%	X	X	X	X	X	X	X																										
Construcción de viga de hormigón armado inferior para reconstrucción de pared	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X	X																										
Muro de hormigón ciclópeo para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%								X	X																								
Losa para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%										X	X																						
Mampostería de ladrillo panelón para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%												X	X																				
Preparado de superficie con graut en columnas	Equipo obra gris y acabados	100%							X																										
Construcción de losa adicional (Extensión de losa de planta baja, es parte del deck)	Equipo obra gris y acabados	100%							X	X	X																								
Enlucido paredes de bodega con mortero 1:3	Equipo obra gris y acabados	100%																	X	X															
Sacado de filo en enlucido de planta baja y planta alta	Equipo obra gris y acabados	100%																		X	X														
Instalaciones sanitarias (planta baja y planta alta)	Equipo instalaciones sanitarias	80%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Instalación de vigas de madera AVIO en la cubierta	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	50%																				X	X	X	X	X	X								
Colocación de tableros de aglomerado tropicalizado para cubierta	Equipo obra gris y acabados	33%																				X	X	X	X	X	X								
Instalación de impermeabilizante asfáltico (tipo Chova) sobre tableros de aglomerado	Equipo obra gris y acabados	42%																					X	X	X	X	X								
Armado de estrucura metálica para deck de Planta Baja (Vigas principales y secundarias)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%																				X	X	X	X	X	X								
Armado de estrucura metálica para escalera de planta baja-planta alta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%																		X	X	X	X	X	X	X	X								
Colocación de tiras de madera sobre vigas de madera en la cubierta	Equipo obra gris y acabados	33%																				X	X	X	X	X	X								
Construcción de cajas de revisión para desagües	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																											

Se presenta nuevamente la actualización de la ventana *Lookahead* para un período de siete semanas, además de la ventana *Lookahead* que contempla el período real para esa fase, que es de cuatro semanas. Se lo realiza de esa manera ya que así se puede ver de forma globalizada como afecta lo transcurrido durante la semana pasada y las decisiones tomadas en la reunión semanal actual, que se reflejan en el plan semanal para la semana entrante. Se puede notar la importancia de este proceder al realizar el siguiente análisis que servirá como ejemplo: En el Plan *Lookahead* que se actualizó la semana pasada, se puede observar que la actividad “instalación de tejas” se creía que se podía comenzar a realizar en la semana número cuatro, pero debido a lo ocurrido en

la semana dos, es decir a los retrasos que fueron fruto de las distintas Causas de No Cumplimiento, se reprogramaron algunas actividades, ya que, de acuerdo a lo planificado se debía terminar de colocar los tableros de aglomerado tropicalizado sobre la estructura de cubierta en el área de los dormitorios de planta alta al culminar la semana número tres y de ese modo poder comenzar con la instalación de las tejas en la semana número cuatro, pero debido a que los tableros de aglomerado mencionados se van a comenzar a colocar durante la semana cuatro, ya no se puede realizar la instalación de las tejas durante esa semana, y esa es la razón por la cual en el cronograma que muestra un horizonte de siete semanas, en la columna del porcentaje de la actividad que se realizará durante el la etapa Intermedia (*Lookahead)* la actividad presenta un 0%, ya que no se realizará, y por lo tanto se la elimina del cronograma con horizonte de cuatro semanas. De ahí la importancia de mostrar una ventana *Lookahead* con un horizonte mayor al de la etapa, ya que si se hubiera mostrado únicamente el cronograma con las cuatro semanas que dura la etapa, no se podría haber entendido con claridad la razón de eliminar del cronograma actualizado *Lookahead* la actividad de “instalación de las tejas”.

Otra actividad que fue reprogramada y hay que tomarla en cuenta es la del “armado de la estructura metálica para la escalera de planta baja-planta alta”, la cual según la actualización del Plan *Lookahead* de la semana pasada, se planificaba realizarlo durante la tercera semana de la implementación, pero debido a los retrasos en las actividades de la instalación de los perfiles en la cubierta por parte del equipo de soldadores, debido a que el personal fue transferido hacia otras obras, se requiere en la semana tres (semana entrante), primero refuercen las soldaduras y después comiencen a conformar los perfiles metálicos que se instalarán en las escaleras para que el día viernes de esa semana puedan comenzar con la instalación de los mismos, razón por la cual la tarea del armado de la estructura metálica para la escalera de planta baja-planta alta, tiene que reprogramarse para la semana cuatro como se muestra en el cronograma *Lookahead* actualizado.

4.5.2.4. Reunión Semanal 4

En la cuarta reunión semanal, celebrada el día sábado 4 de febrero, se siguió el mismo procedimiento que para las reuniones anteriores, y a continuación se presentan los resultados de la misma.

Primero se analizará el Porcentaje de Plan Completado Global y las Causas de no Cumplimiento, con lo ocurrido durante la semana número tres.

Tabla 4.25: Cálculo del PPC de las actividades de la semana 3.

Planificación Semanal (semana 30: 30 enero-04 febrero de 2017)														
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso								**Fecha**		Sábado, 04 de febrero de 2017			
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde								**Ubicación**		San Joaquin			
Tarea	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Completo (Si o No)**	**Porcentaje de Plan Completado (PPC)**	**Razon Variacion (analisis)**	**Detalle**	**Condiciones climáticas**	
Reforzamiento de suelda en los perfiles G y 2G adicionales (ejes 2 y 3 entre ejes A y F)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Reforzamiento de suelda	Reforzamiento de suelda					Si	100%			No interfiere en el cumplimiento de la actividad.	
Preparación de las vigas de madera para la cubierta (zona cocina entre ejes G y H)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	1) Lijado en vigas de 4m y 2 m. 2) colocación de aceite en vigas de 4 m y 2 m	1) Lijado en vigas de 4m y 2 m. 2) colocación de aceite en vigas de 4m y 2 m	1) Lijado en vigas de 4m y 2 m. 2) colocación de aceite en vigas de 4m y 2 m	1) Lijado en vigas de 4m y 2 m. 2) colocación de aceite en vigas de 4m y 2 m	1) Lijado en vigas de 4m y 2 m. 2) colocación de aceite en vigas de 4m y 2 m	1) Lijado en vigas de 4m y 2 m. 2) colocación de aceite en vigas de 4m y 2 m	SI	100%			No interfiere en el cumplimiento de la actividad.	
Colocación de vigas de madera en cubierta (Ejes 1-2 entre ejes A y F, ejes 3-4 entre ejes A y F)	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	Percy Rojas. Luis Ortiz	Colocación vigas de 4 y 2 m en cubierta (vigas en volado entre ejes 3-4 entre ejes A y F)	Colocación vigas de 4 y 2 m en cubierta (vigas en volado entre ejes 3-4 entre ejes A y F)	Colocación vigas de 4 y 2 m en cubierta (vigas en volado entre ejes 3-4 entre ejes A y F)	Colocación vigas de 4 y 2 m en cubierta (vigas en volado entre ejes 1-2 y ejes A y F)	Colocación vigas de 4 y 2 m en cubierta (vigas en volado entre ejes 1-2 y ejes A y F)	Colocación vigas de 4 y 2 m en cubierta (vigas en volado entre ejes 1-2 y ejes A y F)	No	50%	Falta de personal (equipo de soldadores)	Los herrajes llegan el martes, y en ese momento las vigas se siguen lijando. Comienza el jueves debido a que Luis Ortiz se fue a otra obra a la que estaba contratado el miércoles. Sin embargo se coloca hasta el sábado todas las vigas de 2 y 4m que estaban planificadas de colocar.	No interfiere en el cumplimiento de la actividad.	
Claraboya sobre pasillo en planta alta (ejes 3 y 4, entre ejes B y E	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas						Definir medidas	No	0%	Directivas (diseños incompletos y falta de especificaciones)	No se pudo definir las medidas de la claraboya debido a que primero se debe saber cómo van a ir las vigas de madera en la parte de la cubierta que van solo vigas de madera, y se presentó un problema de fleje en la unión de vigas de madera AVIO de 7 m al habeer una prueba, debido a que no se tenia un diseño de la unión de las mismas.	No interfiere en el cumplimiento de la actividad.	
Mamposteria con ladrillo panelón en la bodega (zona exterior entre eje 1 y ejes G y H)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	1) Mamposteria de ladrillo panelón en bodega para tanques de gás							0%	Cambio en la prioridad en actividades	Se la realiza el miércoles debido a que lunes y martes se realizaron actividades con mayor prioridad.	No interfiere en el cumplimiento de la actividad.	
Enlucido de paredes con mortero 1:3 (baño dormitorio padres sobre eje A entre ejes 1 y 4)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Enlucido pared exterior baño dormitorio padres	Enlucido pared exterior baño dormitorio padres						100%		Adicionalmente se realizó el enlucido de las paredes de la bodega para los tanques de gas. Ésta actividad se la realizó el jueves y viernes.	No interfiere en el cumplimiento de la actividad.	
Empastado de paredes en planta baja y sótano	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Segunda mano) y sotano	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Segunda mano) y sotano	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Segunda mano) y sotano	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Segunda mano) y sotano	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Segunda mano) y sotano	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja (Segunda mano) y sotano		0%	Personal es transferido a otra obra (Por parte del propietario de la urbanización)	Dos personas dentro de la fuerza laboral planificada fueron transferidos a otra obra. Se realizan actividades con mayor prioridad. Se debe realizar en las próximas semanas.	No interfiere en el cumplimiento de la actividad.	
Sacado de filos en mamposteria en planta en pared colindante a terreno vecino sobre eje 1 entre ejes A-E, y pared de bloque en planta alta sobre eje 2 entre ejes E-F.	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas					1)Sacado de filos en pared exterior en planta alta para ventanasobre eje 1 entre ejes A-E. 2)Sacado de filos en pared de bloque en planta alta sobre eje 2 entre ejes E-F.	1)Sacado de filos en pared exterior en planta alta para ventanasobre eje 1 entre ejes A-E. 2)Sacado de filos en pared de bloque en planta alta sobre eje 2 entre ejes E-F.		100%		Se realiza adicionalmente el sacado de filo de ventanas y paredes en planta baja el dia lunes y martes. Se acaba sacado filo de planta baja	No interfiere en el cumplimiento de la actividad.	
Columnas de confinamiento en pared baño dormitorio padres en planta alta (Eje A entre ejes 1 y 4)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	1) Encofrado de madera. 2) Hormigonado							100%			No interfiere en el cumplimiento de la actividad.	
Gradas metálicas planta baja-planta alta zona jardin interior entre ejes E-F y ejes 2-3	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz					Colocación perfiles métalicos rectangulares transversales		Si	100%		Además se comenzaron a conformar los perfiles 2G para las vigas principales y de borde para el deck el dia martes	No interfiere en el cumplimiento de la actividad.	
Instalaciones sanitarias en planta baja	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	Instalaciones sanitarias planta baja y planta alta	Instalaciones sanitarias planta baja y planta alta	Instalaciones sanitarias planta baja y planta alta	Instalaciones sanitarias planta baja y planta alta	Instalaciones sanitarias planta baja y planta alta	Instalaciones sanitarias planta baja y planta alta		100%			El clima no afecta al cumplimiento de esta actividad.	

Para poder determinar el PPC de cada equipo y el PPC global correspondiente a la semana número tres, se tiene que analizar una situación particular. Como se puede observar en la figura anterior que corresponde al seguimiento del cumplimiento de las actividades a lo largo de la semana tres, para la actividad de "definición de las medidas de la claraboya sobre el pasillo de planta alta" se tiene un PPC de 0% ya que la misma no se pudo ejecutar debido a causas "Directivas", ya que no se tenían los planos y especificaciones de las vigas de madera ni las uniones que debían tener las mismas, ya que inicialmente toda la cubierta debía ser compuesta con estructura metálica. Es decir, el incumplimiento de la actividad no se debe al equipo que lo iba a ejecutar (equipo de obra gris y acabados). Por otra parte, al observar en el análisis de la importancia para las actividades de la semana 3 (tabla 4.22), la actividad no es una actividad crítica, sino es una actividad secundaria y que no tiene mayor relevancia, ya que la misma precede a la fabricación del vidrio para la claraboya para que el equipo de instalación de las ventanas pueda instalarlo. Por ello se decidió de que la actividad no se tomará en cuenta para el cálculo del PPC del equipo ejecutor, ni tampoco para el PPC global, sin embargo, se mostrará el PPC global considerando a la actividad mencionada y el PPC global sin considerarla, el cual es el que se usará para la evaluación del sistema *Last Planner.*

Tabla 4.26: PPC global para la semana 3 (Incluyendo actividad de "definición de las medidas de la claraboya sobre el pasillo de planta alta").

Porcentaje de Plan Completado para la semana 3 (PPC Global)				
Equipo de trabajo	**Representante del equipo**	**PPC promedio del equipo**	**Número de actividades**	**PPC*Número de actividades**
Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	57%	7	4
Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	100%	2	2
Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	Percy Rojas. Luis Ortiz	50%	1	0.5
Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	100%	1	1
		PPC Global		**68%**

Tabla 4.27: PPC global para la semana 3 (Sin incluir actividad de "definición de las medidas de la claraboya sobre el pasillo de planta alta")

Porcentaje de Plan Completado para la semana 3 (PPC Global)				
Equipo de trabajo	**Representante del equipo**	**PPC promedio del equipo**	**Número de actividades**	**PPC*Número de actividades**
Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	67%	6	4
Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	100%	2	2
Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	Percy Rojas. Luis Ortiz	50%	1	0.5
Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	100%	1	1
		PPC Global		**75%**

Se puede ver claramente cómo influye y afecta el considerar o no la actividad en cuestión tanto para el PPC del equipo ejecutor como para el PPC global. En el caso el PPC para el equipo ejecutor, al no considerar la actividad incrementa en 10%, y para el caso del PPC global, el mismo asciende en un 7%. De esta manera al tener un PPC global superior a nuestro PPC objetivo de 70%, se cumplen con los objetivos del sistema, además de tener la seguridad de que se está realizando una planificación y control de obra eficiente.

Por otra parte, se observa que el equipo de los soldadores incrementó su PPC de 70% que se midió en la reunión semanal anterior a 100%, por lo que se comprueba nuevamente que las acciones correctivas implementas fueron satisfactorias.

Otro punto que se debe analizar es el trabajo de manera colectiva entre el equipo de soldadores y el equipo de obra gris y acabados, el cual presenta un PPC de 50%, y es importante analizar qué es lo que ocurrió en ese caso puntual para poder tomar las medidas correctivas que requiera el caso. Lo ocurrido, como se puede observar en la casilla que contiene el detalle de la razón de no cumplimiento, fue que el día miércoles el equipo de soldadores se trasladaron a otra obra a la que estaban contratados, por lo que el jueves se comenzó a soldar los herrajes que servirían de apoyo para las vigas de

madera y ventajosamente el equipo de soldadores trabajaron de una manera muy productiva y eficiente en conjunto con el equipo de obra gris y acabados debido que a pesar de que estaba planificado de que se tardarían toda la semana en soldar los herrajes, preparar las vigas de madera y colocarlas, sin embargo, se solucionó inmediatamente en obra el problema de la falta de personal por parte de los soldadores, ya que, en vez de preparar y colocar las vigas de una manera continua y prolongada como estaba planificado, se optó por cambiar la secuencia de trabajo y de esa manera el equipo de obra gris y acabados preparó todas las vigas de madera hasta el día miércoles, ya que se tendrían listas todas las vigas para comenzar a colocarlas el jueves. El resultado de la solución implementada y el alto rendimiento de ambos equipos al trabajar de manera conjunta hizo que sea posible acabar de colocar todas las vigas planificadas originalmente hasta el día sábado como se presentaba en la planificación semanal. A pesar de haber cumplido con la actividad en el tiempo planificado, la razón que se haya obtenido un PPC del 50% es no haber cumplido con la secuencia de trabajo que se tenía planificada en la mitad de los días (lunes, martes y miércoles), ya que eso originó incertidumbre, y si no se encontraba una solución eficiente, se habría incumplido la actividad y se hubieran generado retrasos.

Para el caso del análisis de las Causas de No Cumplimiento lo que se pretende es disminuir en lo máximo posible la repetición de las Causas de No Cumplimiento encontradas en las semanas anteriores, es decir que las acciones correctivas que se hayan presentado en las reuniones semanales anteriores verdaderamente hayan surtido efecto. Esto se puede ver a continuación.

Tabla 4.28: Tabla de cálculo de la frecuencia relativa para cada Causa de No Cumplimiento de la Semana 3

Causas de No Cumplimiento		
Causa general de incumplimiento	**Frecuencia absoluta**	**Frecuencia relativa**
Falta de personal	1	25%
Cambios en las prioridades de las actividades	1	25%
Personal transferido a otra obra	1	25%
Condiciones climáticas	0	0%
Falta de material	0	0%
Directivas	1	25%
Total	4	100%

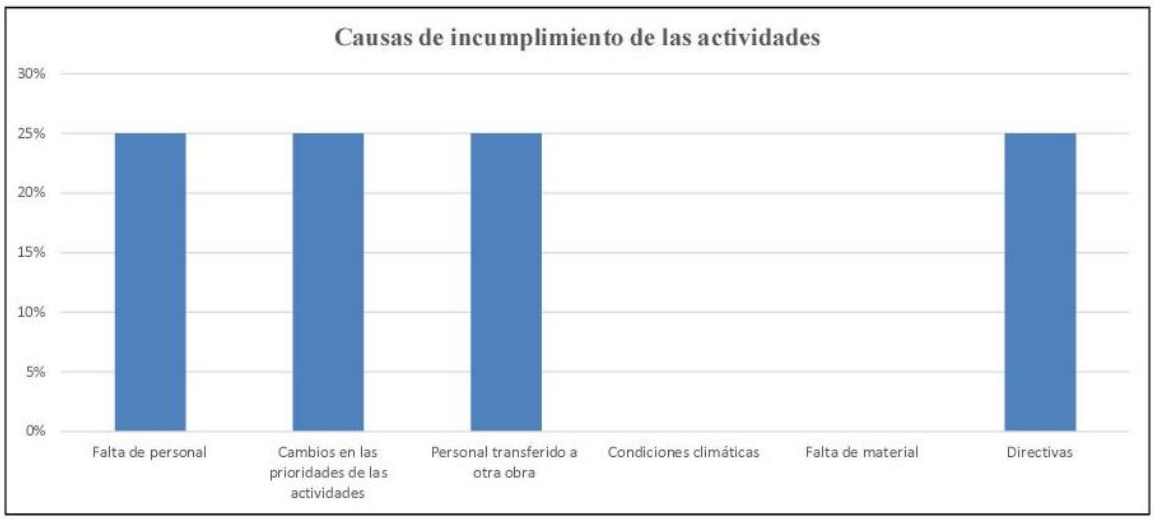


Figura 4.15: Gráfico de las Causas de No Cumplimiento de las actividades para la semana 3

Al observar la tabla del cálculo de la frecuencia de las razones de incumplimiento, la cual se traduce gráficamente con el diagrama de barras, se observa que se ha reducido en un 20% la incidencia de la Causa de No Cumplimiento de mayor preocupación de la anterior reunión, que es la "transferencia de personal a otra obra". Este valor, de haber reducido en un 20%, si bien parece que fuera pequeño y sugeriría que las medidas correctivas no fueron satisfactorias, no obstante, no es un medidor valedero, ya que se observa que para la semana número tres se obtuvieron cuatro razones de incumplimiento pero cada tuvo una frecuencia absoluta de 1, que al correlacionar con la totalidad de 4 razones de incumplimiento corresponde a que cada una de ellas equivale al 25% de las inconsistencias ocurridas en la semana, a diferencia de lo que pasó en la semana número dos, donde la totalidad de la frecuencia absoluta de las razones de incumplimiento sumaban 11, de las cuales 5 de ellas correspondían a la causa de "transferencia de personal a otra obra". De este modo al relacionar la Causa

de No Cumplimiento en cuestión que se ha reducido de repetirse 5 veces en la semana número dos a haberse repetido una sola vez en la semana número tres, se obtiene que la reducción equivale a un 80%, por lo que, de esta manera, mediante un indicador valedero, se observa que las medidas correctivas implementadas han sido, en efecto, eficientes.

A pesar de que para el cálculo y análisis del PPC no se haya considerado la actividad de "definición de las medidas de la claraboya sobre el pasillo de planta alta, para el análisis de las Causas de No Cumplimiento si se la tomará en cuenta, ya que deben analizar todas las razones por las que se han causado incumplimientos o inconsistencias en las actividades para poder realizar una retroalimentación que sea lo más efectiva y enriquecedora posible.

Otro aspecto interesante del análisis de las CNC es el la manera en cómo afecta los cambios a los diseños actuales, como lo es haber cambiado la configuración de la estructura de cubierta, la cual como se explicó anteriormente, originalmente era en su totalidad armada con perfiles metálicos de tipo correas G simples y doble G, y poco tiempo antes de que se comience a armar la cubierta el dueño decidió que la cubierta se construiría en base a su diseño original entre los ejes 1-4 y A-E (área de los dormitorios de planta alta), y entre los ejes 1-4 y E-G la misma se haría mediante vigas de madera. Además, este cambio no fue acompañado del cálculo estructural correspondiente para las uniones de las vigas de madera y su resistencia. Este cambio mencionado tuvo mucha influencia en el desarrollo de algunas actividades, ya que al realizarse en el sitio de obra una prueba al unir dos vigas de madera mediante un herraje, el cual se planeaba que fuera la unión para cada par de vigas, y colocar la viga en dos apoyos y dejar libre la luz real que se tendría, se observó que la misma presentaba una deflexión superior a 10 cm sin portar carga, lo cual es inadmisible. Adicionalmente, como se sabe, la estructura conformada por las vigas de madera tendrá que soportar el peso de las tiras de madera, tableros de aglomerado tropicalizado y las tejas que irán sobre la estructura, esto significa en otras palabras, que de ninguna de las vigas de madera, de la manera que se tenía previsto configurarlas y con la unión que se pensaba, podrán ser funcionales, por lo que se tendrá que ingeniar una solución para las mismas. Este percance tuvo efecto en muchos aspectos en el desarrollo del proyecto, ya que, debido a esto no se puede definir las medidas para la claraboya que se sitúa sobre el pasillo de planta alta, ya que no se puede definir las medidas de la

misma si no se sabe cómo será la configuración de la estructura de madera sobre la cubierta, ya que no se tenía planos ni especificaciones para la cubierta, entonces se genera la Causa de No Cumplimento debido a causas directivas, como se puede observar en la tabla y gráfico de las CNC para la semana tres. El efecto más significativo que tuvo el cambio decidido por el dueño fue que no se podrá comenzar a armar la cubierta conformada por estructura de vigas de madera hasta que no se resuelva el problema de encontrar una configuración en el armado y las uniones entre vigas, que resistan de manera satisfactoria (sin fracasar ni presentar deflexiones superiores a las admisibles) el esfuerzo generado a las cargas que deben portar. Este último efecto supone una restricción que no se puede eliminar para la semana entrante (semana cuatro), y la misma genera un retraso importante en todo el proyecto ya que es una actividad crítica, y además genera incertidumbre y malestar, ya que la solución que presenta el ingeniero estructural no es aceptada por el dueño de la vivienda como se explicará durante el análisis de la próxima reunión.



Figura 4.16: Deflexión de las vigas de madera.

A continuación, se presenta la planilla del análisis de las restricciones, Inventario de Trabajo Ejecutable y el Cronograma Semanal para la semana número 4, acompañado del análisis de la importancia de las actividades planificadas.

Tabla 4.29: Planilla de restricciones para la semana 4.

Análisis de restricciones para la la elaboración de la Planificación Semanal (semana 31: 06 febrero-11 febrero de 2017)																			
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso																		
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde																		
				Restricciones															
				Directivas				**Prerequisitos**			**Recursos**				**Procesos**				
															Practica de Trabajo				
Tarea	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Encargado de liberar restricción**	**Preguntas sin respuesta**	**Planos o espec. incomp.**	**Coord. y comunic. plan**	**Cambios al trabajo**	**Otras tareas**	**Req. de informacion**	**Muestras**	**Material**	**Equipo**	**Mano de obra**	**Espacio**	**Subcont**	**Cuadrilla**	**Equipo / Material**	**Condiciones climáticas/físicas**
Preparación de las tiras y tablones de seike para la cubierta y marco ventana	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Juan Esteban Crespo			Coordinar con proveedor de tablones de seike para que lleguen antes del inicio de la actividad				Muestra de tablones de seike	masilla de madera, aceite de teca, tiras de seike 4x2 cm	Herramientas menores, lijadora	1 carpintero, 1 ayudante	Cocina (Ejes G y H)	No			Debe estar disponible espacio en la cocina entre ejes G y H para que se pueda preparar la madera bajo techo.
Colocación de vigas de madera AVIO en cubierta de madera	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	Percy Rojas. Luis Ortiz	Juan Esteban Crespo, José Andrés Cueva	Cómo hacer la unión entre vigas de madera para evitar que se ocurra una deflexión en el centro de la luz?	No hay cálculo de las uniones para las vigas de 6 y 5 m de luz	Pedir a Julio Moncayo que realice el cálculo estrucutral del la unión de las vigas.	No se puede colocar vigas de 6 y 5 m en la cubierta de madera (entre ejes E-G y ejes 1-4) porque no se ha definido el refuerzo para la unión entre vigas	Las vigas deben estar preparadas (lijadas y puestas aceite)	Detalle de unión de vigas	Muestra de las uniones	1) Vigas de madera AVIO 14x7 cm en 6 y 5 m. 2) Uniones (Pueden ser herrajes largos). 3) Suelda, oxigeno, gas butano (Soldadores encargados de provisionarlo)	Equipo de suelda (El subcontratista se encarga de provisionarlo).2) Herramientas menores	1 soldador, 1 ayudante (Subcontratista encargado de provisionarlo), 1 oficial, 2 ayudantes	Cubierta entre ejes E-G y ejes 1-4	Mixto (Percy Rojas, Luis Ortiz)			Andamios deben estar colocados en el sitio de trabajo.
Colocación de tableros de aglomerado tropicalizado sobre vigas metálicas en la cubierta.	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Juan Esteban Crespo			Coordinar el uso de los andamios con los otros equipos para que tener disputas		Estructura metálica (perfiles G y 2G) en cubierta debe estar armada (en ejes entre ejes 1-4 y ejes A-E) (Si está)			Tableros de aglomerado tropicalizado 1,22x2,44m,	Herramientas menores	1 carpintero, 1 ayudante	Cubierta, planta alta entre ejes 1-4 y ejes A-E	No			Los andamios deben estar colocados en la zona de trabajo.
Instalación de impermeabilizante asfáltico tipo Chova sobre tableros de aglomerado en cubierta.	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Juan Esteban Crespo			Coordinar el uso de los andamios con los otros equipos para que tener disputas		Deben haberse colocado una parte de los tableros para poder comenzar con esta actividad			Impermeabilizante asfáltico tipo Chova	Herramientas menores	1 albañil, 1 ayudante	Cubierta, planta alta entre ejes 1-4 y ejes A-E	No			Los andamios deben estar colocados en la zona de trabajo.
Colocación de tiras de seike sobre vigas en volado en la cubierta	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Hernán Cuesta			Coordinar con Hernán Cuesta para que lleve a la obra pistola de clavos, compresor, y compre disco de corte de madera		1) Lijado y preparado de tiras de seike.			tiras de seike 4x2 cm	1) Herramientas menores, 2) andamios. 3)pistola de clavos, compresor. 4) lijadora	1 albañil, 1 ayudante	Cubierta en zona dormitorios (Ejes 1-2 entre ejes A y F, ejes 3-4 entre ejes A y F)	No			Andamios deben estar colocados en el sitio de trabajo.
Colocación de vigas de madera AVIO en en el pasillo de planta alta entre ejes 3-4 y ejes E-G	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	Percy Rojas. Luis Ortiz	Juan Esteban Crespo		Definir el piso que se quiere poner en el pasillo	Coordinar con ambos equipos la secuencia de trabajo para que no haya disputas.		Las vigas deben estar preparadas (lijadas y puestas aceite)			1) Vigas de madera AVIO 14x7 cm en 6 y 5 m. 2) Herrajes. 3) Suelda, oxigeno, gas butano (Soldadores encargados de provisionarlo)	Equipo de suelda (El subcontratista se encarga de provisionarlo).2) Herramientas menores	1 soldador, 1 ayudante (Subcontratista encargado de provisionarlo), 1 oficial, 2 ayudantes	Pasillo en planta alta entre ejes 3-4 y ejes E-G	Mixto (Percy Rojas, Luis Ortiz)			Andamios deben estar colocados en el sitio de trabajo.
Revestimiento de columnas y pared con ladrillo panelón	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Percy Rojas								Ladrillo panelón, cemento, arena y grava	Herramientas menores	1 oficial, 1 peón	Pared baño social sótano entre eje 2 y eje F, sótano entre eje 2 y eje C, área terreno colindante con terreno vecino (Entre ejes E-G).				
Marco de ventana	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Juan Esteban Crespo, Freddy Alvarado	No está bien definido cómo se van a realizar los marcos de las ventanas.	No hay de detalle de distribución de los tablones de madera para el marco		Se realizará una prueba en la ventana sobre eje 4 entre ejes B-F para ver si le gusta al dueño como queda el marco de la ventana con tablones de seike.	Tablones de seike deben estar preparados (lijados y puestos aceite)			Tablones de seike 20x8 cm, tarugos, pernos, tacos fisher	Herramientas menores	1 carpintero, 1 ayudante	Ventana que da a patio frontal sobre eje 4 entre ejes B-F				
Empastado de paredes	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Percy Rojas			Coordinar con Percy Rojas para que traiga a la cantidad de obreros requerida para que se pueda realizar la actividad y no retrasarla.	Se debe realizar en las próximas semanas, debido a que hay actividades con mayor prioridad.	Las paredes de planta baja deben estar con la primera mano de empastado			Empaste, lija	Herramientas menores	2 peones	Planta baja y sótano				
Armado de estructura de deck de planta baja	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Luis Ortiz, Hernán Cuesta			1) Coordinar con Luis Ortiz para que traiga más obreros para poder comenzar con el deck. 2) Coordinar con Hernán Cuesta para que traiga la pintura anticorrosiva y el disolvente.	Dueño decide que el piso del deck sea de un aglomerado de madera y PVC, y se define que el deck tendrá una configuración de vigas principales transversales cada 1.20 conformadas por 2G 125x50x15x3 mm, las vigas de borde también serán del mismo tipo, y las vigas secundarias se colocarán cada 40 cm y son tubos estructurales rectangulares de 80x40 mm.	Revisar que todas las placas donde se soldarán las vigas del deck estén visibles			1) Perfiles 125x50x15x3 mm. 2) Tubos estructurales rectangulares 80x40 mm. 3) Pintura anticorrosiva negro mate y disilvente 4) Suelda, oxigeno, gas butano (Soldadores encargados de provisionarlo)	Herramientas para soldar (Subcontratista encargado de provisionarlo)	1 soldador, 1 ayudante	1) Conformación de perfiles en cocina entre ejes G-H. 2) Colocación de vigas en ejes F-H sobre eje 4, ejes 1-4 sobre eje H, ejes G-H sobre eje 1				1) Asegurarse que haya espacio para conformación de perfiles en cocina entre ejes G-H. 2)Andamios en zona entre Ejes F-H sobre eje 4, ejes 1-4 sobre eje H para armado de estructura deck.
Gradas metálicas planta baja-planta alta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Juan Esteban Crespo			Coordinar con Luis Ortiz la preparación y entrega de las platinas y planchas para la grada.				Muestra de platina y plancha.	1) Platinas de 50x6 mm. 2)Plancha de 6 mm. 3) Suelda, oxigeno, gas butano (Soldadores encargados de provisionarlo)	Herramientas para soldar (Subcontratista encargado de provisionarlo)	1 soldador, 1 ayudante	Planta baja zona jardin interior (Entre eje 2 y 3 y eje E)				Espacio disponible en sitio de trabajo (Planta baja zona jardin interior entre eje 2 y 3 y eje E)
Muro de hormigón ciclópeo para contención de jardin en patio frontal	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Juan Esteban Crespo, José Andrés Cueva	Definir tipo de piedra para muro	Definir estética del muro y dimensiones en altura y longitud						Piedras, cemento, arena, grava	Herramientas menores	1 albañil, 2 ayudantes, 2 peones	A lo largo de limite de terreno en parte frontal				
Instalaciones eléctricas	Equipo instalaciones eléctricas	José Tello	Analiz Garcia, Juan Esteban Crespo		Planos de iluminación debido a replanteo	Hablar con José Tello para informarle que esta semana ya entra en la obra para que asista a la reunión semanal	Instalación cine en casa				Material provisto por el subcontratista	Herramientas menores provistas por el subcontratista	Cuadrilla provista por el subcontratista	Planta baja	José Tello			
Instalaciones sanitarias	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	Percy Rojas					Las paredes y parte de la losa deben estar picadas.			Material provisto por el subcontratista	Herramientas menores provistas por el subcontratista	Cuadrilla provista por el subcontratista	Planta alta	Humberto Campoverde			

Tabla 4.30: Inventario de Trabajo Ejecutable para la semana número 4

Inventario de Trabajo Ejecutable (semana 31: 06 febrero-11 febrero de 2017)																						
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso																					
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde																					
			Restricciones																			
			Directivas				**Prerequisitos**			**Recursos**						**Procesos**						
																Practica de Trabajo						
Tarea	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Preguntas sin respuesta**	**Planos o espec. incomp.**	**Coord. y comunic. plan**	**Cambios al trabajo**	**Otros tareas**	**Req. de informacion**	**Muestras**	**Material**	**Equipo**	**Mano de obra**	**Espacio**	**Subcont**	**Cuadrilla**	**Equipo / Material**	**Condic. Fisicas/ climáticas**	**Entra al plan semanal ?**	**Observaciones**			
Preparación de las tiras y tablones de seike para la cubierta y marco ventana	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**				
Colocación de vigas de madera AVIO en cubierta de madera	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	Percy Rojas. Luis Ortiz	No	No	No	No	Sí	No	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	**No**				
Colocación de tableros de aglomerado tropicalizado sobre vigas metálicas en la cubierta.	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**				
Instalación de impermeabilizante asfáltico tipo Chova sobre tableros de aglomerado en cubierta.	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	No	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	**No**				
Colocación de tiras de seike sobre vigas en volado en la cubierta	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas			Coordinar con Hernán Cuesta para que lleve a la obra pistola de clavos, compresor, y compre disco de corte de madera		1) Lijado y preparado de tiras de seike.			tiras de seike 4x2 cm	1) Herramientas menores, 2) andamios. 3)pistola de clavos, compresor. 4) lijadora	1 albañil, 1 ayudante	Cubierta en zona dormitorios (Ejes 1-2 entre ejes A y F, ejes 3-4 entre ejes A y F)	No			Andamios deben estar colocados en el sitio de trabajo.	**No**			
Colocación de vigas de madera AVIO en en el pasillo de planta alta entre ejes 3-4 y ejes E-G	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	Percy Rojas. Luis Ortiz	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**				
Revestimiento de columnas y pared con ladrillo	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**				
Marco de ventana	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	No	No	Si	Si	Si (Observación)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	1) La revisión de que se preparen los tableros de seike se la hace durante la semana. 2) El dueño insiste en realizar la prueba de hacer el marco de la ventana con el motivo de ver la estética del mismo.			
Empastado de paredes	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**No**	Sin embargo si se realizan el resto de actividades antes de tiempo se puede retomar el empastado de paredes.			
Armado de estructura de deck de planta baja	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	Existe una posibilidad que la actividad se cumpla en un día distonto a lo planeado debido a que no se culminen antes las actividades con mayor prioridad)			
Gradas metálicas planta baja-planta alta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**				
Muro de hormigón ciclópeo para contención de jardín en patio frontal	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**				
Instalaciones eléctricas	Equipo instalaciones eléctricas	José Tello	Si	Si	Si	Si (Ver observación)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**	En el transcurso de la semana se debe definir trazado de red eléctrica para cine en casa			
Instalaciones sanitarias	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	**Si**				

Tabla 4.31: Planificación de la Producción para la semana 4

Planificación Semanal (semana 31: 06 febrero-11 febrero de 2017)								
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso							
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde							
Fecha	Sábado, 04 de enero de 2017							
Ubicación/Sector	San Joaquín							
Tarea	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**
Preparación de las tiras y tablones de seike para la cubierta y marco ventana (En zona cocina entre ejes G y H)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	1) Lijado y colocación de aceite en tiras que van sobre vigas de 4m y 2 m en el volado. 2) Lijado y colocación de aceite en vigas de 7 m que van en la cubierta de madera. 3) Lijado y colocado aceite en tablones seike marco de ventana	1) Lijado y colocación de aceite en tiras que van sobre vigas de 4m y 2 m en el volado. 2) Lijado y colocación de aceite en vigas de 7 m que van en la cubierta de madera.	1) Lijado y colocación de aceite en tiras que van sobre vigas de 4m y 2 m en el volado. 2) Lijado y colocación de aceite en vigas de 7 m que van en la cubierta de madera.	1) Lijado y colocación de aceite en tiras que van sobre vigas de 4m y 2 m en el volado. 2) Lijado y colocación de aceite en vigas de 7 m que van en la cubierta de madera.	1) Lijado y colocación de aceite en tiras que van sobre vigas de 4m y 2 m en el volado. 2) Lijado y colocación de aceite en vigas de 7 m que van en la cubierta de madera.	1) Lijado y colocación de aceite en tiras que van sobre vigas de 4m y 2 m en el volado. 2) Lijado y colocación de aceite en vigas de 7 m que van en la cubierta de madera.
Colocación de tiras de seike en cubierta sobre vigas AVIO en volado (Ejes 1-2 entre ejes A y F, ejes 3-4 entre ejes A y F)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Colocación tiras de seike sobre vigas AVIO	Colocación tiras de seike sobre vigas AVIO	Colocación tiras de seike sobre vigas AVIO	Colocación tiras de seike sobre vigas AVIO	Colocación tiras de seike sobre vigas AVIO	Colocación tiras de seike sobre vigas AVIO
Colocación de tableros de aglomerado tropicalizado sobre estrucura de cubierta entre ejes 2-3 y ejes A-E	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas		Colocación de tableros sobre ejes 2-3 entre ejes A-B	Colocación de tableros sobre ejes 2-3 entre ejes B-C	Colocación de tableros sobre ejes 2-3 entre ejes C-D	Colocación de tableros sobre ejes 2-3 entre ejes D-E	Colocación de tableros sobre ejes 1-2 y 2-3 entre ejes A-B
Revestimiento de columnas y pared con ladrillo	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Revestimiento pared baño social sótano entre eje 2 y eje F	Revestimiento pared baño social sótano entre eje 2 y eje F	Revestimiento columna C2 en sótano entre eje 2 y eje C	Revestimiento columnas adicionales enrea exterior colindante al terreno vecino (Entre ejes E-G).	Revestimiento columnas adicionales enrea exterior colindante al terreno vecino (Entre ejes E-G).	
Marco de ventana en ventana que da a patio frontal sobre eje 4 entre ejes B-F	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas		Colocación de la madera para el marco de la ventana	Colocación de la madera para el marco de la ventana	Colocación de la madera para el marco de la ventana		
Empastado de paredes en planta baja y sótano	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja y sotano (Segunda mano)	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja y sotano (Segunda mano)	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja y sotano (Segunda mano)	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja y sotano (Segunda mano)	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja y sotano (Segunda mano)	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja y sotano (Segunda mano)
Armado de estructura de deck de planta baja	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Conformación de perfiles 2G para vigas principales deck (Zona cocina entre ejes G-H)	1) Conformación de perfiles 2G para vigas principales deck (Zona cocina entre ejes G-H). 2) Pintado de perfiles 2G (Zona cocina entre ejes G-H) 3) Corte de perfiles 2G (Zona cocina entre ejes G-H).	1) Conformación de perfiles 2G para vigas principales deck (Zona cocina entre ejes G-H). 2) Pintado de perfiles 2G (Zona cocina entre ejes G-H) 3) Corte de perfiles 2G (Zona cocina entre ejes G-H).	Instalación de perfiles 2G en placas para deck (ejes F-H sobre eje 4) .	Instalación de perfiles 2G en placas para deck (ejes 1-4 sobre eje H).	Instalación de perfiles 2G en placas para deck (ejes G-H sobre eje 1).
Gradas metálicas planta baja-planta alta zona jardin interior (entre eje 2 y 3 y eje E)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Colocación de los perfiles longitudinales	Colocación de platinas de soporte para planchas	Colocación de la plancha para soporte de escalones	Colocación de la plancha para soporte de escalones		
Muestra de muro de hormigón ciclópeo para contención de jardín en patio frontal (A lo largo de limite de terreno en parte frontal)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Muestra de muro de hormigón ciclópeo					
Instalaciones eléctricas en planta baja	Equipo instalaciones eléctricas	José Tello	Instalaciones eléctricas sótano y planta baja. Instalación cine en casa	Instalaciones eléctricas sótano y planta baja. Instalación cine en casa	Instalaciones eléctricas sótano y planta baja. Instalación cine en casa	Instalaciones eléctricas sótano y planta baja. Instalación cine en casa	Instalaciones eléctricas sótano y planta baja. Instalación cine en casa	Instalaciones eléctricas sótano y planta baja. Instalación cine en casa
Instalaciones sanitarias en planta alta	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	Instalaciones sanitarias planta alta (Desagües)	Instalaciones sanitarias planta alta (Desagües)	Instalaciones sanitarias planta alta (Desagües)	Instalaciones sanitarias planta alta (Desagües)	Instalaciones sanitarias planta alta (Desagües)	Instalaciones sanitarias planta alta (Desagües)
Colocación de vigas AVIO en el pasillo de planta alta entre ejes 3-4 y ejes E-G.	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	Percy Rojas. Luis Ortiz			Lijado y colocación de aceite en vigas	Lijado y colocación de aceite en vigas	Colocación de vigas en el pasillo entre ejes 3-4 y ejes E-G.	

Como se puede observar, la actividad "colocación de vigas AVIO de madera en la cubierta" no puede ingresar al Plan Semanal, ya que aún no se encuentra una solución para la configuración referente al armado de la estructura y la unión entre vigas. El retraso ocasionado al no poder ingresar la actividad al Cronograma Semanal para la semana número cuatro se observa mejor en la actualización de la ventana *Lookahead*.

A continuación, se presenta el análisis de la importancia de las distintas actividades que han ingresado en la planificación semanal.

Tabla 4.32: Actividades críticas dentro de la planificación semanal 4

Análisis de la importancia de las actividades planificadas para la semana 4 (06 enero-11 febrero de 2017)					
Proyecto	Construcción de la vivienda Crespo-Moscoso		**Ubicación**	San Joaquín Km 5.5	
Preparado por	José Andrés Cueva		**Fecha**	Sábado, 04 de febrero de 2017	
Semana	**Tarea**	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Es crítica?**	**Observaciones**
Semana 4	Preparación de las tiras y tablones de seike para la cubierta y marco ventana (En zona cocina entre ejes G y H)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Es la actividad predecesora de la colocación de las tiras sobre las vigas de madera, la cual a su vez es la predecesora de poder colocar los tableros de aglomerado y las tejas. Entonces esta actividad, a pesar de que no se la contemple en la red de actividades, hay que considerarla como crítica pues su retraso induce a un retraso de actividades críticas siguientes, como lo es la instalación de los vidrios para las ventanas.
	Colocación de tiras de seike en cubierta sobre vigas AVIO en volado (Ejes 1-2 entre ejes A y F, ejes 3-4 entre ejes A y F)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Si	Esta actividad, si bien no pertenece a la estrucura propiamente de cubierta (porque se refiere a las vigas que van en volado en el a los extremos de la cubierta y son netamente estéticas), se la debe considerar como crítica porque responde un análisis similar al de la preparación de las tiras de seike para la cubierta.
	Revestimiento de columnas y pared con ladrillo	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	No	Es una actividad netamente estética y secundaria, que pertenece a los acabados. No está dentro de la red de actividades.
	Muestra de marco de ventana en ventana que da a patio frontal sobre eje 4 entre ejes B-F	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	No	Es una actividad con fines de dar una idea al dueño de cómo quedaría el acabado de madera en los marcos de las ventanas.
	Empastado de paredes en planta baja y sótano	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	No	No está dentro de la red de actividades pero su retraso no afecta o no retrasa a la totalidad del proyecto, por lo cual la misma no es una avtividad crítica.
	Armado de estructura de deck de planta baja	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	No, pero requiere atención especial.	Si bien en la red de actividades del método CPM no la presenta como una actividad crítica, el dueño quiere que se ponga especial atención en ella.
	Gradas metálicas planta baja-planta alta zona jardín interior (entre eje 2 y 3 y eje E)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	No, pero requiere atención especial.	No es una actividad crítica según la red de actividades pero el dueño desea que se ponga una atención especial al armado de la estrucura metálica de las gradas para poder realizar el acabado que desea. Entonces se ponndrá atención especial en su precisión y calidad.
	Muro de hormigón ciclópeo para contención de jardín en patio frontal (A lo largo de límite de terreno en parte frontal)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	No	Es una obra complementaria de acabado.
	Instalaciones eléctricas en planta baja	Equipo instalaciones eléctricas	José Tello	No	Según la red deactividades.
	Instalaciones sanitarias en planta alta	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	No	Según la red deactividades.
	Colocación de vigas de madera AVIO en en el pasillo de planta alta entre ejes 3-4 y ejes E-G	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	Percy Rojas. Luis Ortiz	No, pero requiere atención especial.	La misma no se encuentra dentro de la red de actividades, pero el dueño tiene interés especial en que el pasillo de planta alta se realice lo más pronto y quede muy bien en cuanto a lo estético.

Finalmente se procede a mostrar la actualización de la ventana *Lookahead* tanto para el horizonte de cuatro semanas, así como para el horizonte de siete semanas con la finalidad de que se entienda la incidencia de los retrasos y lo ocurrido durante la semana número tres y lo que se planifica para la semana número cuatro.

Tabla 4.33: Tercera actualización del Cronograma Lookahead con horizonte de 7 semanas

Cronograma *Lookahead* (semana 28-semana 31)																																												
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso																																											
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde																																											
Descripcion Tarea	**Equipo Responsable**	**Porcentaje de la actividad a realizarse**	**Semana 1 (16/01/2017-21/01/2017)**						**Semana 2 (23/01/2017-28/01/2017)**						**Semana 3 (30/01/2017-04/02/2017)**						**Semana 4 (06/02/2017-11/02/2017)**						**Semana 5 (13/02/2017-18/02/2017)**						**Semana 6 (20/02/2017-25/02/2017)**						**Semana 7 (27/02/2017-04/03/2017)**					
			Lu	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**	**Lu**	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**	**Lu**	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**	**Lu**	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**	**Lu**	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**	**Lu**	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**	**Lu**	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**
Acero estructural de cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																												
Construcción de zapatas y columnas adicionales (Son dos) (f'c=240 Kg/cm2)	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																																				
Enlucido de paredes con mortero cemento-arena 1:3	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X																												
Empastado de paredes	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																		
Revestimiento de perfiles electrosoldados Vk (tipo "I") con mortero cemento-arena 1:3	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X				X	X																															
Demolición de pared agrietada	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																																				
Armado de estructura metálica para pared	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%	X	X	X	X	X	X	X																																			
Construcción de viga de hormigón armado inferior para reconstrucción de pared	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X	X																																			
Muro de hormigón ciclópeo para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%								X	X																																	
Losa para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%										X	X																															
Mampostería de ladrillo panelón para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%												X			X																											
Preparado de superficie con graut en columnas	Equipo obra gris y acabados	100%							X																																			
Construcción de losa adicional (Extensión de losa de planta baja, es parte del deck)	Equipo obra gris y acabados	100%							X	X	X																																	
Enlucido paredes de bodega con mortero 1:3	Equipo obra gris y acabados	100%																X	X																									
Sacado de filo en enlucido de planta baja y planta alta	Equipo obra gris y acabados	100%																	X	X																								
Instalaciones sanitarias (planta baja y planta alta)	Equipo instalaciones sanitarias	80%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
Instalación de vigas de madera AVIO en la cubierta	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	0%																									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Colocación de tableros de aglomerado tropicalizado para cubierta	Equipo obra gris y acabados	28%																				X	X	X	X	X							X	X	X	X	X	X						
Instalación de impermeabilizante asfáltico (tipo Chova) sobre tableros de aglomerado	Equipo obra gris y acabados	0%																																					X	X	X	X	X	X
Instalación de tejas	Equipo obra gris y acabados	0%																																										
Armado de estrucura metálica para deck de Planta Baja (Vigas principales y secundarias)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%														X					X	X	X	X	X	X																		
Colocación de tablones/tablones pino-PVC para Deck	Equipo obra gris y acabados	100%																									X	X	X	X	X	X												
Armado de estrucura metálica para escalera de planta baja-planta alta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%																	X		X	X	X	X																				
Colocación de tiras de madera sobre vigas de madera en la cubierta	Equipo obra gris y acabados	33%																			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Marco de ventana	Equipo obra gris y acabados	100%																				X	X	X																				
Muro de hormigón ciclópeo en patio frontal	Equipo obra gris y acabados	100%																			X	X	X	X	X	X																		
Revestimiento de columnas y pared con ladrillo panelón	Equipo obra gris y acabados	100%																			X	X	X	X	X																			
Colocación de vigas AVIO de madera sobre el pasillo de planta alta	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	100%																					X	X	X																			
Construcción de cajas de revisión para desagües	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																																				

Tabla 4.34: Tercera actualización del Cronograma Lookahead con un horizonte de cuatro semanas

Cronograma *Lookahead* (semana 28-semana 31)																													
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso																												
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde																												
Descripcion Tarea	**Equipo Responsable**	**Porcentaje de la actividad a realizarse**	**Semana 1 (16/01/2017-21/01/2017)**						**Semana 2 (23/01/2017-28/01/2017)**						**Semana 3 (30/01/2017-04/02/2017)**						**Semana 4 (06/02/2017-11/02/2017)**									
			Lu	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**	**Lu**	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**	**Lu**	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**	**Lu**	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**				
Acero estructural de cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X													
Construcción de zapatas y columnas adicionales (Son dos) (f'c=240 Kg/cm2)	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																					
Enlucido de paredes con mortero cemento-arena 1:3	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X													
Empastado de paredes	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Revestimiento de perfiles electrosoldados Vk (tipo "I") con mortero cemento-arena 1:3	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X				X	X																
Demolición de pared agrietada	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																					
Armado de estructura metálica para pared	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%	X	X	X	X	X	X	X																				
Construcción de viga de hormigón armado inferior para reconstrucción de pared	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X	X																				
Muro de hormigón ciclópeo para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%								X	X																		
Losa para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%										X	X																
Mampostería de ladrillo panelón para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%												X			X												
Preparado de superficie con graut en columnas	Equipo obra gris y acabados	100%							X																				
Construcción de losa adicional (Extensión de losa de planta baja, es parte del deck)	Equipo obra gris y acabados	100%							X	X	X																		
Enlucido paredes de bodega con mortero 1:3	Equipo obra gris y acabados	100%																X	X										
Sacado de filo en enlucido de planta baja y planta alta	Equipo obra gris y acabados	100%																	X	X									
Instalaciones sanitarias (planta baja y planta alta)	Equipo instalaciones sanitarias	80%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Colocación de tableros de aglomerado tropicalizado para cubierta	Equipo obra gris y acabados	28%																			X	X	X	X	X				
Armado de estrucura metálica para deck de Planta Baja (Vigas principales y secundarias)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%													X					X	X	X	X	X	X				
Armado de estrucura metálica para escalera de planta baja-planta alta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%																X		X	X	X	X						
Colocación de tiras de madera sobre vigas de madera en la cubierta	Equipo obra gris y acabados	33%																		X	X	X	X	X	X				
Marco de ventana	Equipo obra gris y acabados	100%																			X	X	X						
Muro de hormigón ciclópeo en patio frontal	Equipo obra gris y acabados	100%																		X	X	X	X	X	X				
Revestimiento de columnas y pared con ladrillo panelón	Equipo obra gris y acabados	100%																		X	X	X	X	X					
Colocación de vigas AVIO de madera sobre el pasillo de planta alta	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	100%																				X	X	X					
Construcción de cajas de revisión para desagües	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																					

Lo que es importante analizar al observar la actualización de la ventana *Lookahead* es el efecto que se mencionó acerca de no poder comenzar a armar la estructura de madera para la cubierta, ya que en el Cronograma *Lookahead* se puede observar este efecto de una manera global y su incidencia sobre otras actividades. Al tener que postergar una semana el inicio de la actividad en cuestión, obviamente se va a tener que postergar actividades que dependen de ello, tales como la "colocación de los tableros de aglomerado tropicalizado" y "la instalación de impermeabilizante asfáltico sobre los tableros de aglomerado tropicalizado". Primero, la actividad de colocación de tableros está generalizada en el Cronograma *Lookahead* ya que la misma consiste en la colocación de los mismos tanto en la estructura de cubierta metálica, así como en la estructura de cubierta de madera. Entonces se planificó que para la semana número cuatro se comience a colocar los tableros en la cubierta conformada por estructura metálica, es decir entre los ejes 1-4 y A-E, de esta manera si bien se atenúa el efecto que tiene sobre esta actividad el no poder comenzar a realizar la instalación de la estructura de madera para la cubierta y simultáneamente colocar las tiras de "seike" sobre la estructura y poder colocar los tableros sobre las tiras, no obstante disminuye el porcentaje que se va a realizar de la totalidad de la actividad "colocación de los tableros de aglomerado tropicalizado" de un 42% a un 28% como se puede observar al comparar la casilla de "porcentaje de la actividad a realizarse" de la ventana *Lookahead* actualizada de la reunión semanal tres y la ventana *Lookahead* actualizada de la reunión semanal cuatro.

Otro caso de análisis es el de la actividad de "la instalación de impermeabilizante asfáltico sobre los tableros de aglomerado tropicalizado" ya que, si bien la misma se podría realizar de manera simultánea a la colocación de los tableros en el área de los dormitorios de planta alta, no obstante se decide que no se procederá de esa manera debido a que el *Last* Planner que pertenece al equipo que ejecutará la actividad (representante del equipo de obra gris y acabados) declaró que no tiene la fuerza laboral necesaria para realizar la instalación de impermeabilizante asfáltico sobre los tableros de aglomerado tropicalizado y además el resto de actividades a las que se comprometió para esa semana, ya que causaría que se altere su flujo de producción teniendo como consecuencia que afecte al resto de equipos. Por ello se optó en postergar la actividad, y esa es la razón por la que la tarea no aparece en la ventana *Lookahead* con horizonte de 4 semanas.

4.5.2.5. Reunión Semanal 5

La reunión número 5, celebrada el día sábado 11 de febrero de 2017, tuvo como particularidad que en la misma ya no se tendría que realizar el análisis de restricciones, ni el Inventario de Trabajo Ejecutable, así como tampoco un plan semanal ya que en la misma únicamente se evaluará lo ocurrido en la semana 31, la cual es la última semana de implementación del LPS para el proyecto, mediante el PPC y el análisis de las CNC. Así mismo, se presentará la actualización de la ventana *Lookahead*.

A continuación, se procederá a evaluar el Porcentaje de Actividades Completadas, para poder saber si en la última semana de implementación del sistema se trabajó de una manera productiva o no.

Tabla 4.35: Cálculo del PPC de las actividades de la semana 4

Planificación Semanal (semana 31: 06 febrero-11 febrero de 2017)													
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso									**Fecha**	Sábado, 11 de febrero de 2017		
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde									**Ubicación**	San Joaquín		
Tarea	**Equipo responsable**	**Representante del equipo**	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Completo (Si o No)**	**Porcentaje de Plan Completado (PPC)**	**Razon Variacion (analisis)**	**Detalle**	**Condiciones climáticas**
Preparación de las tiras y tablones de seike para la cubierta y marco ventana (En zona cocina entre ejes G y H)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	1) Lijado y colocación de aceite en tiras que van sobre vigas de 4m y 2 m en el volado. 2) Lijado y colocación de aceite en vigas de 7 m que van en la cubierta de madera. 3) Lijado y colocado aceite en tablones seike marco de ventana	1) Lijado y colocación de aceite en tiras que van sobre vigas de 4m y 2 m en el volado. 2) Lijado y colocación de aceite en vigas de 7 m que van en la cubierta de madera.	1) Lijado y colocación de aceite en tiras que van sobre vigas de 4m y 2 m en el volado. 2) Lijado y colocación de aceite en vigas de 7 m que van en la cubierta de madera.	1) Lijado y colocación de aceite en tiras que van sobre vigas de 4m y 2 m en el volado. 2) Lijado y colocación de aceite en vigas de 7 m que van en la cubierta de madera.	1) Lijado y colocación de aceite en tiras que van sobre vigas de 4m y 2 m en el volado. 2) Lijado y colocación de aceite en vigas de 7 m que van en la cubierta de madera.	1) Lijado y colocación de aceite en tiras que van sobre vigas de 4m y 2 m en el volado. 2) Lijado y colocación de aceite en vigas de 7 m que van en la cubierta de madera.	Si	100%			Clima templado. No afecta al cumplimiento de la actividad.
Colocación de tiras de seike en cubierta sobre vigas AVIO en volado (Ejes 1-2 entre ejes A y F, ejes 3-4 entre ejes A y F)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Colocación tiras de seike sobre vigas AVIO	Colocación tiras de seike sobre vigas AVIO	Colocación tiras de seike sobre vigas AVIO	Colocación tiras de seike sobre vigas AVIO	Colocación tiras de seike sobre vigas AVIO	Colocación tiras de seike sobre vigas AVIO	No	67%	Falta de materiales y cambio en la prioridad de las actividades	El lunes no se puede comenzar porque no se cuenta con el compresor para la pistola de clavos. El martes el personal se dedicó también a picar las paredes y parte de la losa de planta alta porque el subcontratista de instalaciones lo requería para comenzar su trabajo. Se comienza a instalar recién el miércoles ya que se requería que se coloquen primero los tableros de aglomerado en los ejes 2-3 para poder ver la unión entre las partes que tienen tiras (eje 1-2 y 3 y 4) con las partes que no tienen tiras (eje 3-4) entre ejes A-E.	Clima templado. No afecta al cumplimiento de la actividad.
Colocación de tableros de aglomerado tropicalizado sobre estrucura de cubierta entre ejes 2-3 y ejes A-E	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas		Colocación de tableros sobre ejes 2-3 entre ejes A-B	Colocación de tableros sobre ejes 2-3 entre ejes B-C	Colocación de tableros sobre ejes 2-3 entre ejes C-D	Colocación de tableros sobre ejes 2-3 entre ejes D-E	Colocación de tableros sobre ejes 1-2 y 2-3 entre ejes A-B	Si	100%			No afecta al cumplimiento de la actividad.
Revestimiento de columnas y pared con ladrillo	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Revestimiento pared baño social sótano entre eje 2 y eje F	Revestimiento pared baño social sótano entre eje 2 y eje F	Revestimiento columna C2 en sótano entre eje 2 y eje C	Revestimiento columnas adicionales enrea exterior colindante al terreno vecino (Entre ejes E-G).	Revestimiento columnas adicionales enrea exterior colindante al terreno vecino (Entre ejes E-G).		Si	100%			No afecta al cumplimiento de la actividad.
Marco de ventana en ventana que da a patio frontal sobre eje 4 entre ejes B-F	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas		Colocación de la madera para el marco de la ventana	Colocación de la madera para el marco de la ventana	Colocación de la madera para el marco de la ventana			Si	100%		Se requiere solamente el martes para colocar la madera en el marco de la ventana. Se debe ver otra madera o alternativa de marco, ya que a la dueña da vivienda no le gustó.	
Empastado de paredes en planta baja y sótano	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja y sotano (Segunda mano)	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja y sotano (Segunda mano)	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja y sotano (Segunda mano)	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja y sotano (Segunda mano)	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja y sotano (Segunda mano)	Empastado de paredes en dormitorios y pasillos en planta baja y sotano (Segunda mano)	No	0%	Cambio en prioridad en actividades	Se realizaron actividades que se consideraron más importantes como la colocación de las vigas AVIO de madera, o las pruebas de como quedaba el muro para la delimitación del terreno. No afecta en la duración total del proyecto ya que no es una actividad crítica y se puede esperar para realizarla.	
Armado de estructura de deck de planta baja	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Conformación de perfiles 2G para vigas principales deck (Zona cocina entre ejes G-H)	1) Conformación de perfiles 2G para vigas principales deck (Zona cocina entre ejes G-H). 2) Pintado de perfiles 2G (Zona cocina entre ejes G-H) 3) Corte de perfiles 2G (Zona cocina entre ejes G-H).	1) Conformación de perfiles 2G para vigas principales deck (Zona cocina entre ejes G-H). 2) Pintado de perfiles 2G (Zona cocina entre ejes G-H) 3) Corte de perfiles 2G (Zona cocina entre ejes G-H).	Instalación de perfiles 2G en placas para deck (ejes F-H sobre eje 4) .	Instalación de perfiles 2G en placas para deck (ejes 1-4 sobre eje H).	Instalación de perfiles 2G en placas para deck (ejes G-H sobre eje 1).	No	100%	Condiciones climáticas y falta de personal debido a manala planificación.	Si bien se cumplió todos los días con lo que estaba programado, la lluvia afectó al rendimiento en esta actividad. Tampoco se pudo instalar todo el deck debido a la falta de personal, ya que 1 soldador y 1 ayudante no fueron suficientes para poder acabar con la actividad en el tiempo planificado (falta de armar la estrucura metálica sobre eje H entre ejes 1-4). La próxima semana se debe finalizar la actividad.	El clima afecta a esta actividad. El viernes se retrasó debido al mal tiempo.
Gradas metálicas planta baja-planta alta zona jardin interior (entre eje 2 y 3 y eje E)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	Colocación de los perfiles longitudinales	Colocación de platinas de soporte para planchas	Colocación de la plancha para soporte de escalones	Colocación de la plancha para soporte de escalones			No	25%		Las platinas y planchas llegan el jueves, debido a retrasos en el equipo de los soldadores que las fabrican, quienes prometieron que iban a entregar el material el día lunes, a más tardar el martes. Las platinas comienzan a colocarse el viernes pero no se puede acabar de colocar debido al clima. La próxima semana se debe acabar de colocar las platinas y las planchas.	El clima afecta a esta actividad. El viernes se retrasó debido al mal tiempo.
Muestra de muro de hormigón ciclópeo para contención de jardín en patio frontal (A lo largo de límite de terreno en parte frontal)	Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	Muestra de muro de hormigón ciclópeo						Si	100%			
Instalaciones eléctricas en planta baja	Equipo instalaciones eléctricas	José Tello	Instalaciones eléctricas sótano y planta baja. Instalación cine en casa	Instalaciones eléctricas sótano y planta baja. Instalación cine en casa	Instalaciones eléctricas sótano y planta baja. Instalación cine en casa	Instalaciones eléctricas sótano y planta baja. Instalación cine en casa	Instalaciones eléctricas sótano y planta baja. Instalación cine en casa	Instalaciones eléctricas sótano y planta baja. Instalación cine en casa	Si	100%			
Instalaciones sanitarias en planta alta	Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	Instalaciones sanitarias planta alta (Desagües)	Instalaciones sanitarias planta alta (Desagües)	Instalaciones sanitarias planta alta (Desagües)	Instalaciones sanitarias planta alta (Desagües)	Instalaciones sanitarias planta alta (Desagües)	Instalaciones sanitarias planta alta (Desagües)	Si	100%			
Colocación de vigas AVIO en el pasillo de planta alta entre ejes 3-4 y ejes E-G.	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	Percy Rojas. Luis Ortiz			Lijado y colocación de aceite en vigas	Lijado y colocación de aceite en vigas	Colocación de vigas en el pasillo entre ejes 3-4 y ejes E-G.		Si	100%	Condiciones climáticas	No se pudo terminar de colocar todas las vigas debido a que los soldadores solo trabajan hasta el viernes, y se necesitan dos o tres días para poder colocar las vigas y soldar los herrajes. Se debe continuar la próxima semana. El clima también causó retrasos.	El clima afecta a esta actividad. El viernes se retrasó debido al mal tiempo.

Tabla 4.36: PPC global para la semana 4.

Porcentaje de Plan Completado para la semana 4 (PPC Global)				
Equipo de trabajo	**Representante del equipo**	**PPC promedio del equipo**	**Número de actividades**	**PPC*Número de actividades**
Equipo obra gris y acabados	Percy Rojas	81%	7	5.67
Equipo del acero estructural (Soldadores)	Luis Ortiz	63%	2	1.25
Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	Percy Rojas. Luis Ortiz	100%	1	1.00
Equipo instalaciones eléctricas	José Tello	100%	1	1.00
Equipo instalaciones sanitarias	Humberto Campoverde	100%	1	1.00
		PPC Global		**83%**

Tabla 4.37: Tabla de cálculo de la frecuencia relativa para cada Causa de No Cumplimiento de la Semana 4

Causas de No Cumplimiento		
Causa general de incumplimiento	**Frecuencia absoluta**	**Frecuencia relativa**
Falta de personal	0	0%
Cambios en las prioridades de las actividades	2	40%
Personal transferido a otra obra	0	0%
Condiciones climáticas	2	40%
Falta de material	1	20%
Total	5	100%

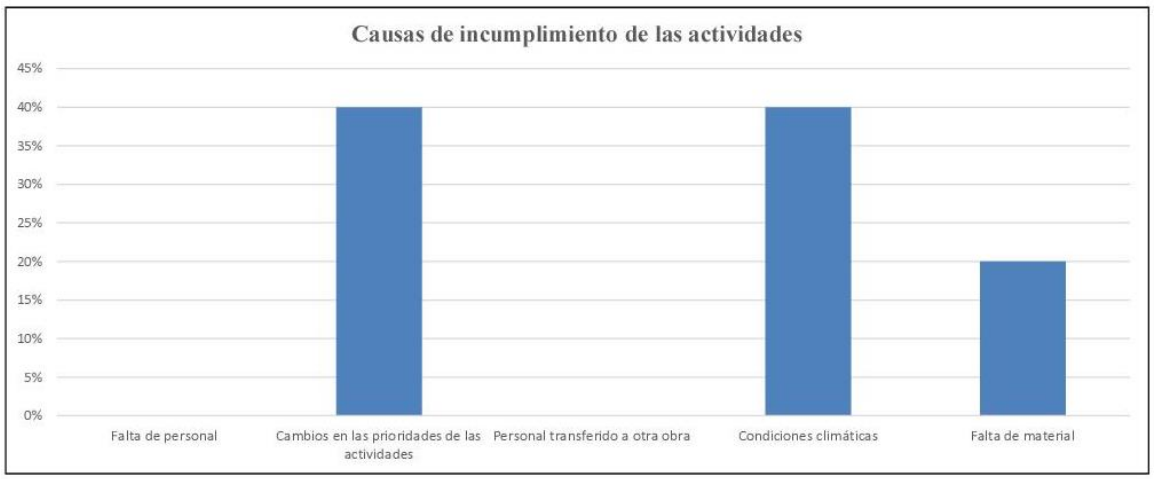


Figura 4.17: Gráfico de las Causas de No Cumplimiento de las actividades para la semana 4.

Al analizar el PPC obtenido para equipo de trabajo se observa que para el caso puntual del equipo de acero estructural (soldadores), disminuyó su productividad en comparación a la semana pasada, en la cual habían tenido un desempeño muy alto al obtener un PPC del 100%. Esa disminución del PPC, como se observa en el detalle de la razón de incumplimiento, radica sobre todo en que el equipo estaba encargado de fabricar las platinas y cortar las planchas para poder construir la estructura de las escaleras metálicas de planta baja-planta alta, y su representante había prometido que a más tardar se entregarían estos materiales el martes para poder iniciar con la construcción de la estructura el mismo día, y lo que ocurrió fue que el equipo llevó los materiales mencionados el día jueves en la tarde de tal forma que el viernes se comenzaría con la actividad, pero aquel día las condiciones climáticas fueron desfavorables, causando que se realice simplemente un 25% de la actividad en vez de completarla en su totalidad, como estaba planificada. Por ello se conversó de manera conjunta con el *Last Planner* en la presente reunión y se hizo mucho énfasis en volverle a explicar que no puede hacer promesas a menos que esté completamente seguro que las puede cumplir.

Por otra parte, se debe destacar el gran trabajo conjunto por parte del equipo de soldadores y equipo de obra gris y acabados para la actividad “colocación de vigas AVIO en el pasillo de planta alta”, ya que se obtuvo un cumplimiento total de la planificación en la ejecución, debido a la sinergia de ambos equipos, y esto refleja los beneficios del sistema al trabajar de una manera colaborativa, realizar cronogramas que reflejan la situación actual real del proyecto y en base a lo que verdaderamente se puede hacer.

Al analizar el PPC global se obtiene que se ha tenido un cumplimiento en la ejecución del 83% de lo que se planificó, esto significa que las labores de la planificación y control han sido muy bien ejecutadas, y el PPC obtenido es fruto de ello. Además, los equipos ya se han acostumbrado a la modalidad de sistema y participan de manera óptima en las reuniones de manera que se generan muy buenos resultados que se traducen en el PPC global.

En cuanto a las Causas de No Cumplimiento las dos más representativas son “cambio en las prioridades de las actividades” y “condiciones climáticas”, cada una representa un 40% de las inconsistencias presentadas al plan, siendo el 20% restante fruto de la

“falta de materiales”. Sin embargo, como se observa en las casillas del detalle de las CNC, el no contar con los materiales necesarios impide que la actividad comience y por lo tanto se tenga que cambiar la prioridad en la actividad y realizar otra actividad hasta que lleguen los materiales, y de esa forma evitar que se produzcan tiempos ociosos. Pero también se dio el caso de cambiar la prioridad a último de una actividad planificada y no realizarla, como ocurrió con el caso del empastado de paredes, la cual no se comenzó para poder dedicarse a la colocación de las tiras y tableros de aglomerado tropicalizado en la cubierta. En el último caso, por más de que si no se comienza la actividad no se retrase el proyecto debido a que la misma es una actividad secundaria, si no se tiene la de que la misma se podrá ejecutar o se consideran actividades más importantes, no se debe incluir en la planificación semanal la actividad por más que la misma se encuentre en el Inventario de Trabajo Ejecutable, sino que se la debería tener como una actividad de reserva en caso de que una de las actividades críticas no se pueda ejecutar y evitar tener desperdicios en tiempo y mano de obra.

Otro punto que cabe destacar es que en la reunión se evaluó la solución para la estructura de madera para la cubierta presentada por el ingeniero estructural, la misma proponía realizar dos columnas de hormigón armado a nivel de planta alta, la primera con una sección de 40x40 cm en la intersección de la mitad del eje 2-3 y el eje G, la segunda columna se situaría en la intersección de la mitad del eje 2-3 y el eje E, y las dos columnas se unirían por medio de un perfil electrosoldado Vk (tipo “I”) con dimensiones 480x180x6x0mm. En otras palabras, la solución radica en colocar una viga a la mitad de la cubierta de tal forma que la distancia entre apoyos para las vigas de madera se reduzca, y esto genere que se redistribuya el momento flector que actúa sobre la viga y por lo tanto disminuya su acción de manera considerable, y al mismo tiempo la estructura soporte de manera eficiente la carga muerta que irá sobre ella. El problema se encuentra en que al dueño de la vivienda le parece que la solución propuesta atenta contra la estética de la casa ya que la viga de 48cm de peralte resaltaría de gran manera en la cubierta y resultaría antiestética. Por ello se le propuso al dueño una solución que resultaría más económica, además de ser estéticamente viable, la cual es en vez de construir columnas de hormigón armado se las haga con perfiles en sección “H” con dimensión de 23 cm de ancho y peralte, las cuales se ubicarían en el mismo sitio en cual habrían sido construidas las que propuso el ingeniero estructural. La viga que une las dos columnas, se propuso que se opte por una viga electrosoldada

Vk (tipo “I”) con dimensiones de 330x150x4x10mm, debido a que en la cubierta ya se encuentran otras dos vigas de este mismo tipo, entonces resultaría agradable a la vista tener una tercera viga con las mismas dimensiones, ya que existiría continuidad. Otra ventaja de la solución propuesta es que al reducir la sección de la viga y tener columnas de acero con sección considerablemente más pequeña que las columnas de hormigón armado, el peso que se añadiría a las vigas del eje E y G sobre las que se asentarán las columnas serán mucho menor por lo tanto se reducirá el efecto de un momento flector y punzonamiento sobre las vigas mencionadas. El dueño de la vivienda finalmente se decidió por la solución que le propuse, y se mostró satisfecho ya que la misma supondría un menor costo y más agradable a la vista, además de que soluciona el problema de la deflexión de las vigas de madera y garantiza un correcto funcionamiento y resistencia ante la carga muerta que portará la estructura de madera además de colaborar a resistir con los esfuerzos que se generarán. De esta manera se vuelve a retomar el flujo de trabajo y se pretenderá a toda costa, en las siguientes semanas, recuperar el tiempo que se perdió con los distintos atrasos que se produjeron.

A continuación, se presenta la actualización de la ventana *Lookahead* con lo ocurrido en la semana número cuatro y lo analizado en la presente reunión, así como volver a la normalidad el flujo de trabajo para las actividades que dependen de la estructura de madera para cubierta, al haber solucionado el problema que se tenía.

Tabla 4.38: Cuarta actualización del Cronograma Lookahead con horizonte de 7 semanas

Cronograma *Lookahead* (semana 28-semana 31)																																												
Proyecto	Construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso																																											
Preparado por	José Andrés Cueva, Juan Esteban Crespo, Percy Rojas, Luis Ortiz, Humberto Campoverde																																											
Descripcion Tarea	**Equipo Responsable**	**Porcentaje de la actividad a realizarse**	**Semana 1 (16/01/2017-21/01/2017)**						**Semana 2 (23/01/2017-28/01/2017)**						**Semana 3 (30/01/2017-04/02/2017)**						**Semana 4 (06/02/2017-11/02/2017)**						**Semana 5 (13/02/2017-18/02/2017)**						**Semana 6 (20/02/2017-25/02/2017)**						**Semana 7 (27/02/2017-04/03/2017)**					
			Lu	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**	**Lu**	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**	**Lu**	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**	**Lu**	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**	**Lu**	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**	**Lu**	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**	**Lu**	**Ma**	**Mi**	**Ju**	**Vi**	**Sa**
Acero estructural de cubierta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																												
Construcción de zapatas y columnas adicionales (Son dos) (f'c=240 Kg/cm2)	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																																				
Enlucido de paredes con mortero cemento-arena 1:3	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X																												
Empastado de paredes	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Revestimiento de perfiles electrosoldados Vk (tipo "I") con mortero cemento-arena 1:3	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X				X	X																															
Demolición de pared agrietada	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																																				
Armado de estructura metálica para pared	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%	X	X	X	X	X	X	X																																			
Construcción de viga de hormigón armado inferior para reconstrucción de pared	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X	X																																			
Muro de hormigón ciclópeo para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%								X	X																																	
Losa para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%										X	X																															
Mampostería de ladrillo panelón para bodega de tanques de gas	Equipo obra gris y acabados	100%												X			X																											
Preparado de superficie con graut en columnas	Equipo obra gris y acabados	100%							X																																			
Construcción de losa adicional (Extensión de losa de planta baja, es parte del deck)	Equipo obra gris y acabados	100%							X	X	X																																	
Enlucido paredes de bodega con mortero 1:3	Equipo obra gris y acabados	100%																X	X																									
Sacado de filo en enlucido de planta baja y planta alta	Equipo obra gris y acabados	100%																	X	X																								
Instalaciones sanitarias (planta baja y planta alta)	Equipo instalaciones sanitarias	80%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
Rotura de mamposteria en planta alta (entre la mital de los ejes 2-3 y eje E) para la instalación de la columna electrosoldada (tipo "H")	Equipo obra gris y acabados	100%																									X	X																
Instalación de columnas electrosoldadas (tipo "H") 230x230x10mm	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%																											X	X														
Instalación de viga electrosoldada Vk 330x150x4x10 mm	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%																													X	X												
Instalación de vigas de madera AVIO en la cubierta	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	0%																															X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Colocación de tableros de aglomerado tropicalizado para cubierta	Equipo obra gris y acabados	28%																				X	X	X	X	X								X	X	X	X	X						
Instalación de impermeabilizante asfáltico (tipo Chova) sobre tableros de aglomerado	Equipo obra gris y acabados	0%																																					X	X	X	X	X	X
Instalación de tejas	Equipo obra gris y acabados	0%																																										
Armado de estrucura metálica para deck de Planta Baja (Vigas principales y secundarias)	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%														X					X	X	X	X	X	X																		
Colocación de tablones/tablones pino-PVC para Deck	Equipo obra gris y acabados	100%																									X	X	X	X	X	X												
Armado de estrucura metálica para escalera de planta baja-planta alta	Equipo del acero estructural (Soldadores)	100%																	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X												
Colocación de tiras de madera sobre vigas de madera en la cubierta	Equipo obra gris y acabados	33%																				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Marco de ventana	Equipo obra gris y acabados	100%																				X																						
Muro de hormigón ciclópeo en patio frontal	Equipo obra gris y acabados	100%																																					X	X	X	X	X	X
Revestimiento de columnas y pared con ladrillo panelón	Equipo obra gris y acabados	100%																			X	X	X	X	X																			
Colocación de vigas AVIO de madera sobre el pasillo de planta alta	Equipo obra gris y acabados. Equipo de Soldadores	100%																					X	X	X																			
Construcción de cajas de revisión para desagües	Equipo obra gris y acabados	100%	X	X	X	X	X	X																																				
Instalación del cielo raso de Gypsum en el área de la cocina y sótano	Equipo obra gris y acabados	100%																																					X	X	X	X	X	X

Se presenta únicamente la actualización de la ventana *Lookahead* para el horizonte de siete semanas, ya que no tendría sentido presentar el Plan Intermedio actualizado con un horizonte de cuatro semanas, ya que la semana número cuatro de la implementación del sistema ha transcurrido, y como se sabe, la duración de la etapa *Lookahead* se determinó que sería de cuatro semanas, ya que el tiempo de respuesta de los proveedores es suficiente para ese tiempo. De esta manera se realiza la actualización de la ventana *Lookahead* y se muestra el efecto que ha tenido lo ocurrido en la última semana de manera global sobre el resto de actividades que ocurrirán en las próximas tres semanas, además de haber realizado la planificación de las actividades a realizarse en las tres semanas siguientes en base a lo que realmente se puede hacer. Como se puede observar, se incluyeron en el cronograma las actividades que forman parte de la solución optada para la construcción de la estructura de cubierta con vigas de madera, y se puede ver como el flujo de trabajo se normaliza, y se analizó de manera conjunta con el dueño y los equipos de trabajo, y se determinó que se puede realizar en la séptima semana la colocación de los tableros de "gypsum" para el cielo raso en algunas áreas como la cocina y en el sótano. Este último punto es importante ya que inicialmente le contemplaba dentro del cronograma la actividad de la instalación de los tableros de "gypsum" para el cielo raso, pero acto seguido se la eliminó por precaución, ya que no se tenía la certeza de que se la podría ejecutar, y ahora vuelve a aparecer en el plan para la séptima semana, lo cual es producto del buen flujo de trabajo que se tuvo al implementar el LPS, ya que se logró una productividad alta y un gran cumplimiento de lo planificado y los objetivos del sistema, como se explicará posteriormente en la evaluación general de los resultados de la implementación del sistema.

Adicionalmente es imperioso recalcar que la implementación del sistema se la hizo para un período *Lookahead*, es decir para una duración de cuatro semanas, sin embargo se muestra el efecto que tuvo lo ocurrido en cada semana para las tres semanas que vienen después de la última semana del período *Lookahead* actual, para poder explicar y que se entienda el efecto que tiene cada reunión semanal de una manera más global y en un futuro cercano, además de que al proceder de esa manera ya se está realizando la planificación para las tres primeras semanas del próximo período *Lookahead*, por lo que resulta beneficioso en todo sentido.

4.6. Evaluación y resultados de la implementación del *Last Planner System*

En este punto se realizará un análisis y evaluación del impacto que tuvo la implementación del Sistema del Último Planificador en el proyecto, es decir, se analizarán los diversos efectos que ocurrieron en el proyecto como fruto de la implementación de sistema. Así mismo se presentarán sugerencias y recomendaciones para incrementar la productividad en el proyecto, y cumplir con los objetivos del sistema LPS.

Primero, es muy importante destacar que se tuvo un grado de implementación alto ya que se logró desarrollar una Planificación Intermedia adecuada con un horizonte de cuatro semanas, además antes de crear un Plan Semanal se generó un Inventario de Trabajo Ejecutable en base a las actividades que sus restricciones lograron eliminarse completamente, y así, de manera colaborativa se creaba cada semana un cronograma de producción en base a lo que realmente está listo para poder ejecutarse. Un punto importante que cada semana al final de cada reunión semanal se actualizó el Cronograma de la Planificación Intermedia con lo ocurrido en el transcurso de la semana y con la planificación de la semana entrante que fue el resultado de una planificación colaborativa y retroalimentación en base a las lecciones aprendidas, y así, se logró poder plasmar la situación real del proyecto para poder observar como cada decisión , cambio, retraso y el resultado de cada reunión semanal afectaba al resto de actividades que se tienen planificadas para el período de implementación, además de mostrar como esos factores afectaban a las actividades planificadas para las tres semanas siguientes a nuestro período de implementación, es decir, cada reunión se actualizaba y realizaba la planificación también del siguiente período *Lookahead*.

Para poder realizar un seguimiento que sea real y detallado acerca del avance y cumplimiento de lo planificado, cada semana se realizaban visitas de obra mínimo tres veces por semana, y así se lograba dar solución a inconvenientes y percances que surgían en los distintos equipos de trabajo en el proceso de ejecutar sus actividades. La experiencia revela que, si se mejora e incrementa el flujo de trabajo, entonces consecuentemente, las distintas unidades de producción (equipos de trabajo) tendrán de manera continua y permanente trabajo que ejecutar, es decir, se reducirá en lo más que se pueda la aparición de tiempos ociosos. Si esto es así, la productividad de los distintos equipos de trabajo debería aumentar conforme pase más tiempo de

implementación del sistema LPS. Por lo tanto, para poder evaluar dicha hipótesis se evaluará la evolución del Porcentaje de Plan Completado obtenido en cada semana con el fin de poder medir la productividad y la eficiencia de las acciones correctivas que se tomaron al encontrar inconsistencias en el cumplimiento de las tareas, así como las Causas de No Cumplimiento generales que se obtuvieron para el proyecto en el tiempo que se implementó el programa.

Para poder realizar un gráfico que muestra la evolución del Porcentaje de Plan Completado se graficó cada punto tomando como abscisa el número de semana y como ordenada el PPC global calculado que le corresponde a cada semana. El cálculo del PPC global para cada semana se mostró anteriormente en los resultados de cada reunión semanal, el cual, como se explicó, se obtiene mediante una media ponderada. A continuación, se muestra el gráfico de la evolución del PPC global.

Tabla 4.39: Evolución del Porcentaje del Plan Completado

Evolución del Porcentaje del Plan Completado		
Semana	**PPC global**	**PPC objetivo**
1	63%	70%
2	76%	70%
3	75%	70%
4	83%	70%

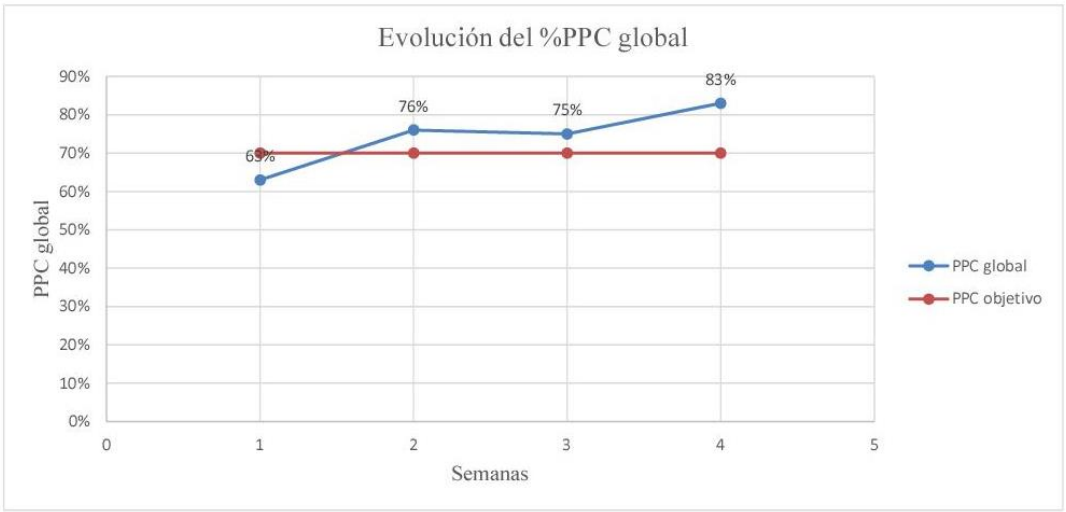


Figura 4.18: Evolución del Porcentaje de Plan Completado

Una estrategia que resultó muy práctica fue la de fijarse un PPC objetivo para cada semana, que en nuestro caso fue 70% siguiendo la recomendación de Glenn Ballard, quien declara que un PPC similar o superior al 70% significa que las labores de planificación y control han sido realizadas satisfactoriamente, ya que de esta forma se tenía un parámetro con cual comparar los resultados obtenidos semana a semana y que servía a los equipos para saber si están cumpliendo de la manera óptima y con el mayor compromiso sus labores o no. Al analizar el gráfico presentado se observa cómo la primera semana el PPC global es menor al PPC objetivo debido a las distintas causas de incumplimiento que se presentaron y ese valor se justifica con el hecho de que los equipos recién estaban experimentando el funcionamiento del sistema *Last Planner*, ya que los mismos siempre habían estado acostumbrados a trabajar bajo el método tradicional, y esta era la primera vez que se los tomaba en cuenta para realizar la planificación, y poco a poco se percataron de que el funcionamiento y éxito del sistema y del proyecto dependía en su totalidad de su compromiso para ejecutar satisfactoriamente cada tarea, cumpliendo con las Condiciones de Satisfacción que se había impuesto para declarar si la tarea fue realmente finalizada o no. El hecho de planificar la producción de manera colaborativa y tomar en cuenta las ideas y criterios de cada uno de los *Last Planners*, sumado al hecho de que darles la responsabilidad de prometer realizar una actividad sólo si ellos consideran que la misma en verdad se va poder ejecutar, hizo que se sientan realmente parte y dueños del proyecto, lo cual causó que cada día se exijan más a sí mismos y trabajen con mayor esmero y responsabilidad que antes. Esto se refleja en el gráfico que se presenta anteriormente, ya que en el mismo se observa que la evolución del PPC ha sido, realmente, un incremento del mismo, puesto que, en todas las semanas, salvo en la primera, el PPC global obtenido es mayor al PPC objetivo, es decir, la implementación del sistema en realidad fue beneficiosa para el proyecto en todo sentido. Otro punto que se debe analizar mediante el gráfico presentado es el de que la hipótesis que se planteó se cumple, es decir, mientras más tiempo pasa de lo que se ha implementado el LPS la productividad aumenta, ya que, como se observa el PPC para la primera semana es del 63%, pero en la segunda el mismo asciende al 76%, mientras que si bien para la tercera semana el mismo disminuye en un 1%, no obstante es mayor al objetivo (70%), y finalmente, una vez que los equipos han entendido el funcionamiento del sistema se crea una sinergia entre todas las partes interesadas, dando como resultado, que las actividades se ejecuten en un 83% de acuerdo a la manera en que fueron planificadas. Finalmente,

al realizar un promedio entre el Porcentaje de Plan Completado global obtenido para cada semana se obtiene un PPC global para el proyecto de 74%, el cual supera al PPC objetivo, es decir, se cumple con los objetivos planteados en cuanto a la productividad y las labores de planificación y control realizadas.

El análisis de la evolución del indicador del Porcentaje de Plan Completado, se completa mediante el análisis de las Causas de No Cumplimiento generales, ya que estos dos factores están íntimamente ligados, dado que, cada vez que no se cumple una actividad ya sea en cierto grado o en su totalidad, esto se debe a una razón, es decir, cada decremento del PPC en una actividad o del equipo responde a una o más razones de no cumplimiento, las cuales se deben analizar a fondo para poder encontrar la causa raíz del problema y poder atacarla mediante las acciones correctivas pertinentes y lograr que no se cometa el mismo error dos veces. La efectividad que tengan las acciones correctivas se reflejan en el PPC del equipo y para la próxima semana, así como la reducción en gran medida o desaparición de la Causa de No Cumplimiento para las próximas semanas. A continuación, se presenta las Causas de No Cumplimiento generales para el proyecto dentro del período de implementación, acompañadas por su frecuencia absoluta y relativa, las cuales se las plasma también gráficamente.

Tabla 4.40: Cálculo de la frecuencia absoluta y relativa totales para cada Causa de No Cumplimiento

Causa general de incumplimiento	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Total	
	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Falta de personal	3	43%	0	0%	1	25%	0	0%	4	15%
Cambios en las prioridades de las actividades	1	14%	2	18%	1	25%	2	40%	6	22%
Personal transferido a otra obra	1	14%	5	45%	1	25%	0	0%	7	26%
Condiciones climáticas	1	14%	2	18%	0	0%	2	40%	5	19%
Falta de material	0	0%	2	18%	0	0%	1	20%	3	11%
Directivas	1	14%	0	0%	1	25%	0	0%	2	7%
Total	7	100%	11	100%	4	100%	5	100%	27	100%

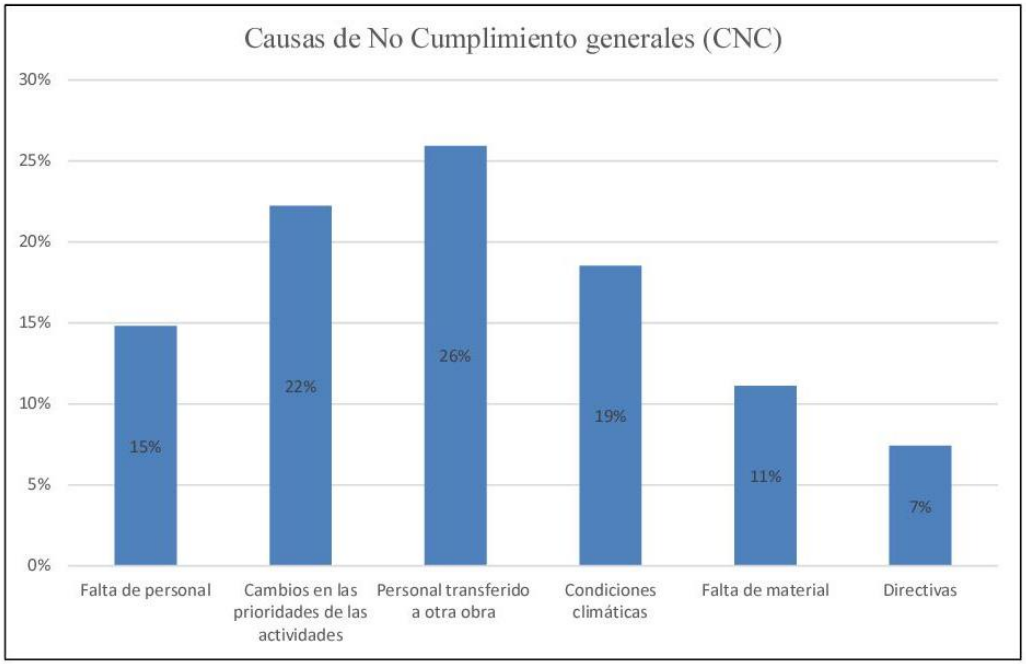


Figura 4.19: Gráfico de las Causas de No Cumplimiento Generales

En la tabla y en el gráfico se muestra mediante el cálculo de la frecuencia absoluta total para cada Causa de No Cumplimiento, se muestra la incidencia de cada una de ellas sobre el proyecto. Un aspecto que destaca en el proyecto es que la Causa de No Cumplimiento con menor incidencia es imputable a razones "Directivas", sumando únicamente un 7%, es decir, que las Condiciones de Satisfacción de las actividades se han definido bien y las instrucciones de trabajo fueron claras, es decir, hubo buena comunicación entre todas las partes interesadas, así como también se manejó de manera óptima los cambios realizados a última hora y se supo afrontar de la mejor manera los problemas relacionados con la falta de planos y especificaciones, sin embargo no hay que olvidar que por más pequeña que haya sido la incidencia con respecto al restos de Causas de No Cumplimiento la falta de planos o especificaciones, su efecto fue alto en lo que concierne a que cuando no se contaba con planos o especificaciones debido a cambios a último momento, no se pudieron comenzar actividades críticas o el PPC de las actividades disminuyó sustancialmente, y fue motivo de que se genere incertidumbre y estrés dentro de los distintos participantes, sobretodo en el dueño de la vivienda. Por ello, se recomienda que se tenga especial importancia en las causas de incumplimiento debido a problemas asociado con los "directivos", ya que, si bien su aparición es pequeña, su efecto es significativo. Otro punto que merece ser analizado es el "cambio de prioridades en las actividades", ya que el mismo suma casi un 20% de la totalidad de las Causas de No Cumplimiento para todo el proyecto, y es un aspecto que se puede solucionar completamente si de verdad se eliminan todas las restricciones de cada actividad que ingresen al Plan Semanal, y acompañar esta práctica con no sobrecargar de actividades el Plan Semanal por más de que las mismas hayan ingresado al Inventario de Trabajo Ejecutable, ya que se podría estar atentando al principio de equilibrar la cantidad de trabajo con la capacidad de trabajo. De esta forma no se tendrá que cambiar la prioridad en ninguna de las actividades secundarias para realizar otras actividades que se las considera más importantes, porque esto ocurre cuando en el Programa Semanal la cantidad de trabajo supera la capacidad de trabajo, y también al eliminar de verdad las restricciones de las actividades antes de su inicio, se garantice que se minimice en lo posible la posibilidad de que ocurra algo que cause que impida que se realice la actividad y obligue a cambiar la prioridad de la actividad para realizar otra.

Por otra parte, la "falta de material" que representa un 11% de la totalidad de las Causas de No Cumplimiento del proyecto, se soluciona eliminando de verdad las restricciones de las actividades, ya que los materiales son parte de las restricciones, y sumar a eso una buena coordinación con la persona encargada de proveer los materiales, así como también se debe coordinar el uso de los equipos entre las distintas obras, para que los mismos lleguen a la obra que se desea en el momento que se requiere, no obstante siempre habrá un cierto grado de incertidumbre que puede ocasionar que la coordinación falle por más elaborada que sea la misma. La falta de materiales en el proyecto analizado también se dio en gran parte debido a que los subcontratistas que tenían la responsabilidad de fabricar ciertas piezas que servirían para la ejecución de sus tareas, no llevaban las mismas al sitio de trabajo el día que prometían, es decir, no liberaban en su totalidad a la actividad de sus restricciones y no cumplían con lo prometido. Por ello se debe enfatizar de manera repetida a todos los *Last Planners* que participan en el proyecto en la importancia de prometer sólo lo que en realidad pueden cumplir y en comprometerse a cumplirlo, ya que el flujo de trabajo del proyecto se verá afectado si se presentan inconsistencias en la ejecución de las tareas debido a que no han liberado las restricciones de sus actividades y no cumplen con lo que prometen.

En cuanto a lo que se refiere al incumplimiento debido a que las condiciones climáticas fueron desfavorables, es un factor que sobretodo en la ciudad de Cuenca es impredecible, y la vivienda se ubica en el sector de San Joaquín, el cual se caracteriza por tener constantes precipitaciones, lo cual es un factor que afecta a algunas actividades como las de suelda. Lo que se recomienda es tener preparadas actividades que se puedan realizar en caso de que llueva, de tal forma que, si se deben parar o no se puede comenzar a realizar una de las actividades principales, se tenga las otras actividades como reserva.

La Causa de No Cumplimiento más representativa se la dejó para analizarla al final, ya que podría ser confundida con otra perteneciente al mismo grupo, ya que generan el mismo efecto, sin embargo, no son iguales y se las debe diferenciar. Las causas de las que se está hablando son: La transferencia de personal a otras obras y la falta o ausencia de personal. La primera es la causa más representativa del proyecto, ya que la misma muestra que el 26% del incumplimiento de las tareas se debe a esta razón, y la segunda corresponde al 15% de incumplimiento. Se podría pensar que ambas causas se podrían unificar como la "falta o ausencia de personal", ya que en el fondo la

transferencia de personal a otra obra genera que exista una ausencia de personal, es decir, ambas causas generan el mismo efecto e impiden el cumplimiento de la misma manera, sin embargo para este proyecto se decidió separarlas ya que se consideró que un incumplimiento por falta de personal se originaba cuando el subcontratista prometía llevar un cierto número de obreros, pero al final llegaban menos personas, o también se consideró como ausencia de personal cuando el representante de algún equipo piensa que, una cierta cuadrilla era suficiente para realizar un trabajo, pero en realidad, al momento de ejecutar se repara en que es necesario más obreros. Por otra parte "la transferencia o desviación de personal a obra" es un fenómeno que se da de manera inesperada, es decir, todas las cuadrillas se encuentran ejecutando sus trabajos, pero el contratista principal decide que parte del personal tiene que ser llevado a otra de sus obras debido a que la misma se encuentra en alguna situación crítica o la fecha de un hito importante se encuentra próxima, entonces lo que ocurre en la otra de la cual ha sido retirado el personal es que se da una desprogramación, ya que para ejecutar ciertas actividades se requiere un determinado número de obreros, por lo que la actividad se ejecutará en un tiempo mayor al planificado y en algunos caso no se podrá comenzar con la actividad o se tendrá que pararla hasta que se cuente con el personal requerido. La razón de separar ambas causas es que tanto para esta obra como para muchos proyectos a nivel país, sobretodo en empresas grandes, ocurre que por ciertas razones críticas el personal debe ser desviado de sus labores actuales, de tal modo que se solucionen los problemas principales que tiene la empresa en el proyecto requerido, y después volverá el personal a sus labores cotidianas y se adoptarán las medidas necesarias para recuperar el avance de las obras que fue interrumpido. Lo propio ocurrió en esta obra como se mencionó en la reunión semanal tres, ya que el dueño de la urbanización donde se ubica la vivienda de la cual es objeto el presente trabajo de titulación, y a su vez, el dueño es el contratista principal, algunas veces transfirió el personal a otras viviendas de la misma urbanización y a otras obras debido a que tenía que presentar un cierto avance del proyecto en fechas límites, entonces sin dar aviso alguno retiró a parte del personal algunas veces. Como se puede concluir, la falta de personal inducida por la transferencia de personal no es culpa de los Últimos Planificadores ni de los directivos, pero para reducir este problema se conversó y explicó al contratista principal cómo afecta que se retire al personal de sus labores inesperadamente, y para poder controlar este fenómeno, se optó por que el contratista informe con anterioridad cada vez que vaya a transferir y retirar el personal de la obra,

de tal manera que se prevea la situación en la reunión semanal y así se pueda buscar personal adicional para que suplante durante ese período a los obreros que serán retirados, o también otra solución si no se encuentra personal adicional o si no se desea que otros obreros realicen las actividades planificadas debido a la desconfianza de que no entreguen los trabajos con la calidad deseada, se puede optar por realizar otras actividades que se encuentren en el ITE, que se puedan ejecutar con el personal residual que quedaría, hasta que vuelva el resto. En el fondo la razón de la transferencia de personal radica en el uso del sistema de planificación tradicional como método único, puesto que, si se requiere personal adicional en otras obras para poder cumplir con la fecha de un hito, es claramente el efecto de un sistema "*push*", dado que al ejecutar actividades que no están libres de restricciones causará que la misma no pueda comenzar o en cierto punto durante su ejecución tenga que parar, y causará retrasos. Además, los métodos tradicionales de planificación realizan el cronograma de ejecución de trabajos en base a lo que se "debería" hacer y desarrollan un cronograma filtrando lo que realmente se "puede" hacer para finalmente decidir qué es lo que se "hará" por medio de un cronograma basado en asignaciones de calidad. De la misma forma, otra desventaja es que con el sistema tradicional no se cuenta con cronogramas de menor tamaño que sean más manejables, y, lo que es más, no se cuenta con cronogramas actualizados con la situación real del proyecto. Otro punto que causa el fracaso con la planificación tradicional es la falta de comunicación que existe entre las partes interesadas, ya que en el mismo el contratista o jefe general toma todas las decisiones y los que están bajo su mando la acatan, es decir no existen conversaciones colaborativas e enriquecedoras con aquellos que realmente ejecutan las tareas y toman las decisiones dentro de sus equipos (Últimos Planificadores) para realizar una planificación acertada, por lo que también se dan atrasos debido a que los distintos representantes de los equipos no se sienten una parte importante del proyecto, sino que no son tomados en cuenta. Como se puede ver, esto es lo que claramente origina el que se dé la Causa de No Cumplimiento de "transferencia de personal a otra obra", entonces para poder evitar desde la raíz que esto ocurra se recomendaría la implementación de sistemas de planificación y control de obra de tipo *Pull* al contratista general.

Por otro lado, es interesante analizar de que en nuestro medio, la mayoría de problemas ocurren por la ausencia de personal, ya sea porque el personal ha sido transferido a

otra obra o el mismo no ha llegado por que el subcontratista no lo previó o por falta de compromiso, y al sumar la incidencia de la causa de falta de personal con la de transferencia de personal a otra obra, se tiene que casi la mitad del incumplimiento e inconsistencias (41%), se debe a que en un momento dado no se contó con el personal necesario para ejecutar las tareas. Esto significa que, si se ataca efectivamente a estas causas, la producción incrementará de manera considerable, así como los desperdicios de tiempo, mano de obra y económicos, disminuirán.

4.7. Conclusiones

La implementación del Sistema del Último Planificador a la construcción de la vivienda para la familia Crespo-Moscoso tiene varios puntos importantes que mencionar, como son los beneficios de la implementación sistema, así como las dificultades que se tuvieron para poder implementarlo.

Al implementar el sistema al principio no fue notorio, pero el momento en que los equipos entendieron el funcionamiento del mismo, se percibió de gran manera la sinergia al trabajar conjuntamente, ya que pasaron de trabajar por obligación a trabajar como si fuera suyo el proyecto, todas las partes interesadas se sintieron dueños del proyecto, por lo cual trabajaron con el mayor empeño. Esto ocurrió debido al proceso de la planificación colaborativa porque en la misma todos los participantes de las reuniones formaban parte de la creación de los cronogramas, y su opinión, criterio y decisiones eran realmente tomadas en serio, lo cual no habían experimentado nunca, ya que estaban acostumbrados a únicamente acatar las órdenes por parte de sus superiores o el contratista principal. El hecho de planificar con las personas que realmente ejecutan la obra fue clave para tener datos acerca del tiempo real en que se demora cada actividad, así como cada detalle para la identificación de las restricciones que se deben liberar para ejecutar cada actividad disminuyendo al máximo el número de percances. Además al planificar con los Últimos Planificadores se pudo tomar en cuenta situaciones tales como cambios, falta de información y dificultades que se habían presentado durante la ejecución del proyecto, así como se pudo solventar dudas y problemas que surgían a medida que se ejecutaban las distintas actividades, que en caso de no haber implementado el LPS, no se habría previsto todas esas situaciones y hubiera tenido grandes repercusiones en el proyecto, tal como atrasos y gran

desconformidad por parte del dueño, por no mencionar disputas entre todas las partes que actúan en el proyecto.

Otra ventaja de la planificación colaborativa fue que todos los equipos poco a poco aprendieron a participar y hasta proponer soluciones a los problemas que se tenían a tal punto que para el momento del analizar las Causas de No Cumplimiento y hacer una retroalimentación, los equipos con PPC alto sugerían distintas acciones y prácticas para que los equipos que tenían un PPC bajo puedan adoptar y les ayude a trabajar de mejor manera y evitar que se repita la Causa de No Cumplimiento. La planificación colaborativa permitió que los distintos representantes de los equipos sepan a la perfección los planos y la planificación que se ejecuta, así como la secuencia de trabajo, ya que ellos mismos realizaban la planificación.

Al realizar una planificación basada en lo que realmente se puede hacer después de haber filtrado las actividades libres de restricciones que ingresarán a la planificación semanal y haber equilibrado para cada cronograma la cantidad de trabajo con la capacidad de trabajo, acompañado por el compromiso de los distintos equipos se pudo generar planes que eran cada vez más predecibles y de esa manera se manejó la incertidumbre, la cual antes siempre estaba presente y aumentó la productividad de gran manera, lo cual se confirma en el PPC global de cada semana.

Otra gran ventaja del LPS fue que al ser el siguiente equipo en la línea de trabajo el que revise y confirme que el trabajo del anterior equipo realmente ha sido ejecutado, los equipos aprendieron a trabajar entre ellos y a entregar una producción de mayor calidad. Este último punto se observa en la evolución del PPC para el trabajo mixto por parte de dos equipos para la colocación de las vigas de madera en la cubierta y en el pasillo de planta alta, ya que la primera vez que trabajaron en conjunto para la misma actividad, no se pudo cumplir la misma como se planificó, pero al conocer el *modus operandi* de cada equipo, la siguiente vez que trabajaron juntos se dio un gran entendimiento y productividad. Eso se debe al análisis de las causas raíces y el entendimiento de cómo funciona el sistema, que son parte del aprendizaje que propone el LPS, ya que el sistema promueve que no solamente se haga el análisis de las restricciones, sino que se dé un aprendizaje por parte de todos los participantes.

La suma de todos los beneficios mencionados resultó en el aumento de la productividad y rendimiento de los equipos de trabajo como un conjunto, además de una gran satisfacción del cliente, acompañado por la reducción de todo tipo de desperdicios y la creación de un ambiente más predecible debido al manejo de la incertidumbre al generar una planificación que realmente se puede ejecutar sumada a la solución de los problemas durante las visitas de obra y las reuniones semanales, las cuales mediante el análisis del Porcentaje de Plan Completo y el ataque a la raíz de las causas de incumplimiento (toda acción correctiva será parte del análisis de las restricciones para las siguientes planificaciones de la producción semanal para que no se vuelva a originar la Causa de No Cumplimiento), permitieron que el proyecto se beneficie en todo aspecto. Cabe recalcar, que el aumento de la productividad y rendimiento, de acuerdo a la disertación doctoral de Glenn Ballard (2000), se evidencia cuando el PPC aumenta paulatinamente sobre el valor de 50%, típico de los proyectos administrados únicamente con el Método de la Ruta Crítica.

Es importante mencionar que todas las ventajas y resultados presentados al implementar el sistema en la construcción de la vivienda no significa que no haya habido problemas o que se haya cumplido con todo lo planificado, sino significa que, al implementar el sistema los problemas y situaciones adversas que se presentaban se las afrontó de mejor manera, y el ambiente se hizo más predecible, lo cual es muy importante para el incremento de la productividad y satisfacción.

Después de haber mencionado los resultados de la implementación del LPS, es importante destacar que se presentaron algunas dificultades para implementar el mismo, las cuales aparecerán en todos los proyectos que se quiera implementar el sistema, ya que muchas de ellas se relacionan hasta con las costumbres de las personas dependiendo el medio en el que se encuentren. Uno de los principales problemas para poder implementar el sistema, es que, por costumbre, la mayor parte de la población no se compromete para realizar su trabajo, ni dan todo de sí en lo que hacen, y esto se observa sobre todo en los obreros, quienes hacen promesas que saben que no van a cumplir para que les den un cierto trabajo y no a otra persona. La falta de compromiso es una gran dificultad para implementar un sistema que básicamente se funda en el compromiso de los *Last Planners*, y el cambio de mentalidad y costumbres es algo que difícilmente se logra. El proyecto en el que se implementó el LPS no es la excepción, ya que inicialmente los distintos representantes de los equipos mostraron gran

resistencia a que se les cambie su forma de planificar e inclusive de trabajar, además de que inicialmente se mostraron molestos de que se realicen reuniones de manera tan seguida para la planificación, pero un factor que ayudó de sobremanera fue que los mismos ya habían trabajado juntos en otras obras bajo el mando del mismo contratista general, quien ordenó que cumplan y se acaten al método de planificación que se estaba implementando para la vivienda analizada. Otra de las principales resistencias que se encontró es que en nuestro medio las personas no están acostumbradas a planificar a corto ni a largo plazo, por lo que presentan cierta resistencia a la implementación de un sistema que se basa en realizar planes constantemente.

CONCLUSIONES

- Mediante el uso de la herramienta *Work Breakdown Structure* durante la implementación del Método de la Ruta Crítica se logró identificar satisfactoriamente las actividades necesarias para la ejecución del proyecto, así como sus duraciones, costos y relaciones de dependencia entre las actividades. De esta forma se cumple con el primer objetivo específico del trabajo de titulación.
- Al realizar el análisis de tiempos en la red de precedencias del proyecto, se logró identificar las actividades críticas del proyecto, las cuales están dentro de la ruta crítica. El cumplimiento del segundo objetivo específico del trabajo de titulación queda evidenciado mediante la determinación de la ruta crítica y el análisis de la importancia de las actividades para la planificación de la producción semanal, ya que esto fue de gran ayuda para potenciar los resultados obtenidos, ya que de esta manera se sabía qué actividades se podían postergar sin generar retrasos en el proyecto en caso de que sus restricciones aún no se hayan logrado liberar. Por otra parte, al saber qué actividades son críticas, se pudo poner especial atención en la ejecución y seguimiento de las mismas con el objetivo de eliminar los retrasos en lo posible.
- Al implementar el Método de la Ruta Crítica, junto con los análisis de precios unitarios, se obtiene un cronograma para la totalidad del proyecto que contempla las relaciones de dependencia entre las actividades y el costo para ejecutar cada una de ellas, el cual fue pulido mediante la creación de cronogramas que son manejables.
- Gracias al Método de la Ruta Crítica se puede implementar el LPS con gran facilidad a partir del cronograma valorado de trabajos, el cual es el cronograma Masterahead para comenzar con el sistema LPS. Si bien la teoría indica que el Plan Inicial no requiere contener mayor detalle, no obstante, el cronograma valorado incluye un gran nivel de detalle y plasma en él las relaciones entre las actividades, lo cual es una gran ayuda para iniciar el sistema *Last Planner*. De esta manera se evidencia el cumplimiento del tercer objetivo del trabajo de titulación.
- Las curvas de duración-costo y duración-avance del proyecto permiten de manera simple calcular la inversión aproximada que se requerirá en cualquier

momento del proyecto, y también el avance que se planifica para un determinado momento. De esta manera se puede administrar las finanzas y tomar medidas correctivas en base a los retrasos.

- Se encontraron algunas dificultades para implementar el *Last Planner System* tales como la falta de compromiso y la resistencia al cambio, sin embargo, se logró implementar satisfactoriamente el sistema debido a que el contratista principal ordenó a todo su personal que se deben acatar al sistema propuesto. Caso contrario, hubiera sido sumamente difícil la correcta implementación del sistema y los resultados obtenidos no serían los mismos.
- Al planificar la producción semanal con los representantes de los equipos de trabajo, es decir, con aquellos que en realidad toman las decisiones sobre las personas que ejecutan los trabajos, se tomaron decisiones de mayor calidad, ya que los representantes del equipo mostraban las dificultades que se tenía para realizar cada actividad, así como las consideraciones para planificar la secuencia de trabajos. Además, de esta manera todos los participantes se sintieron que son una parte importante de la empresa y que sus decisiones son tomadas en cuenta, y a cambio demostraron un mayor compromiso y productividad que se refleja en el PPC global de todo el proyecto, el cual supera el 70%, por lo tanto, de acuerdo a la bibliografía significa que la programación fue eficiente y, así mismo, que la productividad, durante la implementación del sistema, aumentó.
- Los distintos equipos de trabajo aprendieron a trabajar en conjunto y a aconsejar, así como a llamar la atención a los equipos que no cumplen con sus labores planificadas, porque un retraso o inconsistencia de uno de los equipos impedirá el cumplimiento de las actividades de los equipos que le siguen en la línea de trabajo, además de que reducirá la productividad global al resto de los equipos de tal forma que todos velaban por un bien común. Esto se evidencia en el aumento del PPC de los equipos, así como también mediante mi experiencia personal vivida durante la implementación del sistema.
- Como se analizó anteriormente en el cuarto capítulo, la principal Causa de No Cumplimiento es la transferencia o desvío de personal (26% de incidencia) debido a un cambio en la prioridad de las obras para un determinado momento, en otras palabras, esta política nace con la intención de “apagar incendios”, ya

que con el objetivo de cumplir una fecha de entrega o algún hito en otra obra se incrementa el personal en dicha obra al retirar una parte del personal de otros frentes de trabajo. Esta Causa de No Cumplimiento no se contempla en las causas más comunes propuestas por los distintos autores, y es muy importante mencionarla, ya que la misma es un impedimento para que las obras en nuestro medio tengan éxito en su totalidad.

- La transferencia de personal a otras obras, como la mayoría de las CNC se origina debido a la administración de proyectos solamente con sistemas de tipo "*push*" y no complementarlo con sistemas "*pull*" que contemplen la liberación de restricciones y la mejora continua. Es decir, mientras no se manejen todos los proyectos de un mismo contratista con un sistema basado en la filosofía *Lean* no se podrá eliminar la aparición del fenómeno mencionado, ya que, mientras no se eliminen las restricciones antes de ejecutar las actividades los retrasos y desperdicios seguirán apareciendo, en una u otra obra, lo cual generará que se deba transferir el personal de una obra a otra para poder solucionar el error, y si no se ha previsto ese desvío de personal, se generarán retrasos debido a ausencia de personal en la o las obras de las cuales se planea retirar temporalmente la mano de obra. Por lo tanto, la transferencia de personal induce a la falta de personal, y retrasos si no se tiene una buena comunicación, ya que al anticipar esta decisión se puede conseguir personal mano de obra adicional para suplir a la que será transferida.
- Al realizar asignaciones de calidad, es decir, incluir en los cronogramas solamente las actividades cuyas restricciones se han liberado, sumado a no considerar las actividades dentro del PPC únicamente cuando se cumplían en el día y de la forma que se planificó en el cronograma semanal, se logró generar cronogramas semanales predecibles, es decir, que las actividades se cumplían de la manera y en el día en que se planificaban, esto es, si la actividad se cumplía antes de lo planificado también se la consideraba como una inconsistencia en el PPC. De esta forma se logró manejar y reducir la incertidumbre.
- El equipo de obra gris y acabados fue el equipo que realizó la mayoría de las actividades en cada semana, de esta manera, por más de que si algún otro equipo obtenía un PPC bajo, si el equipo de obra gris y acabados obtenía un PPC alto, el PPC global no sufriría cambios severos, ya que el mismo se calcula

al realizar un promedio ponderado. Pero, al contrario, si el equipo de obra gris y acabados fallaba en el cumplimiento de sus actividades el PPC global estaría sujeto a disminuir drásticamente. Es decir, tener varias actividades que dependan de un solo equipo de trabajo es un arma de doble filo.

- La efectividad de las acciones correctivas, junto al manejo de la incertidumbre y la mejora continua se reflejan en el aumento de la productividad, lo cual se refleja en el cumplimiento del último objetivo específico del trabajo de titulación, ya que se logró obtener un Porcentaje de Plan Completado global para el período de implementación del sistema *Last Planner* del 74%, el cual es superior al PPC objetivo (70%), es decir, se realizó una excelente labor de planificación y control de obra durante el período en que se implementó el LPS.
- Mediante la investigación e implementación realizada se presenta la manera de no solo cómo implementar ambas metodologías, sino de cómo pasar de sistema tradicional al sistema "nuevo" de una manera que se maximicen los resultados.

RECOMENDACIONES

- Con el objetivo de solucionar de raíz el problema de la transferencia de personal de una o más obras a otras, se recomienda planificar y controlar el proyecto mediante un método que combine el sistema tradicional ("*push"*), con un sistema de naturaleza "*pull*", como el desarrollado en el presente trabajo de titulación. Si esto resulta muy trabajoso se puede adoptar también solamente el segundo método, sin embargo, lo único que no se recomienda es administrar el proyecto solamente con el sistema tradicional, debido a los retrasos y el resto de problemas que se generan, que se detallaron a profundidad en el apartado 3.8.
- Debido a las distintas dificultades para implementar el sistema *Last Planner* cuando el personal ha estado acostumbrado en toda su vida laboral al sistema tradicional, se recomienda que, el contratista principal o el gerente de la empresa constructora obligue de cierta manera a que todo el personal acate el sistema, al menos hasta que se acostumbren a la metodología, ya que, una vez que comprenden el funcionamiento del sistema, experimentan los beneficios del mismo y se sumarán los distintos participantes por iniciativa propia en vez de obligación, dando como resultado en mejoras en la productividad y el bienestar general.

- En nuestro medio una de las principales dificultades para implementar el sistema *Last Planner* radica en la cultura de la población al ser característica la falta de compromiso y hacer promesas falsas con la finalidad de evitar que el cliente busque nuevos equipos. Para solventar este problema, se puede implementar un sistema de incentivos y multas, es decir, si alguno de los equipos de trabajo se compromete a hacer algo que sabe que no va a poder cumplir, será multado en la siguiente reunión semanal, y, al contrario, los equipos que mantienen un PPC por encima de un PPC objetivo o mantienen su PPC en ascenso serán premiados.
- Una buena iniciativa que aumentaría en gran medida la productividad, así como la facilidad de implementar el LPS es la realización de estudios de las principales restricciones existentes, de tal forma que se haga un listado de soluciones estandarizadas para las distintas restricciones. Este estudio puede ser tema de un trabajo de titulación de maestría.
- A lo largo de la presente investigación se han identificado varios ámbitos que deben ser investigados y profundizados, de tal forma que se aumente el éxito en la implementación de ambos sistemas, ya sea como un método integral o por separado. Por ello se recomienda realizar trabajos de titulación o de investigación posteriores en los siguientes ámbitos:
    1. Métodos para la determinación de las duraciones más optimistas y pesimistas de las actividades involucradas en la red del proyecto.
    2. Métodos para determinar los rendimientos de las distintas cuadrillas.
    3. Análisis de sensibilidad de la red del proyecto al acelerar o relajar las duraciones de las actividades, y la variación de la ruta crítica.
    4. Análisis de las Causas de No Cumplimiento más frecuentes de las actividades en nuestro medio.
    5. Análisis de las restricciones que más se repiten en nuestro medio con sus acciones correctivas, con el fin de evitar que ocurran las Causas de No Cumplimiento.
    6. Análisis de las principales dificultades de implementar el LPS en nuestro medio, y soluciones estandarizadas para estos problemas.
    7. Implementación de herramientas o procesos para el control de costos y calidad para el *Last Planner System*.

BIBLIOGRAFÍA

Baldwin, A., & Bordoli, D. (2014). The development of Last Planner. En A. Baldwin, & D. Bordoli, *A Handbook for Construction Planning and Scheduling* (págs. 172-173). Somerset, Great Britain: John Wiley & Sons.

Baldwin, A., & Bordolli, D. (2014). Benefits of the Last Planner System. En A. Baldwin, & D. Bordolli, *A Handbook for Construction Planning and Scheduling* (págs. 179-180). Somerset, Gran Bretaña: John Wiley & Sons.

Baldwin, A., & Bordolli, D. (2014). Implementing the Last Planner System. En A. Baldwin, & D. Bordolli, *A Handbook for Construction Planning and Scheduling* (págs. 175-179). Somerset, Gran Bretaña: John Wiley & Sons.

Ballard, G. (27 de Abril de 2000). *White Paper #7: Phase Scheduling.* Recuperado el febrero de 2017, de "Readings" en Lean Construction Institute: http://leanconstructioninstitute.org

Ballard, H. G. (1997). *Lookahead Planning: The missing link in production control*. Obtenido de Lean Construction : http://www.leanconstruction.org (Readings) (Consulta: febrero, 2017)

Ballard, H. G. (2000). Pulling. En H. G. Ballard, *The Last Planner System of Production Control (Disertación doctoral)* (pág. Chapter 3: Pág 10). Birmingham, Gran Bretaña: The University of Birmingham.

Ballard, H. G. (2000). Work flow control. En H. G. Ballard, *The Last Planner System of Production Control (Disertación doctoral)* (págs. Chapter 3: 4-8). Birmingham, Gran Bretaña: The University of Birmingham.

Calero C., R. A. (2015). Componentes del análisis de precios unitarios. En R. A. Calero C., *Comparación de los métosos A.P.U. y costeo ABC para el análisis de precios unitarios en la construcciónComparación de los métosos A.P.U. y costeo ABC para el análisis de precios unitarios en la construcción* (págs. 14-18). Tesis de ingeniería civil. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Calero C., R. A. (2015). Definición. En R. A. Calero C., *Comparación de los métosos A.P.U. y costeo ABC para el análisis de precios unitarios en la construcción* (págs. 13-14). Tesis de ingeniería civil. Quito, Ecuador.: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Carcelén, J. C. (2010). *Planificación y control del proceso productivo en la construcción de proyectos civiles: Un manual/guía para la implementación del Last Planner System.* Tesis de ingeniería Civil. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Coronel Carcelén, J. (2010). Asignaciones de calidad. En J. Coronel Carcelén, *Planificación y control del proceso productivo en la construcción de proyectos civiles: Un manual/guía para la implementación del Last Planner*

System (pág. 46). Tesis de ingeniería civil. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Coronel Carcelén, J. (2010). Conceptos básicos. En J. Coronel Carcelén, *Planificación y control del proceso productivo en la construcción de proyectos civiles: Un manual/guía para la implementación del Last Planner System* (págs. 38-49). Tesis de ingeniería civil. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Coronel Carcelén, J. (2010). El plan de producción. En J. Coronel Carcelén, *Planificación y control del proceso productivo en la construcción de proyectos civiles: Un manual/guía para la implementación del Last Planner System* (págs. 81-84). Tesis de ingeniería civil. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Coronel Carcelén, J. (2010). El Programa Maestro. En J. Coronel Carcelén, *Planificación y control del proceso productivo en la construcción de proyectos civiles: Un manual/guía para la implementación del Last Planner System* (págs. 51-52). Tesis de ingeniería civil. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Coronel Carcelén, J. (2010). Medición,aprendizaje y mejoramiento continuo. En J. Coronel Carcelén, *Planificación y control del proceso productivo en la construcción de proyectos civiles: Un manual/guía para la implementación del Last Planner System* (págs. 63-69). Tesis de ingeniería civil. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Coronel Carcelén, J. (2010). Planificación Intermedia. En J. Coronel Carcelén, *Planificación y control del proceso productivo en la construcción de proyectos civiles: Un manual/guía para la implementación del Last Planner System* (págs. 56-60). Tesis de ingeniería civil. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Coronel Carcelén, J. (2010). Preparación de las asignaciones. En J. Coronel Carcelén, *Planificación y control del proceso productivo en la construcción de proyectos civiles: Un manual/guía para la implementación del Last Planner System* (págs. 84-88). Tesis de ingeniería civil. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Coronel Carcelén, J. (2010). Productividad y Constructibilidad. En J. Coronel Carcelén, *Planificación y control del proceso productivo en la construcción de proyectos civiles: Un manual/guía para la implementación del Last Planner System* (pág. 44). Tesis de ingeniería civil. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Coronel Carcelén, J. (2010). Sistema de Producción Toyota. En J. Coronel Carcelén, *Planificación y control del proceso productivo en la construcción de proyectos civiles: Un manual/guía para la implementación del Last Planner System* (págs. 29-30). Tesis de ingeniería civil. Quito, Ecuador.: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Fondahl, J. W. (1962). Historical Development. En J. W. Fondahl, *A non-computer approach to the Critical Path Method for the construction industry* (págs. 13-14). Stanford, Estados Unidos: The Construction Institute.

Gido, J., & Clements, J. (2003). Holgura libre. En J. Gido, & J. Clements, *Administración Exitosa de Proyectos (2da Edición)* (págs. 239-240). México D.F., México: Thomson.

Gido, J., & Clements, J. (2003). La ruta crítica. En J. Gido, & J. Clements, *Administración Exitosa de Proyectos (2da Edición)* (págs. 236-239). México D.F., México: Thomson.

Hendrickson, C. (2008). Defining precedence relationships among activities. En C. Hendrickson, *Project Management for Construction* (págs. 4-6). Pittsburg: Carnagie Mellon University.

Hendrickson, C. (2008). The Critical Path Method. En C. Hendrickson, *Project Management for Construction* (págs. Chapter 10: 2-4). Pittsburg: Carnagie Mellon University. Obtenido de http://pmbook.ce.cmu.edu

Hillier, F. S., & Hillier, M. S. (2008). Análisis de "qué pasa si" para programación lineal. En F. S. Hillier, & M. S. Hillier, *Métodos cuantitativos para la administración* (págs. 141-144). México D.F., México: McGraw-Hill.

Hillier, F. S., & Hillier, M. S. (2008). Glosario. En F. S. Hillier, & M. S. Hillier, *Métodos cuantitativos para la administración* (pág. 335). México D.F., México: McGraw-Hill.

Hillier, F. S., & Hillier, M. S. (2008). Programación de un proyecto con PERT/CPM. En F. S. Hillier, & M. S. Hillier, *Métodos cuantitativos para la administración* (págs. 295-307). México D.F., México: McGraw-Hil.

Hillier, F. S., & Hillier, M. S. (2008). Uso de una red para el despliegue visual de un proyecto. En F. S. Hillier, & M. S. Hillier, *Métodos cuantitativos para administración* (págs. 290-295). México D.F., México: McGraw-Hill.

Mayes, J. (Octubre de Octubre de 2013). *Pull Planning*. Obtenido de Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=sTfejrkt2n4&list=PLepwRTLaURD4TaB5dnVxpVb7Ug22eAVuk&index=16 (Consulta: Enero de 2017)

Montecino Díaz, D. A. (2007). Lean Construction. En D. A. Montecino Díaz, *Aplicación del sistema de planificación "Last Planner" a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura* (págs. 32-34). Tesis de ingeniería civil. Santiago, Chile: Universidad de Chile.

Montecino Díaz, D. A. (2007). Lean Production. En D. A. Montecino Díaz, *Aplicación del sistema de planificación "Last Planner" a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura* (págs. 29-32). Tesis de ingeniería civil. Santiago, Chile: Universidad de Chile.

Montecino Díaz, D. A. (2007). Modelo tradicional y modelo "Lean". En D. A. Montecino Díaz, *Aplicación del sistema de planificación "Last Planner" a la*

construcción de un edificio habitacional de mediana altura (págs. 23-26). Tesis de ingeniería civil. Santiago, Chile: Universidad de Chile.

Montecino Díaz, D. A. (2007). Planificación Intermedia. En D. A. Montecino Díaz, *Aplicación del sistema de planificación "Last Planner" a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura* (págs. 36-40). Tesis de ingeniería civil. Santiago, Chile: Universidad de Chile.

Montecino Díaz, D. A. (2007). Planificación Semanal. En D. A. Montecino Díaz, *Aplicación del sistema de planificación "Last Planner" a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura* (págs. 40-43). Tesis de ingeniería civil. Santiago, Chile: Universidad de Chile.

Montecino Díaz, D. A. (2007). Programa Maestro. En D. A. Montecino Díaz, *Aplicación del sistema de planificación "Last Planner" a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura* (pág. 35). Tesis de ingeniería civil. Santiago, Chile: Universidad de Chile.

Mossman, A. (mayo de 2009). *Last Planner: Collaborative conversations for reliable design and construction delivery.* Recuperado el febrero de 2017, de The Change Business: http://www.thechangebusiness.co.uk.

Mossman, A. (2009). *Last Planner™ for reliable project delivery (Presentación PPT)*. Recuperado el febrero de 2017, de The Change Business: http://www.thechangebusiness.co.uk

Mossman, A. (15 de Diciembre de 2015). *Last Planner: 5+1 crucial & collaborative conversations for predictable design & construction delivery*. Obtenido de The Change Bussiness: http://bit.ly/LPS-5cc (Acceso: febrero, 2017)

Oberlender, G. (2000). Assigning realistic durations. En G. Oberlender, *Project Management for Engineering and Construction* (págs. 150-152). Stanford, Estados Unidos: McGraw-Hill.

Oberlender, G. (2000). Definition of a project. En G. Oberlender, *Project Management for Engineering and Construction* (págs. 4-6). Stanford, Estados Unidos: McGraw-Hill.

Oberlender, G. (2000). Network analysis system. En G. Oberlender, *Project Management for Engineering and Construction* (págs. 144-147). Stanford, Estados Unidos: McGraw-Hill.

Oberlender, G. (2000). Project Scope Definition. En G. Oberlender, *Project Management for Engineering and Construction* (pág. 40). Stanford, Estados Unidos: McGraw-Hill.

Oberlender, G. (2000). Purpose of Project Management. En G. Oberlender, *Project Management for Engineering and Construction* (pág. 8). Standford, Estados Unidos: McGraw-Hill.

Oberlender, G. (2000). Work Breakdown Structure. En G. Oberlender, *Project Management for Engineering and Construction* (págs. 106-107). Stanford, Estados Unidos: McGraw-Hill.

Oberlender, H. (2000). Definition of a Project. En G. Oberlender, *Project Management for Engineering and Construction* (pág. 4). Stanford, Estados Unidos: McGraw-Hill.

Palate Moyolema, L. (2012). *Elaboración de un presupuesyo y sistema de control y su incidencia en la construcción de edificios, aplicada al edificio Torres del Río.* Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

Pons Achell, J. F. (2013). Lean Construction Management. *Aldizkaria*, 1.

Pons Achell, J. F. (24 de Julio de 2014). *Last Planner System*. Obtenido de Slideshare: http://es.slideshare.net/juanfelipeponsachell1/last-planner-system (Consulta: Enero de 2017)

Rodríguez Fernández, A., Alarcón Cárdenas, L. F., & Pellicer Armiñana, E. (2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Revista de Obras Públicas*, 3.

Samaniego Navarrete, J. X., & Vanegas Ortiz, J. A. (2014). Análisis del trazado de redes. En J. X. Samaniego Navarrete, & J. A. Vanegas Ortiz, *Programación de obra para la optimización de los procesos constructivos de viviendas rurales del Ministerio de Desarrollo urbano y vivienda del Azuay* (págs. 40-41). Tesis de ingeniería civil. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.

Samaniego Navarrete, J. X., & Vanegas Ortiz, J. A. (2014). Cálculo de holguras. En J. X. Samaniego Navarrete, & J. A. Vanegas Ortiz, *Programación de obra para la optimización de los procesos constructivos de viviendas rurales del Ministerio de Desarrollo urbano y vivienda del Azuay* (págs. 53-55). Tesis de ingeniería civil. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.

Samaniego Navarrete, J. X., & Vanegas Ortiz, J. A. (2014). Conceptos y Objetivos de un Programa. En J. X. Samaniego Navarrete, & J. A. Vanegas Ortiz, *Programación de obra para la optimización de los procesos constructivos de viviendas rurales del Ministerio de Desarrollo urbano y vivienda del Azuay* (pág. 20). Tesis de ingeniería civil. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.

Samaniego Navarrete, J. X., & Vanegas Ortiz, J. A. (2014). El camino crítico o ruta crítica. En J. X. Samaniego Navarrete, & J. A. Vanegas Ortiz, *Programación de obra para la optimización de los procesos constructivos de viviendas rurales del Ministerio de Desarrollo urbano y vivienda del Azuay* (págs. 52-53). Tesis de ingenieía civil. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.

Samaniego Navarrete, J. X., & Vanegas Ortiz, J. A. (2014). Elementos de una red. En J. X. Samaniego Navarrete, & J. A. Vanegas Ortiz, *Programación de obra para la optimización de los procesos constructivos de viviendas rurales del Ministerio de Desarrollo urbano y vivienda del Azuay* (págs. 37-40). Tesis de ingeniería civil. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.

Samaniego Navarrete, J. X., & Vanegas Ortiz, J. A. (2014). Método de barras de Henry Gantt: Principios fundamentales. En J. X. Samaniego Navarrete, & J. A. Vanegas Ortiz, *Programación de obra para la optimización de los procesos constructivos de viviendas rurales del Ministerio de Desarrollo urbano y vivienda del Azuay* (págs. 22-23). Tesis de ingeniería Civil. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.

Samaniego Navarrete, J. X., & Vanegas Ortiz, J. A. (2014). Precedencias. En J. X. Samaniego Navarrete, & J. A. Vanegas Ortiz, *Programación de obra para la optimización de los procesos constructivos de viviendas rurales del Ministerio de Desarrollo urbano y vivienda del Azuay* (págs. 41-42). Tesis de ingeniería civil. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.

Samaniego Navarrete, J. X., & Vanegas Ortiz, J. A. (2014). Presupuesto. En J. X. Samaniego Navarrete, & J. A. Vanegas Ortiz, *Programación de obra para la optimización de los procesos constructivos de viviendas rurales del Ministerio de Desarrollo urbano y vivienda del Azuay* (pág. 17). Tesis de ingeniería civil. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.

Samaniego Navarrete, J. X., & Vanegas Ortiz, J. A. (2014). Resumen. Conclusiones. En J. X. Samaniego Navarrete, & J. A. Vanegas Ortiz, *Programación de obra para la optimización de los procesos constructivos de viviendas rurales del Ministerio de Desarrollo urbano y vivienda del Azuay* (págs. 2, 64). Tesis de ingeniería civil. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.

Sanchis Mestre, I. (2013). Inicios de Lean Thinking: El sistema de producción de Toyota. En I. Sanchis Mestre, *Last Planner System* (págs. 5-6). Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

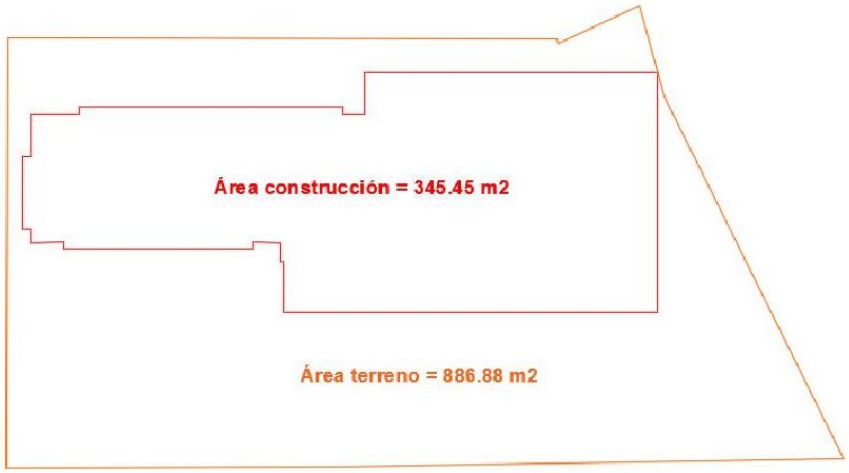
Womack, J., & Jones, D. (2003). Lean Principles. En J. Womack, & D. Jones, *Lean Thinking* (págs. 15-29). New York, Estados Unidos: Free Press .

ANEXOS

1. Cantidades de obra

1.1. Obras preliminares

Desbroce y replanteo



Área de limpieza y desbroce [m2]	886.88
Área para nivelación y replanteo [m2]	345.45

Relleno con mejoramiento			
Zona	**Número de volquetas**	**Volumen por volqueta [m3]**	**Volumen total [m3]**
Sótano	7	8	56
Área dormitorios PB (Ejes 1-4 y A-F)	6	8	48
		Subtotal	**104.00**

Nota: Se requieron 7 y 6 volquetas respectivamente de relleno con mejoramiento

1.2. Obra gris

1.2.1. Excavaciones

Excavacion mecánica

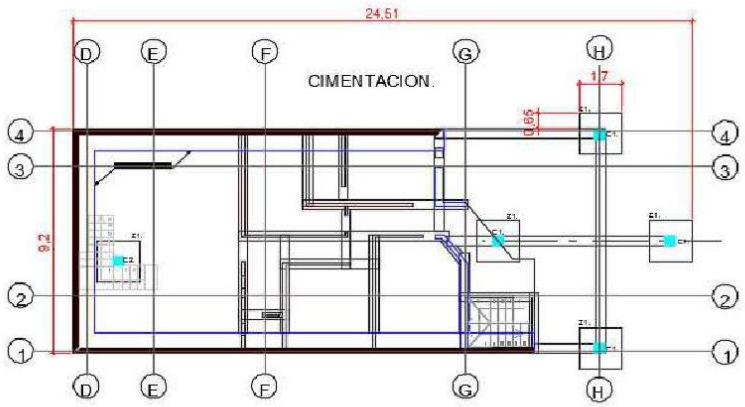
Excavación mecánica en el terreno		
Número de volquetas	**Volumen por volqueta [m3]**	**Volumen total [m3]**
25	8	200
	Subtotal	**200.00**

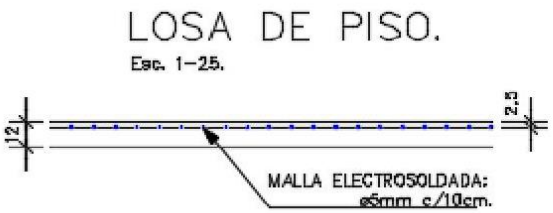
Nota: Se requieron 25 volquetas para desalojar el volumen excavado mecánicamente

Excavación Manual

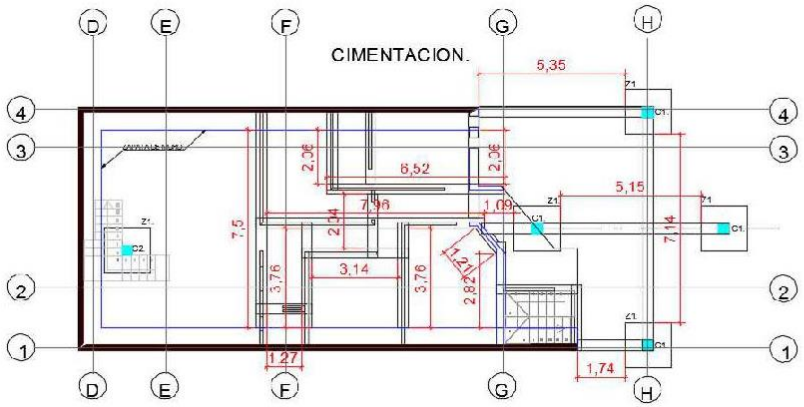
Elemento	Largo [m]	Ancho [m]	Altura [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Losa de Piso	24.51	9.2	0.12	1	27.06
Aumento Zapata Z1	1.8	0.7	0.12	1	0.15
Descuento Zapata Muro					-12.04
				Subtotal	**15.18**

Nota: Es 1.8 y 0.7 m ya que se incluye los 5 cm a cada lado del recubrimiento de hormigón.

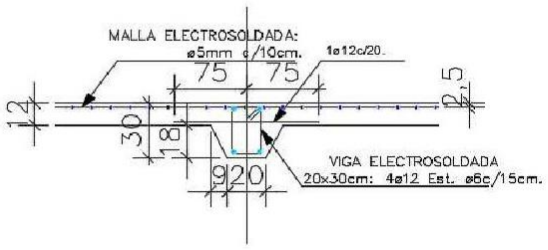




Excavación manual para vigas de cimentación				
Elemento	**Area seccion transversal**	**Longitud**	**Cantidad**	**Volumen**
	[m2]	**[m]**		**[m3]**
Viga de Cimentación 1	0.0522	7.5	1	0.39
Viga de Cimentación 2	0.0522	3.76	2	0.39
Viga de Cimentación 3	0.0522	2.06	3	0.32
Viga de Cimentación 4	0.0522	2.04	1	0.11
Viga de Cimentación 5	0.0522	3.14	1	0.16
Viga de Cimentación 6	0.0522	7.96	1	0.42
Viga de Cimentación 7	0.0522	6.52	1	0.34
Viga de Cimentación 8	0.0522	2.82	1	0.15
Viga de Cimentación 9	0.0522	1.21	1	0.06
Viga de Cimentación 10	0.0522	5.35	1	0.28
Viga de Cimentación 11	0.0522	1.09	1	0.06
Viga de Cimentación 12	0.0522	5.15	1	0.27
Viga de Cimentación 13	0.0522	7.14	1	0.37
Viga de Cimentación 14	0.0522	1.74	1	0.09
Viga de Cimentación 15	0.0522	1.27	1	0.07
Aumento para Replantillo	0.0145	58.75	1	0.85
			Subtotal	**4.33**

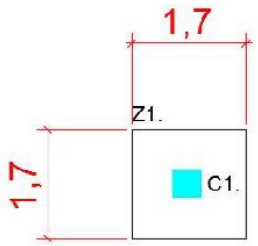


CIMENTACION DE PAREDES.

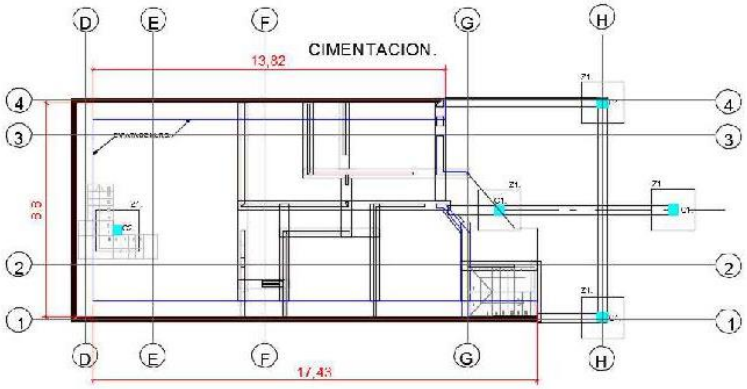


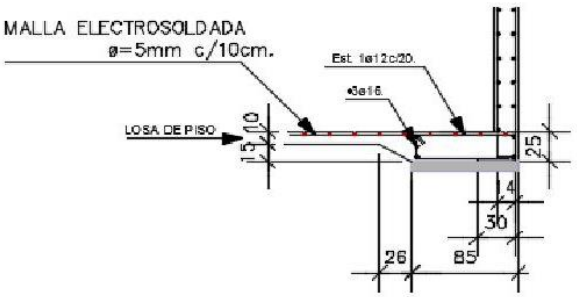
Excavación manual para zapatas					
Elemento	Largo	Ancho	Altura	Cantidad	Volumen
	[m]	[m]	[m]		[m3]
Zapata 1	1.8	1.8	0.18	1	0.58
Zapata 2	1.8	1.8	0.18	1	0.58
Zapata 3	1.8	1.8	0.18	1	0.58
Zapata 4	1.8	1.8	0.18	1	0.58
Zapata 5	1.8	1.8	0.18	1	0.58
Aumento para Replantillo	1.8	1.8	0.05	5	0.81
				Subtotal	**3.73**

Nota: Es 1.8 m ya que se incluye los 5 cm a cada lado del recubrimiento de hormigón.



Excavación manual para la zapata del muro de contención				
Elemento	Area Seccion Transversal	Longitud	Cantidad	Volumen
	[m2]	[m]		[m3]
Zapata Muro Contencion Izquierdo	0.258	13.82	1	3.57
Zapata Muro Contencion Derecho	0.258	8.8	1	2.27
Zapata Muro Contencion Frontal	0.258	17.43	1	4.50
Aumento para Replantillo	0.0425	40.05	1	1.70
			Subtotal	**12.04**





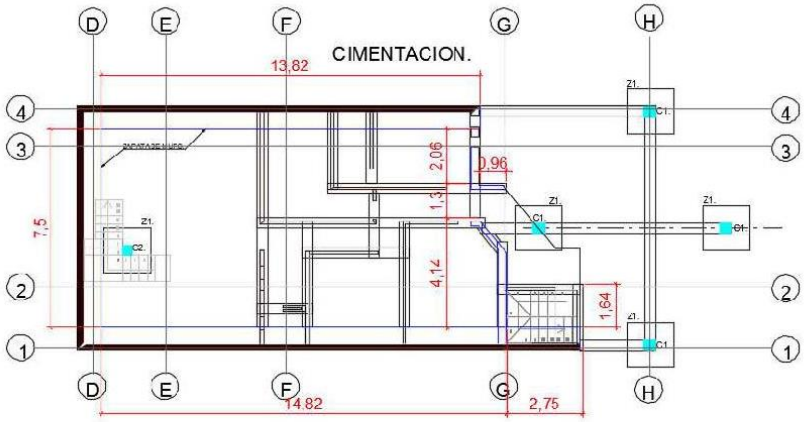
Resumen excavación manual en sótano	
Elemento	**Volumen [m3]**
Losa de Piso	15.18
Vigas de Cimentacion	4.33
Zapatas	3.73
Zapata Muro	12.04
Subtotal	**35.27**

Resumen excavación mecánica en sótano	
Elemento	**Volumen [m3]**
Terreno Original	200.00
Subtotal	**200.00**

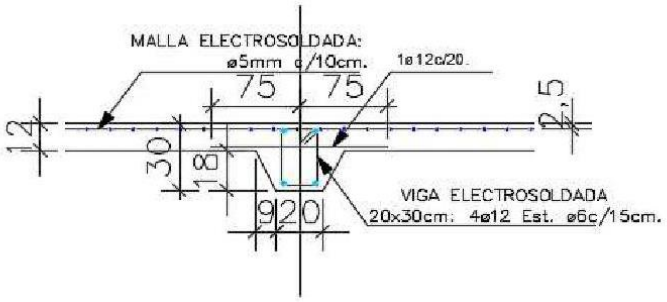
1.2.2. Sótano

1.2.2.1.Hormigón

Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para losa de piso					
Elemento	Largo [m]	Ancho [m]	Altura [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Losa de Piso	13.82	3.9	0.12	1	6.47
Losa de Piso	14.82	4.14	0.12	1	7.36
Aumento Viga Cimentacion	0.96	0.38	0.12	1	0.04
Aumento Escaleras	2.75	1.64	0.12	1	0.54
				Subtotal	**14.42**

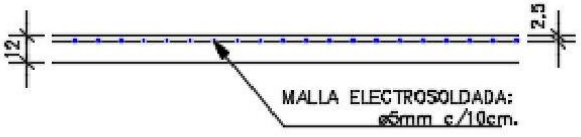


CIMENTACION DE PAREDES.



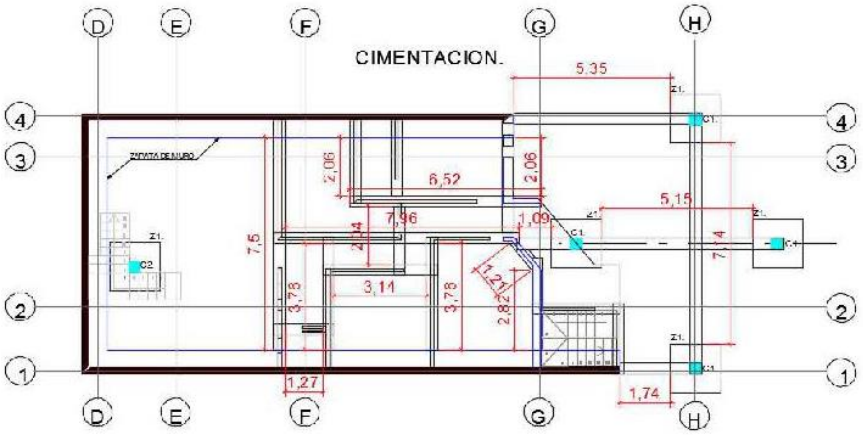
LOSA DE PISO.

Esc. 1-25.

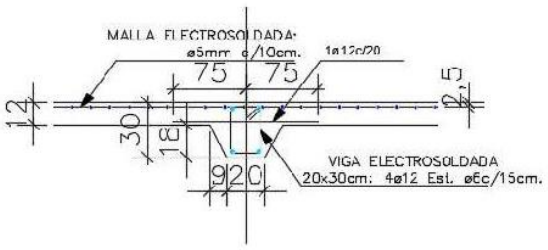


Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para vigas de cimentación				
Elemento	Area Seccion Transversal [m2]	Longitud [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Viga de Cimentación 1	0.0522	7.5	1	0.39
Viga de Cimentación 2	0.0522	3.76	2	0.39
Viga de Cimentación 3	0.0522	2.06	3	0.32
Viga de Cimentación 4	0.0522	2.04	1	0.11
Viga de Cimentación 5	0.0522	3.14	1	0.16
Viga de Cimentación 6	0.0522	7.96	1	0.42
Viga de Cimentación 7	0.0522	6.52	1	0.34
Viga de Cimentación 8	0.0522	2.82	1	0.15
Viga de Cimentación 9	0.0522	1.21	1	0.06
Viga de Cimentación 10 Parqueadero	0.087	5.35	1	0.47
Viga de Cimentación 11	0.0522	1.09	1	0.06
Viga de Cimentación 12 Parqueadero	0.087	5.15	1	0.45
Viga de Cimentación 13 Parqueadero	0.087	7.14	1	0.62
Viga de Cimentación 14 Parqueadero	0.087	1.74	1	0.15
Viga de Cimentación 15	0.0522	1.27	1	0.07
			Subtotal	**4.15**

Replantillo de hormigón f'c= 180 Kg/cm2 para vigas de cimentación				
Elemento	Area Seccion Transversal [m2]	Longitud [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Replantillo	0.01	58.75	1	0.59
			Subtotal	**0.59**

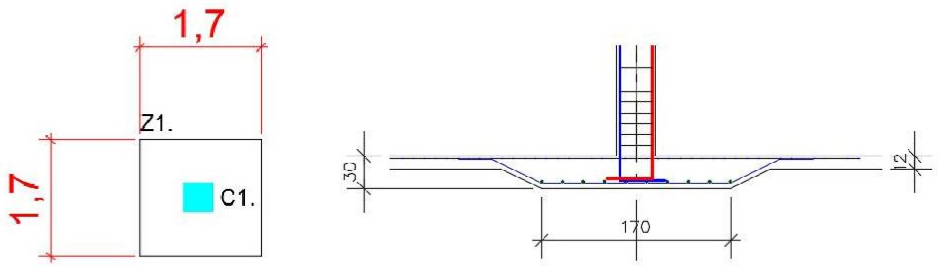


CIMENTACION DE PAREDES.



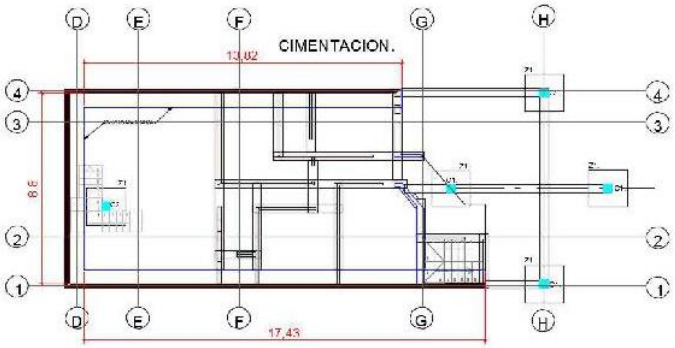
Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para zapatas tipo Z1					
Elemento	Largo	Ancho	Altura	Cantidad	Volumen
	[m]	[m]	[m]		[m3]
Zapata 1	1.7	1.7	0.18	1	0.52
Zapata 2	1.7	1.7	0.3	1	0.87
Zapata 3	1.7	1.7	0.3	1	0.87
Zapata 4	1.7	1.7	0.3	1	0.87
Zapata 5	1.7	1.7	0.3	1	0.87
				Subtotal	**3.99**

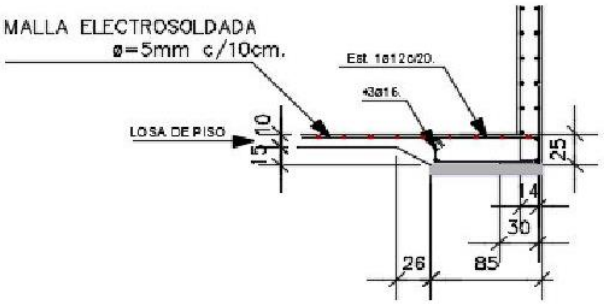
Replantillo de hormigón f'c= 180 Kg/cm2 para zapatas tipo Z1					
Elemento	Largo	Ancho	Altura	Cantidad	Volumen
	[m]	[m]	[m]		[m3]
Replantillo (f'c=180 Kg/cm2)	1.7	1.7	0.05	5	0.72
				Subtotal	**0.72**



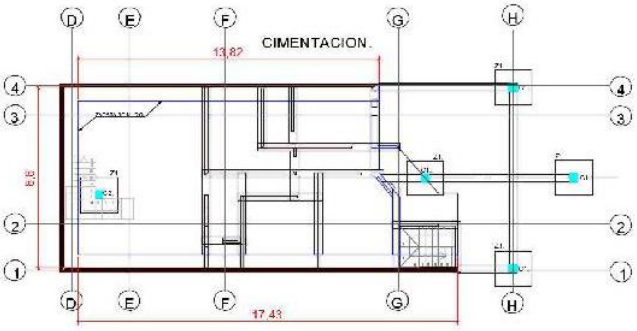
Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para zapata de muro de contención				
Elemento	Area Seccion Transversal	Longitud	Cantidad	Volumen
	[m2]	[m]		[m3]
Zapata Muro Contencion Izquierdo	0.258	13.82	1	3.57
Zapata Muro Contencion Derecho	0.258	8.8	1	2.27
Zapata Muro Contencion Frontal	0.258	17.43	1	4.50
			Subtotal	**10.33**

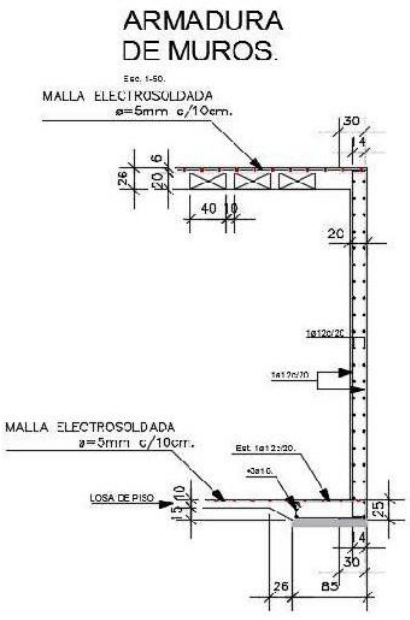
Replantillo de hormigón f'c= 180 Kg/cm2 para zapata de muro de contención				
Elemento	Area Seccion Transversal	Longitud	Cantidad	Volumen
	[m2]	[m]		[m3]
Replantillo (f'c=180 Kg/cm2)	0.0425	40.05	1	1.70
			Subtotal	**1.70**



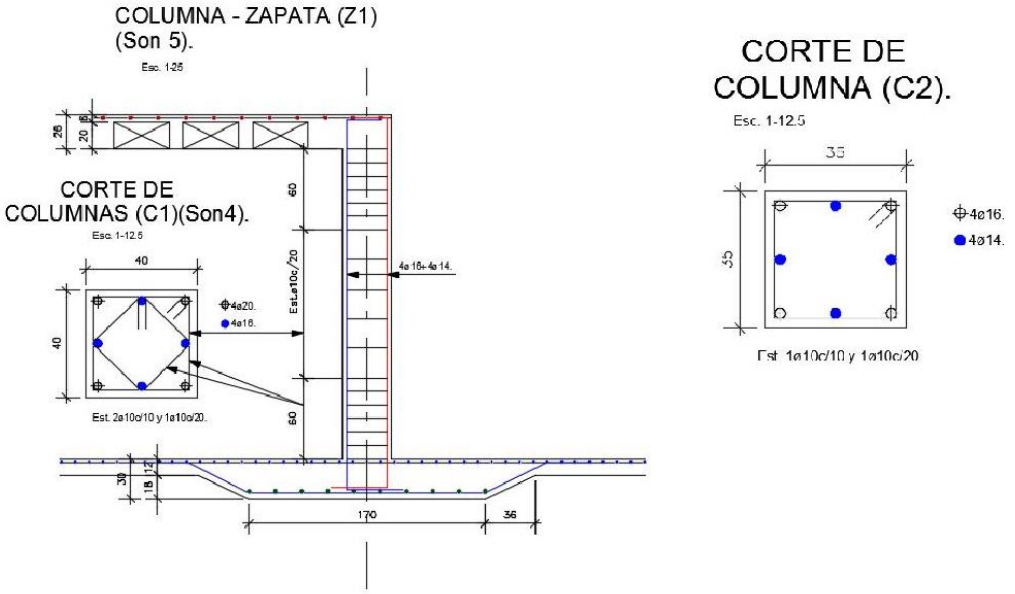


Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para pantalla de muro de contención					
Elemento	Altura [m]	Ancho [m]	Longitud [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Pared Muro Contencion Derecho	2.5	0.2	13.82	1	6.91
Pared Muro Contencion Frontal	2.5	0.2	8.8	1	4.40
Pared Muro Contencion Izquierdo	2.5	0.2	17.43	1	8.72
				Subtotal	**20.03**





Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para columnas					
Elemento	Largo [m]	Ancho [m]	Altura [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Columna C1	0.4	0.4	2.5	4	1.60
Columna C2	0.35	0.35	2.5	1	0.31
				Subtotal	**1.91**



Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para columnas de confinamiento en paredes					
Elemento	Ancho [m]	Altura [m]	Longitud	Cantidad	Volumen [m3]
Viga V2 Adelca	0.15	0.2	2.5	13	0.98
				Subtotal	**0.98**

Nota: Recubrimiento de 2.5 cm en cada lado de la columna.

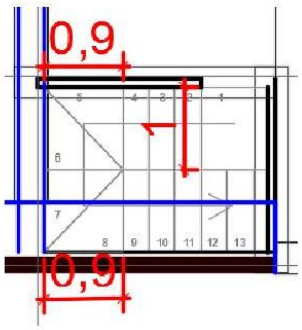
	VARILLAS LONGITUDINALES					ESTRIBOS		
TIPOS DE DE VIGAS	ARMADURA cm	Cant.	DIÁMETRO mm	PATA SUP. cm	PATA INF. cm	Cant.	mm	PESO TOTAL kg/6.50 m
V1*	10 x 10	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9,592
V2*	10 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9,986
V3*	15 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,376
V4*	10 x 20	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,376
V5*	10 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,014
V6*	15 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,757
V7*	10 x 20	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,757
V8*	15 x 15	4	12 corrug.	30	20	41c/15cm	6 corrug.	29,173
V9*	15 x 25	4	12 corrug.	30	20	41c/15cm	6 corrug.	30,997

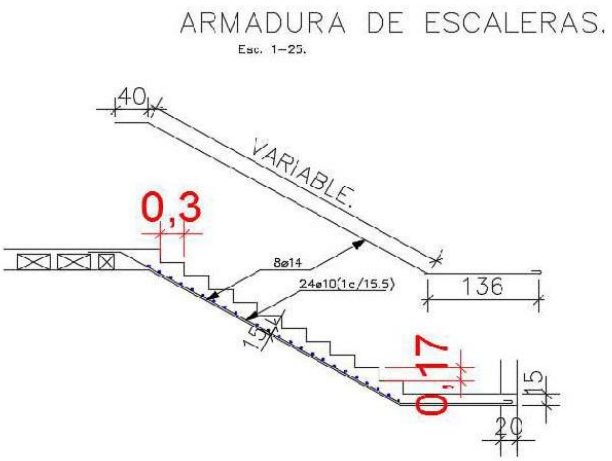
* En vigas desde V5 hasta V9; las Varillas son de Acero Sismoresistente y sus estribos de Varilla Trefilada

Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para escaleras

Elemento	Tipo	Huella [m]	Contrahuella [m]	Longitud [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Sotano-Cocina	Gradas Rectangulares	0.3	0.17	1	10	0.51
Sotano-Cocina	Gradas Rectangulares	0.3	0.17	1.37	2	0.14
					Subtotal	**0.65**

Elemento	Tipo	Largo [m]	Altura [m]	Ancho/Espesor [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Sotano-Cocina	Aumento Gradas Rectangulares 1	0.34	0.15	1	10	0.52
	Aumento Gradas Rectangulares 2	1.38	0.15	1.37	2	0.57
	Descanso	1.37	0.32	1	1	0.44
					Subtotal	**1.52**





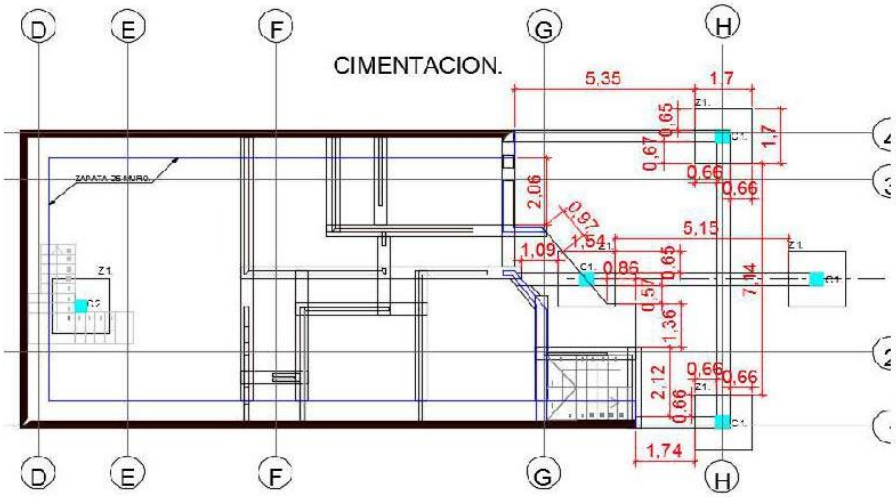
- **Resumen cantidades hormigón en sótano**

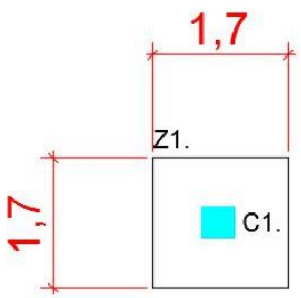
Resumen Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 sótano	
Elemento	**Volumen [m3]**
Losa de Piso	14.42
Vigas de Cimentacion	4.15
Zapatas	3.99
Columnas estructurales	1.91
Columnas de confinamient	0.98
Zapata Muro	10.33
Pantalla Muro	20.03
Escaleras	2.17
Subtotal	**57.97**

Resumen Hormigón Replantillo f'c= 180	
Elemento	**Volumen [m3]**
Vigas de Cimentacion	0.59
Zapatas	0.72
Zapata Muro	1.70
Subtotal	**3.01**

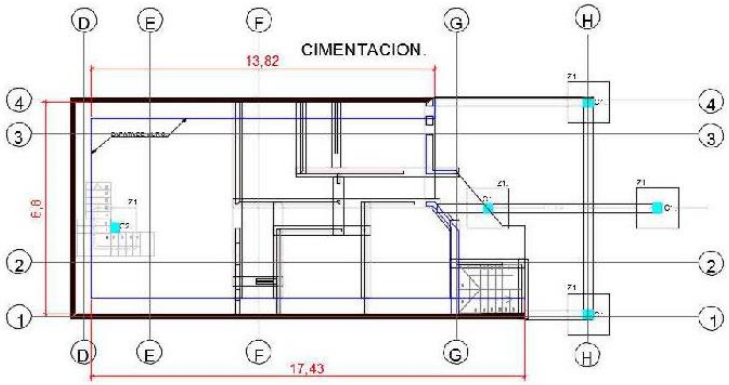
1.2.2.2. Encofrado

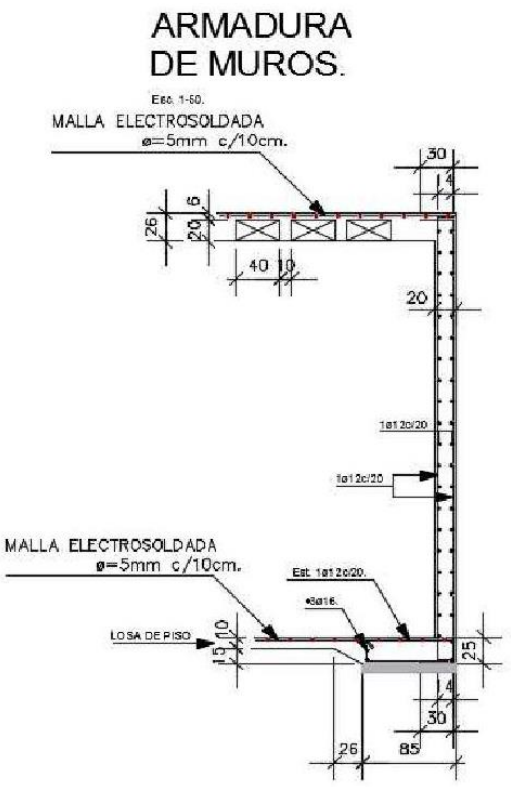
Encofrado de madera vigas de cimentación, zapatas y losa de piso				
Elemento	Altura [m]	Longitud [m]	Cantidad	Area [m2]
Viga de Cimentación	0.3	2.06	1	0.62
Losa de piso	0.3	0.97	1	0.29
Zapata	0.3	1.54	1	0.46
Zapata	0.3	0.65	1	0.20
Zapata	0.3	0.57	1	0.17
Losa de piso	0.3	0.86	1	0.26
Losa de piso	0.3	1.36	1	0.41
Losa de piso	0.3	2.12	1	0.64
Viga de Cimentación	0.3	1.74	2	1.04
Zapata	0.3	0.66	1	0.20
Zapata	0.3	0.66	1	0.20
Zapata	0.3	0.66	1	0.20
Zapata	0.3	1.7	1	0.51
Zapata	0.3	1.7	1	0.51
Viga de Cimentación	0.3	7.14	2	4.28
Viga de Cimentación	0.3	5.15	2	3.09
Zapata	0.3	1.7	4	2.04
Zapata	0.3	1.7	2	1.02
Zapata	0.3	0.65	1	0.20
Zapata	0.3	0.67	1	0.20
Zapata	0.3	0.66	2	0.40
Viga de Cimentación	0.3	5.35	2	3.21
			Subtotal	**20.13**



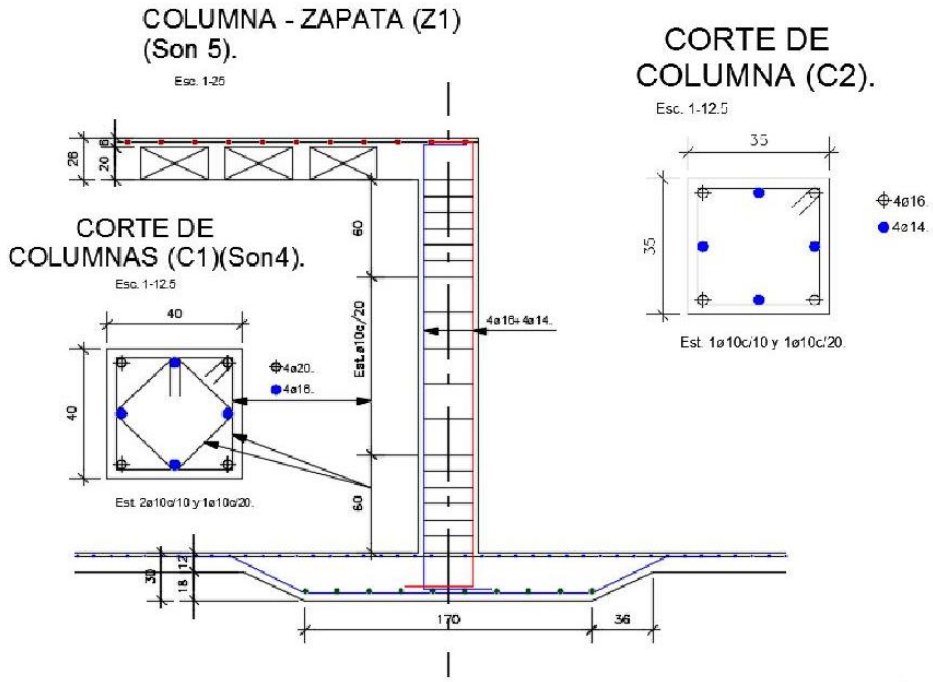


Encofrado metálico para pantalla de muro de contención				
Elemento	Altura [m]	Longitud [m]	Cantidad	Area [m2]
Pared Muro Contencion Derecho	2.5	13.82	1	34.55
Pared Muro Contencion Frontal	2.5	8.8	1	22.00
Pared Muro Contencion Izquierdo	2.5	17.43	1	43.58
Paredes laterales muro	2.5	0.2	2	1.00
			Subtotal	**101.13**





Encofrado metálico para columnas estructurales				
Elemento	Ancho [m]	Altura [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Columna C1	0.4	2.5	16	16.00
Columna C2	0.35	2.5	4	3.50
			Subtotal	**19.50**



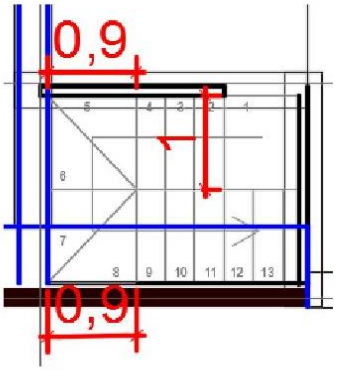
Encofrado de madera para columnas de confinamiento en paredes				
Elemento	Ancho [m]	Altura [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Columna V2 Adelca lado 1	0.15	2.5	13	4.88
Columna V2 Adelca lado 2	0.2	2.5	13	6.50
			Subtotal	**11.38**

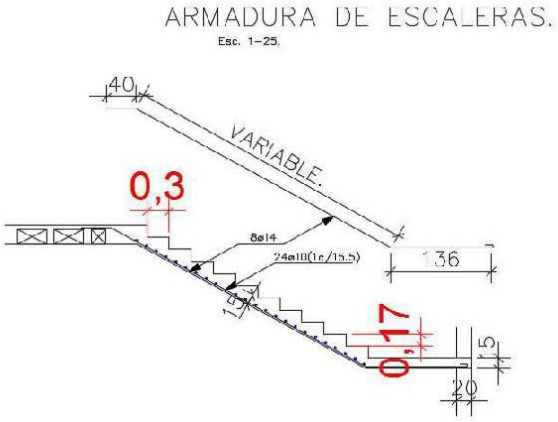
Nota: Recubrimiento de 2.5 cm en cada lado de la columna.

	VARILLAS LONGITUDINALES					ESTRIBOS		
TIPOS DE DE VIGAS	ARMADURA cm	Cant.	DIÁMETRO mm	PATA SUP. cm	PATA INF. cm	Cant.	mm	PESO TOTAL kg/6.50 m
V1*	10 x 10	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9,592
V2*	10 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9,986
V3*	15 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,376
V4*	10 x 20	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,376
V5*	10 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,014
V6*	15 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,757
V7*	10 x 20	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,757
V8*	15 x 15	4	12 corrug.	30	20	41c/15cm	6 corrug.	29,173
V9*	15 x 25	4	12 corrug.	30	20	41c/15cm	6 corrug.	30,997

* En vigas desde V5 hasta V9; las Varillas son de Acero Sismoresistente y sus estribos de Varilla Trefilada

Encofrado de madera para escaleras cocina					
Elemento	**Tipo**	**Lado [m]**	**Longitud [m]**	**Cantidad**	**Area [m2]**
Sotano-Cocina	Tramo principal encofrado Inferior	0.34	1	9	3.10
Sotano-Cocina	Descanso encofrado inferior	0.9	2	1	1.80
Sotano-Cocina	Tramo principal encofrado lateral	0.34	0.32	18	1.99
				Subtotal	**6.89**





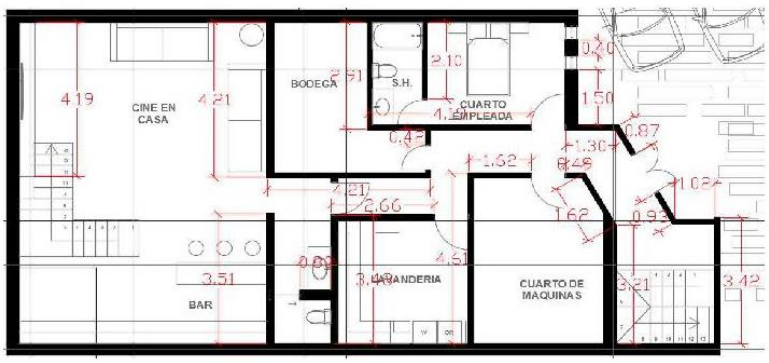
- **Resumen de las cantidades de encofrado**

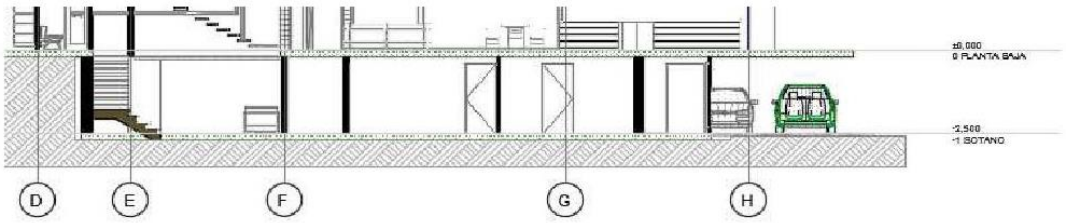
Resumen encofrado sótano	
Elemento	**Area [m2]**
Encofrado madera para losa de piso, vigas de cimentacion, zapata muro y zapatas	20.13
Encofrado metálico columnas	19.50
Encofrado madera columnas confinamiento	11.38
Encofrado metálico pantalla muro	101.13
Encofrado de madera para escaleras	6.89
Subtotal encofrado metálico	**120.63**
Subtotal encofrado madera	**38.40**
Total encofrado sótano	**159.02**

1.2.2.3. Mampostería

Mampostería con ladrillo panelón en posición "normal"					
Habitacion	Elemento	Largo [m]	Altura [m]	Cantidad	Area [m2]
Cuarto de Empleada	Pared 1	0.4	2.5	1	1.00
	Pared 2	1.5	2.5	1	3.75
	Pared 3	2.1	2.5	1	5.25
Cuarto Empleada-Pasillo	Pared 1	0.42	2.5	1	1.05
	Pared 2	4.19	2.5	1	10.48
Cuarto Empleada-Bodega	Pared 1	2.91	2.5	1	7.28
Bodega-Cine en Casa	Pared 1	4.21	2.5	1	10.53
Bodega-Pasillo	Pared 1	4.21	2.5	1	10.53
Bar	Pared 1	3.5	2.5	1	8.75
Baño Social	Pared 1	0.8	2.5	1	2.00
Baño Social-Lavanderia	Pared 1	3.48	2.5	1	8.70
Lavanderia-Cuarto de Máquinas	Pared 1	4.61	2.5	1	11.53
Lavanderia-Pasillo	Pared 2	2.66	2.5	1	6.65
Cuarto de Máquinas	Pared 1	1.62	2.5	1	4.05
	Pared 2	0.49	2.5	1	1.23
	Pared 3	1.62	2.5	1	4.05
	Pared 4	3.21	2.5	1	8.03
Pasillo 2	Pared 1	0.87	2.5	1	2.18
	Pared 2	1.3	2.5	1	3.25
	Pared 3	0.93	2.5	1	2.33
	Pared 4	1.02	2.5	1	2.55
	Pared 5	3.42	2.5	1	8.55
				Subtotal	115.13

Mampostería con ladrillo panelón en posición "invertida" (lado largo hacia afuera)					
Habitacion	Elemento	Largo [m]	Altura [m]	Cantidad	Area [m2]
Cine en Casa-Muro Contencion Frontal	Pared 1	4.19	2.5	1	10.48
				Subtotal	10.48



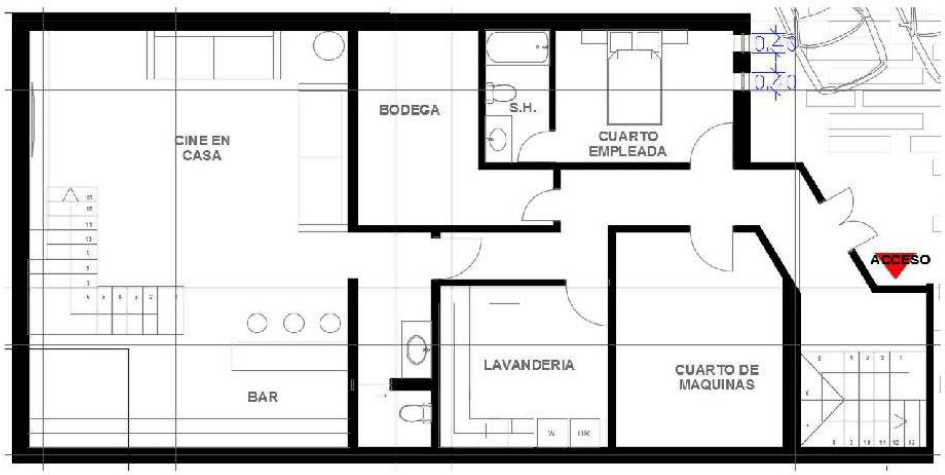


- **Resumen de cantidades en mampostería**

Resumen Mampostería Planta Baja			
Tipo	**Area [m2]**	**Ladrillos/m2**	**Total de ladrillos**
Mamposteria posición "normal"	115.13	36	4145
Mamposteria posición "invertida"	10.48	105	1100
		Total	**5245**

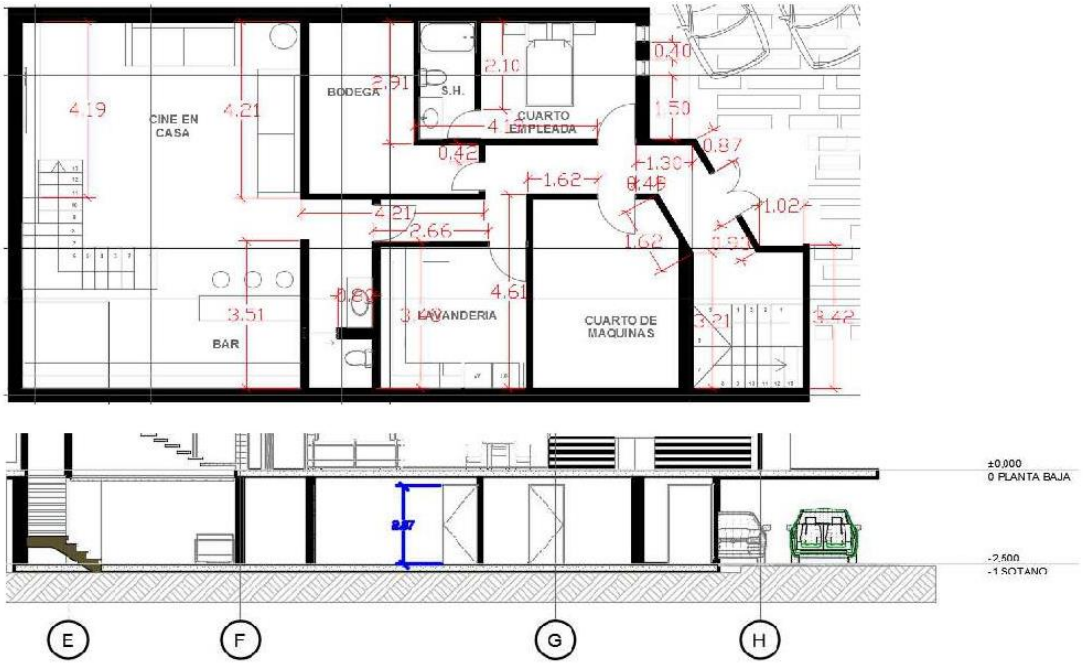
1.2.2.4. Ventanas

Area Ventanas Sotano					
Habitacion	**Elemento**	**Largo [m]**	**Altura [m]**	**Cantidad**	**Area [m2]**
Cuarto de empleada	Ventana 1	0.4	1.5	1	0.60
	Ventana 2	0.4	1.5	1	0.60
				Subtotal	1.20



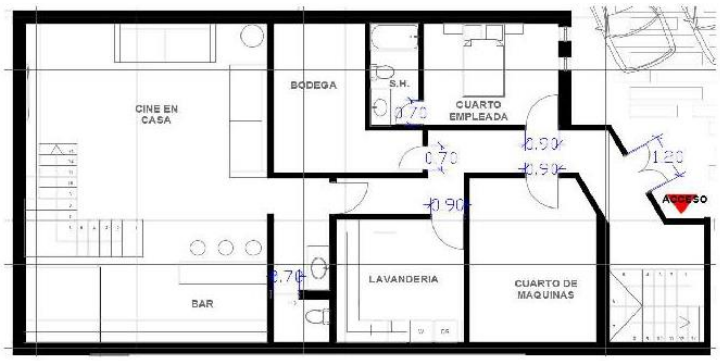
1.2.2.5. Enlucido con mortero 1:3

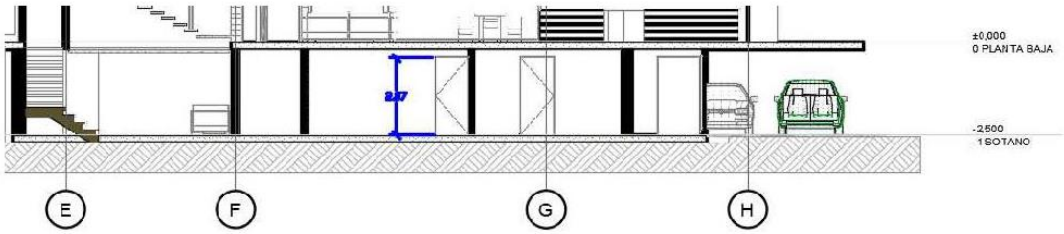
Area enlucido con mortero 1:3					
Habitacion	Elemento	Largo [m]	Altura [m]	Cantidad	Area [m2]
Cuarto de Empleada	Pared 1	0.4	2.5	2	2.00
	Pared 2	1.5	2.5	2	7.50
	Pared 3	2.1	2.5	2	10.50
Cuarto Empleada-Pasillo	Pared 1	0.42	2.5	2	2.10
	Pared 2	4.19	2.5	2	20.95
Cuarto Empleada-Bodega	Pared 1	2.91	2.5	2	14.55
Bodega-Cine en Casa	Pared 1	4.21	2.5	2	21.05
Bodega-Pasillo	Pared 1	4.21	2.5	2	21.05
Bar	Pared 1	3.5	2.5	2	17.50
Baño Social	Pared 1	0.8	2.5	2	4.00
Baño Social-Lavanderia	Pared 1	3.48	2.5	2	17.40
Lavanderia-Cuarto de Máquinas	Pared 1	4.61	2.5	2	23.05
Lavanderia-Pasillo	Pared 2	2.66	2.5	2	13.30
Cuarto de Máquinas	Pared 1	1.62	2.5	2	8.10
	Pared 2	0.49	2.5	2	2.45
	Pared 3	1.62	2.5	2	8.10
	Pared 4	3.21	2.5	1	8.03
Pasillo 2	Pared 1	0.87	2.5	2	4.35
	Pared 2	1.3	2.5	2	6.50
	Pared 3	0.93	2.5	2	4.65
	Pared 4	1.02	2.5	2	5.10
	Pared 5	3.42	2.5	2	17.10
				Subtotal	222.23



1.2.2.6. Puertas

Area Puertas Sotano					
Habitacion	Elemento	Largo [m]	Altura [m]	Cantidad	Area [m2]
Cuarto de Empleada	Puerta 1	0.9	2.1	1	1.89
	Puerta 2	0.7	2.1	1	1.47
Bodega	Puerta 1	0.7	2.1	1	1.47
Baño social	Puerta 1	0.75	2.1	1	1.58
Lavanderia	Puerta 1	0.9	2.1	1	1.89
Cuarto de Máquinas	Puerta 1	0.9	2.1	1	1.89
Acceso Sotano	Puerta 1	1.2	2.1	1	2.52
				Subtotal	12.71

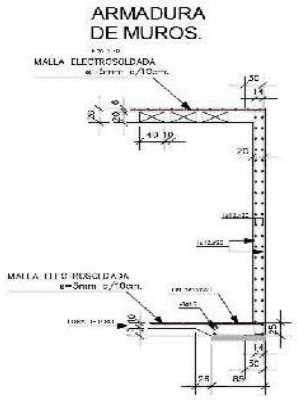


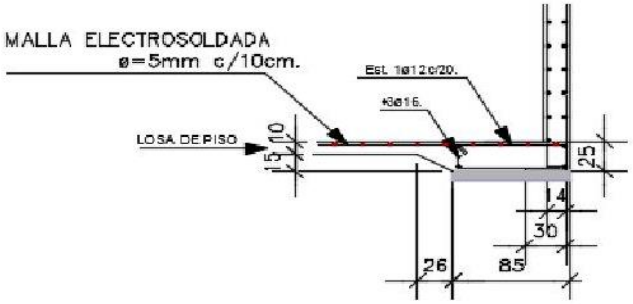


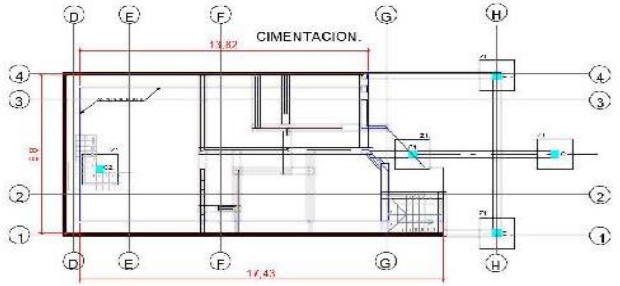
1.2.2.7. Acero de refuerzo

- **Muro de contención**

Planilla de hierro de estribos en la zapata del muro de contención												
Tipo	**Elemento**	**Diámetro (mm)**	**Separación (m)**	**Longitud del elemento (m)**	**Tipo de doblez**	**Número de varillas**	**Longitud de anclaje (m)**	**Longitud de la varilla (m)**	**Longitud total de la varilla (m)**	**Peso por metro lineal (Kg)**	**Longitud total (m)**	**Peso total (Kg)**
Estribo	Zapata Muro Contencion	12	0.2	13.82	O	70	0.16	2.00	2.16	0.89	151.20	134
Estribo	Zapata Muro Contencion	12	0.2	8.80	O	44	0.16	2.00	2.16	0.89	95.04	84
Estribo	Zapata Muro Contencion	12	0.2	17.43	O	88	0.16	2.00	2.16	0.89	190.08	169
											Total	387

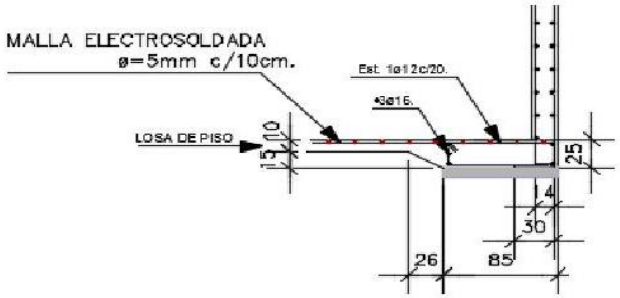


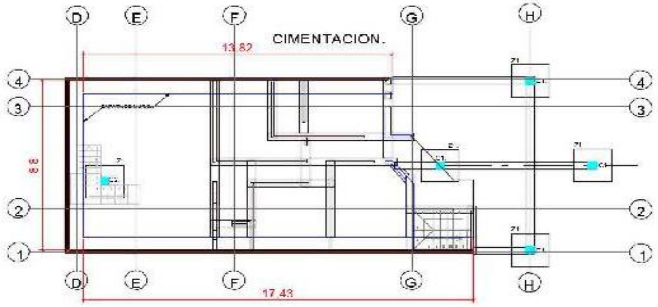




Planilla de hierro para el refuerzo longitudinal para la zapata del muro de contención										
Tipo	**Elemento**	**Diámetro (mm)**	**Longitud del elemento (m)**	**Tipo de doblez**	**Número de varillas**	**Traslapo**	**Longitud de la varilla (m)**	**Peso por metro lineal (Kg)**	**Longitud total (m)**	**Peso total (Kg)**
Varilla Longitudinal	Zapata Muro Contencion	16	13.82	I	3	0.00	13.82	1.58	41.46	65
Varilla Longitudinal	Zapata Muro Contencion	16	8.8	I	3	0.00	8.80	1.58	26.40	42
Varilla Longitudinal	Zapata Muro Contencion	16	17.43	I	3	0.00	17.43	1.58	52.29	83
									TOTAL	190

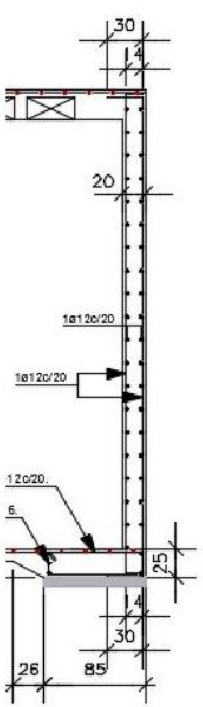
Nota de tipo de doblez: Son varillas tipo I sin ganchos

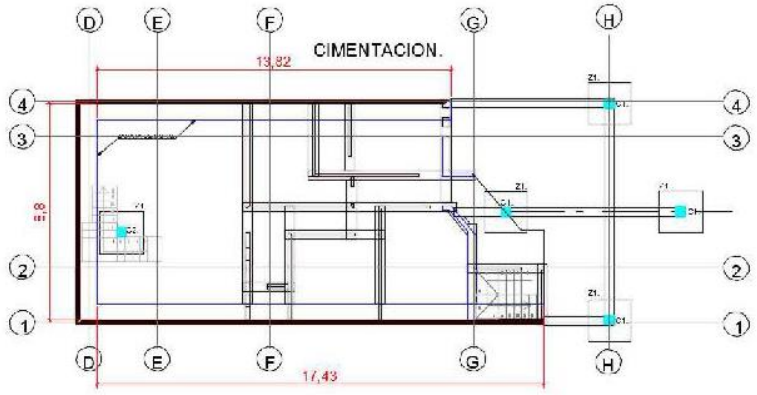


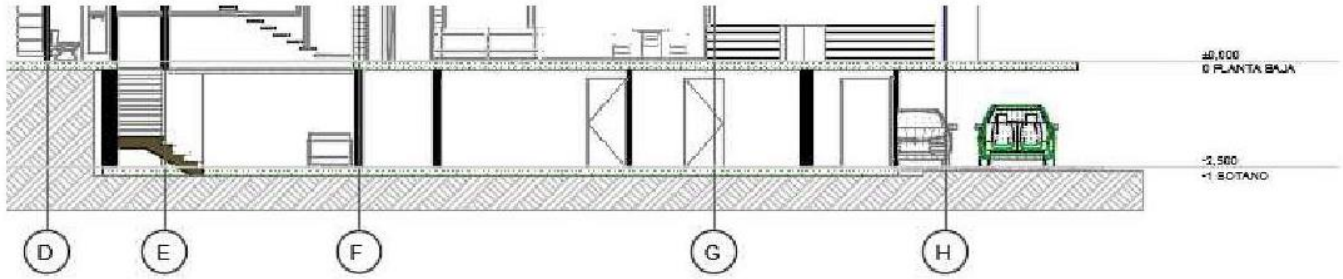


Refuerzo en la pantalla del muro de contención												
Tipo	Elemento	Diámetro (mm)	Separación (m)	Longitud del elemento (m)	Tipo de doblez	Número de varillas	Longitud de anclaje (m)	Longitud de la varilla (m)	Longitud total de la varilla (m)	Peso por metro lineal (Kg)	Longitud total (m)	Peso total (Kg)
Refuerzo Para Flexion	Pantalla Muro Contencion	12	0.2	27.64	C	139	0.60	3.01	3.61	0.89	501.79	445
Refuerzo Para Flexion	Pantalla Muro Contencion	12	0.2	17.60	C	88	0.38	3.01	3.39	0.89	298.67	265
Refuerzo Para Flexion	Pantalla Muro Contencion	12	0.2	34.86	C	175	0.38	3.01	3.39	0.89	593.95	527
Refuerzo Para Flexion	Pantalla Muro Contencion	12	0.2	4.90	I	25	0.00	13.82	13.82	0.89	345.50	307
Refuerzo Para Flexion	Pantalla Muro Contencion	12	0.2	4.90	I	25	0.00	8.8	8.80	0.89	220.00	195
Refuerzo Para Flexion	Pantalla Muro Contencion	12	0.2	4.90	I	25	0.00	17.43	17.43	0.89	435.75	387
											TOTAL	2127

Nota 1 de la longitud del elemento: La longitud se multiplica por 2 porque las varillas van de dos en dos.
Nota 2 de la longitud del elemento: Para las varillas tipo I (se colocan a lo largo de la altura del muro) se resta el recubrimiento de 2.5 cm de la pantalla del muro en la parte superior e inferior, es decir se resta 5 cm.
Nota de tipo de doblez: Son varillas tipo I sin ganchos





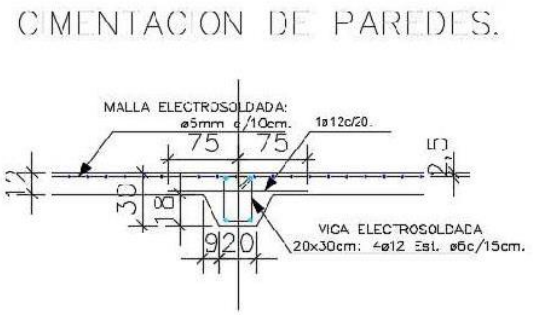


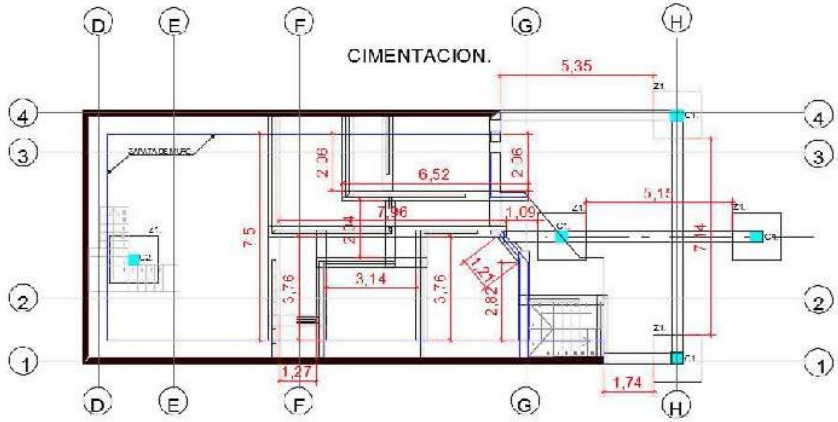
Resumen acero de refuerzo en el muro de contención		
Diametro	Longitud total	Peso total
[mm]	[m]	[Kg]
12	2831.98	2514.27
16	120.15	189.64
	TOTAL	2704

- **Vigas de cimentación**

Acero de refuerzo longitudinal en vigas de cimentación										
Tipo	**Elemento**	**Diámetro (mm)**	**Longitud del elemento (m)**	**Tipo de doblez**	**Número de varillas**	**Traslapo**	**Longitud de la varilla (m)**	**Peso por metro lineal (Kg)**	**Longitud total (m)**	**Peso total (Kg)**
Varilla Longitudinal	Viga de Cimentacion	12	7.5	I	4	0.00	7.50	0.89	30.00	27
Varilla Longitudinal	Viga de Cimentacion	12	3.76	I	4	0.00	3.76	0.89	15.04	13
Varilla Longitudinal	Viga de Cimentacion	12	2.06	I	4	0.00	2.06	0.89	8.24	7
Varilla Longitudinal	Viga de Cimentacion	12	2.04	I	4	0.00	2.04	0.89	8.16	7
Varilla Longitudinal	Viga de Cimentacion	12	3.14	I	4	0.00	3.14	0.89	12.56	11
Varilla Longitudinal	Viga de Cimentacion	12	7.96	I	4	0.00	7.96	0.89	31.84	28
Varilla Longitudinal	Viga de Cimentacion	12	6.52	I	4	0.00	6.52	0.89	26.08	23
Varilla Longitudinal	Viga de Cimentacion	12	2.82	I	4	0.00	2.82	0.89	11.28	10
Varilla Longitudinal	Viga de Cimentacion	12	1.21	I	4	0.00	1.21	0.89	4.84	4
Varilla Longitudinal	Viga de Cimentacion	12	5.35	I	4	0.00	5.35	0.89	21.40	19
Varilla Longitudinal	Viga de Cimentacion	12	1.09	I	4	0.00	1.09	0.89	4.36	4
Varilla Longitudinal	Viga de Cimentacion	12	5.15	I	4	0.00	5.15	0.89	20.60	18
Varilla Longitudinal	Viga de Cimentacion	12	7.14	I	4	0.00	7.14	0.89	28.56	25
Varilla Longitudinal	Viga de Cimentacion	12	1.74	I	4	0.00	1.74	0.89	6.96	6
Varilla Longitudinal	Viga de Cimentacion	12	1.27	I	4	0.00	1.27	0.89	5.08	5
									Total	209

Nota de traslapo: Las vigas no se anclan a la zapata del muro de contención.

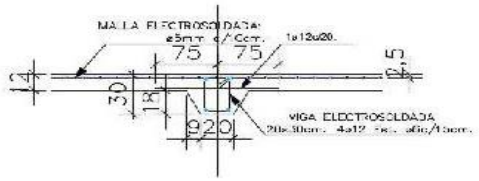


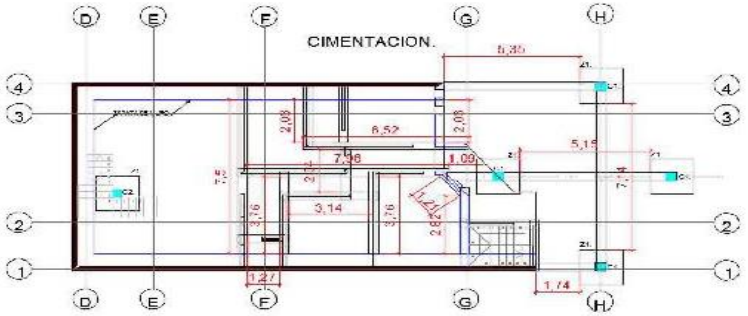


Estribos en vigas de cimentación												
Tipo	Elemento	Diámetro (mm)	Separación (m)	Longitud del elemento (m)	Tipo de doblez	Número de varillas	Longitud de anclaje (m)	Longitud de la varilla (m)	Longitud total de la varilla (m)	Peso por metro lineal (Kg)	Longitud total (m)	Peso total (Kg)
Estribo	Viga de Cimentacion	6	0.15	7.5	O	50	0.32	0.80	1.12	0.22	56.00	12
Estribo	Viga de Cimentacion	6	0.15	3.76	O	26	0.32	0.80	1.12	0.22	29.12	6
Estribo	Viga de Cimentacion	6	0.15	2.06	O	14	0.32	0.80	1.12	0.22	15.68	3
Estribo	Viga de Cimentacion	6	0.15	2.04	O	14	0.32	0.80	1.12	0.22	15.68	3
Estribo	Viga de Cimentacion	6	0.15	3.14	O	21	0.32	0.80	1.12	0.22	23.52	5
Estribo	Viga de Cimentacion	6	0.15	7.96	O	54	0.32	0.80	1.12	0.22	60.48	13
Estribo	Viga de Cimentacion	6	0.15	6.52	O	44	0.32	0.80	1.12	0.22	49.28	11
Estribo	Viga de Cimentacion	6	0.15	2.82	O	19	0.32	0.80	1.12	0.22	21.28	5
Estribo	Viga de Cimentacion	6	0.15	1.21	O	9	0.32	0.80	1.12	0.22	10.08	2
Estribo	Viga de Cimentacion	6	0.15	5.35	O	36	0.32	0.80	1.12	0.22	40.32	9
Estribo	Viga de Cimentacion	6	0.15	1.09	O	8	0.32	0.80	1.12	0.22	8.96	2
Estribo	Viga de Cimentacion	6	0.15	5.15	O	35	0.32	0.80	1.12	0.22	39.20	9
Estribo	Viga de Cimentacion	6	0.15	7.14	O	48	0.32	0.80	1.12	0.22	53.76	12
Estribo	Viga de Cimentacion	6	0.15	1.74	O	12	0.32	0.80	1.12	0.22	13.44	3
Estribo	Viga de Cimentacion	6	0.15	1.27	O	9	0.32	0.80	1.12	0.22	10.08	2
											Total	99

Planilla de refuerzo transversal en vigas de cimentación												
Tipo	Elemento	Diámetro (mm)	Separación (m)	Longitud del elemento (m)	Tipo de doblez	Número de varillas	Longitud de anclaje (m)	Longitud de la varilla (m)	Longitud total de la varilla (m)	Peso por metro lineal (Kg)	Longitud total (m)	Peso total (Kg)
Refuerzo Transversal	Viga de Cimentacion	12	0.2	7.5	I	38	0.00	1.50	1.50	0.89	57.00	51
Refuerzo Transversal	Viga de Cimentacion	12	0.2	3.76	I	19	0.00	1.50	1.50	0.89	28.50	25
Refuerzo Transversal	Viga de Cimentacion	12	0.2	2.06	I	11	0.00	1.50	1.50	0.89	16.50	15
Refuerzo Transversal	Viga de Cimentacion	12	0.2	2.04	I	11	0.00	1.50	1.50	0.89	16.50	15
Refuerzo Transversal	Viga de Cimentacion	12	0.2	3.14	I	16	0.00	1.50	1.50	0.89	24.00	21
Refuerzo Transversal	Viga de Cimentacion	12	0.2	7.96	I	40	0.00	1.50	1.50	0.89	60.00	53
Refuerzo Transversal	Viga de Cimentacion	12	0.2	6.52	I	33	0.00	1.50	1.50	0.89	49.50	44
Refuerzo Transversal	Viga de Cimentacion	12	0.2	2.82	I	15	0.00	1.50	1.50	0.89	22.50	20
Refuerzo Transversal	Viga de Cimentacion	12	0.2	1.21	I	7	0.00	1.50	1.50	0.89	10.50	9
Refuerzo Transversal	Viga de Cimentacion	12	0.2	5.35	I	27	0.00	1.50	1.50	0.89	40.50	36
Refuerzo Transversal	Viga de Cimentacion	12	0.2	1.09	I	6	0.00	1.50	1.50	0.89	9.00	8
Refuerzo Transversal	Viga de Cimentacion	12	0.2	5.15	I	26	0.00	1.50	1.50	0.89	39.00	35
Refuerzo Transversal	Viga de Cimentacion	12	0.2	7.14	I	36	0.00	1.50	1.50	0.89	54.00	48
Refuerzo Transversal	Viga de Cimentacion	12	0.2	1.74	I	9	0.00	1.50	1.50	0.89	13.50	12
Refuerzo Transversal	Viga de Cimentacion	12	0.2	1.27	I	7	0.00	1.50	1.50	0.89	10.50	9
											Total	401

CIMENTACION DE PAREDES.



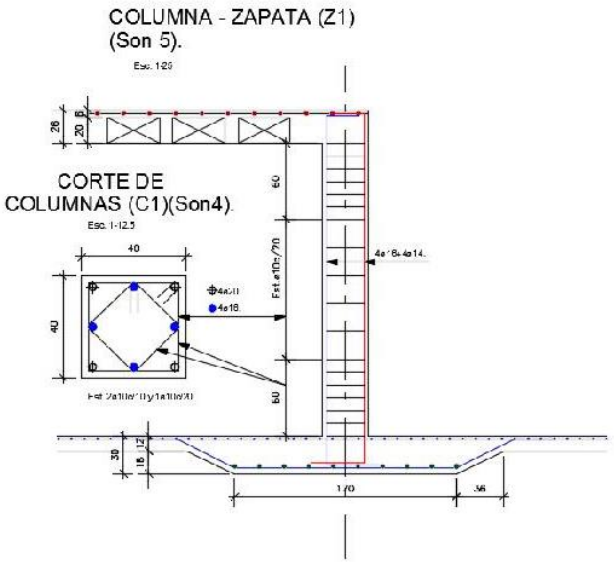


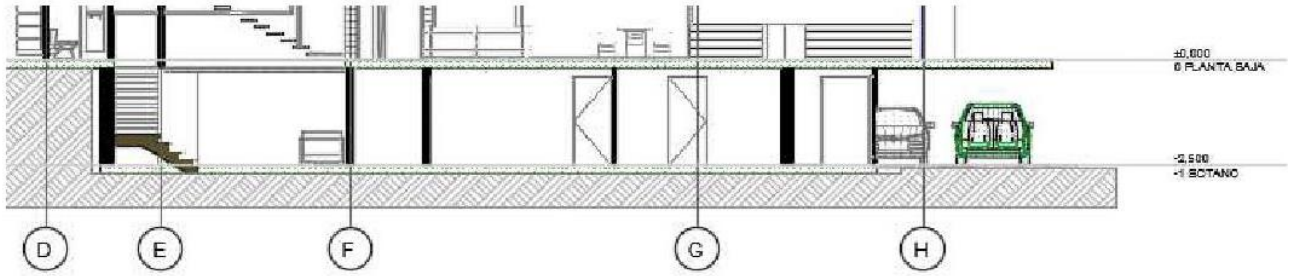
Resumen acero de refuerzo en vigas de cimentación		
Diametro	Longitud total	Peso total
[mm]	[m]	[Kg]
6	446.88	99.19
12	686.5	609.5
	Total	709

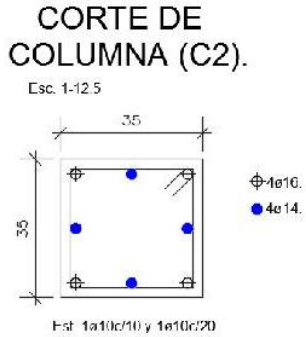
- **Columnas estructurales de sótano-planta baja**

Acero de refuerzo longitudinal en columnas de sótano-planta vaja (N-2.500 a N+0.000)										
Tipo	**Elemento**	**Diámetro (mm)**	**Longitud del elemento (m)**	**Tipo de doblez**	**Número de varillas**	**Traslapo**	**Longitud de la varilla (m)**	**Peso por metro lineal (Kg)**	**Longitud total (m)**	**Peso total (Kg)**
Varilla Longitudinal	Columnas C1	16	12.04	C	4	2.00	14.04	1.58	56.16	89
Varilla Longitudinal	Columnas C1	20	12.04	C	4	2.00	14.04	2.47	56.16	138
Varilla Longitudinal	Columna C2	14	3.01	C	4	2.00	5.01	1.21	20.04	24
Varilla Longitudinal	Columna C2	16	3.01	C	4	2.00	5.01	1.58	20.04	32
									Total	283

Nota en longitud del elemento: La longitud del elemento para la columna C1 está multiplicada por 4 porque son cuatro columnas tipo C1.
Nota en traslapo: La longitud de traslapo esta multiplicada por 2 y despues por 4 porque en cada columna la varilla tiene dos dobleces y son 4 varillas del mismo diametro en cada columna.







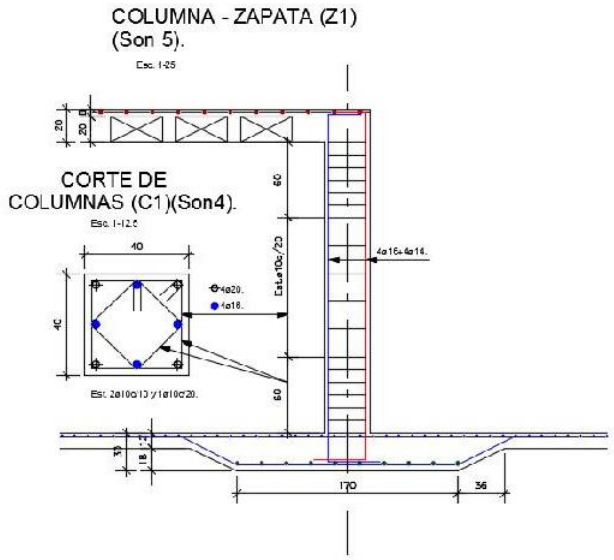
Acero de refuerzo para estribos de columnas de sótano-planta baja (N-2.500 a N+0.000)												
Tipo	**Elemento**	**Diámetro (mm)**	**Separación (m)**	**Longitud del elemento (m)**	**Tipo de doblez**	**Número de varillas**	**Longitud de anclaje (m)**	**Longitud de la varilla (m)**	**Longitud total de la varilla (m)**	**Peso por metro lineal (Kg)**	**Longitud total (m)**	**Peso total (Kg)**
Estribo 1	Columna C1	10	0.1	4.80	O	48	0.16	1.40	1.56	0.62	74.88	46
Estribo 1	Columna C1	10	0.2	5.20	O	26	0.16	1.40	1.56	0.62	40.56	25
Estribo 2	Columna C1	10	0.1	4.80	O	48	0.20	1.00	1.20	0.62	57.60	36
Estribo 1	Columna C2	10	0.1	1.20	O	12	0.14	1.20	1.34	0.62	16.08	10
Estribo 1	Columna C2	10	0.2	1.30	O	7	0.14	1.20	1.34	0.62	9.38	6
Estribo 2	Columna C2	10	0.1	1.20	O	12	0.14	0.84	0.98	0.62	11.76	7
											Total	130

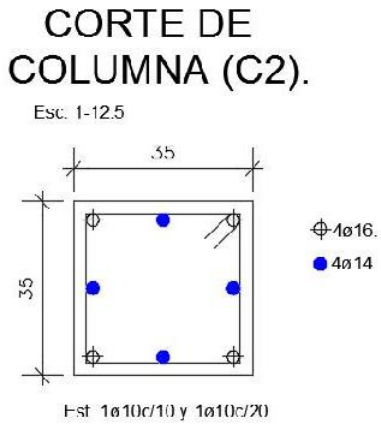
Nota de la longitud del elemento: Para las zonas de confinamiento la longitud se multiplica por 2 porque hay dos zonas. La longitud del elemento de las columnas tipo C1 se multiplica por 4 porque hay 4 columnas de ese tipo.

Longitud de ganchos columna tipo C1	
Longitud gancho estribo inclinado (m)	0.1
Longitud gancho estribo normal (m)	0.08

Longitud gancho Columna C2	0.07

Longitud de "lado" en estribo inclinado en columnas tipo C1	
Recubrimiento Ho. a ambos lados (cm)	2.5
Longitud horizontal (m)	0.175
Longitud vertical (m)	0.175
Longitud estribo inclinado en col. C1	0.247





Resumen acero de refuerzo en columnas		
Diametro	**Longitud total**	**Peso total**
[mm]	**[m]**	**[Kg]**
10	210.26	129.63
14	20.04	24.22
16	76.20	120.27
20	56.16	138.50
	Total	413

- **Columnas de confinamiento de sótano-planta baja**

Resumen cantidades columnas de confinamiento en paredes sótano							
Tipo	**Altura promedio**	**Cantidad requerida**	**Longitud Total**	**Longitud comercial vigas**	**Cantidad real requerida**	**Peso por viga**	**Peso total**
	[m]		**[m]**	**[m]**		**[Kg]**	**[Kg]**
Viga V2 Adelca	3.00	13.00	39.00	6.5	**6.00**	9.986	**59.916**

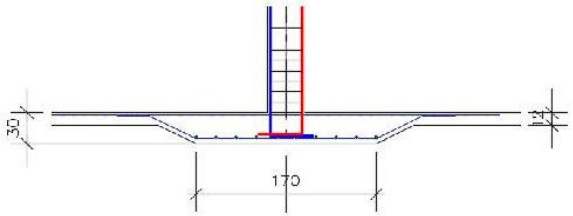
	VARILLAS LONGITUDINALES					ESTRIBOS		
TIPOS DE DE VIGAS	ARMADURA cm	Cant.	DIÁMETRO mm	PATA SUP. cm	PATA INF. cm	Cant.	mm	PESO TOTAL kg/6.50 m
V1*	10 x 10	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9,592
V2*	10 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9,986
V3*	15 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,376
V4*	10 x 20	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,376
V5*	10 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,014
V6*	15 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,757
V7*	10 x 20	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,757
V8*	15 x 15	4	12 corrug.	30	20	41c/15cm	6 corrug.	29,173
V9*	15 x 25	4	12 corrug.	30	20	41c/15cm	6 corrug.	30,997

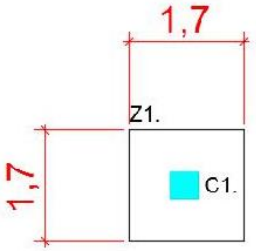
* En vigas desde V5 hasta V9; las Varillas son de Acero Sismoresistente y sus estribos de Varilla Trefilada

- **Zapatas**

Acero de refuerzo longitudinal en zapatas para columnas estructurales sótano-planta baja (N-2.500 a N+0.000)												
Tipo	**Elemento**	**Diámetro (mm)**	**Separación (m)**	**Longitud del elemento (m)**	**Tipo de doblez**	**Número de varillas**	**Longitud de anclaje (m)**	**Longitud de la varilla (m)**	**Longitud total de la varilla (m)**	**Peso por metro lineal (Kg)**	**Longitud total (m)**	**Peso total (Kg)**
Refuerzo Longitudinal Direccion 1	Zapata Z1	14	0.15	1.70	C	12	0.50	1.70	2.20	1.21	26.40	32
Refuerzo Longitudinal Direccion 2	Zapata Z1	14	0.15	1.70	C	12	0.50	1.70	2.20	1.21	26.40	32
											Total	64





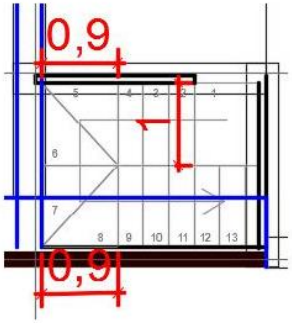


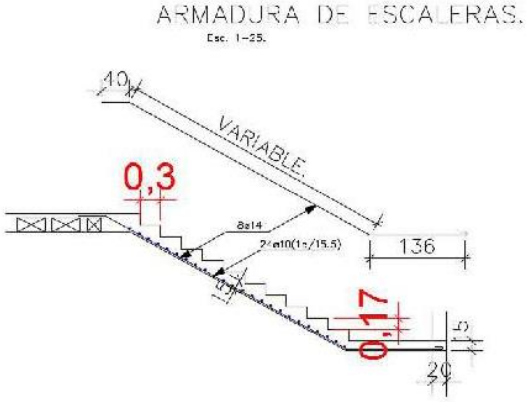
Resumen acero de refuerzo en zapatas				
Diámetro	**Longitud total por zapata**	**Peso total pot zapata**	**Longitud total de las 5 zapatas**	**Peso total de 5 zapatas**
[mm]	[m]	[Kg]	[m]	[Kg]
14	52.80	63.80	264.00	319.02
	Total	64	264	319

- **Escalera sótano-cocina**

Acero de refuerzo longitudinal y transversal para escalaera de sótano-cocina												
Tipo	**Elemento**	**Diámetro (mm)**	**Separación (m)**	**Longitud del elemento (m)**	**Tipo de doblez**	**Número de varillas**	**Longitud de anclaje (m)**	**Longitud de la varilla (m)**	**Longitud total de la varilla (m)**	**Peso por metro lineal (Kg)**	**Longitud total (m)**	**Peso total (Kg)**
Refuerzo Longitudinal Gradas Rectas	Escaleras Sotano-Cocina	14	0.13	1.00	C	8	1.76	3.45	5.21	1.21	41.67	50
Refuerzo Longitudinal Descanso	Escaleras Sotano-Cocina	14	0.12	0.90	C	8	1.76	2.00	3.76	1.21	30.08	36
Refuerzo Transversal Gradas Rectas	Escaleras Sotano Cocina	10	0.15	3.45	C	24	0.00	1.00	1.00	0.62	24.00	15
Refuerzo Transversal Descanso	Escaleras Sotano Cocina	10	0.085	2.00	C	24	0.00	0.90	0.90	0.62	21.60	13
											Total	115

Nota de longitud de la varilla: Para longitudes gradas rectangulares se multiplica por 10 porque son 10 gradas rectangulares.



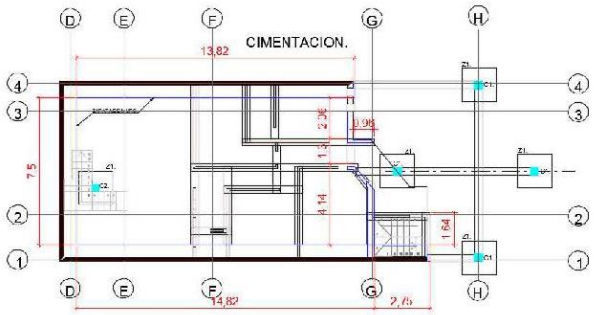


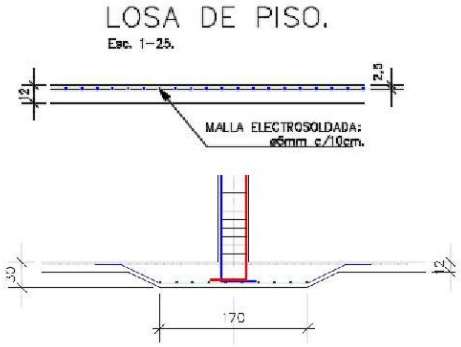
Resumen acero de refuerzo en escalera		
Diametro	**Longitud Total**	**Peso Total**
[mm]	**[m]**	**[Kg]**
10	45.60	28.11
14	71.75	86.70

- **Malla electrosoldada R-84**

Malla electrosoldada Tipo R-84 para losa de piso y zapatas						
Tipo	**Elemento**	**Diámetro (mm)**	**Separación (m)**	**Largo (m)**	**Ancho (m)**	**Área (m2)**
Malla Electrosoldada Tipo R-84	Losa de Piso	5	0.1	13.82	3.9	53.90
Malla Electrosoldada Tipo R-84	Losa de Piso	5	0.1	14.82	4.14	61.35
Malla Electrosoldada Tipo R-84	Aumento Viga Cimentacion	5	0.1	0.96	0.38	0.36
Malla Electrosoldada Tipo R-84	Aumento Escaleras	5	0.1	2.75	1.64	4.51
Malla Electrosoldada Tipo R-84	Zapatas Z1 (5)	5	0.1	1.7	1.7	14.45
					Total	135

Nota acerca del área: El área de la zapata se multiplica por 5 porque hay cinco zapatas tipo Z1.





- **Resumen de cantidades de acero de refuerzo, vigas electrosoldadas y malla electrosoldada en sótano**

Resumen acero de refuerzo sótano			
Diametro	**Longitud Total**	**Peso Total**	**Numero de Varillas**
[mm]	**[m]**	**[Kg]**	**[u]**
6	447	99	38
10	255.86	157.75	22
12	3518	3124	294
14	355.79	429.94	30
16	196.35	309.91	17
20	56.16	138.50	5

Resumen vigas electrosoldadas sótano			
Tipo	**Fabricante**	**Cantidad de vigas**	**Peso total [Kg]**
Viga electrosoldada V2	Adelca	6.00	59.916

Resumen de malla electrosoldada		
Tipo	**Elemento**	**Area [m2]**
Malla Electrosoldada Tipo R-84	Losa alivianada	120.13
Malla Electrosoldada Tipo R-84	Zapatas	14.45
	Total	**135.00**

1.2.2.8. Resumen de cantidades de obras preliminares y sótano

Resumen de cantidades de obra		
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**
TRABAJOS PRELIMINARES		
Desbroce y limpieza de terreno	m2	886.88
Replanteo y nivelación de áreas	m2	345.45
Material de Reposicion (Incluye esponjamiento)	m3	56.00
Relleno compactado	m3	56.00
CIMENTACIÓN		
Excavación mecanica en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad,	m3	200.00
Material de Reposicion (Incluye esponjamiento)	m3	48.00
Relleno compactado	m3	48.00
Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	35.27
Cargada de Material a maquina	m3	44.08
Transporte de materiales más de 5 Km	m3-km	44.08
Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (Colocado)	m3	3.01
Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado) para vigas, zapata muro y zapatas aisladas	Kg	1,605.00
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	134.58
Encofrado recto de madera	m2	20.13
Hormigon premezclado f´c=240 kg/cm2 (Hormi-Azuay) + Colocación	m3	32.89
SÓTANO		
MURO DE CONTENCIÓN SÓTANO		
Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado) para pantalla muro	Kg	2,126.90
Encofrado metálico recto para muros	m2	101.13
Hormigon premezclado f´c=240 kg/cm2 (Hormi-Azuay) + Colocación en pantalla muro	m3	20.03
COLUMNAS SÓTANO PLANTA BAJA		
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	412.62
Encofrado recto de madera para columnas	m2	19.50
Hormigon premezclado f´c=240 kg/cm2 (Hormi-Azuay) + Colocación en columnas	m3	1.91
MAMPOSTERÍA SÓTANO		
Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3	m2	115.13
Mamposteria de ladrillo panelon invertido con mortero 1:3	m2	10.48
Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2	m	39.00
Encofrado recto de madera para columnas	m2	11.38
Hormigón Simple f"c= 240 Kg/cm2	m3	0.98
Enlucido con mortero cemento-arena 1:3	m2	222.23
INSTALACIONES SANITARIAS SÓTANO		
Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros	u	6.00
Suministro de inodoro	u	2.00
Suministro de lavamanos	u	2.00
Suministro de ducha	u	1.00
ESCALERAS DE HORMIGÓN ARMADO SÓTANO - PLANTA BAJA		
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	114.81
Encofrado recto de madera para escaleras	m2	6.89
Hormigón Simple f"c= 240 Kg/cm2	m3	2.17
ESCALERA METÁLICA SÓTANO - PLANTA BAJA		
Escalera metálica	huella	17.00
VENTANAS SÓTANO		
Sum.+ Inst. Ventana	m2	1.20
PUERTAS SÓTANO		
Sum. + Inst. Puerta interior	u	6.00
Sum. + Inst. Puerta exterior	u	1.00

1.2.3. Planta baja

1.2.3.1. Excavación manual

Excavación manual para la losa de piso maciza en el área de dormitorios (Ejes 1-4 y A-F)					
Elemento	Largo [m]	Ancho [m]	Altura [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Losa de Piso	9.89	7.2	0.12	1	8.54
				Subtotal	**8.54**

Excavación manual para vigas de cimentación en el área de dormitorios (Ejes 1-4 y A-F)					
Elemento	Altura [m]	Ancho	Longitud [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Viga de Cimentación 1	0.18	0.36	9.89	3	1.92
Viga de Cimentación 2	0.18	0.36	6.12	2	0.79
Viga de Cimentación 3	0.18	0.36	1.44	1	0.09
Aumento para Replantillo	0.05	0.36	23.45	1	0.42
				Subtotal	**3.23**

Resumen excavación manual en planta baja	
Elemento	**Volumen [m3]**
Losa de Piso	8.54
Vigas de Cimentacion	3.23
Subtotal	**11.78**

1.2.3.2. Hormigón simple

- **Área dormitorios entre ejes 1-4 y A-F**

Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para losa de piso maciza área dormitorios (Ejes 1-4 y A-E)					
Elemento	Largo [m]	Ancho [m]	Altura [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Losa de Piso Maciza	9.89	7.2	0.12	1	8.54
				Subtotal	**8.54**

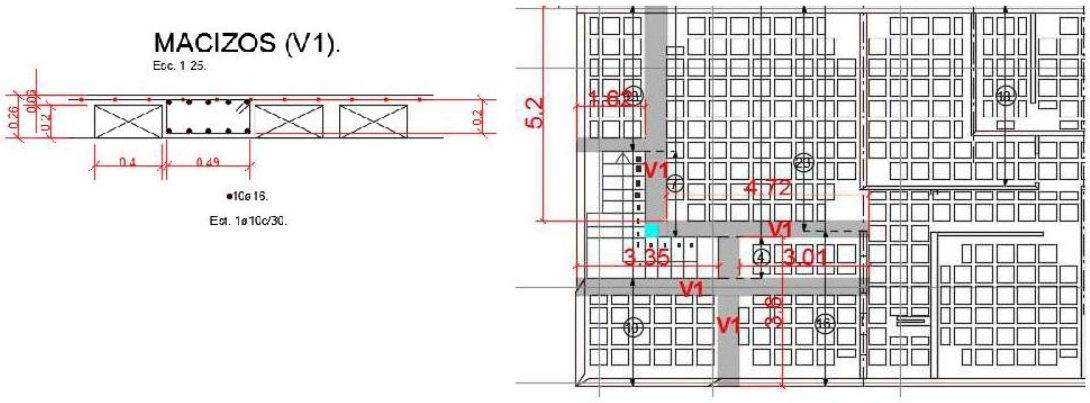
Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para vigas de cimentación de planta baja área dormitorios (Ejes 1-4 y A-E)					
Elemento	Altura [m]	Ancho	Longitud [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Viga de Cimentación 1 Losa Maciza	0.18	0.36	9.89	3	1.92
Viga de Cimentación 2 Losa Maciza	0.18	0.36	6.12	2	0.79
Viga de Cimentación 3 Losa Maciza	0.18	0.36	1.44	1	0.09
				Subtotal	**2.81**

Replantillo de hormigón f'c= 180 Kg/cm2 para vigas de cimentación de planta baja área dormitorios (Ejes 1-4 y A-E)					
Elemento	Altura [m]	Ancho	Longitud [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Aumento para Replantillo	0.05	0.36	23.45	1	0.42
				Subtotal	**0.42**

- **Losa alivianada entre ejes 1-4 y E-H**

Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para vigas tipo V1 en losa alivianada					
Elemento	Altura [m]	Ancho [m]	Longitud [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Viga 1 V1 Losa Alivianada	0.07	0.55	5.2	1	0.20
Viga 2 V1 Losa Alivianada	0.07	0.55	1.62	1	0.06
Viga 3 V1 Losa Alivianada	0.07	0.55	4.72	1	0.18
Viga 4 V1 Losa Alivianada	0.07	0.55	3.35	1	0.13
Viga 5 V1 Losa Alivianada	0.07	0.55	3.01	1	0.12
Viga 6 V1 Losa Alivianada	0.07	0.55	3.6	1	0.14
				Subtotal	**0.83**

Nota: El recubrimiento de hormigón es de 2.5 cm a cada lado

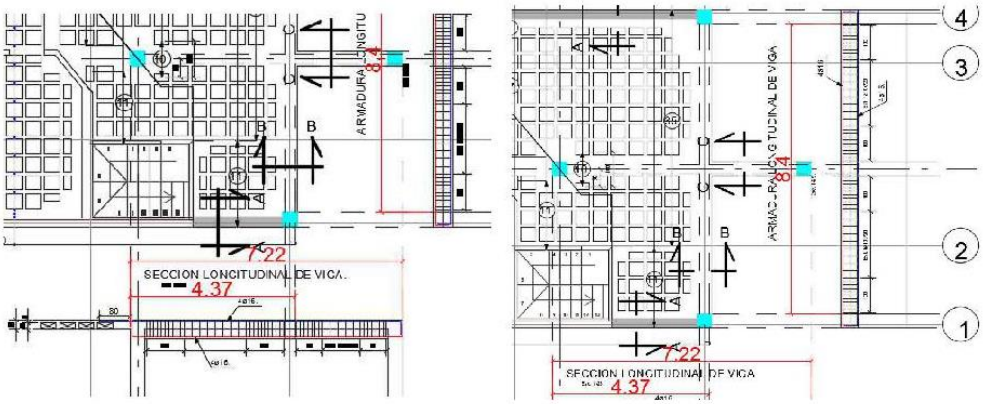


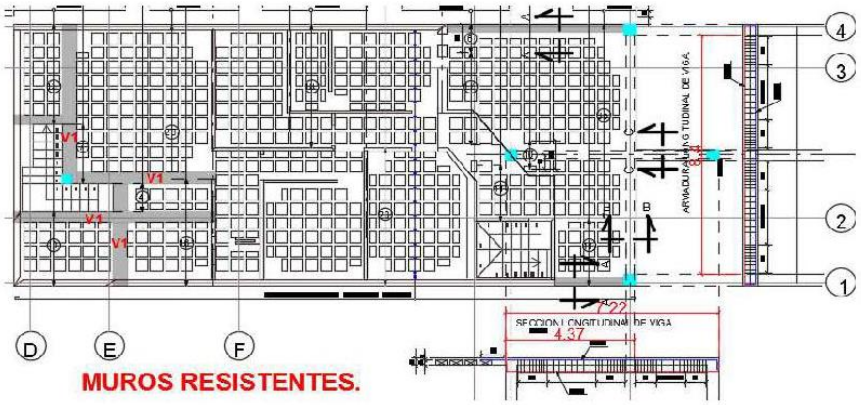
Alivianamiento casetonado					
Elemento	Altura [m]	Ancho [m]	Longitud [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Casetones de Bloques Dobles	0.4	0.4	0.2	421	13.47
Casetones de Bloques Simples	0.4	0.2	0.2	117	1.87
				Subtotal	**15.34**

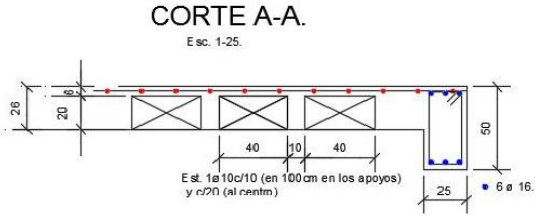


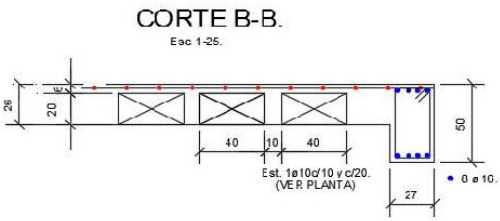
- **Vigas cargadoras en losa aliviana en la zona del “deck”**

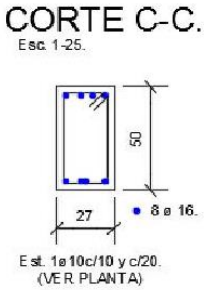
Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para vigas en losa alivianada zona "deck"					
Elemento	Altura	Ancho	Longitud	Cantidad	Volumen
	[m]	[m]	[m]		[m3]
Viga Deck 1 (Corte A-A)	0.5	0.25	4.37	2	4.37
Viga Deck 2 (Corte B-B)	0.5	0.27	8.4	1	4.20
Viga Deck 3 (Corte C-C)	0.5	0.27	7.22	1	3.61
				Subtotal	12.18





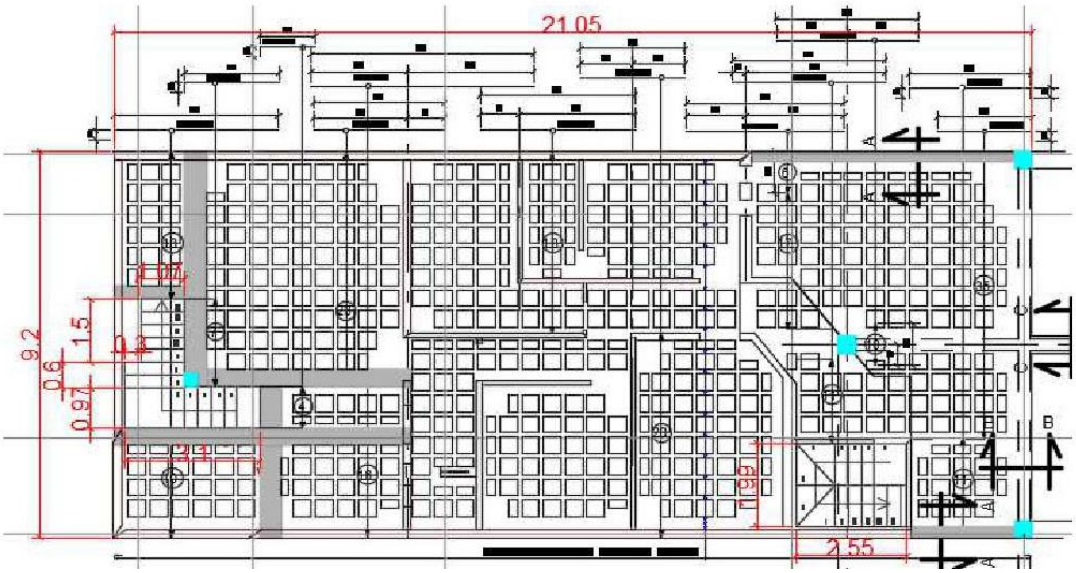






- **Hormigón en losa alivianada entre ejes 1-4 y E-H**

Volumen de hormigón en losa alivianada (sin vigas V1 ni casetones de pómez)					
Elemento	Altura [m]	Ancho [m]	Longitud [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Losa Alivianada	21.05	9.2	0.26	1	50.35
Descuento Casetones					-15.34
Descuento Escaleras Sotano-Planta Baja	3.1	0.97	0.26	1	-0.78
	0.6	0.3	0.26	1	-0.05
	1.5	1.07	0.26	1	-0.42
	0.6	1.07	0.26	1	-0.17
Descuento Escaleras Sotano-Cocina	2.55	1.99	0.26	1	-1.32
Descuento Vigas Macizas V1					-0.83
				Subtotal	**31.45**



- **Columnas estructurales de planta baja-planta alta**

Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para columnas estructurales de planta baja-planta alta					
Elemento	Altura [m]	Ancho [m]	Longitud [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Columna C1 seccion reducida	0.3	0.3	3	2	0.54
Columna C3 1	0.3	0.3	3	1	0.27
Columna C3 2	0.3	0.3	3	1	0.27
Columna C3 3	0.3	0.3	3	1	0.27
Columna C3 4	0.3	0.3	3	1	0.27
Columna L 1	0.15	0.15	3	3	0.20
Columna L 2	0.15	0.15	3	3	0.20
				Subtotal	**2.03**

- **Vigas y columnas de confinamiento**

Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para columnas de confinamiento en paredes					
Elemento	Altura [m]	Ancho [m]	Longitud [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Viga V2 Adelca	0.15	0.2	2.5	23	1.73
				Subtotal	**1.73**

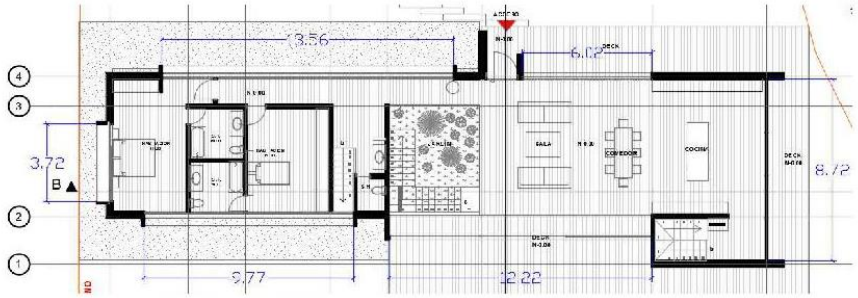
Nota: Recubrimiento de 2.5 a cada lado de la columna.

	VARILLAS LONGITUDINALES					ESTRIBOS		
TIPOS DE DE VIGAS	ARMADURA cm	Cant.	DIAMETRO mm	PATA SUP. cm	PATA INF. cm	Cant.	mm	PESO TOTAL kg/6.50 m
V1*	10 x 10	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9,592
V2*	10 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9,986
V3*	15 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,376
V4*	10 x 20	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,376
V5*	10 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5.5 corrug.	17,014
V6*	15 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5.5 corrug.	17,757
V7*	10 x 20	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5.5 corrug.	17,757
V8*	15 x 15	4	12 corrug.	30	20	41c/15cm	6 corrug.	29,173
V9*	15 x 25	4	12 corrug.	30	20	41c/15cm	6 corrug.	30,997

* En vigas desde V5 hasta V9; las Varillas son de Acero Sismoresistente y sus estribos de Varilla Trefilada

Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para vigas de confinamiento en ventanas							
Habitacion	Elemento	Tipo	Largo [m]	Ancho [m]	Altura [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Cocina	Ventana 1	Viga V2 Adelca	6.02	0.15	0.2	2	0.36
	Ventana 2	Viga V2 Adelca	8.72	0.15	0.2	2	0.52
Sala-Comedor	Ventana 1	Viga V2 Adelca	12.22	0.15	0.2	2	0.73
Dormitorio Hijo 1- Hijo 2	Ventana 1	Viga V2 Adelca	9.76	0.15	0.2	2	0.59
Dormitorio Hijo 2	Ventana 1	Viga V2 Adelca	3.72	0.15	0.2	2	0.22
Pasillo	Ventana 1	Viga V2 Adelca	13.56	0.15	0.2	2	0.81
						Subtotal	**3.24**

Nota: Son dos vigas de confinamiento por ventana (una arriba y otra abajo)



- **Resumen de cantidades de hormigón**

Resumen Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 planta baja	
Elemento	**Volumen [m3]**
Losa de Piso Maciza	8.54
Vigas de Cimentacion Planta Baja	2.81
Vigas Macizas V1	0.83
Vigas Volado Deck	12.18
Losa Alivianada	31.45
Columnas estructurales	2.03
Columnas de confinamiento	1.73
Vigas confinamiento en ventanas	3.24
Subtotal	**62.80**

Resumen Hormigón f'c= 180 Kg/cm2 planta baja	
Elemento	**Volumen [m3]**
Vigas de Cimentacion Planta Baja	0.42
Subtotal	**0.42**

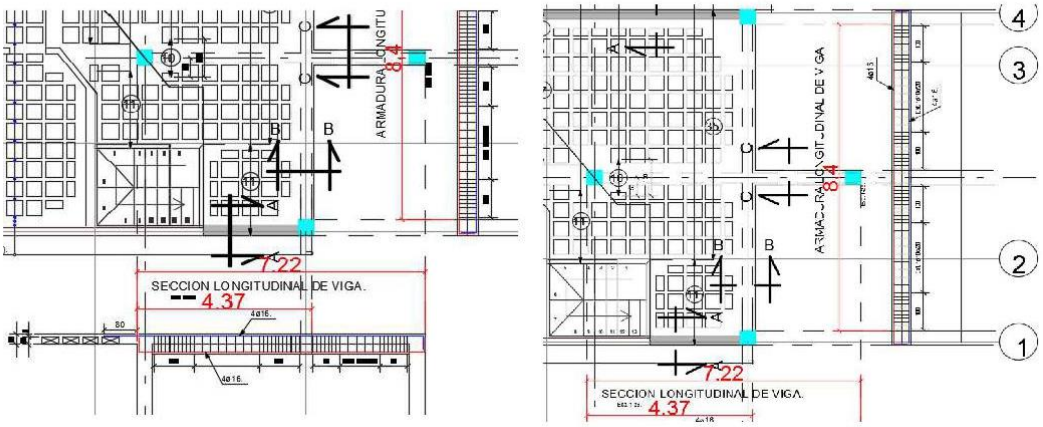
1.2.3.3. Encofrado recto

- **Losa maciza entre ejes 1-4 y A-E**

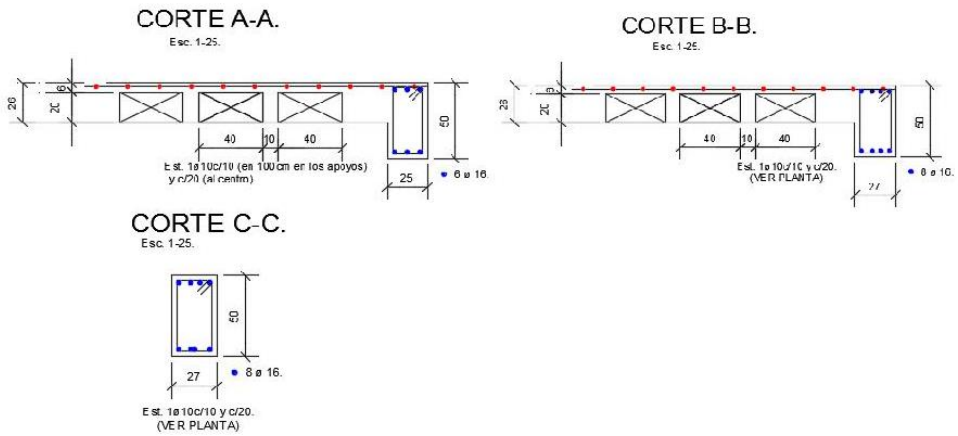
Encofrado lateral para losa de piso maciza entre ejes 1-4 y A-E				
Elemento	Largo [m]	Altura [m]	Cantidad	Área [m2]
Losa de Piso Maciza	9.89	0.3	2	5.93
Losa de Piso Maciza	7.2	0.3	1	2.16
			Subtotal	**5.93**

- **Vigas cargadoras en zona “deck”**

Encofrado para vigas en losa alivianada zona "deck"				
Elemento	Longitud [m]	Altura [m]	Cantidad	Área [m2]
Viga Deck 1 (Corte A-A) Lado 1	4.37	0.5	2	4.37
Viga Deck 1 (Corte A-A) Lado 2	4.37	0.25	1	1.09
Viga Deck 1 (Corte A-A) Lado 3	0.25	0.5	1	0.13
Viga Deck 2 (Corte B-B) Lado 1	8.4	0.5	2	8.40
Viga Deck 2 (Corte B-B) Lado 2	8.4	0.27	1	2.27
Viga Deck 2 (Corte B-B) Lado 3	0.27	0.5	1	0.14
Viga Deck 3 (Corte C-C) Lado 1	7.22	0.5	2	7.22
Viga Deck 3 (Corte C-C) Lado 2	7.22	0.27	1	1.95
Viga Deck 3 (Corte C-C) Lado 3	0.27	0.5	1	0.14
			Subtotal	**23.61**





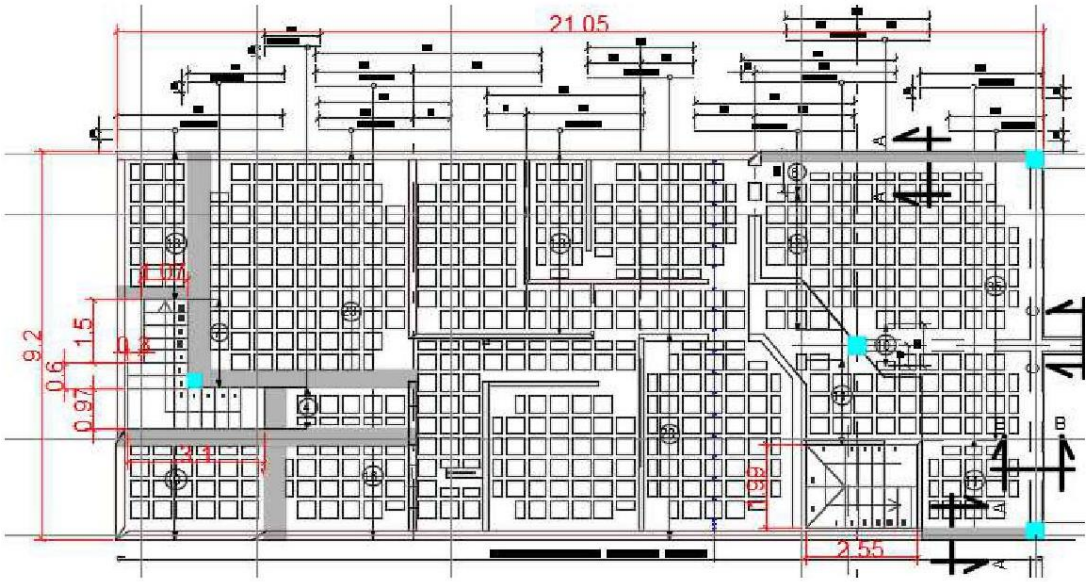


- **Losa alivianada entre ejes 1-4 y E-H**

Encofrado inferior de losa alivianada				
Elemento	Longitud [m]	Altura [m]	Cantidad	Área [m2]
Encofrado inferior	21.05	9.2	1	193.66
Descuento Escaleras Sotano-Planta Baja	3.1	0.97	1	-3.01
	0.6	0.3	1	-0.18
	1.5	1.07	1	-1.61
	0.6	1.07	1	-0.64
Descuento Escaleras Sotano-Cocina	2.55	1.99	1	-5.07
			Subtotal	**183.15**

Encofrado lateral de losa alivianada				
Elemento	Longitud [m]	Altura [m]	Cantidad	Área [m2]
Encofrado lateral lado 1	21.05	0.3	2	12.63
Encofrado lateral lado 2	9.2	0.3	1	2.76
Escaleras Sotano-Planta Baja	3.1	0.3	1	0.93
	0.97	0.3	1	0.29
	0.6	0.3	1	0.18
	0.3	0.3	1	0.09
	1.5	0.3	1	0.45
	1.07	0.3	1	0.32
	2.1	0.3	1	0.63
	1.73	0.3	1	0.52
Escaleras Sotano-Planta Baja	2.55	0.3	2	1.53
	1.99	0.3	2	1.19
			Subtotal	**21.53**

Cantidad de casetones por metro cuadrado de losa		
Concepto	**Unidad**	**Cantidad**
Número total de casetones en la losa	u	959
Área efectiva de losa	m2	183.15
Casetones simples por m2	u/m2	5.24



- **Columnas estructurales**

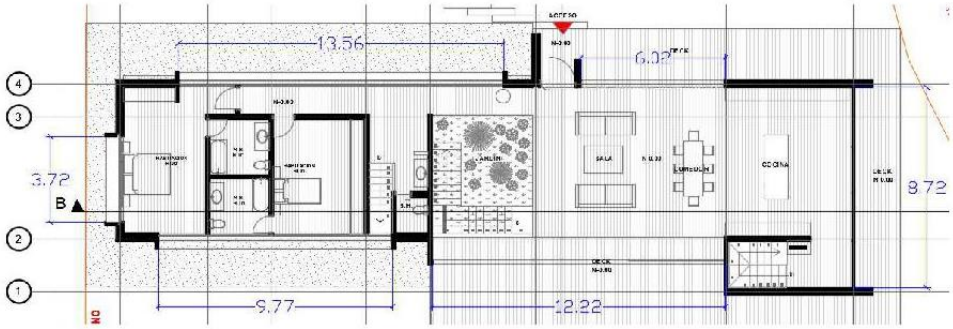
Encofrado metálico recto para columnas estructurales planta baja - planta alta				
Elemento	**Longitud [m]**	**Altura [m]**	**Cantidad**	**Área [m2]**
Columna C1 seccion reducida	0.3	3	8	7.20
Columna C3 1	0.3	3	4	3.60
Columna C3 2	0.3	3	4	3.60
Columna C3 3	0.3	3	4	3.60
Columna C3 4	0.3	3	4	3.60
Columna C3 5	0.3	3	4	3.60
Columna C3 6	0.3	3	4	3.60
Columna L 1 Lado 1	0.15	3	2	0.90
Columna L 1 Lado 2	0.3	3	2	1.80
Columna L 2 Lado 1	0.15	3	2	0.90
Columna L 2 Lado 2	0.3	3	2	1.80
			Subtotal	**34.20**

Nota 1 de cantidad: Para columna C1 sección reducida son dos columnas y cada una tiene 4 lados (4*2=8)
Nota 2 de cantidad: Para columnas C3 1 - C3 6 la cantidad es 4 porque cada una tiene 4 lados y solo hay una columna de su tipo (4*1=4)
Nota 3 de cantidad: Para columnas L se consideran solo 2 lados para encofrar ya que sus otros dos lados se pierden en la mampostería.

- **Vigas y columnas de confinamiento**

Encofrado de madera para vigas de confinamiento en ventanas						
Habitacion	Elemento	Tipo	Largo [m]	Lado [m]	Cantidad	Area [m2]
Cocina	Ventana 1	Viga V2 Adelca	8.72	0.15	1	1.31
	Ventana 1	Viga V2 Adelca	8.72	0.2	4	6.98
Sala-Comedor	Ventana 1	Viga V2 Adelca	6.02	0.15	1	0.90
	Ventana 1	Viga V2 Adelca	6.02	0.2	2	2.41
	Ventana 2	Viga V2 Adelca	12.22	0.15	1	1.83
	Ventana 2	Viga V2 Adelca	12.22	0.2	2	4.89
Dormitorio Hijo 1- Hijo 2	Ventana 1	Viga V2 Adelca	9.76	0.15	1	1.46
	Ventana 1	Viga V2 Adelca	9.76	0.2	4	7.81
Dormitorio Hijo 2	Ventana 1	Viga V2 Adelca	3.72	0.15	1	0.56
	Ventana 1	Viga V2 Adelca	3.72	0.2	4	2.98
Pasillo	Ventana 1	Viga V2 Adelca	13.56	0.15	1	2.03
	Ventana 1	Viga V2 Adelca	13.56	0.2	4	10.85
					Subtotal	**44.00**

Nota de cantidad: En las cantidades que muestra que se encofra solo 1 lado significa que se requiere encofrar solamente el lado inferior de la viga de confinamiento sobre la ventana.



Encofrado recto para columnas de confinamiento en paredes				
Elemento	Ancho [m]	Altura promedio [m]	Cantidad	Area [m2]
Viga V2 Adelca	0.15	3	23	10.35
Viga V2 Adelca	0.2	3	23	13.80
			Subtotal	**24.15**

Nota de cantidad: En cada columna solo se encofran 2 lado porque los 2 lados restantes los delimitan la mampostería de ladrillo (se pierden en la mampostería).

	VARILLAS LONGITUDINALES					ESTRIBOS		
TIPOS DE DE VIGAS	ARMADURA cm	Cant.	DIÁMETRO mm	PATA SUP. cm	PATA INF. cm	Cant.	mm	PESO TOTAL kg/6.50 m
V1*	10 x 10	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9,592
V2*	10 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9,986
V3*	15 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,376
V4*	10 x 20	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,376
V5*	10 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,014
V6*	15 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,757
V7*	10 x 20	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,757
V8*	15 x 15	4	12 corrug	30	20	41c/15cm	6 corrug.	29,173
V9*	15 x 25	4	12 corrug	30	20	41c/15cm	6 corrug.	30,997

* En vigas desde V5 hasta V9; las Varillas son de Acero Sismoresistente y sus estribos de Varilla Trefilada

- **Resumen de cantidades de encofrado**

Resumen encofrado recto planta baja	
Elemento	**Area [m2]**
Encofrado de madera lateral losa de piso maciza	5.93
Encofrado de madera para vigas Deck	23.61
Encofrado metalico inferior losa alivianada	183.15
Encofrado metalico lateral losa alivianada	21.53
Encofrado metálico para columnas	34.20
Encofrado de madera para vigas confinamiento ventanas	44.00
Encofrado de madera para columnas de confinamiento paredes	24.15
Subtotal encofrado metálico	**238.88**
Subtotal encofrado madera	**97.70**
Total encofrado planta baja	**336.58**

1.2.3.4. Acero de refuerzo

- **Vigas de cimentación**

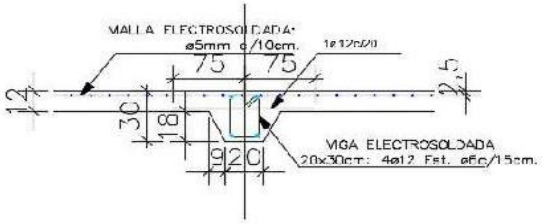
Acero de refuerzo longitudinal para vigas de cimentación en el área de dormitorios										
Tipo	**Elemento**	**Diámetro (mm)**	**Longitud del elemento (m)**	**Tipo de doblez**	**Número de varillas**	**Traslapo**	**Longitud de la varilla (m)**	**Peso por metro lineal (Kg)**	**Longitud total (m)**	**Peso total (Kg)**
Varilla Longitudinal	Viga de Cimentación 1 Losa Maciza	12	29.67	C	4	0.10	29.77	0.89	119.08	106
Varilla Longitudinal	Viga de Cimentación 2 Losa Maciza	12	21.60	C	4	0.10	21.70	0.89	86.8	77
Varilla Longitudinal	Viga de Cimentación 3 Losa Maciza	12	1.44	C	4	0.10	1.54	0.89	6.16	5
									Total	188

Nota de la longitud del elemento: Son 3 vigas de 9.98 m, 2 de 7,2 m y 1 de 1.44 m.
Nota de traslapo: Cada perfil C tiene dos ganchos de 5 cm.
Nota general: Se construirá con la misma configuración que las vigas de cimentación de planta baja.

Acero de refuerzo en estribos para las vigas de cimentación en el área de dormitorios												
Tipo	**Elemento**	**Diámetro (mm)**	**Separación (m)**	**Longitud del elemento (m)**	**Tipo de doblez**	**Número de varillas**	**Longitud de anclaje (m)**	**Longitud de la varilla (m)**	**Longitud total de la varilla (m)**	**Peso por metro lineal (Kg)**	**Longitud total (m)**	**Peso total (Kg)**
Estribo	Viga de Cimentación 1	6	0.15	29.67	O	198	0.32	0.80	1.12	0.22	221.76	49
Estribo	Viga de Cimentación 2	6	0.15	21.60	O	144	0.32	0.80	1.12	0.22	161.28	36
Estribo	Viga de Cimentación 3	6	0.15	1.44	O	10	0.32	0.80	1.12	0.22	11.20	2
											Total	88

Nota de la longitud del elemento: Son 3 vigas de 9.98 m, 2 de 7,2 m y 1 de 1.44 m.

CIMENTACION DE PAREDES.



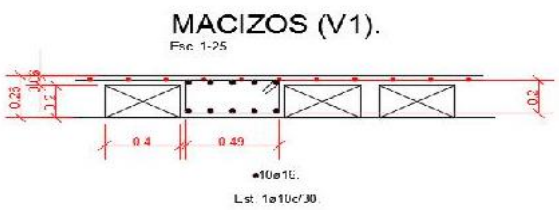
Resumen de refuerzo en vigas de cimentación en losa maciza		
Diametro	**Longitud total**	**Peso total**
[mm]	**[m]**	**[Kg]**
6	394.24	87.50
12	212.04	188.25
	Total	276

- **Vigas V1 (macizos) en la losa alivianada**

Acero de refuerzo para estribos en vigas V1 (mazicos) en la losa alivianada												
Tipo	Elemento	Diámetro (mm)	Separación (m)	Longitud del elemento (m)	Tipo de doblez	Número de varillas	Longitud de anclaje (m)	Longitud de la varilla (m)	Longitud total de la varilla (m)	Peso por metro lineal (Kg)	Longitud total (m)	Peso total (Kg)
Estribo	Viga 1 V1 Losa Alivian	10	0.3	5.63	O	19	0.18	1.38	1.56	0.62	29.64	18
Estribo	Viga 2 V1 Losa Alivian	10	0.3	2.12	O	8	0.18	1.38	1.56	0.62	12.48	8
Estribo	Viga 3 V1 Losa Alivian	10	0.3	5.22	O	18	0.18	1.38	1.56	0.62	28.08	17
Estribo	Viga 4 V1 Losa Alivian	10	0.3	6.85	O	23	0.18	1.38	1.56	0.62	35.88	22
Estribo	Viga 5 V1 Losa Alivian	10	0.3	4.00	O	14	0.18	1.38	1.56	0.62	21.84	13
											Total	79

Nota de traslapo: Los ganchos son de 9 cm.

Acero de refuerzo longitudinal para vigas V1 (macizos) en la losa alivianada										
Tipo	Elemento	Diámetro (mm)	Longitud del elemento (m)	Tipo de doblez	Número de varillas	Traslapo	Longitud de la varilla (m)	Peso por metro lineal (Kg)	Longitud total (m)	Peso total (Kg)
Varilla Longitudinal	Viga 1 V1 Losa Alivianada	16	5.63	C	10	0.00	5.63	1.58	56.30	89
Varilla Longitudinal	Viga 2 V1 Losa Alivianada	16	2.12	C	10	0.00	2.12	1.58	21.20	33
Varilla Longitudinal	Viga 3 V1 Losa Alivianada	16	5.22	C	10	0.00	5.22	1.58	52.20	82
Varilla Longitudinal	Viga 4 V1 Losa Alivianada	16	6.85	C	10	0.00	6.85	1.58	68.50	108
Varilla Longitudinal	Viga 5 V1 Losa Alivianada	16	4.00	C	10	0.00	4.00	1.58	40.00	63
									Total	376





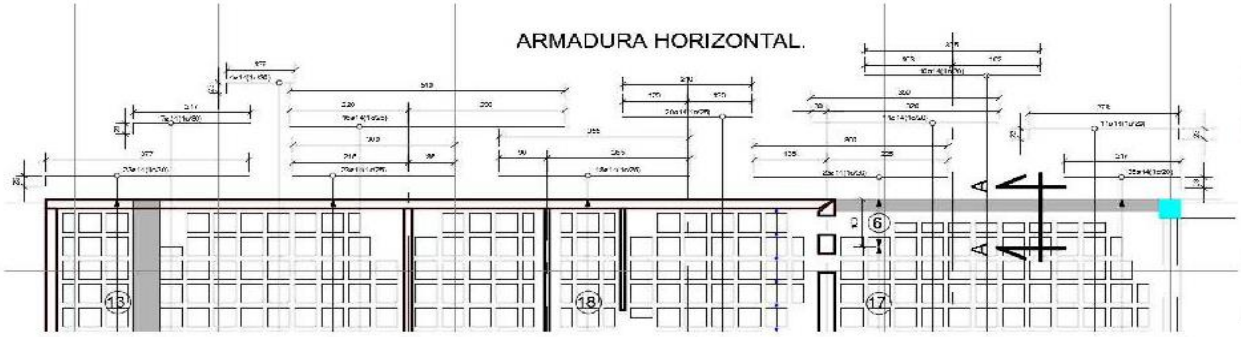
Resumen del acero de refuerzo en las vigas V1 (macizos) en la losa alivianada		
Diametro	Longitud total	Peso total
[mm]	[m]	[Kg]
10	127.92	78.87
16	238.20	375.96
	Total	455

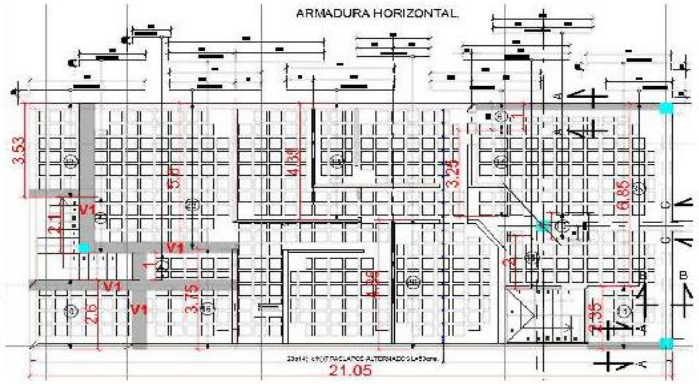
- **Losa alivianada entre ejes 1-4 y E-H**

Acero de refuerzo para armadura "horizontal" en losa alivianada (nomenclatura de acuerdo al plano)												
Tipo	Elemento	Diámetro (mm)	Separación (m)	Longitud del elemento (m)	Tipo de doblez	Número de varillas	Longitud de anclaje (m)	Longitud de la varilla (m)	Longitud total de la varilla (m)	Peso por metro lineal (Kg)	Longitud total (m)	Peso total (Kg)
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.3	3.53	L	13	0.23	3.77	4.00	1.21	52.00	63
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.3	2.1	L	7	0.23	2.17	2.40	1.21	16.80	20
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.3		L	4	0.23	1.27	1.50	1.21	6.00	7
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.25		I	23	0.00	3.00	3.00	1.21	69.00	83
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.25		I	16	0.00	5.10	5.10	1.21	81.60	99
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.25		I	18	0.00	3.55	3.55	1.21	63.90	77
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.25		I	18	0.00	2.40	2.40	1.21	43.20	52
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.2		I	23	0.00	3.60	3.60	1.21	82.80	100
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.2		I	11	0.00	3.50	3.50	1.21	38.50	47
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.2		I	10	0.00	3.25	3.25	1.21	32.50	39
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.2		L	35	0.23	2.17	2.40	1.21	84.00	102
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.2		C	11	0.46	2.78	3.24	1.21	35.64	43
Armadura Horizontal (Traslapos Alternados)	Losa Alivianada	14	1 cada mitad de nervio		I	20	2.40	21.05	23.45	1.21	469.00	567
											Total	1299

Nota de longitud del elemento: No se coloca la longitud del elemento ya que la misma al dividirla entre la separación, sirve para calcular el número de varillas en cada zona, y este detalle ya se encuentra en el plano. A manera de ejemplo, para el primer valor del número de varillas la longitud de la zona donde estarán repartidas las varillas es de 3.73 m con sepración de 30cm, entonces 3.73/0.3= 12. 43 = 13 varillas, pero este número ya se encuentra en el plano para cada zona.

Nota de traslapo: Hay 4 zonas de traslapos en la longitud de 21.05 m

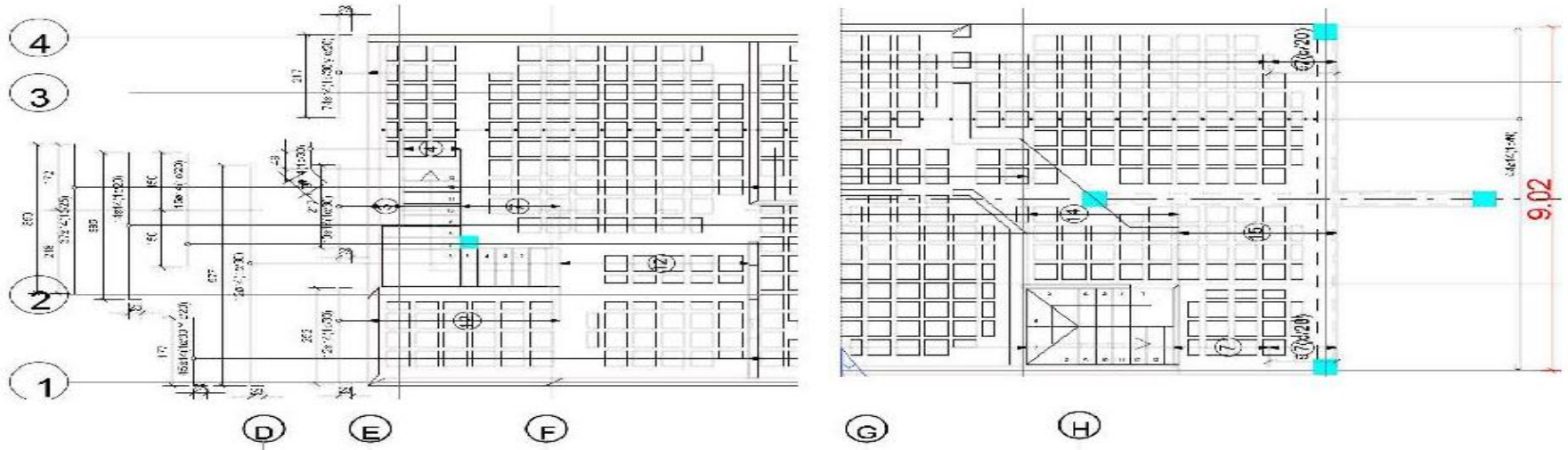






Acero de refuerzo para armadura "vertical" en losa alivianada (nomenclatura de acuerdo al plano)												
Tipo	Elemento	Diámetro (mm)	Separación (m)	Longitud del elemento (m)	Tipo de doblez	Número de varillas	Longitud de anclaje (m)	Longitud de la varilla (m)	Longitud total de la varilla (m)	Peso por metro lineal (Kg)	Longitud total (m)	Peso total (Kg)
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.3		L	12	0.23	2.52	2.75	1.21	33.00	40
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.3		L	10	0.23	2.17	2.40	1.21	24.00	29
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.3		L	4	0.46	0.46	0.92	1.21	3.68	4
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.3		L	67	0.23	2.17	2.40	1.21	160.80	194
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.2		L	7	0.23	2.17	2.40	1.21	16.80	20
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.3		L	12	0.23	5.77	6.00	1.21	72.00	87
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.3		L	38	0.23	1.77	2.00	1.21	76.00	92
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.2		L	7	0.23	1.77	2.00	1.21	14.00	17
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.2		I	15	0.00	3.00	3.00	1.21	45.00	54
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.2		L	14	0.23	3.85	4.08	1.21	57.12	69
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.25		I	37	0.00	3.90	3.90	1.21	144.30	174
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.2		L	35	0.23	2.17	2.40	1.21	84.00	102
Armadura Vertical (Larga)	Losa Alivianada	14	1 cada mitad de nervio		I	44	0.60	9.02	9.62	1.21	423.28	511
											Total	1394

Nota de longitud de anclaje: Misma longitud de anclaje que para varilla horizontal entre nervios de armadura horizontal.



ARMADURA VERTICAL



Resumen acero de refuerzo en armadura horizontal y vertical en losa alivianada		
Diametro	Longitud total	Peso total
[mm]	[m]	[Kg]
14	2228.92	2693.46
	Total	2693

- **Vigas cargadoras en zona "deck"**

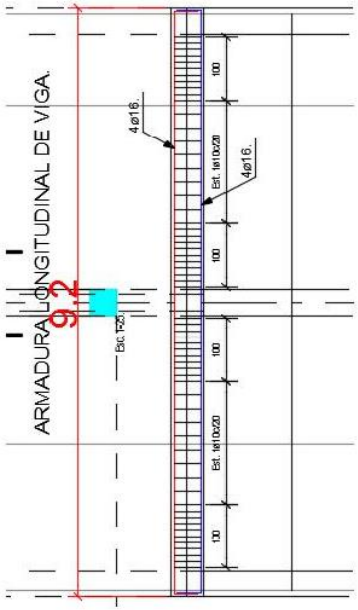
Acero de refuerzo longitudinal para las vigas cargadoras en la zona del "deck"										
Tipo	Elemento	Diámetro (mm)	Longitud del elemento (m)	Tipo de doblez	Número de varillas	Traslapo	Longitud de la varilla (m)	Peso por metro lineal (Kg)	Longitud total (m)	Peso total (Kg)
Refuerzo Longitudinal Superior (Corte A-A)	Viga Cargadora Deck	16	4.32	C	3	1.16	5.48	1.58	16.44	26
Refuerzo Longitudinal Inferior (Corte A-A)	Viga Cargadora Deck	16	4.32	C	3	0.36	4.68	1.58	14.04	22
Refuerzo Longitudinal Superior (Corte B-B)	Viga Cargadora Deck	16	4.32	C	3	1.16	5.48	1.58	16.44	26
Refuerzo Longitudinal Inferior (Corte B-B)	Viga Cargadora Deck	16	4.32	C	3	0.36	4.68	1.58	14.04	22
Refuerzo Longitudinal Superior (Corte C-C)	Viga Cargadora Deck	16	7.17	C	4	1.16	8.33	1.58	33.32	53
Refuerzo Longitudinal Inferior (Corte C-C)	Viga Cargadora Deck	16	7.17	C	4	0.36	7.53	1.58	30.12	48
Refuerzo Longitudinal (Corte B-B)	Viga Cargadora Deck	16	9.15	I	8	0.00	9.15	1.58	73.20	116
									Total	312

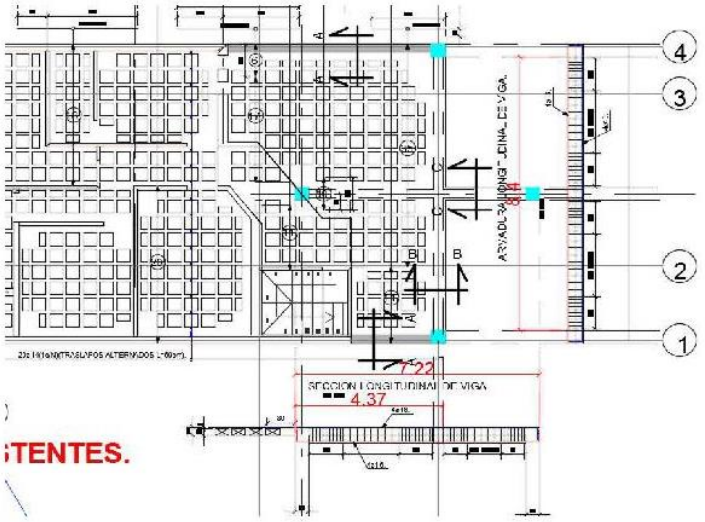
Nota 1 de traslapo: Los ganchos de los perfiles C son de 18 cm cada uno.
Nota 2 de traslapo: Considerar el recubrimiento de 2.5 cm a cada lado.

Acero de refuerzo para los estribos en las vigas cargadoras en la zona del "deck"												
Tipo	Elemento	Diámetro (mm)	Separación (m)	Longitud del elemento (m)	Tipo de doblez	Número de varillas	Longitud de anclaje (m)	Longitud de la varilla (m)	Longitud total de la varilla (m)	Peso por metro lineal (Kg)	Longitud total (m)	Peso total (Kg)
Estribo Vigas Corte A-A Zona Confinamiento	Viga Cargadora Deck	10	0.1	4	O	40	0.18	1.30	1.48	0.62	59.20	36
Estribo Vigas Corte A-A Zona Central	Viga Cargadora Deck	10	0.2	3.04	O	16	0.18	1.30	1.48	0.62	23.68	15
Estribo Viga Corte C-C Zona Confimamiento	Viga Cargadora Deck	10	0.1	3.4	O	34	0.18	1.34	1.52	0.62	51.68	32
Estribo Viga Corte C-C Zona Central	Viga Cargadora Deck	10	0.2	2.97	O	15	0.18	1.34	1.52	0.62	22.80	14
Estribo Viga Corte B-B Zona Confimamiento	Viga Cargadora Deck	10	0.1	4	O	40	0.18	1.34	1.52	0.62	60.80	37
Estribo Viga Corte B-B Zona Central	Viga Cargadora Deck	10	0.2	4.08	O	21	0.18	1.34	1.52	0.62	31.92	20
											Total	154

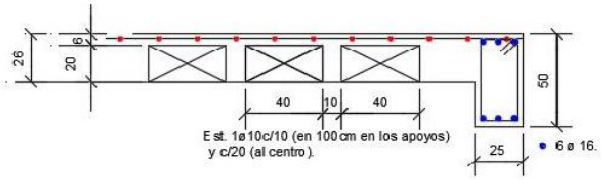
Nota 1 de traslapo: Gancho Estribo Corte A-A= 9cm
Nota 2 de traslapo: Gancho Estribo Corte B-B= 9 cm
Nota 3 de traslapo: Gancho Estribo Corte C-C= 9 cm



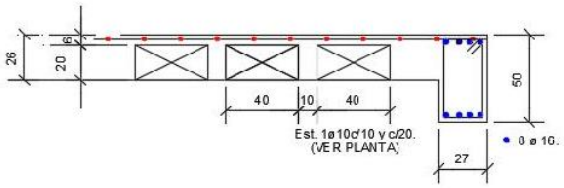




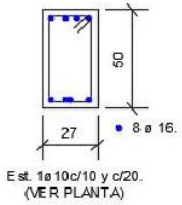
CORTE A-A.
Esc. 1-25.



CORTE B-B.
Esc. 1-25.



CORTE C-C.
Esc. 1-25.



Resumen acero de refuerzo para vigas cargadoras "deck"		
Diametro	**Longitud total**	**Peso total**
[mm]	**[m]**	**[Kg]**
10	250.08	154.18
16	197.6	311.9
	Total	466

- **Columnas estructurales de planta baja-planta alta**

Acero de refuerzo longitudinal para las columnas de planta baja-planta alta (N+0.000 a N+3.000)											
Tipo	**Elemento**	**Ubicación**	**Diámetro (mm)**	**Longitud del elemento (m)**	**Tipo de doblez**	**Número de varillas**	**Traslapo**	**Longitud de la varilla (m)**	**Peso por metro lineal (Kg)**	**Longitud total (m)**	**Peso total (Kg)**
Varilla Longitudinal	Columna C1	H2,H4	14	6.94	C	8	4.00	10.94	1.21	87.52	106
Varilla Longitudinal	Columna C3	G2,G4,F4,E2	14	13.88	C	8	4.00	17.88	1.21	143.04	173
Varilla Longitudinal	Columna L	A2,A4	14	6.94	C	8	4.00	10.94	1.21	87.52	106
										Total	384

Nota 1 de longitud del elemento: La longitud del elemento para la columna C3 esta multiplicada por 4, porque son 4 columnas tipo C3
Nota 2 de longitud del elemento: La longitud del elemento para la columna L esta multiplicada por 2 porque son 2 columnas tipo L
Nota de traslapo: La longitud de traslapo esta multiplicada por 2 y despues por 8 porque en cada columna la varilla tiene dos dobleces y son 8 varillas del mismo diametro en cada columna.



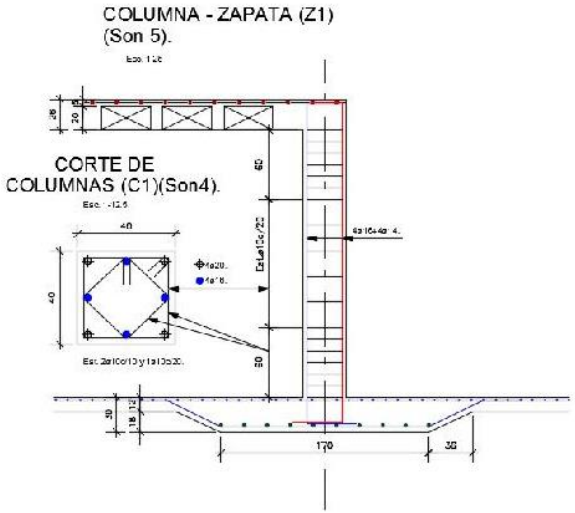
Acero de refuerzo para los estribos en las columnas de planta baja-planta alta (N+0.000 a N+3.000)													
Tipo	**Elemento**	**Ubicación**	**Diámetro (mm)**	**Separación (m)**	**Longitud del elemento (m)**	**Tipo de doblez**	**Número de varillas**	**Longitud de anclaje (m)**	**Longitud de la varilla (m)**	**Longitud total de la varilla (m)**	**Peso por metro lineal (Kg)**	**Longitud total (m)**	**Peso total (Kg)**
Estribo 1 Zona de Confinamiento	Columnas 30X30 cm	H2,H4	10	0.1	2.40	O	24	0.16	1.00	1.16	0.62	27.84	17
Estribo 1 Zona Central	Columnas 30X30 cm	H2,H4	10	0.2	2.60	O	13	0.16	1.00	1.16	0.62	15.08	9
Estribo 2 Zona de Confinamiento	Columnas 30X30 cm	H2,H4	10	0.1	2.40	O	24	0.20	0.72	0.92	0.62	22.08	14
Estribo 1 Zona de Confinamiento	Columnas 30X30 cm	G2,G4,F4,E2	10	0.1	5.60	O	56	0.14	1.00	1.14	0.62	63.84	39
Estribo 1 Zona Central	Columnas 30X30 cm	G2,G4,F4,E2	10	0.2	6.40	O	32	0.14	1.00	1.14	0.62	36.48	22
Estribo 2 Zona de Confinamiento	Columnas 30X30 cm	G2,G4,F4,E2	10	0.1	5.60	O	56	0.20	0.72	0.92	0.62	51.52	32
Estribo 1 Zona de Confinamiento	Columnas L	A2,A4	10	0.1	2.80	O	28	0.14	0.70	0.84	0.62	23.52	15
Estribo 2 Zona de Confinamiento	Columnas L	A2,A4	10	0.1	2.80	O	28	0.14	0.70	0.84	0.62	23.52	15
Estribo 1 Zona Central	Columnas L	A2,A4	10	0.2	3.20	O	16	0.14	0.70	0.84	0.62	13.44	8
Estribo 2 Zona Central	Columnas L	A2,A4	10	0.2	3.20	O	16	0.14	0.70	0.84	0.62	13.44	8
												Total	179

Nota 1 de longitud del elemento: Para las zonas de confinamiento la longitud se multiplica por 2 porque hay dos zonas. La longitud del elemento de las columnas tipo C1 se multiplica por 4 porque hay 4 columnas de ese tipo.
Nota 2 de longitud del elemento: Para las columnas tipo C3 se multiplica por 4, porque hay 4 columnas tipo C3.
Nota 3 de longitud del elemento: Para las columnas tipo L se multiplica por 2, porque hay 2 columnas tipo L.

Longitud de ganchos columna tipo C1	
Longitud gancho estribo inclinado (m)	0.1
Longitud gancho estribo normal (m)	0.08

Longitud gancho Columna C3 (m)	0.07
Long Gancho Columna L	0.07

Longitud de "lado" en estribo inclinado en columnas tipo C3	
Recubrimiento Ho. a ambos lados (cm)	2.5
Longitud horizontal (m)	0.125
Longitud vertical (m)	0.125
Longitud estribo inclinado en col. C3	0.18
Longitud estribo inclinado en col. C3 (para sus 4 lados)	0.72

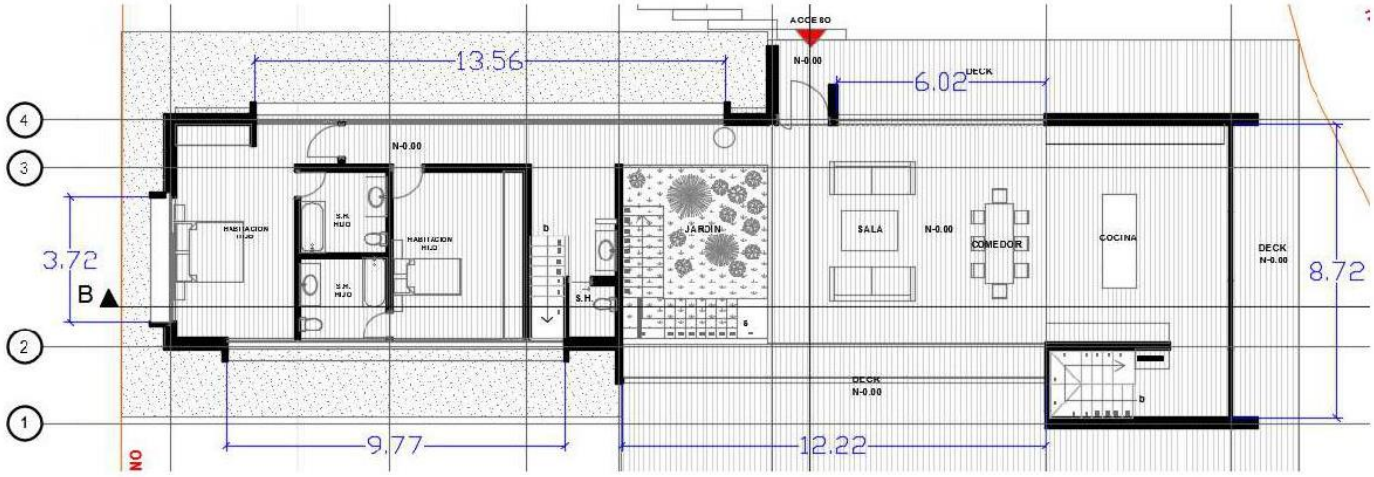


Resumen del acero de refuerzo en las columnas		
Diametro	**Longitud total**	**Peso total**
[mm]	**[m]**	**[Kg]**
10	291	179
14	318	384
	Total	564

- **Vigas y columnas de confinamiento**

Vigas electrosoldadas Adelca V2 para vigas de confinamiento en ventanas				
Tipo	**Elemento**	**Longitud**	**Cantidad**	**Longitud total**
Viga V2 Adelca	Ventana dormitorio hijo 2	3.72	2	7.44
Viga V2 Adelca	Ventana 1 pasillo	13.56	2	27.12
Viga V2 Adelca	Ventana comedor	6.02	1	6.02
Viga V2 Adelca	Cocina	8.72	2	17.44
Viga V2 Adelca	Ventana sala	12.22	1	12.22
Viga V2 Adelca	Dormitorio hijo 1 - Hijo 2	9.76	2	19.52
			Total	90.00

Resumen cantidades vigas confinamiento ventanas planta baja					
Tipo	**Longitud Total**	**Longitud comercial vigas**	**Cantidad requerida**	**Peso por viga**	**Peso total**
	[m]	**[m]**		**[Kg]**	**[Kg]**
Viga V2 Adelca	90.00	6.5	**14.00**	9.986	**139.804**



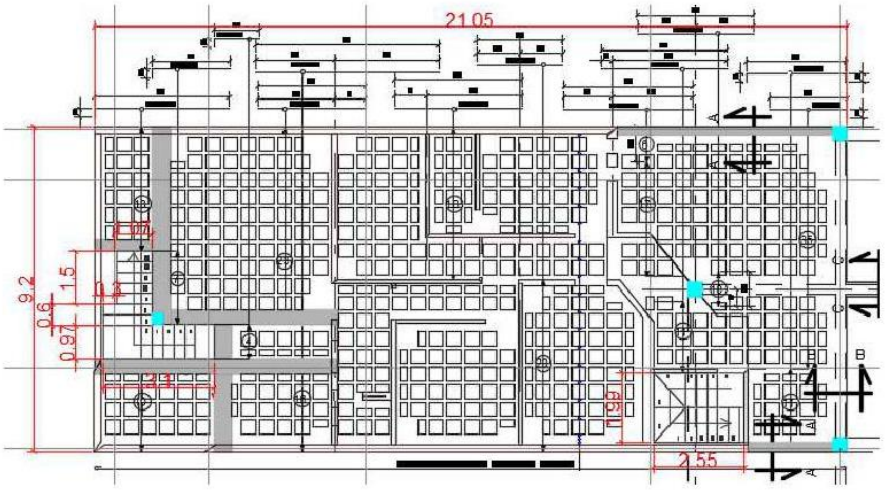
Resumen cantidades columnas de confinamiento en paredes planta alta							
Tipo	Altura promedio	Cantidad requerida	Longitud Total	Longitud comercial vigas	Cantidad requerida	Peso por viga	Peso total
	[m]		[m]	[m]		[Kg]	[Kg]
Viga V2 Adelca	3.00	23.00	69.00	6.5	**11.00**	9.986	**109.846**

	VARILLAS LONGITUDINALES					ESTRIBOS		
TIPOS DE DE VIGAS	ARMADURA cm	Cant.	DIÁMETRO mm	PATA SUP. cm	PATA INF. cm	Cant.	mm	PESO TOTAL kg/0.30 m
V1*	10 x 10	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9,592
V2*	10 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9,986
V3*	15 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,376
V4*	10 x 20	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,376
V5*	10 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,014
V6*	15 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,757
V7*	10 x 20	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,757
V8*	15 x 15	4	12 corrug.	30	20	41c/15cm	6 corrug.	29,173
V9*	15 x 25	4	12 corrug.	30	20	41c/15cm	6 corrug.	30,997

* En vigas desde V5 hasta V9; las varillas son de Acero Sismoresistente y sus estribos de Varilla Trefilada

- **Malla electrosoldada R-84 para losa maciza y losa alivianada**

Malla electrosoldada Tipo R-84 para losa macisa y losa alivianada						
Tipo	Elemento	Diámetro (mm)	Separación (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m2)
Malla Electrosoldada Tipo R-84	Losa maciza dormitorios	5	0.1	9.89	7.2	71.21
Malla Electrosoldada Tipo R-84	Losa alivianada	5	0.1	21.05	9.2	193.66
Descuento Escaleras Sotano-Planta Baja	Losa alivianada	5	0.1	3.1	0.97	-3.01
	Losa alivianada	5	0.1	0.6	0.3	-0.18
	Losa alivianada	5	0.1	1.5	1.07	-1.61
	Losa alivianada	5	0.1	0.6	1.07	-0.64
Descuento Escaleras Sotano-Cocir	Losa alivianada	5	0.1	2.55	1.99	-5.07
					Total	254



- **Resumen de cantidades de acero de refuerzo en planta baja**

Resumen acero de refuerzo en planta baja			
Diametro	**Longitud total**	**Peso total**	**Numero de varillas**
[mm]	**[m]**	**[Kg]**	**[u]**
6	394	88	33
10	668.76	412.32	56
12	212	188	18
14	2547.00	3077.83	213
16	435.80	687.84	37

Resumen vigas electrosoldadas planta baja			
Tipo	**Fabricante**	**Cantidad de vigas**	**Peso total [Kg]**
Viga electrosoldada V2	Adelca	25.00	249.65

Resumen de malla electrosoldada		
Tipo	**Elemento**	**Area [m2]**
Malla Electrosoldada Tipo R-84	Losa maciza	71.21
Malla Electrosoldada Tipo R-84	Losa alivianada	183.15
	Total	**255.00**

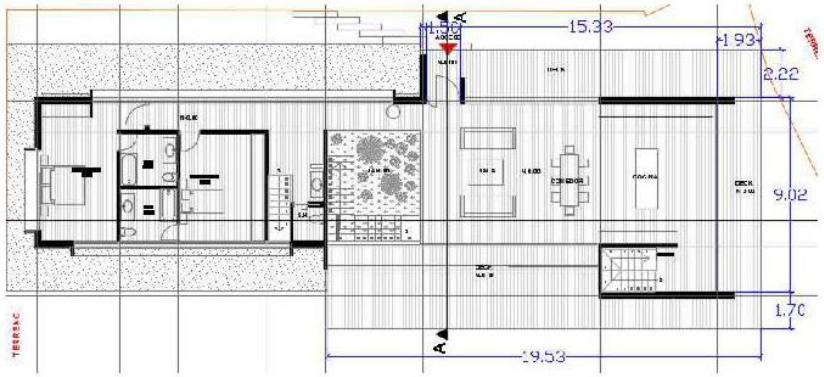
1.2.3.5. “Deck” de planta baja

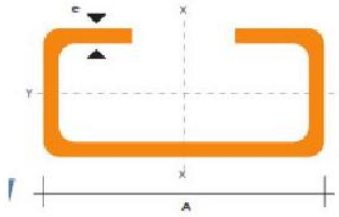
- **Correas doble G**

Acero estructural para deck																
Disgnación Plano	Fabricante	Designación fabricante	Tipo de perfil	A		B		C		Area de la sección		Peso por unidad de longitud	Longitud	Cantidad de perfiles doble G	*Cantidad de perfiles G simples	Peso Total
				Ancho	Espesor	Ancho	Espesor	Ancho	Espesor							
				[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[cm2]	[m2]	[Kg/m]	[m]			[Kg]
Correas	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	0.15	0.003	0.05	0.003	0.015	0.003	7.81	0.000781	6.13	15.33	1	2	187.9458
Correas	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	0.15	0.002	0.05	0.002	0.05	0.003	7.81	0.000781	6.13	2.22	14	28	381.0408
Correas	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	0.15	0.002	0.05	0.002	0.05	0.003	7.81	0.000781	6.13	12.94	1	2	158.6444
Correas	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	0.15	0.002	0.05	0.002	0.05	0.003	7.81	0.000781	6.13	1.93	12	24	283.9416
Correas	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	0.15	0.002	0.05	0.002	0.05	0.003	7.81	0.000781	6.13	19.53	1	2	239.4378
Correas	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	0.15	0.002	0.05	0.002	0.05	0.003	7.81	0.000781	6.13	1.7	18	36	375.156
															Subtotal	**1626.1664**

*Cada correa está conformada por 2 G´s entonces se multiplica la cantidad por 2

Separacion vigas	**1.13**



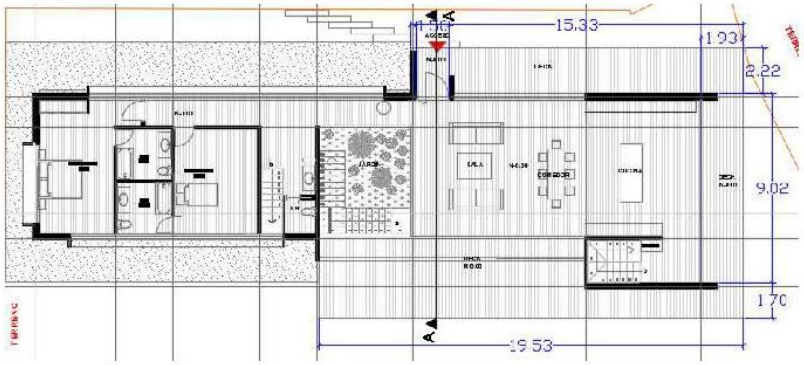


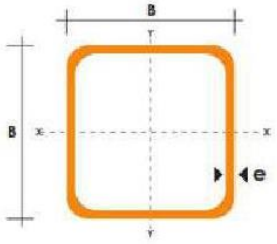
DIMENSIONES				PESOS		SECCION	PROPIEDADES					
							EJE X-X					
A	B	C	e	6metros	1metro		I	W	I	I	W	I
mm	mm	mm	mm	Kg	Kg	cm2	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm
60	30	10	1.5	9.19	1.53	1.95	11.02	3.67	2.38	2.43	1.25	1.12
60	30	10	2	11.94	1.99	2.54	13.98	4.66	2.35	3.01	2.85	1.09
60	30	10	3	16.98	2.83	3.61	18.9	6.3	2.29	3.87	3.69	1.04
80	40	15	1.5	13.18	2.20	2.80	27.43	6.86	3.13	6.39	2.53	1.51
80	40	15	2	16.68	2.78	3.54	35.30	8.81	3.16	8.07	3.18	1.51
80	40	15	3	24.06	4.01	5.11	49.00	12.30	3.10	10.80	4.27	1.46
100	50	15	2	20.40	3.40	4.34	69.20	13.80	4.00	15.00	4.57	1.86
100	50	15	3	29.70	4.95	6.31	97.80	19.60	3.94	20.50	6.25	1.80
100	50	20	4	40.26	6.71	8.55	126.70	25.34	3.85	28.50	9.05	1.83
100	50	25	5	51.12	8.52	10.86	152.51	30.50	3.75	36.52	12.09	1.83
125	50	15	2	22.80	3.80	4.84	116.00	18.60	4.91	16.20	4.69	1.83
125	50	15	3	33.24	5.54	7.06	165.00	26.50	4.84	22.20	6.43	1.77
125	50	20	4	44.99	7.49	9.55	217.00	34.70	4.77	30.90	9.32	1.80
125	50	25	5	57.00	9.50	12.11	264.32	42.29	4.67	39.88	12.46	1.82
125	50	30	6	70.78	11.78	14.73	307.13	49.14	4.56	48.69	15.81	1.81
150	50	15	2	25.14	4.14	5.34	179.00	23.80	5.79	17.10	4.78	1.79
150	50	15	3	36.78	6.13	7.81	255.00	34.00	5.72	23.50	6.56	1.73
150	50	20	4	49.68	8.28	10.50	337.00	44.90	5.65	32.90	9.52	1.77
150	75	25	5	74.70	12.45	15.86	545.36	72.71	5.86	117.22	24.17	2.72
150	75	30	6	93.42	15.57	19.23	641.40	85.52	5.77	114.47	30.57	2.74
175	50	15	2	27.48	4.58	5.84	258.00	29.40	6.64	17.90	4.85	1.75
175	50	15	3	40.32	6.72	8.56	369.00	42.20	6.57	24.60	6.66	1.70
175	75	25	4	65.40	10.9	13.90	653.00	74.60	6.84	105.00	20.90	2.75
175	75	25	5	80.58	13.43	17.11	785.95	89.82	6.78	123.88	24.63	2.69
175	75	30	6	100.74	16.79	20.73	929.39	106.22	6.70	152.84	31.19	2.72
200	50	15	2	29.94	4.99	6.36	356.00	35.60	7.56	18.60	4.85	1.72
200	50	15	3	43.86	7.31	9.31	507.00	50.70	7.45	25.10	6.57	1.65
200	75	25	4	70.20	11.70	14.90	895.00	89.50	7.64	110.00	21.30	2.71
200	75	25	5	86.52	14.42	18.37	1080.00	108.00	7.67	129.62	25.02	2.66
200	75	30	6	108.00	18.00	22.23	1282.17	128.21	7.59	160.15	31.73	2.68
250	75	25	4	79.80	13.30	16.90	1520.00	122.00	9.48	118.00	21.70	2.64
250	100	25	5	108.98	18.33	23.36	2219.24	177.54	9.75	285.26	39.24	3.49
250	100	30	6	135.48	22.58	28.23	2647.38	219.79	9.68	383.54	55.58	3.69
300	100	30	4	100.80	16.80	21.30	2660.00	191.00	11.60	274.00	38.30	3.58
300	100	35	5	126.60	21.10	26.90	3560.00	237.00	11.50	351.00	49.90	3.62
300	100	35	6	154.74	25.79	31.80	4170.00	278.00	11.40	404.00	57.40	3.56

- **Viguetas**

Acero estructural para deck													
Disgnación Plano	Fabricante	Designación fabricante	Tipo de perfil	B		B		Area de la sección		Peso por unidad de longitud	Longitud	Cantidad	Peso Total
				Ancho	Espesor	Ancho	Espesor						
				[m]	[m]	[m]	[m]	[cm2]	[m2]	[Kg/m]	[m]		[Kg]
Vigueta	DIPAC	75x3 mm	Tubo estructural cua	0.075	0.003	0.075	0.003	8.41	0.000841	6.71	15.33	6	617.1858
Vigueta	DIPAC	75x3 mm	Tubo estructural cua	0.075	0.003	0.075	0.003	8.41	0.000841	6.71	12.94	5	434.137
Vigueta	DIPAC	75x3 mm	Tubo estructural cua	0.075	0.003	0.075	0.003	8.41	0.000841	6.71	19.53	5	655.2315
												Subtotal	**1706.5543**

Separacion entre viguetas	**0.4**





DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm2	I cm4	W cm3	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84

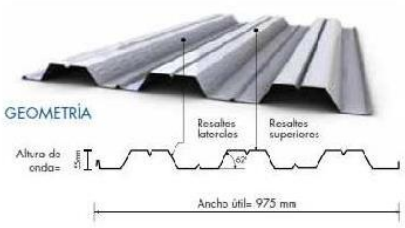
- **Resumen del acero estructural para el "deck"**

Resumen de cantidades para acero de cubierta								
Disgnación Plano	**Fabricante**	**Designación fabricante**	**Tipo de perfil**	**Longitud vano**	**Longitud total requerida por perfil**	**Longitud comercial máxima**	**Cantidad de perfiles necesarios en long. Total**	**Cantidad real de perfiles**
				[m]	**[m]**	**[m]**		
Correas	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	Variable	15.33	6	2	6
Correas	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	Variable	2.22	6	28	11
Correas	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	Variable	12.94	6	2	6
Correas	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	Variable	1.93	6	24	8
Correas	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	Variable	19.53	6	2	8
Correas	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	Variable	1.7	6	36	11
							Subtotal 1	**50**
Vigueta	DIPAC	75x3 mm	Tubo estructural cuadrado	1.13	15.33	6	6	18
Vigueta	DIPAC	75x3 mm	Tubo estructural cuadrado	1.13	12.94	6	5	15
Vigueta	DIPAC	75x3 mm	Tubo estructural cuadrado	1.13	19.53	6	5	20
							Subtotal 2	**53**

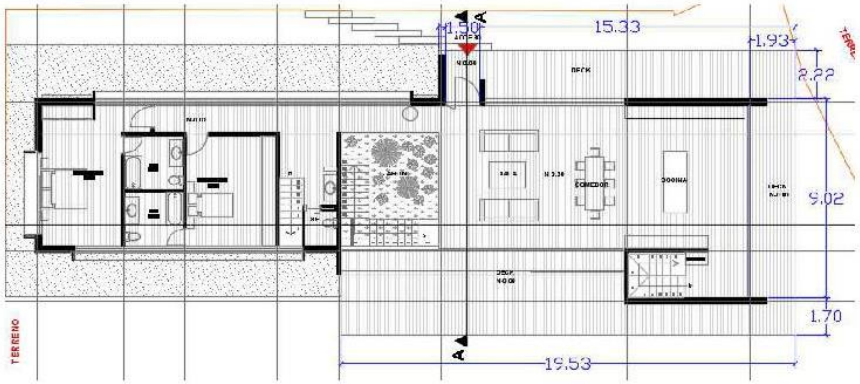
Nota 1: Se requirán 50 perfiles de 6 m de longitud, de los cuales hay que cortarlos para que cumplan con las dimensiones necesarias.
Nota 2: Se requirán 53 perfiles de 6 m de longitud, de los cuales hay que cortarlos para que cumplan con las dimensiones necesarias.

- **Encofrado permanente con placa colaborante**

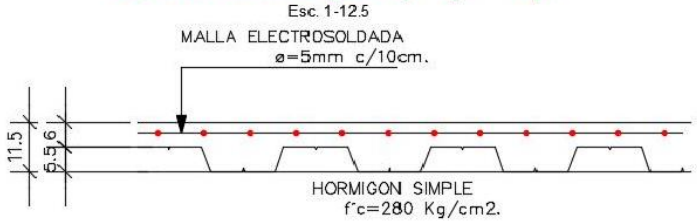
Encofrado permanente (Placa colaborante NOVALOSA 55 e.placa=0.65mm, e.capa compresión=6cm)				
Elemento	Largo [m]	Ancho [m]	Cantidad	Area [m2]
Losa de Piso Maciza	15.33	2.22	1	34.03
Losa de Piso Maciza	9.02	1.93	1	17.41
Losa de Piso Maciza	19.53	1.7	1	33.20
			Subtotal	84.64



PROPIEDADES DE LA SECCIÓN SIMPLE					
Espesor (mm)	Peso (kg/m²)	I+ (cm⁴/m)	S+ (cm³/m)	S- (cm³/m)	As (cm²/m)
0.65	6.38	31.56	9.66	10.41	8.13
0.76	7.47	39.37	12.43	13.29	9.51
1.00	9.82	55.99	18.43	19.34	12.51



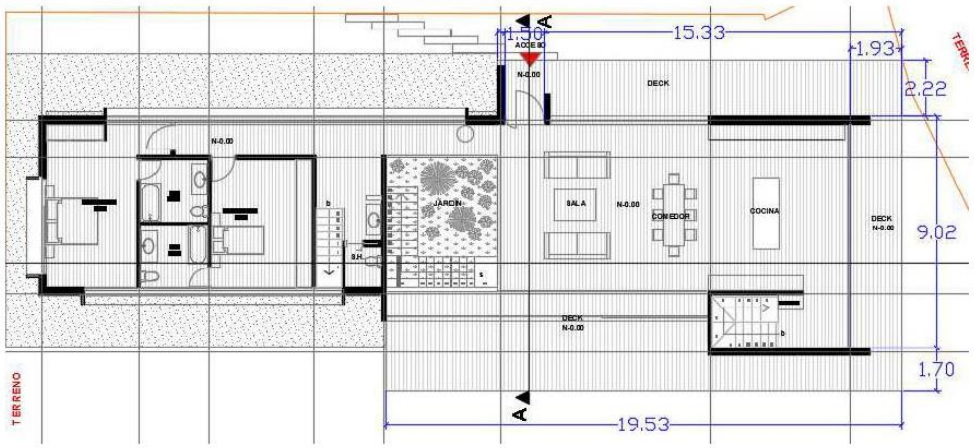
LOSA EJES (G H) - (1 - 4).



CUADRO DE CAPACIDADES DE CARGA NOVALOSA 55												
Espesor de losa (cm)	Volúmen de hormigón (m³/m²)	Espesor Novalosa (mm)	Máxima luz sin apuntular (m)		Carga total sobreimpuesta (kg/m²)							
			Condición de apoyo		Separación entre apoyos (m)							
			1 vano	2 o más vanos	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80	3.00
5	0.075	0.65	1.46	1.94	1418	1030	861	656	500	378	282	204
		0.76	1.73	2.31	1531	1301	980	742	538	498	486	296
		1.00	2.23	2.96	2000	1638	1225	920	880	699	556	440
6	0.085	0.65	1.41	1.87	1595	1141	1001	761	578	436	323	232
		0.76	1.66	2.22	1699	1463	1088	810	741	577	446	341
		1.00	2.13	2.85	2000	1837	1354	1250	978	767	599	556
10	0.125	0.65	1.24	1.66	2000	2000	1562	1171	875	644	460	312
		0.76	1.45	1.96	2000	1999	1946	1494	1151	884	672	501
		1.00	1.85	2.50	2000	2000	2000	1706	1264	1361	1088	868

- **Encofrado recto de madera**

Encofrado de madera lateral para placa colaborante				
Elemento	Largo [m]	Alto [m]	Cantidad	Area [m2]
Encofrado losa inaccesible en eje 2	15.33	0.12	1	1.84
Encofrado losa inaccesible en eje H	2.22	0.12	1	0.27
Encofrado losa inaccesible en eje 4	12.94	0.12	1	1.55
Encofrado losa inaccesible en eje G	1.7	0.12	1	0.20
			Subtotal	**3.86**



- **Hormigón f'c=240 Kg/cm2**

Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para losa de piso con placa colaborante NOVALOSA 55 e.placa=0.65mm, e.capa compresión=6cm					
Elemento	Largo [m]	Ancho [m]	Area [m2]	Cuantía de Hormigón [m3/m2]	Volumen [m3]
Losa de Piso Maciza	15.33	2.22	34.03	0.085	2.89
	9.02	1.93	17.41	0.085	1.48
	19.53	1.7	33.20	0.085	2.82
				Subtotal	**7.19**

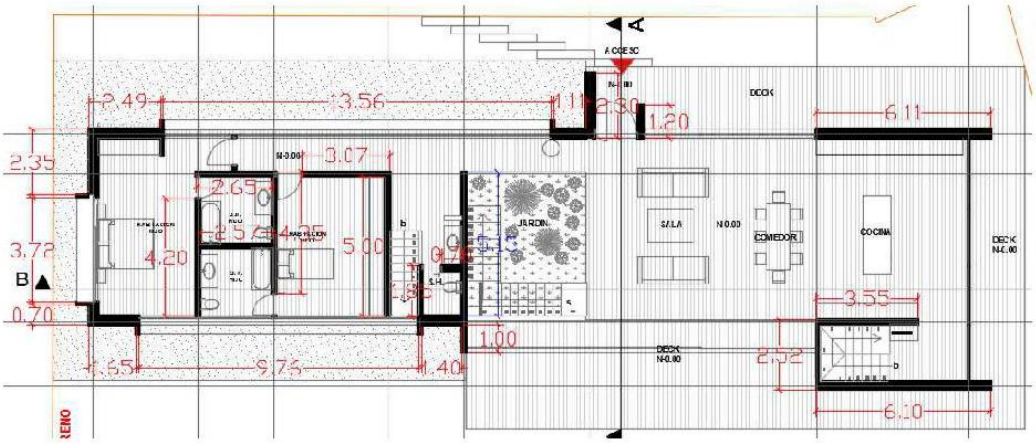
- **Piedra pizarra**

Area donde se colocará revestimiento con piedra pizarra				
Elemento	Largo [m]	Ancho [m]	Cantidad	Area [m2]
Losa de Piso Maciza	15.33	2.22	1	34.03
Losa de Piso Maciza	9.02	1.93	1	17.41
Losa de Piso Maciza	19.53	1.7	1	33.20
			Subtotal	**84.64**

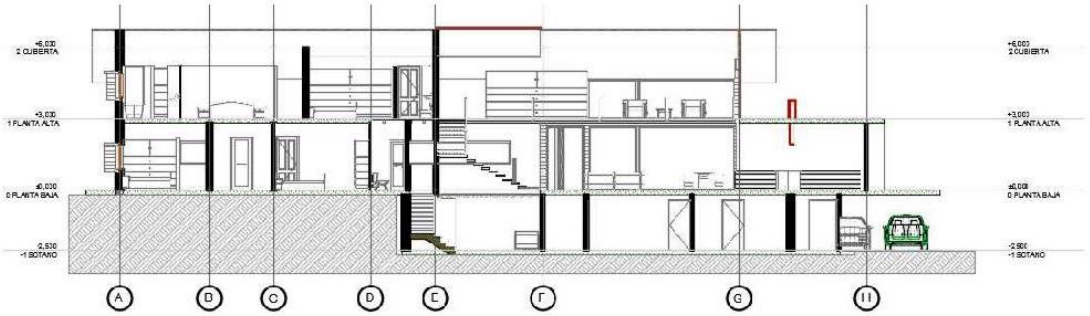
1.2.3.6. Mampostería

Mamposteria con ladrillo panelón					
Habitacion	**Elemento**	**Largo**	**Altura**	**Cantidad**	**Area**
		[m]	**[m]**		**[m2]**
Cocina	Pared 1	6.11	3	1	18.33
	Pared 2 Gradas	3.55	3	1	10.65
	Pared 3 Gradas-Deck	2.52	3	1	7.56
	Pared 4 Cocina-Jardin	6.1	3	1	18.30
Puerta de Entrada	Pared 1	1.2	3	1	3.60
	Pared 2	2.3	3	1	6.90
Pasillo	Pared 1	1.11	3	1	3.33
	Pared 2 (Tiene Ventana)	13.56	3	1	40.68
	Descuento Ventana	13.56	1.2	1	-16.27
Pasillo-Dormitorio Hijo 1	Pared 1	3.07	3	1	9.21
Pasillo-Baño Hijo 2	Pared 1	2.65	3	1	7.95
Dormitorio Hijo 2	Pared 1	2.49	3	1	7.47
	Pared 1	2.35	3	1	7.05
	Pared 3 (Tiene Ventana)	3.72	3	1	11.16
	Descuento Ventana	3.72	1.2	1	-4.46
	Pared 4	0.7	3	1	2.10
	Pared 5 Dormitorio-Baños	4.2	3	2	25.20
Dormitorio Hijos-Baño Hijo-Baño Social	Pared 1 (Tiene 2 Ventanas)	9.76	3	1	29.28
	Descuento Ventana 1	9.76	1.2	1	-11.71
Baño Hijo	Pared 1	2.57	3	1	7.71
Dormitorio Hijo 1	Pared-Baños	4.35	3	1	13.05
	Pared 2	5	3	1	15.00
Baño Social	Pared 1	0.7	3	1	2.10
	Pared 2	1.85	3	1	5.55
Jardin Interno	Pared 1	5.15	3	1	15.45
				Subtotal	**235.18**

Resumen mampostería planta baja			
Tipo	**Area (m2)**	**Ladrillos/m2**	**Total de ladrillos**
Mamposteria Tradicional	235.18	36	**8467**

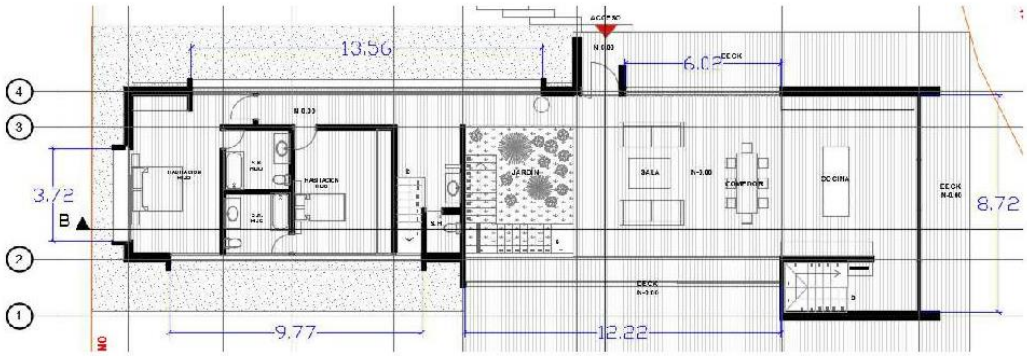

A
B
ACCESO
DECK
JARDIN
SALA
COMEDOR
COCINA
DECK
N-0.00
2.49
3.56
2.30
1.20
6.11
2.35
3.07
2.65
3.72
4.20
5.00
3.55
0.70
1.00
2.52
6.10
1.55
9.75
1.40


1
2
3
4
+3.000
2 CUBIERTA
+3.000
1 PLANTA ALTA
±0.000
PLANTA BAJA
-2.500
-1 SOTANO


+6.000
2 CUBIERTA
+3.000
1 PLANTA ALTA
±0.000
0 PLANTA BAJA
-2.500
-1 SOTANO
A
D
C
D
E
Г
G
II

1.2.3.7. Ventanas

Area Ventanas Planta Baja					
Habitacion	Elemento	Largo [m]	Altura [m]	Cantidad	Area [m2]
Cocina	Ventana 1	6.02	3	1	18.06
	Ventana 2	8.72	3	1	26.16
Sala-Comedor	Ventana 1	12.22	3	1	36.66
Dormitorio Hijo 1- Hijo 2	Ventana 1	9.76	1.2	1	11.71
Dormitorio Hijo 2	Ventana 1	3.72	1.2	1	4.46
Pasillo	Ventana 1	13.56	1.2	1	16.27
				Subtotal	**113.33**

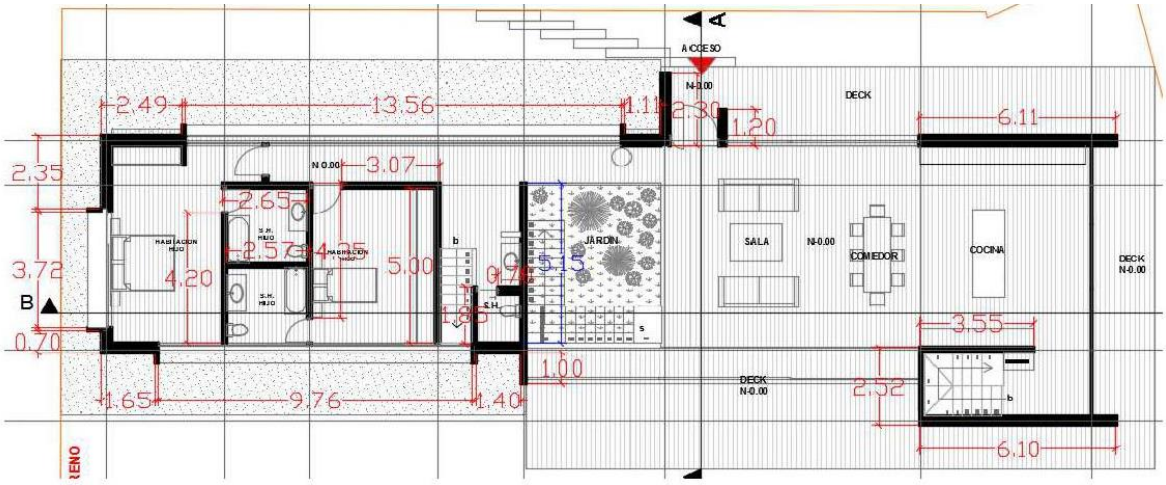






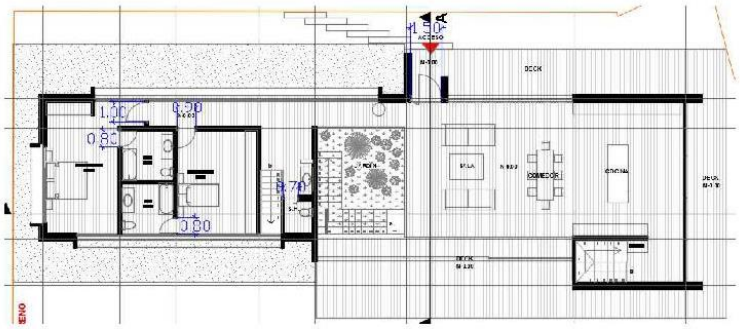
1.2.3.8. Enlucido con mortero 1:3

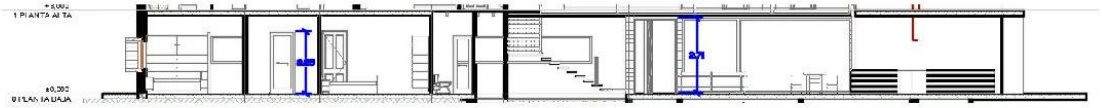
Área de enlucido de paredes con mortero 1:3					
Habitacion	Elemento	Largo [m]	Altura [m]	Cantidad	Area [m2]
Cocina	Pared 1	6.11	3	2	36.66
	Pared 2 Gradas	3.55	3	2	21.30
	Pared 3 Gradas-Deck	2.52	3	2	15.12
	Pared 4 Cocina-Jardin	6.1	3	2	36.60
Puerta de Entrada	Pared 1	1.2	3	2	7.20
	Pared 2	2.3	3	2	13.80
Pasillo	Pared 1	1.11	3	2	6.66
	Pared 2 (Tiene Ventana)	13.56	3	2	81.36
	Descuento Ventana	13.56	1.2	1	-16.27
Pasillo-Dormitorio Hijo 1	Pared 1	3.07	3	2	18.42
Pasillo-Baño Hijo 2	Pared 1	2.65	3	2	15.90
Dormitorio Hijo 2	Pared 1	2.49	3	2	14.94
	Pared 1	2.35	3	2	14.10
	Pared 3 (Tiene Ventana)	3.72	3	2	22.32
	Descuento Ventana	3.72	1.2	1	-4.46
	Pared 4	0.7	3	2	4.20
	Pared 5 Dormitorio-Baños	4.2	3	2	25.20
Dormitorio Hijos-Baño Hijo-Baño Social	Pared 1 (Tiene 2 Ventanas)	9.76	3	2	58.56
	Descuento Ventana 1	9.76	1.2	1	-11.71
Baño Hijo	Pared 1	2.57	3	2	15.42
Dormitorio Hijo 1	Pared-Baños	4.35	3	2	26.10
	Pared 2	5	3	2	30.00
Baño Social	Pared 1	0.7	3	2	4.20
	Pared 2	1.85	3	2	11.10
Jardin Interno	Pared 1	5.15	3	2	30.90
				Subtotal	**477.61**



1.2.3.9. Puertas

Área de puertas de madera en planta baja					
Habitacion	Elemento	Ancho [m]	Altura [m]	Cantidad	Area [m2]
Sala-Comedor	Puerta principal	1.5	2.71	1	4.07
Dormitorio Hijo 1- Hijo 2	Puerta 1	1	2.25	1	2.25
	Puerta 2 Baño	0.8	2.25	1	1.80
Dormitorio Hijo 2	Puerta 1	0.9	2.25	1	2.03
	Puerta 2 Baño	0.8	2.25	1	1.80
Baño Social	Puerta 1	0.7	2.25	1	1.58
				Subtotal	13.52









1.2.3.10. Resumen de las cantidades de obra en planta baja

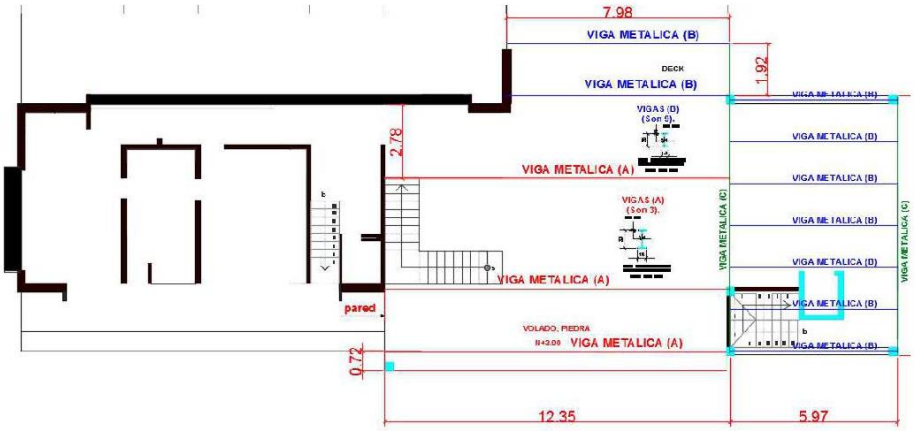
Resumen de cantidades de obra		
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**
PLANTA BAJA		
CIMENTACIÓN DORMITORIOS PLANTA BAJA		
Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	11.78
Cargada de Material a maquina	m3	14.72
Transporte de materiales más de 5 Km	m3-km	14.72
Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (Colocado)	m3	0.42
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	275.76
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	71.21
Encofrado recto de madera	m2	5.93
Hormigon premezclado f´c=240 kg/cm2 (Hormi-Azuay) + Colocación	m3	11.35
LOSA ALIVIANADA DE PISO PLANTA BAJA		
Sum. + Inst. Bloques de concreto 40x20x20 cm	u	959.00
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	3,614.35
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	183.15
Encofrado metálico recto para losa	m2	183.15
Encofrado recto de madera	m2	45.14
Hormigon premezclado f´c=240 kg/cm2 (Hormi-Azuay) + Colocación	m3	44.46
COLUMNAS PLANTA BAJA - PLANTA ALTA		
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	563.64
Encofrado recto de madera para columnas	m2	34.20
Hormigon premezclado f´c=240 kg/cm2 (Hormi-Azuay) + Colocación en columnas	m3	2.03
MAMPOSTERÍA PLANTA BAJA		
Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3	m2	235.18
Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2	m	162.50
Encofrado recto de madera para columnas	m2	68.15
Hormigón Simple f"c= 240 Kg/cm2	m3	4.97
Enlucido con mortero cemento-arena 1:3	m2	477.61
DECK PLANTA BAJA		
Deck revestido de piedra pizarra (Incluye vigas y viguetas)	m2	84.64
ESCALERA METÁLICA PLANTA BAJA-PLANTA ALTA		
Escalera metálica	huella	22.00
INSTALACIONES SANITARIAS PLANTA BAJA		
Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros	u	12.00
Suministro de ducha	u	2.00
Suministro de lavamanos	u	5.00
Suministro de inodoro	u	3.00
VENTANAS PLANTA BAJA		
Sum.+ Inst. Ventana	m2	113.33
PUERTAS PLANTA BAJA		
Sum. + Inst. Puerta interior	u	5.00

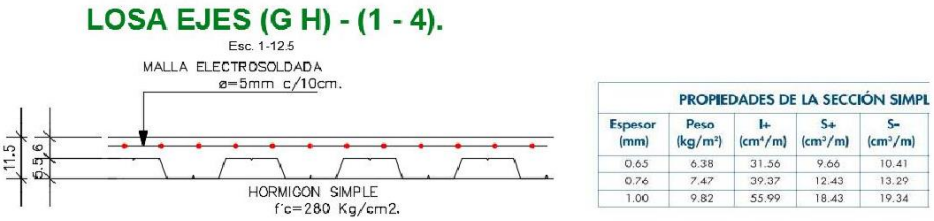
1.2.4. Planta Alta

1.2.4.1. Hormigón

- **Losa de piso con placa colaborante**

Hormigón f'c= 280 Kg/cm2 para losa de piso con placa colaborante NOVALOSA 55 e.placa=0.65mm, e.capa compresión=6cm					
Elemento	Largo	Ancho	Area	Cuantía de Hormigón	Volumen
	[m]	[m]	[m2]	[m3/m2]	[m3]
Losa de Piso Maciza	12.35	2.78	34.33	0.085	2.92
	9.64	5.97	57.55	0.085	4.89
				Subtotal	**7.81**





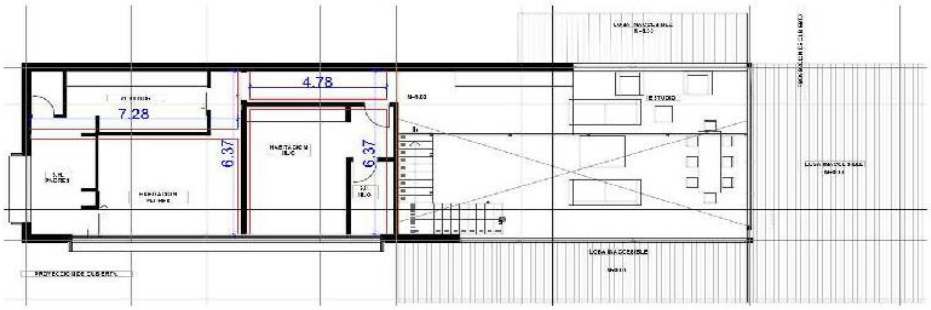
PROPIEDADES DE LA SECCIÓN SIMPL				
Espesor (mm)	Peso (kg/m²)	I+ (cm⁴/m)	S+ (cm³/m)	S- (cm³/m)
0.65	6.38	31.56	9.66	10.41
0.76	7.47	39.37	12.43	13.29
1.00	9.82	55.99	18.43	19.34

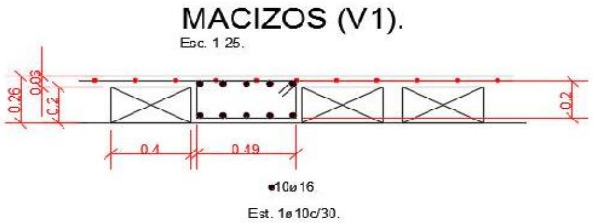
CUADRO DE CAPACIDADES DE CARGA NOVALOSA 55												
Espesor de losa (cm)	Volúmen de hormigón (m³/m²)	Espesor Novalosa (mm)	Máxima luz sin apuntular (m)		Carga total sobreimpuesta (kg/m²)							
			Condición de apoyo		Separación entre apoyos (m)							
			1 vano	2 o más vanos	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80	3.00
5	0.075	0.65	1.46	1.94	1418	1030	861	656	500	378	282	204
		0.76	1.73	2.31	1531	1301	980	742	638	498	486	296
		1.00	2.23	2.96	2000	1638	1225	920	880	699	556	440
6	0.085	0.65	1.41	1.87	1595	1141	1001	761	578	436	323	232
		0.76	1.66	2.22	1699	1463	1088	810	741	577	446	341
		1.00	2.13	2.85	2000	1837	1354	1250	978	767	599	556
10	0.125	0.65	1.24	1.66	2000	2000	1562	1171	875	644	460	312
		0.76	1.45	1.96	2000	1999	1946	1494	1151	884	672	501
		1.00	1.85	2.50	2000	2000	2000	1706	1264	1361	1088	868

- **Losa alivianada con casetones de pómez**

Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para vigas tipo V1 en losa alivianada					
Elemento	Altura [m]	Ancho [m]	Longitud [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Viga 1 V1 Losa Alivianada	0.07	0.55	7.28	1	0.28
Viga 2 V1 Losa Alivianada	0.07	0.55	6.37	1	0.25
Viga 3 V1 Losa Alivianada	0.07	0.55	4.78	1	0.18
Viga 4 V1 Losa Alivianada	0.07	0.55	6.37	1	0.25
				Subtotal	**0.95**

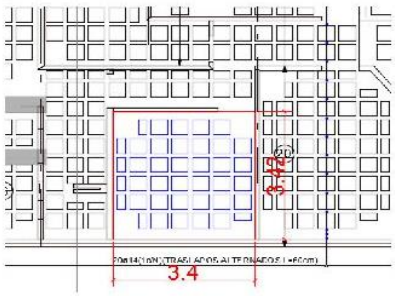
Nota: Recubrimiento de 2.5 cm a cada lado.



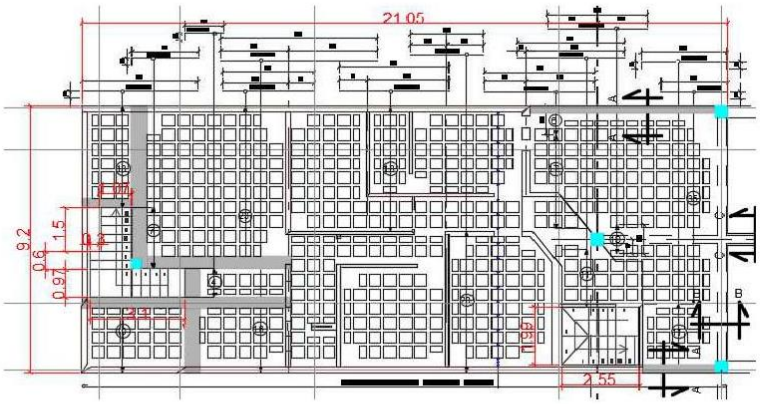


Porcentaje de volumen de alivianamiento casetonado tomado con un área de muestra en planta baja					
Elemento	Altura [m]	Ancho [m]	Longitud [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Area muestra total	3.4	3.42	0.26	1	3.02
Casetones de Bloques Dobles	0.4	0.4	0.2	32	1.02
Casetones de Bloques Simples	0.4	0.2	0.2	7	0.11
				Subtotal	**1.14**

Elemento	Volumen [m3]	Porcentaje [%]
Volumen muestra total	3.02	100.00%
Volumen Casetones	1.14	37.58%
Volumen Efectivo	1.89	62.42%

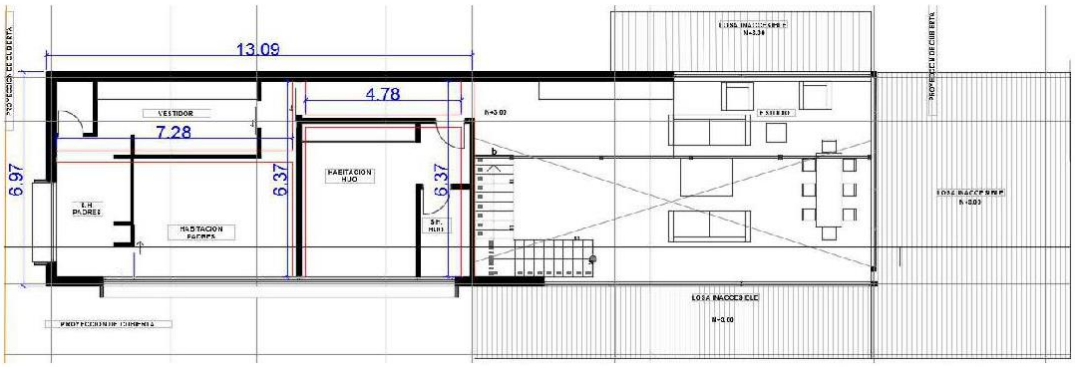


Porcentaje de volumen de alivianamiento casetonado tomado con los volúmenes de hormigón en losa alivianada planta baja						
Elemento	Largo	Ancho	Espesor	Cantidad	Volumen	Porcentaje
	[m]	[m]	[m]		[m3]	[%]
Losa Alivianada	21.05	9.2	0.26	1	50.35	100%
Descuento Casetones Dobles	0.4	0.4	0.2	421	-13.47	-27%
Descuento Casetones Simples	0.4	0.2	0.2	117	-1.87	-4%
Descuento Escaleras Sotano-Planta Baja	3.1	0.97	0.26	1	-0.78	-2%
	0.6	0.3	0.26	1	-0.05	0%
	1.5	1.07	0.26	1	-0.42	-1%
	0.6	1.07	0.26	1	-0.17	0%
Descuento Escaleras Sotano-Cocina	2.55	1.99	0.26	1	-1.32	-3%
Descuento Vigas Macizas V1					0.83	2%
				Subtotal	**33.11**	**66%**



Conclusión: Al analizar ambos casos, se obtiene que volumen de hormigón promedio en una losa alivianada con casetones de bloques oscila entre el 62-66% aproximadamente. Para estar del lado de la seguridad se tomará el **70%** como volumen efectivo de hormigón para la losa de piso alivianada de la planta alta, obviando de este modo que se esté despreciando algún porcentaje adicional de hormigón que se pueda dar como deformidad en los bloques o diferencias en sus dimensiones, también errores en las dimensiones de los nervios, etc.

Volumen Hormigón Losa Alivianada (Sin vigas V1 ni casetones)					
Elemento	Largo	Ancho	Espesor	Cantidad	Volumen
	[m]	[m]	[m]		[m3]
Losa Alivianada	13.09	6.97	0.26	1	23.72
Descuento Casetones					-7.12
Descuento Vigas Macizas V1					-0.95
				Subtotal	**15.65**



- **Columnas estructurales de planta alta-cubierta**

Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para columnas estructurales						
Elemento	Ubicación	Largo [m]	Ancho [m]	Altura [m]	Cantidad	Volumen [m3]
Columna 30X30 cm	G4	0.3	0.3	3.96	1	0.36
Columna 30X30 cm	G2	0.3	0.3	2.25	1	0.20
Columna 30X30 cm	F4	0.3	0.3	3.96	1	0.36
Columna 30X30 cm	E2	0.3	0.3	2.25	1	0.20
Columna L	A4	0.15	0.15	3.96	3	0.27
Columna L	A2	0.15	0.15	2.25	3	0.15
					Subtotal	**1.54**

- **Vigas y columnas de confinamiento**

Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para columnas de confinamiento en paredes					
Elemento	Ancho [m]	Altura [m]	Longitud promedio	Cantidad	Volumen [m3]
Viga V2 Adelca	0.15	0.2	3	25	2.25
				Subtotal	**2.25**

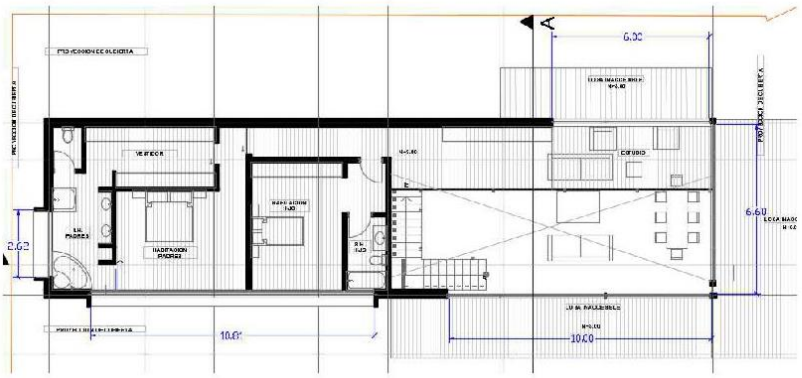
Nota: Recubrimiento a cada lado de la columna.

	VARILLAS LONGITUDINALES					ESTRIBOS		
TIPOS DE VIGAS	ARMADURA cm	Cant.	DIAMETRO mm	PATA SUP. cm	PATA INF. cm	Cant.	mm	PESO TOTAL kg/0.50 m
V1*	10 x 10	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9,592
V2*	10 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9,988
V3*	15 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,376
V4*	10 x 20	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,376
V5*	10 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5.5 corrug.	17,014
V6*	15 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5.5 corrug.	17,757
V7*	10 x 20	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5.5 corrug.	17,757
V8*	15 x 15	4	12 corrug.	30	20	41c/15cm	6 corrug.	29,173
V9*	15 x 25	4	12 corrug.	30	20	41c/15cm	6 corrug.	30,997

* En vigas desde V5 hasta V9; las Varillas son de Acero Sismoresistente y sus estribos de Varilla Trefilada

Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para vigas de confinamiento en ventanas							
Habitacion	Elemento	Tipo	Largo [m]	Ancho [m]	Altura [m]	Cantidad	Area [m3]
Estudio	Ventana 1	Viga V2 Adelca	6	0.15	0.2	1	0.18
	Ventana 2	Viga V2 Adelca	6.6	0.15	0.2	1	0.20
Ventana Losa Inaccesible	Ventana 1	Viga V2 Adelca	10	0.15	0.2	1	0.30
Dormitorio Padres-Hijo 3	Ventana 1	Viga V2 Adelca	9.76	0.15	0.2	2	0.59
Dormitorio Padres	Ventana 1	Viga V2 Adelca	2.62	0.15	0.2	2	0.16
						Subtotal	**1.42**

Nota: Son 2 vigas de confinamiento por ventana, una arriba y otra abajo



- **Resumen de cantidades de hormigón**

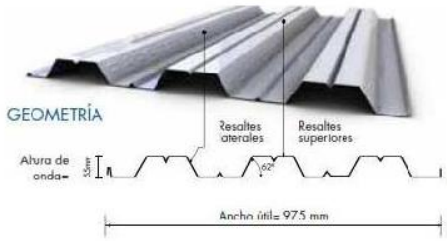
Resumen hormigón f'c= 280 Kg/cm2 planta alta	
Elemento	**Volumen [m3]**
Losa de Piso Maciza	7.81
Total	**7.81**

Resumen hormigón f'c= 240 Kg/cm2 planta alta	
Elemento	**Volumen [m3]**
Vigas Macizas V1	0.95
Losa Alivianada	15.65
Columnas estructurales	1.54
Columnas de confinamiento	2.25
Vigas confinamiento en ventanas	1.42
Total	**37.43**

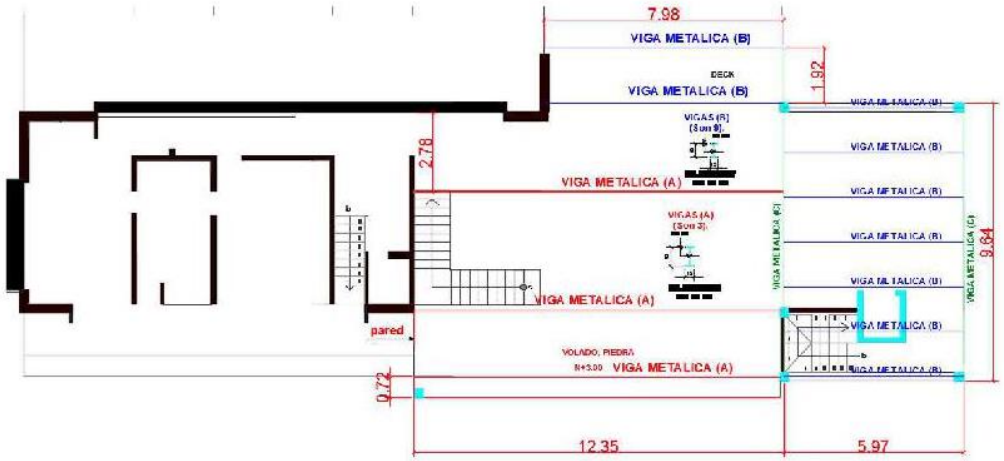
1.2.4.2. Encofrado

- **Losa con placa colaborante**

Encofrado permanente (Placa colaborante NOVALOSA 55 e.placa=0.65mm, e.capa compresión=6cm)				
Elemento	Largo [m]	Ancho [m]	Cantidad	Area [m2]
Losa de Piso Maciza	9.64	5.97	1	57.55
Losa de Piso Maciza	12.35	2.78	1	34.33
			Subtotal	91.88

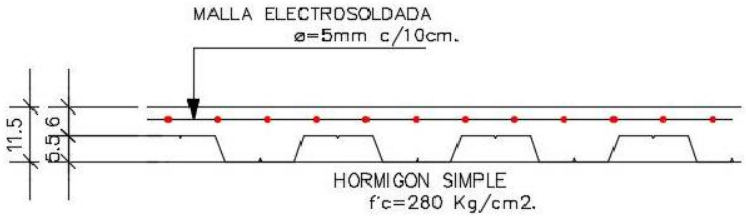


PROPIEDADES DE LA SECCIÓN SIMPLE					
Espesor (mm)	Peso (kg/m²)	I+ (cm⁴/m)	S+ (cm³/m)	S- (cm³/m)	As (cm²/m)
0.65	6.38	31.56	9.66	10.41	8.13
0.76	7.47	39.37	12.43	13.29	9.51
1.00	9.82	55.99	18.43	19.34	12.51

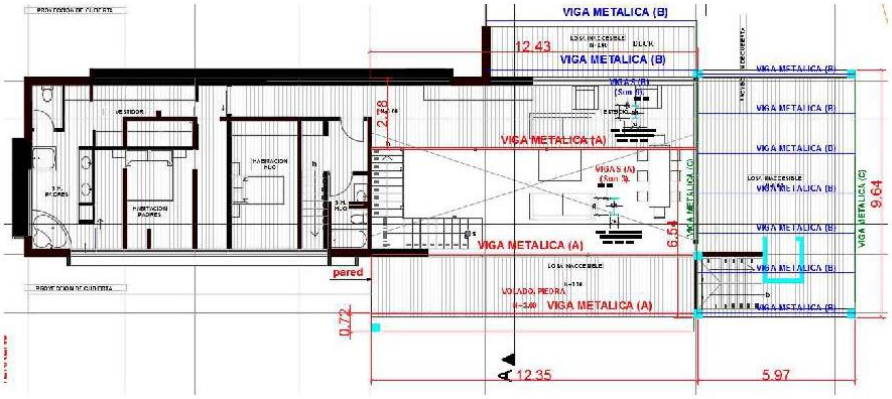


CUADRO DE CAPACIDADES DE CARGA NOVALOSA 55												
Espesor de losa (cm)	Volúmen de hormigón (m³/m²)	Espesor Novalosa (mm)	Máxima luz sin apuntular (m)		Carga total sobreimpuesta (kg/m²)							
			Condición de apoyo		Separación entre apoyos (m)							
			1 vano	2 o más vanos	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80	3.00
5	0.075	0.65	1.46	1.94	1418	1030	861	656	500	378	282	204
		0.76	1.73	2.31	1531	1301	980	742	638	498	486	296
		1.00	2.23	2.96	2000	1638	1225	920	880	699	556	440
6	0.085	0.65	1.41	1.87	1595	1141	1001	751	578	436	323	232
		0.76	1.66	2.22	1699	1463	1088	810	741	577	446	341
		1.00	2.13	2.85	2000	1837	1354	1250	978	767	599	556
10	0.125	0.65	1.24	1.66	2000	2000	1562	1171	875	644	460	312
		0.76	1.45	1.96	2000	1999	1946	1494	1151	884	672	501
		1.00	1.85	2.50	2000	2000	2000	1706	1264	1361	1088	868

LOSA EJES (G H) - (1 - 4).



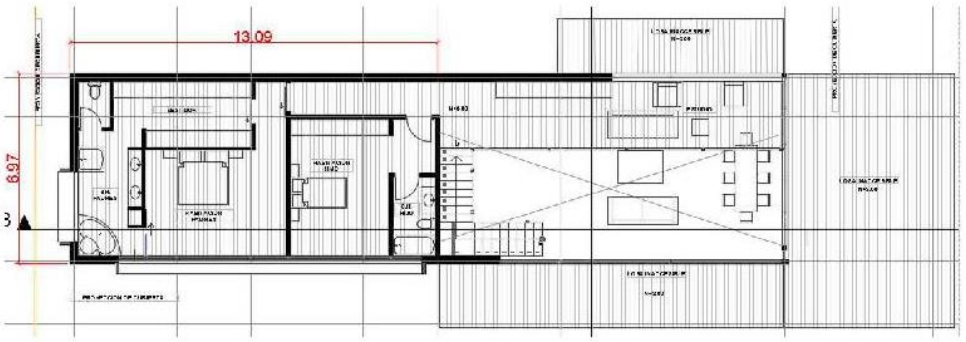
Encofrado de madera lateral para placa colaborante				
Elemento	Largo [m]	Alto [m]	Cantidad	Area [m2]
Encofrado losa inaccesible en eje 2	5.97	0.12	1	0.72
Encofrado losa inaccesible en eje H	9.64	0.12	1	1.16
Encofrado losa inaccesible en eje 4	5.97	0.12	1	0.72
Encofrado losa inaccesible en eje G	6.54	0.12	1	0.78
Encofrado pasillo Eje 4	12.43	0.12	2	2.98
Encofrado pasillo lado 2	2.78	0.12	1	0.33
			Subtotal	**6.69**



- **Losa alivianada**

Encofrado inferior metálico de losa alivianada				
Elemento	Largo [m]	Ancho [m]	Cantidad	Area [m2]
Encofrado inferior	13.09	6.97	1	91.24
			Subtotal	**91.24**

Encofrado lateral de madera para losa alivianada				
Elemento	Largo [m]	Ancho [m]	Cantidad	Area [m2]
Encofrado lateral lado 1	13.1	0.3	2	7.86
Encofrado lateral lado 2	7	0.3	2	4.20
			Subtotal	**12.06**



- **Columnas estructurales**

Encofrado recto metálico para columnas estructurales					
Elemento	**Ubicación**	**Ancho [m]**	**Altura [m]**	**Cantidad**	**Area [m2]**
Columna 30X30 cm	G4	0.3	3.96	4	4.75
Columna 30X30 cm	G2	0.3	2.25	4	2.70
Columna 30X30 cm	F4	0.3	3.96	4	4.75
Columna 30X30 cm	E2	0.3	2.25	4	2.70
Columna L lado 1	A4	0.15	3.96	2	1.19
Columna L lado 2	A4	0.3	3.96	2	2.38
Columna L lado 1	A2	0.15	2.25	2	0.68
Columna L lado 2	A2	0.3	2.25	2	1.35
				Subtotal	**20.49**

Nota 1 cantidad: En columnas L en el lado 1, son 2 lados que hay que encofrar ya que los otros 2 lados de 15 cm se pierden en la mamposteria
Nota 2 cantidad: En columnas L en el lado 2, son 2 lados que se encofran, que son las caras que dan hacia el exterior de la casa

- **Vigas y columnas de confinamiento**

Encofrado recto para columnas de confinamiento en paredes				
Elemento	**Ancho [m]**	**Altura promedio [m]**	**Cantidad**	**Area [m2]**
Viga V2 Adelca	0.15	3	25	11.25
Viga V2 Adelca	0.2	3	25	15.00
			Subtotal	**26.25**

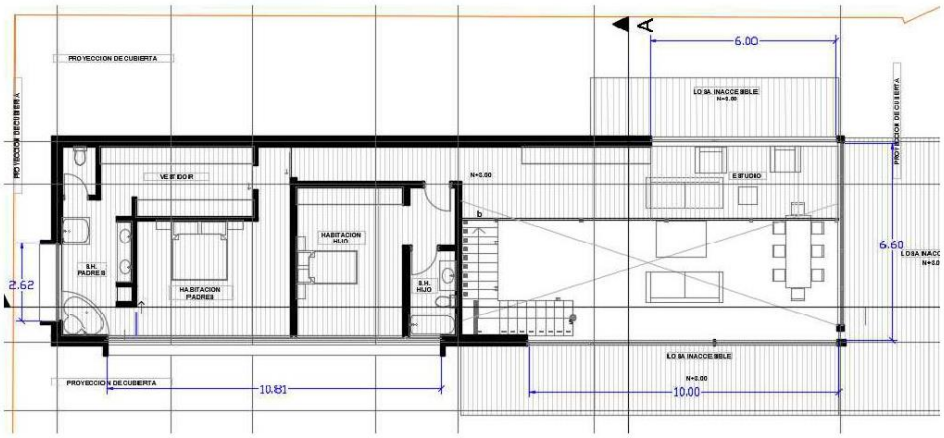
Nota 1 de cantidad: En cada columna solo se encofran 2 lado porque los 2 lados restantes los delimitan la mampostería de ladrillo (se pierden en la mampostería).

	VARILLAS LONGITUDINALES					ESTRIBOS		
TIPOS DE DE VIGAS	ARMADURA cm	Cant.	DIÁMETRO mm	PATA SUP. cm	PATA INF. cm	Cant.	mm	PESO TOTAL kg/6.50 m
V1*	10 x 10	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9,592
V2*	10 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9,986
V3*	15 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,376
V4*	10 x 20	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,376
V5*	10 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,014
V6*	15 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,757
V7*	10 x 20	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,757
V8*	15 x 15	4	12 corrug.	30	20	41c/15cm	6 corrug.	29,173
V9*	15 x 25	4	12 corrug.	30	20	41c/15cm	6 corrug.	30,997

* En vigas desde V5 hasta V9; las Varillas son de Acero Sismoresistente y sus estribos de Varilla Trefilada

Encofrado recto de madera para vigas de confinamiento en ventanas						
Habitacion	Elemento	Tipo	Largo [m]	Lado [m]	Cantidad	Area [m2]
Estudio	Ventana 1	Viga V2 Adelca	6	0.15	1	0.90
	Ventana 1	Viga V2 Adelca	6	0.2	2	2.40
	Ventana 2	Viga V2 Adelca	6.6	0.15	1	0.99
	Ventana 2	Viga V2 Adelca	6.6	0.2	2	2.64
Ventana Losa Inaccesible	Ventana 1	Viga V2 Adelca	10	0.15	1	1.50
	Ventana 1	Viga V2 Adelca	10	0.2	2	4.00
Dormitorio Padres-Hijo 3	Ventana 1	Viga V2 Adelca	9.76	0.15	1	1.46
	Ventana 1	Viga V2 Adelca	9.76	0.2	4	7.81
Dormitorio Padres	Ventana 1	Viga V2 Adelca	2.62	0.15	1	0.39
	Ventana 1	Viga V2 Adelca	2.62	0.2	4	2.10
					Subtotal	**22.10**

Nota 1 de cantidad: Para las ventanas del estudio, y la ventana de la losa inaccesible, se encofran los dos lados de la dimensión de 0.2 m de la viga y para la dimensión de 0.15 m, se encofra un solo lado ya que el otro se cubre con la
Nota 2 de cantidad: Para la ventana del dormitorio de padres y la ventana entre dormitorio padres-hijo 3, para la dimensión de 0.15 de la viga solo se encofra el lado inferior de la viga de arriba de la ventana
Nota 3 de cantidad: Para la ventana del dormitorio de padres y la ventana entre dormitorio padres-hijo 3, para la dimensión de 0.20 de la viga, se deben considerar los dos lados y son dos vigas.
Nota general: Son 2 vigas de confinamiento por ventana, una arriba y otra abajo.



- **Resumen de cantidades de encofrado**

Resumen encofrado móvil recto planta alta	
Elemento	**Area [m2]**
Encofrado de madera lateral losa de piso maciza	6.69
Encofrado metalico inferior losa alivianada	91.24
Encofrado metalico lateral losa alivianada	12.06
Encofrado metálico para columnas	20.49
Encofrado de madera para vigas confinamiento ventanas	22.10
Encofrado de madera para columnas de confinamiento paredes	26.25
Subtotal encofrado metálico	**123.79**
Subtotal encofrado madera	**55.04**
Total encofrado planta baja	**178.83**

Resumen encofrado permanente planta alta	
Tipo	**Area [m2]**
Placa colaborante NOVALOSA 55 e.placa=0.65mm, e.capa compresión=6cm	91.88

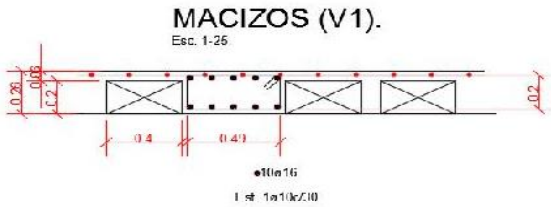
1.2.4.3. Acero de refuerzo

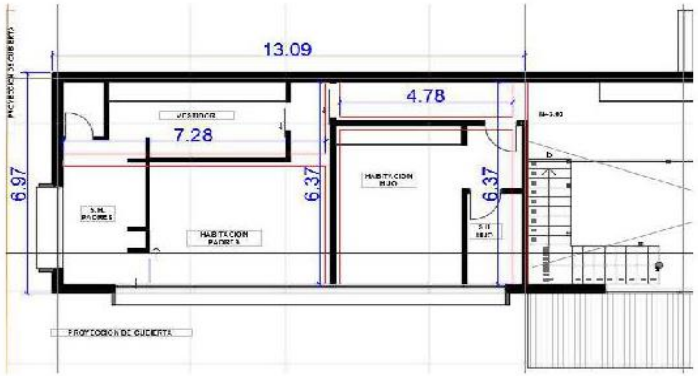
- **Losa alivianada entre ejes 1-4 y A-E**

Acero de refuerzo para estribos de vigas V1 (macizos) en losa alivianada												
Tipo	**Elemento**	**Diámetro (mm)**	**Separación (m)**	**Longitud del elemento (m)**	**Tipo de doblez**	**Número de varillas**	**Longitud de anclaje (m)**	**Longitud de la varilla (m)**	**Longitud total de la varilla (m)**	**Peso por metro lineal (Kg)**	**Longitud total (m)**	**Peso total (Kg)**
Estribo	Viga 1 V1 Losa Alivianada	10	0.3	7.28	O	25	0.18	1.38	1.56	0.62	39.00	24
Estribo	Viga 2 V1 Losa Alivianada	10	0.3	6.37	O	22	0.18	1.38	1.56	0.62	34.32	21
Estribo	Viga 3 V1 Losa Alivianada	10	0.3	4.78	O	16	0.18	1.38	1.56	0.62	24.96	15
Estribo	Viga 4 V1 Losa Alivianada	10	0.3	6.37	O	22	0.18	1.38	1.56	0.62	34.32	21
											Total	82

Nota: Los ganchos de los estribos son de 9 cm.

Acero de refuerzo longitudinal para vigas V1 (macizos) en losa alivianada										
Tipo	**Elemento**	**Diámetro (mm)**	**Longitud del elemento (m)**	**Tipo de doblez**	**Número de varillas**	**Traslapo**	**Longitud de la varilla (m)**	**Peso por metro lineal (Kg)**	**Longitud total (m)**	**Peso total (Kg)**
Varilla Longitudinal	Viga 1 V1 Losa Alivianada	16	7.28	C	10	0.00	5.63	1.58	56.30	89
Varilla Longitudinal	Viga 2 V1 Losa Alivianada	16	6.37	C	10	0.00	2.12	1.58	21.20	33
Varilla Longitudinal	Viga 3 V1 Losa Alivianada	16	4.78	C	10	0.00	5.22	1.58	52.20	82
Varilla Longitudinal	Viga 4 V1 Losa Alivianada	16	6.37	C	10	0.00	6.85	1.58	68.50	108
									Total	313





Resumen del acero de refuerzo en vigas V1 (macizos) en losa alivianada		
Diametro	**Longitud total**	**Peso total**
[mm]	**[m]**	**[Kg]**
10	132.60	81.75
16	198.20	312.83
	Total	395

Cuantía de acero de refuerzo en armadura horizontal de planta baja para proyección de acero de refuerzo horizontal en losa aliviana de planta alta (no hay planos de losa aliviana planta alta)												
Tipo	**Elemento**	**Diámetro (mm)**	**Separación (m)**	**Longitud del elemento (m)**	**Tipo de doblez**	**Número de varillas**	**Longitud de anclaje (m)**	**Longitud de la varilla (m)**	**Longitud total de la varilla (m)**	**Peso por metro lineal (Kg)**	**Longitud total (m)**	**Peso total (Kg)**
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.3		L	13	0.23	3.77	4.00	1.21	52.00	63
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.3		L	7	0.23	2.17	2.40	1.21	16.80	20
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.3		L	4	0.23	1.27	1.50	1.21	6.00	7
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.25		I	23	0.00	3.00	3.00	1.21	69.00	83
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.25		I	16	0.00	5.10	5.10	1.21	81.60	99
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.25		I	18	0.00	3.55	3.55	1.21	63.90	77
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.25		I	18	0.00	2.40	2.40	1.21	43.20	52
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.2		I	23	0.00	3.60	3.60	1.21	82.80	100
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.2		I	11	0.00	3.50	3.50	1.21	38.50	47
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.2		I	10	0.00	3.25	3.25	1.21	32.50	39
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.2		L	35	0.23	2.17	2.40	1.21	84.00	102
Armadura Horizontal	Losa Alivianada	14	0.2		C	11	0.46	2.78	3.24	1.21	35.64	43
Armadura Horizontal (Traslapos Alternados)	Losa Alivianada	14	1 cada mitad de nervio		I	20	2.40	21.05	23.45	1.21	469.00	567
											Total	1299

Cuantía acero de refuerzo longitudinal por metro cuadrado de losa en planta baja					
Diámetro	**Dimensiones losa**		**Area losa**	**Peso acero**	**Cuantía**
	Largo	**Ancho**			
[mm]	**[m]**	**[m]**	**[m2]**	**[Kg]**	**[Kg/m2]**
14	21.05	9.02	189.871	1299	6.84

Proyección de acero longitudinal para losa alivianada en planta alta					
Diámetro	**Dimensiones losa**		**Area losa**	**Cuantía asumida**	**Peso acero**
	Largo	**Ancho**			
[mm]	**[m]**	**[m]**	**[m2]**	**[Kg/m2]**	**[Kg]**
14	13.09	6.97	91.2373	6.84	**624.19**

Cuantía de acero de refuerzo en armadura horizontal de planta baja para proyección de acero de refuerzo vertical en losa aliviana de planta alta (no hay planos de losa aliviana planta alta)												
Tipo	Elemento	Diámetro (mm)	Separación (m)	Longitud del elemento (m)	Tipo de doblez	Número de varillas	Longitud de anclaje (m)	Longitud de la varilla (m)	Longitud total de la varilla (m)	Peso por metro lineal (Kg)	Longitud total (m)	Peso total (Kg)
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.3		L	12	0.23	2.52	2.75	1.21	33.00	40
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.3		L	10	0.23	2.17	2.40	1.21	24.00	29
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.3		L	4	0.46	0.46	0.92	1.21	3.68	4
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.3		L	67	0.23	2.17	2.40	1.21	160.80	194
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.2		L	7	0.23	2.17	2.40	1.21	16.80	20
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.3		L	12	0.23	5.77	6.00	1.21	72.00	87
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.3		L	38	0.23	1.77	2.00	1.21	76.00	92
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.2		L	7	0.23	1.77	2.00	1.21	14.00	17
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.2		I	15	0.00	3.00	3.00	1.21	45.00	54
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.2		L	14	0.23	3.85	4.08	1.21	57.12	69
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.25		I	37	0.00	3.90	3.90	1.21	144.30	174
Armadura Vertical	Losa Alivianada	14	0.2		L	35	0.23	2.17	2.40	1.21	84.00	102
Armadura Vertical (Larga)	Losa Alivianada	14	1 cada mitad de nervio		I	44	0.60	9.02	9.62	1.21	423.28	511
											Total	1394

Cuantía acero de refuerzo transversal por metro cuadrado de losa en planta baja					
Diámetro	Dimensiones losa		Area losa	Peso acero	Cuantía
	Largo	Ancho			
[mm]	[m]	[m]	[m2]	[Kg]	[Kg/m2]
14	21.05	9.02	189.871	1394	7.34

Proyección de acero transversal para losa alivianada en planta alta					
Diámetro	Dimensiones losa		Area losa	Cuantía asumida	Peso acero
	Largo	Ancho			
[mm]	[m]	[m]	[m2]	[Kg/m2]	[Kg]
14	13.09	6.97	91.2373	7.34	**670.08**

Resumen acero de refuerzo longitudinal y transversal proyectado para losa alivianada de planta alta			
Diametro	Peso Total	Peso por metro lineal	Longitud Total
[mm]	[Kg]	[Kg/m]	[m]
14	1294.27	1.21	1071.05
Total	**1294**		**1071**

- **Columnas estructurales de planta alta-cubierta**

Acero de refuerzo longitudinal en columnas de planta alta-cubierta (N+3.000 a N+6.000)											
Tipo	Elemento	Ubicación	Diámetro (mm)	Longitud del elemento (m)	Tipo de doblez	Número de varillas	Traslapo	Longitud de la varilla (m)	Peso por metro lineal (Kg)	Longitud total (m)	Peso total (Kg)
Varilla Longitudinal	Columna 30X30 cm	G4	14	4.17	C	8	2.00	6.17	1.21	49.36	60
Varilla Longitudinal	Columna 30X30 cm	G2	14	2.46	C	8	2.00	4.46	1.21	35.68	43
Varilla Longitudinal	Columna 30X30 cm	F4	14	4.17	C	8	2.00	6.17	1.21	49.36	60
Varilla Longitudinal	Columna 30X30 cm	E2	14	2.46	C	8	2.00	4.46	1.21	35.68	43
Varilla Longitudinal	Columna L	A4	14	4.17	C	8	2.00	6.17	1.21	49.36	60
Varilla Longitudinal	Columna L	A2	14	2.46	C	8	2.00	4.46	1.21	35.68	43
										Total	308

Nota 1 de a longitud de traslapo: Los ganchos de las C son de 25 cm.
Nota 2 de a longitud de traslapo: Está multiplicada por 2 y despues por 4 porque en cada columna la varilla tiene dos dobleces y son 4 varillas del mismo diametro en cada columna.

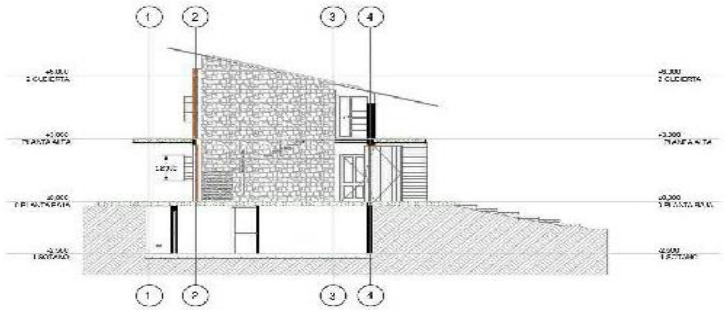
Acero de refuerzo para estribos en columnas de planta alta-cubierta (N+3.000 a N+6.000)													
Tipo	Elemento	Ubicación	Diámetro (mm)	Separación (m)	Longitud del elemento (m)	Tipo de doblez	Número de varillas	Longitud de anclaje (m)	Longitud de la varilla (m)	Longitud total de la varilla (m)	Peso por metro lineal (Kg)	Longitud total (m)	Peso total (Kg)
Estribo 1 Zona de Confinamiento	Columnas 30X30 cm	G4, F4	10	0.1	2.80	O	28	0.16	1.00	1.16	0.62	32.48	20
Estribo 1 Zona Central	Columnas 30X30 cm	G4, F4	10	0.2	5.12	O	26	0.16	1.00	1.16	0.62	30.16	19
Estribo 2 Zona de Confinamiento	Columnas 30X30 cm	G4, F4	10	0.1	2.80	O	28	0.20	0.72	0.92	0.62	25.76	16
Estribo 1 Zona de Confinamiento	Columnas 30X30 cm	G2,F2	10	0.1	2.80	O	28	0.14	1.00	1.14	0.62	31.92	20
Estribo 1 Zona Central	Columnas 30X30 cm	G2,F2	10	0.2	1.70	O	9	0.14	1.00	1.14	0.62	10.26	6
Estribo 2 Zona de Confinamiento	Columnas 30X30 cm	G2,F2	10	0.1	2.80	O	28	0.20	0.72	0.92	0.62	25.76	16
Estribo 1 Zona de Confinamiento	Columna L	A4	10	0.1	1.40	O	14	0.14	0.70	0.84	0.62	11.76	7
Estribo 2 Zona de Confinamiento	Columna L	A4	10	0.1	1.40	O	14	0.14	0.70	0.84	0.62	11.76	7
Estribo 1 Zona Central	Columna L	A4	10	0.2	2.56	O	13	0.14	0.70	0.84	0.62	10.92	7
Estribo 2 Zona Central	Columna L	A4	10	0.2	2.56	O	13	0.14	0.70	0.84	0.62	10.92	7
Estribo 1 Zona de Confinamiento	Columna L	A2	10	0.1	1.40	O	14	0.14	0.70	0.84	0.62	11.76	7
Estribo 2 Zona de Confinamiento	Columna L	A2	10	0.1	1.40	O	14	0.14	0.70	0.84	0.62	11.76	7
Estribo 1 Zona Central	Columna L	A2	10	0.2	0.85	O	5	0.14	0.70	0.84	0.62	4.20	3
Estribo 2 Zona Central	Columna L	A2	10	0.2	0.85	O	5	0.14	0.70	0.84	0.62	4.20	3
												TOTAL	144

Nota 1 de la longitud del elemento: para las zonas de confinamiento la longitud se multiplica por 2 porque hay dos zonas. La longitud del elemento de las columnas tipo C1 se multiplica por 4 porque hay 4 columnas de ese tipo.
Nota 2 de la a longitud del elemento: para las columnas tipo C3 se multiplica por 6, porque hay 6 columnas tipo C3.
Nota 3 de la longitud del elemento: para las columnas tipo L se multiplica por 2, porque hay 2 columnas tipo L.

Longitud de ganchos columna tipo C1	
Longitud gancho estribo inclinado (m)	0.1
Longitud gancho estribo normal (m)	0.08
Longitud horizontal (m)	0.175
Longitud vertical (m)	0.175
Longitud estribo inclinado en col. C1 (m)	0.247
Longitud estribo inclinado en col. C1 (m) (para sus 4 lados)	0.990

Longitud gancho Columna C3 (m)	0.07
Long Gancho Columna L	0.07

Longitud de "lado" en estribo inclinado en columnas tipo C3	
Recubrimiento Ho. a ambos lados (cm)	2.5
Longitud horizontal (m)	0.125
Longitud vertical (m)	0.125
Longitud estribo inclinado en col. C3	0.18
Longitud estribo inclinado en col. C3 (para sus 4 lados)	0.72



Resumen del acero de refuerzo en las columnas de planta alta-cubierta		
Diametro	**Longitud total**	**Peso total**
[mm]	**[m]**	**[Kg]**
10	202	144
14	170	206
	Total	350

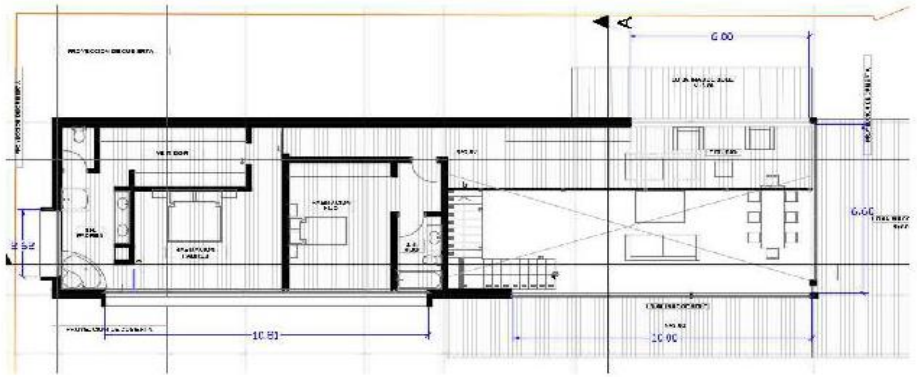
- **Vigas y columnas de confinamiento**

Planilla de vigas electrosoldadas Adelca V2 para vigas de confinamiento en ventanas		
Tipo	**Elemento**	**Longitud**
Viga V2 Adelca	Baño padres viga abajo ventana	2.62
Viga V2 Adelca	Baño padres viga arriba ventana	2.62
Viga V2 Adelca	Dormitorio padres-Dormitorio hijos viga abajo ventana	9.76
Viga V2 Adelca	Dormitorio padres-Dormitorio hijos viga abajo arriba	9.76
Viga V2 Adelca	Ventana 1 estudio viga arriba ventana	6
Viga V2 Adelca	Ventana 2 estudio viga arriba ventana	6.8
Viga V2 Adelca	viga abajo ventana	10
	Total	48.00

Resumen cantidades vigas confinamiento ventanas planta alta					
Tipo	**Longitud Total**	**Longitud comercial vigas**	**Cantidad requerida real**	**Peso por viga**	**Peso total**
	[m]	**[m]**		**[Kg]**	**[Kg]**
Viga V2 Adelca	48.00	6.5	**8.00**	9.986	**79.888**

	VARILLAS LONGITUDINALES					ESTRIBOS		
TIPOS DE DE VIGAS	ARMADURA cm	Cant.	DIÁMETRO mm	PATA SUP. cm	PATA INF. cm	Cant.	mm	PESO TOTAL kg/650 m
V1*	10 x 10	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9,592
V2*	10 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9.986
V3*	15 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,375
V4*	10 x 20	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,375
V5*	10 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,014
V6*	15 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,757
V7*	10 x 20	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,757
V8*	15 x 15	4	12 corrug.	30	20	41c/15cm	6 corrug.	29,173
V9*	15 x 25	4	12 corrug.	30	20	41c/15cm	6 corrug.	30,997

* En vigas desde V5 hasta V9, las Varillas son de Acero Sismoresistente y sus estribos de Varilla Treñilada



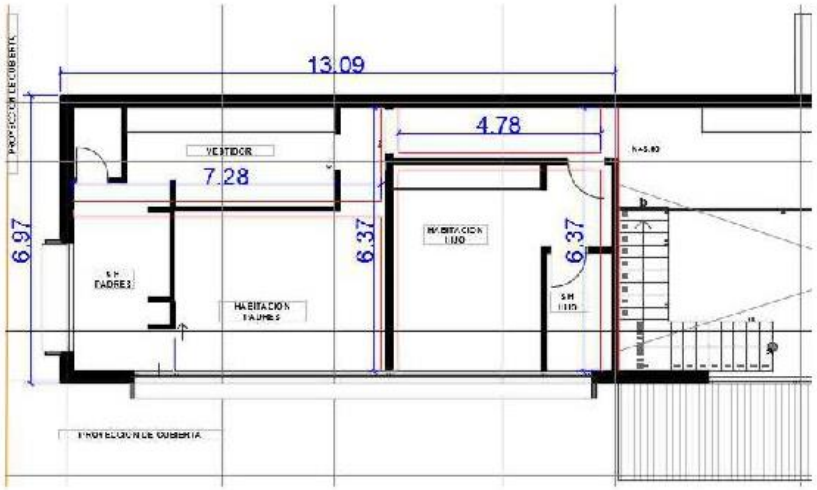
Resumen cantidades columnas de confinamiento en mampostería							
Tipo	Altura promedio	Cantidad requerida	Longitud Total	Longitud comercial vigas	Cantidad requerida real	Peso por viga	Peso total
	[m]		[m]	[m]		[Kg]	[Kg]
Viga V2 Adelca	3.00	25.00	75.00	6.5	**12.00**	9.986	**119.832**

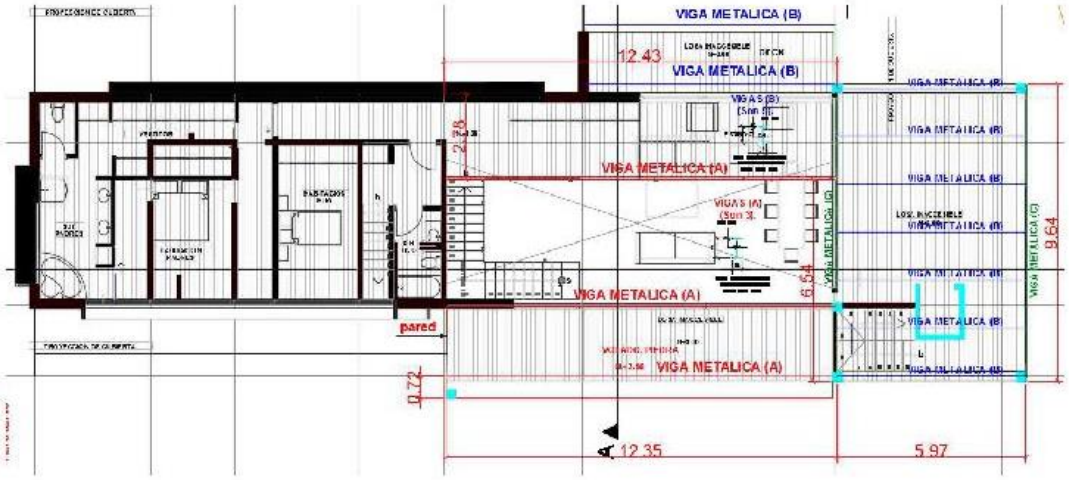
	VARILLAS LONGITUDINALES					ESTRIBOS		
TIPOS DE DE VIGAS	ARMADURA cm	Cant.	DIÁMETRO mm	PATA SUP. cm	PATA INF. cm	Cant.	mm	PESO TOTAL kg/0.50m
V1*	10 x 10	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9,592
V2*	10 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	9,986
V3*	15 x 15	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,376
V4*	10 x 20	4	7 corrug.	40	25	40c/15cm	4 liso	10,376
V5*	10 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,014
V6*	15 x 15	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,757
V7*	10 x 20	4	9 corrug.	40	25	40c/15cm	5,5 corrug.	17,757
V8*	15 x 15	4	12 corrug.	30	20	41c/15cm	6 corrug.	20.173
V9*	15 x 25	4	12 corrug.	30	20	41c/15cm	6 corrug.	30,997

* En vigas desde V5 hasta V9; las Varillas son de Acero Sismoresistente y sus estribos de Varilla Trefilada

- **Malla electrosoldada R-84**

Malla electrosoldada R-84 para losa alivianada y losa con placa colaborante						
Tipo	Elemento	Diámetro (mm)	Separación (m)	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m2)
Malla Electrosoldada Tipo R-84	Losa alivianada	5	0.1	13.09	6.97	91.24
Malla Electrosoldada Tipo R-84	Losa con placa colaborante	5	0.1	9.64	5.97	57.55
Malla Electrosoldada Tipo R-84	Losa con placa colaborante	5	0.1	12.43	2.78	34.56
					Total	183





- **Resumen de las cantidades del acero de refuerzo en planta alta**

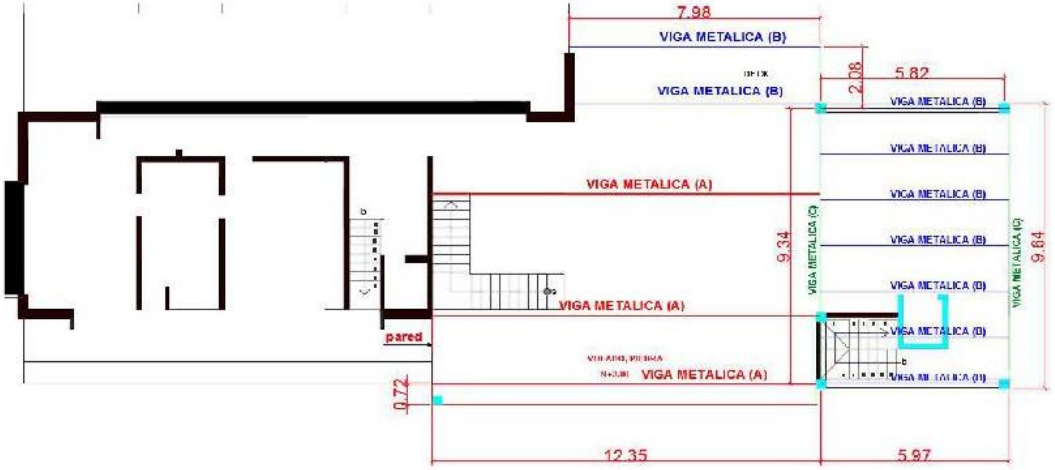
Resumen acero de refuerzo en planta alta			
Diametro	**Longitud total**	**Peso total**	**Numero de Varillas**
[mm]	**[m]**	**[Kg]**	**[u]**
10	366.22	225.79	31
14	1326.17	1602.56	111
16	198.20	312.83	17

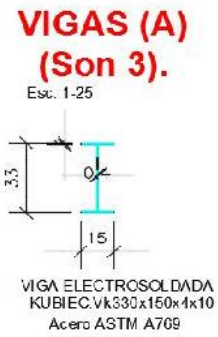
Resumen vigas electrosoldadas planta alta			
Tipo	**Fabricante**	**Cantidad de vigas**	**Peso total**
			[Kg]
Viga electrosoldada V2	Adelca	20.00	199.72

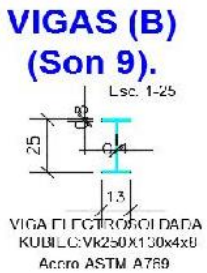
Resumen de malla electrosoldada		
Tipo	**Elemento**	**Area**
		[m2]
Malla Electrosoldada Tipo R-84	Losa alivianada	91.24
Malla Electrosoldada Tipo R-84	Losa maciza	92.11
	Total	**184.00**

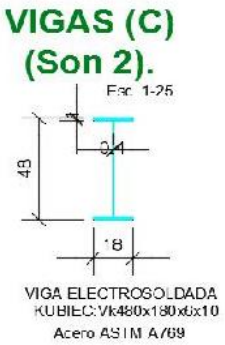
1.2.4.4. Acero estructural

Acero estructural ASTM A769 para losa maciza y volados de deck's											
Disgnación Plano	Fabricante	Designación Fabricante	Alma		Patín		Area de la sección		Peso por unidad de longitud	Longitud	Cantidad	Peso Total
			Peralte	Espesor	Ancho	Espesor						
			[m]	[m]	[m]	[m]	[mm2]	[m2]	[Kg/m]	[m]		[Kg]
Viga metálica A	Kubiec	Vk 330x150x4x10	0.33	0.004	0.15	0.01	4240	0.00424	33.28	12.35	3	1233.024
Viga metálica B	Kubiec	Vk 250x130x4x8	0.25	0.004	0.13	0.008	3016	0.003016	23.68	5.82	7	964.7232
Viga metálica B	Kubiec	Vk 250x130x4x8	0.25	0.004	0.13	0.008	3016	0.003016	23.68	7.98	2	377.9328
Viga metálica C	Kubiec	Vk 480x180x6x10	0.48	0.004	0.18	0.01	6360	0.00636	49.93	12.14	1	606.1502
Viga metálica C	Kubiec	Vk 480x180x6x11	0.48	0.004	0.18	0.01	6360	0.00636	50.93	9.64	1	490.9652
											Subtotal	**3672.7954**









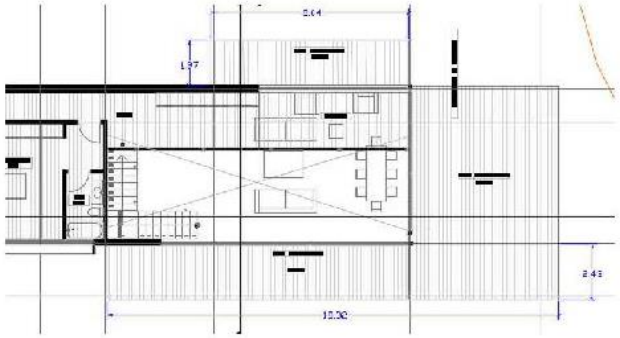
Sección	Dimensiones				Propiedades de Seccion										
	d (mm)	bf (mm)	t_w (mm)	t_f (mm)	A (mm^2)	I_x $1x10^5$ (mm^4)	S_x $1x10^3$ (mm^3)	r_x (mm)	Z_x $1x10^3$ (mm^3)	I_y $1x10^5$ (mm^4)	S_y $1x10^3$ (mm^3)	r_y (mm)	Z_y $1x10^3$ (mm^3)	J (mm^4)	P (kg/m)
VK150x100x4x4	150	100	4	4	1368	52,2	69,6	61,76	78,6	6,7	13,3	22,09	20,0	7296	10,74
VK180x100x4x6	180	100	4	6	1872	106,7	118,5	75,49	132,6	10,0	20,0	23,12	30,0	17984	14,70
VK200x100x4x8	200	100	4	8	2336	168,3	168,3	84,98	187,5	13,3	26,7	23,90	40,0	38059	18,34
VK250x130x4x8	250	130	4	8	3016	347,4	277,9	107,32	306,4	29,3	45,1	31,17	67,6	49365	23,68
VK330x150x4x8	330	150	4	8	3656	725,4	439,7	140,86	485,0	45,0	60,0	35,09	90,0	57899	28,70
VK330x150x4x10	330	150	4	10	4240	867,6	525,8	143,04	576,1	56,3	75,0	36,43	112,5	106613	33,28
VK330x180x6x8	330	180	6	8	4764	901,5	546,3	137,56	611,6	77,8	86,5	40,42	129,6	84049	37,40
VK400x180x6x8	400	180	6	8	5184	1389,6	694,8	163,73	785,7	77,8	86,5	38,75	129,6	89088	40,69
VK480x180x6x10	480	180	6	10	5880	1843,6	821,8	167,19	918,6	97,3	108,1	40,67	162,0	147960	46,16
VK480x180x6x10	480	180	6	10	6360	2475,1	1031,3	197,97	1163,4	97,3	108,1	39,11	162,0	153120	49,93

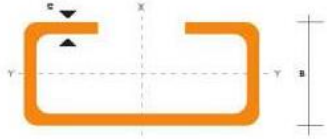
1.2.4.5. Losas inaccesibles tipo “deck” de planta alta

Acero estructural para losas inaccesibles tipo "deck"																
Disgnación Plano	Fabricante	Designación fabricante	Tipo de perfil	A		B		C		Area de la sección		Peso por unidad de	Longitud	Cantidad de dobles G	*Cantidad de perfiles G simples	Peso Total
				Ancho	Espesor	Ancho	Espesor	Ancho	Espesor							
				[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[cm2]	[m2]	[Kg/m]	[m]			[Kg]
Correas vigas secundarias	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	0.15	0.003	0.05	0.003	0.015	0.003	7.81	0.000781	6.13	8.04	1	2	98.5704
Correas vigas secundarias	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	0.15	0.003	0.05	0.003	0.015	0.003	7.81	0.000781	6.13	1.97	5	10	120.761
Correas vigas secundarias	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	0.15	0.003	0.05	0.003	0.015	0.003	7.81	0.000781	6.13	18.32	1	2	224.6032
Correas vigas secundarias	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	0.15	0.003	0.05	0.003	0.015	0.003	7.81	0.000781	6.13	2.43	10	20	297.918
															Subtotal	**741.8526**

*Cada correa está conformada por 2 G´s entonces se multiplica la cantidad por 2

Separacion vigas transversales	1.87





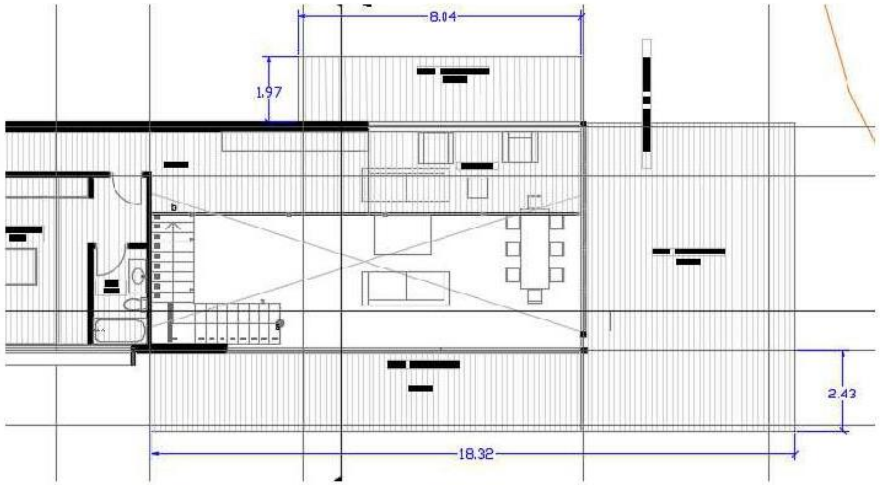
DIMENSIONES				PESOS		SECCION	EJE X-X			PROPIEDADES		
A	B	C	e	6metros	1metro		I	W	i	I	W	i
mm	mm	mm	mm	Kg	Kg	cm2	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm
60	30	10	1.5	9.19	1.53	1.95	11.02	3.67	2.38	2.43	1.25	1.12
60	30	10	2	11.94	1.99	2.54	13.98	4.66	2.35	3.01	2.85	1.09
60	30	10	3	16.98	2.83	3.61	18.9	6.3	2.29	3.87	3.69	1.04
80	40	15	1.5	13.16	2.20	2.80	27.43	6.86	3.13	6.39	2.53	1.51
80	40	15	2	16.68	2.78	3.54	35.30	8.81	3.16	8.07	3.18	1.51
80	40	15	3	24.06	4.01	5.11	49.06	12.30	3.10	10.80	4.37	1.46
100	50	15	2	20.40	3.40	4.34	69.20	13.80	4.00	15.00	4.57	1.86
100	50	15	3	29.70	4.95	6.31	97.80	19.60	3.94	20.50	6.25	1.80
100	50	20	4	40.26	6.71	8.55	126.76	25.34	3.85	28.50	9.05	1.83
100	50	25	5	51.12	8.52	10.86	152.51	30.50	3.75	36.52	12.09	1.83
125	50	15	2	22.80	3.80	4.84	116.00	18.63	4.91	16.20	4.69	1.83
125	50	15	3	33.24	5.54	7.06	165.00	26.53	4.84	22.20	6.43	1.77
125	50	20	4	44.99	7.49	9.55	217.00	34.73	4.77	30.90	9.32	1.80
125	50	25	5	57.00	9.50	12.11	264.32	42.29	4.67	39.88	12.46	1.82
125	50	30	6	70.78	11.78	14.73	307.13	49.14	4.56	48.69	15.81	1.81
150	50	15	2	25.14	4.14	5.34	179.00	23.80	5.79	17.10	4.78	1.79
150	50	15	3	36.78	6.13	7.81	255.00	34.03	5.72	23.50	6.56	1.73
150	50	20	4	49.66	8.28	10.50	327.06	44.90	5.65	32.90	9.52	1.77
150	75	25	5	74.70	12.45	15.86	565.36	72.71	5.86	117.22	24.27	2.72
150	75	30	6	93.42	15.57	19.23	641.46	85.53	5.77	114.47	30.57	2.74
175	50	15	2	27.48	4.58	5.84	258.00	29.40	6.64	17.90	4.85	1.75
175	50	15	3	40.32	6.72	8.56	369.00	42.20	6.57	24.60	6.66	1.70
175	75	25	4	65.46	10.9	13.90	653.00	74.63	6.84	105.00	20.90	2.75
175	75	25	5	80.58	13.43	17.11	785.95	89.82	6.78	123.88	24.63	2.69
175	75	30	6	100.74	16.79	20.73	929.39	106.22	6.70	152.84	31.19	2.72
200	50	15	2	29.94	4.99	6.36	356.00	35.63	7.56	18.60	4.85	1.72
200	50	15	3	43.86	7.31	9.31	507.00	50.70	7.45	25.10	6.57	1.65
200	75	25	4	70.20	11.70	14.90	895.00	89.50	7.64	110.00	21.30	2.71
200	75	25	5	86.52	14.42	18.37	1060.00	106.03	7.67	129.62	25.02	2.66
200	75	30	6	108.00	18.00	22.23	1282.17	128.21	7.59	160.15	31.73	2.68
250	75	25	4	79.86	13.31	16.90	1520.00	133.03	9.48	118.00	21.70	2.64
250	100	25	5	109.96	18.33	23.36	2219.24	177.54	9.75	285.26	39.24	3.49
250	100	30	6	135.48	22.58	28.23	2647.38	219.79	9.68	383.54	55.58	3.69
300	100	30	4	100.80	16.80	21.30	2860.00	191.03	11.60	274.00	38.30	3.58
300	100	35	5	126.66	21.10	26.90	3560.00	237.03	11.50	351.00	49.90	3.61
300	100	35	6	154.74	25.79	31.80	4170.00	278.03	11.40	404.00	57.40	3.56

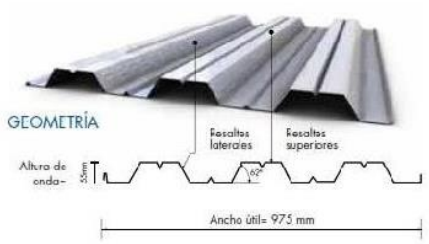
Resumen de cantidades para acero de cubierta								
Disgnación Plano	Fabricante	Designación fabricante	Tipo de perfil	Longitud vano	Longitud total	Longitud comercial	Cantidad de perfiles necesarios en long	Cantidad real de perfiles
				[m]	[m]	[m]		
Correas	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	Variable	8.04	6	2	4
Correas	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	Variable	1.97	6	10	4
Correas	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	Variable	18.32	6	2	8
Correas	DIPAC	G150x50x15x3	Union de 2 G	Variable	2.43	6	20	9
							Subtotal	**25**

Se requirán 25 perfiles de 6 m de longitud, de los cuales hay que cortarlos para que cumplan con las dimensiones necesarias

- **Encofrado**

Encofrado permanente (Placa colaborante NOVALOSA 55 e.placa=0.65mm, e.capa compresión=6cm)				
Elemento	Largo [m]	Ancho [m]	Cantidad	Area [m2]
Losa de Piso Maciza	8.04	1.97	1	15.84
Losa de Piso Maciza	18.32	2.43	1	44.52
			Subtotal	60.36



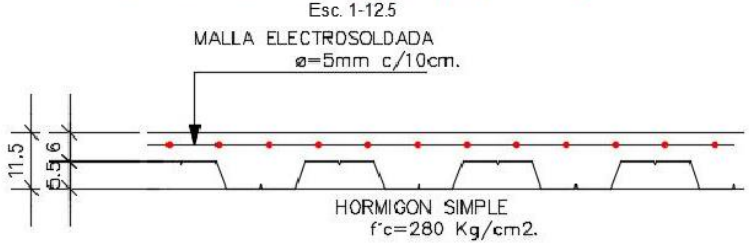


PROPIEDADES DE LA SECCIÓN SIMPLE					
Espesor (mm)	Peso (kg/m²)	I+ (cm⁴/m)	S+ (cm³/m)	S- (cm³/m)	As (cm²/m)
0.65	6.38	31.36	9.66	10.41	8.13
0.75	7.47	39.37	12.43	13.29	9.51
1.00	9.82	55.99	18.43	19.34	12.51

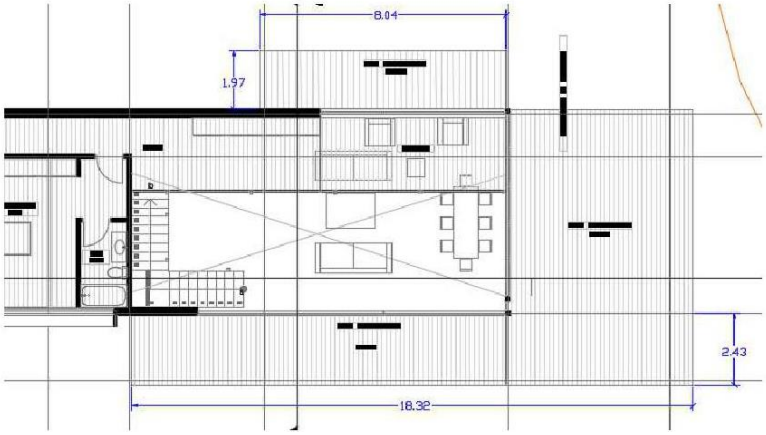
CUADRO DE CAPACIDADES DE CARGA NOVALOSA 55												
Espesor de losa (cm)	Volúmen de hormigón (m³/m²)	Espesor Novalosa (mm)	Máxima luz sin apuntular (m)		Carga total sobreimpuesta (kg/m²)							
			Condición de apoyo		Separación entre apoyos (m)							
			1 vano	2 o más vanos	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80	3.00
5	0.075	0.65	1.46	1.94	1418	1030	861	656	500	378	282	204
		0.76	1.73	2.31	1531	1301	980	742	638	498	486	296
		1.00	2.23	2.96	2000	1638	1225	920	880	699	556	440
6	0.085	0.65	1.41	1.87	1595	1141	1001	761	578	436	323	232
		0.76	1.66	2.22	1699	1463	1088	810	741	577	446	341
		1.00	2.13	2.85	2000	1837	1354	1250	978	767	599	556
10	0.125	0.65	1.24	1.66	2000	2000	1562	1171	875	644	460	312
		0.76	1.45	1.96	2000	1999	1946	1494	1151	884	672	501
		1.00	1.85	2.50	2000	2000	2000	1706	1264	1361	1088	858

LOSA EJES (G H) - (1 - 4).

Esc. 1-12.5



Encofrado de madera lateral para placa colaborante				
Elemento	Largo [m]	Alto [m]	Cantidad	Area [m2]
Encofrado losa inaccesible en eje 2	8.04	0.12	1	0.96
Encofrado losa inaccesible en eje H	1.97	0.12	2	0.47
Encofrado losa inaccesible en eje 4	18.32	0.12	1	2.20
Encofrado losa inaccesible en eje G	2.43	0.12	2	0.58
			Subtotal	**4.22**

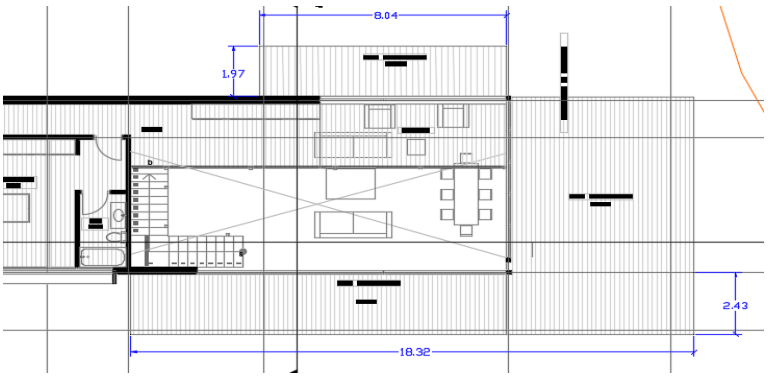


- **Hormigón**

Hormigón f'c= 240 Kg/cm2 para losa de piso con placa colaborante NOVALOSA 55 e.placa=0.65mm, e.capa compresión=6cm					
Elemento	Largo [m]	Ancho [m]	Area [m2]	Cuantía de Hormigón [m3/m2]	Volumen [m3]
Losa de Piso Maciza	8.04	1.97	15.84	0.085	1.35
	18.32	2.43	44.52	0.085	3.78
				Subtotal	**5.13**

- **Piso con piedra pizarra**

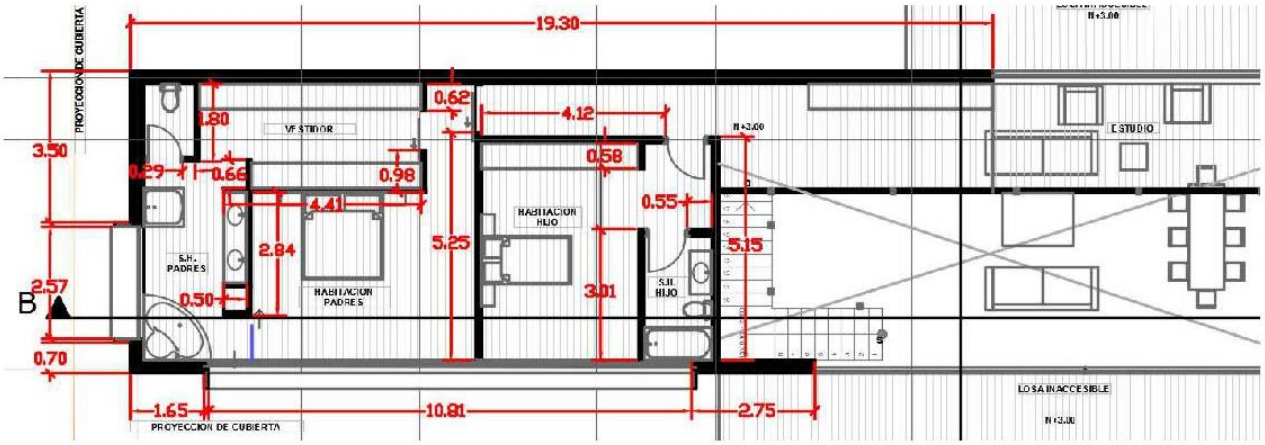
Area donde se colocará revestimiento con piedra pizarra				
Elemento	Largo [m]	Ancho [m]	Cantidad	Area [m2]
Losa de Piso Maciza	8.04	1.97	1	15.84
Losa de Piso Maciza	18.32	2.43	1	44.52
			Subtotal	**60.36**



1.2.4.6. Mampostería

Mampostería con ladrillo panelón					
Habitacion	Elemento	Largo [m]	Altura [m]	Cantidad	Area [m2]
Pasillo	Pared 1	19.3	2.25	1	43.43
Dormitorio Padres	Pared Vestidor 1	4.41	2.88	1	12.70
	Pared Vestidor 2	0.98		1	2.70
	Pared Vestidor 3	0.62		1	1.54
	Pared Vestidor 4	1.8		1	4.19
	Pared Baño 1	0.29	2.71	1	0.79
	Pared Baño 2	0.66		1	1.84
	Pared Baño 3	0.5	3.6	1	1.80
	Pared Baño 4	0.5	3.51	1	1.76
	Pared Baño 5	0.7	3.78	1	2.65
	Pared Baño 6	1.65	3.96	1	6.53
	Pared Baño 7	3.5		1	9.43
	Pared Baño 8	2.84		1	9.20
	Dormitorio Padres-Dormitorio Hijo 3	5.25		1	17.30
Dormitorio Padres-Dormitorio Hijo 3	Pared 1	10.81	3.96	1	42.81
Dormitorio Padres-Dormitorio Hijo 4	Descuento Ventana	9.76	1.2	1	-11.71
Baño Hijo 3- Gradas	Pared 1	2.75	3.96	1	10.89
Baño Hijo 3- Gradas	Pared 2	5.15		1	17.02
Dormitorio Hijo 3	Pared 1	4.12	2.56	1	10.55
	Pared 2	0.58		1	1.53
	Pared 3	3.01		1	10.78
	Pared 4	0.55	3.1	1	1.71
				Subtotal	**155.99**

Resumen mampostería planta alta			
Tipo	**Area (m2)**	**Ladrillos/m2**	**Total de ladrillos**
Mamposteria tradicional	155.99	36	**5616**

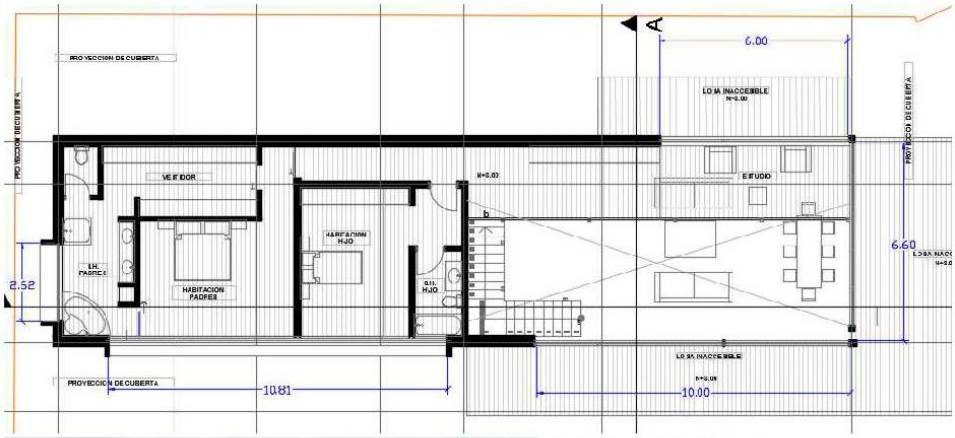




1.2.4.7. Ventanas

Área de ventanas en planta alta					
Habitacion	**Elemento**	**Largo**	**Altura**	**Cantidad**	**Area**
		[m]	**[m]**		**[m2]**
Estudio	Ventana 1	6	2.25	1	13.50
	Ventana 2	6.6	Variable	1	20.49
Ventana Losa Inaccesible	Ventana 1	10	3.96	1	39.60
Dormitorio Padres-Hijo 3	Ventana 1	9.76	1.2	1	11.71
Dormitorio Padres	Ventana 1	2.62	1.2	1	3.14
				Subtotal	**88.45**

Nota del largo: La dimensión referente al dormitorio a pesar que está como 10.81 m, es 9.76 m porque mide lo mismo que la ventana que va bajo esa en planta baja.

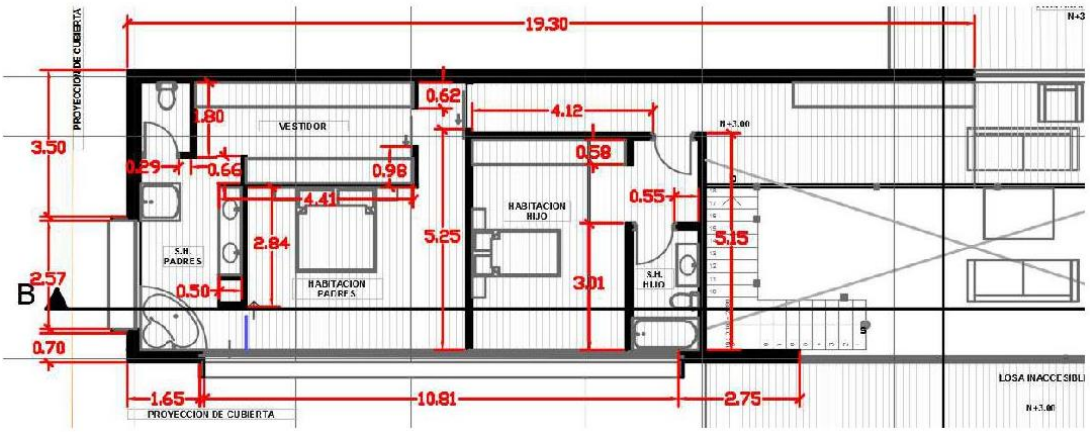






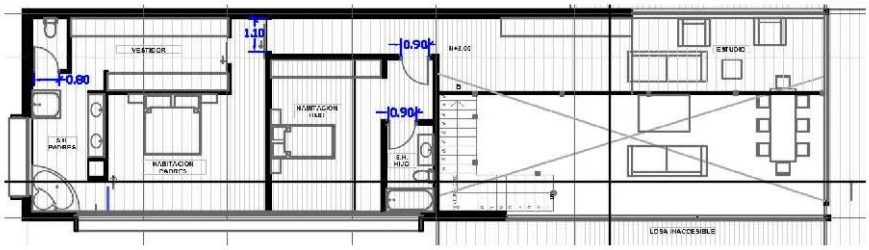
1.2.4.8. Enlucido con mortero 1:3

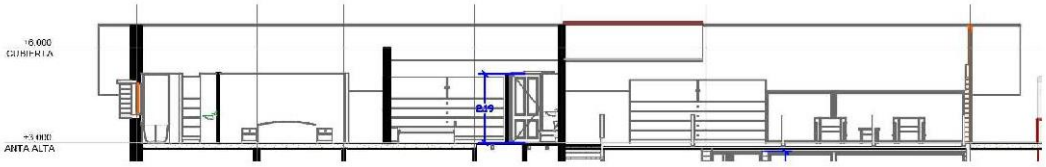
Enlucido con mortero 1:3					
Habitacion	Elemento	Largo [m]	Altura [m]	Cantidad	Area [m2]
Pasillo	Pared 1	19.3	2.25	2	86.85
Dormitorio Padres	Pared Vestidor 1	4.41	2.88	2	25.40
	Pared Vestidor 2	0.98		2	5.40
	Pared Vestidor 3	0.62		2	3.08
	Pared Vestidor 4	1.8		2	8.39
	Pared Baño 1	0.29	2.71	2	1.57
	Pared Baño 2	0.66		2	3.69
	Pared Baño 3	0.5	3.6	2	3.60
	Pared Baño 4	0.5	3.51	2	3.51
	Pared Baño 5	0.7	3.78	2	5.29
	Pared Baño 6	1.65	3.96	2	13.07
	Pared Baño 7	3.5		2	18.87
	Pared Baño 8	2.84		2	18.40
	Dormitorio Padres-Dormitorio Hijo 3	5.25		2	34.60
Dormitorio Padres-Dormitorio Hijo 3	Pared 1	10.81	3.96	2	85.62
Dormitorio Padres-Dormitorio Hijo 4	Descuento Ventana	9.76	1.2	1	-11.71
Baño Hijo 3- Gradas	Pared 1	2.75	3.96	2	21.78
Baño Hijo 3- Gradas	Pared 2	5.15		2	34.04
Dormitorio Hijo 3	Pared 1	4.12	2.56	2	21.09
	Pared 2	0.58		2	3.06
	Pared 3	3.01		2	21.55
	Pared 4	0.55	3.1	2	3.41
				Subtotal	**323.70**



1.2.4.9. Puertas

Areas de puertas de madera en planta alta					
Habitacion	**Elemento**	**Largo**	**Altura**	**Cantidad**	**Area**
		[m]	**[m]**		**[m2]**
Dormitorio Padres	Puerta 1	1.1	2.19	1	2.41
	Puerta 2 Baño	0.8	2.19	1	2.48
Dormitorio Hijo 3	Puerta 1	0.9	2.19	1	1.97
	Puerta 2 Baño	0.9	2.19	1	1.97
				Subtotal	**8.84**







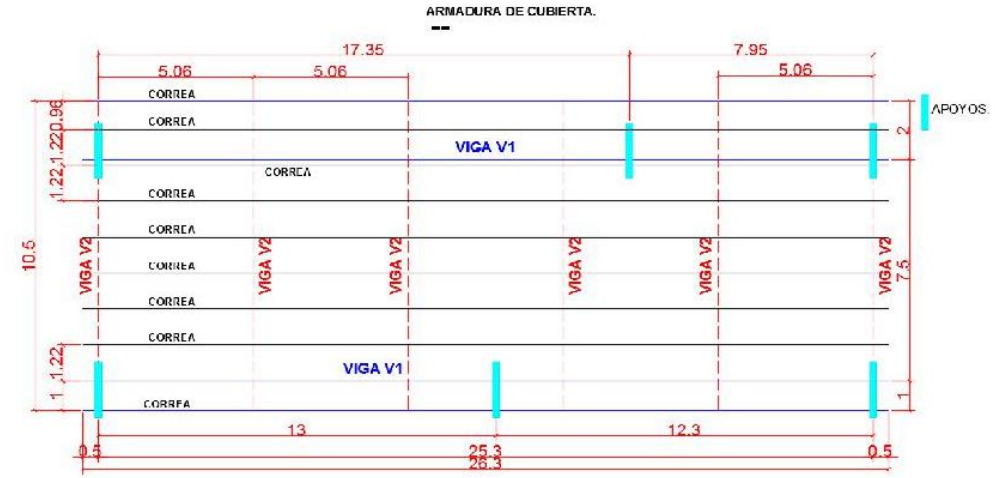


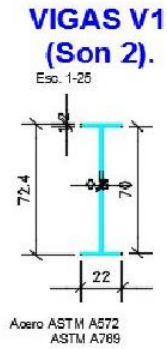
1.2.4.10. Acero estructural para la cubierta

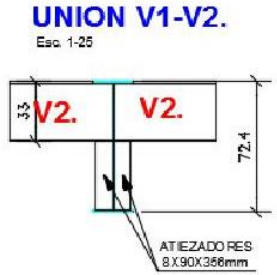
Acero estructural para cubierta													
Disgnación Plano	Fabricante	Designación fabricante	Tipo de perfil	Alma		Patín		Area de la sección		Peso por unidad de	Longitud	Cantidad	Peso Total
				Peralte	Espesor	Ancho	Espesor						
				[m]	[m]	[m]	[m]	[mm2]	[m2]	[Kg/m]	[m]		[Kg]
Vigas V1			I	0.724	0.003	0.22	0.012	7380	0.00738	57.933	26.3	2	3047.2758
Vigas V2	Kubiec	Vk 330x150x4x8	I	0.33	0.004	0.15	0.008	3656	0.003656	28.7	10.5	6	1808.1
												Subtotal	**4855.3758**

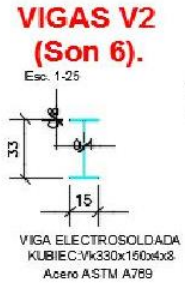
Nota general: Para las vigas V1 no se encontró en el catálogo, por lo que para calcular su peso por unidad de longitud, se calculó con el peso específico del acero que es 7850 Kg/m3.

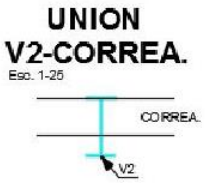
Sección	Dimensiones				Propiedades de Sección									
	d (mm)	bf (mm)	tw (mm)	tf (mm)	A (mm^2)	I_x $1x10^5$ (mm^4)	S_x $1x10^3$ (mm^3)	r_x (mm)	Z_x $1x10^3$ (mm^3)	I_y $1x10^5$ (mm^4)	S_y $1x10^3$ (mm^3)	r_y (mm)	Z_y $1x10^3$ (mm^3)	J (mm^4)	P (kg/m)
VK150x100x4x4	150	100	4	4	1368	52,2	69,6	61,76	78,0	6,7	13,3	22,09	20,0	7296	10,74
VK180x100x6x6	180	100	4	6	1872	106,7	118,5	75,49	132,6	10,0	20,0	23,12	30,0	17984	14,70
VK200x100x6x8	200	100	4	8	2336	168,3	168,3	84,88	187,5	13,3	26,7	23,90	40,0	38059	18,34
VK250x130x6x8	250	130	4	8	3016	347,4	277,9	107,32	306,4	29,3	45,1	31,17	67,6	49965	23,68
VK330x150x4x8	330	150	4	8	3656	725,4	439,7	140,86	485,0	45,6	60,0	35,00	90,0	57899	28,70
VK330x150x4x10	330	150	4	10	4240	867,6	525,8	143,04	576,1	56,3	75,0	36,43	112,5	106613	33,28
VK330x180x6x8	330	180	6	8	4764	901,5	546,3	137,56	611,6	77,8	86,5	40,42	129,6	84049	37,40
VK400x180x6x8	400	180	6	8	5184	1360,6	694,8	163,73	785,7	77,8	86,5	38,75	129,6	89088	40,69
VK400x180x6x10	400	180	6	10	5880	1643,6	821,8	167,19	918,6	97,3	108,1	40,67	162,0	147360	46,16
VK480x180x6x10	480	180	6	10	6360	2475,1	1031,3	197,27	1163,4	97,3	108,1	39,11	162,0	153120	49,93

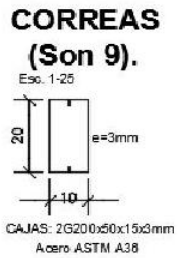










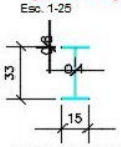


Acero estructural para cubierta															
Disgnación Plano	Fabricante	Designación fabricante	Tipo de perfil	A		B		C		Area de la sección		Peso por unidad de	Longitud	* Cantidad	Peso Total
				Ancho	Espesor	Ancho	Espesor	Ancho	Espesor						
				[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[cm2]	[m2]	[Kg/m]	[m]		[Kg]
Correas	DIPAC	G200x50x15x3	Union de 2 G	0.2	0.003	0.05	0.003	0.015	0.003	9.51	0.000951	7.31	26.3	18	3460.554
														Subtotal	3460.554

* Son 9 correas pero cada una está conformada por 2 G´s entonces se requieren 18 perfiles.

VIGAS V2 (Son 6).

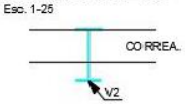
Esc. 1-25



VIGA ELECTROSOLDADA
KIUBIEC:Vk330x150x4x8
Acero ASTM A769

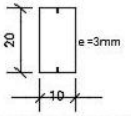
UNION V2-CORREA.

Esc. 1-25

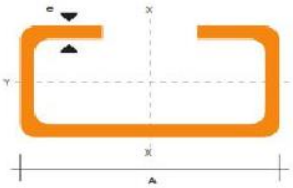


CORREAS (Son 9).

Esc. 1-25



CAJAS: 2G200x50x15x3mm
Acero ASTM A36



DIMENSIONES				PESOS		SECCION	EJE X-X			PROPIEDADES		
A	B	C	e	6metros	1metro		I	W	I	I	W	I
mm	mm	mm	mm	Kg	Kg	cm2	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm
60	30	10	1.5	9.19	1.53	1.95	11.02	3.67	2.38	2.43	1.25	1.12
60	30	10	2	11.94	1.99	2.54	13.98	4.66	2.35	3.01	2.85	1.09
60	30	10	3	16.98	2.83	3.61	18.9	6.3	2.29	3.87	3.69	1.04
80	40	15	1.5	13.18	2.20	2.80	27.43	6.86	3.13	6.39	2.53	1.51
80	40	15	2	16.68	2.78	3.54	35.30	8.81	3.16	8.07	3.18	1.51
80	40	15	3	24.06	4.01	5.11	49.00	12.30	3.10	10.80	4.27	1.46
100	50	15	2	20.40	3.40	4.34	69.20	13.80	4.00	15.00	4.57	1.86
100	50	15	3	29.70	4.95	6.31	97.80	19.60	3.94	20.50	6.25	1.80
100	50	20	4	40.26	6.71	8.55	126.70	25.34	3.85	28.50	9.05	1.83
100	50	25	5	51.12	8.52	10.86	152.51	30.50	3.75	36.52	12.09	1.83
125	50	15	2	22.80	3.80	4.84	116.00	18.60	4.91	16.20	4.69	1.83
125	50	15	3	33.24	5.54	7.06	165.00	26.50	4.84	22.20	6.43	1.77
125	50	20	4	44.99	7.49	9.55	217.00	34.70	4.77	30.90	9.32	1.80
125	50	25	5	57.00	9.50	12.11	264.32	42.29	4.67	39.88	12.46	1.82
125	50	30	6	70.78	11.78	14.73	307.13	49.14	4.56	48.69	15.81	1.81
150	50	15	2	25.14	4.14	5.34	179.00	23.80	5.79	17.10	4.78	1.79
150	50	15	3	36.78	6.13	7.81	255.00	34.00	5.72	23.50	6.56	1.73
150	50	20	4	49.68	8.28	10.50	337.00	44.90	5.65	32.90	9.52	1.77
150	75	25	5	74.70	12.45	15.86	545.36	72.71	5.86	117.22	24.17	2.72
150	75	30	6	93.42	15.57	19.23	641.40	85.52	5.77	114.47	30.57	2.74
175	50	15	2	27.48	4.58	5.84	258.00	29.40	6.64	17.90	4.85	1.75
175	50	15	3	40.32	6.72	8.56	369.00	42.20	6.57	24.60	6.66	1.70
175	75	25	4	65.40	10.9	13.90	653.00	74.60	6.84	105.00	20.90	2.75
175	75	25	5	80.58	13.43	17.11	785.95	89.82	6.78	123.88	24.63	2.69
175	75	30	6	100.74	16.79	20.73	929.39	106.22	6.70	152.84	31.19	2.72
200	50	15	2	29.94	4.99	6.36	356.00	35.60	7.56	18.60	4.85	1.72
200	50	15	3	43.86	7.31	9.31	507.00	50.70	7.45	25.10	6.57	1.65
200	75	25	4	70.20	11.70	14.90	895.00	89.50	7.64	110.00	21.30	2.71
200	75	25	5	86.52	14.42	18.37	1080.00	108.00	7.67	129.62	25.02	2.66
200	75	30	6	108.00	18.00	22.23	1282.17	128.21	7.59	160.15	31.73	2.68
250	75	25	4	79.80	13.30	16.90	1520.00	122.00	9.48	118.00	21.70	2.64
250	100	25	5	109.98	18.33	23.36	2219.24	177.54	9.75	285.26	39.24	3.49
250	100	30	6	135.48	22.58	28.23	2647.38	219.79	9.68	383.54	55.58	3.69
300	100	30	4	100.80	16.80	21.30	2860.00	191.00	11.60	274.00	38.30	3.58
300	100	35	5	126.60	21.10	26.90	3560.00	237.00	11.50	351.00	49.90	3.62
300	100	35	6	154.74	25.79	31.80	4170.00	278.00	11.40	404.00	57.40	3.56

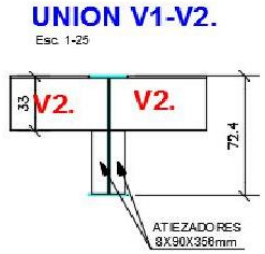
Resumen de cantidades para acero de cubierta								
Disgnación Plano	Fabricante	Designación fabricante	Tipo de perfil	Longitud vano [m]	Longitud total requerida por [m]	Longitud comercial [m]	Cantidad de perfiles necesarios en long. total	Cantidad real de perfiles
Vigas V1			I	7.5	26.3	6	2	10
							Subtotal	**10**
Vigas V2	Kubiec	Vk 330x150x4x8	I	1.22	10.5	6	6	12
							Subtotal	**12**
Correas	DIPAC	G200x50x15x3	Union de 2 G	5.06	26.3	6	18	90
							Subtotal	**90**

Se requirán 112 perfiles de 6 m de longitud, de los cuales hay que cortarlos para que cumplan con las dimensiones necesarias

- **Atiesadores**

Peso de los atiesadores								
Ubicación Requerida	Dimensiones Atiesador			Volumen	Peso específico acero	Peso unitario	Cantidad requerida	Peso total
	Altura [m]	Largo [m]	Espesor [m]	[m3]	[kg/m3]	[Kg]		[Kg]
Union V1-V2	0.356	0.09	0.008	0.0002563	7850	2.012112	12	24.145





- **Duelas de madera**

Area duelas de madera para cubierta							
Tipo	Plancha tipo			Dimensiones cubierta			Cantidad requerida de planchas
	Largo [m]	Ancho [m]	Area [m2]	Largo [m]	Ancho [m]	Area [m2]	
Duela de eucalipto	2.44	1.22	2.9768	25.3	6.8	172.04	58

1.2.4.11. Resumen de las cantidades en la planta alta

Resumen de cantidades de obra		
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**
PLANTA ALTA		
LOSA ALIVIANADA DE PISO DE PLANTA ALTA		
Sum. + Inst. Bloques de concreto 40x20x20 cm	u	478
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	1,688.85
Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84	m2	91.24
Encofrado metálico recto para losa	m2	91.24
Encofrado recto de madera	m2	12.06
Hormigon premezclado f´c=240 kg/cm2 (Hormi-Azuay) + Colocación	m3	16.61
LOSA DE PISO DE PLANTA ALTA CON PLACA COLABORANTE		
Acero estructural	Kg	3,672.80
Losa con placa colaborante Novalosa 55 e. placa=0.65 mm, e. capa compresión= 6 cm, Hormigón f""c=280 Kg/cm2 (No incluye vigas de acero de soporte)	m2	91.88
COLUMNAS PLANTA ALTA		
Acero de refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	349.56
Encofrado recto de madera para columnas	m2	20.49
Hormigon premezclado f´c=240 kg/cm2 (Hormi-Azuay) + Colocación en columnas	m3	1.54
MAMPOSTERÍA PLANTA ALTA		
Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3	m2	155.99
Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2	m	130.00
Encofrado recto de madera para columnas	m2	48.35
Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2	m3	3.67
Enlucido con mortero cemento-arena 1:3	m2	323.70
CUBIERTA		
Acero estructural	Kg	8,315.93
DECK PLANTA ALTA		
Deck revestido de piedra pizarra (Incluye vigas secundarias)	m2	60.36
INSTALACIONES SANITARIAS PLANTA ALTA		
Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros	u	8.00
Suministro de inodoro	u	2.00
Suministro de lavamanos	u	3.00
Suministro de ducha	u	2.00
VENTANAS PLANTA ALTA		
Sum.+ Inst. Ventana	m2	88.45
PUERTAS PLANTA ALTA		
Sum. + Inst. Puerta interior	u	4.00

1.2.5. Escaleras metálicas

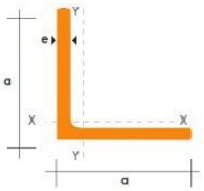
Consideraciones iniciales: 1) Para las escaleras metálicas se considera una huella con dimensiones de 1.2 m de largo y 0.3 m de ancho, y la contrahuella tiene una altura de 0.17 m. 2) Para el cálculo de la cantidad de materiales para toda la escalera, se calculará cuantas huellas equivalen al descanso, ya que se tendrá la escalera por unidad de huella.

- **Acero estructural**

Ángulos en acero inoxidable para escaleras metálicas										
Fabricante	Designación fabricante	Tipo de perfil	a		Area de la sección		Peso por unidad de longitud	Longitud / huella	Cantidad / huella	Peso Total
			Ancho	Espesor						
			[m]	[m]	[cm2]	[m2]	[Kg/m]	[m/huella]		[Kg/huella]
DIPAC	50x6 mm	Ángulo en acero inox	0.05	0.006	5.64	0.000564	4.43	3	0.5	6.645
									Subtotal	6.645

Nota: La longitud comercial de los ángulos es de 6 m, entonces se necesita 0.5 ángulo por huella debido a que por huella se necesita 3 m de ángulo

DIMENSIONES mm		PESO		AREA
a	c	kg/m	kg/6m	cm2
20	2	0.60	3.62	0.76
20	3	0.87	5.27	1.11
25	2	0.75	4.58	0.96
25	3	1.11	6.68	1.41
25	4	1.45	8.75	1.84
30	3	1.36	8.13	1.71
30	4	1.77	10.63	2.24
40	3	1.81	11.00	2.31
40	4	2.39	14.34	3.04
40	6	3.49	21.34	4.44
50	3	2.29	13.85	2.91
50	4	3.02	18.33	3.84
50	6	4.43	26.58	5.64
60	6	5.37	32.54	6.84
60	8	7.09	42.54	9.03
65	6	5.84	35.25	7.44
70	6	6.32	38.28	8.05
75	6	6.78	40.65	8.64
75	8	8.92	54.18	11.36
80	8	9.14	11.60	11.60
100	6	9.14	56.95	11.64
100	8	12.06	74.05	15.36
100	10	15.04	90.21	19.15
100	12	18.26	109.54	22.56



Planchas en acero inoxidable para escaleras metálicas									
Fabricante	Designación fabricante	Tipo de perfil	Dimensiones			Peso	Cantidad de huellas por plancha	Cantidad de planchas por huella	Peso Total
			Largo	Ancho	Espesor				
			[m]	[m]	[m]	[Kg]	[m]		[Kg/huella]
DIPAC	PL 1220x2440x2 mm	Plancha en acero inoxidable	2.44	1.22	0.002	46.74	8	0.125	5.8425
								Subtotal	5.8425

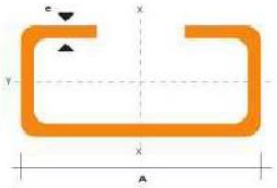
DIMENSIONES EN (mm)			PESOS
ANCHO	LARGO	ESPESOR	KG
1220	2440	2	46.74
1220	2440	3	70.10
1220	2440	4	93.47
1500	2440	4	114.92
1220	2440	5	116.84
1500	2440	5	143.66
1800	2440	5	172.39
1220	2440	6	140.21
1500	2440	6	172.39
1800	2440	6	206.86
1220	2440	8	186.94
1500	2440	8	229.85
1800	2440	8	275.82
1220	2440	10	233.68
1500	2440	10	287.31
1800	2440	10	344.77
1220	6000	12	689.54

Viga transversal para escaleras																
Fabricante	Designación fabricante	Tipo de perfil	A		B		C		Area de la sección		Peso por unidad de	Longitud / huella	Cantidad de dobles G	*Cantidad de perfiles G simples	Longitud total /	Peso total / huella
			Ancho	Espesor	Ancho	Espesor	Ancho	Espesor								
			[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[cm2]	[m2]	[Kg/m]	[m/huella]			[Kg]	[Kg]
DIPAC	G125x50x15x2	Union de 2 G	0.125	0.002	0.05	0.002	0.015	0.002	4.84	0.000484	3.8	0.345	1	2	0.690	2.6206

*Cada correa está conformada por 2 G´s entonces se multiplica la cantidad por 2

Nota: Para 1 huella se necesita 2 perfiles G de 0.345 m de longitud y unirlos (que sumados resultaría en 0.69 m/huella), o 1 perfil G cortar dos partes de 0.345 m cada una y unirlo, por eso se tomacomo cantidad de 2 perfiles por huella, y de longitud 0.69 m por huella, que es lo que se necesita, sea cual fuera la manera de analizarlo.

DIMENSIONES				PESOS		SECCION	EJE X-X			PROPIEDADES		
A	B	C	e	6metros	1metro		I	W	I	I	W	I
mm	mm	mm	mm	Kg	Kg	cm2	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm
60	30	10	1.5	9.19	1.53	1.95	11.02	3.67	2.38	2.43	1.25	1.12
60	30	10	2	11.94	1.99	2.54	13.98	4.66	2.35	3.01	2.85	1.09
60	30	10	3	16.98	2.83	3.61	18.9	6.3	2.29	3.87	3.69	1.04
80	40	15	1,5	13.18	2.20	2.80	27.43	6.86	3.13	6.39	2.53	1.51
80	40	15	2	16.68	2.78	3.54	35.30	8.81	3.16	8.07	3.18	1.51
80	40	15	3	24.06	4.01	5.11	49.00	12.30	3.10	10.80	4.27	1.46
100	50	15	2	20.40	3.40	4.34	69.20	13.80	4.00	15.00	4.57	1.86
100	50	15	3	29.70	4.95	6.31	97.80	19.60	3.94	20.50	6.25	1.80
100	50	20	4	40.26	6.71	8.55	126.70	25.34	3.85	28.50	9.05	1.83
100	50	25	5	51.12	8.52	10.86	152.51	30.50	3.75	36.52	12.09	1.83
125	50	15	2	22.80	3.80	4.84	116.00	18.60	4.91	16.20	4.69	1.83
125	50	15	3	33.24	5.54	7.06	165.00	26.50	4.84	22.20	6.43	1.77
125	50	20	4	44.99	7.49	9.55	217.00	34.70	4.77	30.90	9.32	1.80
125	50	25	5	57.00	9.50	12.11	264.32	42.29	4.67	39.88	12.46	1.82
125	50	30	6	70.78	11.78	14.73	307.13	49.14	4.56	48.69	15.81	1.81
150	50	15	2	25.14	4.14	5.34	179.00	23.80	5.79	17.10	4.78	1.79
150	50	15	3	36.78	6.13	7.81	255.00	34.00	5.72	23.50	6.56	1.73
150	50	20	4	49.68	8.28	10.50	337.00	44.90	5.65	32.90	9.52	1.77
150	75	25	5	74.70	12.45	15.86	545.36	72.71	5.86	117.22	24.17	2.72
150	75	30	6	93.42	15.57	19.23	641.40	85.52	5.77	114.47	30.57	2.74
175	50	15	2	27.48	4.58	5.84	258.00	29.40	6.64	17.90	4.85	1.75
175	50	15	3	40.32	6.72	8.56	369.00	42.20	6.57	24.60	6.66	1.70
175	75	25	4	65.40	10.9	13.90	653.00	74.60	6.84	105.00	20.90	2.75
175	75	25	5	80.58	13.43	17.11	785.95	89.82	6.78	123.88	24.63	2.69
175	75	30	6	100.74	16.79	20.73	929.39	106.22	6.70	152.84	31.19	2.72
200	50	15	2	29.94	4.99	6.36	356.00	35.60	7.56	18.60	4.85	1.72
200	50	15	3	43.86	7.31	9.31	507.00	50.70	7.45	25.10	6.57	1.65
200	75	25	4	70.20	11.70	14.90	895.00	89.50	7.64	110.00	21.30	2.71
200	75	25	5	86.52	14.42	18.37	1080.00	108.00	7.67	129.62	25.02	2.66
200	75	30	6	108.00	18.00	22.23	1282.17	128.21	7.59	160.15	31.73	2.68
250	75	25	4	79.80	13.30	16.90	1520.00	122.00	9.48	118.00	21.70	2.64
250	100	25	5	109.98	18.33	23.36	2219.24	177.54	9.75	285.26	39.24	3.49
250	100	30	6	135.48	22.58	28.23	2647.38	219.79	9.68	383.54	55.58	3.69
300	100	30	4	100.80	16.80	21.30	2860.00	191.00	11.60	274.00	38.30	3.58
300	100	35	5	126.60	21.10	26.90	3560.00	237.00	11.50	351.00	49.90	3.62
300	100	35	6	154.74	25.79	31.80	4170.00	278.00	11.40	404.00	57.40	3.56



- **Madera para escalones**

Material	Dimensiones tablones			Dimensiones huella		Número de tablones por huella
	Largo	Largo útil	Ancho	Largo	Ancho	
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	
Yunbingue	3	2.7	0.2	1.2	0.3	1.5

- **Resumen de cantidades en escaleras**

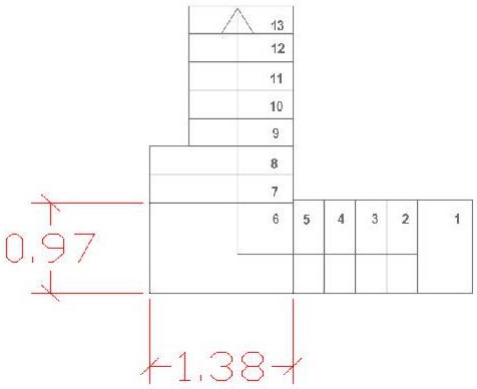
Resumen de cantidades de material por huella		
Material	Unidad	Cantidad
Ángulos en acero inoxidable 70x3mm	[m/huella]	3
Plancha en acero inoxidable 1220x2440x2mm	[u/huella]	0.125
Perfiles G 125x50x15x2 mm	[m/huella]	0.690
Tablones de yunbingue	[u/huella]	1.5

1.2.5.1. Escaleras de sótano-planta baja

Dimensiones descanso			Dimensiones huella estándar			Cantidad de huellas equivalentes
Largo	Ancho	Area	Largo	Ancho	Area	
[m]	[m]	[m2]	[m]	[m]	[m2]	
1.38	0.97	1.3386	1.2	0.3	0.36	4

Numero de huellas sin descanso	12
Número de huellas equivalentes al descanso	4
Número de huellas totales	16

Cantidades de material escalera sótano - planta baja				
Material	Unidad	Cantidad / Huella	Número de huellas	Cantidad total
Ángulos en acero inoxidable 70x3mm	[m/huella]	3	16	48
Plancha en acero inoxidable 1220x2440x2mm	[u/huella]	0.125	16	2
Perfiles G 125x50x15x2 mm	[m/huella]	0.600	16	9.6
Tablones de yunbingue	[u/huella]	1.5	16	24

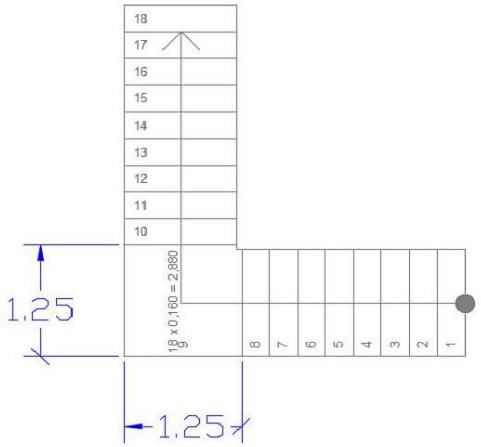


1.2.5.2. Escalera de planta baja-planta alta

Dimensiones descanso			Dimensiones huella estándar			Cantidad de huellas equivalentes
Largo	Ancho	Area	Largo	Ancho	Area	
[m]	[m]	[m2]	[m]	[m]	[m2]	
1.25	1.25	1.5625	1.2	0.3	0.36	5

Numero de huellas sin descanso	17
Número de huellas equivalentes al descanso	5
Número de huellas totales	22

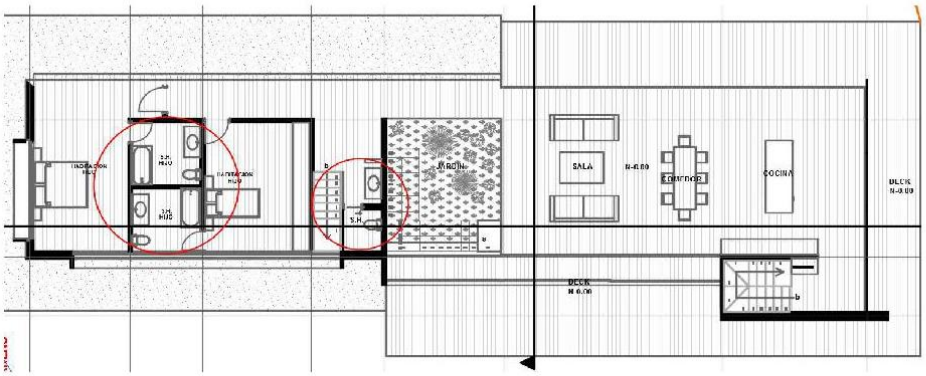
Cantidades de material escalera planta baja-planta alta				
Material	Unidad	Cantidad / Huella	Número de huellas	Cantidad total
Ángulos en acero inoxidable 70x3mm	[m/huella]	3	22	66
Plancha en acero inoxidable 1220x2440x2mm	[u/huella]	0.125	22	2.75
Perfiles G 125x50x15x2 mm	[m/huella]	0.600	22	13.2
Tablones de yunbingue	[u/huella]	1.5	22	33

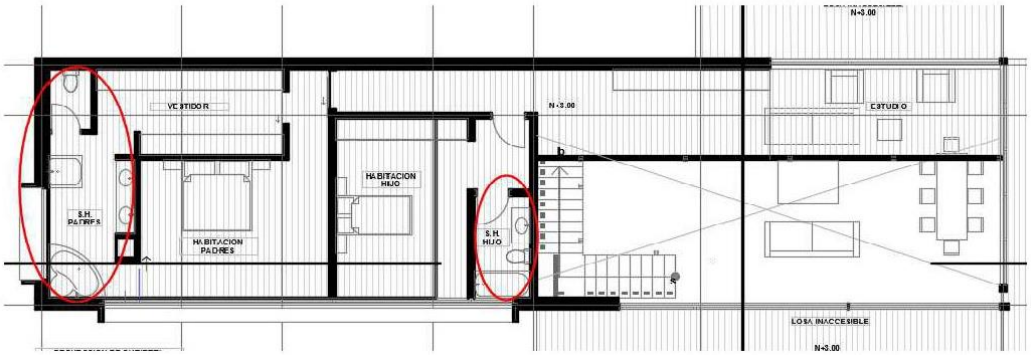


1.2.6. Puntos de instalaciones sanitarias

Planta	Elemento	Lavamanos	Inodoro	Ducha	Trampilla	Total puntos
Sótano	Baño empleada	1	1	1	1	4
	Baño social	1	1	0	0	2
					Subtotal	**6**
Planta baja	Baño hijo 1	1	1	1	1	4
	Baño hijo 2	1	1	1	1	4
	Baño social	1	1	0	0	2
	Cocina	2	0	0	0	2
					Subtotal	**12**
Planta alta	Baño padres	2	1	1	1	5
	Baño hijo 3	1	1	1	1	4
					Subtotal	**9**
					Total	**27**







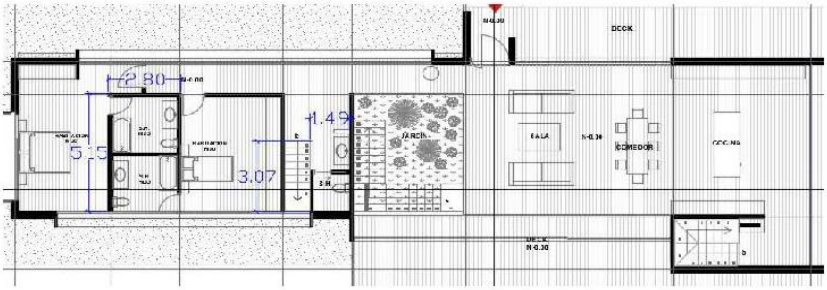
1.3. Acabados

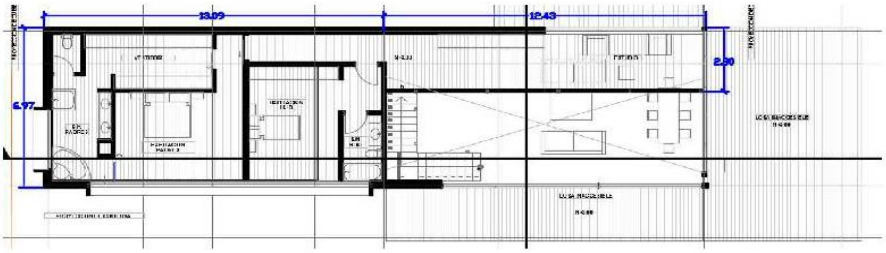
1.3.1. Cielo raso

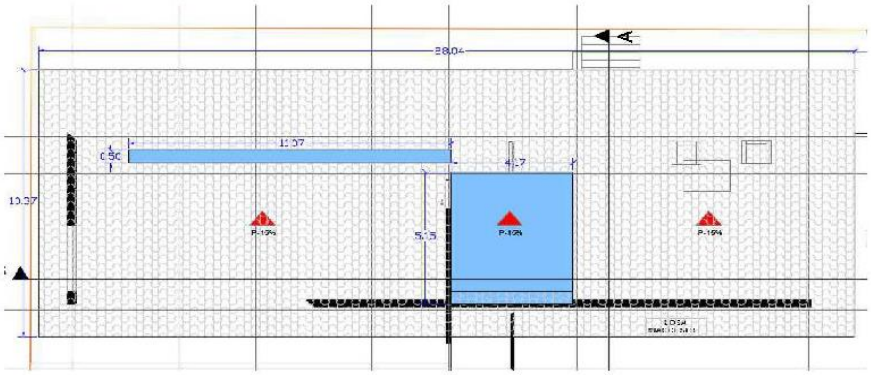
2. Cielo raso de madera

Cielo raso de madera con vigas ornamentales				
Planta	**Elemento**	**Largo**	**Ancho**	**Área**
		[m]	**[m]**	**[m2]**
Planta baja	Habitaciones	13.09	6.97	91.24
	Descuento baño hijos	5.15	2.82	-14.52
	Descuento baño social	3.07	1.49	-4.57
	Pasillo	12.43	2.8	34.80
			Subtotal	**106.94**
Planta alta (cubierta)	Area neta	38.04	10.49	398.89
	Descuento claraboya 1	11.07	0.5	-5.535
	Descuento claraboya 2	4.17	5.15	-21.4755
			Subtotal	**371.88**
			Total	**478.82**

Nota: Los 371.88 m2 area de cubierta será para el cielo raso, y los acabados de cubierta (tableros de playwood, impermeabilizante asfáltico tipo Chova y la colocación de tejas).

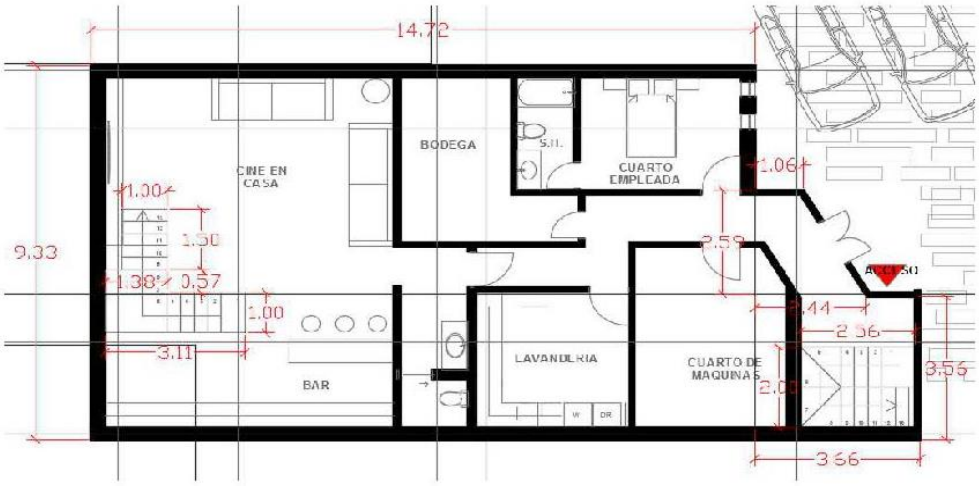


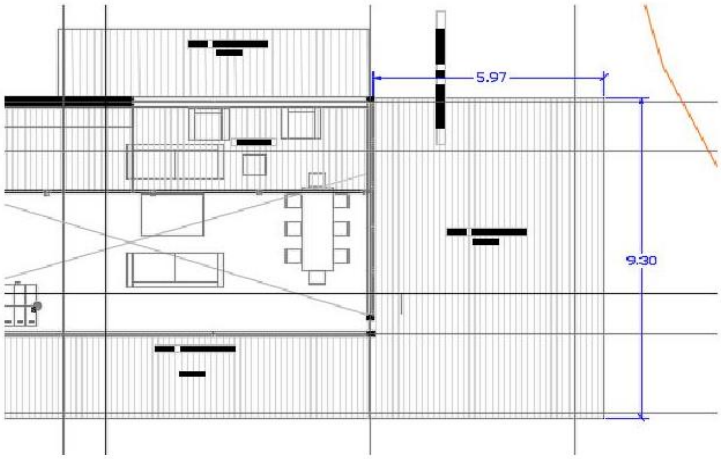




3. Cielo raso de “gyspsum”

Cielo raso de gypsum				
Planta	**Elemento**	**Largo**	**Ancho**	**Área**
		[m]	**[m]**	**[m2]**
Sótano	Habitaciones	14.72	9.33	137.34
	Pasillo puerta			4.53
	Zona escaleras sótano-cocina	3.66	3.56	13.03
	Descuento escaleras sótano-cocina	2.56	2	-5.12
	Descuento escaleras cine en casa-planta baja	3.11	1	-3.11
		1.38	0.57	-0.79
		1	1.5	-1.50
			Subtotal	**144.38**
Planta baja	Cocina	5.97	9.30	55.52
	Baños hijos	5.15	2.82	14.52
	Baño social	3.07	1.49	4.57
			Subtotal	**74.62**
			Total	**219.00**

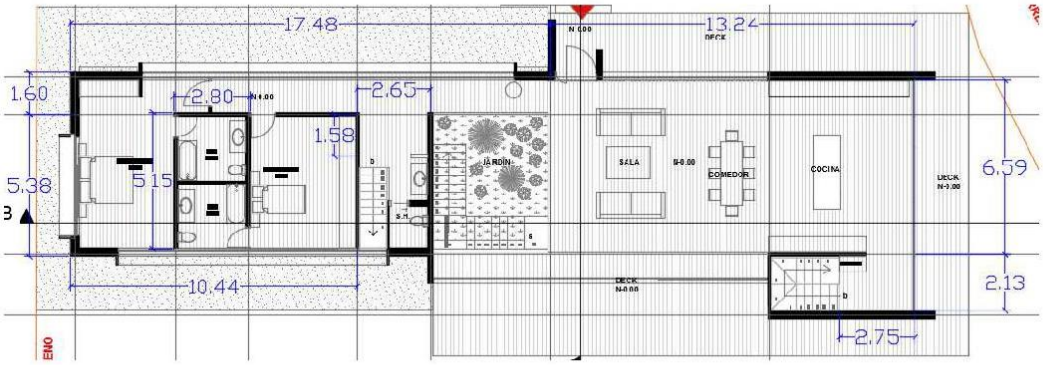




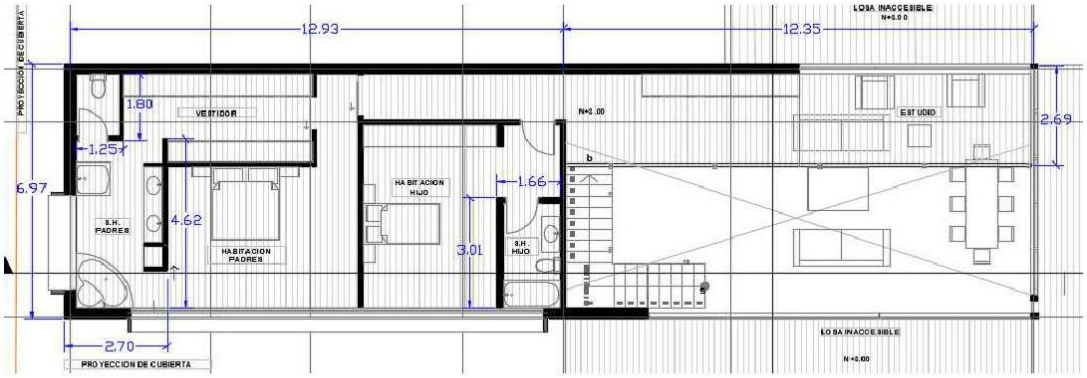
3.1.1. Piso

4. Piso de madera

Planta baja			
Elemento	Largo [m]	Ancho [m]	Área [m2]
Pasillo	17.48	1.6	27.97
Habitaciones	10.44	5.38	56.17
Descuento baños	2.8	5.15	-14.42
Zona baño	2.65	1.58	4.19
Sala, comedor,cocina	13.24	6.59	87.25
Despensa	2.75	2.13	5.86
		Total	**167.01**



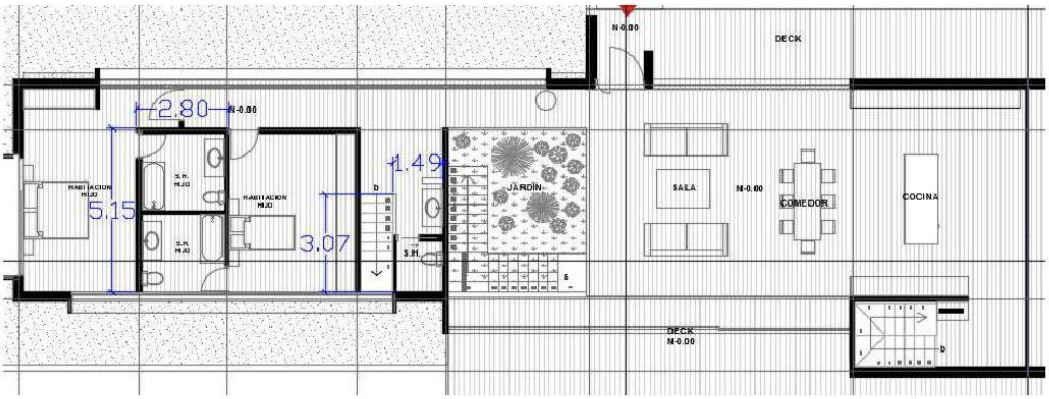
Planta alta			
Elemento	Largo [m]	Ancho [m]	Área [m2]
Habitaciones	12.93	6.97	90.12
Descuento baño padres	2.7	4.62	-12.47
	1.25	1.8	-2.25
Descuento baño hijo	1.66	3.01	-5.00
Pasillo, estudio	12.35	2.69	33.22
		Total	**103.62**



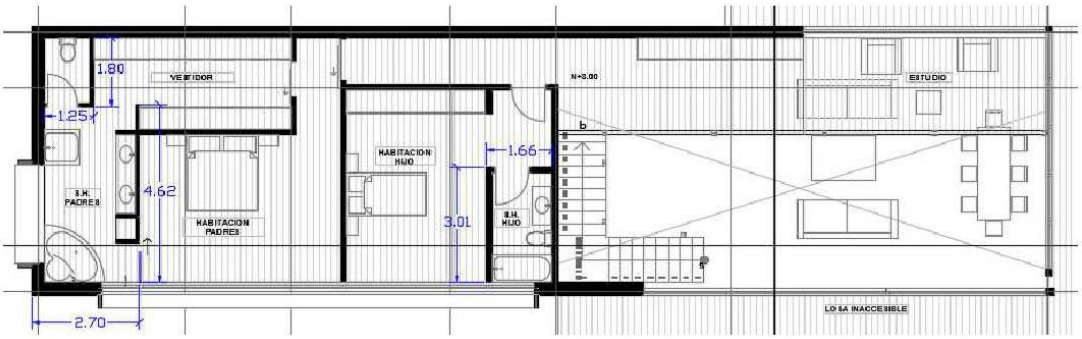
Total piso de madera [m2]	270.63

5. Piso de porcelanato

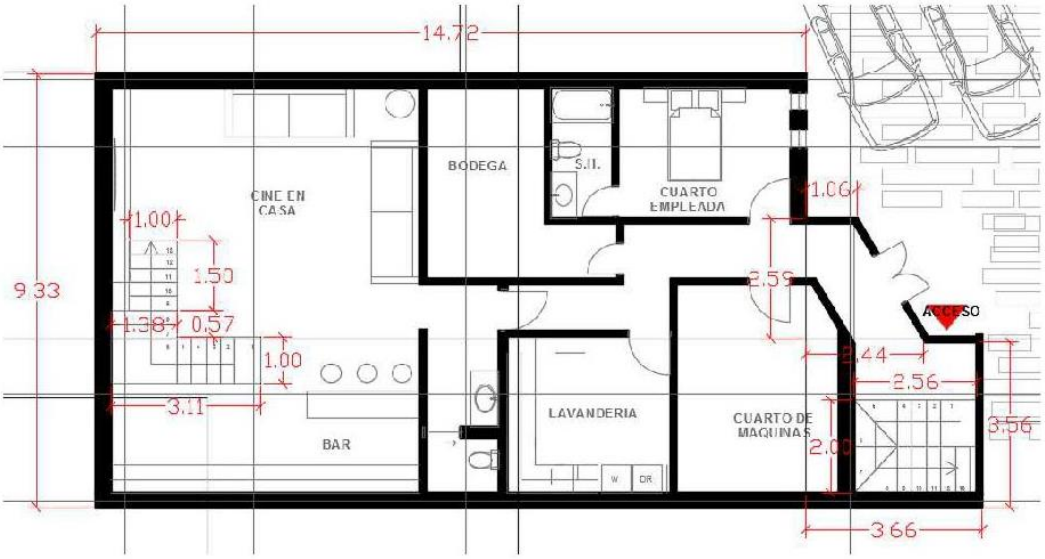
Planta baja			
Elemento	**Largo**	**Ancho**	**Área**
	[m]	**[m]**	**[m2]**
Baños hijos	2.8	5.15	14.42
Baño social	1.49	3.07	4.57
		Total	**18.99**



Planta alta			
Elemento	**Largo**	**Ancho**	**Área**
	[m]	**[m]**	**[m2]**
Baño padres	2.7	4.62	12.47
	1.25	1.8	2.25
Baño hijo	1.66	3.01	5.00
		Total	**19.72**



Sótano			
Elemento	**Largo**	**Ancho**	**Área**
	[m]	**[m]**	**[m2]**
Habitaciones	14.72	9.33	137.34
Pasillo puerta			4.53
Zona escaleras sótano-cocina	3.66	3.56	13.03
Descuento escaleras sótano-cocina	2.56	2	-5.12
Descuento escaleras cine en casa-planta baja	3.11	1	-3.11
	1.38	0.57	-0.79
	1	1.5	-1.50
		Total	**144.38**

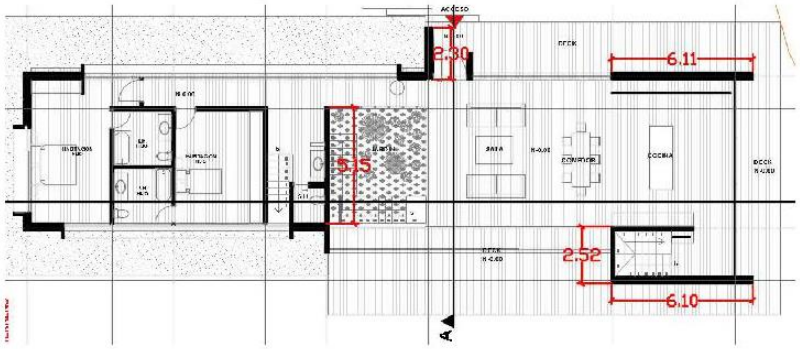


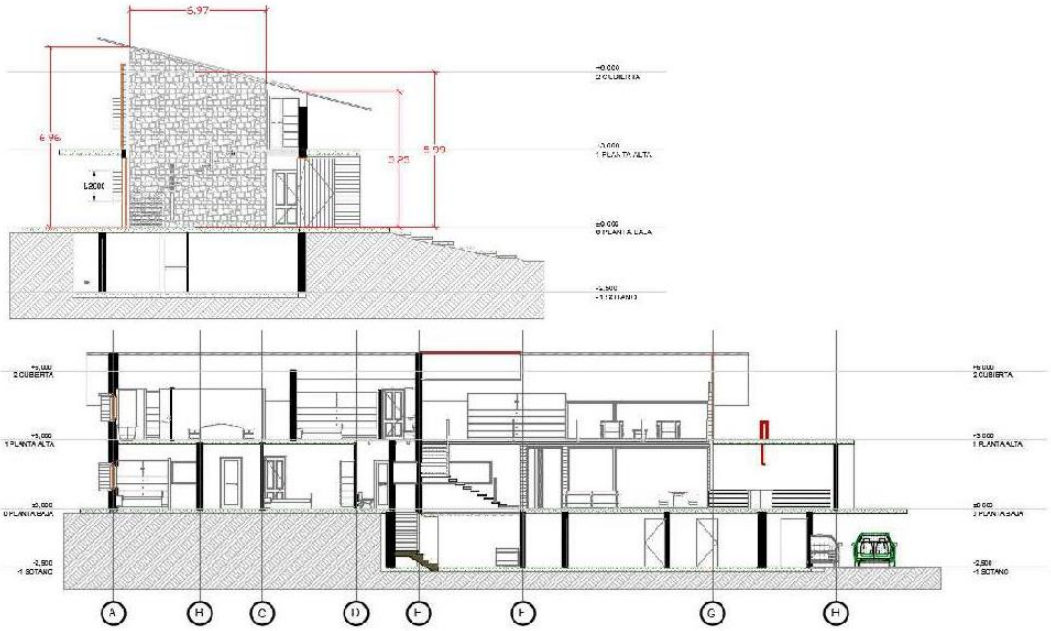
Total piso de porcelanato	
Elemento	**Área**
	[m2]
Baños	38.71
Sotano	144.38
Total	**183.10**

5.1.1. Revestimiento de piedra

Área revestimiento de piedra					
Habitacion	Elemento	Largo [m]	Altura [m]	Cantidad	Area [m2]
Exterior cocina	Pared 1	6.11	3	1	18.33
	Pared 2	6.1	3	1	18.30
	Pared 3	2.52	3	1	7.56
	Pared 4	2.3	3	2	13.80
Jardín interior	Pared 1	5.15	Variable	1	31.44
Exterior lateral	Pared 1	6.97	Variable	1	42.55
				Total	**131.98**

Nota: Las paredes exteriores de la cocina inicialmente iban a ser revestidas de madera como se observa en los renders, pero por motivos de seguridad ante el desgaste y deterioro de las mismas, se las hará con revestimiento de piedra.



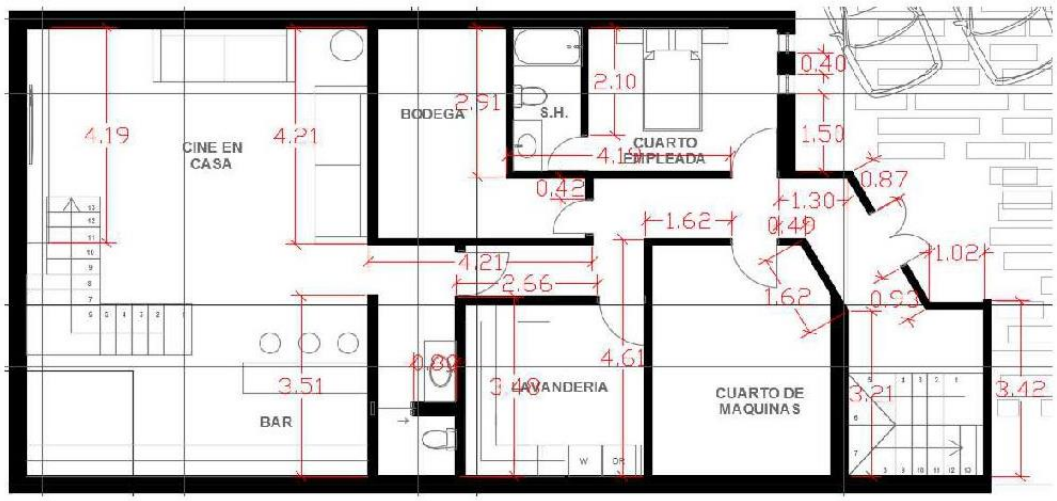




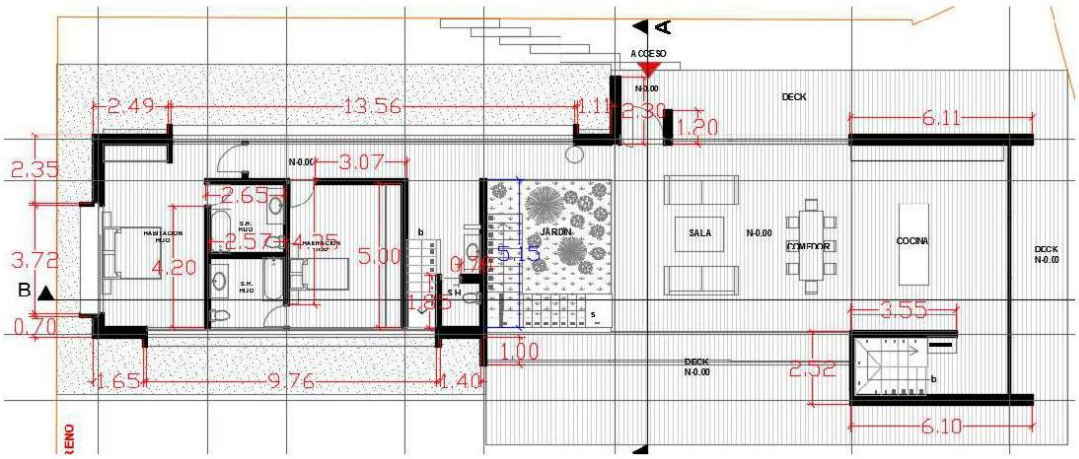


5.1.2. Pintado de paredes

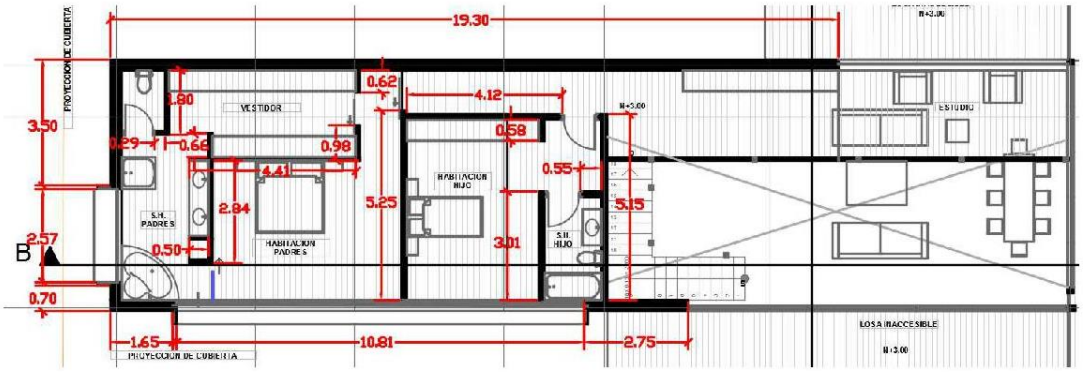
Planta baja					
Habitacion	**Elemento**	**Largo [m]**	**Altura [m]**	**Cantidad**	**Area [m2]**
Cuarto de Empleada	Pared 1	0.4	2.5	2	2.00
	Pared 2	1.5	2.5	2	7.50
	Pared 3	2.1	2.5	2	10.50
Cuarto Empleada-Pasillo	Pared 1	0.42	2.5	2	2.10
	Pared 2	4.19	2.5	2	20.95
Cuarto Empleada-Bodega	Pared 1	2.91	2.5	2	14.55
Bodega-Cine en Casa	Pared 1	4.21	2.5	2	21.05
Bodega-Pasillo	Pared 1	4.21	2.5	2	21.05
Bar	Pared 1	3.5	2.5	2	17.50
Baño Social	Pared 1	0.8	2.5	2	4.00
Baño Social-Lavanderia	Pared 1	3.48	2.5	2	17.40
Lavanderia-Cuarto de Máquinas	Pared 1	4.61	2.5	2	23.05
Lavanderia-Pasillo	Pared 2	2.66	2.5	2	13.30
Cuarto de Máquinas	Pared 1	1.62	2.5	2	8.10
	Pared 2	0.49	2.5	2	2.45
	Pared 3	1.62	2.5	2	8.10
	Pared 4	3.21	2.5	1	8.03
Pasillo 2	Pared 1	0.87	2.5	2	4.35
	Pared 2	1.3	2.5	2	6.50
	Pared 3	0.93	2.5	2	4.65
	Pared 4	1.02	2.5	2	5.10
	Pared 5	3.42	2.5	2	17.10
				Subtotal	**239.33**



Planta baja					
Habitacion	**Elemento**	**Largo**	**Altura**	**Cantidad**	**Area**
		[m]	**[m]**		**[m2]**
Cocina	Pared 2 Gradas	3.55	3	2	21.30
Puerta de Entrada	Pared 1	1.2	3	2	7.20
	Pared 2	2.3	3	2	13.80
Pasillo	Pared 1	1.11	3	2	6.66
	Pared 2 (Tiene Ventana)	13.56	3	2	81.36
	Descuento Ventana	13.56	1.2	1	-16.27
Pasillo-Dormitorio Hijo 1	Pared 1	3.07	3	2	18.42
Pasillo-Baño Hijo 2	Pared 1	2.65	3	2	15.90
Dormitorio Hijo 2	Pared 1	2.49	3	2	14.94
	Pared 1	2.35	3	2	14.10
	Pared 3 (Tiene Ventana)	3.72	3	2	22.32
	Descuento Ventana	3.72	1.2	1	-4.46
	Pared 4	0.7	3	2	4.20
	Pared 5 Dormitorio-Baños	4.2	3	2	25.20
Dormitorio Hijos-Baño Hijo-Baño Social	Pared 1 (Tiene 2 Ventanas)	9.76	3	2	58.56
	Descuento Ventana 1	9.76	1.2	1	-11.71
Baño Hijo	Pared 1	2.57	3	2	15.42
Dormitorio Hijo 1	Pared-Baños	4.35	3	2	26.10
	Pared 2	5	3	2	30.00
Baño Social	Pared 1	0.7	3	2	4.20
	Pared 2	1.85	3	2	11.10
				Subtotal	**358.33**



Planta alta					
Habitacion	**Elemento**	**Largo**	**Altura**	**Cantidad**	**Area**
		[m]	**[m]**		**[m2]**
Pasillo	Pared 1	19.3	2.25	2	86.85
Dormitorio Padres	Pared Vestidor 1	4.41	2.88	2	25.40
	Pared Vestidor 2	0.98		2	5.40
	Pared Vestidor 3	0.62		2	3.08
	Pared Vestidor 4	1.8		2	8.39
	Pared Baño 1	0.29	2.71	2	1.57
	Pared Baño 2	0.66		2	3.69
	Pared Baño 3	0.5	3.6	2	3.60
	Pared Baño 4	0.5	3.51	2	3.51
	Pared Baño 5	0.7	3.78	2	5.29
	Pared Baño 6	1.65	3.96	2	13.07
	Pared Baño 7	3.5		2	18.87
	Pared Baño 8	2.84		2	18.40
	Dormitorio Padres-Dormitorio Hijo 3	5.25		2	34.60
Dormitorio Padres-Dormitorio Hijo 3	Pared 1	10.81	3.96	2	85.62
Dormitorio Padres-Dormitorio Hijo 4	Descuento Ventana	9.76	1.2	1	-11.71
Baño Hijo 3- Gradas	Pared 1	2.75	3.96	2	21.78
Dormitorio Hijo 3	Pared 1	4.12	2.56	2	21.09
	Pared 2	0.58		2	3.06
	Pared 3	3.01		2	21.55
	Pared 4	0.55	3.1	2	3.41
				Subtotal	**289.66**



Area pintado total [m2]	**887.31**

5.1.3. Resumen de cantidades en acabados

Resumen de cantidades de obra		
Descripción	**Unidad**	**Cantidad**
ACABADOS		
PISO INTERIOR PLANTA BAJA Y PLANTA ALTA		
Piso de madera	m2	270.63
PISO DE PORCELANATO SÓTANO		
Piso de porcelanato	m2	183.10
CIELO RASO PLANTA ALTA		
Cielo raso de madera con vigas ornamentales	m2	478.82
CIELO RASO CON GYPSUM (SÓTANO, BAÑOS Y COCINA PB)		
Cielo raso con Gypsum (Liso, empastado y pintado)	m2	219.00
REVESTIMIENTO DE PIEDRA PARA PAREDES		
Suministro e instalacion de revestimiento de piedra	m2	131.98
PINTADO DE PAREDES		
Pintado de paredes	m2	887.31

2. Análisis de precios unitarios

Descrip.: Desbroce y limpieza de terreno
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.03
					Subtotal de Equipo:	0.03

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
					Subtotal de Materiales:	0.00

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
401001	Peon (EOE2)		2.0000	3.26	0.1000	0.65
					Subtotal de Mano de Obra:	0.65

Costo Directo Total:	0.68

COSTOS INDIRECTOS	
15 %	0.10

Precio Unitario Total	0.78

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Replanteo y nivelación de áreas
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101201	Equipo de topografia	Hora	1.0000	2.00	0.0750	0.15
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.04
103003	Vehiculo liviano	hora	1.0000	3.50	0.0750	0.26
					Subtotal de Equipo:	0.45

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
					Subtotal de Materiales:	0.00

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
403011	Cadenero (EOD2)		2.0000	3.30	0.0750	0.50
444001	Topografo 2 (EOC1)		1.0000	3.57	0.0750	0.27
					Subtotal de Mano de Obra:	0.77

Costo Directo Total: 1.22

COSTOS INDIRECTOS

15 % 0.18

Precio Unitario Total 1.40

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Material de Reposicion (Incluye esponjamiento)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
					Subtotal de Equipo:	0.00

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
535010	Material de Reposicion	m3	1.2800	11.82		15.13
					Subtotal de Materiales:	15.13

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
					Subtotal de Mano de Obra:	0.00

Costo Directo Total: 15.13

COSTOS INDIRECTOS	
15 %	2.27

Precio Unitario Total	17.40

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Material de Reposicion (rubro auxiliar)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
102061	Volqueta de 8 m3	hora	1.0000	22.00	0.1430	3.15
					Subtotal de Equipo:	3.15

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
211006	Material de reposicion en	m3	1.0000	8.00		8.00
					Subtotal de Materiales:	8.00

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
434001	Chofer de trailer, volqueta, tanquero, plataforma, etc.		1.0000	4.67	0.1430	0.67
					Subtotal de Mano de Obra:	0.67

Costo Directo Total: 11.82

COSTOS INDIRECTOS

15 % 1.77

Precio Unitario Total 13.59

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Relleno compactado
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101999	Equipo menor	%MO	0.19%MO			0.01
102060	Vibro-apisonador	Hora	1.0000	1.80	0.1900	0.34
					Subtotal de Equipo:	0.35

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
					Subtotal de Materiales:	0.00

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
401001	Peon (EOE2)		4.0000	3.26	0.1900	2.48
403007	Op. de Equipo Liviano (EOD2)		1.0000	3.30	0.1900	0.63
					Subtotal de Mano de Obra:	3.11

Costo Directo Total: 3.46

COSTOS INDIRECTOS

15 % 0.52

Precio Unitario Total 3.98

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Excavación mecanica en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad,
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
102028	Retroexcavadora	Hora	1.0000	22.50	0.0800	1.80
					Subtotal de Equipo:	1.80

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
					Subtotal de Materiales:	0.00

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
411001	Op. de Retroexcavadora (EOC1 Grupo I)		1.0000	3.57	0.0800	0.29
415003	Ayud. de maquinaria. Engrasador o abastecedor responsable (EOD2 Sin título)		1.0000	3.22	0.0800	0.26
					Subtotal de Mano de Obra:	0.55

Costo Directo Total:	2.35

COSTOS INDIRECTOS		
	15 %	0.35

Precio Unitario Total	2.70

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.45
					Subtotal de Equipo:	0.45

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
					Subtotal de Materiales:	0.00

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
401001	Peon (EOE2)		2.0000	3.26	0.9100	5.93
402001	Ayudante (EOE2)		1.0000	3.26	0.9100	2.97
					Subtotal de Mano de Obra:	8.90

Costo Directo Total: 9.35

COSTOS INDIRECTOS

15 % 1.40

Precio Unitario Total 10.75

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Cargada de Material a maquina
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
102034	Cargadora	Hora	1.0000	23.00	0.0360	0.83
					Subtotal de Equipo:	0.83

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
					Subtotal de Materiales:	0.00

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
411002	Operador Cargadora Frontal (EOC1 Grupo I)		1.0000	3.57	0.0360	0.13
					Subtotal de Mano de Obra:	0.13

Costo Directo Total: 0.96

COSTOS INDIRECTOS		
	15 %	0.14

Precio Unitario Total	1.10

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Transporte de materiales más de 5 Km
Unidad: m3-km

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
102061	Volqueta de 8 m3	hora	1.0000	22.00	0.0090	0.20
					Subtotal de Equipo:	0.20

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
					Subtotal de Materiales:	0.00

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
434001	Chofer de trailer, volqueta, tanquero, plataforma, etc.		1.0000	4.67	0.0090	0.04
					Subtotal de Mano de Obra:	0.04

Costo Directo Total: 0.24

COSTOS INDIRECTOS

15 % 0.04

Precio Unitario Total 0.28

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Hormigón Simple 180 Kg/cm2 para replantillo (Colocado)
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			1.27
102031	Concretera de un Saco	Hora	1.0000	2.30	2.5800	5.93
102032	Vibrador	Hora	1.0000	1.80	2.5800	4.64
					Subtotal de Equipo:	11.84

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
201002	Agua	m3	0.1800	0.05		0.01
202005	Cemento	saco	6.5000	7.20		46.80
211002	Arena	m3	0.6000	16.00		9.60
211003	Grava	m3	0.9500	16.00		15.20
					Subtotal de Materiales:	71.61

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
401001	Peon (EOE2)		2.0000	3.26	2.5800	16.82
403001	Albañil (EOD2)		1.0000	3.30	2.5800	8.51
					Subtotal de Mano de Obra:	25.33

Costo Directo Total: 108.78

COSTOS INDIRECTOS

15 % 16.32

Precio Unitario Total 125.10

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado) para vigas, zapata muro y zapatas aisladas
Unidad: Kg

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.00
					Subtotal de Equipo:	0.00

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
204007	Hierro Varillas (Corrugado)	kg	1.0500	1.30		1.37
204008	Alambre de Amarre Recocido No. 18	kg	0.1000	1.95		0.20
					Subtotal de Materiales:	1.57

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
401001	Peon (EOE2)		1.0000	3.26	0.0125	0.04
403003	Fierrero (EOD2)		1.0000	3.30	0.0125	0.04
					Subtotal de Mano de Obra:	0.08

Costo Directo Total: 1.65

COSTOS INDIRECTOS	
15 %	0.25

Precio Unitario Total	1.90

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Sum,-Ins, Malla electrosoldada R 84
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.02
					Subtotal de Equipo:	0.02

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
216006	Malla electrosoldada R- 84, 15x15x4.0	m2	1.0000	5.50		5.50
					Subtotal de Materiales:	5.50

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
401001	Peon (EOE2)		3.0000	3.26	0.0300	0.29
403001	Albañil (EOD2)		1.0000	3.30	0.0300	0.10
					Subtotal de Mano de Obra:	0.39

Costo Directo Total: 5.91

COSTOS INDIRECTOS		
	15 %	0.89

Precio Unitario Total	6.80

Análisis de Precios Unitarios

Descrip. Encofrado recto de madera
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.39
					Subtotal de Equipo:	0.39

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
201001	Clavos de 2" a 4"	Kg	0.2500	2.00		0.50
206012	Pingos	m	3.1000	0.80		2.48
206015	Tabla de Eucalipto cepillada	u	1.1000	6.00		6.60
206016	Tiras de 4 x 5 cm	m	1.1000	1.00		1.10
					Subtotal de Materiales:	10.68

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
402003	Ayudante (EOE2)		1.0000	3.26	0.7900	2.58
403002	Carpintero (EOD2)		1.0000	3.30	0.7900	2.61
401001	Peon (EOE2)		1.0000	3.26	0.7900	2.58
					Subtotal de Mano de Obra:	7.77

Costo Directo Total: 18.84

COSTOS INDIRECTOS		
	15 %	2.83

Precio Unitario Total	21.67

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Hormigon premezclado f´c=240 kg/cm2 (Hormi-Azuay) + Colocación
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.28
					Subtotal de Equipo:	0.28

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
260009	Hormigón premezclado f""c= 240 Kg/cm2 (Hormi-Azuay), incluye bomba y transporte	m3	1.0000	108.00		108.00
					Subtotal de Materiales:	108.00

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
403001	Albañil (EOD2)		1.0000	3.30	0.2430	0.80
402001	Ayudante (EOE2)		3.0000	3.26	0.2430	2.38
401001	Peon (EOE2)		3.0000	3.26	0.2430	2.38
					Subtotal de Mano de Obra:	5.56

Costo Directo Total: 113.84

COSTOS INDIRECTOS		
	15 %	17.08

Precio Unitario Total	130.92

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado) para pantalla muro
Unidad: Kg

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.00
					Subtotal de Equipo:	0.00

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
204007	Hierro Varillas (Corrugado)	kg	1.0500	1.30		1.37
204008	Alambre de Amarre Recocido No. 18	kg	0.1000	1.95		0.20
					Subtotal de Materiales:	1.57

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
401001	Peon (EOE2)		1.0000	3.26	0.0125	0.04
403003	Fierrero (EOD2)		1.0000	3.30	0.0125	0.04
					Subtotal de Mano de Obra:	0.08

Costo Directo Total: 1.65

COSTOS INDIRECTOS

15 % 0.25

Precio Unitario Total 1.90

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Encofrado metálico recto para muros
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
103015	Andamios	Hora	1.0000	0.09	0.3160	0.03
120001	Modulo de encofrado 1.2 m x 0.4 m	Hora	1.0000	0.40	0.3160	0.13
120002	Modulo de encofrado 1.2 m x 0.6 m	Hora	1.0000	0.55	0.3160	0.17
120003	Puntales extendibles	Hora	1.0000	0.10	0.3160	0.03
101006	Equipo menor (%MO)	%MO	5%MO			0.31
					Subtotal de Equipo:	0.67

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
224011	Varios	Glob	1.0000	2.20		2.20
					Subtotal de Materiales:	2.20

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
403001	Albañil (EOD2)		3.0000	3.30	0.3160	3.13
401001	Peon (EOE2)		3.0000	3.26	0.3160	3.09
					Subtotal de Mano de Obra:	6.22

Costo Directo Total: 9.09

COSTOS INDIRECTOS	
15 %	1.36

Precio Unitario Total	10.45

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Hormigon premezclado f´c=240 kg/cm2 (Hormi-Azuay) + Colocación en pantalla muro
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.46
					Subtotal de Equipo:	0.46

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
260009	Hormigón premezclado f""c= 240 Kg/cm2 (Hormi-Azuay), incluye bomba y transporte	m3	1.0000	108.00		108.00
					Subtotal de Materiales:	108.00

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
403001	Albañil (EOD2)		1.0000	3.30	0.3990	1.32
402001	Ayudante (EOE2)		3.0000	3.26	0.3990	3.90
401001	Peon (EOE2)		3.0000	3.26	0.3990	3.90
					Subtotal de Mano de Obra:	9.12

Costo Directo Total: 117.58

COSTOS INDIRECTOS

15 % 17.64

Precio Unitario Total 135.22

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Encofrado recto de madera para columnas
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.20
					Subtotal de Equipo:	0.20

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
201001	Clavos de 2" a 4"	Kg	0.2500	2.00		0.50
206012	Pingos	m	3.1000	0.80		2.48
206015	Tabla de Eucalipto cepillada	u	1.1000	6.00		6.60
206016	Tiras de 4 x 5 cm	m	1.1000	1.00		1.10
					Subtotal de Materiales:	10.68

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
402003	Ayudante (EOE2)		1.0000	3.26	0.4100	1.34
403002	Carpintero (EOD2)		1.0000	3.30	0.4100	1.35
401001	Peon (EOE2)		1.0000	3.26	0.4100	1.34
					Subtotal de Mano de Obra:	4.03

Costo Directo Total:	14.91

COSTOS INDIRECTOS	
15 %	2.24

Precio Unitario Total	17.15

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Hormigon premezclado f´c=240 kg/cm2 (Hormi-Azuay) + Colocación en columnas
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.77
					Subtotal de Equipo:	0.77

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
260009	Hormigón premezclado f""c= 240 Kg/cm2 (Hormi-Azuay), incluye bomba y transporte	m3	1.0000	108.00		108.00
					Subtotal de Materiales:	108.00

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
403001	Albañil (EOD2)		1.0000	3.30	1.5700	5.18
402001	Ayudante (EOE2)		1.0000	3.26	1.5700	5.12
401001	Peon (EOE2)		1.0000	3.26	1.5700	5.12
					Subtotal de Mano de Obra:	15.42

Costo Directo Total: 124.19

COSTOS INDIRECTOS

15 % 18.63

Precio Unitario Total 142.82

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Mamposteria de ladrillo panelon con mortero 1:3
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.44
					Subtotal de Equipo:	0.44

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
203128	Ladrillo Artesanal Panelon 28x14x9 cm	u	32.0000	0.24		7.68
504008	Mortero Cemento-Arena 1:3	m3	0.0500	106.30		5.32
					Subtotal de Materiales:	13.00

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
401001	Peon (EOE2)		1.0000	3.26	1.3333	4.35
403001	Albañil (EOD2)		1.0000	3.30	1.3333	4.40
					Subtotal de Mano de Obra:	8.75

Costo Directo Total: 22.19

COSTOS INDIRECTOS	
15 %	3.33

Precio Unitario Total	25.52

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Mortero Cemento-Arena 1:3
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	1.2%MO			0.28
					Subtotal de Equipo:	0.28

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
202005	Cemento	saco	9.0000	7.20		64.80
211002	Arena	m3	1.1000	16.00		17.60
					Subtotal de Materiales:	82.40

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
401001	Peon (EOE2)		3.0000	3.26	1.2000	11.74
403001	Albañil (EOD2)		3.0000	3.30	1.2000	11.88
					Subtotal de Mano de Obra:	23.62

Costo Directo Total: 106.30

COSTOS INDIRECTOS	
15 %	15.95

Precio Unitario Total	122.25

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Mamposteria de ladrillo panelon invertido con mortero 1:3
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			1.75
					Subtotal de Equipo:	1.75

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
203128	Ladrillo Artesanal Panelon 28x14x9 cm	u	32.0000	0.24		7.68
504008	Mortero Cemento-Arena 1:3	m3	0.0500	106.30		5.32
					Subtotal de Materiales:	13.00

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
401001	Peon (EOE2)		1.0000	3.26	5.3300	17.38
403001	Albañil (EOD2)		1.0000	3.30	5.3300	17.59
					Subtotal de Mano de Obra:	34.97

Costo Directo Total: 49.72

COSTOS INDIRECTOS

15 % 7.46

Precio Unitario Total 57.18

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Sum+ Inst. Viga electrosoldada Adelca V2
Unidad: m

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
					Subtotal de Equipo:	0.00

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
210016	Vigas electrosoldadas V2	u	0.1500	12.70		1.91
					Subtotal de Materiales:	1.91

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
403001	Albañil (EOD2)		1.0000	3.30	0.5000	1.65
401001	Peon (EOE2)		1.0000	3.26	0.5000	1.63
					Subtotal de Mano de Obra:	3.28

Costo Directo Total:	5.19

COSTOS INDIRECTOS		
	15 %	0.78

Precio Unitario Total	5.97

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Hormigón Simple f'c= 240 Kg/cm2
Unidad: m3

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			1.64
102031	Concretera de un Saco	Hora	1.0000	2.30	1.2000	2.76
102032	Vibrador	Hora	1.0000	1.80	1.2000	2.16
					Subtotal de Equipo:	6.56

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
201002	Agua	m3	0.1800	0.05		0.01
202005	Cemento	saco	7.6000	7.20		54.72
211002	Arena	m3	0.6000	16.00		9.60
211003	Grava	m3	0.9500	16.00		15.20
					Subtotal de Materiales:	79.53

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
401001	Peon (EOE2)		7.0000	3.26	1.0000	22.82
403001	Albañil (EOD2)		3.0000	3.30	1.0000	9.90
					Subtotal de Mano de Obra:	32.72

Costo Directo Total: 118.81

COSTOS INDIRECTOS

15 % 17.82

Precio Unitario Total 136.63

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Enlucido con mortero cemento-arena 1:3
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.31
					Subtotal de Equipo:	0.31

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
504008	Mortero Cemento-Arena 1:3	m3	0.0250	106.30		2.66
					Subtotal de Materiales:	2.66

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
401001	Peon (EOE2)		1.0000	3.26	0.9500	3.10
403001	Albañil (EOD2)		1.0000	3.30	0.9500	3.14
					Subtotal de Mano de Obra:	6.24

Costo Directo Total: 9.21

COSTOS INDIRECTOS	
15 %	1.38

Precio Unitario Total	10.59

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Punto de instalacion sanitaria, Inodoros, lavamanos, sumideros
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	2.5%MO			0.41
					Subtotal de Equipo:	0.41

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
					Subtotal de Materiales:	0.00

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
401001	Peon (EOE2)		1.0000	3.26	2.5000	8.15
403001	Albañil (EOD2)		1.0000	3.30	2.5000	8.25
					Subtotal de Mano de Obra:	16.40

Costo Directo Total: 16.81

COSTOS INDIRECTOS		
	15 %	2.52

Precio Unitario Total	19.33

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Encofrado recto de madera para escaleras
Unidad: huella

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.46
					Subtotal de Equipo:	0.46

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
201001	Clavos de 2" a 4"	Kg	0.2500	2.00		0.50
206012	Pingos	m	3.1000	0.80		2.48
206015	Tabla de Eucalipto cepillada	u	1.1000	6.00		6.60
206016	Tiras de 4 x 5 cm	m	1.1000	1.00		1.10
					Subtotal de Materiales:	10.68

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
402003	Ayudante (EOE2)		2.0000	3.26	0.9412	6.14
403002	Carpintero (EOD2)		1.0000	3.30	0.9412	3.11
					Subtotal de Mano de Obra:	9.25

Costo Directo Total: 20.39

COSTOS INDIRECTOS

15 % 3.06

Precio Unitario Total 23.45

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Sum.+ Inst. Ventana
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
					Subtotal de Equipo:	0.00

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
200300	Ventana Alutec (Instalada)	m2	1.0000	104.00		104.00
					Subtotal de Materiales:	104.00

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
					Subtotal de Mano de Obra:	0.00

Costo Directo Total: 104.00

COSTOS INDIRECTOS

15 % 15.60

Precio Unitario Total 119.60

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Sum. + Inst. Puerta interior
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
					Subtotal de Equipo:	0.00

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
200301	Puerta de madera interior	u	1.0000	230.00		230.00
					Subtotal de Materiales:	230.00

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
					Subtotal de Mano de Obra:	0.00

Costo Directo Total: 230.00

COSTOS INDIRECTOS		
	15 %	34.50

Precio Unitario Total	264.50

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Sum. + Inst. Puerta exterior
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
					Subtotal de Equipo:	0.00

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
200302	Puerta de madera exterior (instalada)	u	1.0000	400.00		400.00
					Subtotal de Materiales:	400.00

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
					Subtotal de Mano de Obra:	0.00

Costo Directo Total: 400.00

COSTOS INDIRECTOS

15 % 60.00

Precio Unitario Total 460.00

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Sum. + Inst. Bloques de pómez 40x20x20 cm
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.01
					Subtotal de Equipo:	0.01

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
210010	Bloque de pómez 20x20x40 cm	u	1.0000	0.60		0.60
					Subtotal de Materiales:	0.60

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
403001	Albañil (EOD2)		1.0000	3.30	0.0200	0.07
401001	Peon (EOE2)		1.0000	3.26	0.0200	0.07
					Subtotal de Mano de Obra:	0.14

Costo Directo Total: 0.75

COSTOS INDIRECTOS		
	15 %	0.11

Precio Unitario Total	0.86

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Encofrado metálico recto para losa
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
103015	Andamios	Hora	1.0000	0.09	0.3300	0.03
120001	Modulo de encofrado 1.2 m x 0.4 m	Hora	1.0000	0.40	0.3300	0.13
120002	Modulo de encofrado 1.2 m x 0.6 m	Hora	1.0000	0.55	0.3300	0.18
120003	Puntales extendibles	Hora	1.0000	0.10	0.3300	0.03
101006	Equipo menor (%MO)	%MO	5%MO			0.33
					Subtotal de Equipo:	0.70

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
224011	Varios	Glob	1.0000	2.20		2.20
					Subtotal de Materiales:	2.20

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
403001	Albañil (EOD2)		3.0000	3.30	0.3300	3.27
401001	Peon (EOE2)		3.0000	3.26	0.3300	3.23
					Subtotal de Mano de Obra:	6.50

Costo Directo Total: 9.40

COSTOS INDIRECTOS		
	15 %	1.41

Precio Unitario Total	10.81

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Acero estructural
Unidad: Kg

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
100006	Equipo de soldadura	Hora	1.0000	0.01	0.0740	0.00
100007	Equipo de corte	Hora	1.0000	0.01	0.0740	0.00
100008	Grua hidraulica	Hora	1.0000	0.02	0.0740	0.00
					Subtotal de Equipo:	0.00

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
209084	Pintura Anticorrosiva	gln	0.0040	23.00		0.09
201003	Suelda 60-11	kg	0.0100	6.80		0.07
200187	Gas butano	Kg	0.0100	1.00		0.01
200188	Oxígeno	m3	0.0030	25.40		0.08
200310	Acero estructural	Kg	0.5950	2.10		1.25
					Subtotal de Materiales:	1.50

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
422001	Soldador Electrico o Acetileno (EOC1		1.0000	3.57	0.0740	0.26
402001	Ayudante (EOE2)		2.0000	3.26	0.0740	0.48
					Subtotal de Mano de Obra:	0.74

Costo Directo Total: 2.24

COSTOS INDIRECTOS

15 % 0.34

Precio Unitario Total 2.58

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Losa con placa colaborante Novalosa 55 e. placa=0.65 mm, e. capa compresión= 6 cm, Hormigón f'"c=280 Kg/cm2 (No incluye vigas de acero de soporte)
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.22
103017	Amoladora	Hora	1.0000	0.70	0.1700	0.12
					Subtotal de Equipo:	0.34

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
200303	Novalosa e=0.65 mm	m2	1.0000	5.00		5.00
200333	Hormigón premezclado f'"c= 280 Kg/cm2 (Hormi-Azuay), incluye bomba y transporte	m3	0.0850	120.00		10.20
216006	Malla electrosoldada R- 84, 15x15x4.0	m2	1.0000	5.50		5.50
200319	Encofrado recto de madera	m2	0.0728	18.87		1.37
					Subtotal de Materiales:	22.07

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
401001	Peon (EOE2)		3.0000	3.26	0.1700	1.66
402002	Ayudante (EOE2)		3.0000	3.26	0.1700	1.66
403001	Albañil (EOD2)		1.0000	3.30	0.1700	0.56
400001	Mecánico equipo liviano		1.0000	3.35	0.1700	0.57
					Subtotal de Mano de Obra:	4.45

Costo Directo Total: 26.86

COSTOS INDIRECTOS

15 % 4.03

Precio Unitario Total 30.89

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Escalera metálica
Unidad: huella

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			3.83
103017	Amoladora	Hora	1.0000	0.70	5.6800	3.98
103015	Andamios	Hora	1.0000	0.09	5.6800	0.51
101042	Soldadora	Hora	1.0000	1.00	5.6800	5.68
100007	Equipo de corte	Hora	1.0000	0.01	5.6800	0.06
100006	Equipo de soldadura	Hora	1.0000	0.01	5.6800	0.06
					Subtotal de Equipo:	14.12

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
209474	Pernos 1 1/2" x 1/4"	u	1.0000	0.23		0.23
200305	Angulo DIPAC 50x6 mm	m	3.0000	5.30		15.90
201592	Plancha de acero inoxidable de 1.22 x 2.44 (e=2 mm)	u	0.1250	320.00		40.00
200306	Tablon 3 x 0.20 m	u	1.5000	18.00		27.00
201593	Suelda en cordón para lamina de acero inoxidable	m	1.7400	14.00		24.36
209259	Perfil G 125x50x15x2 mm	m	0.6496	3.00		1.95
209084	Pintura Anticorrosiva	gln	0.0100	23.00		0.23
200188	Oxígeno	m3	0.0740	25.40		1.88
200320	Lacado (Laca+Sellante+disolvente) 4 manos para escaleras (huella 1,2x0.3m)	huella	1.0000	4.18		4.18
					Subtotal de Materiales:	115.73

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
403008	Pintor (EOD2)		1.0000	3.30	5.6800	18.74
422001	Soldador Electrico o Acetileno (EOC1 Mecánico)		1.0000	3.57	5.6800	20.28
402001	Ayudante (EOE2)		1.0000	3.26	5.6800	18.52
400001	Mecánico equipo liviano		1.0000	3.35	5.6800	19.03
					Subtotal de Mano de Obra:	76.57

Costo Directo Total: 206.42

COSTOS INDIRECTOS	
15 %	30.96

Precio Unitario Total	237.38

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Deck revestido de piedra pizarra (Incluye vigas y viguetas)
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			3.51
103017	Amoladora	Hora	1.0000	0.70	1.4200	0.99
101042	Soldadora	Hora	1.0000	1.00	1.4200	1.42
100007	Equipo de corte	Hora	1.0000	0.01	1.4200	0.01
100006	Equipo de soldadura	Hora	1.0000	0.01	1.4200	0.01
					Subtotal de Equipo:	5.94

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
200332	Perfil G 150x50x15x3 mm (DIPAC)	m	2.7040	4.91		13.28
200309	Tubo cuadrado estructural (75x3 mm DIPAC)	m	2.2400	5.25		11.76
200188	Oxígeno	m3	0.0940	25.40		2.39
201003	Suelda 60-11	kg	1.5700	6.80		10.68
209084	Pintura Anticorrosiva	gln	0.0160	23.00		0.37
200303	Novalosa e=0.65 mm	m2	1.0000	5.00		5.00
209474	Pernos 1 1/2" x 1/4"	u	1.0000	0.23		0.23
216006	Malla electrosoldada R- 84, 15x15x4.0	m2	1.0000	5.50		5.50
260009	Hormigón premezclado f""c= 240 Kg/cm2 (Hormi-Azuay), incluye bomba y transporte	m3	0.0850	108.00		9.18
201002	Agua	m3	0.0200	0.05		0.00
200307	Pegante	saco	0.2500	14.00		3.50
200308	Piedra pizarra	m2	1.0000	18.00		18.00
200319	Encofrado recto de madera	m2	0.0700	18.87		1.32
					Subtotal de Materiales:	81.21

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
403008	Pintor (EOD2)		1.0000	3.30	1.4200	4.69
422001	Soldador Electrico o Acetileno (EOC1 Mecánico)		1.0000	3.57	1.4200	5.07
402001	Ayudante (EOE2)		2.0000	3.26	1.4200	9.26
400001	Mecánico equipo liviano		1.0000	3.35	1.4200	4.76
403001	Albañil (EOD2)		3.0000	3.30	1.4200	14.06
401001	Peon (EOE2)		7.0000	3.26	1.4200	32.40
					Subtotal de Mano de Obra:	70.24

Costo Directo Total: 157.39

COSTOS INDIRECTOS

15 % 23.61

Precio Unitario Total 181.00

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Deck revestido de piedra pizarra (Incluye vigas secundarias)
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			3.29
103017	Amoladora	Hora	1.0000	0.70	1.3300	0.93
101042	Soldadora	Hora	1.0000	1.00	1.3300	1.33
100007	Equipo de corte	Hora	1.0000	0.01	1.3300	0.01
100006	Equipo de soldadura	Hora	1.0000	0.01	1.3300	0.01
					Subtotal de Equipo:	5.57

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
200332	Perfil G 150x50x15x3 mm (DIPAC)	m	1.0600	4.91		5.20
200188	Oxígeno	m3	0.0196	25.40		0.50
201003	Suelda 60-11	kg	0.3300	6.80		2.24
209084	Pintura Anticorrosiva	gln	0.0033	23.00		0.08
200303	Novalosa e=0.65 mm	m2	1.0000	5.00		5.00
209474	Pernos 1 1/2" x 1/4"	u	1.0000	0.23		0.23
216006	Malla electrosoldada R- 84, 15x15x4.0	m2	1.0000	5.50		5.50
260009	Hormigón premezclado f""c= 240 Kg/cm2 (Hormi-Azuay), incluye bomba y transporte	m3	0.0850	108.00		9.18
201002	Agua	m3	0.0200	0.05		0.00
200307	Pegante	saco	0.2500	14.00		3.50
200308	Piedra pizarra	m2	1.0000	18.00		18.00
200319	Encofrado recto de madera	m2	0.0700	18.87		1.32
					Subtotal de Materiales:	50.75

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
403008	Pintor (EOD2)		1.0000	3.30	1.3300	4.39
422001	Soldador Electrico o Acetileno (EOC1 Mecánico)		1.0000	3.57	1.3300	4.75
402001	Ayudante (EOE2)		2.0000	3.26	1.3300	8.67
400001	Mecánico equipo liviano		1.0000	3.35	1.3300	4.46
403001	Albañil (EOD2)		3.0000	3.30	1.3300	13.17
401001	Peon (EOE2)		7.0000	3.26	1.3300	30.35
					Subtotal de Mano de Obra:	65.79

Costo Directo Total: 122.11

COSTOS INDIRECTOS

15 % 18.32

Precio Unitario Total 140.43

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Piso de madera (Incluye lacado y pulido)
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.59
					Subtotal de Equipo:	0.59

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
200311	Tiras de madera para piso	u	1.0000	3.00		3.00
200306	Tablon 3 x 0.20 m	u	2.0000	18.00		36.00
200315	Lacado (Laca+Sellante), Sum. + Inst.	m2	1.0000	25.00		25.00
200316	Pulido madera (con máquina)	m2	1.0000	4.00		4.00
					Subtotal de Materiales:	68.00

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
403002	Carpintero (EOD2)		1.0000	3.30	1.8000	5.94
402001	Ayudante (EOE2)		1.0000	3.26	1.8000	5.87
					Subtotal de Mano de Obra:	11.81

Costo Directo Total: 80.40

COSTOS INDIRECTOS		
	15 %	12.06

Precio Unitario Total 92.46

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Cielo raso de madera con vigas ornamentales
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			1.43
					Subtotal de Equipo:	1.43

Materiales

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
201001	Clavos de 2" a 4"	Kg	0.1000	2.00		0.20
200311	Tiras de madera para piso	u	1.0000	3.00		3.00
200317	Duela de pino	u	3.0000	7.00		21.00
201817	Viga de chanul de 14x14cm preparada, tratada y lacada	m	1.0000	20.00		20.00
200322	Lijado	m2	1.0000	1.00		1.00
200323	Lacado (sellante+laca+disolvente) 1 mano , Sum. + Inst.	m2	1.0000	5.00		5.00
					Subtotal de Materiales:	50.20

Transporte

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra

Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
402003	Ayudante (EOE2)		2.0000	3.26	2.9100	18.97
403002	Carpintero (EOD2)		1.0000	3.30	2.9100	9.60
					Subtotal de Mano de Obra:	28.57

Costo Directo Total: 80.20

COSTOS INDIRECTOS

15 % 12.03

Precio Unitario Total 92.23

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Piso de porcelanato
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.33
					Subtotal de Equipo:	0.33

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
209733	Porcelanato de Italpiso 0.40 x 0.40 pulido	m2	1.0000	18.00		18.00
200307	Pegante	saco	0.2500	14.00		3.50
					Subtotal de Materiales:	21.50

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
403001	Albañil (EOD2)		1.0000	3.30	1.0000	3.30
402001	Ayudante (EOE2)		1.0000	3.26	1.0000	3.26
					Subtotal de Mano de Obra:	6.56

Costo Directo Total: 28.39

COSTOS INDIRECTOS		
	15 %	4.26

Precio Unitario Total	32.65

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Cielo raso con Gypsum (Liso, empastado y pintado)
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	1%MO			0.07
					Subtotal de Equipo:	0.07

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
201250	Gypsum (empaste y pintura blanca)	m2	0.6000	24.00		14.40
					Subtotal de Materiales:	14.40

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
401001	Peon (EOE2)		1.0000	3.26	1.0000	3.26
403001	Albañil (EOD2)		1.0000	3.30	1.0000	3.30
					Subtotal de Mano de Obra:	6.56

Costo Directo Total: 21.03

COSTOS INDIRECTOS		
	15 %	3.15

Precio Unitario Total	24.18

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Suministro e instalacion de revestimiento de piedra
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	2%MO			0.26
103015	Andamios	Hora	1.0000	0.09	2.0000	0.18
					Subtotal de Equipo:	0.44

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
205004	Barniz	gln	0.1	22		2.2
201815	Piedra rustica natural para revestimiento de pared	m2	1.0000	13.00		13.00
201816	Sellador para piedra vista	gl	0.1000	15.00		1.50
504002	Mortero Cemento:Arena 1:3	m3	0.0150	119.00		1.79
					Subtotal de Materiales:	18.49

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	Total
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
401001	Peon (EOE2)		1	3.26	2	6.52
403001	Albañil (EOD2)		1.0000	3.30	2.0000	6.60
					Subtotal de Mano de Obra:	13.12

Costo Directo Total: 32.05

COSTOS INDIRECTOS	
15 %	4.81

Precio Unitario Total	36.86

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Preparado y pintado de superficie
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.07
					Subtotal de Equipo:	0.07

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
	Fondo para pared	gln	0.0400	5.58		0.22
201250	Pintura para paredes y exteriores	gln	0.0400	15.90		0.64
					Subtotal de Materiales:	0.86

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
401001	Ayudante (EOE2)		1.0000	3.26	0.3500	1.14
403001	Pintor (EOD2)		1.0000	3.30	0.3500	1.16
					Subtotal de Mano de Obra:	2.30

Costo Directo Total: 3.23

COSTOS INDIRECTOS

15 % 0.48

Precio Unitario Total 3.71

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Sum. + Inst. tableros de Playwood
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
101999	Equipo menor	%MO	5%MO			0.04
					Subtotal de Equipo:	0.04

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
	Tableros de Playwood	u	0.2268	78.00		17.69
					Subtotal de Materiales:	17.69

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
401001	Ayudante (EOE2)		1.0000	3.26	0.1330	0.43
403001	Carpintero (EOD2)		1.0000	3.30	0.1330	0.44
					Subtotal de Mano de Obra:	0.87

Costo Directo Total: 18.60

COSTOS INDIRECTOS

15 % 2.79

Precio Unitario Total 21.40

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Sum. + Inst. Impearmibilizante asfáltico tipo Chova
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
					Subtotal de Equipo:	0.00

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
	Impearmibilizante asfáltico (Instalado)	u	1.0000	15.00		15.00
					Subtotal de Materiales:	15.00

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
						0.00
						0.00
					Subtotal de Mano de Obra:	0.00

Costo Directo Total: 15.00

COSTOS INDIRECTOS		
	15 %	2.25

Precio Unitario Total	17.25

Análisis de Precios Unitarios

Descrip.: Sum. + Inst. Teja
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**	**Rendim.**	**Total**
	Equipo menor	%MO	5%MO			0.07
					Subtotal de Equipo:	0.07

Materiales						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio**		**Total**
	Tejas	u	40.0000	0.20		8.00
					Subtotal de Materiales:	8.00

Transporte						
Código	**Descripción**	**Unidad**	**Cantidad**	**Tarifa/U**	**Distancia**	**Total**
					Subtotal de Transporte:	0.00

Mano de Obra						
Código	**Descripción**		**Número**	**S.R.H.**	**Rendim.**	**Total**
	Ayudante (EOE2)		1.0000	3.26	0.2000	0.65
	Peon (EOE2)		1	3.26	0.2000	0.65
					Subtotal de Mano de Obra:	1.30

Costo Directo Total: 9.37

COSTOS INDIRECTOS		
	15 %	1.41

Precio Unitario Total	10.77

3. Anexo fotográfico

3.1. Proceso constructivo desde lunes 18 de julio de 2016 hasta sábado 28 de enero de 2017

- **Sótano**



















































- **Planta Baja**





























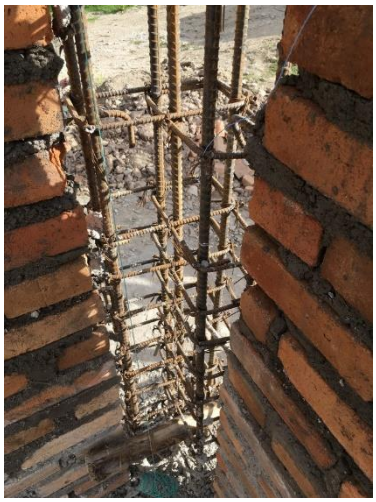














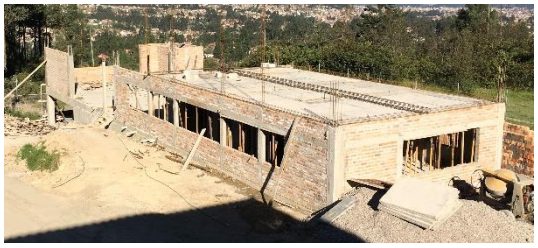






- **Planta alta**






































3.2. Implementación del sistema *Last Planner*

3.2.1. Semana 1 (16-21 enero de 2017)

- **18 de enero de 2017**





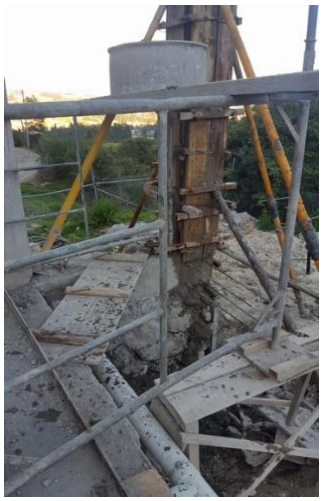




















- **21 de enero de 2017**

























3.2.2. Semana 2 (23-28 enero de 2017)

- **24 de enero de 2017**














- **26 de enero de 2017**





















- **28 de enero de 2017**


















3.2.3. Semana 3 (30 enero-04 febrero de 2017)

- **31 de enero de 2017**























- **02 de febrero de 2017**








3.2.4. Semana 4 (06-11 febrero de 2017)

- **06 de febrero de 2017**



















- **09 de febrero de 2017**





























- **11 de febrero de 2017**







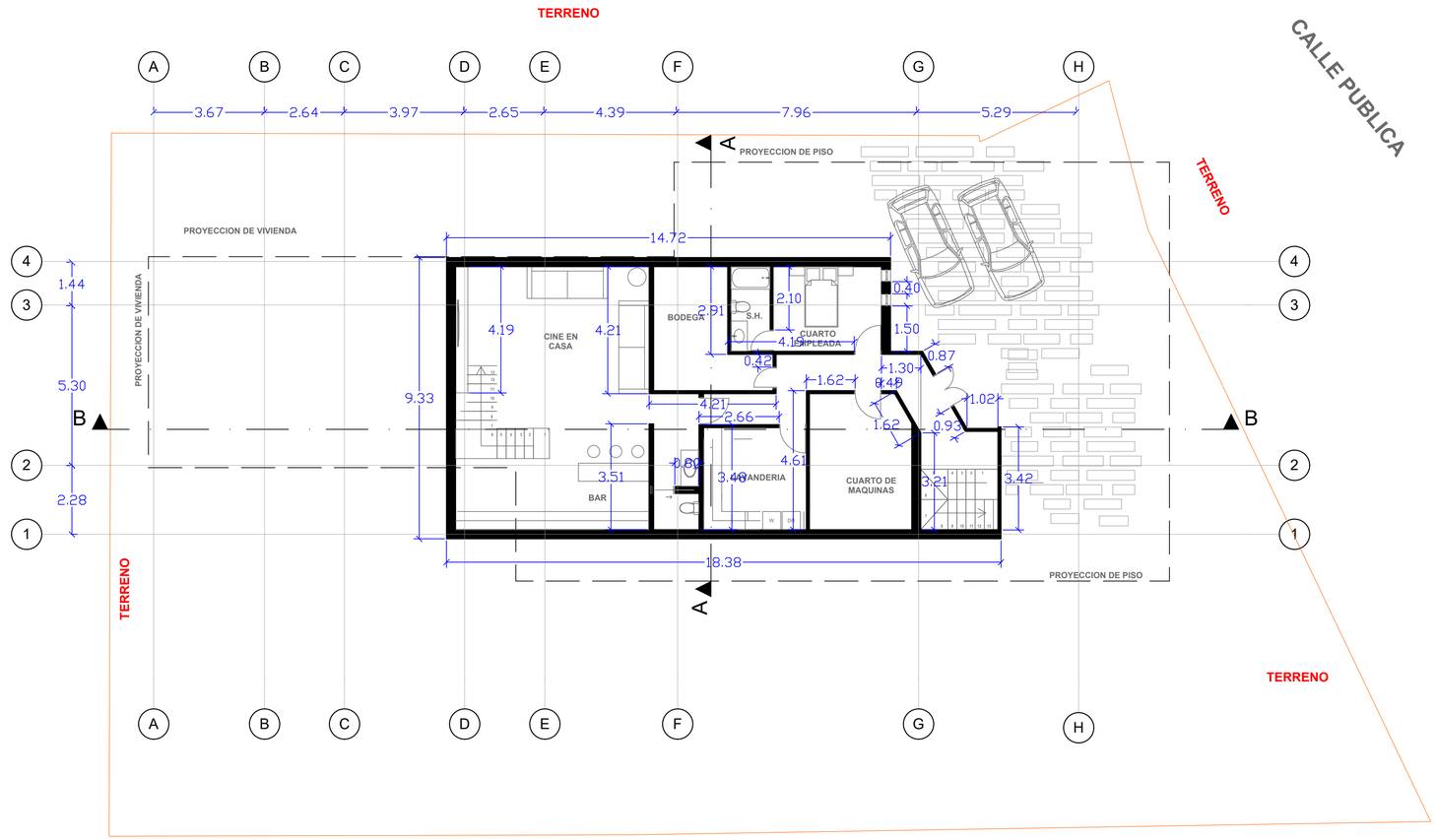




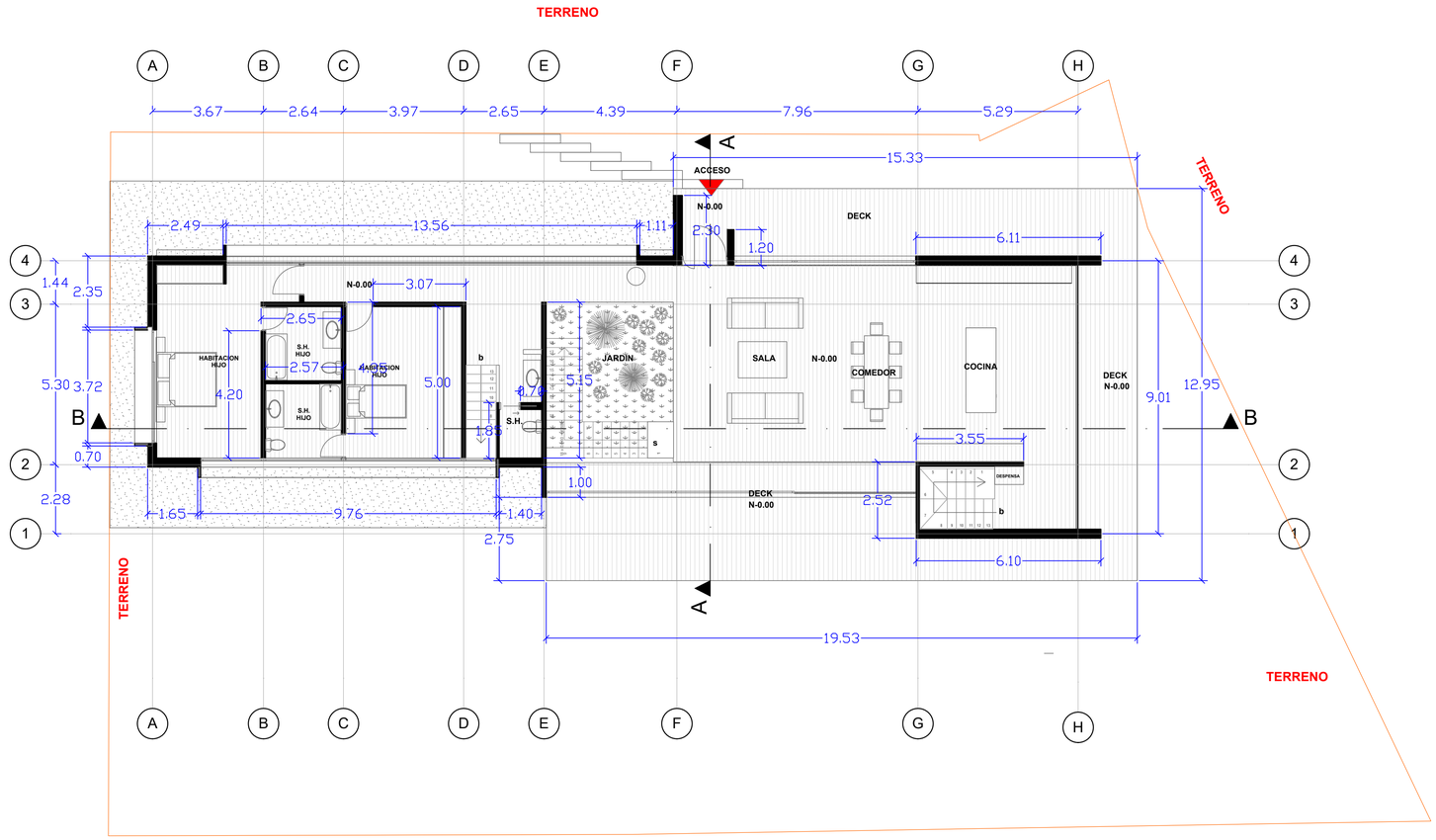




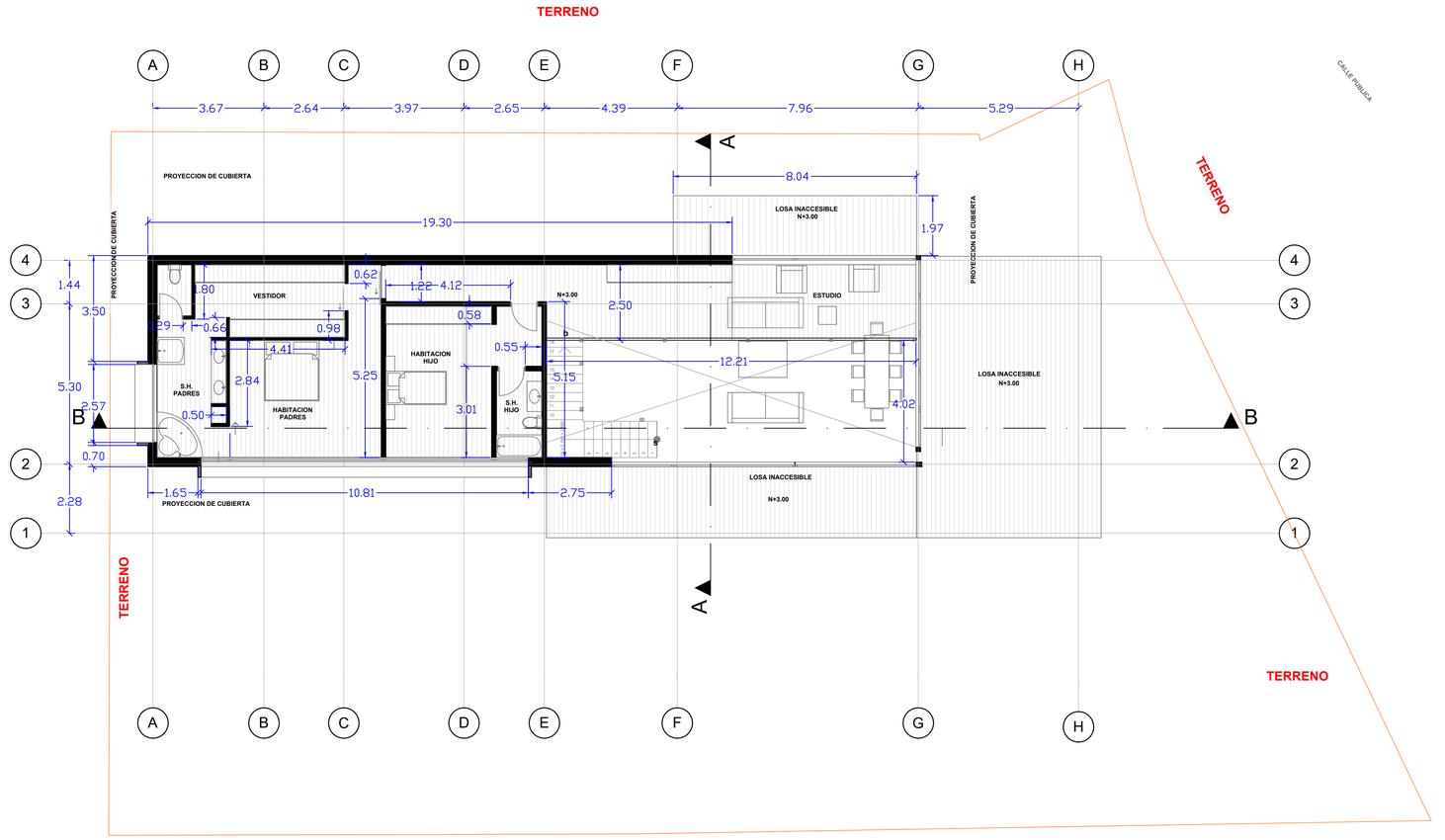
4. Planos



ESCALA:	1:100
UNIVERSIDAD DEL AZUAY	DIBUJO: FREDDY ALVARADO JOSE ANDRES CUEVA
VIVIENDA PARA LA FAMILIA CRESPO-MOSCOSO	FECHA: SEPTIEMBRE 13 DE 2016
CONTENIDO: PLANO ARQUITECTÓNICO FINAL DE SÓTANO	LÁMINA: 1/3

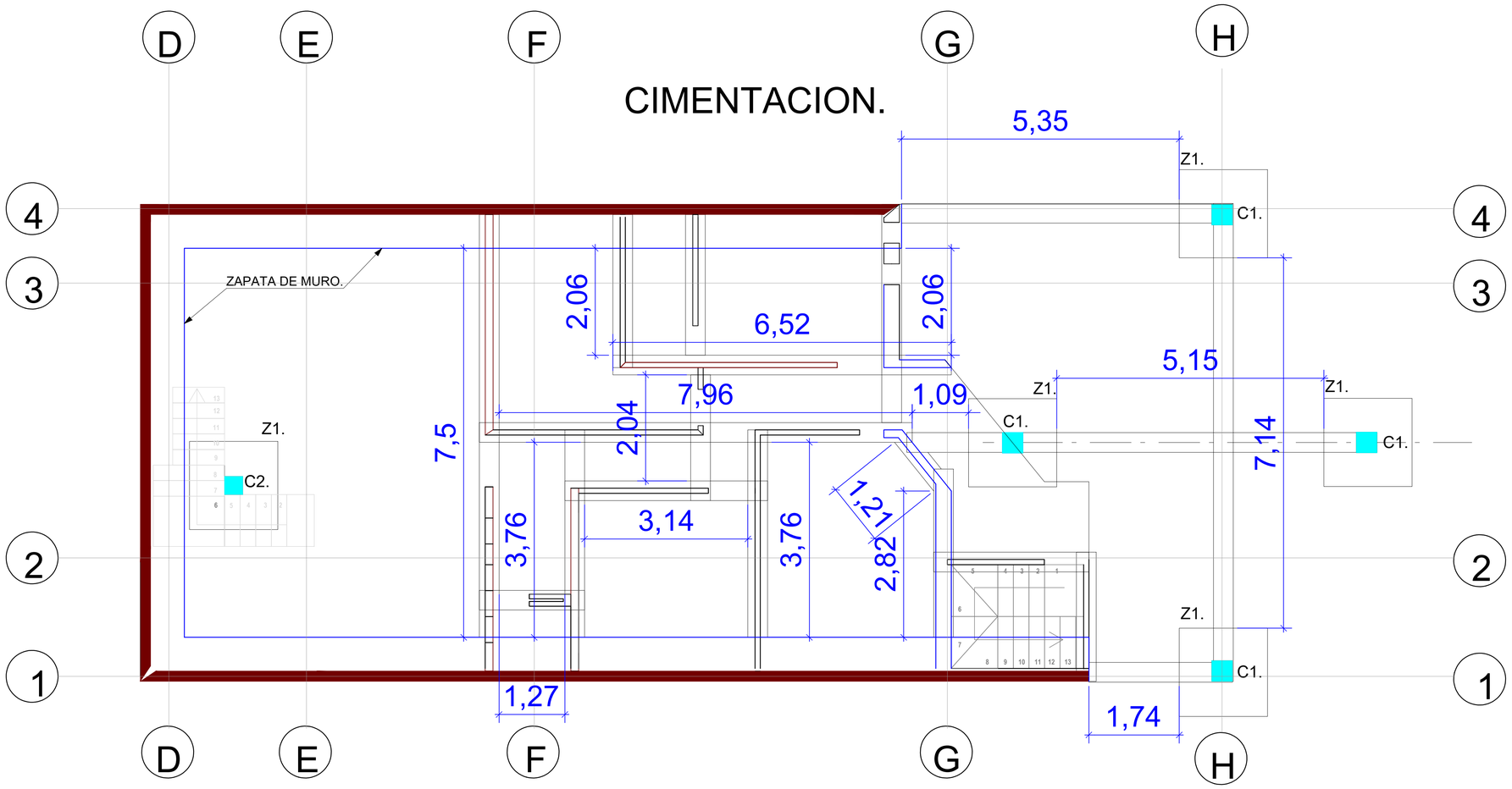


ESCALA:	1:100
UNIVERSIDAD DEL AZUAY	DIBUJO: FREDDY ALVARADO JOSE ANDRES CUEVA.
VIVIENDA PARA LA FAMILIA CRESPO-MOSCOSO	FECHA: SEPTIEMBRE 13 DE 2016
CONTENIDO: PLANO ARQUITECTÓNICO FINAL DE PLANTA BAJA	LÁMINA: 2/3

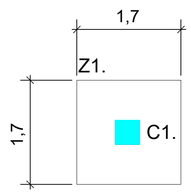


ESCALA:	1:100
UNIVERSIDAD DEL AZUAY	DIBUJO: FREDDY ALVARADO JOSE ANDRES CUEVA
VIVIENDA PARA LA FAMILIA CRESPO-MOSCOSO	FECHA: SEPTIEMBRE 13 DE 2016
CONTENIDO: PLANO ARQUITECTÓNICO FINAL DE PLANTA ALTA	LÁMINA: 3/3

CIMENTACION.



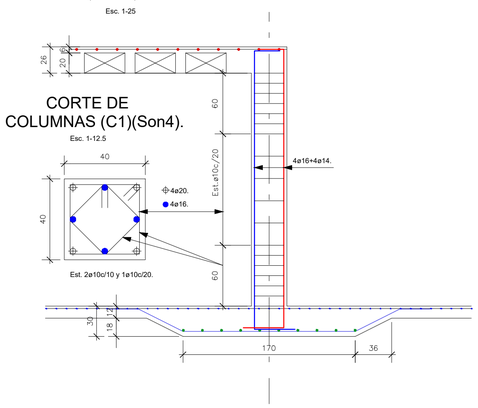
DETALLE DE ZAPATAS



ESCALA:	1:50
UNIVERSIDAD DEL AZUAY	DIBUJO: ING. JULIO MONCAYO
VIVIENDA PARA LA FAMILIA CRESPO-MOSCOSO	FECHA: JULIO DE 2016
CONTENIDO: PLANO ESTRUCURAL DE SÓTANO	LÁMINA: 1/8

COLUMNA - ZAPATA (Z1) (Son 5).

Esc. 1-25

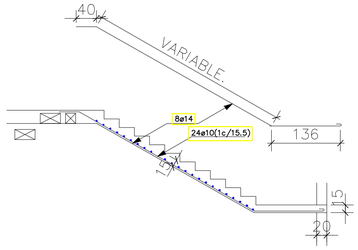


CORTE DE COLUMNAS (C1)(Son4).

Esc. 1-12.5

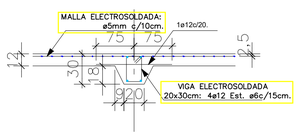
ARMADURA DE ESCALERAS.

Esc. 1–25.



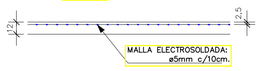
CIMENTACION DE PAREDES.

Esc. 1–25.



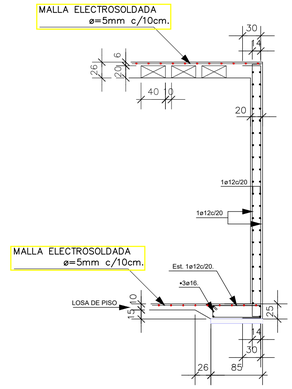
LOSA DE PISO.

Esc. 1–25.



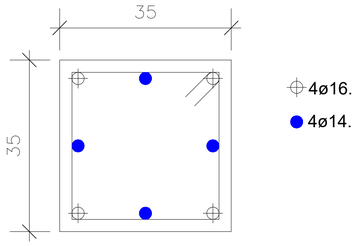
ARMADURA DE MUROS.

Esc. 1-50.



CORTE DE COLUMNA (C2).

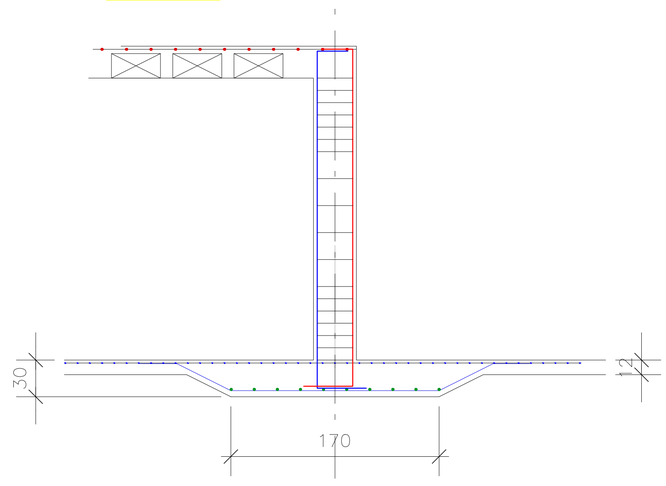
Esc. 1-12.5



Est. 1ø10c/10 y 1ø10c/20.

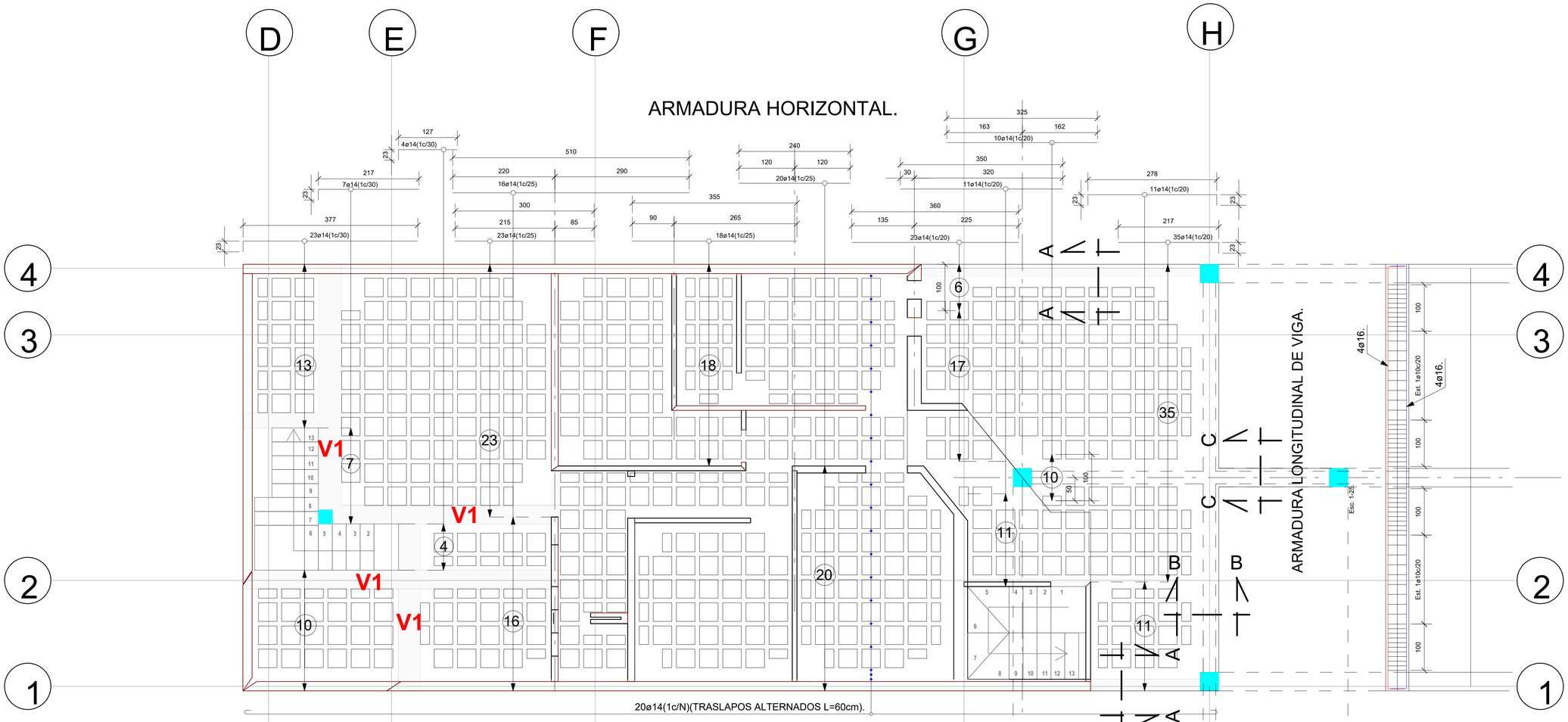
ARMADURA LONGITUDINAL DE COLUMNAS

Esc. 1–12.5



ESCALA:	LAS INDICADAS EN EL PLANO
UNIVERSIDAD DEL AZUAY	DIBUJO: ING. JULIO MONCAYO
VIVIENDA PARA LA FAMILIA CRESPO-MOSCOSO	FECHA: JULIO DE 2016
CONTENIDO: PLANO ESTRUCURAL DE SÓTANO	LÁMINA: 2/8

ARMADURA HORIZONTAL.



ARMADURA LONGITUDINAL DE VIGA.

Esc. 1-25.

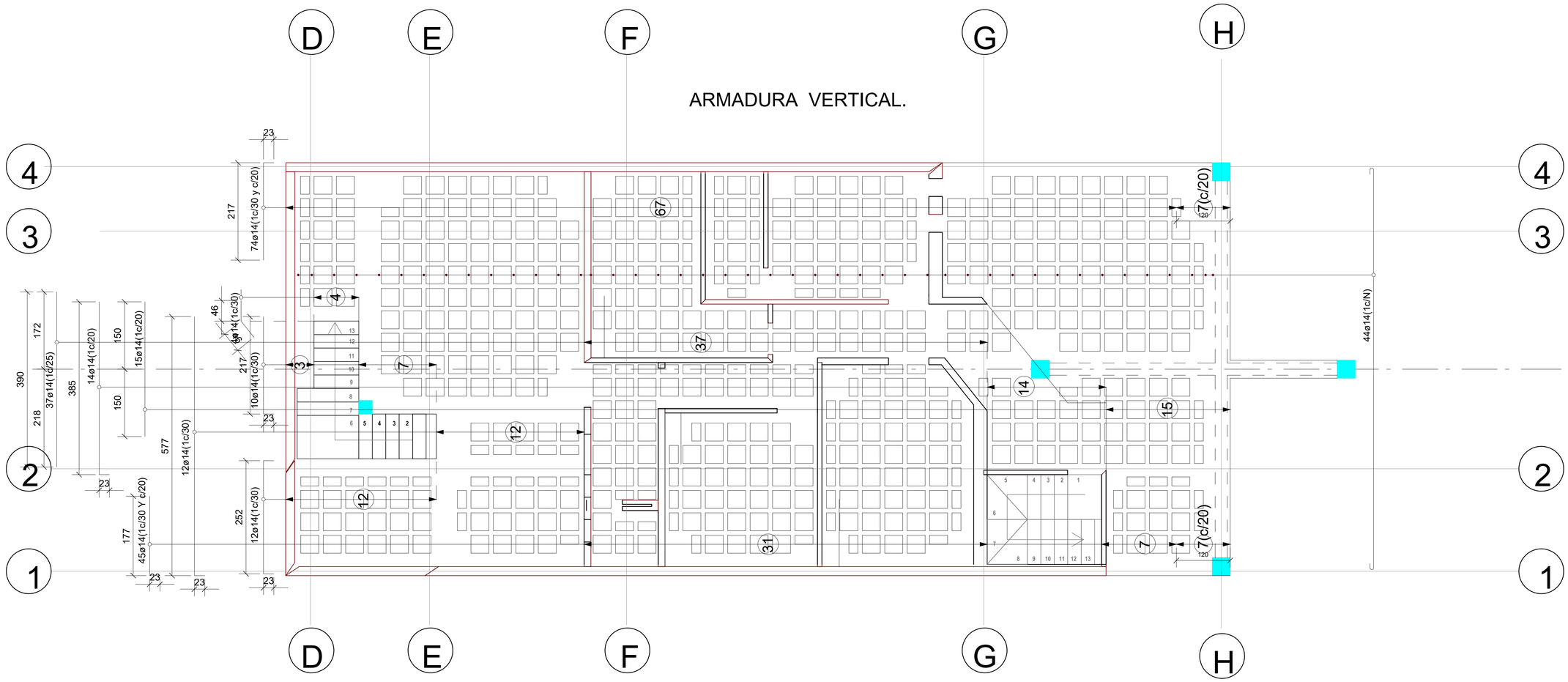
SECCION LONGITUDINAL DE VIGA.

Esc. 1-25.

MUROS RESISTENTES.

ESCALA:	1:50
UNIVERSIDAD DEL AZUAY	DIBUJO: ING. JULIO MONCAYO
VIVIENDA PARA LA FAMILIA CRESPO-MOSCOSO	FECHA: SEPTIEMBRE DE 2016
CONTENIDO: ARMADURA HORIZONTAL (LONGITUDINAL) DE PLANTA BAJA	LÁMINA: 3/8

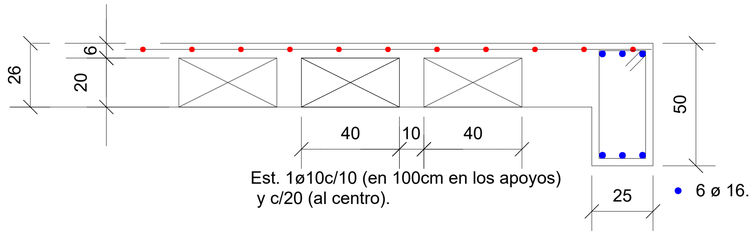
ARMADURA VERTICAL.



ESCALA:	1:50
UNIVERSIDAD DEL AZUAY	DIBUJO: ING. JULIO MONCAYO
VIVIENDA PARA LA FAMILIA CRESPO-MOSCOSO	FECHA: SEPTIEMBRE DE 2016
CONTENIDO: ARMADURA VERTICAL (TRANSVERSAL) DE PLANTA BAJA	LÁMINA: 4/8

CORTE A-A.

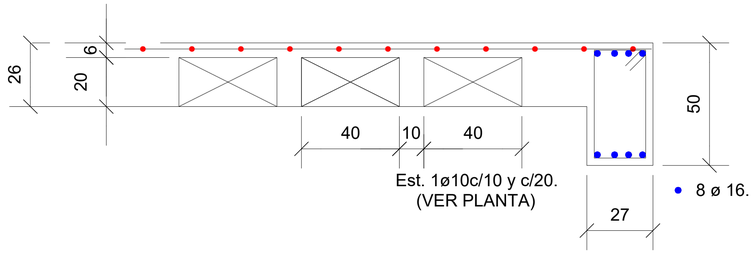
Esc. 1-25.



Est. 1ø10c/10 (en 100cm en los apoyos)
y c/20 (al centro).

CORTE B-B.

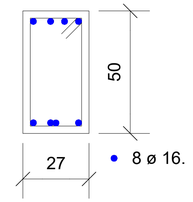
Esc. 1-25.



Est. 1ø10c/10 y c/20.
(VER PLANTA)

CORTE C-C.

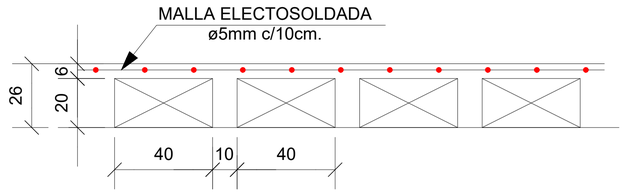
Esc. 1-25.



Est. 1ø10c/10 y c/20.
(VER PLANTA)

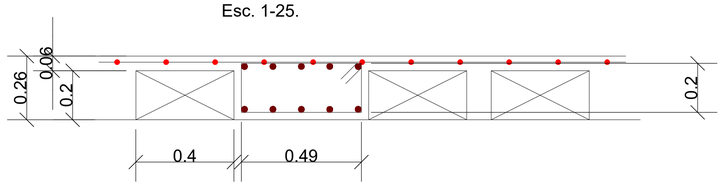
SECCION TRANSVERSAL DE LOSA.

Esc. 1-25.



MACIZOS (V1).

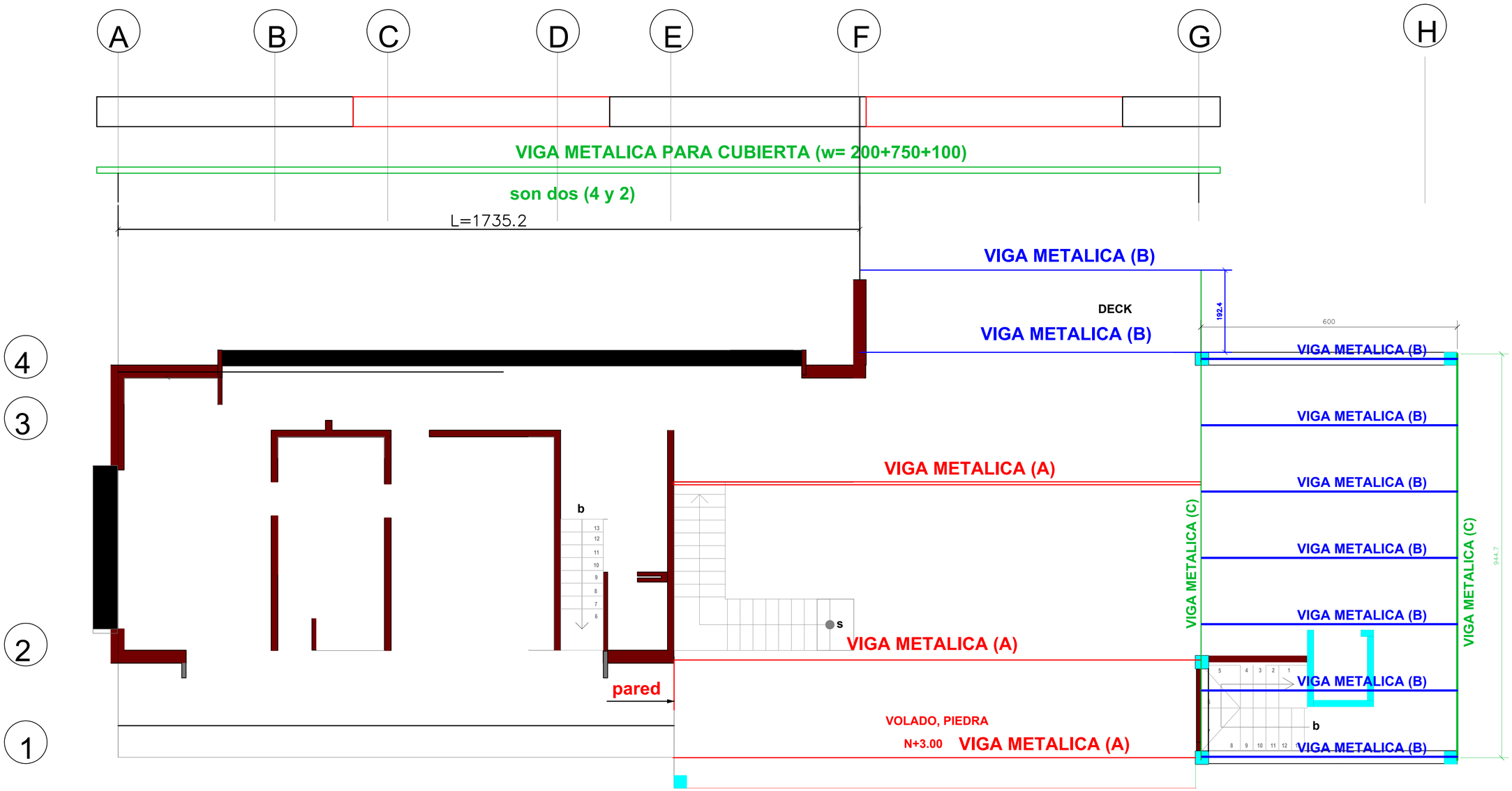
Esc. 1-25.



●10ø16.

Est. 1ø10c/30.

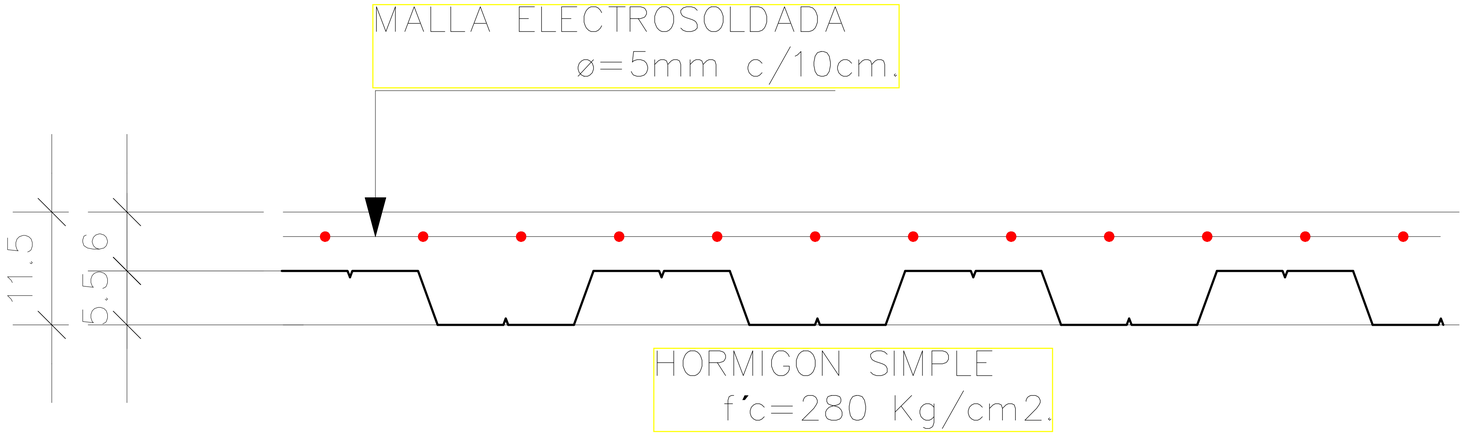
ESCALA:	1:25
UNIVERSIDAD DEL AZUAY	DIBUJO: ING. JULIO MONCAYO
VIVIENDA PARA LA FAMILIA CRESPO-MOSCOSO	FECHA: SEPTIEMBRE DE 2016
CONTENIDO: DETALLES DE ARMADURA PARA LOSA DE PLANTA BAJA	LÁMINA: 5/8



ESCALA:	1:50
UNIVERSIDAD DEL AZUAY	DIBUJO: ING. JULIO MONCAYO
VIVIENDA PARA LA FAMILIA CRESPO-MOSCOSO	FECHA: OCTUBRE DE 2016
CONTENIDO: ACERO ESTRUCTURAL EN PLANTA ALTA	LÁMINA: 6/8

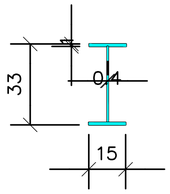
LOSA EJES (G H) - (1 - 4)

Esc. 1-12.5



VIGAS (A) (Son 3)

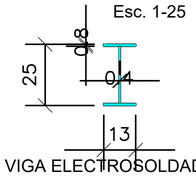
Esc. 1-25



VIGA ELECTROSOLDADA
KUBIEC:Vk330x150x4x10
Acero ASTM A769

VIGAS (B) (Son 9)

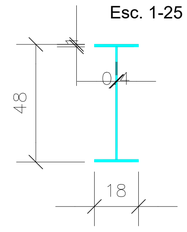
Esc. 1-25



VIGA ELECTROSOLDADA
KUBIEC:Vk250X130x4x8
Acero ASTM A769

VIGAS (C) (Son 2)

Esc. 1-25

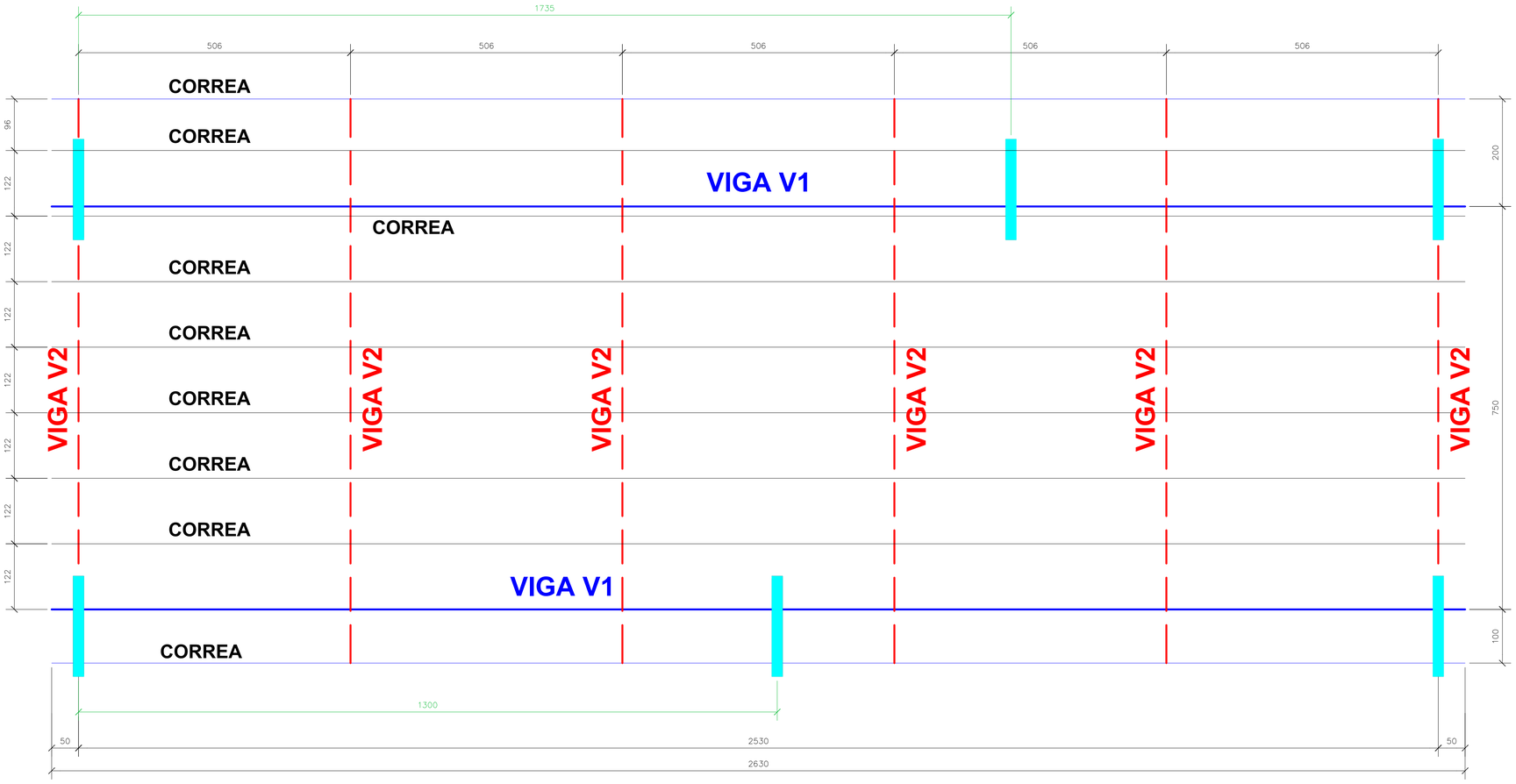


VIGA ELECTROSOLDADA
KUBIEC:Vk480x180x6x10
Acero ASTM A769

ESCALA:	LAS INDICADAS EN EL PLANO
UNIVERSIDAD DEL AZUAY	DIBUJO: ING. JULIO MONCAYO
VIVIENDA PARA LA FAMILIA CRESPO-MOSCOSO	FECHA: SEPTIEMBRE DE 2016
CONTENIDO: DETALLES DE LOSA CON PLACA COLABORANTE Y PERFILES ELECTROSOLDADOS EN PLANTA ALTA	LÁMINA: 7/8

ARMADURA DE CUBIERTA.

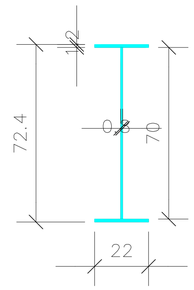
Esc. 1-50



APOYOS.

VIGAS V1 (Son 2).

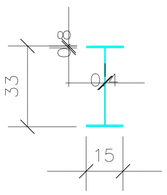
Esc. 1-25



Acero ASTM A572
ASTM A769

VIGAS V2 (Son 6).

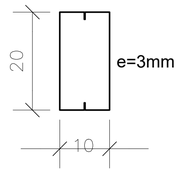
Esc. 1-25



VIGA ELECTROSOLDADA
KUBIEC:Vk330x150x4x8
Acero ASTM A769

CORREAS (Son 9).

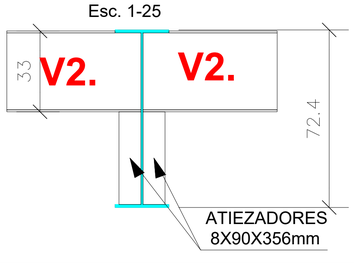
Esc. 1-25



CAJAS: 2G200x50x15x3mm
Acero ASTM A36

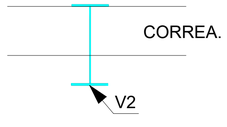
UNION V1-V2.

Esc. 1-25



UNION V2-CORREA.

Esc. 1-25



ESCALA:	LAS INDICADAS EN EL PLANO
UNIVERSIDAD DEL AZUAY	DIBUJO: ING. JULIO MONCAYO
VIVIENDA PARA LA FAMILIA CRESPO-MOSCOSO	FECHA: SEPTIEMBRE DE 2016
CONTENIDO: PLANO ESTRUCTURAL DE CUBIERTA	LÁMINA: 8/8