



**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

**Diseño estructural con elementos prefabricados de una nave
industrial con puente grúa.**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

Autores:

**ESTEBAN ALEJANDRO ESPINOZA QUESADA
PEDRO DAVID RODRIGUEZ FERNANDEZ**

Director:

VLADIMIR EUGENIO CARRASCO CASTRO

CUENCA – ECUADOR

2016

DEDICATORIA

A mi madre Lorena.

Por haberme brindado en todo momento su apoyo, sus consejos, valores, que han forjado en mí para ser una persona de bien, pero sin duda alguna por su amor incondicional.

A mi padre Víctor.

Por ser un ejemplo de perseverancia y constancia, que me ha servido para seguir adelante tenazmente y por su amor.

A mi abuelita Laura por brindarme su apoyo en toda mi carrera universitaria. A mis hermanos Adrián, María del Carmen y Yoko, gracias por formar parte de mi vida.

Esteban Alejandro Espinoza Quezada

DEDICATORIA

A mis padres Jorge y Gladys quienes a lo largo de toda mi vida me han apoyado en todo momento y han sido pilar fundamental para alcanzar todas mis metas. A mis hermanos Diego y Gabriel, gracias por formar parte de mi vida.

Pedro David Rodríguez Fernández

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a todos nuestros familiares y amigos que formaron parte de este largo camino.

De manera especial queremos agradecer al Ing. Vladimir Carrasco, nuestro director, quien nos ha orientado para la realización de este trabajo de tesis, gracias a sus conocimientos y capacidades de enseñanza nos supo guiar para la culminación con éxito.

A los miembros de nuestro tribunal asignado Ing. José Vázquez e Ing. Roberto Gamón quienes siempre nos supieron brindar su valiosa guía y asesoramiento a más de su apoyo incondicional desde el primer momento.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xx
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO	3
1.1 Emplazamiento.....	3
1.2 Características generales del proyecto	4
1.3 Cargas.....	5
1.3.1 Carga muerta	5
1.3.2 Carga viva	5
1.3.3 Carga de granizo.....	6
1.3.4 Carga sísmica	6
1.3.5 Factores y combinaciones de carga.....	6
1.4 Norma Ecuatoriana de la Construcción.....	7
1.4.1 Bases de diseño	8
1.4.1.1 Zona sísmica y factor de zona Z.....	8
1.4.1.2 Geología local y tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico.....	10
1.4.1.3 Coeficientes de perfil de suelo F_a , F_d y F_S	10
1.4.1.4 Categoría y coeficiente de importancia I.....	13
1.4.2 Cortante basal de diseño.....	13
1.5 Modelación de la nave industrial	18

CAPÍTULO 2: CÁLCULO Y DISEÑO	22
2.1 Diseño de la cubierta.....	22
2.1.1 Tipo de armadura de cubierta.....	23
2.1.2 Cobertura.....	24
2.1.3 Peso de la cobertura.....	24
2.1.4 Tipos de cargas.....	25
2.1.4.1 Cargas muertas o permanentes.....	26
2.1.4.2 Cargas vivas.....	28
2.1.5 Modelación computacional en CYPE 3D.....	28
2.1.6 Generación del modelo estructural.....	29
2.1.6.1 Espectro de cálculo.....	31
2.1.6.2 Tipo de elementos estructurales.....	32
2.1.6.3 Apoyos de la cubierta.....	36
2.1.6.4 Modelación de la estructura completa de la cubierta.....	36
2.1.6.5 Obtención de los esfuerzos.....	38
2.2 Diseño de la viga cargadora pretensada.....	41
2.2.1 Resistencia del hormigón.....	41
2.2.2 Tipos de acero.....	41
2.2.3 Predimensionamiento de la sección.....	42
2.2.3.1 Peso propio de la viga.....	43
2.2.3.2 Cargas del Puente grúa.....	44
2.3 Diseño de la columna prefabricada de hormigón.....	50
2.3.1 Resistencia del hormigón.....	50
2.3.2 Tipos de acero.....	50
2.3.3 Predimensionamiento.....	51
2.3.4 Desarrollo del modelo estructural.....	53
2.3.4.1 Espectro de cálculo.....	54
2.3.4.2 Cargas adicionales.....	54
2.3.4.3 Tipo de elementos estructurales.....	55
2.3.4.4 Modelación de las columnas.....	58
2.3.4.5 Deformaciones.....	58
2.4 Diseño de las zapatas prefabricadas de hormigón.....	61

2.4.1 Resistencia del hormigón	61
2.4.2 Tipos de aceros.....	61
2.4.3 Predimensionamiento	61
2.4.4 Desarrollo del modelo estructural	63
2.4.4.1 Espectro de cálculo.....	65
2.4.4.2 Cargas adicionales.....	65
2.4.4.3 Modelación.....	66

CAPÍTULO 3: MEMORIA TÉCNICA

3.1 Diseño estructural de la armadura metálica empotrada, a través del software CYPECAD.....	68
3.1.1 Datos de obra.....	68
3.1.2 Normas consideradas.....	68
3.1.3 Estados límite	68
3.1.3.1 Situaciones de proyecto.....	69
3.1.4 Combinaciones	79
3.1.5 Sismo	81
3.1.6 Datos generales de sismo	81
3.1.7 Caracterización del emplazamiento	81
3.1.8 Sistema estructural	81
3.1.9 Parámetros de cálculo.....	82
3.1.10 Estructura	82
3.1.10.1 Geometría.....	82
3.1.10.2 Nudos	82
3.1.11 Barras	83
3.1.11.1 Materiales utilizados	83
3.1.12 Descripción.....	84
3.1.13 Características mecánicas del material de cubierta	85
3.1.14 Tabla de cómputo	85
3.1.15 Resumen de cómputo	86
3.1.16 Cómputo de superficies.....	86
3.1.17 Cargas.....	87

3.1.17.1 Barras	87
3.1.18 Cargas en barras	88
3.1.19 Resultados	88
3.1.19.1 Sismo.....	88
3.1.19.2 Espectro de cálculo	89
3.1.19.3 Espectro elástico de aceleraciones	89
3.1.20 Parámetros necesarios para la definición del espectro	89
3.1.21 Espectro de diseño de aceleraciones	90
3.1.21.1 Factor de comportamiento / Coeficiente de ductilidad	90
3.1.22 Coeficientes de participación	91
3.1.23 Representación de los períodos modales.....	93
3.2 Diseño estructural manual de la viga prefabricada pretensada.	94
3.2.1 Implementación de hoja electrónica de cálculo.	101
3.3 Diseño estructural de columnas prefabricadas en hormigón, a través del software CYPECAD.	103
3.3.1 Versión del programa y número de licencia.....	103
3.3.2 Datos generales de la estructura	103
3.3.3 Normas consideradas.....	103
3.3.4 Acciones consideradas	103
3.3.4.1 Gravitatorias	103
3.3.4.2 Viento	103
3.3.4.3 Sismo.....	103
3.3.5 Datos generales de sismo	103
3.3.5.1 Sistema estructural	104
3.3.5.2 Estimación del periodo fundamental de la estructura: Según norma	104
3.3.5.3 Parámetros de cálculo.....	104
3.3.5.4 Verificación de la condición de cortante basal:	104
3.3.5.5 Factores reductores de la inercia (NEC-SE-DS 2014, 6.1.6b).....	104
3.3.5.6 Direcciones de análisis	104
3.3.6 Hipótesis de carga	105
3.3.7 Estados límite	105
3.3.8 Situaciones de proyecto.....	105
3.3.9 Coeficientes parciales de seguridad (g) y coeficientes de combinación (y). 106	
3.3.10 Desplazamientos.....	108

3.3.11 Combinaciones	109
3.3.12 Desplazamientos.....	110
3.3.13 Dimensiones, coeficientes de empotramiento y coeficientes de pandeo para cada planta.....	112
3.3.14 Materiales utilizados	112
3.3.15 Hormigones	112
3.3.16 Aceros por elemento y posición	112
3.3.16.1 Aceros en barras.....	112
3.3.16.2 Aceros en perfiles.....	113
3.3.17 Cuantías de Obra	113
3.3.18 Esfuerzos y armados de columnas	113
3.3.19 Materiales	113
3.3.20 Hormigones	113
3.3.21 Aceros por elemento y posición	114
3.3.21.1 Aceros en barras.....	114
3.3.21.2 Aceros en perfiles.....	114
3.3.22 Armado de columnas y tabiques	114
3.3.23 Columnas.....	114
3.3.24 Listado de medición de columnas	117
3.3.25 Desplazamiento de columnas	117
3.3.26 Justificación de la acción sísmica.....	118
3.3.27 Sismo.....	118
3.3.28 Norma utilizada: NEC-SE-DS 2014	118
3.3.29 Datos generales de sismo	118
3.3.29.1 Caracterización del emplazamiento	118
3.3.29.2 Sistema estructural	119
3.3.29.3 Estimación del periodo fundamental de la estructura:	119
3.3.30 Parámetros de cálculo.....	119
3.3.30.1 Verificación de la condición de cortante basal: Según norma	119
3.3.30.2 Factores reductores de la inercia (NEC-SE-DS 2014, 6.1.6 b).....	119
3.3.30.3 Direcciones de análisis.....	119
3.3.31 Espectro de cálculo.....	120
3.3.31.1 Espectro elástico de aceleraciones	120
3.3.31.2 Parámetros necesarios para la definición del espectro.....	120

3.3.31.3 Factor de comportamiento / Coeficiente de ductilidad	121
3.3.32 Coeficientes de participación	122
3.3.32.1 Representación de los períodos modales.....	124
3.3.33 Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta.....	124
3.3.34 Corrección por cortante basal.....	125
3.3.34.1 Cortante dinámico CQC.....	125
3.3.34.2 Cortante basal estático.....	126
3.3.34.3 Verificación de la condición de cortante basal	127
3.3.35 Cortante sísmico combinado por planta	128
3.3.36 Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta.....	128
3.3.37 Comprobaciones E.L.U	128
3.3.37.1 Notación (columnas)	129
3.3.38 Columnas.....	130
3.3.38.1 C1	130
3.3.38.2 C2	131
3.3.38.3 C3	132
3.3.38.4 C4	133
3.3.38.5 C5	134
3.3.38.6 C6	135
3.3.38.7 C7	136
3.3.38.8 C8	137
3.4 Diseño estructural manual de zapatas prefabricadas en hormigón.	164
3.4.1 Implementación de una hoja electrónica de cálculo.....	173
CAPÍTULO 4: PROCESOS CONSTRUCTIVOS.....	178
4.1 Unión de la armadura de cubierta – columna.....	178
4.2 Unión de la viga cargadora – columna.....	179
4.3 Unión de la columna – zapata	180
4.4 Sistemas de fabricación.....	180
4.4.1 Equipos y aparatos de izado	181
4.4.2 Proporciones de la mezcla de Hormigón.....	181
4.4.3 Relación Agua – Cemento.....	181

4.4.4	Resistencia a la compresión	182
4.4.5	Aditivos	182
4.4.6	Dosificación y mezclado	182
4.4.7	Almacenamiento del cemento y los materiales adicionales	183
4.4.8	Manejo y almacenamiento de los agregados.....	183
4.4.9	Descarga de los materiales en las mezcladoras	183
4.4.10	Mezcladoras	183
4.5	Prácticas de producción general.....	184
4.5.1	Mantenimiento y limpieza.....	184
4.5.2	Encofrados y equipo para encofrar.....	184
4.5.3	Equipos de manejo	185
4.5.4	Cortado doblado e instalación de armaduras.....	185
4.5.5	Operaciones pre-vertido	185
4.5.5.1	Limpieza de los encofrados.....	185
4.5.5.2	Aplicación del desencofrante	185
4.5.5.3	Colocación de la armadura	186
4.5.5.4	Colocación de artículos empotrados varios.....	187
4.5.6	Colocación del hormigón	187
4.5.7	Deposito del hormigón en los encofrados	188
4.5.8	Compactación del hormigón	188
4.5.9	Curado del hormigón.....	188
4.5.10	Desencofrado de los elementos	188
4.5.10.1	Requisitos Mínimos de Resistencia	188
4.5.10.2	Daños al Producto Durante el Desencofrado.....	189
4.5.10.3	Superficies Encofradas.....	189
4.5.10.4	Inspección Pos-Vertido	189
4.5.11	Reparación del hormigón	189
4.5.11.1	Reparación de defectos menores.....	189
4.5.11.2	Reparación de defectos mayores.....	190
4.5.11.3	Inspección de las reparaciones	190
4.5.12	Marcado, almacenamiento y envío de los productos	190
4.5.12.1	Áreas de almacenamiento	191
4.5.12.2	Almacenamiento de los productos	191
4.5.12.3	Envío de los productos	191

4.5.13 Inspección final 191

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS ECONÓMICO - COMPARATIVO 193

5.1 Análisis comparativo de costos y cronograma del proyecto con prefabricados de concreto e in situ. 193

5.1.1 Análisis del presupuesto 193

5.1.2 Análisis de precios unitarios: 193

5.1.2.1 Materiales 193

5.1.2.2 Mano de obra..... 194

5.1.2.3 Equipos..... 194

5.1.2.4 Transporte y colocación 194

5.1.3 Determinación de la variante óptima del proyecto..... 196

CONCLUSIONES..... 201

RECOMENDACIONES.....203

BIBLIOGRAFÍA..... 204

ANEXOS.....205

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Plano de ubicación del Ecoparque Chaullayacu.....	3
Figura 1. 2 Ubicación del lote 71	4
Figura 1. 3 Zonas sísmicas para propósitos de diseño y valores de zona Z.....	9
Figura 1. 4 Modelación del puente grúa a lo largo de toda la nave industrial	20
Figura 1. 5 Modelación del puente grúa a lo largo de toda la nave industrial	21
Figura 1. 6 Efecto del sismo.....	21
Figura 2. 1 Armadura inglesa (Cercha)	23
Figura 2. 2 Armadura Howen (vigüeta).....	24
Figura 2. 3 DIPANEL DP5 galvalume	24
Figura 2. 4 Especificaciones DIPANEL DP5	25
Figura 2. 5 Distribución de cargas admisibles DIPANEL DP5.....	25
Figura 2. 6 Perfil de la armadura de cubierta (cercha).....	26
Figura 2. 7 Perfil de la armadura de cubierta (vigüeta).....	26
Figura 2. 8 Modelado armadura de cubierta en CYPE 3D	29
Figura 2. 9 Selección de normas en CYPE 3D	30
Figura 2. 10 Requisitos para el diseño en CYPE 3D	30
Figura 2. 11 Espectro de Cálculo en CYPE 3D	31
Figura 2. 12 Hipótesis adicionales en CYPE 3D	31
Figura 2. 13 Dimensión de la sección de los perfiles.....	32
Figura 2. 14 Dimensión de la sección de los perfiles.....	33
Figura 2. 15 Dimensión de la sección de los perfiles.....	33
Figura 2. 16 Dimensión de la sección de la varilla d=12mm.....	34
Figura 2. 17 Dimensión de la sección de la varilla d=14mm.....	34
Figura 2. 18 Armadura metálica (cercha).	35
Figura 2. 19 Armadura metálica (vigüeta).	35
Figura 2. 20 Vinculación Armadura metálica	36
Figura 2. 21 Estructura de cubierta (vista lateral)	36
Figura 2. 22 Estructura de cubierta (vista frontal)	37
Figura 2. 23 Estructura de cubierta con cobertura	37
Figura 2. 24 Esfuerzo (Flecha xz).....	38
Figura 2. 25 Esfuerzo (Flecha xy).....	39

Figura 2. 26 Esfuerzo (Flecha xz).....	39
Figura 2. 27 Esfuerzo (Flecha).....	40
Figura 2. 28 Viga tipo I.....	42
Figura 2. 29 Dimensiones viga I-105 Catalogo (C-RFV).....	42
Figura 2. 30 Dimensiones viga I-105 Catalogo (C-RFV).....	43
Figura 2. 31 Carga distribuida peso propio viga pretensada.....	44
Figura 2. 32 Cargas Puente Grúa	44
Figura 2. 33 Cargas actuantes viga pretensada de hormigón.....	45
Figura 2. 34 Diagrama de fuerza cortante viga pretensada de hormigón.....	46
Figura 2. 35 Diagrama de momentos máximos viga pretensada de hormigón	48
Figura 2. 36 Cargas actuantes viga pretensada de hormigón.....	48
Figura 2. 37 Diagrama de fuerza cortante viga pretensada de hormigón.....	49
Figura 2. 38 Viga Cargadora Pretensada.....	49
Figura 2 39 Columnas prefabricadas de hormigón corte (planta).....	51
Figura 2. 40 Columna prefabricada de hormigón corte (planta-frontal).....	51
Figura 2. 41 Columna prefabricada de hormigón corte (frontal-lateral).....	52
Figura 2. 42 Selección de normas CYPECAD	53
Figura 2. 43 Requisitos para el diseño en CYPE	53
Figura 2. 44 Espectro de Cálculo en CYPECAD.....	54
Figura 2. 45 Hipótesis adicionales en CYPECAD.....	54
Figura 2. 46 Cuadro de columnas en CYPECAD (armado)	55
Figura 2. 47 Sección de columna CYPECAD (armado 0-1,7m)	56
Figura 2. 48 Sección de columna CYPECAD (armado 1,7-8,3m)	56
Figura 2. 49 Sección de columna CYPECAD (armado 8,3-10m)	57
Figura 2. 50 Acero de columnas prefabricadas.....	57
Figura 2. 51 Modelado 3D en CYPECAD.....	58
Figura 2. 52 Deformación de columnas en CYPECAD (peso propio)	59
Figura 2. 53 Deformación de columnas en CYPECAD (cargas adicionales).....	60
Figura 2. 54 Deformación de columnas en CYPECAD (sismo).....	60
Figura 2. 55 Zapatas medianeras prefabricadas de hormigón corte (planta)	62
Figura 2. 56 Zapatas medianeras prefabricadas de hormigón corte (frontal)	62
Figura 2.57 Zapatas medianeras prefabricadas de hormigón corte (lateral)	63
Figura 2.58 Zapatas medianeras prefabricadas de hormigón corte (planta)	63
Figura 2.59 Selección de normas CYPECAD	64

Figura 2.60 Requisitos para el diseño en CYPECAD.....	64
Figura 2.61 Espectro de cálculo	65
Figura 2.62 Hipótesis adicionales (cargas especiales)	65
Figura 2.63 Modelación zapata medianera en 3D (lateral)	66
Figura 2.64 Modelación zapata medianera en 3D (frontal)	66
Figura 2.65 Modelación zapata medianera en 3D.....	67
Figura 2.66 Modelación en 3D.....	67
Figura 3.1 Espectro elástico.....	89
Figura 3.2 Espectro de diseño de aceleraciones (x-y).....	91
Figura 3.3 Periodos modales (espectro de diseño).....	93
Figura 3. 4 Dimensiones de viga tipo I	94
Figura 3.5 Espectro elástico de aceleraciones.....	120
Figura 3.6 Espectro de cálculo	122
Figura 3.7 Periodos modales	124
Figura 3.8 Comprobación (columna 1)	130
Figura 3.9 Comprobación (columna 2)	131
Figura 3.10 Comprobación (columna 3)	132
Figura 3.11 Comprobación (columna 4)	133
Figura 3.12 Comprobación (columna 5)	134
Figura 3.13 Comprobación (columna 6)	135
Figura 3.14 Comprobación (columna 7)	136
Figura 3.15 Combinación (columna 8)	137
Figura 3.16 Dimensión de zapatas medianeras (frontal).....	164
Figura 3.17 Dimensión de zapatas medianeras (lateral)	164
Figura 3.18 Zapata en punzonamiento	168
Figura 3. 19 Cortante unidireccional.....	169
Figura 3.20 Cortante unidireccional.....	170
Figura 3.21 Momento zapata medianera.....	171
Figura 3.22 Momento zapata medianera.....	172
Figura 4.1 Esquema del marco transversal	178
Figura 4.2 Momento de apoyo en un marco	178
Figura 4.3 Acoplamiento rígido de la armadura a la columna.....	179
Figura 4.4 Detalle de la unión viga -columna	179
Figura 4.5 Detalle de la unión columna – zapata tipo vaso	180

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	9
Tabla 1. 2 Clasificación de los perfiles de suelo.....	10
Tabla 1. 3 Tipo de suelo y Factores de sitio Fa.....	11
Tabla 1. 4 Tipo de suelo y factores del comportamiento inelástico del subsuelo Fs .	12
Tabla 1. 5 Tipo de suelo y Factores de sitio Fd	12
Tabla 1. 6 Tipo de uso, destino e importancia de la estructura.....	13
Tabla 1. 7 Coeficiente Ct en dependencia del tipo de estructura.....	15
Tabla 1. 8 Coeficiente de reducción de respuesta estructural R	16
Tabla 1. 9 Coeficientes de irregularidad en planta.....	17
Tabla 1. 10 Coeficientes de irregularidad en elevación	18
Tabla 2.1 Especificaciones de los Perfiles	27
Tabla 2.2 Superficie de los Perfiles.....	27
Tabla 2.3 Características mecánicas de los perfiles	27
Tabla 2.4 Especificaciones de los materiales utilizados	28
Tabla 2.5 Dimensiones viga I-105 Catalogo (C-RFV)	43
Tabla 2.6 Dimensiones columna prefabricada de hormigón.....	52
Tabla 3.1 Estado limite (AISI-ASCE).....	68
Tabla 3.2 Estado límite a utilizar, [1] (ASCE/SEI 7-05)	69
Tabla 3.3 Estado límite a utilizar, [2 Lr] (ASCE/SEI 7-05).....	70
Tabla 3.4 Estado límite a utilizar, [2 S] (ASCE/SEI 7-05)	70
Tabla 3.5 Estado límite a utilizar, [3 Lr, L] (ASCE/SEI 7-05)	70
Tabla 3.6 Estado límite a utilizar, [3 S, L] (ASCE/SEI 7-05).....	71
Tabla 3.7 Estado límite a utilizar, [3 Lr, W] (ASCE/SEI 7-05).....	71
Tabla 3.8 Estado límite a utilizar, [3 S, W] (ASCE/SEI 7-05)	72
Tabla 3.9 Estado límite a utilizar, [4 Lr] (ASCE/SEI 7-05).....	72
Tabla 3.10 Estado límite a utilizar, [4 S] (ASCE/SEI 7-05)	72
Tabla 3.11 Estado límite a utilizar, [5] (ASCE/SEI 7-05)	73
Tabla 3.12 Estado límite a utilizar, [6] (ASCE/SEI 7-05)	73
Tabla 3.13 Estado límite a utilizar, [7] (ASCE/SEI 7-05)	73
Tabla 3.14 Estado límite a utilizar, [1] (ASCE/SEI 7-10)	74

Tabla 3.15 Estado límite a utilizar, [2 Lr] (ASCE/SEI 7-10).....	74
Tabla 3.16 Estado límite a utilizar, [2 S] (ASCE/SEI 7-10).....	75
Tabla 3.17 Estado límite a utilizar, [3 Lr, L] (ASCE/SEI 7-10).....	75
Tabla 3.18 Estado límite a utilizar, [3 S, L] (ASCE/SEI 7-10).....	75
Tabla 3.19 Estado límite a utilizar, [3 Lr, W] (ASCE/SEI 7-10).....	76
Tabla 3.20 Estado límite a utilizar, [3 S, W] (ASCE/SEI 7-10).....	76
Tabla 3.21 Estado límite a utilizar, [4 Lr] (ASCE/SEI 7-10).....	76
Tabla 3.22 Estado límite a utilizar, [4 S] (ASCE/SEI 7-10).....	77
Tabla 3.23 Estado límite a utilizar, [5] (ASCE/SEI 7-10).....	77
Tabla 3.24 Estado límite a utilizar, [6] (ASCE/SEI 7-10).....	77
Tabla 3.25 Estado límite a utilizar, [7] (ASCE/SEI 7-10).....	78
Tabla 3.26 Acciones variables sin sismo.....	78
Tabla 3.27 Acciones variables con sismo.....	79
Tabla 3. 28 Combinaciones (PP, CM1, Q1, N1, SX, SY).....	79
Tabla 3.29 Desplazamientos (PP, CM1, Q1, N1, SX, SY).....	80
Tabla 3.30 Desplazamientos y giros en nudos.....	83
Tabla 3.31 Módulos del material.....	83
Tabla 3.32 Especificaciones del material.....	84
Tabla 3.33 Características mecánicas.....	85
Tabla 3.34 Tabla de cómputo.....	85
Tabla 3.35 Resumen de cómputo.....	86
Tabla 3.36 Superficie a pintar.....	86
Tabla 3.37 Cargas en barras.....	88
Tabla 3.38 Coeficientes de participación.....	91
Tabla 3.39 Hipótesis sismo (X1 – Y1).....	93
Tabla 3. 40 Dimensiones de viga tipo I.....	94
Tabla 3. 41 Conceptos y valores de esfuerzo.....	95
Tabla 3. 42 Valores de γ_p	95
Tabla 3.43 Cargas permanentes columna.....	103
Tabla 3.44 Hipótesis de carga columna.....	105
Tabla 3.45 Estados límite columna.....	105
Tabla 3.46 Estado límite coeficiente, [1] (ASCE/SEI 7-10).....	106
Tabla 3.47 Estado límite coeficiente, [2 Lr] (ASCE/SEI 7-10).....	106
Tabla 3.48 Estado límite coeficiente, [2 S] (ASCE/SEI 7-10).....	107

Tabla 3.49 Estado límite coeficiente, [3 Lr, L] (ASCE/SEI 7-10).....	107
Tabla 3.50 Estado límite coeficiente, [3 S, L] (ASCE/SEI 7-10)	107
Tabla 3.51 Estado límite coeficiente, [5] (ASCE/SEI 7-10).....	107
Tabla 3.52 Estado límite coeficiente, [6] (ASCE/SEI 7-10).....	108
Tabla 3.53 Estado límite coeficiente, [7] (ASCE/SEI 7-10).....	108
Tabla 3.54 Acciones variables sin sismo	108
Tabla 3.55 Acciones variables con sismo	108
Tabla 3.56 Combinaciones columna	109
Tabla 3.57 Desplazamientos	111
Tabla 3.58 Dimensiones y coeficientes columna.....	112
Tabla 3.59 Materiales utilizados (hormigón).....	112
Tabla 3.60 Materiales utilizados (acero en barras)	112
Tabla 3.61 Materiales utilizados (acero en perfiles)	113
Tabla 3.62 Cuantías de obra.....	113
Tabla 3.63 Esfuerzo y armado hormigón.....	113
Tabla 3.64 Esfuerzo y armado acero en barras	114
Tabla 3.65 Esfuerzo y armado acero en perfiles.....	114
Tabla 3.66 Armado de pilares	114
Tabla 3.67 Listado de medición columnas.....	117
Tabla 3.68 Desplazamiento columnas (situaciones persistentes o transitorias).....	117
Tabla 3.69 Desplazamiento columnas (situaciones sísmicas).....	118
Tabla 3.70 Coeficientes de participación	122
Tabla 3.71 Hipótesis sismo	124
Tabla 3.72 Centro de masas, rigidez y excentricidades	124
Tabla 3.73 Cortante dinámico CQC.....	125
Tabla 3.74 Cortante basal dinámico (sismo y1).....	125
Tabla 3.75 Carga permanente y fracción de sobrecarga	127
Tabla 3.76 Verificación cortante basal.....	127
Tabla 3.77 Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta (sismo x1).....	128
Tabla 3.78 Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta (sismo x1).....	128
Tabla 5.1 Tabla comparativa entre variantes de hormigón prefabricado e in situ ...	194
Tabla 5.2 Peso de factores relevantes	196

Tabla 5.3 Aspectos tecnológicos (materiales).....	197
Tabla 5.4 Aspectos tecnológicos (Mano de obra).....	197
Tabla 5.5 Aspectos tecnológicos (Maquinaria).....	197
Tabla 5.6 Aspectos económicos (Valor de la obra)	198
Tabla 5.7 Aspectos económicos (Tiempo de ejecución).....	198
Tabla 5.8 Aspectos de calidad (Inspección y control)	198
Tabla 5.9 Matriz factor relevante	199

ÍNDICE DE ANEXOS (VER CD)

Anexo 1. Polígono Industrial Ecoparque Chaullayacu

Anexo 2. Ordenanza

Anexo 3. Catálogo DIPAC

Anexo 4. Catálogo E.M.H (Puente Grúa)

Anexo 5. Desplazamientos y giros en nudos (cubierta)

Anexo 6. Especificaciones del material (cubierta)

Anexo 7. Tabla de cómputo (cubierta)

Anexo 8. Cargas en barras (cubierta)

Anexo 9. Coeficientes de participación (cubierta)

Anexo 10. Cotizaciones

Anexo 11. Planos Nave Industrial

DISEÑO ESTRUCTURAL CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON PUENTE GRUA

RESUMEN

En este proyecto se busca plantear un diseño estructural en elementos prefabricados usados en estos últimos años en nuestro medio, con el fin que nos brinden las características técnicas adecuadas para la construcción de una nave industrial con puente grúa. Para realizar el análisis estructural y obtener las solicitaciones actuantes en la nave industrial, y calcular y diseñar los elementos estructurales se utilizó el software CYPECAD. Además del desarrollo de una descripción detallada de los procesos constructivos, costos y cronogramas para este método constructivo.

Palabras Clave: diseño estructural, prefabricados, puente grúa, análisis, solicitaciones.



Vladimir Eugenio Carrasco Castro
Director del Trabajo de Titulación



Paúl Cornelio Cordero Díaz
Director de Escuela



Esteban Alejandro Espinoza Quezada



Pedro David Rodríguez Fernández

Autores

STRUCTURAL DESIGN OF A BRIDGE CRANE INDUSTRIAL PLANT WITH PREFABRICATED ELEMENTS

ABSTRACT

The aim of this project is to propose a structural design in prefabricated elements used in recent years in our area, in order to obtain the appropriate technical characteristics for the construction of an industrial plant with a Bridge Crane. CYPECAD analysis and design software was used to perform the structural analysis, obtain the operating requests in the industrial plant, and calculate and design the structural elements, as well to developing of a detailed description of the construction processes, costs and schedules for this construction method.

Keywords: Structural Design, Prefabricated, Bridge Crane, Analysis, Requests



Vladimir Eugenio Carrasco Castro
Thesis Director



Paúl Cornelio Cordero Díaz
School Director

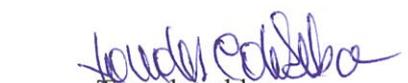


Esteban Alejandro Espinoza Quezada



Pedro David Rodríguez Fernández

Authors



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Esteban Alejandro Espinoza Quesada
Pedro David Rodríguez Fernández
Trabajo de Titulación
Ing. Vladimir Eugenio Carrasco Castro.
Enero, 2017

DISEÑO ESTRUCTURAL CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON PUENTE GRÚA

INTRODUCCIÓN

En el transcurso de la carrera universitaria de Ingeniería Civil, se adquirió el conocimiento de todas las materias que nos ha permitido formarnos como ingenieros, el mismo que guiará para resolver problemas que surjan en la vida diaria como el desarrollo de nuevas industrias que ayudarán al progreso del país. Conforme al aumento poblacional que ha sufrido la ciudad de Cuenca, se conoce que en el sector del Parque Industrial existe una saturación de empresas, donde las condiciones de espacio determinan en su totalidad el desarrollo de nuevas industrias. Con esta deducción nace la angustia de encontrar nuevas zonas para su desarrollo.

En la actualidad la construcción trata de optimizar de la mejor manera el tiempo y la economía a emplearse, es así que la industria de los prefabricados se ha convertido en una opción viable. Por ello nace la necesidad de tener conocimientos básicos de los sistemas constructivos prefabricados que servirán en el desarrollo del diseño.

Además, en este trabajo se desarrollará un análisis de los sistemas constructivos prefabricados, que permitirá brindar diferentes alternativas para la provincia y servirá como guía de recursos estructurales y arquitectónicos.

Algunas de las ventajas de los sistemas prefabricados con respecto al hormigón realizado en obra, son: un mejor comportamiento ante cargas de servicio por el

control del agrietamiento y la deflexión (Debido al pretensado más que al prefabricado) , uso adecuado de materiales de alta resistencia, mayor control de calidad, mayor rapidez de construcción. Así como el hormigón prefabricado presenta ventajas, existen algunas desventajas como el encarecimiento del costo por el transporte, se requiere de un diseño especializado de conexiones, uniones y apoyos.

CAPÍTULO 1

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO

1.1 Emplazamiento

El lugar elegido para el emplazamiento de la nave industrial será en el Ecoparque Chaullayacu al sur de la ciudad de Cuenca en el sector Zhucay dentro de la parroquia Tarqui. El terreno tiene una extensión total de 72 hectáreas donde las medianas y pequeñas industrias podrán acceder a un lote de aproximadamente 1200m².

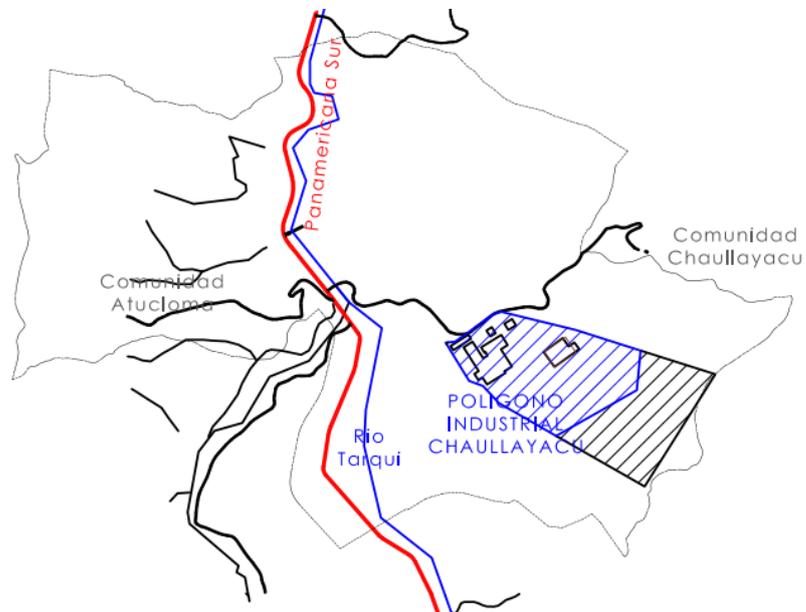


Figura 1. 1 Plano de ubicación del Ecoparque Chaullayacu.
Fuente: Plano del Municipio de Cuenca.

El lote a utilizar en este proyecto será el # 71 que se encuentra ubicado en el sector 3 (ver anexo 1), Manzana P con una superficie de 1.000.00 m² en el cual se emplazará la nave industrial que debe cumplir con la ordenanza para el uso y ocupación del suelo y re lotización (ver anexo 2), del polígono industrial Ecoparque Chaullayacu que para este lote establece los siguientes retiros:

Frontal 8m

Lateral 3m

Posterior 3m

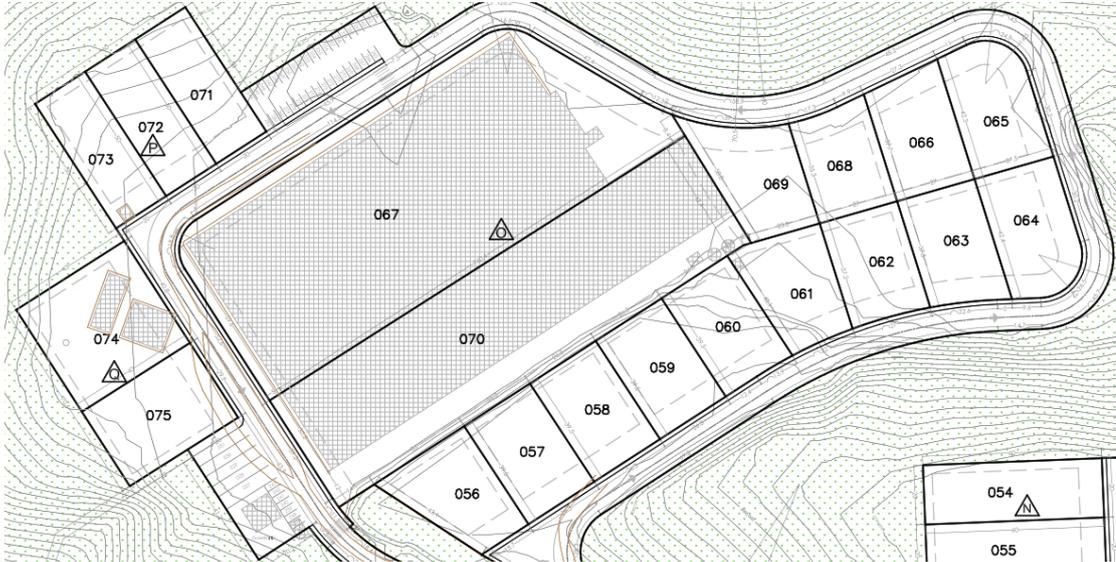


Figura 1. 2 Ubicación del lote 71
Fuente: Plano del Municipio de Cuenca

1.2 Características generales del proyecto

El proyecto consiste en el diseño estructural de una nave industrial con las siguientes características, 17m de luz y 39 m de longitud con 13 m de intercolumnio y una altura libre de 10 m, la cubierta será a dos aguas con una pendiente de 10% cada una, se armará la cubierta con perfilaría presentada en el catálogo DIPAC (ver anexo 3).

La nave industrial cuenta con un puente grúa con una capacidad de carga de 10 Ton este puente grúa será tomado del catálogo de E.M.H. (ver anexo 4) el cual podrá moverse en el sentido longitudinal a través de sus ruedas en cada extremo. Esta grúa puede recorrer en el sentido transversal para así facilitar el izaje de elementos pesados que se necesite en cualquier parte dentro de la nave industrial.

El puente grúa se desplazará a lo largo de las vigas cargadoras tipo I las cuales se apoyan en las ménsulas que se encuentran empotradas a una altura de 10.25m de las columnas.

La modelación del pórtico se realizará en el programa CYPE en el cual se tomará en cuenta el sismo debido a la ubicación geográfica seleccionada Cuenca- Ecuador, siendo este programa el principal medio para la estimación de los esfuerzos.

1.3 Cargas

Una estructura debe ser construida para soportar todas las cargas a las que pueda estar previsiblemente expuesta a lo largo de su vida útil, es por eso que la estimación precisa de las cargas a aplicarse es una de las tareas más importantes y difícil que enfrenta un proyectista.

Por lo tanto no se puede dejar de considerar las cargas que pueden presentarse con cierta probabilidad razonable en algún momento de la vida útil de la estructura. Una vez estimada las cargas el siguiente paso consiste en determinar cuál será la peor combinación de estas que pueda ocurrir en un momento dado.

1.3.1 Carga muerta

Las cargas muertas que debe soportar una estructura son cargas de magnitud constante que permanecen en un mismo lugar, constan del peso propio de la estructura y de otras cargas que están permanentemente unidas a ella dependiendo del tipo de estructura y la ocupación que esta vaya a tener.

Es por eso que para diseñar una estructura es necesario estimar los pesos o cargas muertas que influyen en los elementos para considerarlos en el diseño. Los pesos y tamaños exactos de las partes no se conocen hasta que se ha hecho el análisis estructural y se ha procedido con la selección de los elementos para la estructura. De aquí que los pesos obtenidos en el diseño deben ser comparados con los pesos estimados.

1.3.2 Carga viva

Se llama cargas vivas a todas aquellas cargas que puedan variar en magnitud y posición con el tiempo. Estas pueden incluir cargas de ocupantes, cargas de materiales de construcción, cargas de grúas, cargas de equipo en operación, nieve, viento, etcétera. Se encuentran especificadas por el código de la construcción propio de cada país en el cual se vaya a emplazar la estructura.

1.3.3 Carga de granizo

Estas cargas son ocasionales pero considerables debido a que puede llegar a acumularse peligrosamente en sectores aislados causando efectos de flexión sobre las láminas de galvalume de la cubierta, pudiendo causar la falla de la estructura en los miembros más débiles es por esto que se tiene que diseñar la cubierta de tal manera que cada área de la misma pueda soportar la carga de granizo que se acumule sobre ella.

1.3.4 Carga sísmica

Muchas zonas del mundo se encuentran en territorio sísmico por lo que es necesario considerar las fuerzas sísmicas en el diseño de todos los tipos de estructuras. El Código Ecuatoriano de la Construcción considera requisitos mínimos para el cálculo y diseño de una estructura, con el fin de resistir eventos de origen sísmico.

Dichos requisitos se basan principalmente en el comportamiento dinámico de estructuras de edificación. En el caso de estructuras distintas a las de edificación, tales como reservorios, tanques, torres de transmisión, tuberías, presas, estructuras hidráulicas, puentes etc., se deberán aplicar consideraciones adicionales especiales que complemente a los requisitos mínimos que constan en el reglamento.

1.3.5 Factores y combinaciones de carga

A continuación se presenta los factores que serán utilizados para incrementar los valores de carga considerados, de manera que se tomen en cuenta las incertidumbres implicadas al estimar las magnitudes.

1. $U = 1,4D$
2. $U = 1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$
3. $U = 1,2D + 1,6(L_r \text{ o } S \text{ o } R) + (1,0 L \text{ ó } 0,5w)$
4. $U = 1,2D + 1,0W + 1,0 L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$
5. $U = 1,2D + 1,0E + 1,0L + 0,2S$
6. $U = 0,9D + 1,0 W$

Donde:

U = Carga última

D = Efecto de las cargas muertas de servicio

L = Efecto de las cargas vivas de servicio

L_r = Efecto de las cargas vivas de servicio del techo

S = Efecto de las cargas de servicio por nieve

R = Efecto de las cargas de servicio por lluvia

W = Efecto de la carga por viento

1.4 Norma Ecuatoriana de la Construcción

Las especificaciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción tienen que ser consideradas como los requisitos mínimos a ser aplicados para el cálculo y diseño de una estructura con el fin de resistir eventos de origen sísmico, tales requisitos principalmente se basan en el comportamiento dinámico de estructuras de edificación.

En el caso de estructuras diferentes a las de edificación, tales como tanques, reservorios, puentes, muelles, estructuras hidráulicas, torres, presas, tuberías, etc. Cuyo comportamiento dinámico es diferente al de las estructuras de edificación, se tendrá que aplicar consideraciones adicionales especiales que complementen a los requisitos mínimos que constan en el presente reglamento.

La norma Ecuatoriana de la construcción detalla los siguientes requisitos con los cuales se realiza un adecuado diseño sismo resistente que cumplan con las siguientes filosofías:

- Prevenir daños en elementos no estructurales y estructurales ante terremotos pequeños, que puedan ocurrir frecuentemente durante la vida útil de la estructura.
- Prevenir daños estructurales graves y poder controlar daños no estructurales ante terremotos moderados y poco frecuentes, que pueden ocurrir a lo largo de la vida útil de la estructura.

- Evitar el colapso ante terremotos severos que puedan ocurrir rara vez durante la vida útil de la estructura, procurando salvaguardar la vida de las personas que estén en la estructura.

1.4.1 Bases de diseño

Se determina los procedimientos y requisitos de este código teniendo en cuenta la zona sísmica del Ecuador en donde se vaya a construir la estructura, las características del suelo del lugar donde se emplazará, el tipo de uso, importancia y destino de la estructura. Deberán diseñarse para una resistencia tal que puedan soportar los desplazamientos laterales inducidos por el sismo de diseño, considerando la respuesta inelástica, la redundancia, la sobre resistencia estructural inherente y la ductilidad de la estructura. La resistencia mínima de diseño para todas las estructuras deberá basarse en las fuerzas sísmicas de diseño establecidas en este código.

1.4.1.1 Zona sísmica y factor de zona Z

El valor del factor de zona Z donde se construirá la estructura determinará una de las seis zonas sísmicas del Ecuador, descrito en la figura 1.3.

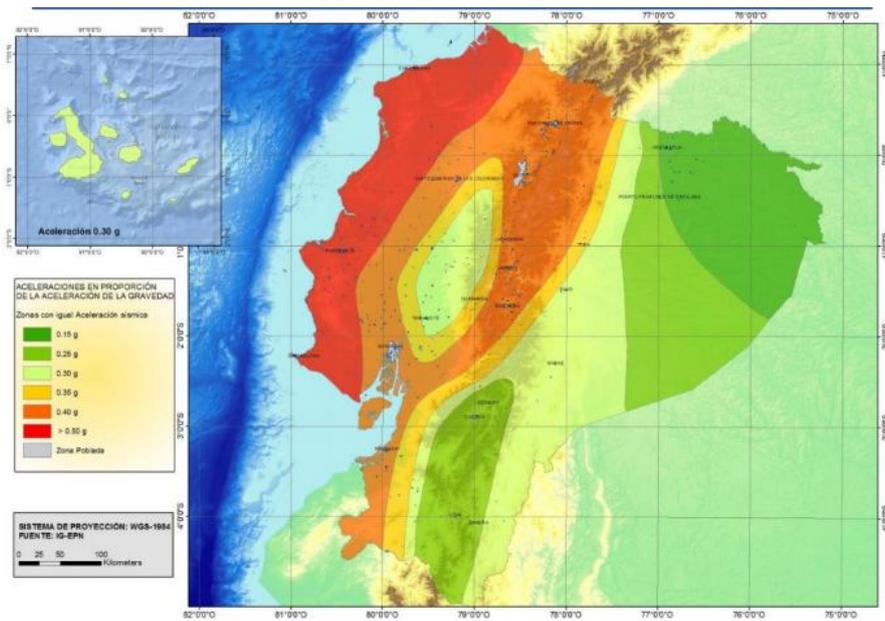


Figura 1. 3 Zonas sísmicas para propósitos de diseño y valores de zona Z

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Al encontrarse identificada la zona sísmica correspondiente, se procede a adoptar el valor del factor Z, según la tabla 1.1.

En donde el valor de Z de cada zona representa la aceleración máxima efectiva en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad.

Tabla 1. 1 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Por lo tanto para la ciudad de Cuenca, la Norma Ecuatoriana de la construcción establece el siguiente factor:

$$Z = 0.25$$

1.4.1.2 Geología local y tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico

Las condiciones geotécnicas de los perfiles de suelo se las clasifica de acuerdo con las propiedades mecánicas del sitio, los espesores de los estratos y la velocidad de propagación de las ondas de corte.

Se definen los tipos de perfil de suelo los cuales se presenta en la tabla 1.2.

Tabla 1. 2 Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s $> V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s $> V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ KPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s $> V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ 100 kPa $> S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

1.4.1.3 Coeficientes de perfil de suelo F_a , F_d y F_S

El coeficiente de amplificación dinámica de perfiles de suelo F_a se encuentra dado por la siguiente tabla, en la cual se puede obtener los valores del coeficiente que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para

diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio (NEC-14, Peligro Sísmico y Requisitos de Diseño Sísmico Resistente, 2014)

Tabla 1. 3 Tipo de suelo y Factores de sitio F_a

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.5	1.39	1.26	1.14	0.97

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Por lo tanto :

Tipo de suelo: D

$$Z = 0.25$$

$$F_a = 1.4$$

T_c (Período de vibración), está dado por la siguiente expresión:

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

Donde:

El coeficiente F_s considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que dependiendo de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para espectros de aceleraciones y desplazamientos. (NEC-14, Peligro Sísmico y Requisitos de Diseño Sísmico Resistente, 2014)

Tabla 1. 4 Tipo de suelo y factores del comportamiento inelástico del subsuelo F_s

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	1	1.1	1.2	1.25	1.3	1.45
D	1.2	1.25	1.3	1.4	1.5	1.65
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Por lo tanto:

Tipo de suelo: D

$$Z = 0.25$$

$$F_s = 1.25$$

El coeficiente F_d esta dado por la siguiente tabla, es el que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

Tabla 1. 5 Tipo de suelo y Factores de sitio F_d

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.6	1.5	1.4	1.35	1.3	1.25
D	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Por lo tanto:

Tipo de suelo: D

$$Z = 0.25$$

$$F_d = 1.7$$

Aplicando la expresión del período de vibración T_c se tiene:

$$T_c = 0.55 * 1.25 \frac{1.7}{1.4}$$

$$T_c = 0.835$$

1.4.1.4 Categoría y coeficiente de importancia I

La estructura a construirse se clasificará en una de las categorías y adoptará el correspondiente factor de importancia que se establece en la siguiente tabla 1.6.

Tabla 1. 6 Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coefficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

1.4.2 Cortante basal de diseño

El cortante basal de diseño V a ser aplicado a una estructura en una dirección dada se determina mediante la expresión:

$$V = \frac{IS_a(T_a)}{R \phi_p \phi_e} W$$

Dónde:

$S_a(T_a)$ Espectro de diseño en aceleración

$\phi_p \phi_e$ Coeficientes de configuración en planta y elevación

I: Coeficiente de importancia

R: Factor de reducción de resistencia sísmica

V: Cortante basal total de diseño

W: Carga sísmica reactiva

T_a : Período de vibración

a) Carga sísmica reactiva W

La carga W representa la carga reactiva por sismo, y es igual a la carga muerta total de la estructura más un 25% de la carga viva de piso (NEC-14, Peligro Sísmico y Requisitos de Diseño Sismo Resistente, 2014).

b) Aceleración espectral S_a

Aceleración espectral S_a , el espectro de respuesta elástico es expresado como fracción de la aceleración de la gravedad S_a , para el nivel del sismo de diseño consiste con el factor de zona sísmica Z, el tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura y considerando los valores de los coeficientes de amplificación del suelo.

Dicho espectro obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico de 5%, se obtiene mediante las siguientes ecuaciones, válidas para períodos de vibración estructural T perteneciente a 2 rangos: (NEC-14, Peligro Sísmico y Requisitos de Diseño Sismo Resistente, 2014).

$$S_a = \eta Z F_a \quad \text{Para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r \quad \text{Para } T > T_c$$

c) Determinación del período de vibración T_a

Para cada dirección principal el período de vibración de la estructura T se estima mediante el siguiente método dado por la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

$$T_a = C_t h_n^\alpha$$

Dónde:

h_n : Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la basa de la estructura (m)

T_a : Período de vibración

C_t : Coeficiente que depende del tipo de edificio

Para:

Tabla 1. 7 Coeficiente C_t en dependencia del tipo de estructura

Tipo de estructura	C_t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.047	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.049	0.75

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

d) Factor de reducción de resistencia sísmica R

El factor de respuesta estructural R, esta definido por el sistema estructural a utilizarse en la edificación obtenidos de la siguiente tabla.

Tabla 1. 8 Coeficiente de reducción de respuesta estructural R

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).	8
Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	8
Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5
Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada	R
Pórticos resistentes a momento	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM , limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.	3
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM con armadura electrosoldada de alta resistencia	2.5
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	2.5
Muros estructurales portantes	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3

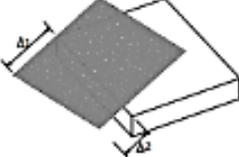
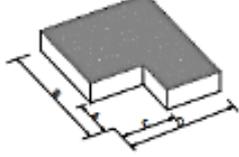
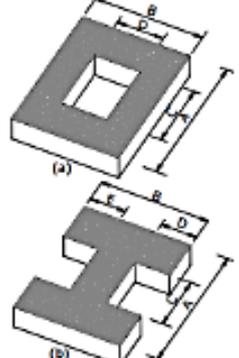
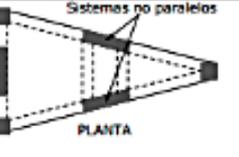
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

e) Coeficientes de configuración en planta y elevación

El factor de reducción estructural en planta ϕ_p , se estima a partir del análisis de las características de regularidad e irregularidad en plantas de la estructura, que se obtiene en la siguiente tabla 1.9.

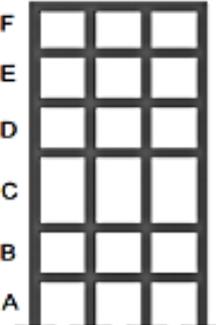
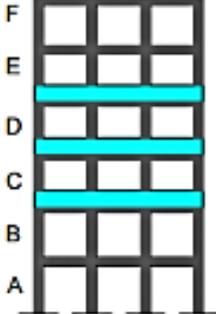
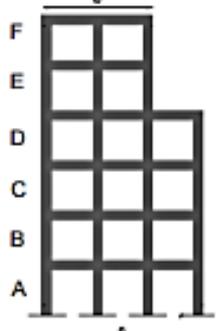
El factor de reducción estructural en planta ϕ_e , se estima a partir del análisis de las características de regularidad e irregularidad en elevación de la estructura, que se obtiene en la siguiente tabla 1.10.

Tabla 1. 9 Coeficientes de irregularidad en planta

<p>Tipo 1 - Irregularidad torsional $\phi_p=0.9$ $\Delta > 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}$ Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	
<p>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas $\phi_p=0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$ La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p>Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso $\phi_p=0.9$ a) $CxD > 0.5AxB$ b) $[Cx D + CxE] > 0.5AxB$ La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos $\phi_p=0.9$ La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Tabla 1. 10 Coeficientes de irregularidad en elevación

<p>Tipo 1 - Piso flexible $\phi_F=0.9$ Rigidez $K_c < 0.70$ Rigidez K_D $Rigidez < 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p>Tipo 2 - Distribución de masa $\phi_F=0.9$ $m_D > 1.50 m_E$ ó $m_D > 1.50 m_C$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p>Tipo 3 - Irregularidad geométrica $\phi_F=0.9$ $a > 1.3 b$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

1.5 Modelación de la nave industrial

El entramado de la nave industrial es la estructura portante fundamental que aguantará la carga del peso de las construcciones de protección de esa edificación, las cargas atmosféricas, las de la grúa y en algunos casos las cargas debidas al equipo tecnológico y las áreas de trabajo.

La nave industrial que se llega a modelar y a diseñar debe llenar los requisitos de explotación:

- Tiene que ser resistente
- Estable
- Debe tener la requerida rigidez espacial
- Debe ser funcional para los procesos de trabajo que se lleven a cabo

La elección de un método constructivo para una nave industrial depende de una serie de criterios entre los más importantes son: el costo, las cargas de las grúas, el régimen de trabajo de las grúas y del taller en general, la altura del taller y las cargas.

En concordancia con lo dicho las naves industriales se pueden dividir en tres grupos:

- Ligeros
- De media potencia
- Pesados

Lo que nos lleva como regla que en las naves industriales con grúas de régimen pesado y muy pesado la producción es continua y la reparación de las grúas se realiza sin parar el proceso de producción siendo estos algunos requisitos constructivos más duros.

Es fundamental el conocimiento del tipo de sistema y materiales que tendrá cada elemento estructural, pues con ello se utilizará un proceso óptimo para la obtención de la estructura más adecuada. A continuación se detalla conceptos básicos, el análisis y diseño de los principales elementos estructurales de la nave industrial:

- Armadura de Cubierta
- Vigas Cargadoras Prefabricada Pretensada
- Columnas prefabricadas
- Cimientos prefabricados

En la modelación de la nave industrial para obtener los mayores momentos y cortantes que pueda llegar a tener la viga cargadora se procedió a realizar un proceso de modelación con el puente grúa, con su carga en un extremo a 1,20 m a lo largo de

toda la nave industrial para así poder tener las peores condiciones a la cual la estructura será sometida en su vida útil garantizando con esto el cálculo de todos los elementos estructurales que conforman la nave industrial.

Es importante mencionar algunos de los aspectos considerados dentro de la modelación:

- Se consideró como empotramiento las uniones entre cubierta -columna, viga cargadora – columna y columna- zapatas.
- Se despreció la carga que pueda llegar a tener por el efecto del viento.
- La fuerza de frenado tanto transversal como longitudinal del puente grúa se despreció debido a que la modelación con sismo es mayor a estas fuerzas que se puedan producir.

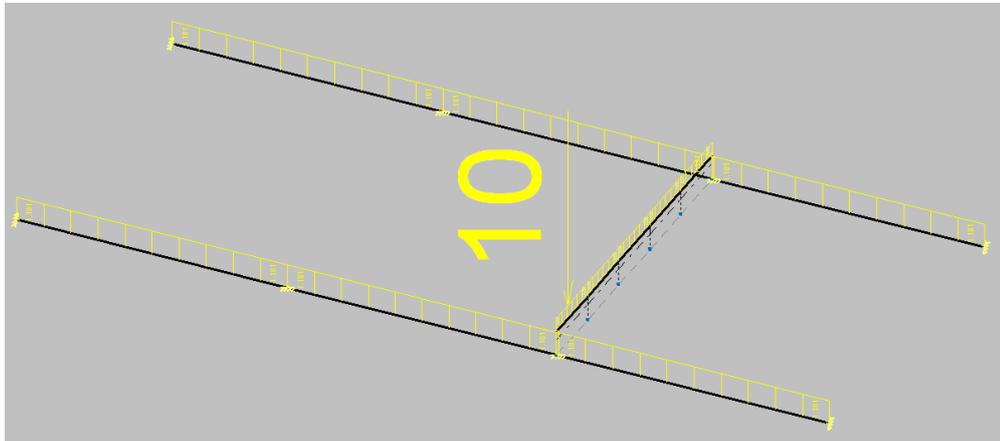


Figura 1. 4 Modelación del puente grúa a lo largo de toda la nave industrial.
Fuente: CYPECAD.

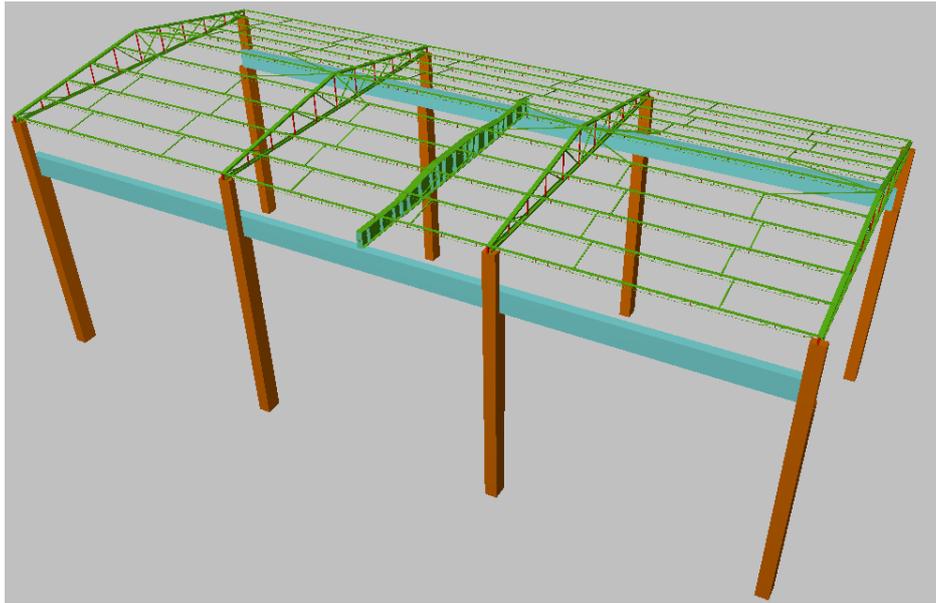


Figura 1. 5 Modelación del puente grúa a lo largo de toda la nave industrial.
Fuente: CYPECAD.

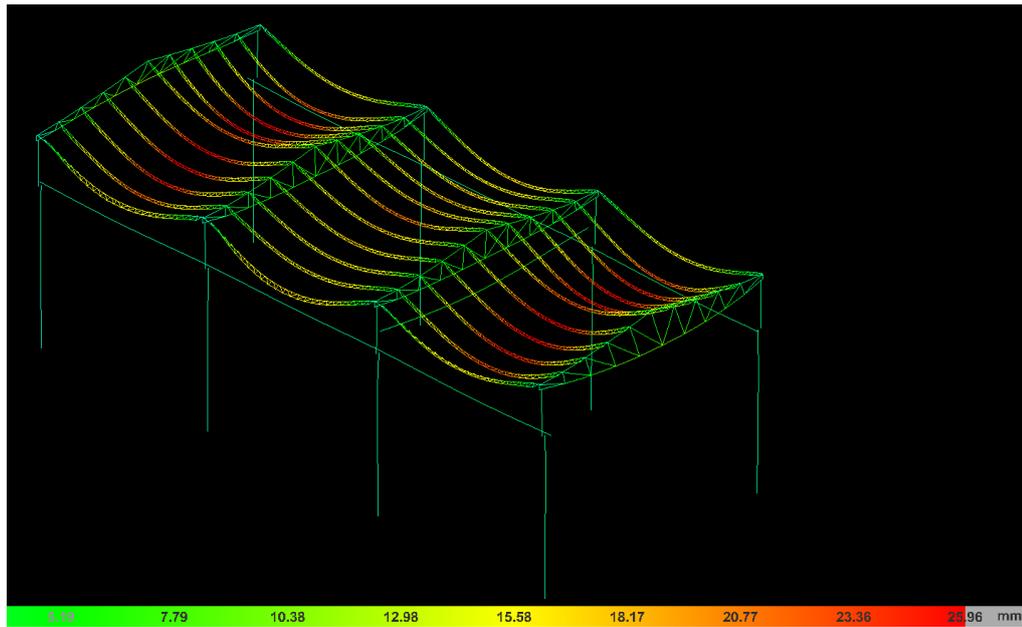


Figura 1. 6 Efecto del sismo.
Fuente: CYPECAD.

CAPÍTULO 2

CÁLCULO Y DISEÑO

2.1 Diseño de la cubierta

La cubierta de la nave industrial está diseñada con elementos metálicos, formada por un sistema de cerchas que se encuentran con una separación de 13 metros ancladas en la mitad de cada columna prefabricada de hormigón, con una altura total de 1,80 m. De la misma manera, este sistema se encuentra rigidizado por elementos estructurales que ayudan a la vez a disminuir los esfuerzos que se transmiten hacia la cimentación del proyecto.

La cubierta del proyecto demanda grandes luces, presentando condiciones únicas como:

- La facilidad de visualización y traslado de los elementos para lo que este destinado a la nave industrial.
- La mayor parte de cargas que sufre la cubierta son factores externos (sismo, granizo).
- Su forma simple a dos aguas presenta una uniformidad en la configuración estructural permitiendo que fluyan adecuadamente los esfuerzos, evitando concentraciones en sus miembros.

El diseño de la cubierta está formado por acero estructural, el mismo es un material ligero y resistente a la tracción como a la compresión, que además de ser un material dúctil genera un buen comportamiento de la estructura ante un evento sísmico.

El acero estructural cumple las siguientes características:

- Se puede realizar conexiones
- Homogéneo

- Buena ductilidad
- Alta resistencia

Para obtener una correcta transmisión de esfuerzos hacia la cimentación y conseguir que su centro de masas y su centro de rigidez tengan una distancia mínima entre ellos, evitando un deslizamiento torsional que actúa en el plano horizontal al momento de un sismo, se determinó el uso de una conexión de empotrado con las espaldas de las columnas a través de pernos y una soldadura para un mejor comportamiento de toda la estructura.

2.1.1 Tipo de armadura de cubierta

La armadura de cubierta que se va a utilizar en el proyecto es de tipo trapezoidal formada por las cerchas (Armadura Inglesa), contra cerchas (*Howen*) que se encuentran formados de perfiles y ángulos a la vez, arriostras y placas para un correcto funcionamiento de conexión. Este conjunto nos permitirá soportar las cargas que actúan sobre ella, protegiendo a la nave industrial de las solicitaciones atmosféricas.

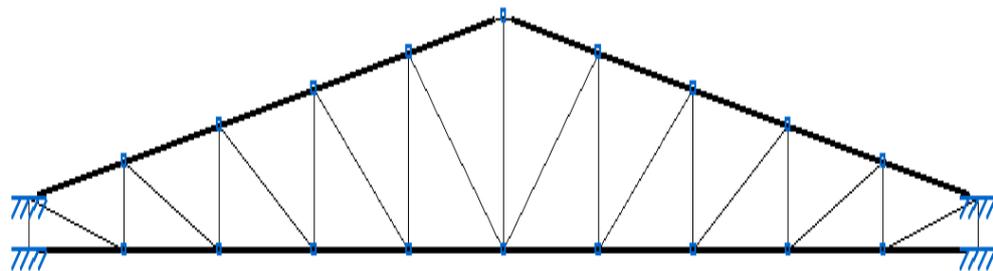


Figura 2. 1 Armadura inglesa (Cercha).
Fuente: CYPE 3D.

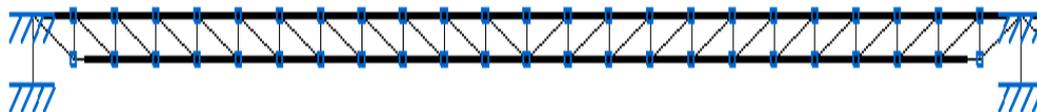


Figura 2. 2 Armadura *Howen* (vigueta).

Fuente: CYPE 3D.

2.1.2 Cobertura

La cobertura cumple una de las funciones importantes de la nave industrial, su función es brindar una protección con la acometida de la naturaleza como: viento, lluvia, granizo y sol. Debido a las grandes luces en este proyecto se considera la utilización de materiales de alta resistencia debido a su exposición directa a la intemperie.

Es por ello se utiliza DIPANELES DP5, fabricados por la empresa DIPAC, los mismos que contienen un revestimiento en acero estructural con bajo contenido de carbono, alta hermeticidad, fácil mantenimiento, livianos, resistentes a la corrosión atmosférica.

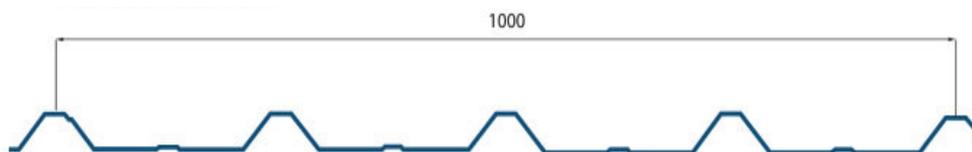


Figura 2. 3 DIPANEL DP5 galvalume.

Fuente: Catalogo Dipac.

2.1.3 Peso de la cobertura

Para la obtención de carga de los DIPANEL DP5 de galvalumen se tomó de referencia el catálogo de DIPAC, con características:

Distancia de Correas								
Espesores	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70
ml	1.00	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	2.00
Pesos Dipanel								
Espesores	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70
Kg/m2	2.40	2.87	3.35	3.83	4.31	4.79	5.75	6.71

Figura 2. 4 Especificaciones DIPANEL DP5.
Fuente: Catalogo Dipac.

Debido al espesor de 0,7mm seleccionado para el diseño de la cubierta de la nave industrial se ha tomado el peso de Di panel igual a $6,71 \frac{kg}{m^2}$.

Carga puntual admisible DIPANEL DP5 (kg/m2)								
Condición de apoyo	Espesor (mm)	Distancia de correas (mts)						
		1.00	1.20	1.50	1.70	2.00	2.20	2.50
simple	0.25	80	-	-	-	-	-	-
simple	0.30	86	-	-	-	-	-	-
simple	0.35	109	91	-	-	-	-	-
simple	0.40	138	115	92	81	-	-	-
simple	0.45	170	141	113	100	85	-	-
simple	0.50	204	170	136	120	102	93	82
simple	0.60	276	230	184	163	138	126	111
simple	0.70	332	277	221	195	166	151	133

Figura 2. 5 Distribución de cargas admisibles DIPANEL DP5.
Fuente: Catalogo Dipac.

2.1.4 Tipos de cargas

Para el diseño y el cálculo de la cubierta se tomará en cuenta las cargas muertas y las cargas vivas debido a que una determinación precisa de las cargas en la estructura es de suma importancia ya que éstas son las que harán trabajar al sistema estructural por lo que una segura agrupación de cargas dará el éxito del proyecto.

Tabla 2.1 Especificaciones de los Perfiles

Resumen de cómputo												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	A36	U	U 200 x 100 x6	132.149	132.149	1310.484	0.308	0.308	0.515	2415.00	2415.00	4039.49
			L 50 x 50 x 6	122.847			0.070			548.71		
			R 14	432.624			0.067			522.79		
			R 12	622.864			0.070			552.99		
		R		1055.488		0.137			1075.78			
Acero conformado	ASTM A 36 36 ksi	C	CF-100x5.0	429.000	429.000	429.000	0.394	0.394	0.394	3095.71	3095.71	3095.71

Tabla 2.2 Superficie de los Perfiles

Perfiles de acero: Cómputo de las superficies a pintar					
Tipo	Serie	Perfil	Superficie unitaria (m²/m)	Longitud (m)	Superficie (m²)
Acero laminado	U	U 200 x 100 x6	0.788	132.149	104.134
	L	L 50 x 50 x 6	0.200	122.847	24.569
	R	R 14	0.044	432.624	19.028
		R 12	0.038	622.864	23.481
Subtotal					171.212
Acero conformado	C	CF-100x5.0	0.378	429.000	162.026
	Subtotal				
Total					333.238

Tabla 2.3 Características mecánicas de los perfiles

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm²)	Avy (cm²)	Avz (cm²)	Iyy (cm4)	Izz (cm4)	It (cm4)
Tipo	Designación								
Acero laminado	A36	1	U 200 x 100 x6, (U)	23.28	9.00	10.15	1461.67	228.78	2.79
		2	L 50 x 50 x 6, (L)	5.69	2.64	2.64	12.84	12.84	0.68
		3	R 14, (R)	1.54	1.39	1.39	0.19	0.19	0.38
		4	R 12, (R)	1.13	1.02	1.02	0.10	0.10	0.20
Acero conformado	ASTM A 36 36 ksi	5	CF-100x5.0, (C)	9.19	2.92	5.00	129.00	16.86	0.77

Notación:

Ref.: Referencia

A: Área de la sección transversal

Avy: Área de cortante de la sección según el eje local "Y"

Avz: Área de cortante de la sección según el eje local "Z"

Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local "Y"

Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local "Z"

It: Inercia a torsión

***Nota:** Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

Tabla 2.4 Especificaciones de los materiales Utilizados

Materiales utilizados							
Material		E	ν	G	f_y	α_t	γ
Tipo	Designación	(kp/cm ²)		(kp/cm ²)	(kp/cm ²)	(m/m°C)	(t/m ³)
Acero laminado	A36	2038736.0	0.300	815494.4	2548.4	0.000012	7.850
Acero conformado	ASTM A 36 36 ksi	2069317.0	0.300	795891.2	2548.4	0.000012	7.850

Notación:

E: Módulo de elasticidad

ν : Módulo de Poisson

G: Módulo de elasticidad transversal

f_y : Límite elástico

α_t : Coeficiente de dilatación

γ : Peso específico

2.1.4.2 Cargas vivas

La carga de granizo se considera en el diseño del proyecto por la altura en la que se encuentra la ciudad de Cuenca a 2550 msnm, el mismo que por presentar sus dos aguas con pendiente menores del 15%, la Norma Ecuatoriana de la Construcción considera una carga de granizo mínima de $0,5 \frac{KN}{m^2}$. (NEC-14, Cargas y Materiales, 2014)

Se adiciona una sobrecarga de $1 \frac{KN}{m^2}$ en las áreas de los aleros, en un ancho del 10% de la luz libre, medido desde el borde hacia el apoyo y no menor a 1000mm. (NEC-14, Cargas y Materiales, 2014).

2.1.5 Modelación computacional en CYPE 3D

Con el transcurso del tiempo se han desarrollado software que brindan facilidades con los procesos matemáticos, además ayudan al análisis y diseño estructural. Con éstos programas se puede diseñar desde lo más sencillo como una viga de hormigón armado o metálica, hasta proyectos estructurales complejos que resisten cargas dinámicas de un sismo.

Para el diseño de la armadura de cubierta de la nave industrial se utilizó el software CYPE 3D, que sirvió para el cálculo, análisis y diseño; brindando facilidades en el dimensionamiento y encontrando el material factible con el cual se va desarrollar los miembros estructurales de la nave industrial, así mismo se encontró las diferentes uniones que se presentaron en el elemento estructural.

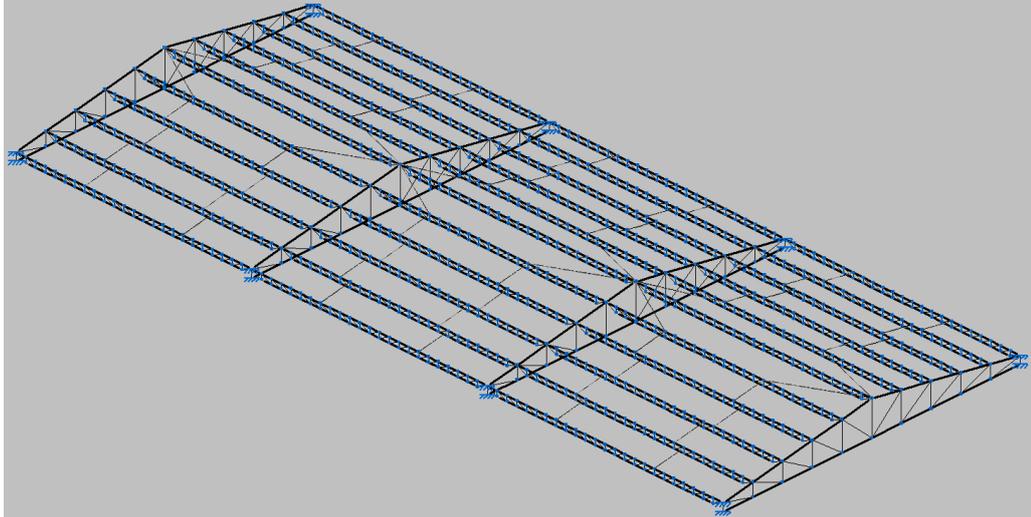


Figura 2. 8 Modelado armadura de cubierta en CYPE 3D.
Fuente: CYPE 3D.

Se debe respetar todas las cláusulas exigidas por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), de la misma manera los catálogos de materiales de construcción disponibles por las empresas del Ecuador, para evitar la elevación de costos. Para el acero estructural se usaron las normas de American Iron and Steel Institute (AISI).

2.1.6 Generación del modelo estructural

Se debe definir las normativas en el software CYPE 3D, para el cálculo y modelación de la armadura de cubierta:

Homigón	ACI 318M-08 (USA)
Acero conformado	AISI S100-2007 (LRFD) (USA)
Acero laminado	ANSI/AISC 360-10 (LRFD) (USA)
Madera	Eurocódigo 5 (UE)
Aluminio	Eurocódigo 9
Fundación	ACI 318M-08

Figura 2. 9 Selección de normas en CYPE 3D.
Fuente: CYPE 3D.

Para un confiable diseño de la estructura se debe cumplir con todos los requerimientos sismo-resistentes expresados en el capítulo 2 (Peligro Sísmico) de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11) y para el acero estructural se usaron las normas de American Iron and Steel Institute (AISI).

CPE INEN 5:2001
 NEC -11
 NEC-SE-DS 2014

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN
Peligro sísmico. Diseño sismo resistente.

Acción sísmica según X
 Acción sísmica según Y

Definición del espectro

Según norma
 Especificado por el usuario

Parámetros de cálculo		Sistema estructural	
Fracción de sobrecarga de uso	0.25	Coefficiente de reducción (X)	6.00
Factor multiplicador del espectro	1.00	Coefficiente de reducción (Y)	6.00
		Coefficiente de regularidad en planta	0.90
		Coefficiente de regularidad en elevación	0.90

Caracterización del emplazamiento

Zona sísmica I
 II
 III
 IV
 V
 VI

Sierra, Esmeraldas y Galápagos
 Costa (excepto Esmeraldas)
 Oriente

Aplicar reducción a todos los modos excepto al modo fundamental

Tipo de suelo

A
 B
 C
 D
 E

Perfiles de suelos rígidos (360 m/s > Vs >= 180 m/s)

Importancia de la obra

Edificaciones esenciales y/o peligrosas
 Estructuras de ocupación especial
 Otras estructuras

Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis

Según norma
 Automático, hasta alcanzar un porcentaje exigido de masa desplazada
 Especificado por el usuario

Figura 2. 10 Requisitos para el diseño en CYPE 3D.
Fuente: CYPE 3D.

2.1.6.1 Espectro de cálculo

“Para la aplicación del análisis dinámico modal espectral debe determinarse el número de modos de vibración que se van a considerar en el cálculo, de forma que se incluyan todos los modos que contribuyen de una manera significativa a la respuesta dinámica de la estructura” (NEC-14, Peligro Sísmico y Requisitos de Diseño Sísmico Resistente, 2014).

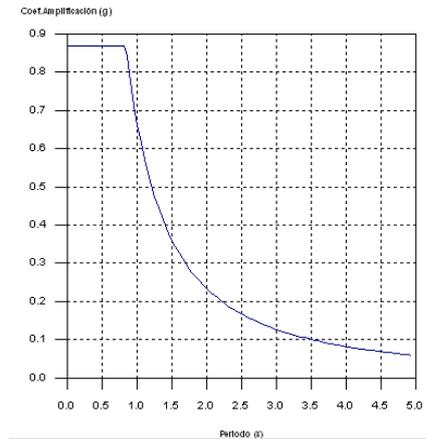


Figura 2. 11 Espectro de Cálculo en CYPE 3D.
Fuente: CYPE 3D.

A más de la acción del sismo se consideran cargas adicionales (peso propio, sobrecargas de uso, nieve), ya que brindan seguridad para un correcto diseño de la estructura.

Categorías de uso		
1. General		
3. Cubiertas		
Acciones		
	Automáticas	Adicionales
Peso propio	1	—
Cargas permanentes	-	1
Sobrecarga (Uso 1)	-	1
Sobrecarga (Uso 3)	-	0
Temperatura	-	0
Retracción	-	0
Viento	-	0
Sismo	2	0
Nieve	-	1
Empujes del terreno	-	0
Accidental	-	0

Figura 2. 12 Hipótesis adicionales en CYPE 3D.
Fuente: CYPE 3D.

2.1.6.2 Tipo de elementos estructurales

Para el diseño de la armadura de cubierta se utilizó diferentes tipos de elementos estructurales que cumplen con las Normas Ecuatorianas de la Construcción especificadas anteriormente, tales como:

- Perfil U 200 x 100 x 6, parte superior e inferior de la cercha.
- Perfil CF-100 x 5, parte superior de la vigueta.
- Perfil L 50 x 50 x 6, ángulos de formación de la armadura (cercha).
- Perfil R 12, varilla de armadura (vigueta).
- Perfil R14, varilla para de armadura (vigueta).

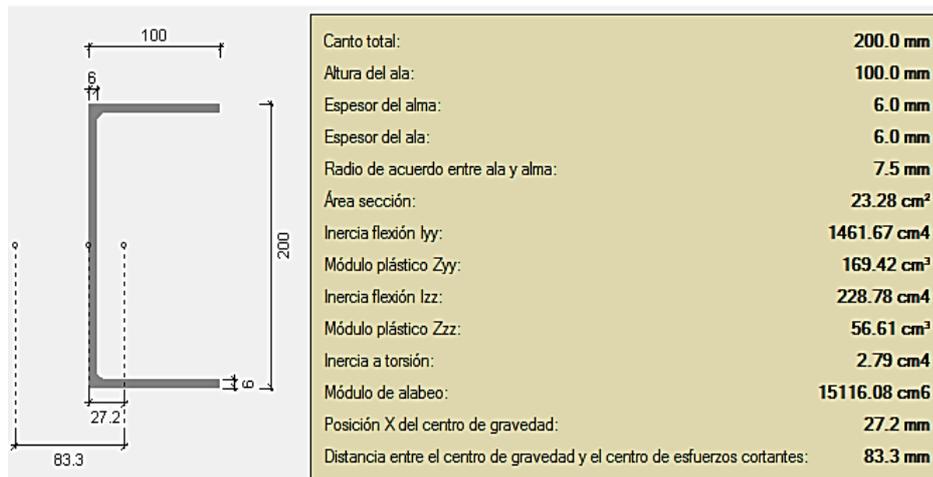


Figura 2. 13 Dimensión de la sección de los perfiles.

Fuente: CYPE 3D.

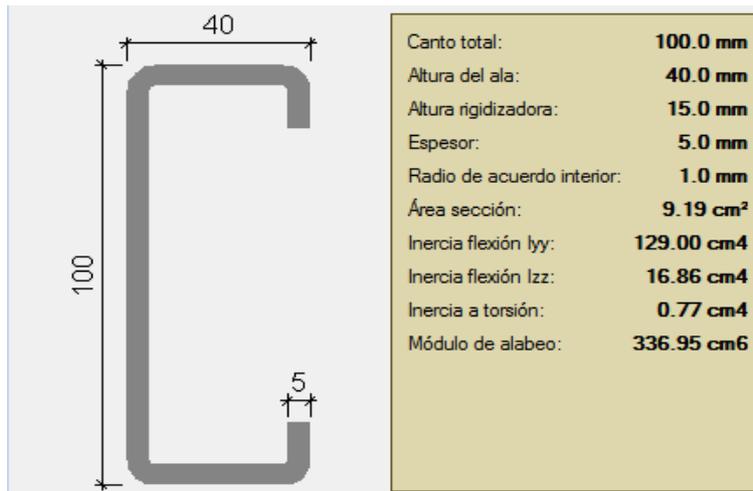


Figura 2. 14 Dimensión de la sección de los perfiles.
Fuente: CYPE 3D.

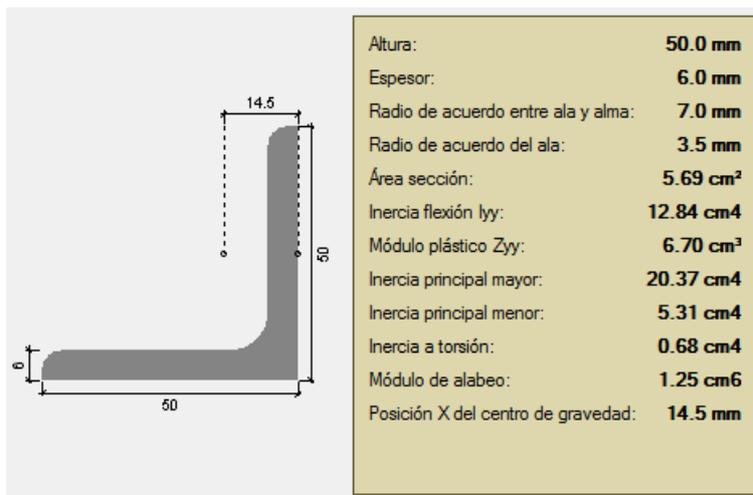


Figura 2. 15 Dimensión de la sección de los perfiles.
Fuente: CYPE 3D.

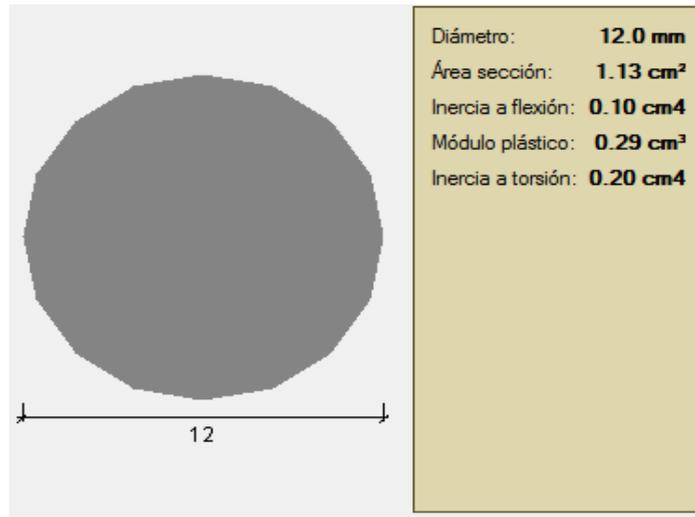


Figura 2. 16 Dimensión de la sección de la varilla d=12mm.
Fuente: CYPE 3D.

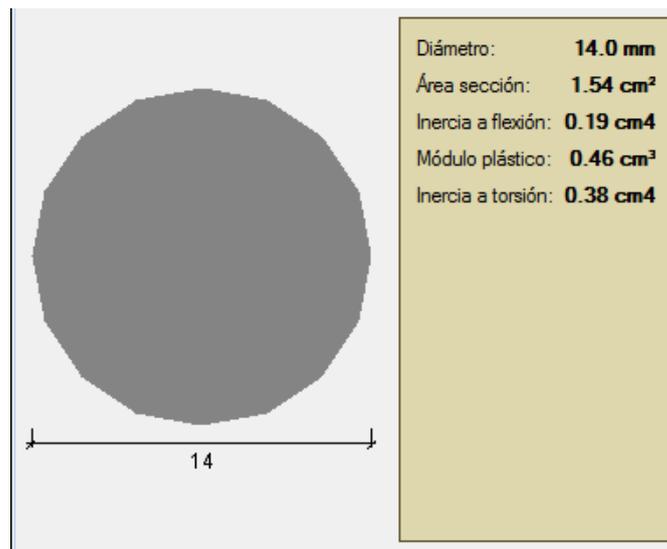


Figura 2. 17 Dimensión de la sección de la varilla d=14mm.
Fuente: CYPE 3D.

Modelación de las armaduras metálicas en CYPE 3D.

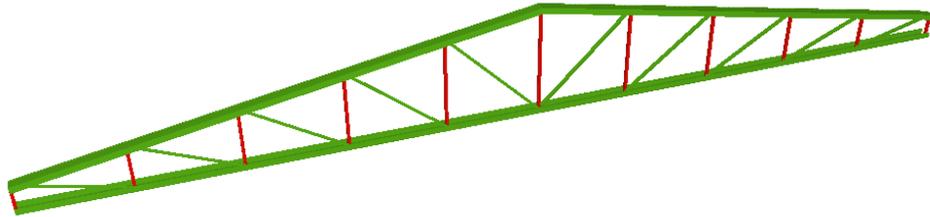


Figura 2 18 Armadura metálica (cercha).
Fuente: CYPE 3D.

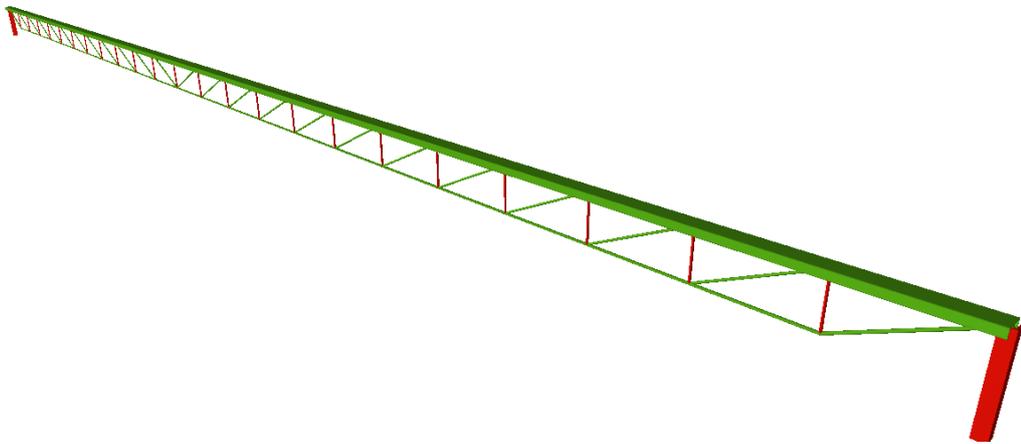


Figura 2. 19 Armadura metálica (vigueta).
Fuente: CYPE 3D.

2.1.6.3 Apoyos de la cubierta

La vinculación exterior con las columnas prefabricadas será de tipo empotramiento, dicha unión ayudará a impedir el desplazamiento y el giro en cualquier dirección.

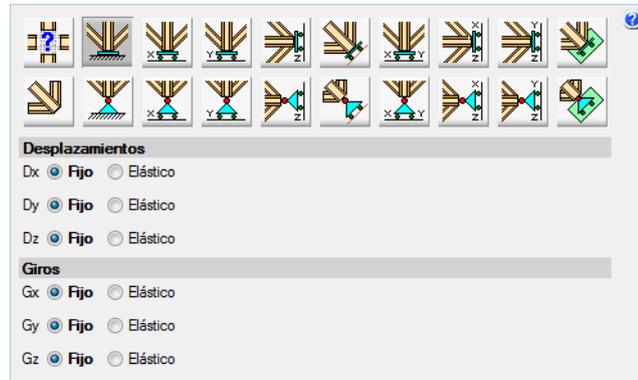


Figura 2. 20 Vinculación Armadura Metálica.
Fuente: CYPE 3D.

2.1.6.4 Modelación de la estructura completa de la cubierta

Luego del proceso descrito anteriormente cumpliendo con todas las normas sísmicas y las cargas adicionales impuestas por la Norma Ecuatoriana de la Construcción se continua con la modelación de la estructura de cubierta final en CYPE 3D.

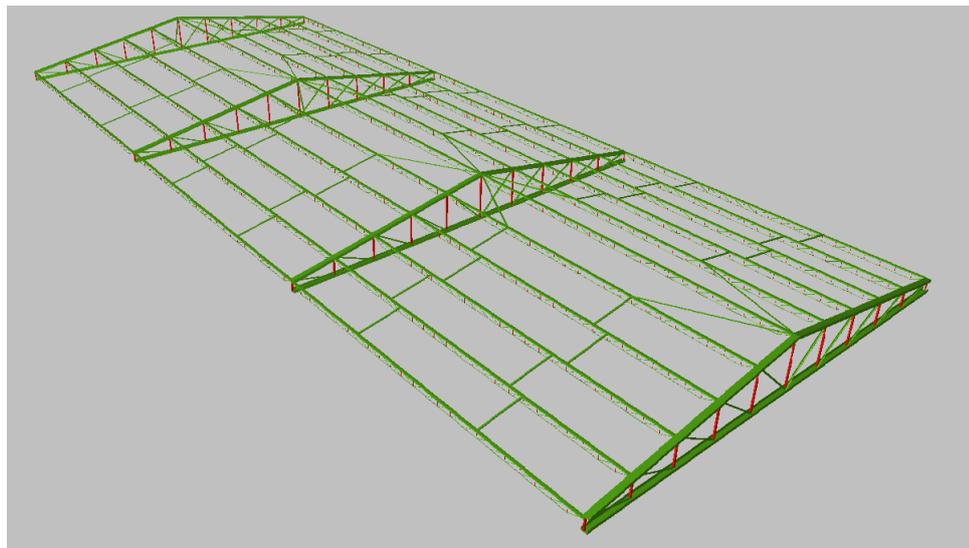


Figura 2. 21 Estructura de cubierta (vista lateral).
Fuente: CYPE 3D.

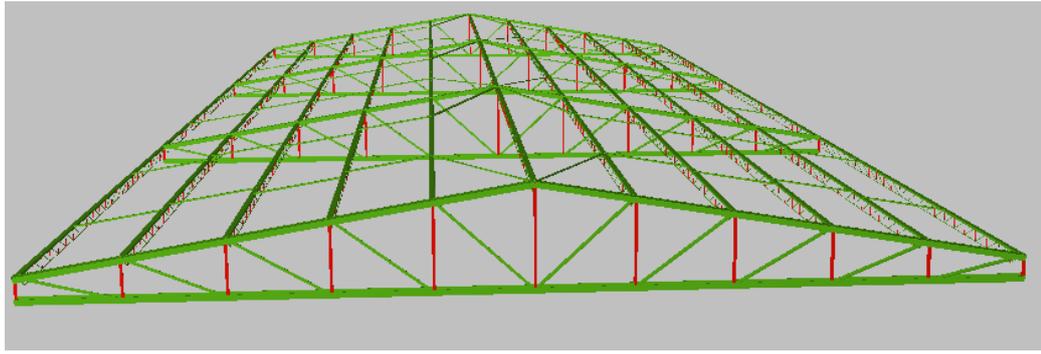


Figura 2. 22 Estructura de cubierta (vista frontal).
Fuente: CYPE 3D.

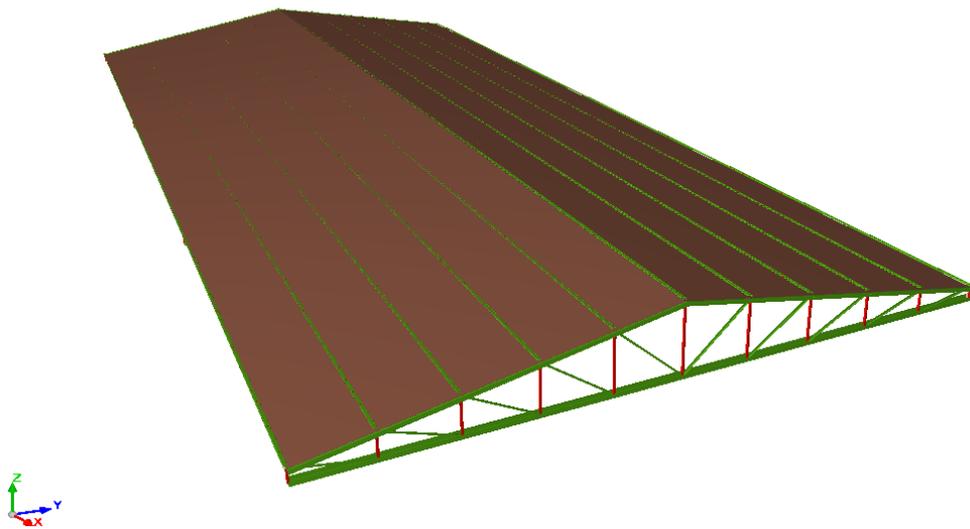


Figura 2. 23 Estructura de cubierta con cobertura.
Fuente: CYPE 3D.

2.1.6.5 Obtención de los esfuerzos

Se obtuvieron los diferentes esfuerzos con el software CYPE 3D producidos por las cargas axiales, momentos torsores, deformada, flechas, para determinar si la estructura de cubierta se encuentra en condiciones apropiadas para su construcción.

De acuerdo a las combinaciones seleccionadas con una hipótesis simple, se observan los diferentes tipos de esfuerzos notables producidos por la Flecha xz (F_{xz}).

- La deformada que se produce en la estructura de cubierta tiene una medida máximo de 18,2 mm

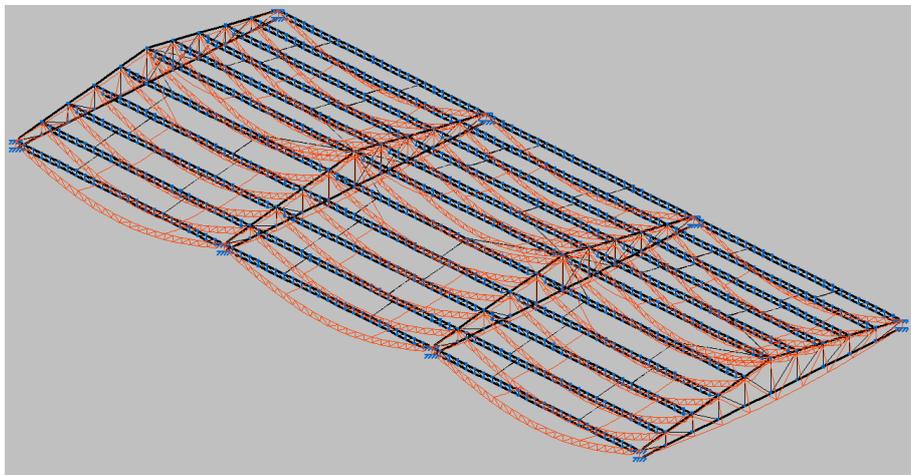


Figura 2. 24 Esfuerzo (Deformada).

Fuente: CYPE 3D.

De acuerdo a las combinaciones seleccionadas con una hipótesis simple, se observa los diferentes tipos de esfuerzos notables producidos por la Flecha xy (F_{xy}):

- La Flecha que se produce en la estructura de cubierta tiene una medida máxima de 16,1 mm.

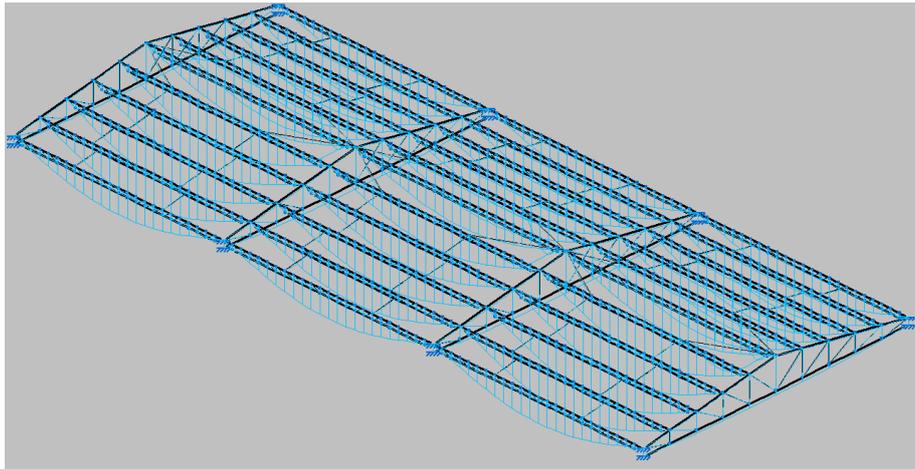


Figura 2. 25 Esfuerzo (Flecha xy).

Fuente: CYPE 3D.

De acuerdo a las combinaciones seleccionadas con una hipótesis simple, se observa los diferentes tipos de esfuerzos notables producidos por la Flecha xz (F_{xz}):

- La Flecha que se produce en la estructura de cubierta tiene una medida máxima de 0,98 mm.

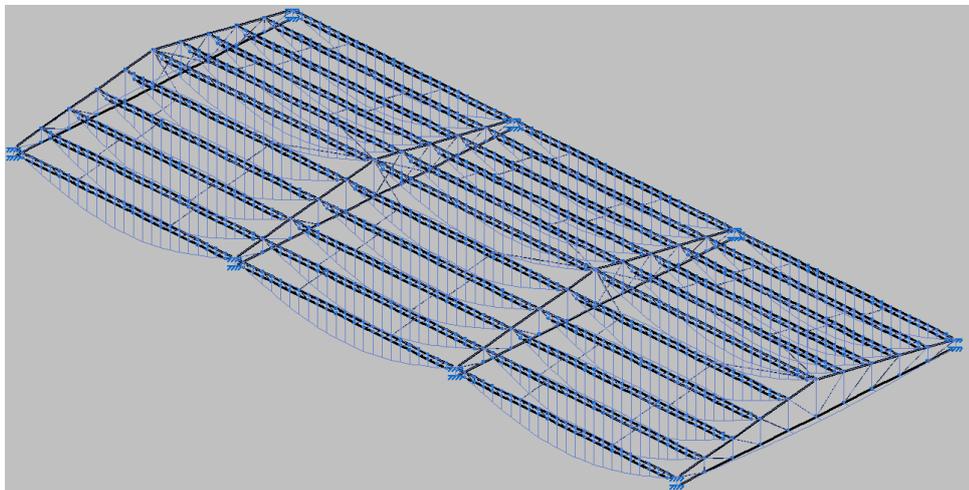


Figura 2. 26 Esfuerzo (Flecha xz).

Fuente: CYPE 3D.

De acuerdo a las combinaciones seleccionadas con una hipótesis simple, se observa los diferentes tipos de esfuerzos notables producidos por la Flecha:

- La Flecha que se produce en la estructura de cubierta tiene una medida máxima de 15,9 mm.

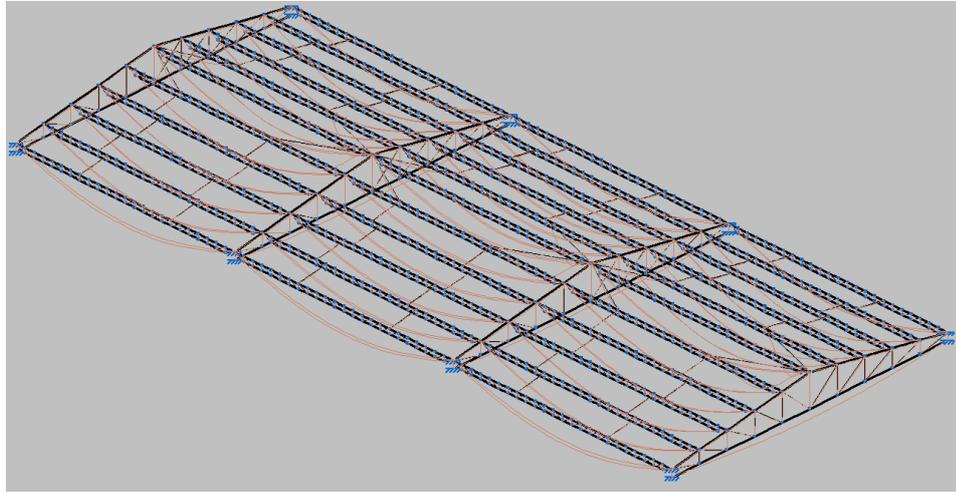


Figura 2. 27 Esfuerzo (Flecha).
Fuente: CYPE 3D.

***NOTA:** El proceso completo de diseño realizado para cada elemento estructural, se puede revisar en el Capítulo 3 Memoria Técnica.

2.2 Diseño de la viga cargadora pretensada

Como una introducción referente al hormigón pre esforzado se encuentra categorías dentro de la misma, como el pretensado y el postensado. El diseño de las vigas cargadoras del proyecto son de tipo pretensadas, ésta presenta ventajas como vigas de grandes luces, menor agrietamiento, menores deflexiones, exige una mejor calidad de fabricación, menor corrosión en el acero de refuerzo, menor desperdicio, ahorro de tiempo, etc..

El diseño estructural que tendrá la viga prefabricada pretensada del proyecto es de tipo (I), con una luz entre vanos de 12,5m entre las columnas prefabricadas de hormigón.

Las vigas tipo I, se localizarán en las ménsulas laterales de las columnas prefabricadas, apartando un espacio entre vigas pretensadas para la unión viga - columna que se realizará en obra con sus respectivos hierros y estribos de diseño.

2.2.1 Resistencia del hormigón

El hormigón pretensado está expuesto a altas compresiones, debido a esto se emplean hormigones de alta resistencia en las estructuras para así disminuir pérdidas en las fuerzas de tensado y aprovechar las propiedades del acero de preesfuerzo.

Para el diseño de la viga prefabricada pretensada, se utilizará un hormigón de

$$f'c = 400 \frac{Kg}{cm^2}.$$

2.2.2 Tipos de acero

Los torones que se utilizará en la viga pretensada son de grado 270 ksi (kilo libras por pulgada cuadrada) con una resistencia última de $f_{pu} = 19,000 \frac{Kg}{cm^2}$ y una resistencia de fluencia de $f_{py} = 17,120 \frac{Kg}{cm^2}$ y aceros con resistencia de fluencia de $f_y = 4200 \frac{Kg}{cm^2}$.

2.2.3 Predimensionamiento de la sección

Para el prediseño de la viga pretensada del proyecto, se consideró la aplicación de los diseños y especificaciones que se pueden obtener en nuestro medio.

Además para su diseño el cumplimiento de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), para el acero estructural se usaron las normas de American Iron and Steel Institute (AISI) y de la misma manera los requisitos del reglamento para concreto estructural (ACI 318-14).

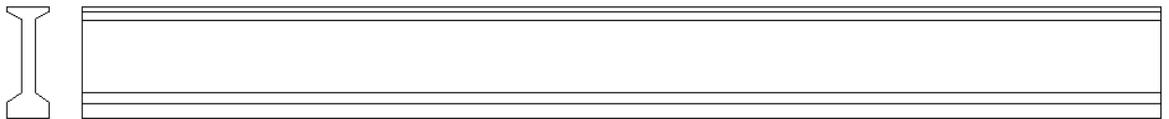


Figura 2. 28 Viga tipo I.

La sección transversal y dimensionamiento a utilizarse en la viga tipo I es el siguiente:

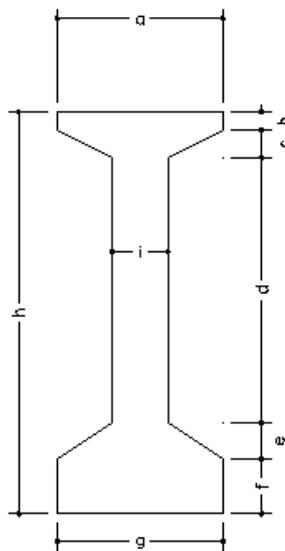


Figura 2. 29 Dimensiones viga I-105.

Dimensiones catalogadas por la empresa C - RFV Construcciones:

Tabla 2.5 Dimensiones viga I-105

VIGA TIPO I - 105	DIMENSIONES en (cm)	
	a	45
	b	5
	c	7,5
	d	72,5
	e	10
	f	10
	g	45
	h	105
	i	15

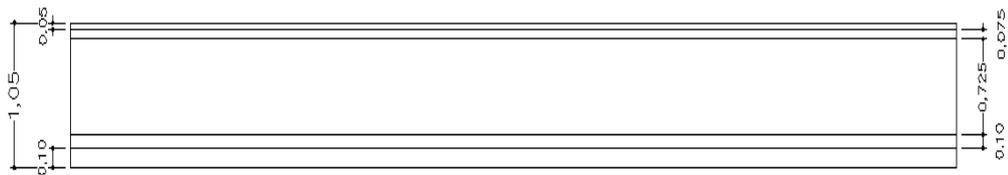


Figura 2. 30 Dimensiones viga I-105.

2.2.3.1 Peso propio de la viga

Para el cálculo del peso propio de la viga pretensada, se multiplica la sección transversal de la viga tipo I con el peso específico del hormigón obteniendo una carga distribuida por metro:

$$q_{sec(I)} = A_{sec} \times \gamma$$

$$q_{sec(I)} = 0,2287 \times 2400$$

$$q_{sec(I)} = 552 \frac{Kg}{m}$$

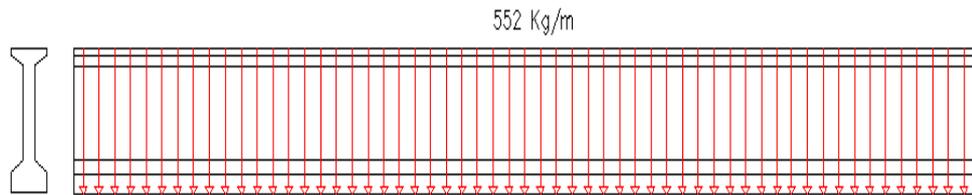


Figura 2. 31 Carga distribuida peso propio viga pretensada.

2.2.3.2 Cargas del Puesto grúa

La carga total del puente grúa que va a soportar la viga pretensada, es el peso propio de la viga metálica más la carga viva efectuada por la grúa que tiene un diseño de soporte de 10 Toneladas, donde las especificaciones, características y diseño del puente grúa se tomaron del catálogo de E.M.H.

Se realiza una sumatoria de momentos para encontrar las cargas que intervienen en la viga metálica, teniendo cuenta que la máxima distancia de llegada de la grúa de 10 Toneladas al extremo es de 1,2 metros y será donde se produzca la máxima reacción del puente grúa (sobre la viga cargadora).

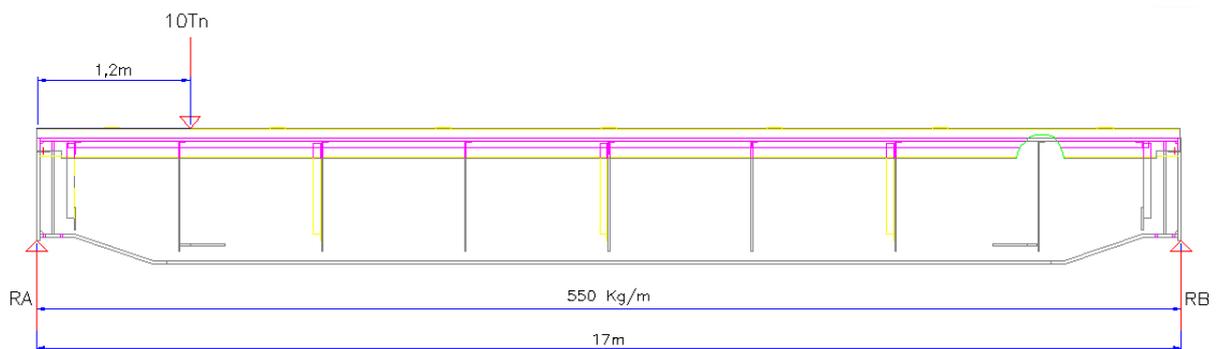


Figura 2. 32 Cargas Puesto Grúa.

$$\Sigma MA = 0$$

$$10000Kg \times 1,2m + 550 \frac{Kg}{m} \times \frac{17^2m}{2} - 17RB = 0$$

$$RB = 5381Kg$$

$$\Sigma Fv = 0$$

$$5381Kg - 550 \frac{Kg}{m} \times 17m - 10000Kg + RA = 0$$

$$RA = 13970Kg$$

De acuerdo a los requisitos del reglamento para concreto estructural (ACI 318-14) se tiene las siguientes combinaciones de carga:

- Aumento de carga del peso propio de la viga pretensada.

$$q_u = 1,2 \times q_{sec(l)}$$

$$q_u = 1,2 \times 552 \frac{Kg}{m}$$

$$q_u = 662 \frac{Kg}{m}$$

- Aumento de carga del puente grúa de la reacción cercana a las 10 Toneladas o máxima.

$$P_u = 1,6 \times RA$$

$$P_u = 1,6 \times 13970Kg$$

$$P_u = 22352Kg$$

Después de analizar todas las posiciones en las cuales puede llegar a estar la carga y el puente grúa se obtuvo que el máximo momento de la viga pretensada se encuentra cuando el puente grúa se posiciona en la mitad de la viga. De la misma forma los máximos cortantes se encontraron cuando el puente grúa está posicionado a 10 cm del extremo de la viga pretensada.

Análisis de los diagramas de fuerza cortante y momento con la carga del puente grúa aplicada en la mitad de la viga pretensada de hormigón:

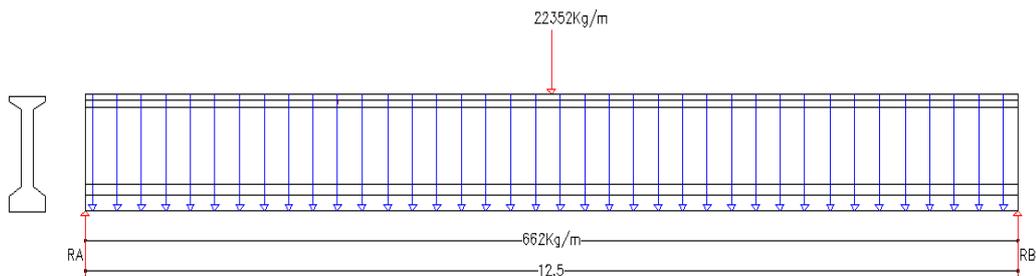


Figura 2. 33 Cargas actuantes viga pretensada de hormigón.

- Cálculo de fuerzas cortantes de la viga pretensada de hormigón:

$$\Sigma MA = 0$$

$$662 \frac{Kg}{m} \times \frac{12,5^2 m}{2} + 22352 \frac{Kg}{m} \times 6,25 - 12,5 \times RB = 0$$

$$RB = 15313Kg$$

$$RA = RB$$

$$RA = 15313Kg$$

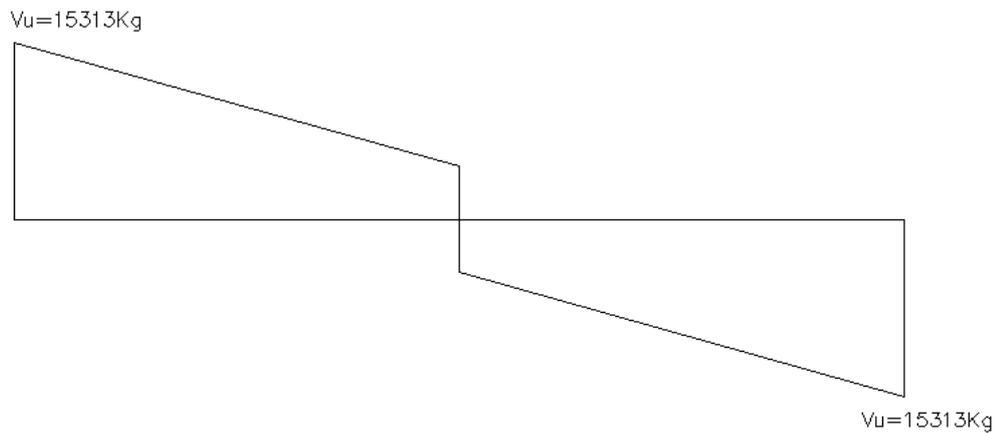


Figura 2. 34 Diagrama de fuerza cortante viga pretensada de hormigón.

- Cálculo de momentos de la viga pretensada de hormigón:

1.

$$M_{x1} = \frac{P_u \times l}{4}$$

$$M_{x1} = \frac{22352Kg \times 12,5m}{4}$$

$$M_{x1} = 69850 \frac{Kg}{m}$$

$$M_{x2} = \frac{q_u \times l^2}{12}$$

$$M_{x2} = \frac{662 \frac{Kg}{m} \times 12,5^2 m}{12}$$

$$M_{x2} = 8620 \frac{Kg}{m}$$

$$M_{ux} = M_{x1} + M_{x2}$$

$$M_{ux} = 78470 \frac{Kg}{m}$$

2.

$$M_{y1} = \frac{P_u \times l}{8}$$

$$M_{y1} = \frac{22352 Kg \times 12,5 m}{8}$$

$$M_{y1} = 34925 \frac{Kg}{m}$$

$$M_{y2} = \frac{q_u \times l^2}{24}$$

$$M_{y2} = \frac{662 \frac{Kg}{m} \times 12,5^2 m}{24}$$

$$M_{y2} = 4310 \frac{Kg}{m}$$

$$M_{uy} = M_{y1} + M_{y2}$$

$$M_{uy} = 39235 \frac{Kg}{m}$$

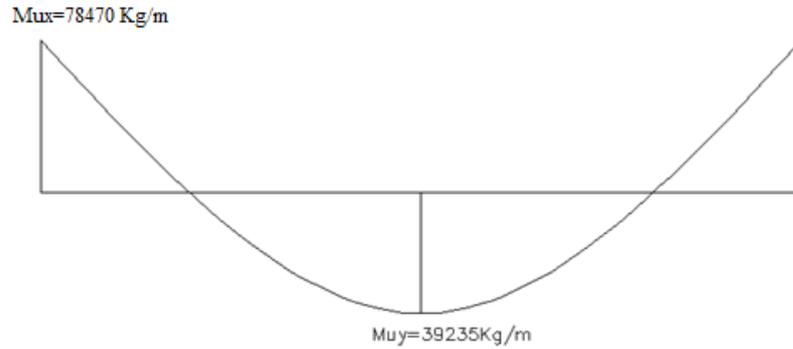


Figura 2. 35 Diagrama de momentos máximos viga pretensada de hormigón

Análisis del diagrama de fuerza cortante con la carga del puente grúa aplicada en el extremo a 0,1m de la viga pretensada de hormigón:

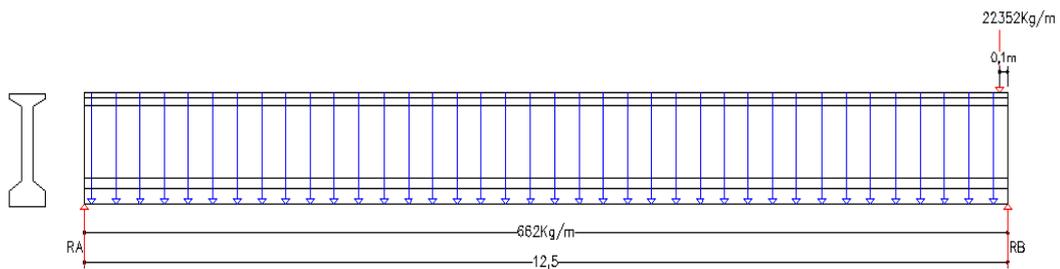


Figura 2. 36 Cargas actuantes viga pretensada de hormigón.

- Cálculo de fuerzas cortantes de la viga pretensada de hormigón:

$$\Sigma M_B = 0$$

$$-22352 \frac{Kg}{m} \times 0,1m - 662 \frac{Kg}{m} \times \frac{12,5^2m}{2} + 12,5m \times RA = 0$$

$$RA = 4316,32Kg$$

$$\Sigma F_v = 0$$

$$4316,32Kg - 662 \frac{Kg}{m} \times 12,5m - 22352 \frac{Kg}{m} + RB = 0$$

$$RB = 26311Kg$$

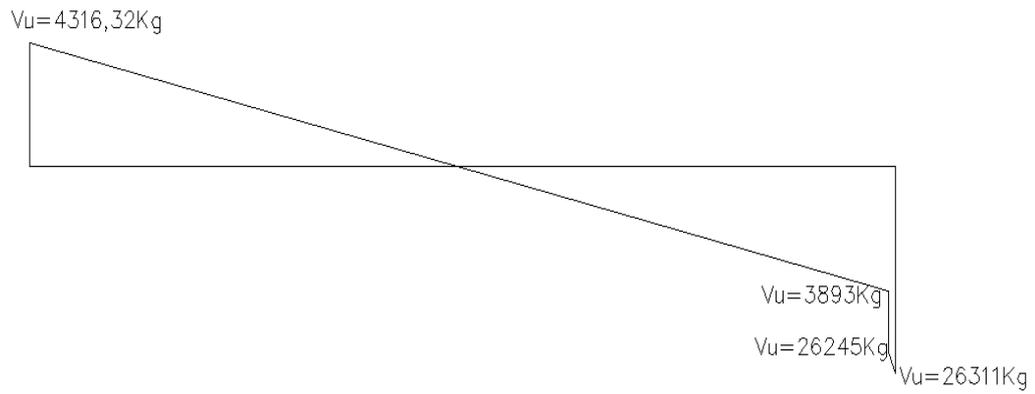


Figura 2. 37 Diagrama de fuerza cortante viga pretensada de hormigón.

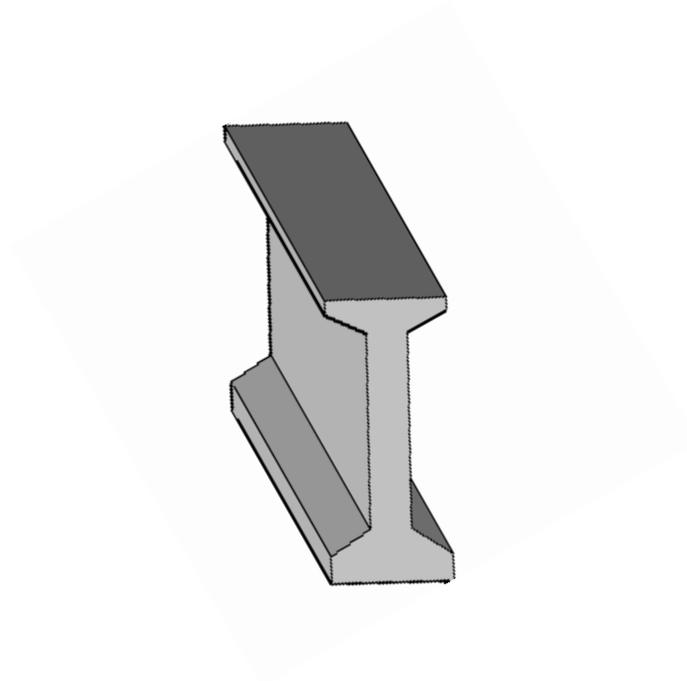


Figura 2. 38 Viga Cargadora Pretensada.

***NOTA:** El proceso completo de diseño realizado para cada elemento estructural, se puede revisar en el capítulo 3 memoria técnica.

2.3 Diseño de la columna prefabricada de hormigón

El proyecto presenta columnas prefabricadas en hormigón, como se mencionó anteriormente; los elementos prefabricados presentan grandes ventajas como una mejor calidad de fabricación, menor desperdicio, ahorro en el tiempo, etc.

El diseño estructural que tendrá la columna prefabricada de hormigón del proyecto, se realiza a flexo – compresión, con una sección rectangular, con una altura de 10m, con un ancho de 60cm y un largo de 80cm, con una separación entre columnas de 13m y 12,7m. Además la columna presenta a continuación de los 10m de altura una sección menor de 60cm de ancho y 30cm de largo, denominado espada (h_1) donde se emplazará la cubierta metálica que se muestra a continuación junto con todas sus características.

De forma obligatoria para el diseño de la columna prefabricada se cumplirá que no se supere las tensiones del hormigón, ni los límites de deformación del acero, de la misma manera se debe tomar en cuenta que el diseño se encuentre dentro de los límites o cuantías máximas y mínimas tanto geométricas como mecánicas.

Para la conexión de viga-columna, se procederá a dejar sus respectivos hierros y estribos de diseño, además el pie de la columna con la zapata tendrán una unión tipo vaso para una correcta conexión en obra.

2.3.1 Resistencia del hormigón

Para el diseño de la columna prefabricada, se utilizará un hormigón de

$$f'c = 350 \frac{Kg}{cm^2}$$

2.3.2 Tipos de acero

Para el diseño estructural de las columnas de hormigón prefabricadas se utilizarán aceros con resistencia de fluencia de $f_y = 4200 \frac{Kg}{cm^2}$.

2.3.3 Predimensionamiento

Para el diseño de las columnas de hormigón prefabricadas, se utiliza el software de diseño CYPECAD, el cual ayudará a verificar el cumplimiento de esfuerzos de la Norma de la Construcción Ecuatoriana (NEC-14), como los requisitos del reglamento para concreto estructural (ACI 318-14) y para el acero estructural se usaron las normas de American Iron and Steel Institute (AISI).

Detalles de predimensionamiento de la columna de hormigón prefabricada:

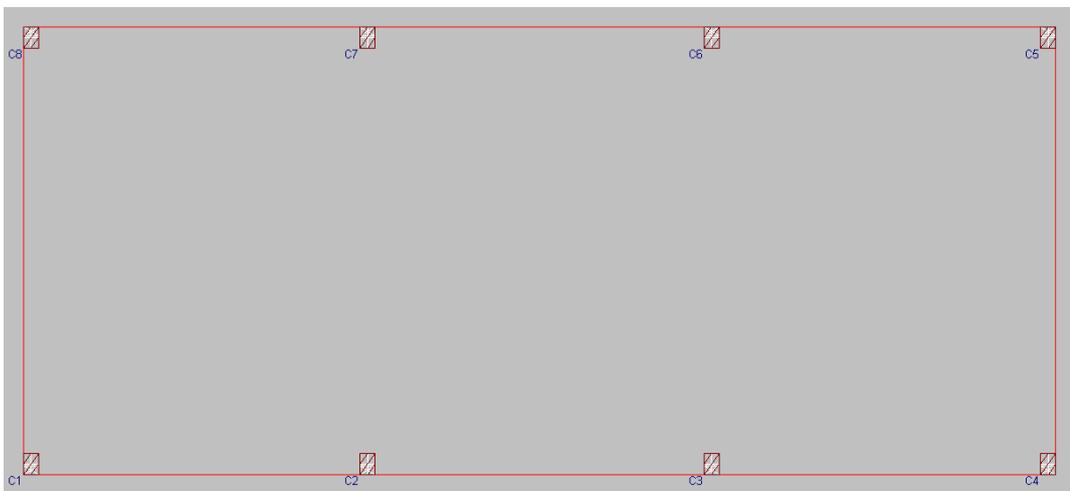


Figura 2 39 Columnas prefabricadas de hormigón corte (planta).

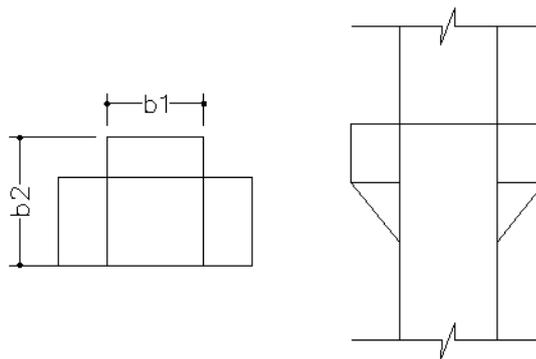


Figura 2. 40 Columna prefabricada de hormigón corte (planta-frontal).

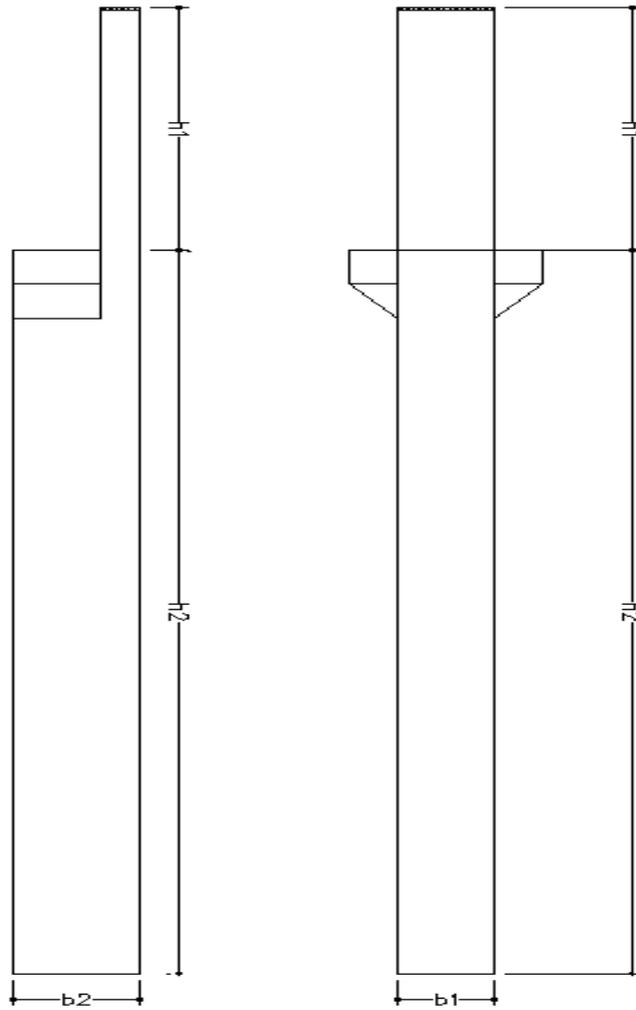


Figura 2. 41 Columna prefabricada de hormigón corte (frontal-lateral).

Tabla 2.6 Dimensiones columna prefabricada de hormigón.

columna prefabricada	DIMENSIONES en (m)	
	b1	0,6
	b2	0,8
	h1	3,50
	h2	10

2.3.4 Desarrollo del modelo estructural

Se debe definir las normativas en el software CYPECAD, para el cálculo y modelación de la armadura de cubierta:

Hormigón	ACI 318M-11 (USA)
Acero conformado	AISI S100-2007 (LRFD) (USA)
Acero laminado	ANSI/AISC 360-10 (LRFD) (USA)
Madera	Eurocódigo 5 (UE)
Aluminio	Eurocódigo 9
Muros de bloques de hormigón	NTCRC (México)
Losas mixtas	Eurocódigo 4

Figura 2. 42 Selección de normas CYPECAD.

Fuente: CYPECAD.

Para un confiable diseño de la estructura se debe cumplir con todos los requerimientos sismo-resistentes expresados en el capítulo 2 (Peligro Sísmico) de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-14) y para el acero estructural se usaron las normas de *American Iron and Steel Institute (AISI)*.

The screenshot shows the following configuration in the software:

- Norma:** NEC-SE-DS 2014 (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, Peligro sísmico. Diseño sismo resistente).
- Acción sísmica:** Según X and Según Y (both checked).
- Método de análisis:** Dinámico (modal espectral).
- Definición del espectro:** Según norma.
- Parámetros de cálculo:**
 - Fración de sobrecarga de uso: 0.00
 - Factor multiplicador del espectro: 1.00
- Estimación del periodo fundamental de la estructura:** Según norma.
- Tipología estructural:** III (selected for both X and Y).
- Sistema estructural:**
 - Coefficiente de reducción (X): 8.00
 - Coefficiente de reducción (Y): 8.00
 - Coefficiente de regularidad en planta: 0.90
 - Coefficiente de regularidad en elevación: 0.90
 - Geometría en altura: Regular
- Caracterización del emplazamiento:**
 - Zona sísmica: II (Sierra, Esmeraldas y Galápagos)
 - Región sísmica: Costa (excepto Esmeraldas)
- Tipo de suelo:** D (Perfiles de suelos rígidos (360 m/s > Vs >= 180 m/s)).
- Importancia de la obra:** Otras estructuras.

Figura 2. 43 Requisitos para el diseño en CYPE.

Fuente: CYPECAD.

2.3.4.1 Espectro de cálculo

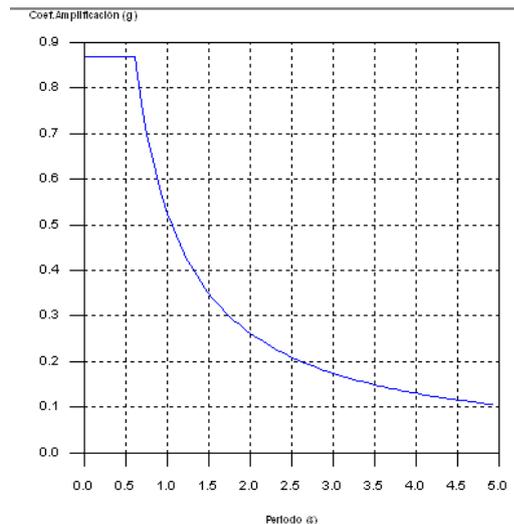


Figura 2. 44 Espectro de Cálculo en CYPECAD.
Fuente: CYPECAD.

2.3.4.2 Cargas adicionales

Hipótesis	Automáticas	Adicionales
Peso propio	1	--
Cargas permanentes	1	1
Postesado	0	--
Empujes del terreno	-	0
Sobrecarga de uso	1	1
Temperatura	-	0
Retracción	-	0
Viento	0	0
Nieve	-	1
Sismo	2	0
Accidental	-	0

Figura 2. 45 Hipótesis adicionales en CYPECAD.
Fuente: CYPECAD.

2.3.4.3 Tipo de elementos estructurales

Para el diseño de las columnas prefabricadas de hormigón se utilizaron diferentes tipos de elementos estructurales que cumplen con las normas especificadas anteriormente, tales como:

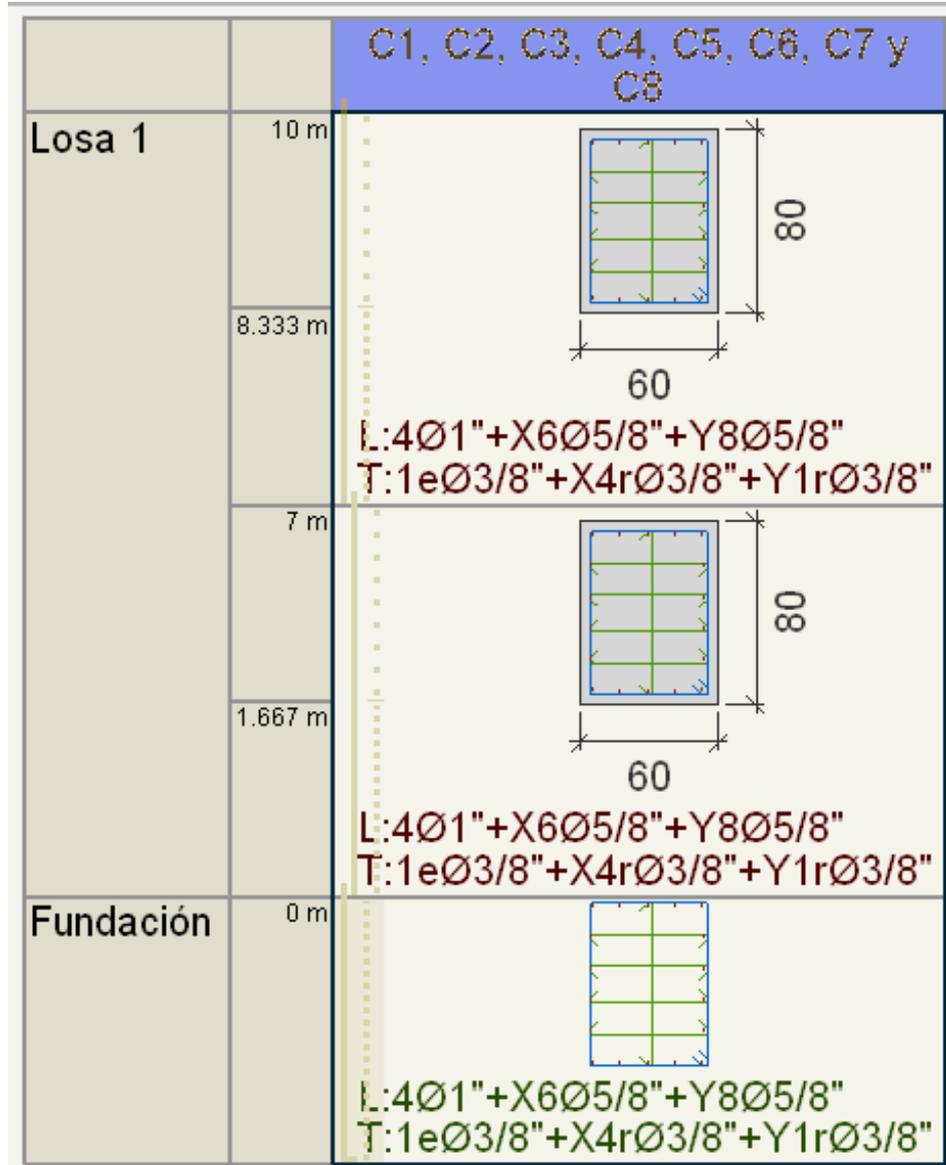


Figura 2. 46 Cuadro de columnas en CYPECAD (armado).

Fuente: CYPECAD.

• **Sección A-A**

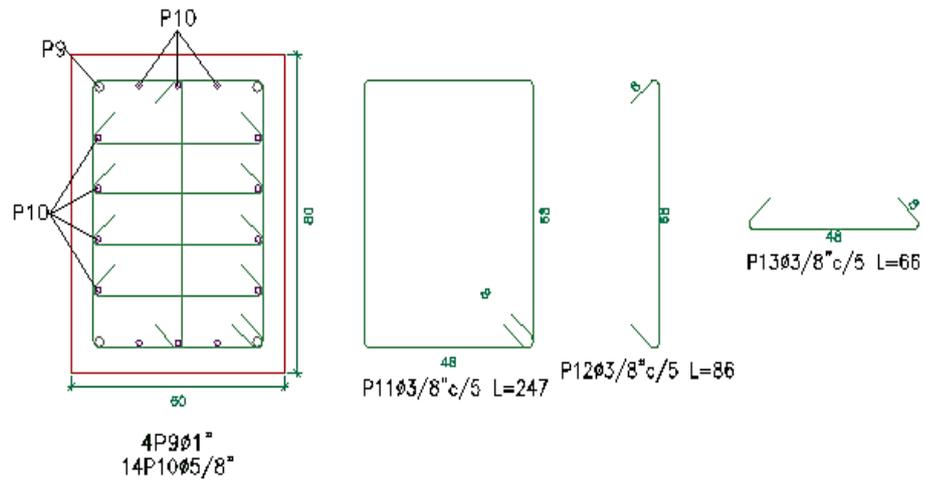


Figura 2. 47 Sección de columna CYPECAD (armado 0-1,7m).
Fuente: CYPECAD.

• **Sección B-B**

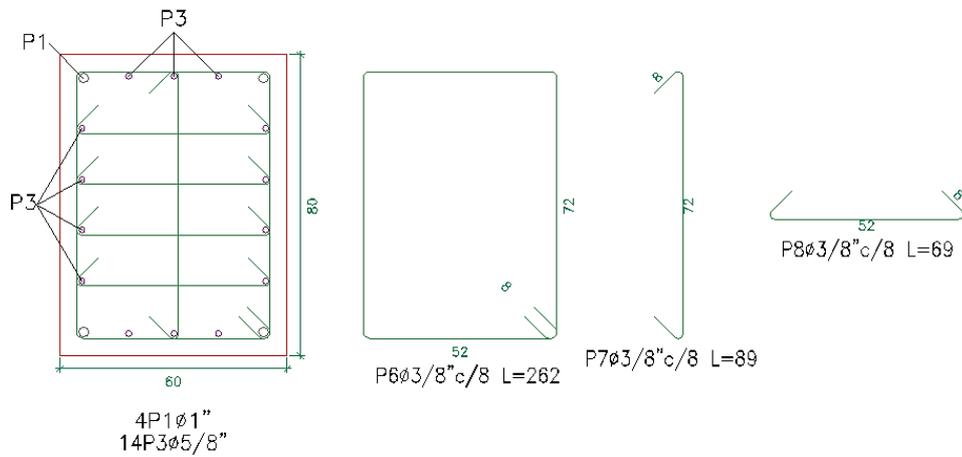


Figura 2. 48 Sección de columna CYPECAD (armado 1,7-8,3m).
Fuente: CYPECAD.

• Sección C-C

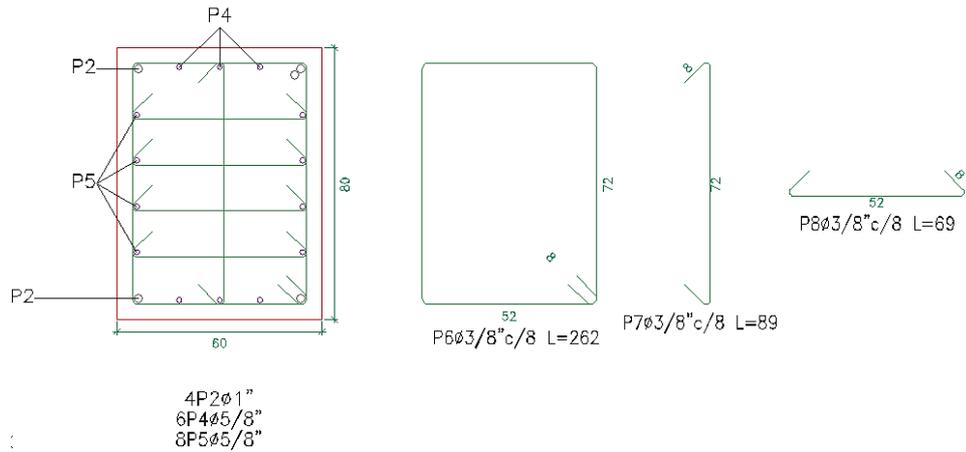


Figura 2. 49 Sección de columna CYPECAD (armado 8,3-10m).
Fuente: CYPECAD.

Elemento	Pos.	Diam.	Diam.	Esquema (cm)	Long(cm)	Total(cm)	Grado 60(Kg)
C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8	1	Ø1"	25mm		840	3360	133,6
	2	Ø1"	25mm		360	1440	57,3
	3	Ø5/8"	16mm		770	10780	168,4
	4	Ø5/8"	16mm		355	2130	33,3
	5	Ø5/8"	16mm		355	2840	44,4
	6	Ø3/8"	10mm		262	40610	227,3
	7	Ø3/8"	10mm		89	13795	77,2
	8	Ø3/8"	10mm		69	42780	239,4
	9	Ø1"	25mm		190	760	30,2
	10	Ø5/8"	16mm		125	1750	27,3
	11	Ø3/8"	10mm		247	741	4,1
	12	Ø3/8"	10mm		86	258	1,4
	13	Ø3/8"	10mm		66	792	1,4
						Total+10%:	1153,1
						(x8):	9224,8
						Ø3/8":	4872,8
						Ø5/8":	2406,4
						Ø1":	1945,6
						Total :	9224,8

Figura 2. 50 Acero de columnas prefabricadas.
Fuente: CYPECAD.

2.3.4.4 Modelación de las columnas

Luego del proceso descrito anteriormente, cumpliendo con todas las normas sísmicas y las cargas adicionales impuestas de la Norma Ecuatoriana de la Construcción se continúa con la modelación de las columnas prefabricadas de hormigón final en CYPECAD.

Además de cumplir con las normativas mencionadas y las cargas adicionales, para el diseño de las columnas intervienen de la misma manera las cargas que son transmitidas de la cubierta metálica, puente grúa, viga cargadora pretensada, que se considera para la correcta modelación.

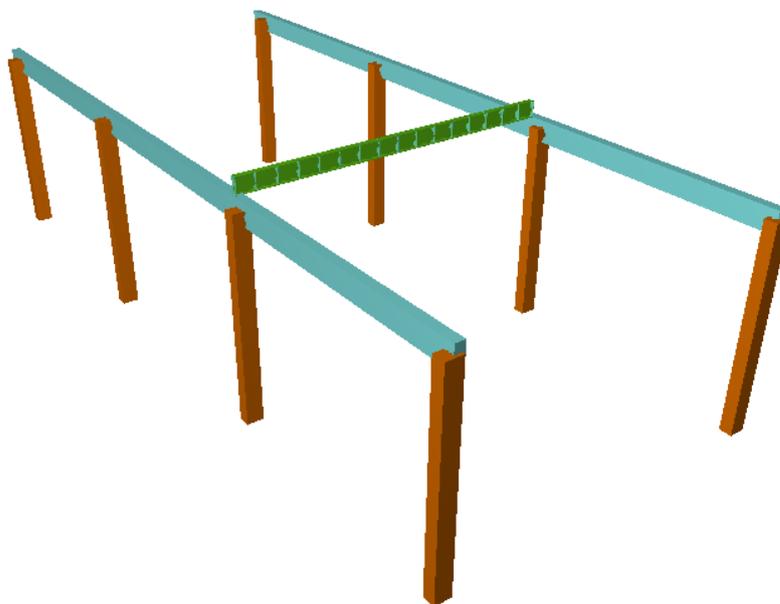


Figura 2. 51 Modelado 3D en CYPECAD.
Fuente: CYPECAD.

2.3.4.5 Deformaciones

Se determina las diferentes deformaciones con el software CYPECAD producidos por el peso propio, cargas adicionales, sismo, para determinar si la estructura de cubierta se encuentra en condiciones apropiadas para su construcción.

De acuerdo a las combinaciones seleccionadas con una hipótesis simple, se observa las deformaciones producidas:

- Deformación producida por el peso propio en las columnas prefabricadas de hormigón.

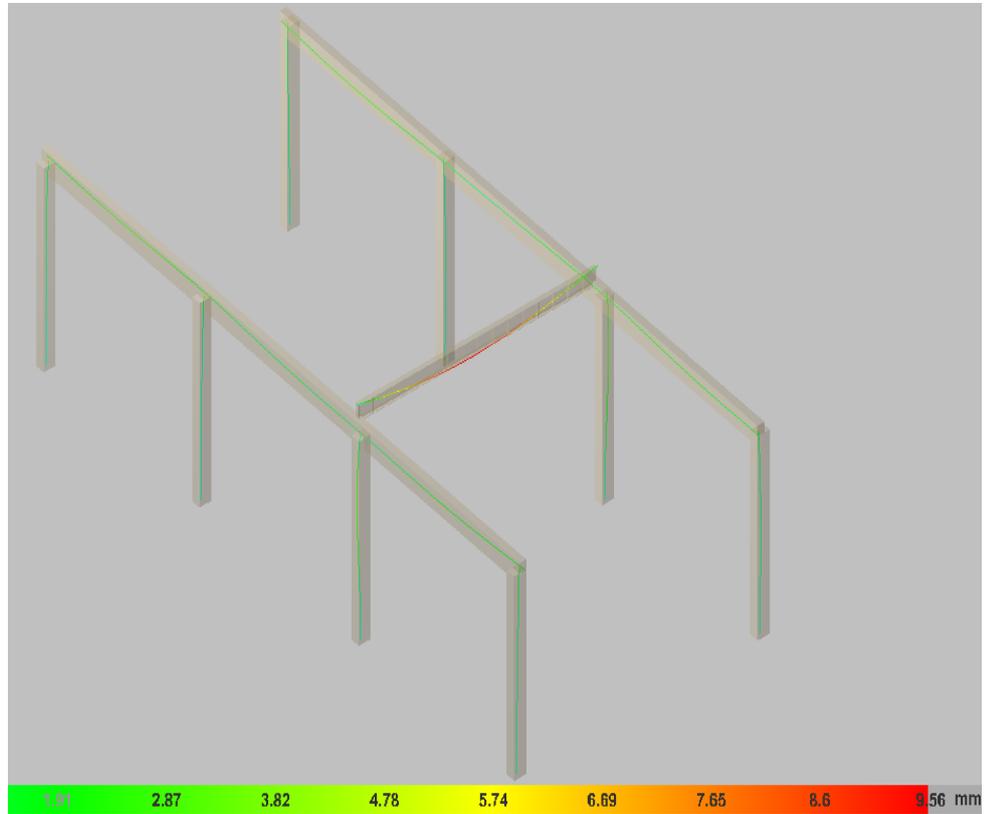


Figura 2. 52 Deformación de columnas en CYPECAD (peso propio).

Fuente: CYPECAD.

- Deformación producida por cargas adicionales en las columnas prefabricadas de hormigón.

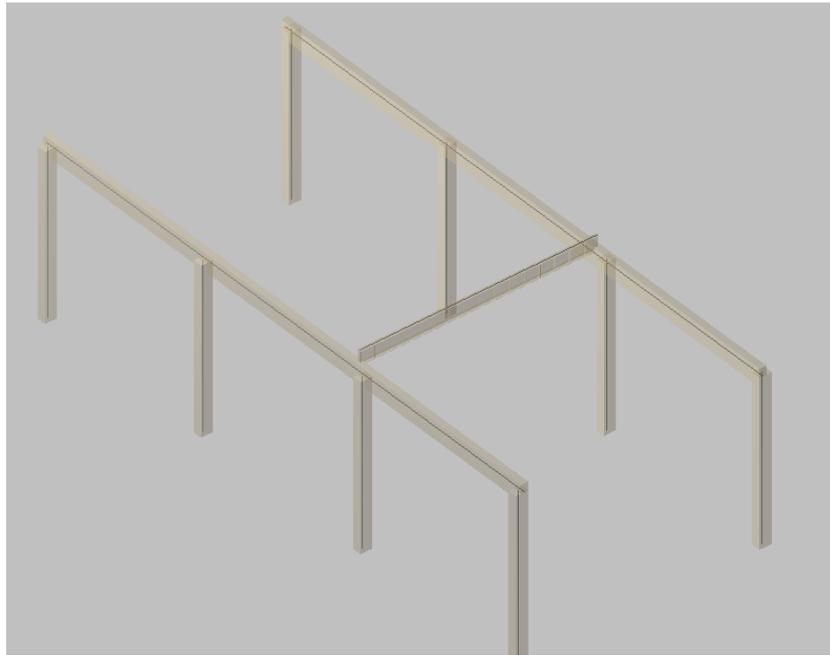


Figura 2. 53 Deformación de columnas en CYPECAD (cargas adicionales).
Fuente: CYPECAD.

- Deformación producida por sismo en las columnas prefabricadas de hormigón.

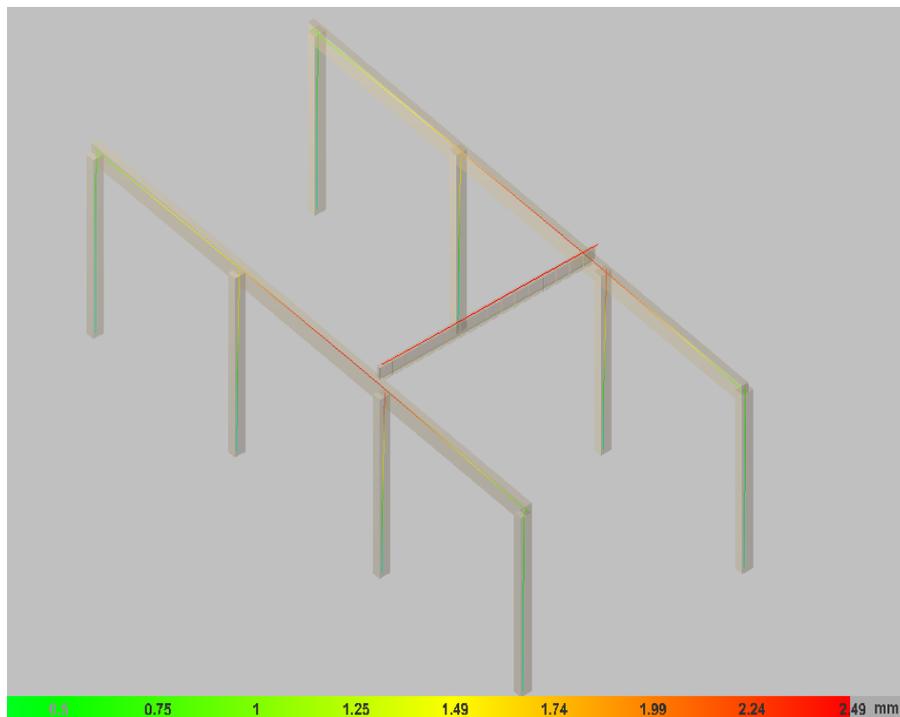


Figura 2. 54 Deformación de columnas en CYPECAD (sismo).
Fuente: CYPECAD.

***NOTA:** El proceso completo de diseño realizado para cada elemento estructural, se puede revisar en el capítulo 3 memoria técnica.

2.4 Diseño de las zapatas prefabricadas de hormigón

La cimentación es un elemento estructural que cumple una de las funciones más importantes, que es transmitir las cargas de todos los elementos estructurales al suelo. Es por ello, que se debe tener conocimiento del suelo donde se van a construir los cimientos de la edificación, ya que la estabilidad de la construcción depende del tipo de terreno donde se encuentre.

Para el proyecto de la nave industrial se utilizará zapatas excéntricas (medianera), debido a la ubicación del terreno que tiene la edificación en el polígono industrial Ecoparque Chaullayacu y se debe cumplir las directrices brindadas por el mismo.

Este tipo de zapatas ayuda como base para los elementos estructurales puntuales como son las columnas prefabricadas de hormigón, para lograr que el suelo soporte sin conflictos las cargas que transmiten como peso propio, cargas adicionales y sismo. Los estados a comprobar de las zapatas son el equilibrio, tensiones sobre el terreno y el hormigón a cortante y flexión.

2.4.1 Resistencia del hormigón

Para el diseño de las zapatas prefabricadas de hormigón, se utilizará un hormigón de

$$f'c = 350 \frac{Kg}{cm^2}.$$

2.4.2 Tipos de aceros

Para el diseño estructural de las zapatas de hormigón prefabricadas se utilizarán

aceros con resistencia de fluencia de $f_y = 4200 \frac{Kg}{cm^2}$.

2.4.3 Predimensionamiento

Para el diseño de las zapatas prefabricadas de hormigón, se verificará el cumplimiento de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), para el acero estructural se usaron las normas de *American Iron and Steel Institute (AISI)*, así como los requisitos del reglamento para concreto estructural (ACI 318-14), además es de importancia recordar la unión columna – zapata de tipo vaso.

A continuación se muestra las características de las zapatas:

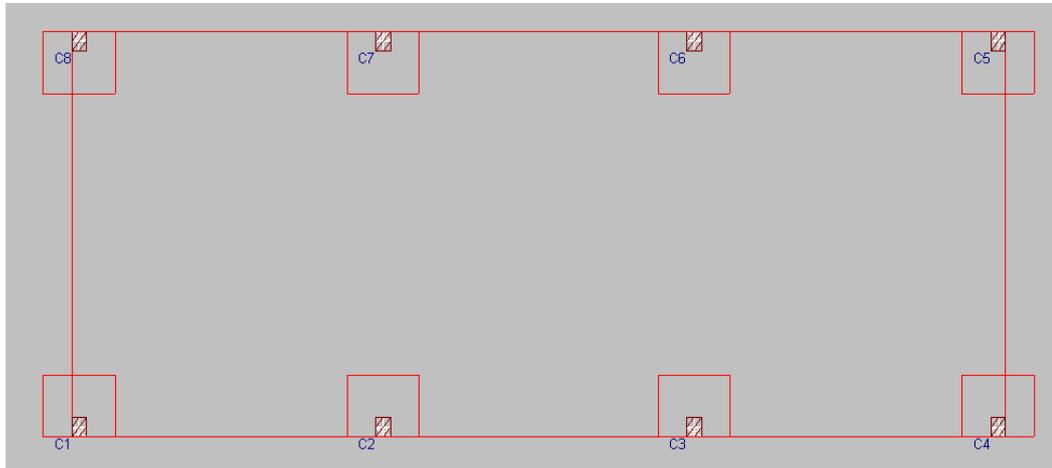


Figura 2. 55 Zapatas medianeras prefabricadas de hormigón corte (planta).
Fuente: CYPECAD.

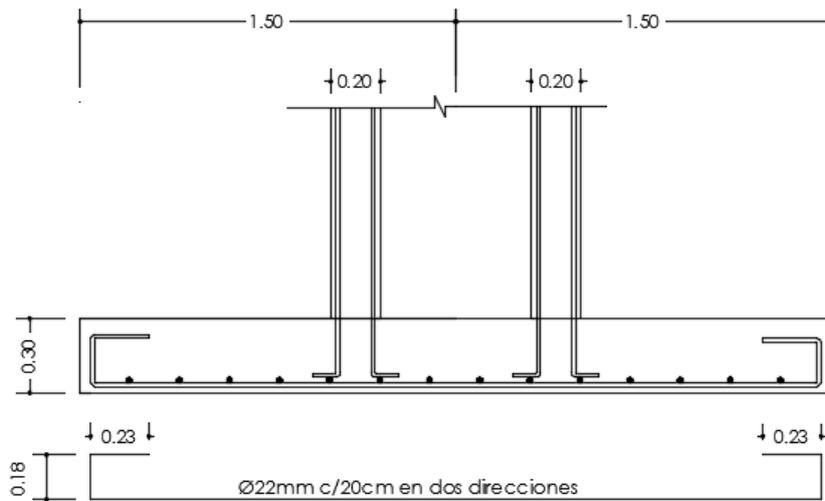


Figura 2. 56 Zapatas medianeras prefabricadas de hormigón corte (frontal).
Fuente: CYPECAD.

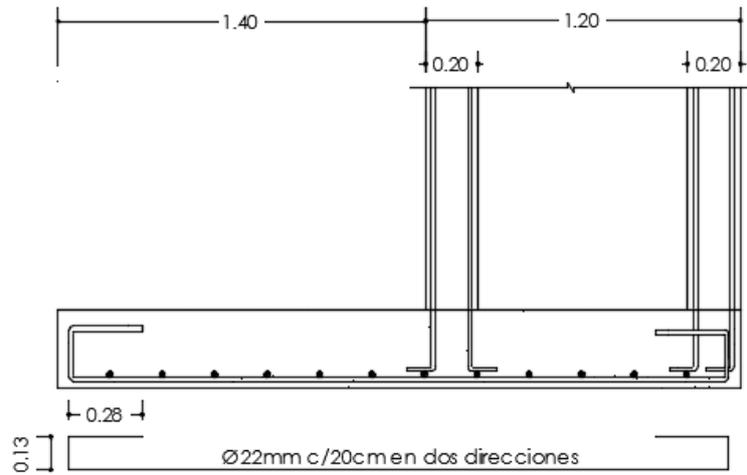


Figura 2.57 Zapatas medianeras prefabricadas de hormigón corte (lateral).
Fuente: CYPECAD.

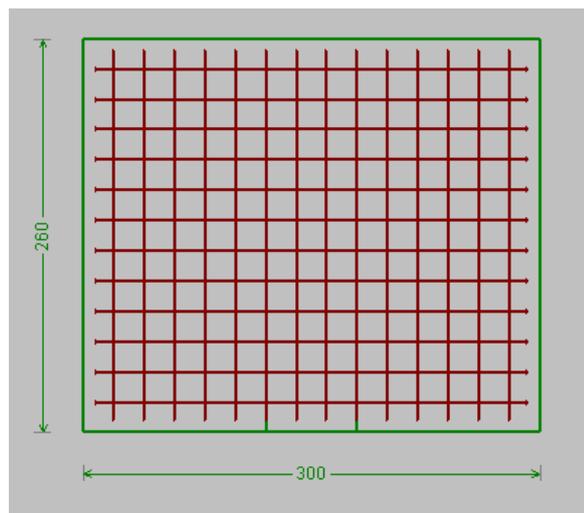


Figura 2.58 Zapatas medianeras prefabricadas de hormigón corte (planta).
Fuente: CYPECAD.

2.4.4 Desarrollo del modelo estructural

Se debe definir las normativas en el software CYPECAD, para el cálculo y modelación de la armadura de cubierta:

Homigón	ACI 318M-11 (USA)
Acero conformado	AISI S100-2007 (LRFD) (USA)
Acero laminado	ANSI/AISC 360-10 (LRFD) (USA)
Madera	Eurocódigo 5 (UE)
Aluminio	Eurocódigo 9
Muros de bloques de homigón	NTCRC (México)
Losas mixtas	Eurocódigo 4

Figura 2.59 Selección de normas CYPECAD.
Fuente: CYPECAD.

CPE INEN 5:2001
 NEC -11
 NEC-SE-DS 2014

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN
 Peligro sísmico. Diseño sismo resistente.

Acción sísmica según X
 Acción sísmica según Y

Método de análisis

Dinámico (modal espectral)
 Estático (fuerza lateral equivalente)

Definición del espectro

Según norma
 Especificado por el usuario

Parámetros de cálculo	Sistema estructural
Fracción de sobrecarga de uso: 0.00	Coficiente de reducción (X): 8.00
Factor multiplicador del espectro: 1.00	Coficiente de reducción (Y): 8.00
Estimación del periodo fundamental de la estructura	Coficiente de regularidad en planta: 0.90
<input checked="" type="radio"/> Según norma <input type="radio"/> Especificado por el usuario	Coficiente de regularidad en elevación: 0.90
<input type="checkbox"/> Altura del edificio Tipología estructural (X): <input type="radio"/> I <input type="radio"/> II <input checked="" type="radio"/> III <input type="radio"/> IV Tipología estructural (Y): <input type="radio"/> I <input type="radio"/> II <input checked="" type="radio"/> III <input type="radio"/> IV	Geometría en altura: <input checked="" type="radio"/> Regular <input type="radio"/> Irregular

Caracterización del emplazamiento

Zona sísmica I II III IV V VI
 Sierra, Esmeraldas y Galápagos

Región sísmica Costa (excepto Esmeraldas)
 Oriente

Aplicar reducción a todos los modos excepto al modo fundamental

Tipo de suelo

A B C **D** E
 Perfiles de suelos rígidos ($360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$)

Importancia de la obra

Edificaciones esenciales y/o peligrosas
 Estructuras de ocupación especial
 Otras estructuras

Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.

Figura 2.60 Requisitos para el diseño en CYPECAD.
Fuente: CYPECAD.

2.4.4.1 Espectro de cálculo

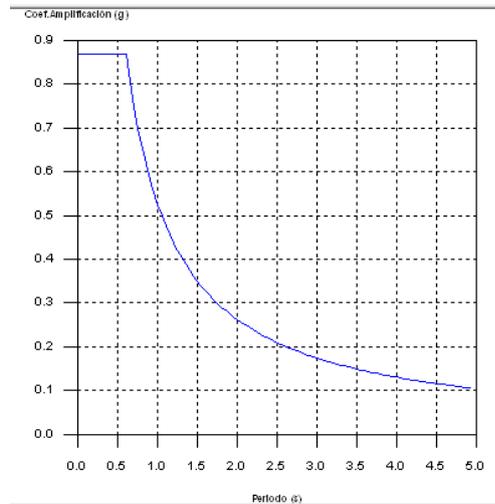


Figura 2.61 Espectro de cálculo.
Fuente: CYPECAD.

2.4.4.2 Cargas adicionales

Hipótesis	Automáticas		Adicionales	
	Valor	Icono	Valor	Icono
Peso propio	1		--	
Cargas permanentes	1		1	
Postesado	0		--	
Empujes del terreno	-		0	
Sobrecarga de uso	1		1	
Temperatura	-		0	
Retracción	-		0	
Viento	0		0	
Nieve	-		1	
Sismo	2		0	
Accidental	-		0	

Figura 2.62 Hipótesis adicionales (cargas especiales).
Fuente: CYPECAD.

2.4.4.3 Modelación

Luego del proceso descrito anteriormente, cumpliendo con todas las normas sísmicas y las cargas adicionales impuestas de la Norma Ecuatoriana de la Construcción se continúa con la modelación de las zapatas prefabricadas de hormigón final en CYPECAD.

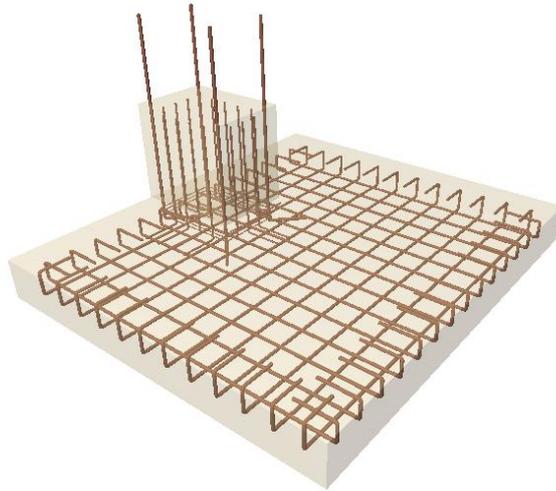


Figura 2.63 Modelación zapata medianera en 3D (lateral).
Fuente: CYPECAD.

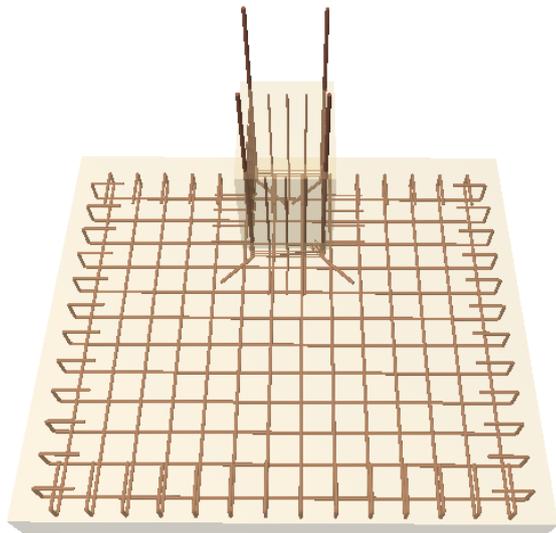


Figura 2.64 Modelación zapata medianera en 3D (frontal).
Fuente: CYPECAD.

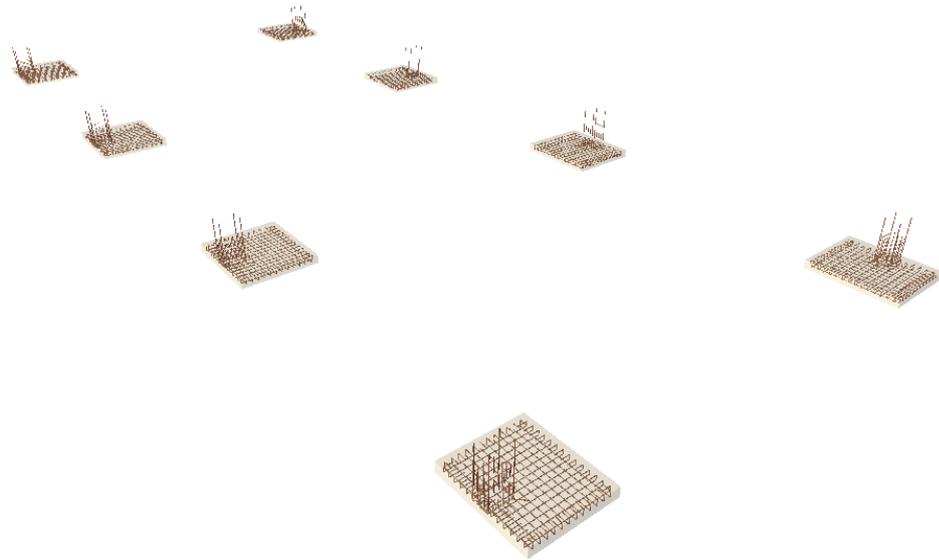


Figura 2.65 Modelación zapata medianera en 3D.
Fuente: CYPECAD.

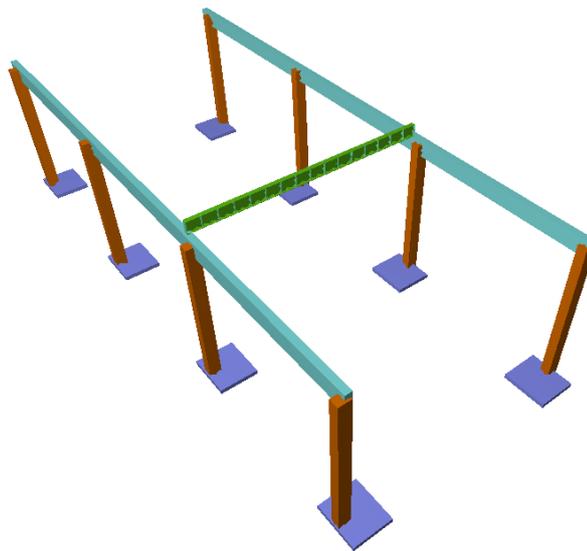


Figura 2.66 Modelación en 3D.
Fuente: CYPECAD.

***NOTA:** El proceso completo de diseño realizado para cada elemento estructural, se puede revisar en el capítulo 3 memoria técnica.

CAPÍTULO 3

MEMORIA TÉCNICA

3.1 Diseño estructural de la armadura metálica empotrada, a través del software CYPECAD

3.1.1 Datos de obra

3.1.2 Normas consideradas

Acero conformado: AISI S100-2007 (LRFD).

Aceros laminados y armados: ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Categoría de uso: Cubiertas.

3.1.3 Estados límite

Tabla 3.1 Estado límite (AISI-ASCE)

E.L.U. de rotura. Acero conformado	AISI/NASPEC-2007 (LRFD) ASCE 7
E.L.U. de rotura. Acero laminado	AISC 360-10 (LRFD) ASCE 7
Desplazamientos	Acciones características

Fuente: CYPE 3D.

3.1.3.1 Situaciones del proyecto

Para las distintas situaciones del proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Situaciones persistentes o transitorias.

- Situaciones sísmicas.

Dónde:

G_k : Acción permanente.

P_k : Acción de pretensado.

Q_k : Acción variable.

A_E : Acción sísmica.

γ_G : Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes.

γ_P : Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado.

$\gamma_{Q,1}$: Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal.

$\gamma_{Q,i}$: Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento.

γ_{AE} : Coeficiente parcial de seguridad de la acción sísmica.

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Acero conformado: AISI S100-2007 (LRFD).

Tabla 3.2 Estado límite a utilizar, [1] (ASCE/SEI 7-05).

[1] (ASCE/SEI 7-05)	
	Combinación de acciones

	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.400	1.400
Sobrecarga (L)		
Nieve (S)		

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.3 Estado límite a utilizar, [2 Lr] (ASCE/SEI 7-05).

[2 Lr] (ASCE/SEI 7-05)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)	0.000	0.500
Nieve (S)		

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.4 Estado limite a utilizar, [2 S] (ASCE/SEI 7-05).

[2 S] (ASCE/SEI 7-05)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)		
Nieve (S)	0.000	0.500

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.5 Estado limite a utilizar, [3 Lr, L] (ASCE/SEI 7-05).

[3 Lr, L] (ASCE/SEI 7-05)

	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)	0.000	1.600
Nieve (S)		

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.6 Estado limite a utilizar, [3 S, L] (ASCE/SEI 7-05).

[3 S, L] (ASCE/SEI 7-05)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)		
Nieve (S)	1.600	1.600

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.7 Estado límite a utilizar, [3 Lr, W] (ASCE/SEI 7-05).

[3 Lr, W] (ASCE/SEI 7-05)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)	0.000	1.600
Nieve (S)		

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.8 Estado límite a utilizar, [3 S, W] (ASCE/SEI 7-05).

[3 S, W] (ASCE/SEI 7-05)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)		
Nieve (S)	1.600	1.600

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.9 Estado límite a utilizar, [4 Lr] (ASCE/SEI 7-05).

[4 Lr] (ASCE/SEI 7-05)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)	0.000	0.500
Nieve (S)		

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.10 Estado límite a utilizar, [4 S] (ASCE/SEI 7-05).

[4 S] (ASCE/SEI 7-05)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)		
Nieve (S)	0.000	0.500

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.11 Estado límite a utilizar, [5] (ASCE/SEI 7-05).

[5] (ASCE/SEI 7-05)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)		
Nieve (S)	0.000	0.200
Sismo (E)	-1.000	1.000

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.12 Estado límite a utilizar, [6] (ASCE/SEI 7-05).

[6] (ASCE/SEI 7-05)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	0.900	0.900
Sobrecarga (L)		
Nieve (S)		

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.13 Estado límite a utilizar, [7] (ASCE/SEI 7-05).

[7] (ASCE/SEI 7-05)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	0.900	0.900
Sobrecarga (L)		
Nieve (S)		

[7] (ASCE/SEI 7-05)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Sismo (E)	-1.000	1.000

Fuente: CYPE 3D.

E.L.U. de rotura. Acero laminado: ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Tabla 3.14 Estado límite a utilizar, [1] (ASCE/SEI 7-10).

[1] (ASCE/SEI 7-10)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.400	1.400
Sobrecarga (L)		
Nieve (S)		

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.15 Estado límite a utilizar, [2 Lr] (ASCE/SEI 7-10).

[2 Lr] (ASCE/SEI 7-10)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)	0.000	0.500
Nieve (S)		

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.16 Estado límite a utilizar, [2 S] (ASCE/SEI 7-10).

[2 S] (ASCE/SEI 7-10)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)		
Nieve (S)	0.000	0.500

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.17 Estado límite a utilizar, [3 Lr, L] (ASCE/SEI 7-10).

[3 Lr, L] (ASCE/SEI 7-10)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)	0.000	1.600
Nieve (S)		

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.18 Estado límite a utilizar, [3 S, L] (ASCE/SEI 7-10).

[3 S, L] (ASCE/SEI 7-10)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)		
Nieve (S)	1.600	1.600

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.19 Estado límite a utilizar, [3 Lr, W] (ASCE/SEI 7-10).

[3 Lr, W] (ASCE/SEI 7-10)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)	0.000	1.600
Nieve (S)		

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.20 Estado límite a utilizar, [3 S, W] (ASCE/SEI 7-10).

[3 S, W] (ASCE/SEI 7-10)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)		
Nieve (S)	1.600	1.600

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.21 Estado límite a utilizar, [4 Lr] (ASCE/SEI 7-10).

[4 Lr] (ASCE/SEI 7-10)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)	0.000	0.500
Nieve (S)		

Fuente: CYPE 3D

Tabla 3.22 Estado límite a utilizar, [4 S] (ASCE/SEI 7-10).

[4 S] (ASCE/SEI 7-10)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)		
Nieve (S)	0.000	0.500

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.23 Estado límite a utilizar, [5] (ASCE/SEI 7-10).

[5] (ASCE/SEI 7-10)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)		
Nieve (S)	0.000	0.200
Sismo (E)	-1.000	1.000

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.24 Estado límite a utilizar, [6] (ASCE/SEI 7-10).

[6] (ASCE/SEI 7-10)	
	Combinación de acciones

	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	0.900	0.900
Sobrecarga (L)		
Nieve (S)		

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.25 Estado límite a utilizar, [7] (ASCE/SEI 7-10).

[7] (ASCE/SEI 7-10)		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	0.900	0.900
Sobrecarga (L)		
Nieve (S)		
Sismo (E)	-1.000	1.000

Fuente: CYPE 3D.

Desplazamientos:

Tabla 3.26 Acciones variables sin sismo.

Acciones variables sin sismo		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.000	1.000
Sobrecarga (L)	0.000	1.000
Nieve (S)	0.000	1.000

Fuente: CYPE 3D.

Tabla 3.27 Acciones variables con sismo.

Sísmica		
	Combinación de acciones	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.000	1.000
Sobrecarga (L)	0.000	1.000
Nieve (S)	0.000	1.000
Sismo (E)	-1.000	1.000

Fuente: CYPE 3D.

3.1.4 Combinaciones

- Nombres de las hipótesis.

PP: Peso propio.

CM 1: CM 1

Q 1: Q 1

N 1: N 1

SX: Sismo X

SY: Sismo Y

- E.L.U. de rotura. Acero conformado
- E.L.U. de rotura. Acero laminado

Tabla 3. 28 Combinaciones (PP, CM1, Q1, N1, SX, SY)

Comb.	PP	CM 1	Q 1	N 1	SX	SY
1	1.400	1.400				
2	1.200	1.200				

Comb.	PP	CM 1	Q 1	N 1	SX	SY
3	1.200	1.200	1.600			
4	1.200	1.200		1.600		
5	1.200	1.200			-1.000	
6	1.200	1.200		0.200	-1.000	
7	1.200	1.200			1.000	
8	1.200	1.200		0.200	1.000	
9	1.200	1.200				-1.000
10	1.200	1.200		0.200		-1.000
11	1.200	1.200				1.000
12	1.200	1.200		0.200		1.000
13	0.900	0.900				
14	0.900	0.900			-1.000	
15	0.900	0.900			1.000	
16	0.900	0.900				-1.000
17	0.900	0.900				1.000

Fuente: CYPE 3D.

■ Desplazamientos

Tabla 3.29 Desplazamientos (PP, CM1, Q1, N1, SX, SY)

Comb.	PP	CM 1	Q 1	N 1	SX	SY
1	1.000	1.000				
2	1.000	1.000	1.000			
3	1.000	1.000		1.000		
4	1.000	1.000	1.000	1.000		
5	1.000	1.000			-1.000	
6	1.000	1.000	1.000		-1.000	
7	1.000	1.000		1.000	-1.000	
8	1.000	1.000	1.000	1.000	-1.000	

Comb.	PP	CM 1	Q 1	N 1	SX	SY
9	1.000	1.000			1.000	
10	1.000	1.000	1.000		1.000	
11	1.000	1.000		1.000	1.000	
12	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
13	1.000	1.000				-1.000
14	1.000	1.000	1.000			-1.000
15	1.000	1.000		1.000		-1.000
16	1.000	1.000	1.000	1.000		-1.000
17	1.000	1.000				1.000
18	1.000	1.000	1.000			1.000
19	1.000	1.000		1.000		1.000
20	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000

Fuente: CYPE 3D.

3.1.5 Sismo

Norma utilizada: NEC-SE-DS 2014.

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN.

Peligro sísmico. Diseño sismo resistente.

Método de cálculo: Análisis modal espectral (NEC-SE-DS 2014, 6.2.2e).

3.1.6 Datos generales del sismo

3.1.7 Caracterización del emplazamiento

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): II.

Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos.

Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): C.

3.1.8 Sistema estructural

R_x: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16)

R_x : 6.00

R_Y : Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16)	R_Y : <u>6.00</u>
\square_P : Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a)	\square_P : <u>0.90</u>
\square_E : Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b)	\square_E : <u>0.90</u>
Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Regular	

Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1): Otras estructuras.

3.1.9 Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma.

Fracción de sobrecarga de uso : 0.25

Factor multiplicador del espectro : 1.00

No se realiza análisis de los efectos de 2° orden.

Direcciones de análisis:

Acción sísmica según X.

3.1.10 Estructura

3.1.10.1 Geometría

3.1.10.2 Nudos

Referencias:

$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$: Desplazamientos prescritos en ejes globales.

$\theta_x, \theta_y, \theta_z$: Giros prescritos en ejes globales.

Tabla 3.30 Desplazamientos y giros en nudos

Nudos										
Referencia	Coordenadas			Vinculación exterior						Vinculación interior
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Δ_x	Δ_y	Δ_z	θ_x	θ_y	θ_z	
N1	0.000	0.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N2	0.000	0.000	0.400	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N3	0.000	16.400	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N4	0.000	16.400	0.400	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N5	0.000	8.200	1.800	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N6	0.000	8.200	0.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N7	0.000	6.560	0.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N8	0.000	4.920	0.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N9	0.000	3.280	0.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N10	0.000	1.640	0.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N11	0.000	6.560	1.520	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N12	0.000	4.920	1.240	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N13	0.000	3.280	0.960	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N14	0.000	1.640	0.680	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N15	0.000	9.840	1.520	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N16	0.000	11.480	1.240	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N17	0.000	13.120	0.960	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N18	0.000	14.760	0.680	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N19	0.000	9.840	0.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N20	0.000	11.480	0.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N21	0.000	13.120	0.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N22	0.000	14.760	0.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N23	-13.000	0.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado

Fuente: CYPE 3D

***Nota:** La tabla completa de nudos se encuentra en el Anexo 5.

3.1.11 Barras

3.1.11.1 Materiales utilizados

Tabla 3.31 Módulos del material

Materiales utilizados							
Material		E	ν	G	f_y	$\alpha \cdot t$	γ
Tipo	Designación	(kp/cm ²)		(kp/cm ²)	(kp/cm ²)	(m/m°C)	(t/m ³)
Acero laminado	A36	2038736.0	0.300	815494.4	2548.4	0.000012	7.850

Materiales utilizados							
Material		E	ν	G	f_y	α_t	γ
Tipo	Designación	(kp/cm ²)		(kp/cm ²)	(kp/cm ²)	(m/m°C)	(t/m ³)
Acero conformado	ASTM A 36 36 ksi	2069317.0	0.300	795891.2	2548.4	0.000012	7.850

Notación:
E: Módulo de elasticidad
 ν : Módulo de poisson
G: Módulo de elasticidad transversal
 f_y : Límite elástico
 α_t : Coeficiente de dilatación
 γ : Peso específico

Fuente: CYPE 3D.

3.1.12 Descripción

Tabla 3.32 Especificaciones del material.

Descripción									
Material		Barra	Pieza	Perfil(Serie)	Longitud	β_{xy}	β_{xz}	Lb ^{Sup.}	Lb ^{Inf.}
Tipo	Designación	(Ni/Nf)	(Ni/Nf)		(m)			(m)	(m)
Acero laminado	A36	N1/N10	N1/N3	U 200 x 100 x6 (U)	1.640	1.00	1.00	-	-
		N10/N9	N1/N3	U 200 x 100 x6 (U)	1.640	1.00	1.00	-	-
		N9/N8	N1/N3	U 200 x 100 x6 (U)	1.640	1.00	1.00	-	-
		N8/N7	N1/N3	U 200 x 100 x6 (U)	1.640	1.00	1.00	-	-
		N7/N6	N1/N3	U 200 x 100 x6 (U)	1.640	1.00	1.00	-	-
		N6/N19	N1/N3	U 200 x 100 x6 (U)	1.640	1.00	1.00	-	-
		N19/N20	N1/N3	U 200 x 100 x6 (U)	1.640	1.00	1.00	-	-
		N20/N21	N1/N3	U 200 x 100 x6 (U)	1.640	1.00	1.00	-	-
		N21/N22	N1/N3	U 200 x 100 x6 (U)	1.640	1.00	1.00	-	-
		N22/N3	N1/N3	U 200 x 100 x6 (U)	1.640	1.00	1.00	-	-
		N2/N14	N2/N5	U 200 x 100 x6 (U)	1.664	1.00	1.00	-	-
		N14/N13	N2/N5	U 200 x 100 x6 (U)	1.664	1.00	1.00	-	-
		N13/N12	N2/N5	U 200 x 100 x6 (U)	1.664	1.00	1.00	-	-
N12/N11	N2/N5	U 200 x 100 x6 (U)	1.664	1.00	1.00	-	-		

Fuente: CYPE 3D

***Nota:** La tabla completa de las características de material se encuentra en el Anexo 6

3.1.13 Características mecánicas del material de cubierta

Tabla 3.33 Características mecánicas.

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm ²)	Avy (cm ²)	Avz (cm ²)	Iyy (cm ⁴)	Izz (cm ⁴)	It (cm ⁴)
Tipo	Designación								
Acero laminado	A36	1	U 200 x 100 x6, (U)	23.28	9.00	10.15	1461.67	228.78	2.79
		2	L 50 x 50 x 6, (L)	5.69	2.64	2.64	12.84	12.84	0.68
		3	R 14, (R)	1.54	1.39	1.39	0.19	0.19	0.38
		4	R 12, (R)	1.13	1.02	1.02	0.10	0.10	0.20
Acero conformado	ASTM A 36 36 ksi	5	CF-100x5.0, (C)	9.19	2.92	5.00	129.00	16.86	0.77

Notación:
Ref.: Referencia
A: Área de la sección transversal
Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
It: Inercia a torsión
Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

Fuente: CYPE 3D.

3.1.14 Tabla de cómputo

Tabla 3.34 Tabla de cómputo.

Tabla de cómputo						
Material		Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m ³)	Peso (kg)
Tipo	Designación					
Acero laminado	A36	N1/N3	U 200 x 100 x6 (U)	16.400	0.038	299.71
		N2/N5	U 200 x 100 x6 (U)	8.319	0.019	152.02
		N4/N5	U 200 x 100 x6 (U)	8.319	0.019	152.02
		N1/N2	L 50 x 50 x 6 (L)	0.400	0.000	1.79
		N3/N4	L 50 x 50 x 6 (L)	0.400	0.000	1.79
		N10/N2	L 50 x 50 x 6 (L)	1.688	0.001	7.54
		N10/N14	L 50 x 50 x 6 (L)	0.680	0.000	3.04
		N9/N14	L 50 x 50 x 6 (L)	1.775	0.001	7.93
		N9/N13	L 50 x 50 x 6 (L)	0.960	0.001	4.29
		N8/N13	L 50 x 50 x 6 (L)	1.900	0.001	8.49
		N8/N12	L 50 x 50 x 6 (L)	1.240	0.001	5.54
		N7/N12	L 50 x 50 x 6 (L)	2.056	0.001	9.18
		N7/N11	L 50 x 50 x 6 (L)	1.520	0.001	6.79
		N6/N11	L 50 x 50 x 6 (L)	2.236	0.001	9.99
N6/N5	L 50 x 50 x 6 (L)	1.800	0.001	8.04		

Fuente: CYPE 3D.

***Nota:** La tabla completa del cómputo se encuentra en el Anexo 7

3.1.15 Resumen de cómputo

Tabla 3.35 Resumen de cómputo.

Resumen de cómputo												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfi l (m)	Serie (m)	Mate rial (m)	Per fil (m ³)	Ser ie (m ³)	Mate rial (m ³)	Perfi l (kg)	Seri e (kg)	Mate rial (kg)
Acero lamina do	A36	U	U 200 x 100 x6	132. 149	132.1 49	1310. 484	0.3 08	0.3 08	0.51 5	2415 .00	2415 .00	4039 .49
			L 50 x 50 x 6	122. 847			0.0 70			548. 71		
			L	R 14	122.8 47		0.0 70	548. 71				
				R 12	432. 624		0.0 67	522. 79				
				R 12	622. 864		0.0 70	552. 99				
		R			1055. 488	0.1 37	1075 .78					
Acero confor mado	ASTM A 36 36 ksi	C	CF- 100x5.0	429. 000	429.0 00	429.0 00	0.3 94	0.3 94	0.39 4	3095 .71	3095 .71	3095 .71

Fuente: CYPE 3D.

3.1.16 Cómputo de superficies

Tabla 3.36 Superficie a pintar.

Perfiles de acero: Cómputo de las superficies a pintar					
Tipo	Serie	Perfil	Superficie unitaria (m ² /m)	Longitud (m)	Superficie (m ²)

Perfiles de acero: Cómputo de las superficies a pintar					
Tipo	Serie	Perfil	Superficie unitaria (m ² /m)	Longitud (m)	Superficie (m ²)
Acero laminado	U	U 200 x 100 x6	0.788	132.149	104.134
	L	L 50 x 50 x 6	0.200	122.847	24.569
	R	R 14	0.044	432.624	19.028
		R 12	0.038	622.864	23.481
	Subtotal				
Acero conformado	C	CF-100x5.0	0.378	429.000	162.026
	Subtotal				
Total					333.238

Fuente: CYPE 3D.

3.1.17 Cargas

3.1.17.1 Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la

distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: t
- Momentos puntuales: t·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: t/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

3.1.18 Cargas en barras

Tabla 3.37 Cargas en barras.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N1/N10	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N10/N9	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N8	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N7	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N6	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N6/N19	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N19/N20	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N20/N21	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N21/N22	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N22/N3	Peso propio	Uniforme	0.018	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Fuente: CYPE 3D

***Nota:** La tabla completa de las cargas en barras se encuentra en el Anexo 8

3.1.19 Resultados

3.1.19.1 Sismo

Norma utilizada: NEC-SE-DS 2014

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN

Peligro sísmico. Diseño sismo resistente.

Método de cálculo: Análisis modal espectral (NEC-SE-DS 2014, 6.2.2e).

3.1.19.2 Espectro de cálculo

3.1.19.3 Espectro elástico de aceleraciones

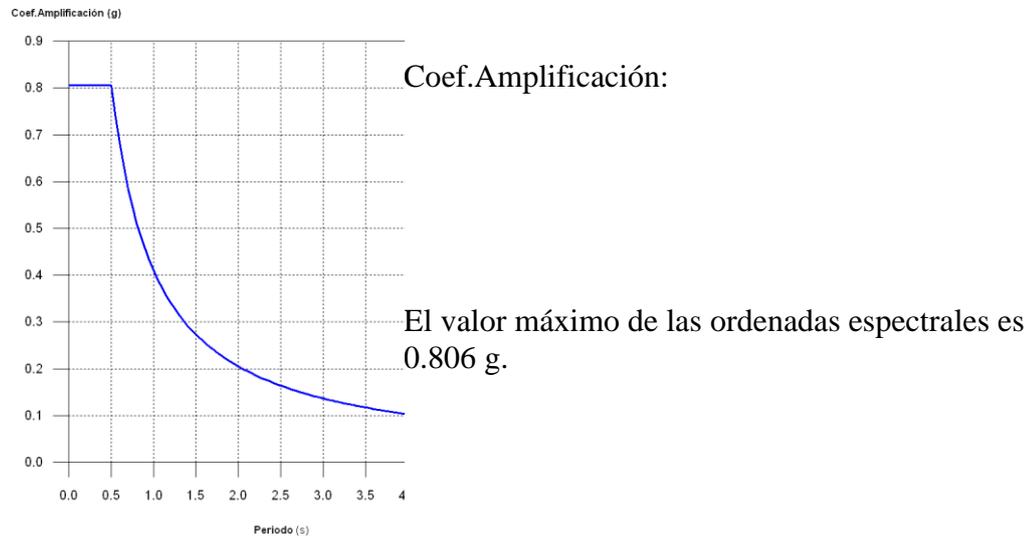


Figura 3.1 Espectro elástico.

Fuente: CYPE 3D.

Parámetros necesarios para la definición del espectro

Z: Factor de zona (NEC-SE-DS 2014, Tabla 1)	Z : 0.25
Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): II	<hr style="width: 50px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>
h: Relación de amplificación espectral (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1)	η : 2.48
Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos	<hr style="width: 50px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>
F _a : Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 3)	F_a : 1.30
F _d : Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 4)	F_d : 1.28
F _s : Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 5)	F_s : 0.94
Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): C	<hr style="width: 50px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>
Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): II	

I: Factor de importancia (NEC-SE-DS 2014, Tabla 6) **I : 1.00**
 Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1): Otras estructuras

r: Exponente que define la rama descendente del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1). **r : 1.00**
 Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): C

T_c: Período límite superior de la rama de aceleración constante del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1). **T_c : 0.51 s**

3.1.21 Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente ($R \cdot F_P \cdot F_E$) correspondiente a cada dirección de análisis.

Factor de comportamiento / Coeficiente de ductilidad

R_X: Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) **R_X : 6.00**
R_Y: Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16) **R_Y : 6.00**
F_P: Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a) **F_P : 0.90**
F_E: Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b) **F_E : 0.90**

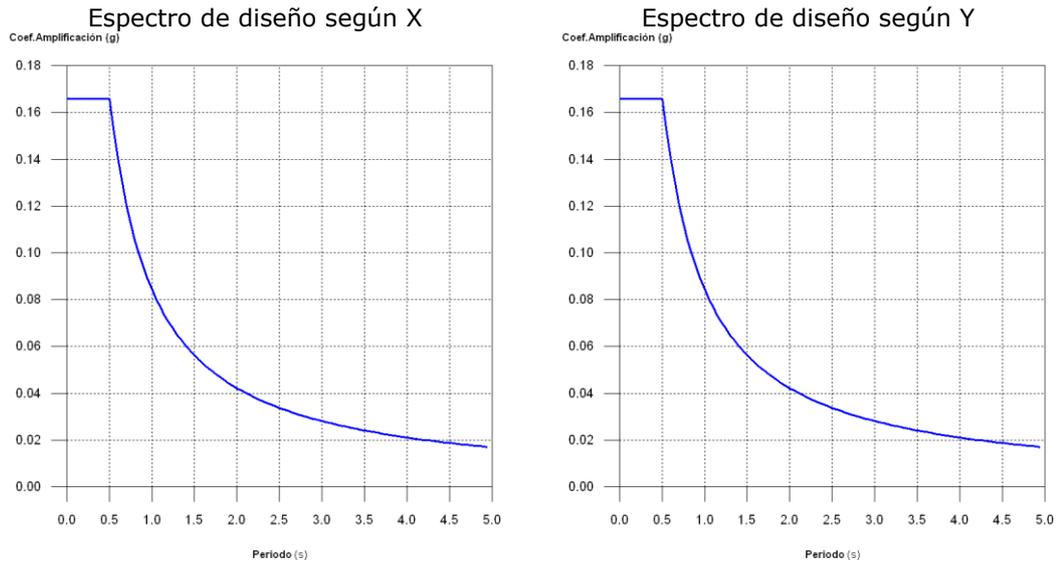


Figura 3.2 Espectro de diseño de aceleraciones (x-y)

Fuente: CYPE 3D

3.1.22 Coeficientes de participación

Tabla 3.38 Coeficientes de participación.

Modo	T	L _x	L _y	M _x	M _y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.256	0	1	0 %	2.75 %	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 2.70186 mm	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 2.70186 mm
Modo 2	0.343	0.127	0.9919	0 %	8.52 %	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 4.83861 mm	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 4.83861 mm
Modo 3	0.339	0	1	0 %	9.06 %	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 4.73231 mm	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 4.73231 mm
Modo 4	0.167	1	0	0 %	0 %	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 1.14722 mm	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 1.14722 mm
Modo 5	0.148	1	0	22.73 %	0 %	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 0.90434 mm	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 0.90434 mm
Modo 6	0.167	1	0	0 %	0 %	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 1.14722 mm	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 1.14722 mm
Modo 7	0.308	0	1	0 %	2.74 %	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 3.91354 mm	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 3.91354 mm
Modo 8	0.308	0	1	0 %	2.74 %	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 3.91354 mm	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 3.91354 mm
Modo 9	0.139	1	0	18.73 %	0 %	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 0.79603 mm	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 0.79603 mm
Modo 10	0.139	1	0	18.73 %	0 %	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 0.79603 mm	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 0.79603 mm

Modo	T	L _x	L _y	M _x	M _y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 11	0.310	0	1	0 %	2.75 %	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 3.95172 mm	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 3.95172 mm
Modo 12	0.167	1	0	0 %	0 %	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 1.14722 mm	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 1.14722 mm
Modo 13	0.129	0	1	0 %	3.38 %	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 0.68676 mm	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 0.68676 mm
Modo 14	0.335	0.9999	0.0101	14.16 %	0.06 %	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 4.62024 mm	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 4.62024 mm
Modo 15	0.328	0.2893	0.9572	0.01 %	6.61 %	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 4.42957 mm	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 4.42957 mm
Modo 16	0.324	0.0903	0.9959	0 %	2.41 %	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 4.32591 mm	R = 4.86 A = 1.627 m/s ² D = 4.32591 mm

Fuente: CYPE 3D.

***Nota:** La tabla completa de los coeficientes de participación se encuentra en el Anexo 9

Dónde:

T: Periodo de vibración en segundos.

L_x, L_y: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

M_x, M_y: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

3.1.23 Representación de los periodos modales

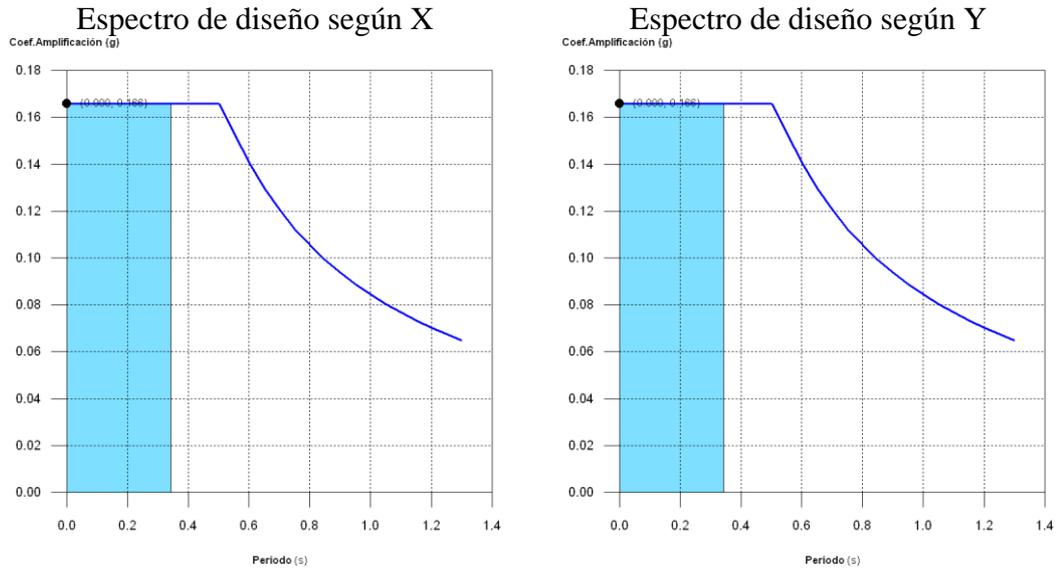


Figura 3.3 Periodos modales (espectro de diseño).

Fuente: CYPE 3D.

Se representa el rango de períodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Tabla 3.39 Hipótesis sismo (X1 – Y1).

Hipótesis Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 96	0.000	0.166

Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 96	0.000	0.166

Fuente: CYPE 3D.

3.2 Diseño estructural manual de la viga prefabricada pretensada

Datos Generales:

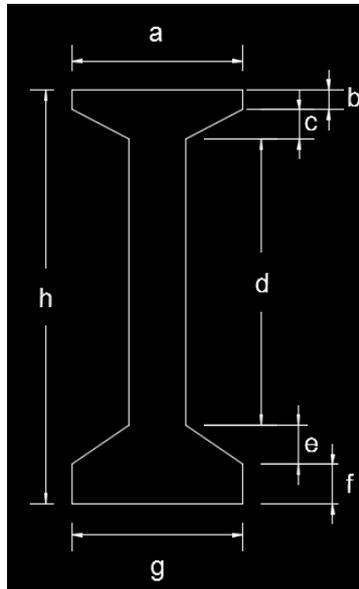


Figura 3. 4 Dimensiones de viga tipo I.

Tabla 3. 40 Dimensiones de viga tipo I

DATOS VIGA (cm)	
Ancho "a" parte superior	45
Ancho "g" parte inferior	45
Peralte "h"	105
Altura patín superior "b"	5
Altura resto del patín "c"	7,5
Altura patín inferior "f"	10
Altura resto del patín "e"	10
Ancho del alma "i"	15

Tabla 3. 41 Conceptos y valores de esfuerzo

f_c	400	Kg/cm ²
F_y	4200	Kg/cm ²
f_{pu} (Resistencia a la rotura del torón de pretensado)	19000	Kg/cm ²
f_{py} (Limite de fluencia del torón de pretensado)	17100	Kg/cm ²
Recubrimiento	5	cm

- Diseño de elementos sometidos a flexión:

Cálculo del esfuerzo en el refuerzo preesforzado adherido para el nivel de resistencia nominal a flexión, f_{ps} . (ACI 318-14, 2014)

$$f_{ps} = f_{pu} \left(1 - \frac{y_p}{\beta_1} \left[P_p \frac{f_{pu}}{f_c} + \frac{d}{d_p} (w - w') \right] \right)$$

Dónde:

y_p = factor que toma en cuenta las propiedades del acero de preesfuerzo.

Tabla 3. 42 Valores de y_p

$\frac{f_{py}}{f_{pu}}$	y_p
≥ 0.80	0,55
≥ 0.85	0,4
≥ 0.90	0,28

Fuente: ACI 318S-14.

$$y_p = 0,55 \text{ para } \frac{f_{py}}{f_{pu}} \geq 0,8 \text{ usualmente para barras de pretensar}$$

$$y_p = 0,40 \text{ para } \frac{f_{py}}{f_{pu}} \geq 0,85 \text{ usualmente aceros de refuerzo alivianado}$$

$$y_p = 0,28 \text{ para } \frac{f_{py}}{f_{pu}} \geq 0,9 \text{ usualmente aceros de baja relajacion}$$

β_1 = Factor dado para establecer la profundidad del bloque equivalente de esfuerzos de compresión.

d = Distancia de la fibra extrema en compresión al centroide del acero de no preesfuerzo (acero adicional normal, usado en el hormigón armado)

P_p = cuantía del acero de preesfuerzo

$$P_p = \frac{A_p}{bd_p}$$

d_p

= distancia de la fibra extrema en compresión al centroide del acero de preesfuerzo

$$w = P \frac{f_y}{f'_c}$$

P = cuantía del acero de no preesfuerzo

$$P = \frac{A_s}{bd}$$

Si existe acero adicional a compresión:

$$w' = P' \frac{f_y}{f'_c}$$

P' = es la cuantía del acero en compresión

$$P' = \frac{A'_s}{bd}$$

“El termino w' refleja el valor incrementado de f_{ps} obtenido cuando se coloca refuerzo de compresión en una viga continua alta de refuerzo. Cuando el término $\left[P_p \frac{f_{pu}}{f'_c} + \frac{d}{d_p} (w - w') \right]$ es pequeño, la profundidad del eje neutro es pequeña, por lo tanto, el refuerzo de compresión no desarrolla su resistencia a la fluencia y se vuelve no conservadora, por esta razón no puede tomarse menor de 0,17 cuando se tiene en cuenta el refuerzo de compresión al calcular f_{ps} . El esfuerzo a compresión puede no tenerse en cuenta al emplear la ecuación haciendo w' igual a cero.” (ACI 318-14, 2014).

Al colocar acero normal de tracción A_s adicional en la sección del elemento, se obtiene:

$$0,85f'_c ab = A_p f_{ps} + A_s f_y$$

Momento Nominal:

$$M_n = A_p f_{ps} \left(d_p - \frac{a}{2} \right) + A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

Para el diseño de la viga I, se tomó como punto importante el análisis de ubicación de la línea neutra. Verificando la relación de la fuerza total de compresión que resiste la losa hormigonada insitu y su fuerza de tracción.

Fuerza de compresión:

$$C_f = 0,85f'c h_f b$$

Fuerza de tracción:

$$T_p = A_p f_{ps}'$$

$$C_f > T_p$$

Si la fuerza de compresión es mayor a la fuerza de tracción, la línea neutra se encuentra en la losa y por lo tanto se puede diseñar la sección como viga rectangular.

Se calcula el valor de (a), para el cálculo del momento nominal de la sección:

$$a = \frac{A_p f_{ps}}{0,85 f'c b}$$

Momento nominal:

$$M_n = A_p f_{ps} \left(d_p - \frac{a}{2} \right)$$

El momento nominal se multiplicara por un factor de reducción el mismo que tendrá que ser mayor al momento último que debe resistir la sección.

$\phi =$ *factor de reducción de resistencia* (ACI 318-14, 2014)

$$\phi = 0,9$$

Por lo tanto:

$$\phi M_n > M_u$$

- **Diseño por cortante**

La resistencia de diseño de secciones transversales sometidas a cortante es (ACI 318-14, 2014):

$$\phi V_n \geq V_u$$

Dónde:

V_n = resistencia nominal de la sección al cortante

ϕ = factor de reducción de resistencia

$\phi = 0,75$

V_u = fuerza cortante debidamente mayorada por las cargas actuantes

La resistencia nominal al cortante de la sección se debe calcular por (ACI 318-14, 2014):

$$V_n = V_c + V_s$$

Dónde:

V_c = resistencia nominal de la sección debida al hormigón

V_s = Resistencia nominal al cortante proporcionada por el refuerzo de cortante.

La fuerza cortante resistente en elementos preesforzados, con una fuerza efectiva no menor al 40% de la resistencia a la tracción del esfuerzo de flexión es (ACI 318-14, 2014):

$$V_c = (0,16\lambda\sqrt{f'_c} + 49\frac{V_u d_p}{M_u})b_w d$$

$$V_{cmin} = 0,53\lambda\sqrt{f'_c} b_w d$$

$$V_{cmax} = 1,33\lambda\sqrt{f'_c} b_w d$$

La resistencia nominal a cortante del acero transversal debe ser proporcionada por refuerzo transversal de cortante, el cual debe calcularse por medio de (ACI 318-14, 2014):

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s}$$

Con la condición que:

$$V_s < 2,2\sqrt{f'_c} b_w d$$

Dónde:

V_s = Resistencia nominal a cortante del acero transversal de cortante.

A_v = Área total de refuerzo por cortante, si es estribo cerrado con 2 ramas el área será la suma de las 2 ramas.

f_{yt} = Resistencia a la fluencia del esfuerzo por cortante.

d = Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del acero en tracción.

s = Espaciamiento del acero transversal de cortante.

Se calcula el refuerzo mínimo por cortante, siempre que la torsión sea despreciable no exista por medio de (ACI 318-14, 2014):

$$A_{vmin} = 0,2\sqrt{f'_c} \frac{b_w s}{f_{yt}}$$

Se cumple:

$$A_{vmin} = \frac{3,5b_w s}{f_{yt}}$$

3.2.1 Implementación de hoja electrónica de cálculo

DISEÑO A FLEXIÓN

f_{py} / f_{pu}	0,9
γ_p	0.28
β_1	0,8
d_p	100

TORONES		
D(pulg)	A(cm2)	P(Kg/cm)
1/2"	0,9871	0,775
7/16"	0,7419	0,582
3/8"	0,5484	0,432

Diametro	Area	#Torones	Area total
1/2"	0.9871	6	5,92

fps	18920,81	Kg/cm2
a	8,37	cm
Mn	10737038,28	Kg/cm
ϕM_n	9663334,452	Kg/cm

$$\phi M_n \geq M_u$$

ϕM_n	96633,34	kg/m	CUMPLE
------------------------------	----------	------	---------------

DISEÑO A CORTANTE

v_{cmin}	14873,09	Kg
v_{cmax}	37323,03	Kg
v_c	33103,27	Kg
A_{vmin}	0,40	cm ²
A_{vmin}	0,375	cm ²
A_v	0,40	cm ²

Espaciamiento de los estribos			
d	105		
s	30	cm	CUMPLE
	78,75		
	60,00		

Diametro	Area	#Varillas	Area total	
12	1,131	1	1,131	CUMPLE
Estribos 1Φ12mm @30cm				
	v_s	33250,62	kg	CUMPLE
	V_n	66353,89	kg	
	φV_n	49765,42	kg	CUMPLE

3.3 Diseño estructural de columnas prefabricadas en hormigón, a través del software CYPECAD

3.3.1 Versión del programa y número de licencia

Versión: 2016

Número de licencia: 120040

3.3.2 Datos generales de la estructura

Proyecto: MOD.

Archivo: COLUMNAS

3.3.3 Normas consideradas

Hormigón: ACI 318M-11

Aceros conformados: AISI S100-2007 (LRFD)

Aceros laminados y armados: ANSI/AISC 360-10 (LRFD)

Categoría de uso: General

3.3.4 Acciones consideradas

3.3.4.1 Gravitatorias

Tabla 3.43 Cargas permanentes columna

Planta	S.C.U (t/m ²)	Cargas permanentes (t/m ²)
Losa 1	0.20	0.50
Fundación	0.00	0.00

Fuente: CYPECAD.

3.3.4.2 Viento

Sin acción de viento

3.3.4.3 Sismo

Norma utilizada: NEC-SE-DS 2014

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN

Peligro sísmico. Diseño sismo resistente.

Método de cálculo: Análisis modal espectral (NEC-SE-DS 2014, 6.2.2e).

3.3.5 Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento.

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): II

Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos.

3.3.5.1 Sistema estructural

R _X : Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16)	R_X : <u>8.00</u>
R _Y : Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16)	R_Y : <u>8.00</u>
F _P : Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a)	F_P : <u>0.90</u>
F _E : Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b)	F_E : <u>0.90</u>

Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Regular.

3.3.5.2 Estimación del período fundamental de la estructura:

Según norma

Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

h: Altura del edificio. **h :** 10.00 m

Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1): Otras estructuras

3.3.5.3 Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma.

Fracción de sobrecarga de uso. **:** 0.00

Factor multiplicador del espectro. **:** 1.00

3.3.5.4 Verificación de la condición de cortante basal:

Según norma:

No se realiza análisis de los efectos de 2º orden.

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Ninguno.

3.3.5.5 Factores reductores de la inercia (NEC-SE-DS 2014, 6.1.6b)

Vigas: 0.5

Losas: 0.5

Columnas: 0.8

3.3.5.6 Direcciones de análisis

Acción sísmica según X

Acción sísmica según Y

3.3.6 Hipótesis de carga

Tabla 3.44 Hipótesis de carga columna

Automáticas	Peso propio Cargas permanentes Sobrecarga de uso Sismo X Sismo Y	
Adicionales	Referencia	Naturaleza
	CM 1	Peso propio
	Q 1	Sobrecarga de uso
	N 1	Nieve

Fuente: CYPECAD.

3.3.7 ESTADOS LÍMITE

Tabla 3.45 Estados límite columna

E.L.U. de rotura. Hormigón	ACI 318M-11
E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	ASCE 7
E.L.U. de rotura. Acero laminado	AISC 360-10 (LRFD) ASCE 7
Desplazamientos	Acciones características

Fuente: CYPECAD.

3.3.8 SITUACIONES DE PROYECTO

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Situaciones persistentes o transitorias:**

- **Situaciones sísmicas:**

Dónde:

G_k : Acción permanente.

P_k : Acción de pretensado.

Q_k : Acción variable.

A_E : Acción sísmica.

g_G : Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes.

g_P : Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado.

$g_{Q,1}$: Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal.

$G_{Q,i}$: Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

g_{A_E} : Coeficiente parcial de seguridad de la acción sísmica.

3.3.9 Coeficientes parciales de seguridad (g) y coeficientes de combinación (y)

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Hormigón: ACI 318M-11

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: ACI 318M-11

E.L.U. de rotura. Acero laminado: ANSI/AISC 360-10 (LRFD)

Tabla 3.46 Estado límite coeficiente, [1] (ASCE/SEI 7-10)

[1] (ASCE/SEI 7-10)		
	Coeficientes parciales de seguridad (g)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.400	1.400
Sobrecarga (L)		
Nieve (S)		

Fuente: CYPECAD.

Tabla 3.47 Estado límite coeficiente, [2 Lr] (ASCE/SEI 7-10).

[2 Lr] (ASCE/SEI 7-10)		
	Coeficientes parciales de seguridad (g)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)	0.000	1.600
Nieve (S)		

Fuente: CYPECAD.

Tabla 3.48 Estado límite coeficiente, [2 S] (ASCE/SEI 7-10).

[2 S] (ASCE/SEI 7-10)		
	Coeficientes parciales de seguridad (g)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)	0.000	1.600
Nieve (S)	0.000	0.500

Fuente: CYPECAD.

Tabla 3.49 Estado límite coeficiente, [3 Lr, L] (ASCE/SEI 7-10).

[3 Lr, L] (ASCE/SEI 7-10)		
	Coeficientes parciales de seguridad (g)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)	0.000	0.500
Nieve (S)		

Fuente: CYPECAD.

Tabla 3 50 Estado límite coeficiente, [3 S, L] (ASCE/SEI 7-10).

[3 S, L] (ASCE/SEI 7-10)		
	Coeficientes parciales de seguridad (g)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)	0.000	0.500
Nieve (S)	1.600	1.600

Fuente: CYPECAD.

Tabla 3.51 Estado límite coeficiente, [5] (ASCE/SEI 7-10).

[5] (ASCE/SEI 7-10)		
	Coeficientes parciales de seguridad (g)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.200	1.200
Sobrecarga (L)	0.000	0.500
Nieve (S)	0.000	0.200
Sismo (E)	-1.000	1.000

Fuente: CYPECAD.

Tabla 3.52 Estado limite coeficiente, [6] (ASCE/SEI 7-10).

[6] (ASCE/SEI 7-10)		
	Coeficientes parciales de seguridad (g)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	0.900	0.900
Sobrecarga (L)		
Nieve (S)		

Fuente: CYPECAD.

Tabla 3.53 Estado limite coeficiente, [7] (ASCE/SEI 7-10).

[7] (ASCE/SEI 7-10)		
	Coeficientes parciales de seguridad (g)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	0.900	0.900
Sobrecarga (L)		
Nieve (S)		
Sismo (E)	-1.000	1.000

Fuente: CYPECAD.

3.3.10 Desplazamientos

Tabla 3.54 Acciones variables sin sismo

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (g)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.000	1.000
Sobrecarga (L)	0.000	1.000
Nieve (S)	0.000	1.000

Fuente: CYPECAD

Tabla 3.55 Acciones variables con sismo

Sísmica		
	Coeficientes parciales de seguridad (g)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (D)	1.000	1.000
Sobrecarga (L)	0.000	1.000

Sísmica		
	Coeficientes parciales de seguridad (g)	
	Favorable	Desfavorable
Nieve (S)	0.000	1.000
Sismo (E)	-1.000	1.000

Fuente: CYPECAD.

3.3.11 Combinaciones

- **Nombres de las hipótesis**

PP: Peso propio

CM: Cargas permanentes

CM 1: CM 1

Qa: Sobrecarga de uso

Q 1: Q 1

N 1: N 1

SX: Sismo X

SY: Sismo Y

- E.L.U. de rotura. Hormigón.
- E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones.
- E.L.U. de rotura. Acero laminado.

Tabla 3.56 Combinaciones columna

Comb.	PP	CM	CM 1	Qa	Q 1	N 1	SX	SY
1	1.400	1.400	1.400					
2	1.200	1.200	1.200					
3	1.200	1.200	1.200	1.600				
4	1.200	1.200	1.200		1.600			
5	1.200	1.200	1.200	1.600	1.600			
6	1.200	1.200	1.200	1.600		0.500		
7	1.200	1.200	1.200		1.600	0.500		
8	1.200	1.200	1.200	1.600	1.600	0.500		
9	1.200	1.200	1.200	0.500	0.500			
10	1.200	1.200	1.200			1.600		
11	1.200	1.200	1.200	0.500		1.600		
12	1.200	1.200	1.200		0.500	1.600		
13	1.200	1.200	1.200	0.500	0.500	1.600		
14	1.200	1.200	1.200				-1.000	
15	1.200	1.200	1.200	0.500			-1.000	

Comb.	PP	CM	CM 1	Qa	Q 1	N 1	SX	SY
16	1.200	1.200	1.200		0.500		-1.000	
17	1.200	1.200	1.200	0.500	0.500		-1.000	
18	1.200	1.200	1.200			0.200	-1.000	
19	1.200	1.200	1.200	0.500		0.200	-1.000	
20	1.200	1.200	1.200		0.500	0.200	-1.000	
21	1.200	1.200	1.200	0.500	0.500	0.200	-1.000	
22	1.200	1.200	1.200				1.000	
23	1.200	1.200	1.200	0.500			1.000	
24	1.200	1.200	1.200		0.500		1.000	
25	1.200	1.200	1.200	0.500	0.500		1.000	
26	1.200	1.200	1.200			0.200	1.000	
27	1.200	1.200	1.200	0.500		0.200	1.000	
28	1.200	1.200	1.200		0.500	0.200	1.000	
29	1.200	1.200	1.200	0.500	0.500	0.200	1.000	
30	1.200	1.200	1.200					-1.000
31	1.200	1.200	1.200	0.500				-1.000
32	1.200	1.200	1.200		0.500			-1.000
33	1.200	1.200	1.200	0.500	0.500			-1.000
34	1.200	1.200	1.200			0.200		-1.000
35	1.200	1.200	1.200	0.500		0.200		-1.000
36	1.200	1.200	1.200		0.500	0.200		-1.000
37	1.200	1.200	1.200	0.500	0.500	0.200		-1.000
38	1.200	1.200	1.200					1.000
39	1.200	1.200	1.200	0.500				1.000
40	1.200	1.200	1.200		0.500			1.000
41	1.200	1.200	1.200	0.500	0.500			1.000
42	1.200	1.200	1.200			0.200		1.000
43	1.200	1.200	1.200	0.500		0.200		1.000
44	1.200	1.200	1.200		0.500	0.200		1.000
45	1.200	1.200	1.200	0.500	0.500	0.200		1.000
46	0.900	0.900	0.900					
47	0.900	0.900	0.900				-1.000	
48	0.900	0.900	0.900				1.000	
49	0.900	0.900	0.900					-1.000
50	0.900	0.900	0.900					1.000

Fuente: CYPECAD.

3.3.12 Desplazamientos

Tabla 3.57 Desplazamientos

Comb.	PP	CM	CM 1	Qa	Q 1	N 1	SX	SY
1	1.000	1.000	1.000					
2	1.000	1.000	1.000	1.000				
3	1.000	1.000	1.000		1.000			
4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			
5	1.000	1.000	1.000			1.000		
6	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000		
7	1.000	1.000	1.000		1.000	1.000		
8	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
9	1.000	1.000	1.000				-1.000	
10	1.000	1.000	1.000	1.000			-1.000	
11	1.000	1.000	1.000		1.000		-1.000	
12	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		-1.000	
13	1.000	1.000	1.000			1.000	-1.000	
14	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000	-1.000	
15	1.000	1.000	1.000		1.000	1.000	-1.000	
16	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	-1.000	
17	1.000	1.000	1.000				1.000	
18	1.000	1.000	1.000	1.000			1.000	
19	1.000	1.000	1.000		1.000		1.000	
20	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000	
21	1.000	1.000	1.000			1.000	1.000	
22	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000	1.000	
23	1.000	1.000	1.000		1.000	1.000	1.000	
24	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
25	1.000	1.000	1.000					-1.000
26	1.000	1.000	1.000	1.000				-1.000
27	1.000	1.000	1.000		1.000			-1.000
28	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			-1.000
29	1.000	1.000	1.000			1.000		-1.000
30	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000		-1.000
31	1.000	1.000	1.000		1.000	1.000		-1.000
32	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		-1.000
33	1.000	1.000	1.000					1.000
34	1.000	1.000	1.000	1.000				1.000
35	1.000	1.000	1.000		1.000			1.000
36	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			1.000
37	1.000	1.000	1.000			1.000		1.000
38	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000		1.000

Comb.	PP	CM	CM 1	Qa	Q 1	N 1	SX	SY
39	1.000	1.000	1.000		1.000	1.000		1.000
40	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000

Fuente: CYPECAD.

3.3.13 Dimensiones, coeficientes de empotramiento y coeficientes de pandeo para cada planta

Tabla 3.58 Dimensiones y coeficientes columna.

Columna	Planta	Dimensiones (cm)	Coeficiente de empotramiento		Coeficiente de pandeo		Coeficiente de rigidez axial
			Cabeza	Pie	X	Y	
Para todas las columnas	1	60x80	0.30	1.00	1.00	1.00	2.00

Fuente: CYPECAD.

3.3.14 Materiales utilizados

3.3.15 Hormigones

Tabla 3 59 Materiales utilizados (hormigón).

Elemento	Hormigón	f_{ck} (kp/cm ²)	g_c	Tamaño máximo del árido (mm)	E_c (kp/cm ²)
Todos	$f'c=350$	350	1.00	15	283617

Fuente: CYPECAD.

3.3.16 Aceros por elemento y posición

3.3.16.1 Aceros en barras

Tabla 3.60 Materiales utilizados (acero en barras).

Elemento	Acero	f_{yk} (kp/cm ²)	g_s
Todos	Grado 60 (Latinoamérica)	4200	1.00

Fuente: CYPECAD.

3.3.16.2 Aceros en perfiles

Tabla 3.61 Materiales utilizados (acero en perfiles).

Tipo de acero para perfiles	Acero	Límite elástico (kp/cm ²)	Módulo de elasticidad (kp/cm ²)
Acero conformado	ASTM A 36 36 ksi	2548	2069317
Acero laminado	ASTM A 36 36 ksi	2548	2038736

Fuente: CYPECAD.

3.3.17 Cuantías de Obra

Tabla 3.62 Cuantías de obra

Total obra - Superficie total: 3.84 m²

Elemento	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)	Barras (kg)
Columnas (Sup. Encofrado)	224.00	38.40	8393
Total	224.00	38.40	8393
Índices (por m ²)	58.333	10.000	2185.68

Fuente: CYPECAD.

3.3.18 Esfuerzos y armados de columnas

3.3.19 Materiales

3.3.20 Hormigones

Tabla 3.63 Esfuerzo y armado hormigón

Elemento	Hormigón	f _{ck} (kp/cm ²)	g _c	Tamaño máximo del árido (mm)	E _c (kp/cm ²)
Todos	f'c=350	350	1.00	15	283617

Fuente: CYPECAD.

3.3.21 Aceros por elemento y posición

3.3.21.1 Aceros en barras

Tabla 3 64 Esfuerzo y armado acero en barras.

Elemento	Acero	f_{yk} (kp/cm ²)	g_s
Todos	Grado 60 (Latinoamérica)	4200	1.00

Fuente: CYPECAD.

3.3.21.2 Aceros en perfiles

Tabla 3.65 Esfuerzo y armado acero en perfiles.

Tipo de acero para perfiles	Acero	Límite elástico (kp/cm ²)	Módulo de elasticidad (kp/cm ²)
Acero conformado	ASTM A 36 36 ksi	2548	2069317
Acero laminado	ASTM A 36 36 ksi	2548	2038736

Fuente: CYPECAD.

3.3.22 Armado de columnas y tabiques

3.3.23 Columnas

Tabla 3.66 Armado de pilares.

Armado de pilares											
Hormigón: $f'_c=350$											
Columna	Geometría			Armaduras						Apr ov. (%)	Esta do
	Planta	Dimens iones (cm)	Tram o (m)	Barras			Estribos				
				Esq uina	Car a X	Car a Y	Cua ntía (%)	Descripción ⁽¹⁾	Separ ación (cm)		
C1	Losa 1	60x80	0.00/1 0.00	4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/ 8"+Y1rØ3/8"	8	32. 8	Cu mpl e
				4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/ 8"+Y1rØ3/8"	8	32. 8	Cu mpl e
	Funda ción	-	-	4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/ 8"+Y1rØ3/8"	-	32. 8	Cu mpl e

Armado de pilares											
Hormigón: f'c=350											
Columna	Geometría			Armaduras						Apr ov. (%)	Esta do
	Planta	Dimens iones (cm)	Tram o (m)	Barras			Estribos				
				Esq uina	Car a X	Car a Y	Cua ntía (%)	Descripción ⁽¹⁾	Separ ación (cm)		
C2	Losa 1	60x80	0.00/1 0.00	4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/ 8"+Y1rØ3/8"	8	28. 8	Cu mpl e
				4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/ 8"+Y1rØ3/8"	8	28. 8	Cu mpl e
	Funda ción	-	-	4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/ 8"+Y1rØ3/8"	-	28. 8	Cu mpl e
C3	Losa 1	60x80	0.00/1 0.00	4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/ 8"+Y1rØ3/8"	8	45. 2	Cu mpl e
				4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/ 8"+Y1rØ3/8"	8	45. 2	Cu mpl e
	Funda ción	-	-	4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/ 8"+Y1rØ3/8"	-	45. 2	Cu mpl e
C4	Losa 1	60x80	0.00/1 0.00	4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/ 8"+Y1rØ3/8"	8	32. 9	Cu mpl e
				4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/ 8"+Y1rØ3/8"	8	32. 9	Cu mpl e
	Funda ción	-	-	4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/ 8"+Y1rØ3/8"	-	32. 9	Cu mpl e
C5	Losa 1	60x80	0.00/1 0.00	4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/ 8"+Y1rØ3/8"	8	29. 9	Cu mpl e
				4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/ 8"+Y1rØ3/8"	8	29. 9	Cu mpl e
	Funda ción	-	-	4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/ 8"+Y1rØ3/8"	-	29. 9	Cu mpl e
C6	Losa 1	60x80	0.00/1 0.00	4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/ 8"+Y1rØ3/8"	8	50. 2	Cu mpl e

Armado de pilares											
Hormigón: f'c=350											
Columna	Geometría			Armaduras						Apr ov. (%)	Esta do
	Planta	Dimens iones (cm)	Tram o (m)	Barras			Estribos				
				Esq uina	Car a X	Car a Y	Cua ntía (%)	Descripción ⁽¹⁾	Separ ación (cm)		
				4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/8"+Y1rØ3/8"	8	50.2	Cu mpl e
	Funda ción	-	-	4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/8"+Y1rØ3/8"	-	50.2	Cu mpl e
C7	Losa 1	60x80	0.00/1 0.00	4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/8"+Y1rØ3/8"	8	27.8	Cu mpl e
				4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/8"+Y1rØ3/8"	8	27.8	Cu mpl e
	Funda ción	-	-	4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/8"+Y1rØ3/8"	-	27.8	Cu mpl e
C8	Losa 1	60x80	0.00/1 0.00	4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/8"+Y1rØ3/8"	8	30.2	Cu mpl e
				4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/8"+Y1rØ3/8"	8	30.2	Cu mpl e
	Funda ción	-	-	4Ø1 "	6Ø5 /8"	8Ø5 /8"	1.00	1eØ3/8"+X4rØ3/8"+Y1rØ3/8"	-	30.2	Cu mpl e
<p>Notas: ⁽¹⁾ e = estribo, r = rama</p>											

Fuente: CYPECAD.

3.3.24 Listado de medición de columnas

Tabla 3.67 Listado de medición de columnas.

Resumen de cómputo - Losa 1								
Columnas	Dimensiones (cm)	Encofrado (m ²)	Hormigón f _c =350 (m ³)	Armaduras Grado 60 (Latinoamérica)				Cuantía (kg/m ³)
				Longitudinal		Estribos Ø3/8" (kg)	Total +10 % (kg)	
				Ø1" (kg)	Ø5/8" (kg)			
C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7 y C8	60x80	224.00	38.40	1495.2	1924.0	4211.2	8393.4	198.71
Total		224.00	38.40	1495.2	1924.0	4211.2	8393.4	198.71

Fuente: CYPECAD.

3.3.25 Desplazamiento de columnas

Tabla 3.68 Desplazamiento de columnas (situaciones persistentes o transitorias).

Situaciones persistentes o transitorias					
Columna	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
C1	Losa 1	10.00	0.03	1.52	0.05
	Fundación	0.00	0.00	0.00	0.00
C2	Losa 1	10.00	0.07	1.65	0.08
	Fundación	0.00	0.00	0.00	0.00
C3	Losa 1	10.00	0.04	0.50	0.14
	Fundación	0.00	0.00	0.00	0.00
C4	Losa 1	10.00	0.02	1.71	0.05
	Fundación	0.00	0.00	0.00	0.00
C5	Losa 1	10.00	0.02	1.23	0.05
	Fundación	0.00	0.00	0.00	0.00
C6	Losa 1	10.00	0.02	1.64	0.11
	Fundación	0.00	0.00	0.00	0.00
C7	Losa 1	10.00	0.06	1.16	0.08
	Fundación	0.00	0.00	0.00	0.00
C8	Losa 1	10.00	0.01	1.45	0.05
	Fundación	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: CYPECAD.

Tabla 3.69 Desplazamiento de columnas (situaciones sísmicas).

Situaciones sísmicas⁽¹⁾					
Columna	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
C1	Losa 1	10.00	70.53	38.38	0.06
	Fundación	0.00	0.00	0.00	0.00
C2	Losa 1	10.00	70.65	65.87	0.09
	Fundación	0.00	0.00	0.00	0.00
C3	Losa 1	10.00	70.72	78.61	0.16
	Fundación	0.00	0.00	0.00	0.00
C4	Losa 1	10.00	70.52	45.72	0.06
	Fundación	0.00	0.00	0.00	0.00
C5	Losa 1	10.00	65.70	46.27	0.06
	Fundación	0.00	0.00	0.00	0.00
C6	Losa 1	10.00	65.79	79.41	0.13
	Fundación	0.00	0.00	0.00	0.00
C7	Losa 1	10.00	65.76	65.67	0.09
	Fundación	0.00	0.00	0.00	0.00
C8	Losa 1	10.00	65.64	38.87	0.06
	Fundación	0.00	0.00	0.00	0.00
Notas: ⁽¹⁾ Los desplazamientos están mayorados por la ductilidad.					

Fuente: CYPECAD.

3.3.26 Justificación de la acción sísmica**3.3.27 Sismo****3.3.28 Norma utilizada: NEC-SE-DS 2014**

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN
 Peligro sísmico. Diseño sismo resistente.

Método de cálculo: Análisis modal espectral (NEC-SE-DS 2014, 6.2.2e).

3.3.29 Datos generales de sismo**3.3.29.1 Caracterización del emplazamiento**

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): II

Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos.

Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): D

3.3.29.2 Sistema estructural

R _X : Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16)	R_X : <u>8.00</u>
R _Y : Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16)	R_Y : <u>8.00</u>
F _P : Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a)	F_P : <u>0.90</u>
F _E : Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b)	F_E : <u>0.90</u>
Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Regular	

3.3.29.3 Estimación del período fundamental de la estructura:

Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III	
Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III	
h: Altura del edificio.	h : <u>10.00</u> m

Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1): Otras estructuras

3.3.30 Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma.

Fracción de sobrecarga de uso	: <u>0.00</u>
Factor multiplicador del espectro	: <u>1.00</u>

3.3.30.1 Verificación de la condición de cortante basal: Según norma

No se realiza análisis de los efectos de 2° orden.

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Ninguno.

3.3.30.2 Factores reductores de la inercia (NEC-SE-DS 2014, 6.1.6 b)

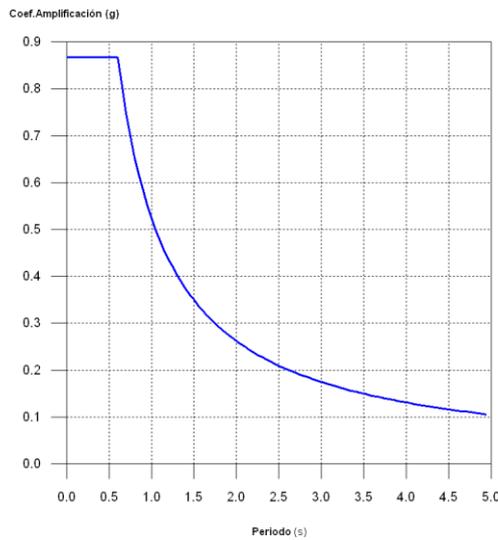
Vigas: 0.5
Losas: 0.5
Columnas: 0.8
Tabiques: 0.6
Muros: 0.6
Muros de mampostería: 0.5

3.3.30.3 Direcciones de análisis

Acción sísmica según X
Acción sísmica según Y

3.3.31 Espectro de cálculo

3.3.31.1 Espectro elástico de aceleraciones



Coef. Amplificación:

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.868 g.

Figura 3.5 espectro elástico de aceleraciones.

Fuente: CYPECAD.

3.3.31.2 Parámetros necesarios para la definición del espectro

Z: Factor de zona (NEC-SE-DS 2014, Tabla 1)
Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): II

Z : 0.25

h: Relación de amplificación espectral (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1).

h : 2.48

Región sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1): Sierra, Esmeraldas y Galápagos.

F_a: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 3)

F_a : 1.40

F_d: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 4)

F_d : 1.45

F_s: Factor de sitio (NEC-SE-DS 2014, Tabla 5)

F_s : 1.06

Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): D

Zona sísmica (NEC-SE-DS 2014, 3.1.1): II

I: Factor de importancia (NEC-SE-DS 2014, Tabla 6) Importancia de la obra (NEC-SE-DS 2014, 4.1): Otras estructuras.	I : <u>1.00</u>
r: Exponente que define la rama descendente del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1). Tipo de suelo (NEC-SE-DS 2014, 3.2.1): D	r : <u>1.00</u>
T _c : Periodo límite superior de la rama de aceleración constante del espectro (NEC-SE-DS 2014, 3.3.1)	T_c : <u>0.60</u> s

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente ($R \cdot F_P \cdot F_E$) correspondiente a cada dirección de análisis.

Factor de comportamiento / Coeficiente de ductilidad

R _X : Factor de reducción (X) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16).	R_X : <u>8.00</u>
R _Y : Factor de reducción (Y) (NEC-SE-DS 2014, Tabla 15 y 16).	R_Y : <u>8.00</u>
F _P : Coeficiente de regularidad en planta (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3a).	F_P : <u>0.90</u>
F _E : Coeficiente de regularidad en elevación (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3b).	F_E : <u>0.90</u>

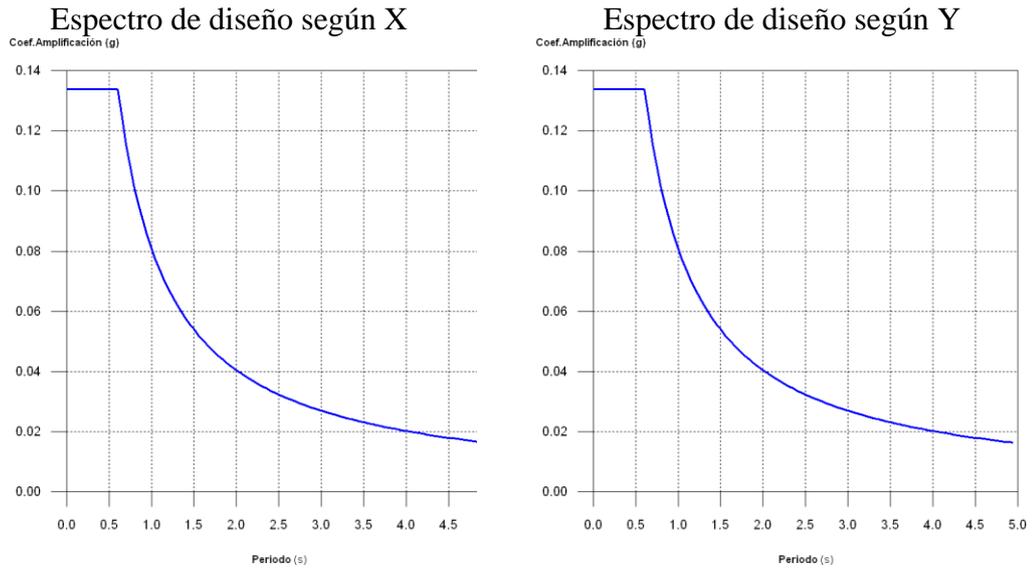


Figura 3.6 Espectro de cálculo.
Fuente: CYPECAD.

3.3.32 Coeficientes de participación

Tabla 3.70 Coeficientes de participación.

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	2.27 5	0.996 3	0.000 8	0.085 4	8.81 %	0 %	R = 6.48 A = 0.349 m/s ² D = 45.7195 mm	R = 6.48 A = 0.349 m/s ² D = 45.7195 mm
Modo 2	1.30 4	0.021	0.007 3	0.999 8	0 %	0 %	R = 6.48 A = 0.609 m/s ² D = 26.2019 mm	R = 6.48 A = 0.609 m/s ² D = 26.2019 mm
Modo 3	0.83 7	0.393 6	0.009 5	0.919 3	1.36 %	0 %	R = 6.48 A = 0.949 m/s ² D = 16.8285 mm	R = 6.48 A = 0.949 m/s ² D = 16.8285 mm
Modo 4	0.66 4	0.012 8	0.417 9	0.908 4	0.08 %	84.64 %	R = 6.48 A = 1.196 m/s ² D = 13.3636 mm	R = 6.48 A = 1.196 m/s ² D = 13.3636 mm
Modo 5	0.65 6	0.075 7	0.011 8	0.997 1	5.63 %	0.14 %	R = 6.48 A = 1.21 m/s ² D = 13.1891 mm	R = 6.48 A = 1.21 m/s ² D = 13.1891 mm

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 6	0.65 4	0.266 4	0.013 9	0.963 8	51.51 %	0.14 %	R = 6.48 A = 1.214 m/s ² D = 13.1396 mm	R = 6.48 A = 1.214 m/s ² D = 13.1396 mm
Modo 7	0.62 3	0.107 7	0.003 1	0.994 2	32.59 %	0.03 %	R = 6.48 A = 1.272 m/s ² D = 12.5061 mm	R = 6.48 A = 1.272 m/s ² D = 12.5061 mm
Modo 8	0.57 3	0.009 3	0.043 8	0.999	0 %	0 %	R = 6.48 A = 1.314 m/s ² D = 10.9388 mm	R = 6.48 A = 1.314 m/s ² D = 10.9388 mm
Modo 9	0.55 7	0.000 3	0.012 8	0.999 9	0 %	2.11 %	R = 6.48 A = 1.314 m/s ² D = 10.334 mm	R = 6.48 A = 1.314 m/s ² D = 10.334 mm
Modo 10	0.50 2	0.024 3	0.084	0.996 2	0 %	0 %	R = 6.48 A = 1.314 m/s ² D = 8.39778 mm	R = 6.48 A = 1.314 m/s ² D = 8.39778 mm
Modo 11	0.49 6	0.000 5	0.173	0.984 9	0 %	12.87 %	R = 6.48 A = 1.314 m/s ² D = 8.18766 mm	R = 6.48 A = 1.314 m/s ² D = 8.18766 mm
Total					99.98 %	99.93 %		

Fuente: CYPECAD.

T: Período de vibración en segundos.

L_x, L_y: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

L_{gz}: Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

M_x, M_y: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

3.3.32.1 Representación de los períodos modales

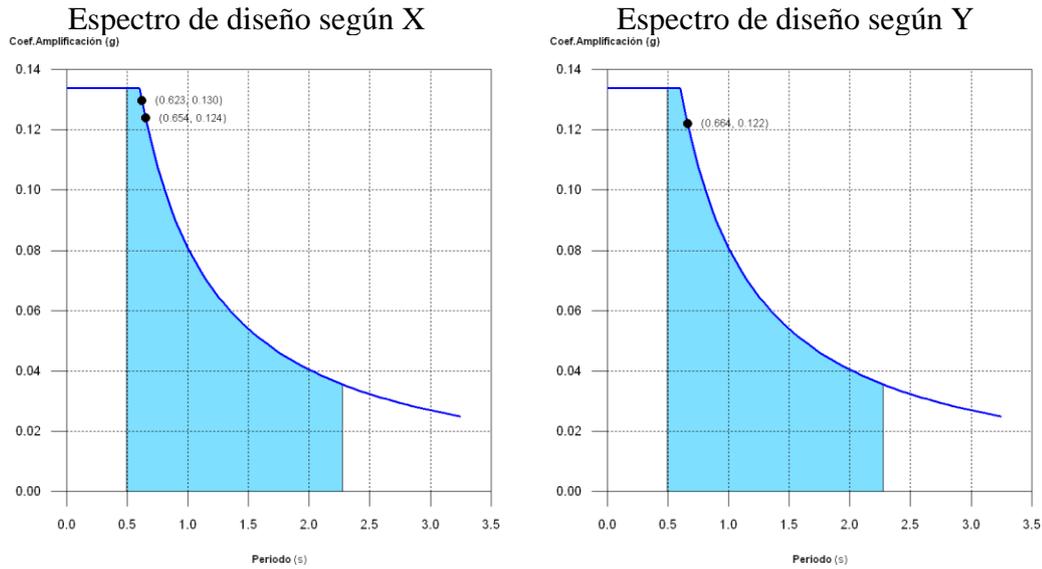


Figura 3.7 Períodos modales.
Fuente: CYPECAD.

Se representa el rango de períodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Tabla 3.71 Hipótesis sismo

Hipótesis Sismo X1			Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)	Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 6	0.654	0.124	Modo 4	0.664	0.122
Modo 7	0.623	0.130			

Fuente: CYPECAD.

3.3.33 Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta

Tabla 3.72 Centro de masas, rigidez y excentricidades

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	ex (m)	ey (m)
Losa 1	(20.29, 8.07)	(19.50, 8.50)	0.79	-0.43

Fuente: CYPECAD.

c.d.m.: Coordenadas del centro de masas de la planta (X,Y)

c.d.r.: Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X,Y)

e_x : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)

e_y : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

3.3.34 Corrección por cortante basal

3.3.34.1 Cortante dinámico CQC

El cortante basal dinámico (V_d), por dirección e hipótesis sísmica, se obtiene mediante la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes en la base por hipótesis modal.

Tabla 3.73 Cortante dinámico CQC

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	V_x (t)	$V_{d,x}$ (t)
Sismo X1	Modo 1	0.5053	17.4532
	Modo 2	0.0003	
	Modo 3	0.2117	
	Modo 4	0.0156	
	Modo 5	1.1209	
	Modo 6	10.2881	
	Modo 7	6.8206	
	Modo 8	0.0000	
	Modo 9	0.0003	
	Modo 10	0.0001	
	Modo 11	0.0000	

Fuente: CYPECAD.

Tabla 3.74 Cortante basal dinámico (sismo y1).

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	V_y (t)	$V_{d,y}$ (t)
Sismo Y1	Modo 1	0.0000	17.3646
	Modo 2	0.0000	
	Modo 3	0.0001	
	Modo 4	16.6508	
	Modo 5	0.0274	
	Modo 6	0.0280	
	Modo 7	0.0056	
	Modo 8	0.0001	
	Modo 9	0.4566	
	Modo 10	0.0008	
	Modo 11	2.7816	

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	V_Y (t)	$V_{d,Y}$ (t)
-----------------------	-----------------	--------------	------------------

$V_{d,X}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica.

$V_{d,Y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica.

Fuente: CYPECAD.

3.3.34.2 Cortante basal estático

El cortante sísmico en la base de la estructura se determina para cada una de las direcciones de análisis:

$V_{S,X}$: Cortante sísmico en la base (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2)

$$V_{S,X} : \underline{21.6115} \text{ t}$$

$S_{d,X}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (X)

$$S_{d,X}(T_a) : \underline{0.134} \text{ g}$$

$T_{a,X}$: Período fundamental aproximado (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a)

$$T_{a,X} : \underline{0.44} \text{ s}$$

Sistema estructural (X) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

h: Altura del edificio

$$h : \underline{10.00} \text{ m}$$

$V_{S,Y}$: Cortante sísmico en la base (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.2)

$$V_{S,Y} : \underline{21.6115} \text{ t}$$

$S_{d,Y}(T_a)$: Aceleración espectral horizontal de diseño (Y)

$$S_{d,Y}(T_a) : \underline{0.134} \text{ g}$$

$T_{a,Y}$: Período fundamental aproximado (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a)

$$T_{a,Y} : \underline{0.44} \text{ s}$$

Sistema estructural (Y) (NEC-SE-DS 2014, 6.3.3a): III

h: Altura del edificio

$$h : \underline{10.00} \text{ m}$$

W: Peso sísmico total de la estructura **W : 161.3395 t**

El peso sísmico total de la estructura es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas.

w_i : Peso sísmico total de la planta "i"

Suma de la totalidad de la carga permanente y de la fracción de la sobrecarga de uso considerada en el cálculo de la acción sísmica.

Tabla 3.75 Carga permanente y fracción de sobrecarga.

Planta	w_i (t)
Losa 1	161.3395
$W = \sum w_i$	161.3395

Fuente: CYPECAD.

3.3.34.3 Verificación de la condición de cortante basal

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base (V_d), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 80 % del cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación: $0.80 \cdot V_s / V_d$.

Geometría en altura (NEC-SE-DS 2014, 5.2.3): Regular.

Tabla 3.76 Verificación cortante basal

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0.80 \cdot V_{s,X}$ 17.4532 t ³ 17.2892 t	N.P.
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0.80 \cdot V_{s,Y}$ 17.3646 t ³ 17.2892 t	N.P.

Fuente: CYPECAD.

$V_{d,X}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{s,X}$: Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,Y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

$V_{s,Y}$: Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica

N.P.: No procede

3.3.35 Cortante sísmico combinado por planta

El valor máximo del cortante por planta en una hipótesis sísmica dada se obtiene mediante la Combinación Cuadrática Completa (CQC) de los correspondientes cortantes modales.

Si la obra tiene vigas con vinculación exterior o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.

3.3.36 Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado 'Corrección por cortante basal'.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

Tabla 3.77 Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta (sismo x1).

Planta	Q_x (t)	$F_{eq,X}$ (t)	Q_y (t)	$F_{eq,Y}$ (t)
Losa 1	17.4532	17.4532	1.3771	1.3771

Fuente: CYPECAD.

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Tabla 3.78 Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta (sismo x1).

Planta	Q_x (t)	$F_{eq,X}$ (t)	Q_y (t)	$F_{eq,Y}$ (t)
Losa 1	1.3756	1.3756	17.3646	17.3646

Fuente: CYPECAD

3.3.37 Comprobaciones E.L.U

3.3.37.1 Notación (columnas)

En las tablas de comprobación de pilares de acero no se muestran las comprobaciones con coeficiente de aprovechamiento inferior al 10%.

Disp.: Disposiciones relativas a las armaduras

Arm.: Armadura mínima y máxima

Q: Estado límite de agotamiento frente a cortante

N, M: Estado límite de agotamiento frente a sollicitaciones normales

Sism.: Criterios de diseño por sismo

Disp. S.: Criterios de diseño por sismo

Cap.: Diseño por capacidad.

3.3.38 Columnas

3.3.38.1 C1

Sección de hormigón																		
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones								Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Sism.	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Losa 1 (7 - 10 m)	60x80	Cabeza	Cumple	Cumple	2.8	17.5	Cumple	Cumple	Cumple	17.5	G, S ⁽³⁾	Q S.	8.71	2.26	10.05	-2.93	-0.05	Cumple
			G, S ⁽³⁾	N,M S.	8.71	2.27	10.05	-2.93	-0.05									
		8.333 m	Cumple	Cumple	2.8	32.8	Cumple	Cumple	Cumple	32.8	G, S ⁽³⁾	Q S.	23.11	2.75	-19.21	-2.93	-0.05	Cumple
			G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	17.59	2.02	-18.90	-2.84	-0.03									
		7 m	Cumple	Cumple	11.3	32.8	Cumple	Cumple	Cumple	32.8	G, S ⁽³⁾	Q S.	23.11	2.75	-19.21	-2.93	-0.05	Cumple
			G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	17.59	2.02	-18.90	-2.84	-0.03									
Losa 1 (0 - 7 m)	60x80	1.667 m	Cumple	Cumple	11.3	32.8	Cumple	Cumple	Cumple	32.8	G, S ⁽³⁾	Q S.	23.11	2.75	-19.21	-2.93	-0.05	Cumple
			G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	17.59	2.02	-18.90	-2.84	-0.03									
		Pie	Cumple	Cumple	2.8	32.8	Cumple	Cumple	Cumple	32.8	G, S ⁽³⁾	Q S.	23.11	2.75	-19.21	-2.93	-0.05	Cumple
			G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	17.59	2.02	-18.90	-2.84	-0.03									
Fundación	60x80	Arranque	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	32.8	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	Cumple	32.8	G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	17.59	2.02	-18.90	-2.84	-0.03	Cumple
Notas: (1) La comprobación no procede (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (3) 1.2·PP+1.2·CM+1.2·CM1-SX (4) 0.9·PP+0.9·CM+0.9·CM1-SX																		

Figura 3.8 Comprobación (columna 1).

Fuente: CYPECAD.

3.3.38.2 C2

Sección de hormigón																		
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones								Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Sism.	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Losa 1 (7 - 10 m)	60x80	Cabeza	Cumple	Cumple	3.7	12.3	Cumple	Cumple	Cumple	12.3	G, S ⁽³⁾	Q S.	20.67	8.26	-1.35	0.37	3.12	Cumple
			Cumple	Cumple	3.7	28.8	Cumple	Cumple	Cumple	28.8	G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	21.07	5.27	-8.59	2.69	0.40	
		8.333 m	Cumple	Cumple	3.7	28.8	Cumple	Cumple	Cumple	28.8	G, S ⁽³⁾	Q S.	35.00	-22.71	0.00	0.03	3.09	Cumple
			Cumple	Cumple	11.3	28.8	Cumple	Cumple	Cumple	28.8	G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	26.07	25.81	0.12	0.04	-2.50	
		7 m	Cumple	Cumple	11.3	28.8	Cumple	Cumple	Cumple	28.8	G, S ⁽³⁾	Q S.	35.00	-22.71	0.00	0.03	3.09	Cumple
			Cumple	Cumple	3.7	28.8	Cumple	Cumple	Cumple	28.8	G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	26.07	25.81	0.12	0.04	-2.50	
Losa 1 (0 - 7 m)	60x80	1.667 m	Cumple	Cumple	11.3	28.8	Cumple	Cumple	Cumple	28.8	G, S ⁽³⁾	Q S.	35.00	-22.71	0.00	0.03	3.09	Cumple
			Cumple	Cumple	3.7	28.8	Cumple	Cumple	Cumple	28.8	G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	26.07	25.81	0.12	0.04	-2.50	
		Pie	Cumple	Cumple	3.7	28.8	Cumple	Cumple	Cumple	28.8	G, S ⁽³⁾	Q S.	35.00	-22.71	0.00	0.03	3.09	Cumple
			Cumple	Cumple	11.3	28.8	Cumple	Cumple	Cumple	28.8	G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	26.07	25.81	0.12	0.04	-2.50	
Fundación	60x80	Arranque	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	28.8	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	Cumple	28.8	G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	26.07	25.81	0.12	0.04	-2.50	Cumple
<p>Notas:</p> <p>(1) La comprobación no procede</p> <p>(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p>(3) 1.2·PP+1.2·CM+1.2·CM1-SY</p> <p>(4) 1.2·PP+1.2·CM+1.2·CM1-SX</p> <p>(5) 0.9·PP+0.9·CM+0.9·CM1-SY</p>																		

Figura 3.9 Comprobación (columna 2).

Fuente: CYPECAD.

3.3.38.3 C3

Sección de hormigón																		
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones								Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Sism.	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Losa 1 (7 - 10 m)	60x80	Cabeza	Cumple	Cumple	10.3	25.0	Cumple	Cumple	Cumple	25.0	G ⁽³⁾	Q	43.78	18.60	0.11	-0.02	2.93	Cumple
			G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	38.85	26.33	0.02	0.00	6.86	Cumple								
		8.333 m	Cumple	Cumple	8.2	45.2	Cumple	Cumple	Cumple	45.2	G, S ⁽⁴⁾	Q S.	53.25	-42.17	0.04	0.00	6.85	Cumple
			G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	40.27	-39.88	0.06	0.01	6.22	Cumple								
		7 m	Cumple	Cumple	24.9	45.2	Cumple	Cumple	Cumple	45.2	G, S ⁽⁴⁾	Q S.	53.25	-42.17	0.04	0.00	6.85	Cumple
			G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	40.27	-39.88	0.06	0.01	6.22	Cumple								
Losa 1 (0 - 7 m)	60x80	1.667 m	Cumple	Cumple	24.9	45.2	Cumple	Cumple	Cumple	45.2	G, S ⁽⁴⁾	Q S.	53.25	-42.17	0.04	0.00	6.85	Cumple
			G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	40.27	-39.88	0.06	0.01	6.22	Cumple								
		Pie	Cumple	Cumple	8.2	45.2	Cumple	Cumple	Cumple	45.2	G, S ⁽⁴⁾	Q S.	53.25	-42.17	0.04	0.00	6.85	Cumple
			G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	40.27	-39.88	0.06	0.01	6.22	Cumple								
Fundación	60x80	Arranque	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	45.2	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	Cumple	45.2	G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	40.27	-39.88	0.06	0.01	6.22	Cumple

Notas:
 (1) La comprobación no procede
 (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
 (3) 1.4·PP+1.4·CM+1.4·CM1
 (4) 1.2·PP+1.2·CM+1.2·CM1-SY
 (5) 0.9·PP+0.9·CM+0.9·CM1-SY

Figura 3.10 Comprobación (columna 3).

Fuente: CYPECAD.

3.3.38.4 C4

Sección de hormigón																		
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones								Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Sism.	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Losas 1 (7 - 10 m)	60x80	Cabeza	Cumple	Cumple	2.7	17.7	Cumple	Cumple	Cumple	17.7	G, S ⁽³⁾	Q S.	8.56	3.55	-9.94	2.90	0.00	Cumple
			G, S ⁽³⁾	N,M S.	8.56	3.55	-9.94	2.90	0.00									
		8.333 m	Cumple	Cumple	2.7	32.9	Cumple	Cumple	Cumple	32.9	G, S ⁽³⁾	Q S.	22.96	3.58	19.09	2.90	0.00	Cumple
			G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	17.47	2.90	18.82	2.82	-0.02									
		7 m	Cumple	Cumple	11.2	32.9	Cumple	Cumple	Cumple	32.9	G, S ⁽³⁾	Q S.	22.96	3.58	19.09	2.90	0.00	Cumple
			G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	17.47	2.90	18.82	2.82	-0.02									
Losas 1 (0 - 7 m)	60x80	1.667 m	Cumple	Cumple	11.2	32.9	Cumple	Cumple	Cumple	32.9	G, S ⁽³⁾	Q S.	22.96	3.58	19.09	2.90	0.00	Cumple
			G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	17.47	2.90	18.82	2.82	-0.02									
		Pie	Cumple	Cumple	2.7	32.9	Cumple	Cumple	Cumple	32.9	G, S ⁽³⁾	Q S.	22.96	3.58	19.09	2.90	0.00	Cumple
			G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	17.47	2.90	18.82	2.82	-0.02									
Fundación	60x80	Arranque	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	32.9	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	Cumple	32.9	G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	17.47	2.90	18.82	2.82	-0.02	Cumple
<p>Notas:</p> <p>(1) La comprobación no procede</p> <p>(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p>(3) 1.2·PP+1.2·CM+1.2·CM1+SX</p> <p>(4) 0.9·PP+0.9·CM+0.9·CM1+SX</p>																		

Figura 3.11 Comprobación (columna 4).

Fuente: CYPECAD.

3.3.38.5 C5

Sección de hormigón																		
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones								Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Sism.	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Losa 1 (7 - 10 m)	60x80	Cabeza	Cumple	Cumple	2.6	16.6	Cumple	Cumple	Cumple	16.6	G, S ⁽³⁾	Q S.,N,M S.	8.65	-2.97	-9.55	2.75	-0.14	Cumple
		8.333 m	Cumple	Cumple	2.6	29.9	Cumple	Cumple	Cumple	29.9	G, S ⁽³⁾	Q S.	23.05	-1.59	17.98	2.75	-0.14	Cumple
											G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	17.53	-1.17	17.67	2.66	-0.11	
		7 m	Cumple	Cumple	10.6	29.9	Cumple	Cumple	Cumple	29.9	G, S ⁽³⁾	Q S.	23.05	-1.59	17.98	2.75	-0.14	Cumple
											G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	17.53	-1.17	17.67	2.66	-0.11	
		Losa 1 (0 - 7 m)	60x80	1.667 m	Cumple	Cumple	10.6	29.9	Cumple	Cumple	29.9	G, S ⁽³⁾	Q S.	23.05	-1.59	17.98	2.75	-0.14
G, S ⁽⁴⁾	N,M S.											17.53	-1.17	17.67	2.66	-0.11		
Pie	Cumple			Cumple	2.6	29.9	Cumple	Cumple	Cumple	29.9	G, S ⁽³⁾	Q S.	23.05	-1.59	17.98	2.75	-0.14	Cumple
											G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	17.53	-1.17	17.67	2.66	-0.11	
Fundación	60x80	Arranque	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	29.9	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	Cumple	29.9	G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	17.53	-1.17	17.67	2.66	-0.11	Cumple

Notas:
 (1) La comprobación no procede
 (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
 (3) 1.2·PP+1.2·CM+1.2·CM1+SX
 (4) 0.9·PP+0.9·CM+0.9·CM1+SX

Figura 3.12 Comprobación (columna 5).

Fuente: CYPECAD.

3.3.38.6 C6

Sección de hormigón																		
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones								Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Sism.	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Losa 1 (7 - 10 m)	60x80	Cabeza	Cumple	Cumple	10.1	23.8	Cumple	Cumple	Cumple	23.8	G ⁽³⁾	Q	31.71	-15.69	0.49	-0.08	-2.84	Cumple
											G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	28.50	-23.40	0.31	-0.03	-6.70	
		8.333 m	Cumple	Cumple	8.0	50.2	Cumple	Cumple	Cumple	50.2	G, S ⁽⁴⁾	Q S.	42.90	43.57	-0.02	-0.03	-6.69	Cumple
											G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	32.51	40.84	0.04	-0.02	-6.09	
		7 m	Cumple	Cumple	24.5	50.2	Cumple	Cumple	Cumple	50.2	G, S ⁽⁴⁾	Q S.	42.90	43.57	-0.02	-0.03	-6.69	Cumple
											G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	32.51	40.84	0.04	-0.02	-6.09	
Losa 1 (0 - 7 m)	60x80	1.667 m	Cumple	Cumple	24.5	50.2	Cumple	Cumple	Cumple	50.2	G, S ⁽⁴⁾	Q S.	42.90	43.57	-0.02	-0.03	-6.69	Cumple
											G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	32.51	40.84	0.04	-0.02	-6.09	
		Pie	Cumple	Cumple	8.0	50.2	Cumple	Cumple	Cumple	50.2	G, S ⁽⁴⁾	Q S.	42.90	43.57	-0.02	-0.03	-6.69	Cumple
											G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	32.51	40.84	0.04	-0.02	-6.09	
Fundación	60x80	Arranque	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	50.2	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	Cumple	50.2	G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	32.51	40.84	0.04	-0.02	-6.09	Cumple

Notas:
⁽¹⁾ La comprobación no procede
⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
⁽³⁾ 1.4·PP+1.4·CM+1.4·CM1
⁽⁴⁾ 1.2·PP+1.2·CM+1.2·CM1+SY
⁽⁵⁾ 0.9·PP+0.9·CM+0.9·CM1+SY

Figura 3.13 Comprobación (columna 6).

Fuente: CYPECAD.

3.3.38.7 C7

Sección de hormigón																		
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones								Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Sism.	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Losa 1 (7 - 10 m)	60x80	Cabeza	Cumple	Cumple	3.8	11.5	Cumple	Cumple	Cumple	11.5	G, S ⁽³⁾	Q S.	20.25	-7.68	-0.69	0.13	-3.18	Cumple
											G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	20.66	-4.83	-8.17	2.53	-0.54	
		8.333 m	Cumple	Cumple	3.7	27.8	Cumple	Cumple	Cumple	27.8	G, S ⁽³⁾	Q S.	34.65	23.79	0.63	0.13	-3.14	Cumple
											G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	25.78	-25.12	-0.37	-0.02	2.47	
		7 m	Cumple	Cumple	11.5	27.8	Cumple	Cumple	Cumple	27.8	G, S ⁽³⁾	Q S.	34.65	23.79	0.63	0.13	-3.14	Cumple
											G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	25.78	-25.12	-0.37	-0.02	2.47	
Losa 1 (0 - 7 m)	60x80	1.667 m	Cumple	Cumple	11.5	27.8	Cumple	Cumple	Cumple	27.8	G, S ⁽³⁾	Q S.	34.65	23.79	0.63	0.13	-3.14	Cumple
											G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	25.78	-25.12	-0.37	-0.02	2.47	
		Pie	Cumple	Cumple	3.7	27.8	Cumple	Cumple	Cumple	27.8	G, S ⁽³⁾	Q S.	34.65	23.79	0.63	0.13	-3.14	Cumple
											G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	25.78	-25.12	-0.37	-0.02	2.47	
Fundación	60x80	Arranque	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	27.8	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	Cumple	27.8	G, S ⁽⁵⁾	N,M S.	25.78	-25.12	-0.37	-0.02	2.47	Cumple
<p>Notas:</p> <p>(1) La comprobación no procede</p> <p>(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p>(3) $1.2 \cdot PP + 1.2 \cdot CM + 1.2 \cdot CM1 + SY$</p> <p>(4) $1.2 \cdot PP + 1.2 \cdot CM + 1.2 \cdot CM1 + SX$</p> <p>(5) $0.9 \cdot PP + 0.9 \cdot CM + 0.9 \cdot CM1 - SY$</p>																		

Figura 3.14 Comprobación (columna 7).

Fuente: CYPECAD.

3.3.38.8 C8

Sección de hormigón																		
Tramo	Dimensión (cm)	Posición	Comprobaciones								Esfuerzos pésimos						Estado	
			Disp.	Arm.	Q (%)	N,M (%)	Sism.	Disp. S.	Cap.	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)
Losa 1 (7 - 10 m)	60x80	Cabeza	Cumple	Cumple	2.6	16.4	Cumple	Cumple	Cumple	16.4	G, S ⁽³⁾	Q S.	8.70	-2.13	9.55	-2.75	0.08	Cumple
											G, S ⁽³⁾	N,M S.	8.70	-2.13	9.55	-2.75	0.08	
		8.333 m	Cumple	Cumple	2.6	30.2	Cumple	Cumple	Cumple	30.2	G, S ⁽³⁾	Q S.	23.10	-2.94	-17.96	-2.75	0.08	Cumple
											G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	17.56	-2.23	-17.66	-2.66	0.06	
		7 m	Cumple	Cumple	10.6	30.2	Cumple	Cumple	Cumple	30.2	G, S ⁽³⁾	Q S.	23.10	-2.94	-17.96	-2.75	0.08	Cumple
											G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	17.56	-2.23	-17.66	-2.66	0.06	
Losa 1 (0 - 7 m)	60x80	1.667 m	Cumple	Cumple	10.6	30.2	Cumple	Cumple	Cumple	30.2	G, S ⁽³⁾	Q S.	23.10	-2.94	-17.96	-2.75	0.08	Cumple
											G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	17.56	-2.23	-17.66	-2.66	0.06	
		Pie	Cumple	Cumple	2.6	30.2	Cumple	Cumple	Cumple	30.2	G, S ⁽³⁾	Q S.	23.10	-2.94	-17.96	-2.75	0.08	Cumple
											G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	17.56	-2.23	-17.66	-2.66	0.06	
Fundación	60x80	Arranque	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	30.2	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	Cumple	30.2	G, S ⁽⁴⁾	N,M S.	17.56	-2.23	-17.66	-2.66	0.06	Cumple

Notas:
 (1) La comprobación no procede
 (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
 (3) 1.2·PP+1.2·CM+1.2·CM1-SX
 (4) 0.9·PP+0.9·CM+0.9·CM1-SX

Figura 3.15 Combinación (columna 8).

Fuente: CYPECAD.

3.4 Diseño estructural manual de zapatas prefabricadas en hormigón.

Datos Generales:

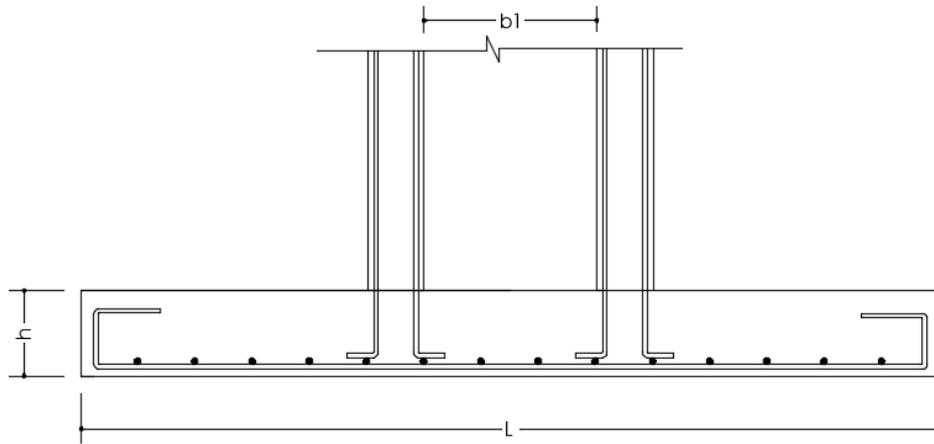


Figura 3.16 Dimensión de zapatas medianeras (frontal).

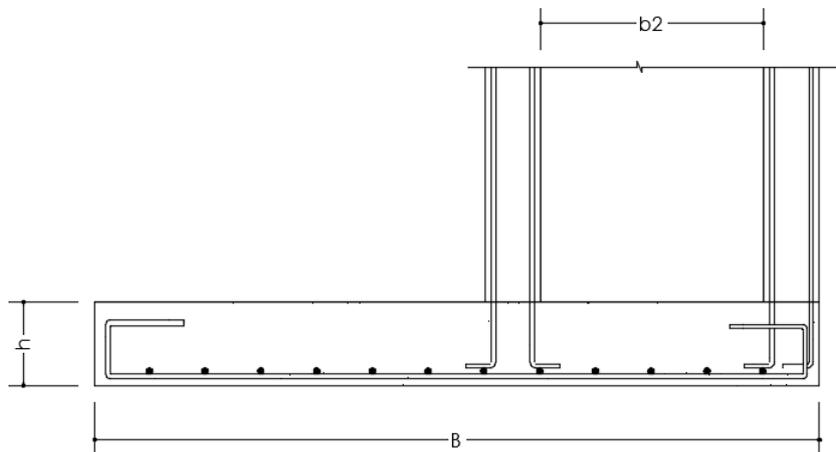


Figura 3.17 Dimensión de zapatas medianeras (lateral).

Zapata Medianera (mm)	
b1:	600
b2:	800
h:	300
B:	2600
L:	3000

Conceptos y valores de esfuerzo:

P:	361,2	KN
M:	-156,3	KN/m
F _y :	420	Mpa
F'c	35	Mpa
q _{adm} :	100	KN/m ²
recubrimiento:	70	mm
C:	1000	mm

Según (Calavera, 1991), las presiones máximas y mínimas ejercidas por el suelo sobre la cara inferior de la zapata medianera están dadas por las expresiones, las cuales se describen a continuación:

$$q_{max} = \frac{P}{BL} + \frac{K\lambda^2 C^2 B}{6EI_c} T < q_a$$

$$q_{min} = \frac{P}{BL} - \frac{K\lambda^2 C^2 B}{6EI_c} T > 0$$

Dónde:

$\lambda = 1$ Cuando la viga este articulada a la columna (tipo cable).

$\lambda = 0,75$ Para el caso en la viga esta empotrada en la columna.

K =Coeficiente de balasto.

Según (Aguirre Gallego & Amaris Mesa, 1997), el valor del coeficiente de balasto K se determina con las siguientes ecuaciones:

$$K = \frac{f}{0,67} Kl$$

$$f = \frac{(1 + \frac{0,5B}{L})}{1,5}$$

Dónde:

$$Kl = \frac{Es}{B(1 - \mu^2)}$$

$\mu = 0,35$ para arcillas.

$\mu = 0,25$ para arenas.

$$Es = \frac{1}{mv}$$

$$mv = 0,1 \frac{mm^2}{N}$$

La zapata medianera presenta una altura de $h = 300mm$, por lo tanto se tendrá:

$$d = h - \text{recubrimiento}$$

Por capacidad de carga, según (Juarez Badillo & Rico Rodriguez, 2004), se debe cumplir la siguiente desigualdad:

$$\frac{P}{(B - 2e)L} < q_a$$

$$\beta_c = \frac{b_2}{b_1}$$

$$e = \frac{M}{P}$$

$$e < \frac{B}{6}$$

- Se aumenta las cargas con un factor de mayoración = 1,5

$$P_u = P \times 1,5$$

$$M_u = M \times 1,5$$

Se considera una viga de fundación (T), la misma que ayuda a centrar la carga bajo la zapata, se considera a continuación:

$$T = \frac{P \left(\frac{B - b_2}{2} \right) - 2M}{\left(c + h + \frac{K\lambda^2 c^2}{36EI_c} B^3 L \right)}$$

Dónde:

$$E = 3900\sqrt{f'}c$$

$$I_c = \frac{1}{12}b_1b_2^3$$

La distribución de presiones en función de la distancia al vértice izquierdo de la zapata medianera está dada por:

$$q_x = x - b \cdot x$$

- **Revisión del punzonamiento:**

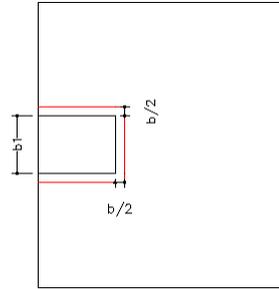


Figura 3.18 Zapata en punzonamiento

$$b_o = \left(b_2 + \frac{d}{2}\right) 2 + b_1 + d$$

Para la distribución de presiones con:

$$x = b_2 + \frac{d}{2}$$

$$V_{ubd} = P_u - \left(\frac{q_{max} - q_x}{2}\right)(b_2 + \frac{d}{2})(b_1 + d)$$

$$v_{ubd} = \frac{V_{ubd}}{b_o d}$$

El valor del esfuerzo cortante v_{ubd} debe ser menor a la resistencia cortante contribuida por el concreto, por lo tanto:

$$v_{ubd} < \frac{\phi \sqrt{f'c}}{3}$$

$$v_{ubd} < \phi \sqrt{f'c} \frac{\left(1 + \frac{ad}{2b_o}\right)}{6}$$

$$v_{ubd} < \phi \sqrt{f'c} \frac{(1 + \frac{2}{BC})}{6}$$

Dónde:

Factores especificados anteriormente

$$\phi = 0,85$$

$$a = 30$$

- **Revisión de la cortante unidireccional en sentido longitudinal:**

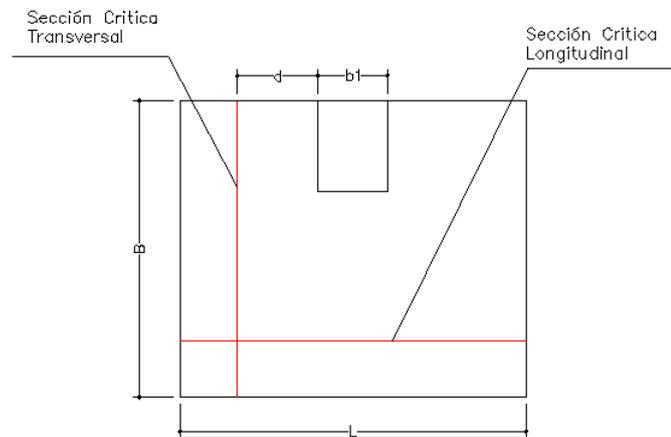


Figura 3. 19 Cortante unidireccional

Para la distribución de presiones con:

$$x = b_2 + d$$

$$V_u = \left(\frac{q_x + q_{min}}{2} \right) L(B - b_2 - d)$$

$$v_u = \frac{V_u}{Ld}$$

Comprobación:

$$v_u < \phi \frac{\sqrt{f'c}}{6}$$

- **Revisión de la cortante unidireccional en sentido transversal:**

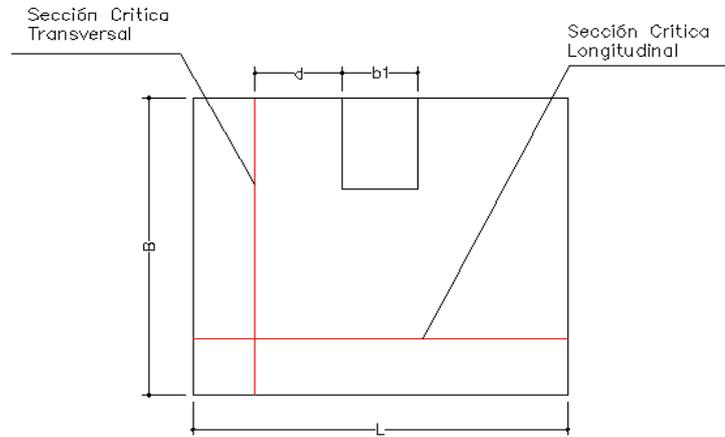


Figura 3.20 Cortante unidireccional

$$V_{uu} = \left(\frac{q_{max} + q_{min}}{2} \right) \left(\frac{L}{2} - \frac{b_1}{2} - d \right) B$$

$$v_{uu} = \frac{V_{uu}}{Bd}$$

Comprobación:

$$v_{uu} < \phi \frac{\sqrt{f'c}}{6}$$

- **Momento en sentido transversal o corto:**

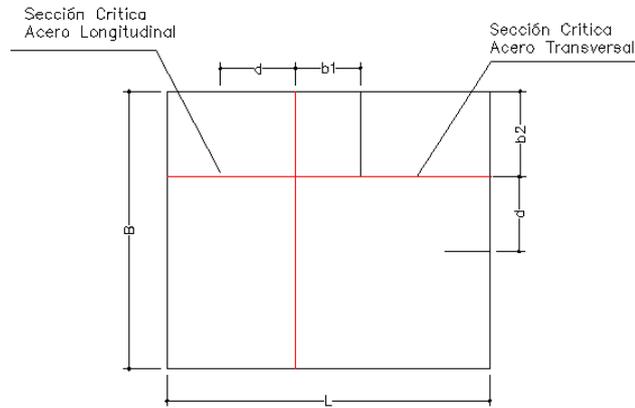


Figura 3.21 Momento zapata medianera

Para la distribución de presiones con:

$$x = b_2$$

$$M_u = \left(q_{min} \frac{(B - b_2)^2}{2} + (q_x - q_{min}) \frac{(B - b_2)^2}{6} \right) L$$

Para el cálculo del acero se tiene:

$$A_{smin} = \rho_{min} \times L \times d$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y}$$

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot d}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{0,85 \cdot \phi \cdot f'c \cdot b \cdot d^2}} \right]$$

- **Momento en sentido longitudinal o largo:**

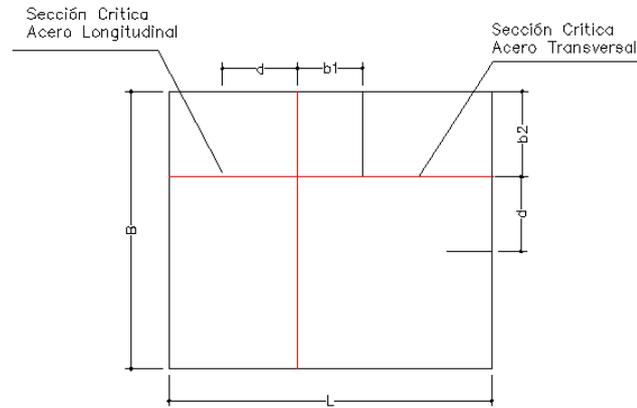


Figura 3.22 Momento zapata medianera.

$$M_u = B \left(\frac{q_{max} + q_{min}}{2} \right) \frac{\left(\frac{L}{2} - \frac{b_1}{2} \right)^2}{2}$$

Para el cálculo del acero se tiene:

$$A_{smin} = \rho_{min} \times B \times d$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y}$$

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot d}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{0,85 \cdot \phi \cdot f'c \cdot b \cdot d^2}} \right]$$

3.4.1 Implementación de una hoja electrónica de cálculo.

DISEÑO DE ZAPATAS EXCÉNTRICAS (MEDIANERAS)

Cálculos:

Factor (mayoración) **1,5**
P (mayorado) 541,8 KN
M (mayorado) -234,5 KN/m

B:	2600 mm
L:	3000 mm

excentricidad:	432,72 mm
	CUMPLE

$\frac{P}{(B - 2e)L}$	69,41 KN/m ²
	CUMPLE

Continuamos:

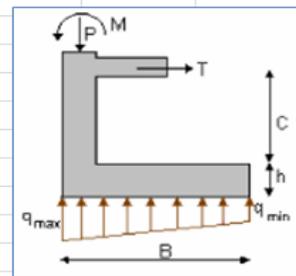
f	0,96
u	0,25
Kl	0,004 MPa/mm
K	0,006 MPa/mm

Ec	23072,7 Mpa
Ic	25600000000 mm ⁴

λ	0,75
Tu	731194,2 N

q _{max}	0,073 Mpa
	CUMPLE

q _{min}	0,066 Mpa
	CUMPLE

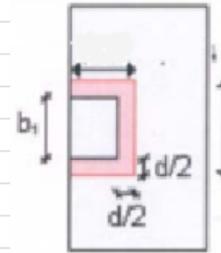


funcion:

qx:	x	-	b.x
qx:	x:	0,073	
	b:	2,7162E-06 .x	

PUNZONAMIENTO:

d	230 mm
b_1	600 mm
b_2	800 mm
b_0	2660 mm
x :	915 mm
q_x :	0,071 Mpa

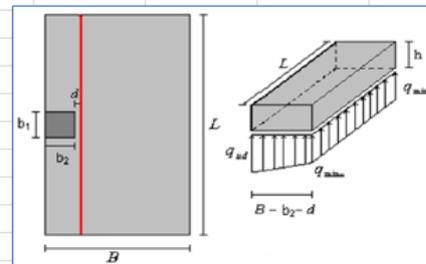


V_{ubd}	540856,26 N
V_{ubd}	0,88 Mpa
ϕ	0,85

$\frac{\phi x \sqrt{f'c}}{3}$	1,7	V_{ubd}	0,88	CUMPLE
$\phi \sqrt{f'c} x \frac{(1 + \frac{axd}{2xb_0})}{6}$	1,93	V_{ubd}	0,88	CUMPLE
$\phi \sqrt{f'c} x \frac{(1 + \frac{2}{Bc})}{6}$	2,10	V_{ubd}	0,88	CUMPLE
Bc	1,33			

CORTANTE UNIDIRECCIONAL EN SENTIDO LONGITUDINAL

b_1 :	600 mm
b_2 :	800 mm
d :	230 mm
X :	1030 mm
q_x :	0,070 Mpa
V_u :	320575,29 N
V_u :	0,46 Mpa



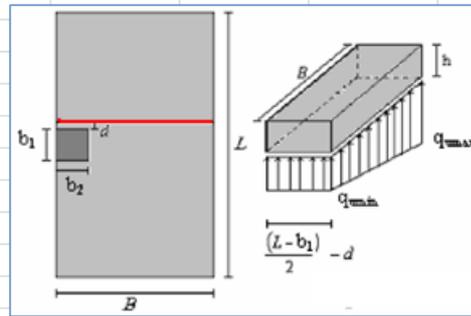
$\frac{\phi x \sqrt{f'c}}{3}$	0,84	V_u :	0,46	CUMPLE
-------------------------------	------	---------	------	--------

CORTANTE UNIDIRECCIONAL EN SENTIDO TRANSVERSAL

b_1 : 600 mm
 b_2 : 800 mm
 d : 230 mm

V_u : 175182 N

v_u : 0,293 Mpa

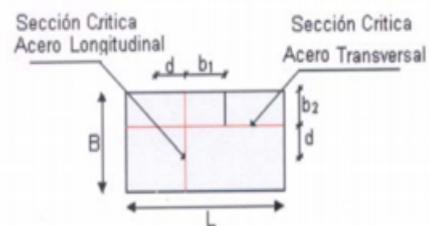


$\frac{\phi_x \sqrt{f'c}}{3}$	0,84	v_u :	0,293	CUMPLE
-------------------------------	------	---------	-------	---------------

MOMENTO EN SENTIDO TRANSVERSAL O CORTO

X : 800 mm
 q_x : 0,071

M_u : 130032000 N.mm

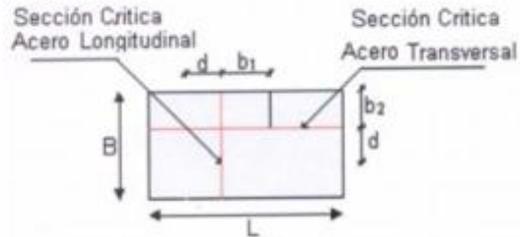


Datos:	
$f'c$ =	350 kg/cm ²
f_y =	4200 kg/cm ²
b =	100 cm
d =	20 cm
M_u =	1325957,385 Kg.cm
ϕ =	0,9
A_{s2} :	18,78449775

ACERO EN SENTIDO TRANSVERSAL

P_{min} :	0,003333333			
B :	2600	mm		
d :	230	mm		
As_1 :	1993,333333	mm ²	19,93333333	cm ²
			Afinal= 19,93333333	cm ²
			↓	
	As	45,62	cm ²	OK
		12Ø22mm@20cm		
Diametros	22	3,801	cm ²	
# de Varillas	12	45,62	cm ²	
s	20	cm		
# de Varillas	13			

MOMENTO EN SENTIDO LONGITUDINAL



Mu :	328342560	N.mm
--------	-----------	------

Datos:	
f'c=	350 kg/cm ²
f _y =	4200 kg/cm ²
b=	100 cm
d=	22 cm
M _u =	3348162,32 Kg.cm
φ=	0,9
As ₂ :	47,5014341

ACERO EN SENTIDO LONGITUDINAL				
<i>P_{min}</i> :	0,00333333			
<i>L</i> :	3000 mm			
<i>d</i> :	230 mm			
<i>As1</i> :	2300 mm ²	23	cm ²	
		Afinal= 47,5014341	cm ²	
		↓		
	As	53,2185796	cm ²	OK
	14Ø22mm@20cm			
Diametros	22	3,80132711	cm ²	
# de Varillas	14	53,2185796	cm ²	
<i>s</i>	20	cm		
# de Varillas	15			

CAPÍTULO 4

PROCESO CONSTRUCTIVO

4.1 Unión de la armadura de cubierta – columna

Para obtener una nave industrial con una fuerte rigidez transversal se procedió a realizar en este proyecto una conexión rígida desprovista de articulaciones como se muestra en la siguiente figura:

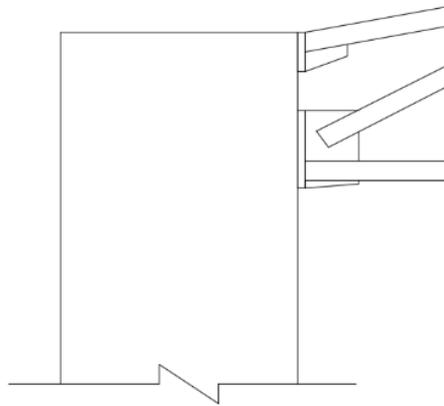


Figura 4.1 Esquema del marco transversal.

De esta forma la nave industrial será más rígida y eficiente haciendo que la armadura resulte empotrada por los extremos, es así que se obtendrá un diagrama de momentos como se muestra en la siguiente figura:

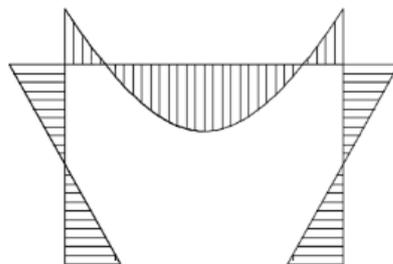


Figura 4.2 Momento de apoyo en un marco.

El acoplamiento rígido de la armadura con la columna se realizará conforme al tipo indicado en la siguiente figura:

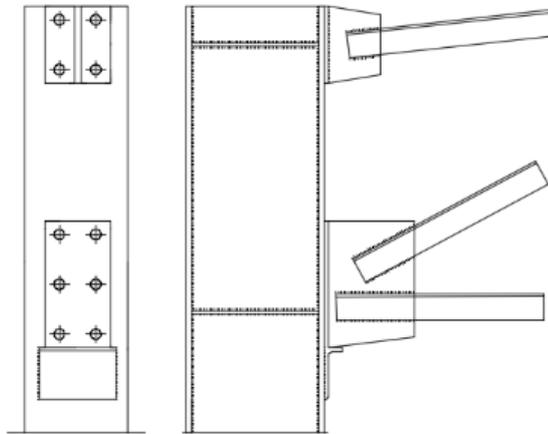


Figura 4.3 Acoplamiento rígido de la armadura a la columna.

4.2 Unión de la viga cargadora – columna

La unión entre la viga cargadora y la columna se realizará mediante hierros horizontales superiores e inferiores provenientes de la viga cargadora, así como de los estribos de la columna para ser fundidos en obra. Obteniendo así una unión rígida que garantice el óptimo trabajo de los elementos.

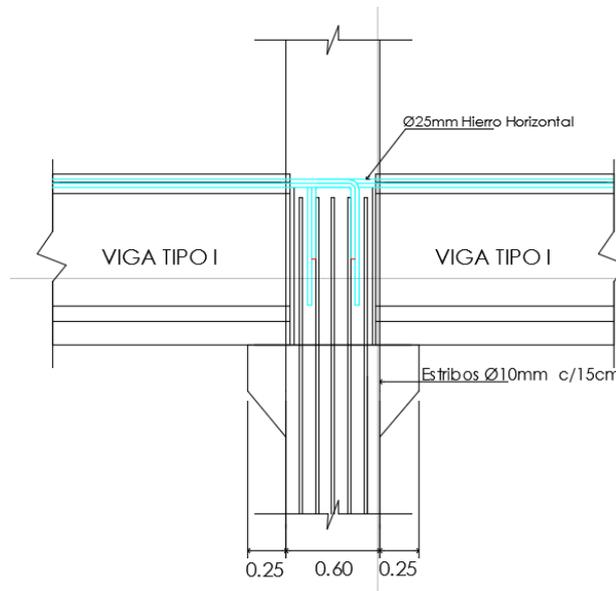


Figura 4.4 Detalle de la unión viga –columna.

4.3 Unión de la columna – zapata

Las zapatas prefabricadas de hormigón son capaces de transmitir los esfuerzos axiales, cortantes y momentos flectores desde las columnas a la cimentación es por eso que para este proyecto se realizará una unión entre columnas y zapatas del tipo vaso en la cual la columna será colocada sobre la zapata para posteriormente ser fundida en obra garantizando así una unión rígida.

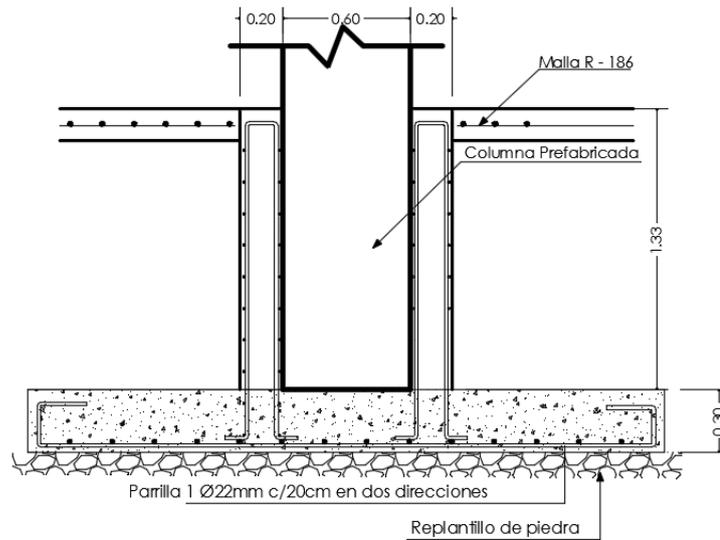


Figura 4.5 Detalle de la unión columna – zapata tipo vaso.

4.4 Sistemas de fabricación

Se detalla los requisitos básicos para asegurar la fabricación de productos de hormigón prefabricado pretensado de calidad.

Para el sistema de fabricación de vigas pretensadas se tendrá en cuenta los siguientes aspectos:

- Ordenes de trabajo y dibujos del producto.
- La calidad de la materia prima.
- La calidad de los encofrados.
- El armado de hierro y tensado de acero.
- La calidad del hormigón.
- La colocación y compactación del hormigón.
- Las dimensiones del producto.

- La colocación de insertos empotrados.
- El curado del hormigón.
- El manejo, almacenamiento y transporte de los productos.
- El mantenimiento de registros.

4.4.1 Equipos y aparatos de izado

Se verificará la capacidad de los equipos de izado usados en los productos de hormigón prefabricado y dichos equipos tendrán un factor adecuado de seguridad para izar y manejar los productos, tomando en cuenta las varias fuerzas que actúan sobre el equipo, incluyendo la succión del desencofrado, el impacto y las varias posiciones de los productos durante su manejo.

Se verificará la capacidad de los aparatos de izado tales como eslingas, barras de levante, cadenas, ganchos etc. Dichos aparatos tendrán un factor de seguridad para izar y manejar los productos.

4.4.2 Proporciones de la mezcla de Hormigón

Las proporciones de la mezcla para cada combinación de agregados, cemento, agua y aditivos serán determinadas por las especificaciones del proyecto o por personal calificado de la planta de prefabricado.

Las proporciones de la mezcla serán modificadas apropiadamente por cambios en la fuente de los materiales, la graduación granulométrica de los agregados, el contenido de humedad de los agregados, el contenido de cemento o los aditivos.

4.4.3 Relación Agua – Cemento

Se deberá calcular y documentar las relaciones agua – cemento para cada diseño. El hormigón que estará expuesto a congelamiento o deshielo contendrá aire y tendrá relaciones agua - cemento de 0,45 o menos. El hormigón que no estará expuesto a congelamiento, pero que requiere que sea impermeable, tendrá una relación agua – cemento de 0,48 o menos si el hormigón está expuesto a agua fresca. Para protección contra la corrosión, el hormigón armado y pretensado expuesto a sales, agua salobre

o de mar, tendrá una relación de agua – cemento de 0,40 o menos, las proporciones de la mezcla para cada elemento se encontrarán enumeradas y documentadas.

4.4.4 Resistencia a la compresión

Se deberá llevar un control de la resistencia a la compresión usando cilindros de acuerdo con la norma ASTM/39 a base de especímenes de ensayo cuya resistencia deberá ser igual o mayor a la especificada para cada elemento a construirse.

Si no se ha especificado ninguna resistencia esta deberá ser suficiente para minimizar daños causados por el manejo del producto y en ningún caso será la resistencia del hormigón menor a 350 kg/cm² en el momento que los elementos sean enviados.

La resistencia a la compresión debe ser adecuada para el uso previsto del producto y nunca menor a 350 kg/cm² al momento del envío. En el caso de que el producto hubiese sido enviado antes de obtener datos de resistencia, se pueden usar ensayos de esclerómetro para determinar la resistencia si el esclerómetro ha sido calibrado apropiadamente.

La gerencia rutinariamente evaluará y hará un seguimiento de los datos de resistencia, además la resistencia de rotura de los cilindros se llevará a cabo en un laboratorio que emita el informe correspondiente.

4.4.5 Aditivos

Los aditivos se usarán de acuerdo a las instrucciones de los fabricantes. Si se usa más de un aditivo en una mezcla de hormigón, se obtendrá datos para asegurar que cada aditivo actúa como se requiere sin afectar adversamente la actuación de los otros. Estos aditivos serán introducidos en una mezcla de hormigón de una manera controlada para asegurar una distribución uniforme en la mezcla.

4.4.6 Dosificación y mezclado

La planta deberá estar equipada de tal forma que las dosificaciones y el mezclado darán como resultado hormigón de las proporciones correctas, mezclado adecuadamente, con la deseada trabajabilidad del hormigón fresco y las propiedades

necesarias del hormigón endurecido, en cantidades adecuadas para mantener el programa de moldeado.

4.4.7 Almacenamiento del cemento y los materiales adicionales

Se tendrá contenedores o silos separados para cada tipo de materiales adicionales y cemento a granel, los contenedores y silos serán impermeables para impedir la intromisión de humedad. Además el cemento y los materiales adicionales embolsados serán almacenados bajo techo para así impedir el contacto con la humedad.

4.4.8 Manejo y almacenamiento de los agregados

Los agregados deberán ser manejados y almacenados de tal manera que la segregación de los tamaños de partículas se minimice, las gradaciones granulométricas se mantengan dentro de los límites especificados, no ocurra contaminación del suelo subyacente y no ocurra contaminación cruzada entre reservas adyacentes de agregados. Además no se tiene que permitir que se acumule materia orgánica y no se permitirá que crezcan plantas en las reservas de agregados.

4.4.9 Descarga de los materiales en las mezcladoras

El tambor o las paletas de una mezcladora estarán rotando mientras los materiales son descargados en la mezcladora. Los materiales serán descargados en la mezcladora en una secuencia que asegure una mezcla homogénea.

4.4.10 Mezcladoras

El tamaño de producción no excederá la capacidad recomendada por el fabricante. Las mezcladoras deben ser capaces de producir hormigón de una consistencia uniforme y con una distribución uniforme de agregado grueso. Se tendrá que revisar diariamente la limpieza de las mezcladoras, los espacios entre las paletas, los cierres de compuerta correctos y los controles de bloqueo, etc.

Se deberá llevar control de los informes diarios de proporciones reales de la mezcla de hormigón usadas en cada producción.

4.5 Prácticas de producción general

La distribución física de la planta permite que la producción, el manejo el almacenamiento y el envío de los productos de hormigón pueda ser hecho de una manera eficiente, segura y con un mínimo de daños al producto.

La distribución de la planta debería incorporar las siguientes pautas

1. Minimice las distancias de transporte del hormigón fresco.
2. Un espacio de trabajo adecuado para minimizar los riesgos a la seguridad y de tropiezos.
3. Evite desencofrar o izar los productos sobre el personal o el equipo.
4. Evite marcas o salpicaduras en otros productos durante las operaciones de moldeado.
5. Un espacio de almacenamiento adecuado para los materiales.
6. Un espacio adecuado para desencofrar los productos y realizar las inspecciones y reparaciones pos-vertido.

4.5.1 Mantenimiento y limpieza

Es una exigencia constante el mantenimiento y limpieza en las instalaciones con el propósito de proveer un ambiente limpio y seguro para que se puedan fabricar eficientemente productos de hormigón prefabricado de calidad.

4.5.2 Encofrados y equipo para encofrar

Los encofrados y el equipo para encofrar que se usan para la fabricación de productos prefabricados serán de una calidad tal que prevenga daños al producto debidos a las fuerzas y vibraciones a las que los encofrados son sometidos. Se medirán todos los encofrados y equipos para encofrar antes de su uso inicial y no menos de una vez al año para verificar la conformidad dimensional con las tolerancias aplicables.

Después de cada uso se limpiará cuidadosamente la acumulación de hormigón de los encofrados, no se deberá permitir que se acumulen recubrimientos de desencofrantes.

4.5.3 Equipos de manejo

Se usarán equipos tales como montacargas, grúas de puente, grúas móviles, carretillas elevadoras, para izar y manipular los productos que pesen menos que la capacidad nominal de los equipos.

4.5.4 Cortado, doblado e instalación de armaduras

El acero de refuerzo se cortará, doblará e instalará de conformidad con las tolerancias del producto de hormigón prefabricado. Se inspeccionarán las armaduras para determinar su conformidad con los requisitos de diseño aprobados y se deberá documentar con la inspección de pre-vertido.

Se doblará todas las barras de armadura de acuerdo con la norma ecuatoriana y los diámetros de doblado no serán menos que los establecidos por dicha norma.

Las armaduras se instalarán ya sea atando o engrapando las barras, los alambres o la armadura de alambre soldado en ensamblajes rígidos, o soldando cuando sea permisible de acuerdo con el diseño.

Los daños al recubrimiento en el acero de refuerzo recubierto de epoxi se repararán con material para remendar de una manera conforme a las recomendaciones del fabricante del material.

4.5.5 Operaciones pre-vertido

4.5.5.1 Limpieza de los encofrados

Se deberá limpiar los encofrados después de cada uso. Se quitará el hormigón, la cinta, el poliestireno y otros materiales adheridos a los encofrados.

4.5.5.2 Aplicación del desencofrante

Los desencofrantes se aplican para que el hormigón no se adhiera a los moldes utilizados y para que el elemento se pueda desmoldar sin ningún problema, esto se realizará después de que se encuentren limpios los encofrados. Esta tarea se puede

realizar de forma automatizada o manual, utilizando varios procedimientos como son: inmersión, pulverización o aplicación con brocha o rodillo.

La armadura y otros elementos a ser empotrados en el hormigón estarán libres de desencofrante. Se tomará cuidado para evitar la aplicación excesiva de desencofrante, que puede llevar a su acumulación. Cualquier exceso de desencofrante será quitado antes del hormigonado.

4.5.5.3 Colocación de la armadura

Se colocará las armaduras activas y pasivas como lo especificará el diseño, y el recubrimiento de hormigón debe cumplir con los requisitos del producto. A menos que se requiera lo contrario, la tolerancia en el recubrimiento de hormigón será un tercio de lo especificado pero no más de 12mm. El recubrimiento de hormigón no será de menos de 30 mm. Se deben tomar medidas categóricas para garantizar que la armadura no se mueva significativamente durante las operaciones de moldeado.

Para el refuerzo pretensado se debe considerar lo siguiente:

- Medir y documentar las dimensiones de bancada de pretensado. La longitud externa de la bancada dará la longitud del cable.
- Medir la longitud de acero no adherido.
- Identificar, verificar y documentar la posición horizontal y vertical del acero pretensado. Se deberá garantizar el correcto espaciado entre los cables presforzados (para cables de 1/2", mínimo 1 3/4" entre ejes).
- Localizar e identificar cualquier hilo roto (del cable pretensado). Para un elemento que cuente con 20 a 39 cables (de 7 hilos) es permitido que se rompa solo un hilo total.
- La no adherencia de los cables de pretensado puede ser lograda mediante uso de mangueras o cinta.
- Una fuerza inicial de tensado debe ser aplicado al cable para que se afloje. Dicha fuerza variará entre el 5 % al 20 % de la final.
- Medir y documentar la fuerza inicial y final aplicada a cada cable.
- Calcular las correcciones de elongación y los ajustes de las fuerzas de pretensado, debido a: pérdidas ocurridas por los anclajes, movimientos de los muros portantes o anclajes, etc.).

- Medir la elongación de los cables. Es permitido marcar los cables con pintura para chequear su elongación.
- Aplicar la fuerza final a los cables. No deberá ser mayor al 80 % de su resistencia a rotura.
- Comparar la elongación calculada y la medida. La diferencia entre ella debe estar cerca de $1/8$ „“ (3,18 mm) para bancadas cuya longitud es mayor a 150 pies (45,72 m).
- Debe existir una secuencia de destensado. Durante el destensado, la fuerza de pretensado debe mantenerse simétrica alrededor del eje vertical del elemento.

4.5.5.4 Colocación de artículos empotrados varios

Se colocarán los artículos empotrados en las ubicaciones especificadas en el diseño. Los insertos, las placas, las piezas soldadas, los equipos de izado y otros artículos a ser empotrados en productos de hormigón prefabricado se mantendrán rígidamente en su lugar durante las operaciones de moldeado.

Se realizarán inspecciones pre-vertido antes de moldear cada encofrado. Se inspeccionarán las dimensiones, la rigidez y la limpieza de los encofrados, la aplicación de desencofrante, la colocación y la sujeción de la armadura, los elementos empotrados y los núcleos.

La planta tendrá un procedimiento para identificar cuándo un encofrado ha recibido una inspección pre-vertido y está lista para el moldeado, además la documentación de las inspecciones pre-vertido puede ser por pieza o por turno de producción y se debe documentar diariamente como mínimo.

4.5.6 Colocación del hormigón

Transporte del hormigón.

El hormigón puede ser transportado de la mezcladora al lugar de colocación por cualquier medio que no contamine el hormigón o cause excesiva segregación.

4.5.7 Depósito del hormigón en los encofrados

Se depositará el hormigón en los encofrados tan cerca de su ubicación final como sea práctico. El vertido de hormigón se efectúa en caída libre siempre tratando que no aparezcan disgregaciones. Este vertido de hormigón se lo tiene que realizar de forma continua o en capas de tal modo que los encofrados y armaduras no sufran desplazamientos.

4.5.8 Compactación del hormigón

El hormigón será compactado de tal manera que se minimice la segregación del hormigón. Los vibradores usados para compactar el hormigón tendrán frecuencias y amplitudes suficientes para producir un hormigón bien compactado.

Los vibradores internos se bajarán verticalmente en el hormigón sin forzarlos hacia abajo, hasta que la punta del vibrador alcance la parte de abajo del encofrado o hasta que penetre en una colada previamente compactada. Vibre el hormigón hasta que las burbujas de aire dentro del campo de acción del vibrador básicamente dejen de subir a la superficie. Retirar el vibrador un poco más despacio de lo que se bajó.

Reinserte el vibrador asegurándose de que los campos de acción se superpongan y repita el proceso de vibrado hasta que todo el hormigón en el producto haya sido compactado. No use los vibradores para mover el hormigón lateralmente.

4.5.9 Curado del hormigón

En general un curado efectivo comenzará tan pronto como se termine la colocación del hormigón. El inspector inspeccionará el curado de los productos y las superficies expuestas de los productos desencofrados en busca de indicios de fisuración plástica, se deberá documentar los daños.

4.5.10 Desencofrado de los elementos

4.5.10.1 Requisitos Mínimos de Resistencia

El desencofrado se lo puede realizar a 18 horas de que el hormigón se haya colocado en su posición final. El destensado de cables se lo deberá realizar cuando el hormigón alcance una resistencia mínima a la compresión.

4.5.10.2 Daños al Producto Durante el Desencofrado

Los productos dañados durante el desencofrado serán evaluados por personal calificado de la planta para determinar si se necesitan reparaciones y si es así, que reparaciones se requieren antes del envío. Un registro de cualquier daño mayor y de las reparaciones se mantendrá en archivo junto con el informe de la inspección final.

4.5.10.3 Superficies Encofradas

Las superficies encofradas se considerarán satisfactorias si están relativamente libres de vacíos de aire y áreas con oquedades.

4.5.10.4 Inspección Pos-Vertido

Después de que se desencofren los productos, se los inspeccionará para determinar su conformidad con el diseño. Los productos a ser reparados se clasificarán bajo defectos “mayores” o “menores” o como áreas con oquedades.

Se hará una inspección pos-vertido de cada producto. Las inspecciones documentarán cualquier daño, excesivas oquedades o bolsas de aire, tolerancias dimensionales pobres u otros problemas, tal como una armadura expuesta. Se hará una marca en el producto indicando si es aceptable, requiere reparación o ha sido rechazado.

4.5.11 Reparación del hormigón

4.5.11.1 Reparación de defectos menores

Los defectos menores que no perjudiquen el uso funcional o la esperada vida útil de un producto de hormigón prefabricado se consideran defectos menores. Los defectos menores pueden ser reparados por cualquier método que no perjudique el producto.

Cuando se reparan áreas con oquedades, se removerá todo el material suelto y se cortarán las áreas en planos básicamente horizontales o verticales, hasta una profundidad en la que las partículas de agregado grueso se quiebren con el cincelado en lugar de ser meramente desplazadas. Se usarán los materiales de reparación patentados de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Si no se usa un material de reparación patentado, se saturará el área con agua e, inmediatamente antes de la

reparación, el área estará húmeda pero no habrá exceso de agua. Se aplicará a las superficies cinceladas un mortero de cemento y arena o un agente adherente aprobado, seguido inmediatamente por la compactación de un material de reparación apropiado en la cavidad.

4.5.11.2 Reparación de defectos mayores

Los defectos en productos de hormigón prefabricado que perjudiquen el uso funcional o la esperada vida útil de los productos se considerarán defectos mayores. A menos que se reparen los defectos mayores, se rechazará el producto. Los defectos mayores serán evaluados por personal calificado, para determinar si las reparaciones son factibles y, si lo son, para establecer el procedimiento de reparación. Se inspeccionarán los procedimientos de reparación adecuados y el curado.

4.5.11.3 Inspección de las reparaciones

Los productos que requieran reparaciones de áreas con oquedades o reparaciones mayores serán inspeccionados mientras se hacen las reparaciones. Un registro de cualquier reparación mayor se documentará y archivará junto con el informe de la inspección final para ese elemento.

4.5.12 Marcado, almacenamiento y envío de los productos

Marcado del producto

Se marcarán los productos como lo requieran las especificaciones del proyecto. A menos que lo impidan las especificaciones del producto o razones estéticas, se marcarán prominentemente los productos, indicando la conformidad con este manual.

Los elementos prefabricados llevarán una marca para su identificación. Dicha marca deberá ser indeleble y legible sobre la cual se podrá anotar lo siguiente

- Nombre del fabricante
- Tipo de elemento
- Fecha de fabricación
- Longitud del elemento

- Peso del elemento

4.5.12.1 Áreas de almacenamiento

Las áreas usadas para el almacenamiento de productos serán lo suficientemente firmes y planas como para evitar causar daños a los productos.

4.5.12.2 Almacenamiento de los productos

Se almacenarán los productos de una manera que minimice los daños causados por un soporte desparejo, bloques de madera de estiba ubicados incorrectamente, el apilado demasiado alto de los productos o dificultades en el manejo. Un producto defectuoso que no pueda ser adecuadamente reparado será marcado singularmente para que el personal de la planta pueda identificarlo fácilmente como defectuoso. Un producto defectuoso será almacenado separado del stock normal.

4.5.12.3 Envío de los productos

Los camiones y otros vehículos usados para transportar productos de hormigón prefabricado de la planta a la ubicación designada por el cliente, estarán equipados y serán mantenidos de forma tal que entreguen esos productos sin dañarlos a tal grado de que deban ser reparados o rechazados.

Por un mínimo de un año se conservarán registros (Guías de remisión) de todos los productos y accesorios enviados en cada carga. Si algún elemento se dañó al ser entregado, el registro indicará cuál.

4.5.13 Inspección final

Antes del envío, se inspeccionarán los productos para garantizar su conformidad con el diseño y adecuada identificación. La planta de prefabricado establecerá un procedimiento para muestrear e inspeccionar los productos enviados a granel. Los productos que sean manipulados individualmente durante la carga serán inspeccionados individualmente. Se documentarán las inspecciones.

Se etiquetarán claramente los productos que no cumplan con los requisitos y se anotarán los defectos en el informe de la inspección. Se enviarán solo los elementos que cumplan con los requisitos a menos que se notifiquen de los defectos al

comprador. Antes del envío se notificarán los defectos a la gerencia, para que se puedan tomar medidas al respecto. El inspector controlará la inspección final de los productos, la carga y los procedimientos de armado.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS ECONÓMICO - COMPARATIVO

5.1 Análisis comparativo de costos y cronograma del proyecto con prefabricados de concreto e in situ

Para este análisis comparativo se asume que la elaboración de elementos estructurales de hormigón en planta cumple con todos los requerimientos normativos de diseño, pero cuando estos elementos son fabricados en obra, presentan una desventaja que es concerniente a la resistencia del hormigón, ya que no se tiene a ciencia cierta su uniformidad de material y además se necesita de tiempo para llegar a evaluar su resistencia.

En este capítulo se realizara un análisis comparativo de diferentes aspectos como presupuestos y cronogramas, que nos servirá de guía para la toma de decisión del diseño final.

5.1.1 Análisis del presupuesto

Para el análisis del presupuesto se debe tener conocimiento de todos los rubros existentes en el desarrollo del proyecto, obteniendo los valores correspondientes a cobrar por medio de un análisis de precios unitarios.

***Nota:** Ver anexo 10 (cotizaciones)

5.1.2 Análisis de precios unitarios

Se debe determinar los costos directos que influyen en el proyecto tales como: materiales, mano de obra, costos de transporte, equipos, suministro de materiales, etc.

5.1.2.1 Materiales

Es toda la materia prima a utilizarse en el proyecto de desarrollo de la nave industrial, teniendo cuenta la diferencia que existe en la distribución para la elaboración de los elementos estructurales prefabricados y en situ. Sin duda alguna

cumpliendo con todos los requerimientos de calidad y verificando si se puede adquirir en el mercado nacional.

5.1.2.2 Mano de obra

Los datos de este aspecto se obtendrán a través de la empresa encargada para la elaboración de los elementos estructurales de hormigón prefabricado, de la misma manera para el desarrollo del proyecto in situ se verificará el costo horario de los trabajadores según su actividad que desempeñen.

5.1.2.3 Equipos

El costo dependerá según la tarifa que se encuentre en el mercado para la elaboración de la nave industrial in situ

5.1.2.4 Transporte y colocación

Se deberá verificar que tipo de transporte se utilizará ya que el diseño de los elementos estructurales prefabricados presenta grandes luces y volúmenes tales como las columnas, vigas tipo I y cimientos. Para el desarrollo del proyecto in situ se utilizará maquinaria menor.

Tabla 5.1 Tabla comparativa entre variantes de hormigón prefabricado e in situ

Parámetro	Estructura de hormigón con elementos prefabricados	Estructura de hormigón in situ
Resistencia	La resistencia de diseño de los elementos prefabricados se obtuvieron a partir del diseño y calculo	La resistencia del hormigón in situ se visualizara después de un rango de tiempo de puesta en ejecución.
Seguridad	Elementos estructurales con una mayor dúctiles ante una acción sísmica	Elementos estructurales con menos dúctiles ante una acción sísmica
Mano de Obra	Se requiere de personal calificado y certificación	Se requiere de personal calificado, no es necesario

	AWS (<i>American Welding Society</i>).	presentar una certificación.
Materiales	No se tiene una disponibilidad inmediata de los elementos prefabricados	En el mercado existe una disponibilidad inmediata de los materiales
Maquinaria	Para el montaje de los elementos prefabricados se dispondrá de maquinaria pesada (Grúas), disponible en nuestro medio.	Se requiere de maquinaria liviana para el diseño de los elementos estructurales
Mantenimiento	Se requiere de un mantenimiento a largo plazo	Se requiere de un mantenimiento periódico para verificación de fisuras y corrosión.
Impacto Ambiental	<p>No se utilizan materiales ecológicos.</p> <p>Necesidad de gran cantidad de energía en la construcción y uso de recursos no renovables.</p> <p>Los residuos se generarían en planta.</p> <p>Un solo uso del hormigón fabricado.</p>	<p>Necesidad de gran cantidad de energía en la construcción y uso de recursos no renovables.</p> <p>No se utilizan materiales ecológicos.</p> <p>Emanación de componentes orgánicos volátiles.</p> <p>Invasión de recursos naturales. (Forestación, canteras, etc.)</p> <p>Un solo uso del hormigón fabricado.</p> <p>Los residuos se generan en obra en un nivel alto.</p>
Plazo de ejecución		
presupuesto		

5.1.3 Determinación de la variante óptima del proyecto

“Para determinar el diseño óptimo a seguir del proyecto, a través, de las variantes mencionadas, se empleará el método de selección por puntos ponderados, donde se requiere mencionar determinados factores, que benefician o perjudican la selección del diseño óptimo, y asignarles un peso”. (Urbina, 2004)

Para llegar a determinar este método se tomaron aspectos importantes como el económico, la calidad y la tecnología del material, que generará un punto de vista claro para nuestra decisión, los cuales detallamos a continuación:

Tabla 5.2 Peso de factores relevantes

<u>Material</u>	15%
<u>Mano de Obra</u>	25%
<u>Maquinaria</u>	5%
<u>Valor de la obra</u>	30%
<u>Tiempo de ejecución</u>	10%
<u>Inspección y control de calidad</u>	15%

Tecnología:

Tabla 5.3 Aspectos tecnológicos (materiales)

FACTOR	Calificación	
Materiales		
Existencia de material		
	Disposición en el mercado local	5
	Disposición en el mercado Nacional	3
	Disposición en el mercado Internacional	1
Calidad del material	Alta	5
	Intermedia	3
	Baja	1

Tabla 5.4 Aspectos tecnológicos (Mano de obra)

FACTOR	Calificación	
Mano de Obra		
Mano de obra calificada	Alta	5
	Intermedia	3
	Baja	1
Mano de obra certificada	Alta	5
	Intermedia	3
	Baja	1
Disponibilidad de trabajadores en el mercado	Alta	5
	Intermedia	3
	Baja	1

Tabla 5.5 Aspectos tecnológicos (Maquinaria)

FACTOR	Calificación	
Maquinaria		
Disponibilidad de maquinaria	Alta	5
	Intermedia	3
	Baja	1
Operadores de Maquinaria	Alta	5
	Intermedia	3
	Baja	1

Economía:

Tabla 5.6 Aspectos económicos (Valor de la obra)

FACTOR		Calificación
Valor de la obra		
Presupuesto	Menos costoso	5
	Más costoso	1

Tabla 5.7 Aspectos económicos (Tiempo de ejecución)

FACTOR		Calificación
Tiempo de ejecución		
Tiempo de fabricación del proyecto	Rápido	5
	Intermedio	3
	Largo	1

Calidad:

Tabla 5.8 Aspectos de calidad (Inspección y control)

FACTOR		Calificación
Inspección y control de calidad		
Personal calificado para inspección	Alta	5
	Intermedia	3
	Baja	1
Control de calidad	Alta	5
	Intermedia	3
	Baja	1

A continuación se realiza una tabla de cálculo para calificar las variantes impuestas anteriormente, con el fin de determinar, a través, de la puntuación máxima obtenida, el proceso de construcción óptimo.

Tabla 5.9 Matriz factor relevante

FACTOR RELEVANTE	Peso Asignado	Estructuras de hormigón prefabricado		Estructuras de hormigón in situ	
		Calificación	Calificación ponderada	Calificación	Calificación ponderada
<u>Material</u>					
Existencia de material	10%	3	0,3	5	0,5
Calidad del material	5%	5	0,3	1	0,1
<u>Mano de Obra</u>					
Mano de obra calificada	8%	5	0,4	3	0,2
Mano de obra certificada	6%	3	0,2	3	0,2
Disponibilidad de trabajadores en el mercado	11%	1	0,1	1	0,1
<u>Maquinaria</u>					
Disponibilidad de maquinaria	3%	3	0,1	3	0,1
Operadores de Maquinaria	2%	3	0,1	1	0,0
<u>Valor de la obra</u>					
Presupuesto	30%	1	0,3	1	0,3
<u>Tiempo de ejecución</u>					
Tiempo de fabricación del proyecto	10%	5	0,5	1	0,1
<u>Inspección y control de calidad</u>					
Personal calificado para inspección	7%	5	0,2	5	0,4
Control de calidad	8%	5	0,4	3	0,2
100%		2,9		2,2	

La calificación impuesta a cada variante y el peso de cada factor, fueron determinados a través de la experiencia adquirida que han tenido los ingenieros, estudiantes y opinión propia.

Basándonos en el medio que nos encontramos y a través de la hoja de cálculo tratada anteriormente, presentamos conclusiones de los factores relevantes:

- Con respecto a los materiales que se utilizan en el proceso constructivo de los elementos estructurales, es de importancia tener conocimiento de la existencia de productos a utilizar como el acero, el mismo exige una necesidad de stock elevada, como el caso de los Torones de acero para el hormigón preesforzado. En lo referente al hormigón, presenta facilidad de adquisición de la materia prima para su producción, pero se tiene diferencia entre los dos procesos constructivos, ya que, la construcción en situ no se conoce con la excelencia en calidad, debido a que no presenta una uniformidad.
- Otro aspecto importante a considerar es la mano de obra, ya que en nuestro medio no se dispone de personal que se encuentre certificado para la construcción. Sin embargo se contrata personal que tiene un grado de experiencia suficiente y trata de buscar la calidad planteada por el diseño.
- Por último sería el presupuesto que van a tener los dos procesos constructivos, el cual va depender de los factores relevantes mencionados anteriormente; teniendo como punto de vista que los elementos prefabricados pretensados requieren de menor tiempo y presentan características de mejor calidad y resistencia.

Luego de todo el proceso de análisis comparativo de costos, cronogramas, determinación de la variante óptima a través del método de selección por puntos ponderados, se ha llegado a determinar que el proceso con elementos prefabricados es el más óptimo y factible.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

Al término de este trabajo de tesis se ha diseñado y calculado una nave industrial con elementos prefabricados a través del programa CYPE y el diseño manual. Se pueden destacar los aspectos más relevantes que se han llevado a cabo en este trabajo de tesis tales como:

- La nave industrial se encontrará ubicada en el polígono industrial del Ecoparque Chaullayacu al sur de la ciudad de Cuenca. En un terreno de superficie de 1000 metros cuadrados, 50 metros de luz y 20 metros de ancho.
- Estará compuesta de una estructura porticada de elementos prefabricados con una cubierta a dos aguas mediante cerchas con conexiones rígidas con las columnas. Los pórticos tendrán una separación de 12,7 metros entre ejes de columnas.
- La unión entre la viga pretensada y la columna será hormigonada en obra, para la obtención de una excelente rigidez entre los elementos
- La unión para la cimentación se llevará a cabo mediante zapatas de tipo vaso en las cuales una vez colocada la columna se vertirá grouting adquiriendo así una unión rígida.

Se considera que la prefabricación requiere de una mayor planificación ya que en su inicio se debe tener un estudio profundo tanto en el proyecto de organización de la obra, como en la obra misma, debido a que dicha elaboración implica una complejidad y exactitud de operaciones que este sistema debe soportar tanto en el tiempo de fabricación como en el montaje.

La prefabricación como método constructivo en los últimos años ha jugado un papel fundamental en el desarrollo de la construcción y beneficiosa a medida que las obras son de mayor magnitud. Esto hace que cada vez tome mayor fuerza en nuestro

medio. Es por esta razón que en este trabajo de tesis se puede llegar a concluir algunas de las ventajas de utilizar este sistema constructivo:

- Reducción de consumo de energía, agua y materiales de construcción.
- No genera altos índices de desechos.
- Excelente calidad debido a los controles dentro de los procesos de fabricación.
- Ahorro significativo en tiempos de construcción así como de los tiempos de montaje.
- Reducción de equipos y herramientas de obra.
- Los elementos prefabricados se pueden almacenar y ser suministrados según el avance de la obra.
- Ahorro en la mano de obra ya que se limita únicamente al izado, colocado y hormigonado en obra.

Recomendaciones:

Hay que tener en cuenta que siempre se debe realizar un análisis económico entre la prefabricación y otras alternativas constructivas puesto que si la obra o las estructuras no cuentan con cierta uniformidad o simetría no es idóneo el uso de esta alternativa como solución. Por otro lado se requiere de una inversión inicial importante para poner en marcha el sistema de producción, que se justifica en obras grandes con plazos de ejecución reducidos.

Se debe tener sumo cuidado en la manipulación y transporte de los elementos prefabricados ya que pueden sufrir estados de carga momentáneos en su transporte, izado, colocación y ajustes que pueden afectar la resistencia estructural del elemento prefabricado.

Otro aspecto importante a considerar es el uso de grúas o maquinaria pesada para el montaje de los elementos estructurales y tener el espacio suficiente para maniobrar con esta maquinaria.

BIBLIOGRAFÍA

- ACI 318-14, A. C. (2014). *Building Code Requirements for Structural Concrete*. Texas: American Concrete Institute.
- Aguirre Gallego, C. M., & Amaris Mesa, A. D. (1997). *Análisis Estructural de Zapatas Medianeras*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Calavera, J. (1991). *Calculo de Estructuras de Cimentación*. Madrid, España: Intemac.
- Juarez Badillo, E., & Rico Rodriguez, A. (2004). *Teoria y Aplicaciones de la Mecanica de Suelos*. D.F, Mexico: Limusa.
- NEC-14, N. E. (2014). *Cargas y Materiales*. Quito.
- NEC-14, N. E. (2014). *Peligro Sismico y Requisitos de Diseño Sismo Resistente*. Quito.
- Urbina, G. B. (2004). *Evaluacion de Proyectos*. Mexico: MC Graw-Hill.

