



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

**“Evaluación técnica y económica de tecnologías constructivas para  
casas en planes de vivienda popular”**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**  
**INGENIERO CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES**

**AUTOR:**

**CHRISTIAN GUSTAVO ÑAUTA MENDIETA**

**DIRECTOR:**

**ING. ROBERTO GAMÓN TORRES PHD. MSC.**

**CUENCA – ECUADOR**

**Año 2014**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de grado a toda mi familia en especial a mis padres y hermanos que con valores y paciencia supieron guiarme durante toda mi carrera; y a todas las personas que fueron partícipes de un objetivo más en mi vida que lo estoy culminando.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme guiado durante todo este tiempo que estuve realizando mi trabajo de grado hasta su culminación.

Luego agradezco a mi familia que siempre estuvo apoyándome para que puede culminar pronto con un objetivo más de mi vida.

Y por último un agradecimiento al Ing. Roberto Gamón y al Ing. José Vázquez los cuales me brindaron su amplio conocimiento en el área de las estructuras para poder finalizar con mi trabajo de graduación.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>XIV</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>XV</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XXII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XXIV</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XXX</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XXXI</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO I: CRITERIOS DE DISEÑO .....</b>	<b>4</b>
1.1. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO .....	4
1.1.1. Método de los estados límites de resistencia.....	4
1.1.2. Cargas de Diseño .....	5
1.1.3. Acciones sísmicas de diseño .....	7
1.2. COMBINACIONES DE CARGA Y FACTORES DE CARGA.....	9
1.2.1. Combinaciones de carga .....	9
1.2.2. Factores de Carga.....	9

<b>CAPÍTULO II: SISTEMA APORTICADO Y MAMPOSTERÍA DE CONFINAMIENTO .....</b>	<b>11</b>
2.1. CIMENTACIÓN, ZAPATAS AISLADAS.....	11
2.1.1. Cimentación .....	11
2.1.2. Zapatas aisladas .....	13
2.1.3. Criterios de diseño .....	15
2.1.4. Diseño de zapatas aisladas .....	16
2.2. LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO .....	18
2.3. DIMENSIONAMIENTO DE VIGAS .....	20
2.3.1. Criterios de diseño .....	20
2.3.2. Diseño de vigas .....	21
2.4. DIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS.....	26
2.4.1. Criterios de diseño .....	26
2.4.2. Diseño de columnas .....	28
2.5. LOSAS .....	31
2.5.1. Comportamiento .....	31
2.5.2. Bases de cálculo.....	36
2.5.2.1. Predimensionamiento de Losas.....	36
2.5.2.2. Deflexión admisible en losas macizas y losas nervadas .....	36
2.5.2.3. Armadura mínima .....	37
2.5.2.4. Cuantía mínima por flexión .....	37

2.5.2.5. Armadura máxima .....	38
2.5.2.6. Armadura real de la losa .....	39
2.5.2.7. Recubrimiento mínimo .....	39
2.5.2.8. Diámetro mínimo de las barras de refuerzo .....	39
2.6. DISEÑO DE LA LOSA NERVADA .....	40
2.6.1. Diseño de Losa Nervada .....	40
2.7. ELABORACIÓN DEL CRONOGRAMA .....	43
2.8. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN .....	45
2.9. DESARROLLO DEL PRESUPUESTO.....	54

### **CAPÍTULO III: SISTEMA DE MUROS ARMADOS DE TENSIÓN PLANA .....57**

3.1. LOSA DE CIMENTACIÓN, ADENTELLONADA. ....	57
3.1.1. Diseño de losa de cimentación.....	58
3.2. ESTRUCTURAS DE MUROS PORTANTES .....	59
3.2.1. Análisis y descripción de los elementos componentes del sistema constructivo de muros portantes.....	62
3.2.2. Accesorios componentes del sistema FORSA .....	66
3.2.3. Herramientas componentes del sistema FORSA .....	70
3.3. DIMENSIONAMIENTO DE MUROS.....	71
3.3.1. Criterios de diseño .....	71
3.3.2. Diseño de muros .....	74
3.4. DISEÑO DE LOSA MACIZA .....	77

3.4.1. Diseño de Losa Maciza .....	77
3.5. ELABORACIÓN DEL CRONOGRAMA .....	80
3.6. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN .....	82
3.7. DESARROLLO DEL PRESUPUESTO.....	93
<b>CAPÍTULO IV: SISTEMA DE MAMPOSTERÍA ARMADA .....</b>	<b>95</b>
4.1. ZAPATAS CORRIDAS .....	95
4.1.1. Diseño de zapata corrida .....	96
4.2. ESTRUCTURAS CON MAMPOSTERÍA ARMADA.....	97
4.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA MAMPOSTERÍA ARMADA. ....	102
4.3.1. Criterios de diseño .....	102
4.3.2. Dimensionamiento de la mampostería armada .....	103
4.4. DISEÑO DE LOSA MACIZA .....	108
4.4.1. Diseño de Losa Maciza .....	108
4.5. ELABORACIÓN DEL CRONOGRAMA .....	111
4.6. PROCESO DE COSTRUCCIÓN.....	113
4.7. DESARROLLO DEL PRESUPUESTO.....	120

<b>CAPÍTULO V: COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LOS TRES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.....</b>	<b>122</b>
5.1. ANÁLISIS TÉCNICO .....	122
5.1.1. Sistema aporcado con mampostería confinada .....	122
5.1.1.1. Personal.....	122
5.1.1.2. Materiales.....	122
5.1.1.3. Encofrado .....	123
5.1.1.4. Control e inspección .....	123
5.1.1.5. Tiempos de ejecución .....	123
5.2.1. Sistema de muros armados de tensión plana.....	124
5.2.1.1. Personal.....	124
5.2.1.2. Materiales.....	124
5.2.1.3. Formaletas.....	124
5.2.1.4. Control e inspección .....	125
5.2.1.5. Tiempos de ejecución .....	125
5.3.1. Sistema de mampostería armada.....	125
5.3.1.1. Personal.....	126
5.3.1.2. Materiales.....	126
5.3.1.3. Encofrado.....	126
5.3.1.4. Control e inspección .....	126
5.3.1.5. Tiempos de ejecución .....	127
5.2. ANÁLISIS ECONÓMICO .....	127

5.2.1. Análisis económico de la mano de obra.....	130
5.2.2. Análisis comparativo entre las tecnologías constructivas propuestas.....	132
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>138</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>141</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>143</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Pesos unitarios de materiales de construcción.....	5
Tabla 2.- Sobrecarga mínimas uniformemente distribuidas, Lo concentradas Po .....	5
Tabla 3.- Coeficiente de corrección, $\sigma$ .....	6
Tabla 4.- Factor de forma, $Cf$ .....	7
Tabla 5.- Coeficiente de respuesta Sísmica.....	8
Tabla 6.- Sistemas estructurales de viviendas resistentes a cargas sísmicas.....	8
Tabla 7.- Poblaciones ecuatorianas y valor del factor $Z$ .....	9
Tabla 8.- Dimensiones zapatas.....	17
Tabla 9.- Cálculo de la carga permanente.....	20
Tabla 10.- Cálculo de la carga viva.....	21
Tabla 11.- Listado de vigas y sus áreas de acero .....	23
Tabla 12.- Listado de vigas y detalle del armado.....	24
Tabla 13.- Listado de columnas y detalle del armado.....	29
Tabla 14.- Dimensiones y pesos comerciales de los bloques de hormigón .....	33
Tabla 15.- Deflexiones máximas.....	36
Tabla 16.- Diámetros mínimos y máximos de las varillas de refuerzo.....	39
Tabla 17.- Armado losa N+2.50.....	41
Tabla 18.- Cronograma de trabajo mampostería confinada .....	43
Tabla 19.- Presupuesto mampostería confinada.....	54
Tabla 20.- Valores de $\Delta M$ máximos, expresados como fracción de la altura de piso.....	60
Tabla 21.- Armado de losa N+2.50.....	78

Tabla 22.- Cronograma de trabajo de muros tensión plana .....	80
Tabla 23.- Presupuesto muros de tensión plana .....	93
Tabla 24 Resistencia a compresión de los ladrillos .....	99
Tabla 25.- Cálculo de la carga permanente .....	104
Tabla 26.- Cálculo de la carga viva.....	104
Tabla 27.- Armado de losa N+2.50.....	109
Tabla 28.- Cronograma de trabajo mampostería reforzada.....	111
Tabla 29.- Presupuesto mampostería estructural .....	120
Tabla 30.- Comparación de precios de los sistemas constructivos .....	127
Tabla 31.- Comparación de precios de mano de obra.....	132
Tabla 32.- Tabla comparativa entre tecnologías constructivas .....	133
Tabla 33.- Ponderación de las tecnologías constructivas.....	136

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Esquema de esfuerzos transmitidos a las zapatas.....	14
Figura 2.- Esquema de tensiones sobre el terreno.....	14
Figura 3.- Distribución de zapatas .....	16
Figura 4.- Armado de zapatas .....	17
Figura 5.- Modelo 3D de la estructura .....	22
Figura 6.- Distribución de pórticos N 0+00 y N 2+50.....	25
Figura 7.- Armado de una viga tipo .....	26
Figura 8.- Esfuerzos presentes en las columnas.....	27
Figura 9.- Secciones que se comprueban en una planta.....	28
Figura 10.- Distribución en planta de columnas .....	30
Figura 11.- Detalle de Losa Maciza .....	31
Figura 12.- Detalle de Losa Alivianada .....	32
Figura 13.- Geometría del bloque de hormigón .....	33
Figura 14.- Detalle de Losa Unidireccional .....	34
Figura 15.- Detalle de L1, L2.....	35
Figura 16.- Detalle de Losa Bidireccional .....	35
Figura 17.- Esfuerzo en los paños de la losa nervada .....	40
Figura 18.- Dimensiones de losa nervada .....	41
Figura 19.- Esquema de armado losa nervada N+2.50 .....	42
Figura 20.- Cronograma de trabajo mampostería de confinamiento.....	44
Figura 21.- Desbroce y limpieza del terreno.....	45

Figura 22.- Replanteo y Nivelación del terreno .....	46
Figura 23.- Excavación manual en suelo sin clasificar .....	46
Figura 24.- Replanteo de hormigón simple .....	47
Figura 25.- Armado de parrillas y acero de columnas .....	47
Figura 26.- Armado de parrillas y acero de columnas .....	48
Figura 27.- Hormigón ciclópeo 60% H.S 210 kg/cm <sup>2</sup> 40% piedra .....	48
Figura 28.- Armado de cadenas de cimentación .....	49
Figura 29.- Relleno compactado .....	49
Figura 30.- Acero de refuerzo para losa de entrepiso .....	50
Figura 31.- Fundición de losa N+0.00 .....	50
Figura 32.- Mampostería confinada .....	51
Figura 33.- Encofrado y fundición de columnas .....	51
Figura 34.- Encofrado para losa de entrepiso y vigas .....	52
Figura 35.- Armado de los de entrepiso y vigas de la estructura .....	52
Figura 36.- Fundición de losa de entrepiso .....	53
Figura 37.- Enlucido de paredes.....	53
Figura 38.- Detalle de colocación de malla de muros de tensión plana.....	57
Figura 39.- Forma de transmisión de esfuerzos de losa y vigas de cimentación .....	58
Figura 40.- Armado de dentellones.....	59
Figura 41.- Detalle de deformación de un pórtico de concreto reforzado .....	59
Figura 42.- Detalle de derivas muy alta .....	60
Figura 43.- Detalle de deformación de un muro portante .....	61
Figura 44.- Dimensiones módulos de formaletas.....	63

Figura 45.- Tipos de esquineros internos .....	63
Figura 46.- Tipos de ángulos exteriores .....	64
Figura 47.- Tipos de paredes obtenidas con formaletas .....	64
Figura 48.- Tipos de unión losa-muro .....	65
Figura 49.- Tapa muro.....	65
Figura 50.- Tipos de pasadores .....	66
Figura 51.- Pin flecha.....	66
Figura 52.- Cuñas .....	67
Figura 53.- Corbatas.....	67
Figura 54.- Portalineador .....	68
Figura 55.- Losa de apuntalamiento.....	68
Figura 56.- Tensores.....	69
Figura 57.- Andamios .....	69
Figura 58.- Pin grapas .....	70
Figura 59.- Barreta niveladora .....	70
Figura 60.- Sacapanel.....	71
Figura 61.- Sacacorbatas .....	71
Figura 62.- Distribución de muros portantes.....	72
Figura 63.- Esquema de reacción de muros portantes.....	73
Figura 64.- Modelo 3D de la estructura .....	74
Figura 65.- Despiece de un muro tipo.....	75
Figura 66.- Esquema de esfuerzos en muros.....	76
Figura 67.- Armado de un muro tipo .....	76

Figura 68.- Esfuerzos en los paños de la losa maciza .....	77
Figura 69.- Dimensiones de losa maciza .....	78
Figura 70.- Esquema de armado Losa maciza N+2.50 .....	79
Figura 71.- Cronograma de trabajo muros de tensión plana .....	81
Figura 72.- Desbroce y limpieza del terreno .....	82
Figura 73.- Replanteo y Nivelación del terreno .....	83
Figura 74.- Excavación manual en suelo sin clasificar .....	83
Figura 75.- Armado de cadenas de cimentación .....	84
Figura 76.- Armado de losa de cimentación .....	84
Figura 77.- Armado de malla de traslapo.....	85
Figura 78.- Fundición losa de cimentación .....	85
Figura 79.- Armado de mallas de refuerzo de muros.....	86
Figura 80.- Armado de refuerzo en ventanas .....	86
Figura 81.- Armado de formaletas .....	87
Figura 82.- Colocación de corbatas.....	87
Figura 83.- Colocación de pasadores .....	88
Figura 84.- Ubicación de tensores en puertas y ventanas .....	89
Figura 85.- Armado de formaletas de losa de entrepiso.....	90
Figura 86.- Armado de losa de entrepiso .....	90
Figura 87.- Fundición de muros y losa de entrepiso .....	91
Figura 88.- Desmontaje de formaletas .....	92
Figura 89.- Casa terminada .....	92
Figura 90.- Esquema de cimentación de mampostería reforzada .....	95

Figura 91.- Forma de transmisión de esfuerzos vigas de cimentación .....	96
Figura 92.- Armado vigas de fundición .....	97
Figura 93.- Ladrillo perforado .....	98
Figura 94.- Ladrillo hueco longitudinal .....	98
Figura 95.- Ladrillo hueco vertical.....	99
Figura 96.- Mampostería reforzada.....	100
Figura 97.- Refuerzo vertical en muros de mampostería reforzada .....	101
Figura 98.- Refuerzo horizontal en muros de mampostería reforzada.....	102
Figura 99.- Modelo 3D de la estructura .....	105
Figura 100.- Esquema de esfuerzos en muros.....	106
Figura 101.- Armado de un muro tipo .....	107
Figura 102.- Esfuerzos en los paños de la losa maciza .....	108
Figura 103.- Dimensiones de la losa maciza.....	109
Figura 104.- Esquema de armado losa maciza N+2.50.....	110
Figura 105.- Cronograma de trabajo mampostería reforzada .....	112
Figura 106.- Desbroce y limpieza del terreno .....	113
Figura 107.- Replanteo y nivelación del terreno .....	114
Figura 108.- Excavación manual en suelo sin clasificar .....	114
Figura 109.- Replanteo de hormigón simple .....	115
Figura 110.- Armado de zapatas corridas .....	115
Figura 111.- Armado de parrillas y acero de columnas .....	116
Figura 112.- Colocación de la primera fila de mampostería.....	116
Figura 113.- Colocación de mortero entre ladrillos .....	117

Figura 114.- Colocación del refuerzo horizontal .....	117
Figura 115.- Colocación del hormigón de relleno en las cavidades .....	118
Figura 116.- Encofrado para losa de entrepiso y vigas .....	118
Figura 117.- Fundición de losa de entrepiso .....	119
Figura 118.- Casa terminada .....	119
Figura 119.- Barras comparativas de sistemas constructivos .....	128
Figura 120.- Barras comparativas de cimentaciones.....	129
Figura 121.- Barras comparativas de estructuras .....	130
Figura 122.- Barras comparativas de tiempos de ejecución.....	131

**EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE TECNOLOGÍAS  
CONSTRUCTIVAS PARA CASAS EN PLANES DE VIVIENDA POPULAR**

**RESUMEN**

El presente trabajo de grado establece un análisis a planes de vivienda popular, fabricadas con tecnologías constructivas diferentes; realizando el comparativo técnico en cuanto a tiempos de ejecución y costos, analizados en una misma vivienda.

Se investigó el sistema aporricado con mampostería de confinamiento, muros armados de tensión plana y mampostería armada; elaborando cada modelación con la norma técnica ecuatoriana vigente, sus presupuestos con el análisis de precios unitarios, especificaciones técnicas, cronogramas de trabajo valorados y descripción del proceso de construcción en base a cada propuesta constructiva.

Para luego proceder con la comparación de las tecnologías planteadas a fin de elegir el sistema constructivo que aproveche el recurso público.

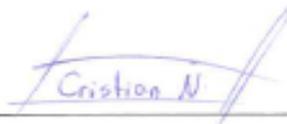
**PALABRAS CLAVE:** Estructura, Tecnología, Sistemas constructivos, Vivienda popular, Proceso de construcción.



Ing. Roberto Gamón Torres  
Director de tesis



Ing. Paúl Cordero Díaz  
Director de Escuela



Christian Gustavo Ñauta Mendieta  
Tesista

**TECHNICAL AND ECONOMIC EVALUATION OF CONSTRUCTION  
TECHNOLOGY FOR PUBLIC HOUSING PLANS**

**ABSTRACT**

This paper is a technical comparative analysis of execution times and costs in public housing plans, where different construction technologies are used. This comparison was performed in the same living unit.

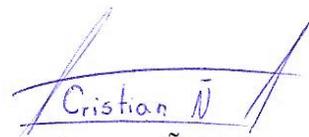
The Structural breached system with confined masonry, flat tensile reinforced walls and reinforced masonry was investigated; elaborating each model under the Ecuadorian Technical Standards in force. The budgets were done by means of the analysis of unit prices, technical specifications, work schedules valued and description of the construction process based on each constructive proposal.

Then, we proceed with the comparison of the technologies referred to choose the construction system that best uses the public resources.

**KEYWORDS:** Structure, Technology, Construction Systems, Public Housing Construction Process.

  
Ing. Roberto Gamón Torres  
Thesis Director

  
Ing. Paúl Cordero Díaz  
School Director

  
Cristian Gustavo Ñauta Mendieta  
Author

  
*Universidad del Azuay*  
UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
DPTO. IDIOMAS

  
Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

Ñauta Mendieta Christian Gustavo

Trabajo de Graduación

Ing. Roberto Gamón Torres, Phd. Msc.

Octubre del 2014

## **EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS PARA CASAS EN PLANES DE VIVIENDA POPULAR**

### **INTRODUCCIÓN**

La demanda de la población urbano-rural de bajos recursos de tener una vivienda digna obligó a que el gobierno actual cree un departamento conocido como el MIDUVI (Ministerio de Urbanismo y Vivienda), el cual es el encargado de contratar profesionales que planifiquen, construyan y proyecten viviendas populares de bajo costo con el recurso público.

Los técnicos encargados de la planificación y la construcción de viviendas ya sea en el sector privado o en el sector público en nuestro medio; basan sus métodos constructivos en un sistema tradicional de construcción, como lo es el sistema aporticado con mampostería de confinamiento, haciendo que el sistema constructivo de las infraestructuras se vuelva repetitivo entre los profesionales; además de que consuman un tiempo prolongado de construcción y los recursos no sean aprovechados al máximo.

Pero hoy en día con la ciencia y el avance de la tecnología se ha podido desarrollar varios tipos de sistemas constructivos, los cuales son utilizados por países hermanos como Perú y Colombia generando ahorros de recursos como materia prima, economía y tiempos de ejecución en obra.

Ante estas circunstancias el presente trabajo de grado trata de ejemplificar una vivienda popular modelada a través de tres diferentes sistemas constructivos; de la misma forma de generar un impulso hacia las nuevas generaciones de profesionales para que rompan los paradigmas de los constructores que calculan sus infraestructuras mediante sistemas constructivos tradicionales que hacen que el poco recurso público no sea aprovechado de la mejor manera.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la tecnología constructiva que sea factible para la construcción de casas para planes de vivienda popular, evaluando tres sistemas constructivos, sus especificaciones técnicas, cronogramas valorados de trabajo y presupuestos; innovando procesos, de tal manera que el poco recurso público sea invertido eficientemente.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Planificar arquitectónica y geométricamente las viviendas.
2. Modelar la estructura mediante tres tecnologías constructivas.
3. Utilizar el software de la empresa CYPE Ingenieros.
4. Elaborar cronogramas, presupuestos y especificaciones técnicas de las diferentes tecnologías analizadas.
5. Evaluar técnica y económicamente tres sistemas constructivos para determinar el sistema que será recomendado.

## **CAPÍTULO I**

### **CRITERIOS DE DISEÑO**

#### **1.1. Especificaciones de diseño**

La vivienda popular planteada en el presente trabajo de grado será modelada por el método del estado límite de resistencia siguiendo las recomendaciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción; la cual será utilizada para los tres sistemas constructivos propuestos.

##### **1.1.1. Método de los estados límites de resistencia**

Este método indica que una estructura o un elemento estructural dejan de ser útiles cuando alcanzan un estado llamado estado límite; en dicho estado los elementos estructurales no cumplirán la función para la cual fueron diseñados. Supone combinaciones de carga y los mínimos valores de los parámetros de resistencia de los materiales.

Se puede dividir en dos estados límites:

- ✓ Estado Límite Último.
- ✓ Estado Límite de Servicio.

##### **Estado Límite Último**

Corresponde al agotamiento definitivo de la capacidad de carga de cualquiera de los miembros estructurales. El método establece que para los Estados Límites Últimos el valor de cálculo de las acciones no debe superar el valor de la resistencia última.

## Estado Límite Servicio

Se da cuando los miembros estructurales presentan deformaciones, agrietamientos o daños que afecten su correcto funcionamiento, pero no su capacidad para soportar cargas, por lo cual el valor de cálculo del efecto de las acciones debe ser inferior al valor límite admisible correspondiente.

### 1.1.2. Cargas de Diseño

**Carga muerta:** Son las cargas que actúan durante toda la vida de la estructura de forma permanente como lo es: columnas, vigas, instalaciones, cubierta, etc.

**Tabla 1.- Pesos unitarios de materiales de construcción**

Material	Peso Unitario KN/m <sup>3</sup>
<b>B. Piedras artificiales</b>	
Ladrillo cerámico hueco 40 a 50% de huecos)	10
Ladrillo artesanal	16
Bloque hueco de hormigón	12
Bloque hueco de hormigón alivianado	8.5
<b>D. Morteros</b>	
Cemento compuesto y arena 1:3 a 1:5	20

**Fuente:** "NEC"

**Carga viva:** Carga que puede actuar o no en diferentes partes de la estructura y puede ser variante con el tiempo.

**Tabla 2.- Sobrecarga mínimas uniformemente distribuidas, Lo concentradas Po**

Ocupación o Uso	uniforme (KN/m <sup>2</sup> )
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.7
Viviendas (unifamiliares y bifamiliares)	2

**Fuente:** "NEC"

**Carga por viento:** Es una carga que se debe considerar al momento de dimensionar la estructura ya que puede producir un daño irreparable en la misma, actuando en forma de presión en la cara del barlovento y en forma de succión en el sotavento.

“La velocidad de diseño para viento hasta 10 m de altura, será la adecuada a la velocidad máxima para la zona de ubicación de la edificación, pero no será menor a 21m/s ó 75 km/h.” (Norma Ecuatoriana de la construcción, CAP 1-Cargas y Materiales, 2013).

Para el presente trabajo de grado y por tratarse de una vivienda de un solo piso la presión ejercida por el viento es irrelevante por lo que no se tomara en cuenta los esfuerzos generados por esta fuerza.

**Tabla 3.- Coeficiente de corrección,  $\sigma$**

Altura (m)	Obstrucción (Categoría A)	Obstrucción baja (Categoría B)
5	0.91	0.86

**Fuente:** “NEC”

**Categoría A:** Edificios frente al mar, zonas rurales o espacios abiertos sin obstáculos topográficos.

**Categoría B:** Edificios en zonas suburbanas con edificación de baja altura, promedio hasta 10m.

$$V_b = V * \sigma$$

Donde:

$V_b$  Velocidad corregida del viento en m/s;

$V$  Velocidad máxima registrada en m/s;

$\sigma$  Coeficiente de corrección.

**Presión del viento**

$$P = \frac{1}{2} * \rho * V_b^2 * C_e * C_f$$

Donde:

$P$ =Presión de cálculo expresada en Pa o N/m<sup>2</sup>

$\rho$ =Densidad del aire expresada en kg/m<sup>3</sup>; la cual se considerara de 1.25 kg/m<sup>3</sup>

$C_e$ =Altura

$C_f$ =Coeficiente de forma

**Tabla 4.- Factor de forma,  $C_f$**

<b>Construcción</b>	<b>Barlovento</b>	<b>Sotavento</b>
Superficies de edificios	0.8	

**Fuente:** "NEC"

**1.1.3. Acciones sísmicas de diseño**

En el cálculo de la estructura se comprobara que la resistencia lateral en los tres sistemas constructivos sea mayor o igual que el cortante basal sísmico calculado, el mismo que dependerá de la ubicación de la estructura ya que interviene las características del suelo en el cual va a estar situado, tipo de uso, importancia de la estructura y la configuración de la estructura.

$$V_{sismico} = Z * C * W / R$$

Donde:

$Z$  Factor de zona sísmica

$C$  Coeficiente de respuesta sísmica

$W$  Carga muerta de la estructura más un 25% de la carga viva de piso

$R$  Factor de reducción de resistencia

**Tabla 5.- Coeficiente de respuesta Sísmica**

Zona geográfica	C
Costa y Galápagos	2.4
Sierra y Oriente	3

**Fuente:** "NEC"

**Tabla 6.- Sistemas estructurales de viviendas resistentes a cargas sísmicas**

Sistema Estructural	Materiales	Coeficiente de reducción de respuesta de estructura ( R )	Limitación en altura (número de pisos)
Pórticos resistentes a Momento	Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en el capítulo 4, reforzado con acero laminado en caliente.	3	2 ( b )
	Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en el capítulo 4, con armadura electro-soldada de alta resistencia.	2.5	2
	Acero Doblado en Frío	1.5	2 ( b )
Muros Portantes	Mampostería No Reforzada y no confinada ( c )	1	1
	Mampostería enchapada con malla de acero ( a )	1.5	2 ( b )
	Adobe y Tapial Reforzado	1.5	2
	Bahareque	1.5	2
	Mamposteía Reforzada	3	2 ( b )
	Mampostería Confinada	3	2 ( b )
	Muro de hormigón reforzado	3	2 ( b )
	Muros livianos de acero	1.5	2
Muro de mortero armado u hormigón armado con alma de poliestireno ( a )	1.5	2 ( b )	

**Fuente:** "NEC"

**Tabla 7.- Poblaciones ecuatorianas y valor del factor Z**

<b>Población</b>	<b>Parroquia</b>	<b>Cuenca</b>	<b>Provincia</b>	<b>Z</b>
Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca	0.25

**Fuente:** "NEC"

## **1.2. Combinaciones de carga y factores de carga**

### **1.2.1. Combinaciones de carga**

En la modelación de la vivienda popular, se tomara en cuenta las cargas incrementadas; las mismas que buscan cubrir las incertidumbres que se produzcan durante la vida útil de la estructura.

- 1.** 1.4 D
- 2.** 1.2 D + 1.6 L
- 3.** 1.2 D + 1.0 E + L
- 4.** 0.9 D + 1.0 W
- 5.** 0.9 D + 1.0 E

Donde:

**D** carga permanente

**E** carga de sismo

**L** sobrecarga (carga viva)

**W** carga de viento

### **1.2.2. Factores de Carga**

Los factores de reducción de resistencia,  $\phi$ , son los que señala el Código ACI-318:

- (a) Secciones controladas por tracción 0.90
- (b) Tracción axial 0.90
- (c) Secciones controladas por compresión:
  - Elementos con refuerzo transversal en espiral 0.75
  - Otros elementos reforzados 0.65
- (d) Cortante y torsión 0.75
- (e) Aplastamiento 0.65

**Fuente:** "NEC"

## **CAPÍTULO II**

### **SISTEMA APORTICADO Y MAMPOSTERÍA DE CONFINAMIENTO**

#### **2.1. CIMENTACIÓN, ZAPATAS AISLADAS**

##### **2.1.1. Cimentación**

El tipo de suelo sobre el que va a ser asentado la cimentación juega un papel importante al momento de la construcción de la obra por lo que es conveniente tener un conocimiento básico de mecánica de suelos para poder clasificar los suelos y así saber su capacidad portante que resistirá.

“La infraestructura esta generalmente situada por debajo de la rasante y esta trasmite las cargas al suelo o a la roca subyacente” (George Winter, 1977).

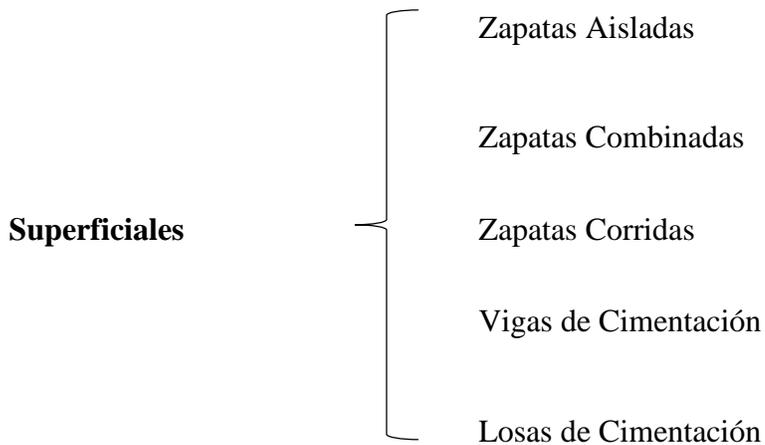
En las estructuras las cargas de las columnas son transmitidas de forma vertical hacia la zapata, las cuales a su vez están sustentadas por la presión ejercida hacia arriba por el terreno de apoyo.

Por efecto de la transmisión de cargas, los suelos se comprimen en mayor o menor escala, produciendo asentamientos de los diferentes elementos estructurales de la cimentación, y por lo tanto de toda la estructura.

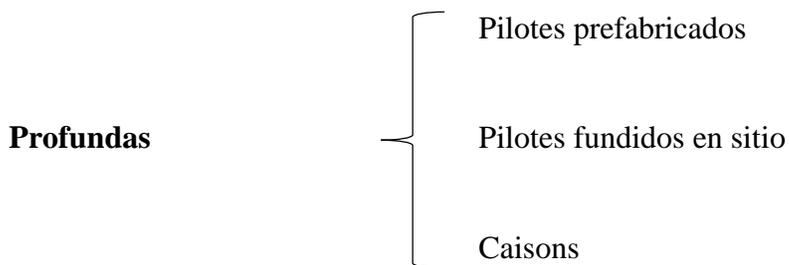
“Por lo que al momento de diseñar una cimentación se busca que se produzcan asentamientos uniformes para que la estructura no sufra agrietamientos estructurales o

visualmente perjudiciales a los ocupantes de la edificación” (Alph B. Peck, Walter E. Hanson & Thomas H. Thornburn, 1982).

Existen diferentes tipos de cimentaciones:



Las cuales se recomiendan tengan una profundidad de desplante menor a 2.50m.



Su profundidad de desplante es mayor a 2.50m y estas cimentaciones son usadas cuando las propiedades mecánicas del suelo presentan valores bajos en cuanto a capacidad portante y valores altos en cuanto a cohesión.

Para el caso de nuestra investigación; por la necesidad de cada uno de los sistemas constructivos propuestos y por las propiedades mecánicas distintivas de los suelos de nuestra ciudad usaremos diferentes tipos de cimentaciones las cuales abarcan:

- Zapatas aisladas para el sistema constructivo de porticos y mampostería confinada.
- Losa de cimentación para el caso de muros portantes.
- Cimentación corrida para la modelación de mampostería reforzada.

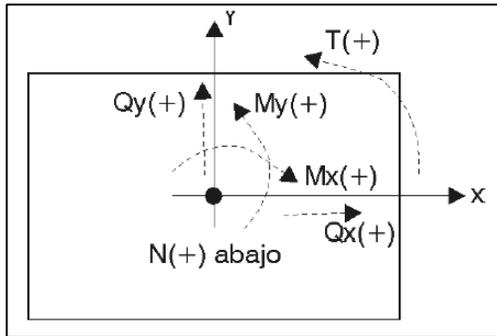
### **2.1.2. Zapatas aisladas**

Es el sistema de cimentación más económico si las condiciones de capacidad portante del suelo son buenas, por lo que en el sistema constructivo de pórticos con mampostería confinada se utilizara este tipo de cimentación.

Además en este tipo de cimentación se consideran vigas de amarre ya que en zonas de riesgo sísmico como la ciudad de Cuenca es común unir las zapatas por medio de trabes de liga; dichos trabes tienen como función hacer que la estructura se mueva como una sola unidad ante la acción de una fuerza horizontal generada por un sismo.

La zapata será diseñada con el software de la empresa CYPE Ingenieros el mismo que hace las siguientes consideraciones:

- Las cargas transmitidas por la estructura serán transmitidas al centro de la zapata como:
  - ✓ N: axial
  - ✓ Mx: momento x
  - ✓ My: momento y
  - ✓ Qx: cortante x
  - ✓ Qy: cortante y
  - ✓ T: torsor

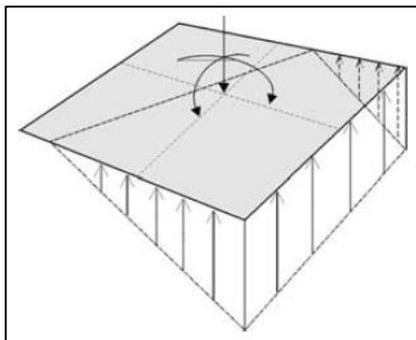
**Figura 1.- Esquema de esfuerzos transmitidos a las zapatas**

**Fuente:** Memoria de cálculo – CYPECAD.

- Las consideraciones de cálculo para cargas que se transmiten a la zapata serán: Peso propio, Sobrecarga y Sismo.
- Las comprobaciones que realiza el programa en el momento de la corrida son: Tensiones sobre el terreno, equilibrio y que el hormigón resista a flexión y cortante.

#### a) Tensiones de la estructura sobre el terreno

El programa comprueba que la capacidad portante del suelo sea la suficiente para soportar la presión transmitida por la zapata hacia el terreno; para así garantizar que no habrá asentamientos perjudiciales para la estructura.

**Figura 2.- Esquema de tensiones sobre el terreno**

**Fuente:** Memoria de cálculo – CYPECAD

**b) Estados de equilibrio**

Comprueba que la carga sobre la cimentación se encuentra en una posición correcta; para que la zapata se encuentre dentro de una área efectiva de apoyo y no que la misma se encuentre apoyada sobre un suelo traccionado.

**c) Características del hormigón**

Internamente el programa verifica la flexión y las tensiones actuantes en la zapata para garantizar el trabajo del hormigón.

Para definir las características geométricas como las del armado del refuerzo, se aplica el ACI 318–08, capítulo 15, el cual define las características mínimas que tendrá la cimentación.

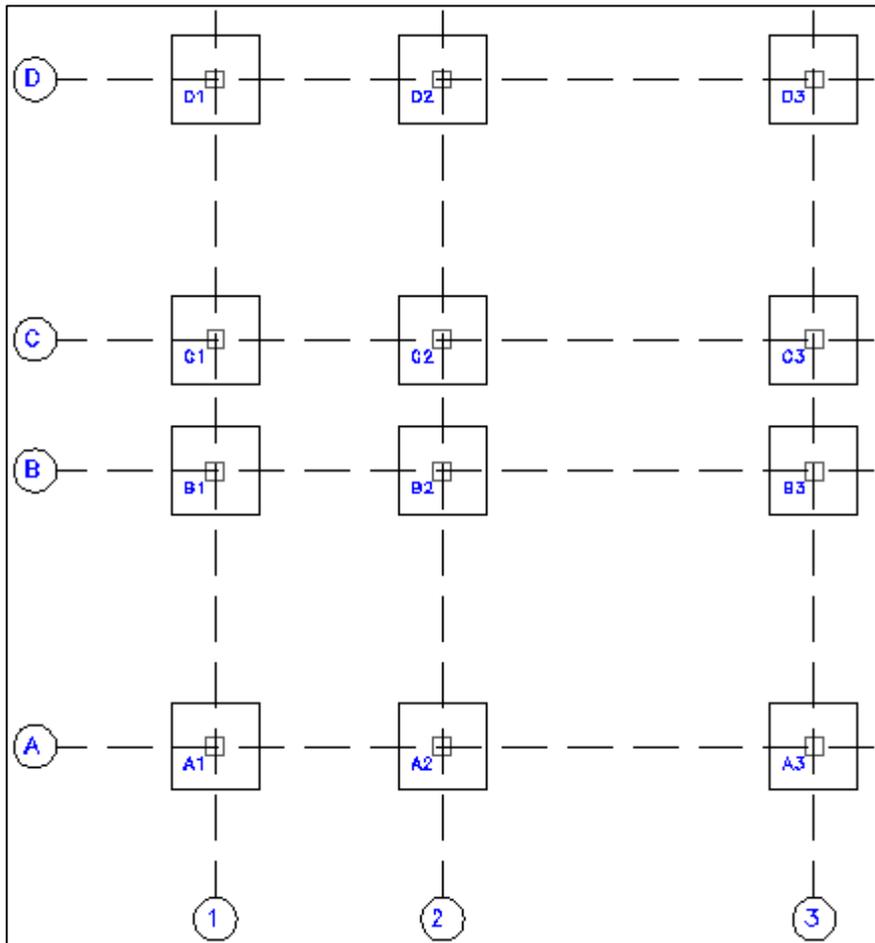
**2.1.3. Criterios de diseño**

- La profundidad entre la superficie del contrapiso y el fondo de la zapata debe ser de 1.0 m. (NEC 10.8.4.2).
- La menor dimensión de la zapata debe ser de 1.0 m ó lo que se sustente con un diseño de cimentación y el espesor mínimo de la zapata debe ser de 15cm. (NEC 10.8.4.2).
- La cuantía mínima en cualquier dirección debe ser de 0.0018. (NEC 10.8.4.2).
- La distancia libre mínima entre barras paralelas debe ser igual al diámetro de la barra pero no menor a 25mm. (NEC 10.8.4.2).

### 2.1.4. Diseño de zapatas aisladas

En la siguiente imagen se muestra la distribución de las zapatas para la estructura.

**Figura 3.- Distribución de zapatas**



**Fuente:** "CYPECAD"

Al momento de calcular la obra se dispuso que todas las zapatas contengan las mismas características geométricas y el mismo armado para que no haya confusión al momento de realizar los armados, cumpliendo con todos los esfuerzos solicitantes.

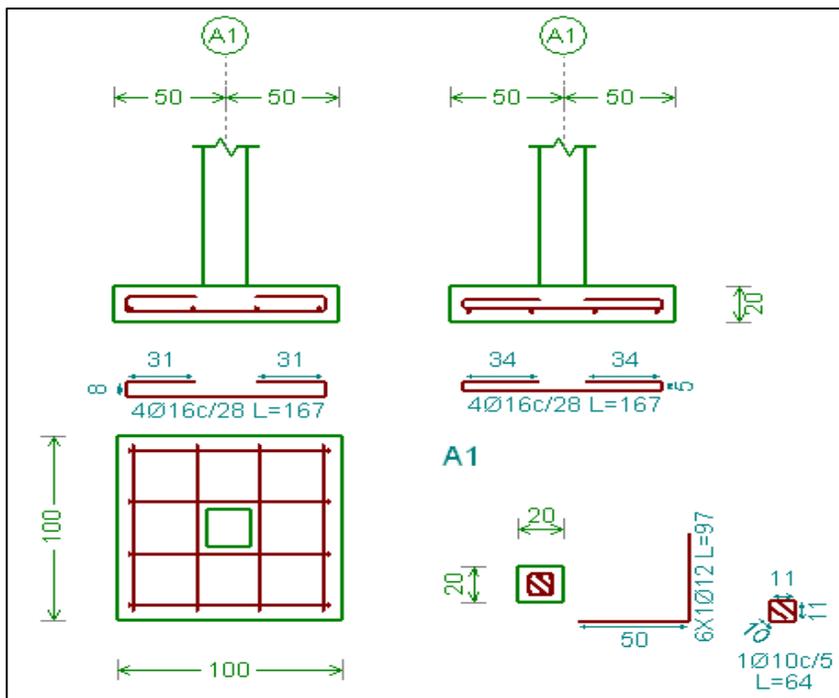
**Tabla 8.- Dimensiones zapatas**

ZAPATAS AISLADAS	LARGO	ANCHO	ALTURA	≥1	≥0.15
A1-A2-A3	1	1	0.2	Cumple	Cumple
B1-B2-B3	1	1	0.2	Cumple	Cumple
C1-C2-C3	1	1	0.2	Cumple	Cumple
D1-D2-D3	1	1	0.2	Cumple	Cumple

**Fuente:** Autor

Para ilustrar los armados se considerara una zapata tipo.

**Figura 4.- Armado de zapatas**



**Fuente:** "CYPECAD"

El nivel de desplante de zapata será de 1.50 m.

$$1.50 \text{ m} > 1 \text{ m (NEC 10.8.4.2). } \checkmark$$

El espesor de todas las zapatas será de 20 cm

$$20 \text{ cm} > 15 \text{ cm (NEC 10.8.4.2). } \checkmark$$

La cuantía calculada para las zapatas es de 0.0036

$$0.0036 > 0.0018 \text{ (NEC 10.8.4.2). } \checkmark$$

La distancia entre barras paralelas es de 28mm.

$$28 \text{ mm} > 25 \text{ mm (NEC 10.8.4.2). } \checkmark$$

El esfuerzo al suelo de cimentación calculado es de 0.241 kg/cm<sup>2</sup> y la capacidad portante del suelo es de 2 kg/cm<sup>2</sup>

$$2 \text{ kg/cm}^2 > 0.241 \text{ kg/cm}^2. \checkmark$$

La fuerza cortante más desfavorable calculada en la zapata es de 650 kg y el esfuerzo cortante es de  $V_u = 0.59 \text{ kg/cm}^2$ . La resistencia a corte del hormigón es  $V_c = 7.68 \text{ kg/cm}^2$ .

$$7.68 \text{ kg/cm}^2 > 0.59 \text{ kg/cm}^2 \checkmark$$

## 2.2. LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO

“El hormigón es un material con aspecto de piedra obtenido permitiendo que una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena y grava u otros áridos y agua se endurezcan” (George Winter, 1977).

Al fabricarse el concreto en estado plástico una de sus principales ventajas es la moldeabilidad que se le puede dar al hormigón permitiendo así construir diferentes estructuras con diseños complejos. A su vez necesita de moldes para poder adquirir su resistencia; lo cual podría generar tiempos de ejecución mayores que con otros sistemas constructivos.

Las estructuras de concreto reforzado están formadas por hormigón de cemento, reforzado con una armadura de hierro. Al unir el hormigón con el hierro el miembro estructural forma un solo cuerpo, para soportar las solicitaciones que actúen sobre él; haciendo que el hormigón resista los esfuerzos de compresión, ya que es la característica del hormigón;

mientras que el acero resistirá los esfuerzos de tracción formando entre los dos un miembro estructural que comúnmente se usa en la construcción.

Generalmente los hierros usados en el concreto reforzado son varillas o barras redondas, corrugadas para permitir una mejor adherencia al hormigón, pudiendo utilizar según sea el tipo de edificación hierros con diámetros mínimos de 8mm y diámetros máximos de 36mm; al igual un esfuerzo de fluencia que dependerá del tipo de obra.

En el Ecuador es el sistema de construcción más difundido y el más antiguo, basa su éxito en la solidez, la nobleza y la durabilidad. Un sistema aporticado es aquel cuyos miembros estructurales principales consisten en vigas y columnas conectadas a través de nudos formando pórticos resistentes en las dos direcciones principales de análisis.

En la ciudad de Cuenca se ha presentado un incremento de precios en la construcción con este tipo de sistema constructivo ya que el sistema aporticado básicamente está conformado por cemento Portland, agua y agregados pétreos (áridos); los mismos que han tenido un incremento en sus respectivos precios por el cierre de las minas de la Josefina haciendo que los mismos tengan un precio mayor, aproximadamente el 10% de su costo en menos de un año; por lo que plantear sistemas constructivos alternativos podrían funcionar y competir con el método tradicional usado por profesionales en la rama de la construcción.

Además la presión de los constructores por reducir costos en sus proyectos hace que las viviendas existentes carezcan con recubrimientos y dimensiones mínimas que establecen la Norma haciendo que las estructuras tengan una vulnerabilidad sísmica alarmante.

## 2.3. DIMENSIONAMIENTO DE VIGAS

### 2.3.1. Criterios de diseño

Las vigas serán diseñadas de sección rectangular basándose en las especificaciones de la NEC; capítulo 10, sección 10.9.3.5 el cual establece las dimensiones mínimas de las vigas de confinamiento.

- El área mínima de la sección que se considerara será de  $200 \text{ cm}^2$  (NEC 10.9.3.5.1).
- El refuerzo longitudinal debe ser como mínimo 4 barras, con una área mayor o igual a 0.0075 veces el área de la sección bruta de elemento (NEC 10.9.3.5.3).
- El refuerzo transversal consistirá en estribos cerrados de mínimo 6mm de diámetro. Espaciadas a 10 cm en los primeros 50 cm de cada extremo de la luz y espaciados a 20cm en el resto de la luz (NEC 10.9.3.5.3).
- Para el cálculo de las cargas de uso y cargas permanentes se consideró las siguientes cargas

#### Carga permanente

**Tabla 9.- Cálculo de la carga permanente**

<b>Material</b>	<b>Carga (Kg/m2)</b>
Ladrillo ceramico hueco (40 a 50 % de huecos)	120
Intalaciones ligeras	10
Losa maciza	15
<b>TOTAL CARGA PERMANENTE</b>	<b>145</b>

**Fuente:** "NEC"

**Sobrecarga de uso****Tabla 10.- Cálculo de la carga viva**

<b>Vivienda</b>	<b>Carga (Kg/m2)</b>
Residencias	200
<b>TOTAL CARGA USO</b>	<b>200</b>

**Fuente:** "NEC"

**Carga sismo**

El peso sísmico efectivo de la estructura será igual a la carga muerta total de la estructura más un 25% de la carga viva de piso.

$$V = Z.C.W / R$$

$$Z = 0.25$$

$$C = 3$$

$$R = 3$$

$$V = 39 \text{ KN}$$

$$3,98 \text{ T}$$

Estos datos fueron introducidos en el software Cype el mismo que realiza las combinaciones de carga internamente.

**2.3.2. Diseño de vigas**

Todos los elementos de hormigón se construirán utilizando una resistencia a la compresión de 21 MPa., y un acero corrugado de 420 MPa.

Estos datos fueron introducidos en el software Cype el mismo que realiza las combinaciones de carga internamente.

**Figura 5.- Modelo 3D de la estructura**

**Fuente:** "CYPECAD"

La sección de las vigas será de 20x20 cm cuya área es 400 cm<sup>2</sup>; la misma que es mayor a la mínima establecida 200 cm<sup>2</sup> (NEC 10.9.3.5.1).

El acero mínimo establecido por el ACI para elementos sometidos a flexión es:

$$\blacksquare \quad A_s \text{ mín} = \frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{f_y} b w d \quad (10-3 \text{ ACI-318-08})$$

$$A_s \text{ mín} = \frac{0.25 \sqrt{210}}{4200} 20 * 17$$

$$A_s \text{ mín} = 29.33 \text{ mm}^2$$

Pero no menor que:  $14 b w d / f_y$

$$A_s \text{ mín} = 14 * 20 * 17 / 4200$$

$$A_s \text{ mín} = 85 \text{ mm}^2$$

Mientras que el área mínima establecida por la NEC es:

$$\blacksquare \quad A_s \text{ mín} = 0.0075 x b x D \quad (\text{NEC } 10.9.3.5.3).$$

$$A_s \text{ mín} = 0.0075 x 20 x 20$$

$$A_s \text{ mín} = 300 \text{ mm}^2$$

Por los cálculos realizados en el software CYPE en las vigas de atado como en las vigas que conforman el entrepiso se utilizará 2 varillas de 12mm tanto en la parte superior como en la parte inferior dando un área de (452 mm<sup>2</sup>). Para el corte se utilizaron estribos de 8mm cada 10 cm en los extremos de la luz y separados 20cm en el resto de la luz dando un área (50 mm<sup>2</sup>).

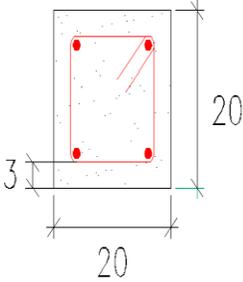
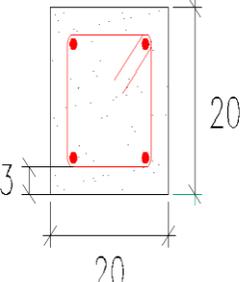
A continuación se detalla un cuadro con las áreas de los aceros de refuerzo, de las vigas las mismas que están cumpliendo con los requerimientos establecidos por ACI-318-08 y la NEC.

**Tabla 11.- Listado de vigas y sus áreas de acero**

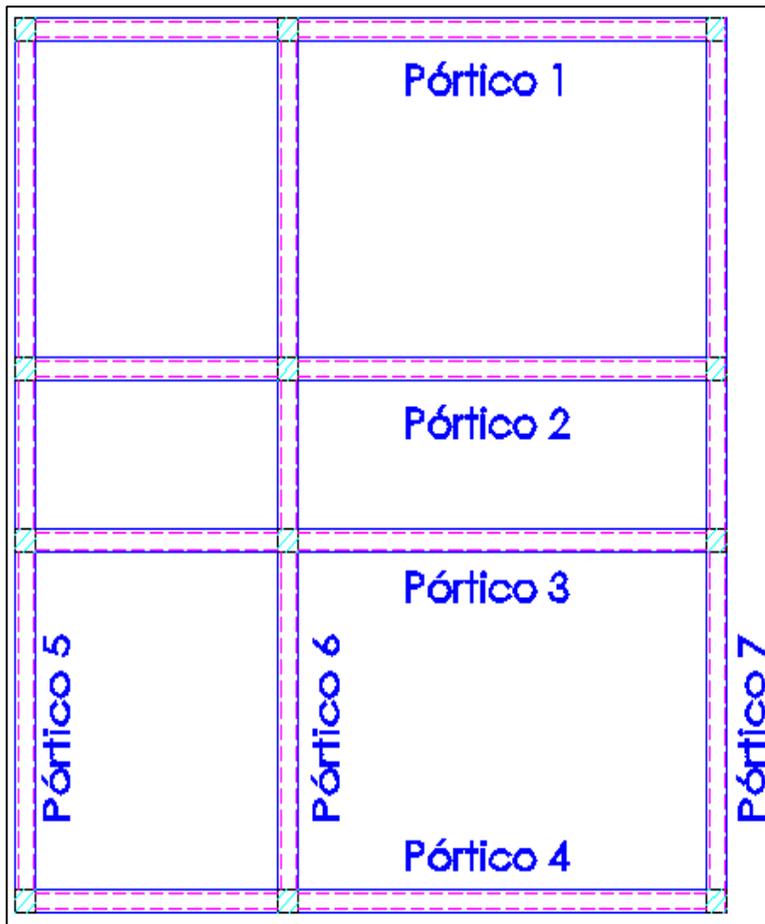
Descripción	Seccion (mm)	As (mm <sup>2</sup> )		Estribos (mm <sup>2</sup> )
		Arriba	Abajo	
<b>N+0.00</b>				
Pórtico 1	200x200	226	226	50
Pórtico 2	200x200	226	226	50
Pórtico 3	200x200	226	226	50
Pórtico 4	200x200	226	226	50
Pórtico 5	200x200	226	226	50
Pórtico 6	200x200	226	226	50
Pórtico 7	200x200	226	226	50
<b>N+2.50</b>				
Pórtico 1	200x200	226	226	50
Pórtico 2	200x200	226	226	50
Pórtico 3	200x200	226	226	50
Pórtico 4	200x200	226	226	50
Pórtico 5	200x200	226	226	50
Pórtico 6	200x200	226	226	50
Pórtico 7	200x200	226	226	50

**Fuente:** Autor

**Tabla 12.- Listado de vigas y detalle del armado**

	DESCRIPCIÓN	Dimensión		Armado de fierros
		X (cm)	Y (cm)	
<b>VIGAS DE ATADO N+0.00</b>	Pórtico 1	20	20	
	Pórtico 2	20	20	
	Pórtico 3	20	20	
	Pórtico 4	20	20	
	Pórtico 5	20	20	
	Pórtico 6	20	20	
	Pórtico 7	20	20	
<b>VIGAS DE ENTREPISO N+2.50</b>	Pórtico 1	20	20	
	Pórtico 2	20	20	
	Pórtico 3	20	20	
	Pórtico 4	20	20	
	Pórtico 5	20	20	
	Pórtico 6	20	20	
	Pórtico 7	20	20	

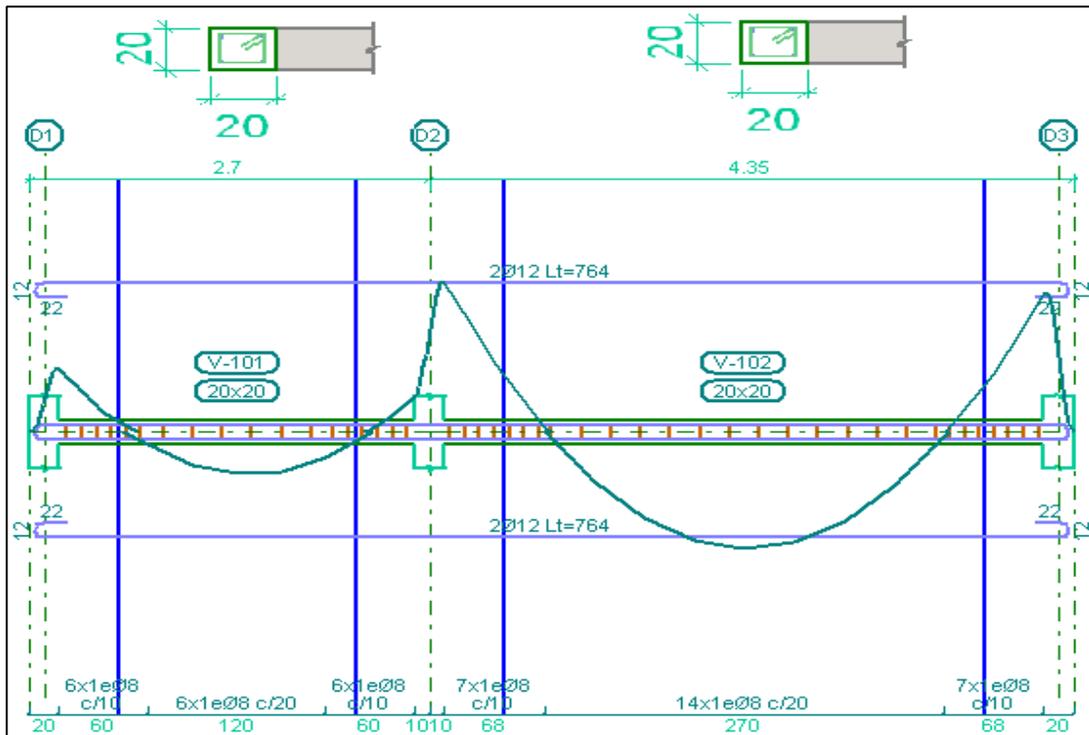
**Fuente:** Autor

**Figura 6.- Distribución de pórticos N 0+00 y N 2+50**

**Fuente:** "CYPECAD"

Para el cálculo del acero necesario en vigas el programa CYPE toma los diagramas de flexión entre los puntos de corte ya sean estas columnas o viguetas y realiza comprobaciones internamente para comparar con las normas vigentes y así realizar el armado para tracción y para compresión.

Figura 7.- Armado de una viga tipo



Fuente: "CYPECAD"

## 2.4. DIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS

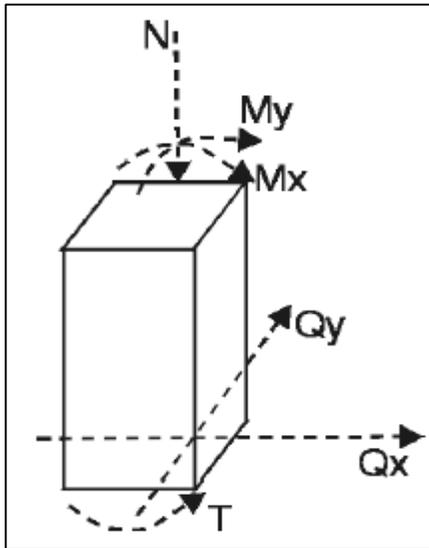
### 2.4.1. Criterios de diseño

Las columnas deben ser continuas desde la cimentación hasta la parte superior del muro además serán diseñadas basándose en las especificaciones de la NEC; capítulo 10, sección 10.9.3.4 el cual establece las dimensiones mínimas de las columnas de confinamiento.

- El área mínima de la sección que se considerara será de  $200 \text{ cm}^2$  (NEC 10.9.3.4.1).
- El refuerzo longitudinal debe ser como mínimo 4 barras, con una área mayor o igual a 0.0075 veces el área de la sección bruta de elemento (NEC 10.9.3.4.3).
- El refuerzo transversal consistirá en estribos cerrados de mínimo 6mm de diámetro. Espaciadas a 10 cm como máximo en la zona crítica y en la zona intermedia podrá tener una separación de 20cm (NEC 10.9.3.4.3).

El software CYPE considera en el pilar que actúan las siguientes cargas para el análisis del hormigón y del acero de refuerzo:

**Figura 8.- Esfuerzos presentes en las columnas**



**Fuente:** Memoria de cálculo-“CYPECAD”

Donde:

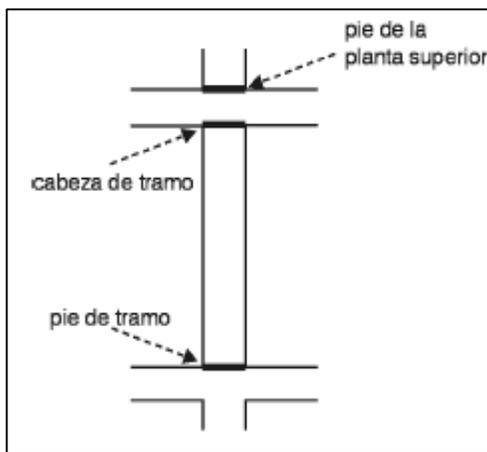
- ✓ N: axial
- ✓ Mx: momento x
- ✓ My: momento y
- ✓ Qx: cortante x
- ✓ Qy: cortante y
- ✓ T: torsor

El diseño de las columnas se realizará mediante flexo-compresión y el programa internamente comprueba si el armado designado a la columna cumple con todos los esfuerzos para las combinaciones posibles; las mismas que no deben superar las tensiones del hormigón y del acero ni sus límites de deformación.

Las cuantías mínimas y máximas, tanto geométricas como mecánicas se compararan con la norma con la cual se diseñe y si no cumplen el programa mostrará un listado en pantalla con los errores existentes.

El armado vertical de una columna, se arma tramo a tramo, hacia abajo, de forma que la armadura del tramo de abajo nunca sea inferior a la dispuesta en el tramo inmediatamente superior.

**Figura 9.- Secciones que se comprueban en una planta**



**Fuente:** Memoria de cálculo-“CYPECAD”

#### 2.4.2. Diseño de columnas

Todos los elementos de hormigón se construirán utilizando una resistencia a la compresión de 21 MPa., y un acero corrugado de 420 MPa.

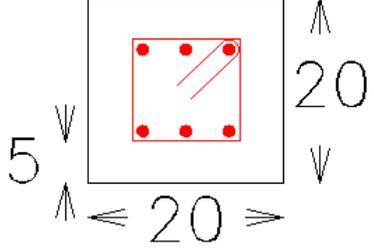
Estos datos fueron introducidos en el software Cype el mismo que realiza las combinaciones de carga internamente.

La sección de las columnas será de 20x20 cm cuya área es 400 cm<sup>2</sup>; la misma que es mayor a la mínima establecida 200 cm<sup>2</sup> (NEC 10.9.3.4.1).

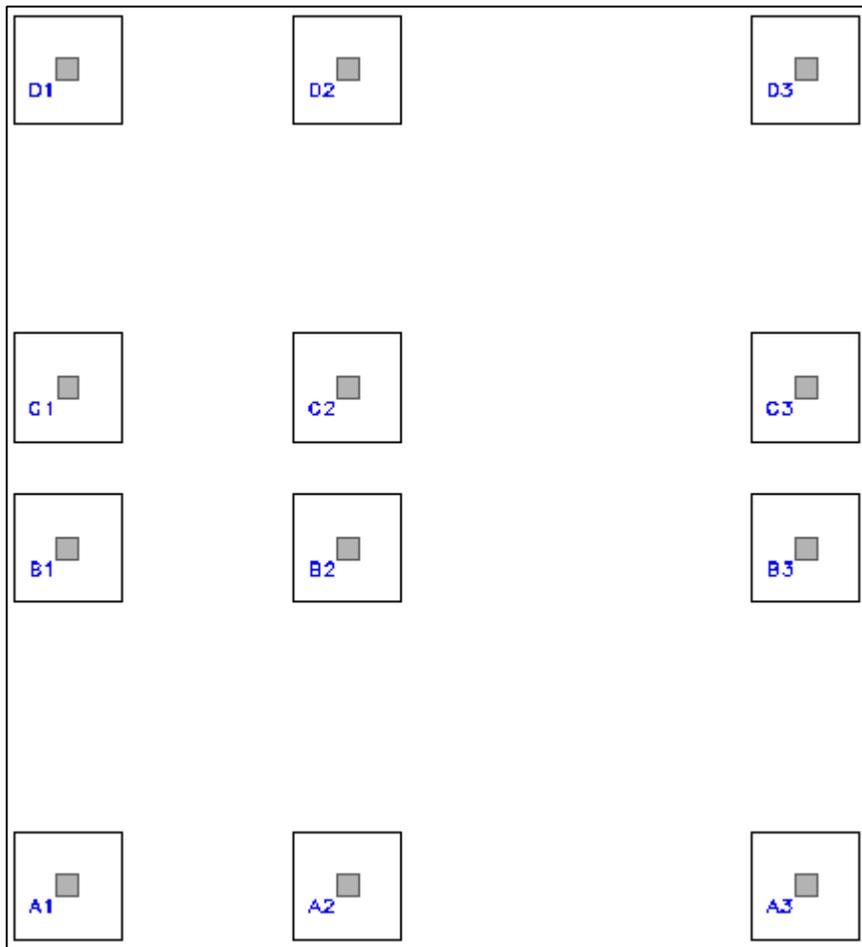
Por los cálculos realizados en el software CYPE en las columnas se utilizará 3 varillas de 12mm tanto en la parte superior como en la parte inferior dando un área de (679 mm<sup>2</sup>). Se utilizaron estribos de 10mm cada 10 cm dando un área (79 mm<sup>2</sup>).

A continuación se detalla un cuadro con las áreas de los aceros de refuerzo, de las columnas las mismas que están cumpliendo con los requerimientos establecidos por la NEC.

**Tabla 13.- Listado de columnas y detalle del armado**

	Sección	As	Estribos	Armado de hierros
Descripción	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	
A1	20x20	6.79	0.79	 <p><b>Refuerzo columnas</b>  ● 6 Ø12 mm  Estribos 1 Ø 10mm, c/ 10 cm  Recubrimiento a cada lado de 5 cm</p>
A2	20x20	6.79	0.79	
A3	20x20	6.79	0.79	
B1	20x20	6.79	0.79	
B2	20x20	6.79	0.79	
B3	20x20	6.79	0.79	
C1	20x20	6.79	0.79	
C2	20x20	6.79	0.79	
C3	20x20	6.79	0.79	
D1	20x20	6.79	0.79	
D2	20x20	6.79	0.79	
D3	20x20	6.79	0.79	

**Fuente:** Autor

**Figura 10.- Distribución en planta de columnas**

**Fuente:** Autor

Para el cálculo del acero necesario en columnas el programa CYPE toma los esfuerzos que llegan a la columna y realiza comprobaciones internamente para comparar con las normas vigentes y así realizar el armado para tracción y para compresión.

## 2.5. LOSAS

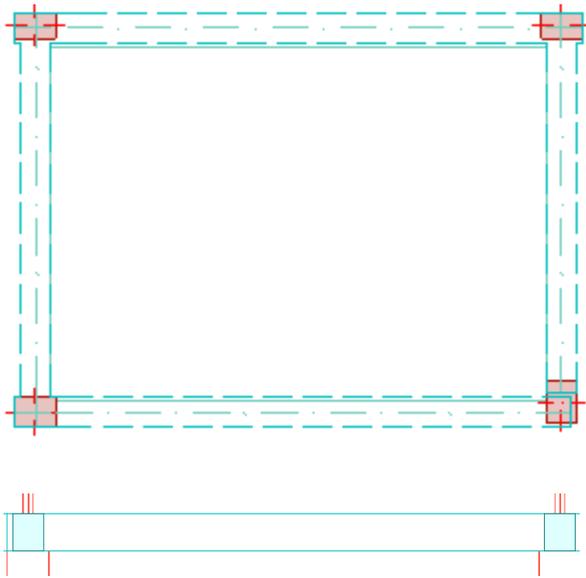
### 2.5.1. Comportamiento

Son elementos estructurales que soportan cargas normales a su plano; además de ser una estructura plana horizontal que puede ser alivianada o maciza conformada con acero de refuerzo; y sirve para separar un nivel de la edificación con otro o también puede ser usada como cubierta.

#### Losas Macizas

“Cuando el hormigón ocupa todo el espesor de la losa se la llama *Losa Maciza*.” (Marcelo Romo Proaño).

**Figura 11.- Detalle de Losa Maciza**

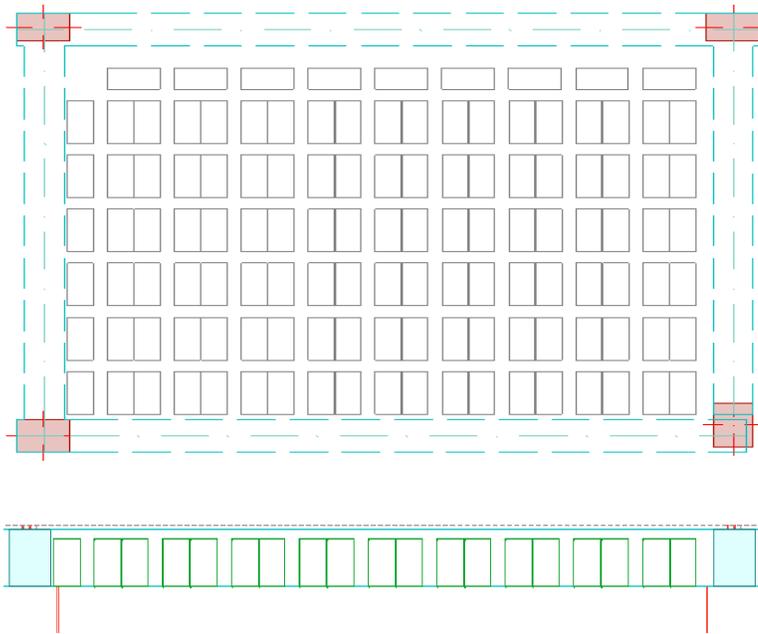


**Fuente:** Autor

## Losas Alivianadas

“Cuando parte del volumen de la losa es ocupado por materiales más livianos o espacios vacíos se la llama *Losa Alivianada*, *Losa Aligerada* o *Losa Nervada*.” (Marcelo Romo Proaño)

**Figura 12.- Detalle de Losa Alivianada**



**Fuente:** Autor

El tipo de losa alivianada es de uso común en nuestro medio debido a tres propósitos fundamentales:

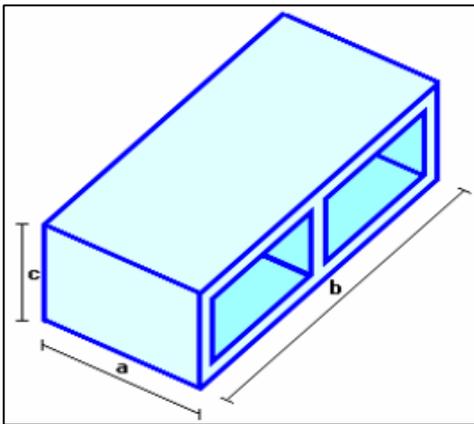
- Disminuir el peso propio de la estructura.
- Obtener mayor resistencia.
- Ahorro de materiales.

El alivianamiento de las losas básicamente se consigue con diferentes materiales pero los más usados en el Ecuador son los siguientes:

1. Bloque de hormigón.
2. Cerámica aligerada.
3. Formaleta de plástico.
4. Formaleta de madera.

El bloque de hormigón por su precio y su facilidad de uso es el más utilizado en nuestro medio teniendo las siguientes características.

**Figura 13.- Geometría del bloque de hormigón**



**Fuente:** "Marcelo Romo Proaño"

**Tabla 14.- Dimensiones y pesos comerciales de los bloques de hormigón**

Dimensiones del bloque			Peso unitario
a	b	c	
20 cm	40 cm	10 cm	8 Kg
20 cm	40 cm	15 cm	10 Kg
20 cm	40 cm	20 cm	12 Kg
20 cm	40 cm	25 cm	14 Kg

**Fuente:** "Marcelo Romo Proaño"

El "ACI 318-08" establece requerimientos mínimos al momento de diseñar una losa alivianada, estas son:

- El ancho de las nervaduras no debe ser menor de 10cm. Y el peralte no mayor de 3,5 veces su ancho mínimo. (ACI 8.13.2)

- El espaciamiento libre entre las nervaduras no debe exceder de 75 cm. (ACI 8.13.3)

Estas especificaciones serán tomadas en cuenta al momento de diseñar la losa alivianada.

El comportamiento depende básicamente del trabajo de la losa ya que esta puede trabajar en una dirección, en ese caso se denominan losas unidireccionales o a su vez puede trabajar en las dos direcciones en donde se denomina losas bidireccionales.

### Losas Unidireccionales

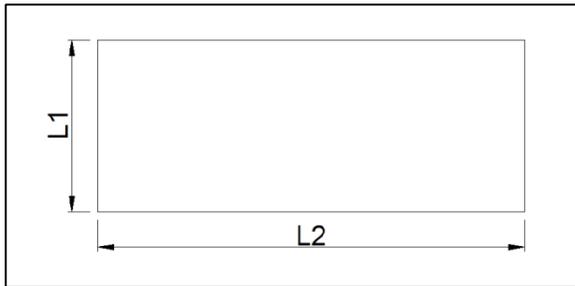
Las losas unidireccionales están apoyadas en dos de sus lados sobre vigas o muros paralelos quedando libre en los otros dos; además si la razón entre el lado más grande y el lado más corto es superior a 2; las losas se pueden diseñar como losas trabajando en dirección perpendicular a los apoyos.

$$L1/L2 > 2$$

**Figura 14.- Detalle de Losa Unidireccional**



**Fuente:** "Diseño concreto reforzado-McCormac"

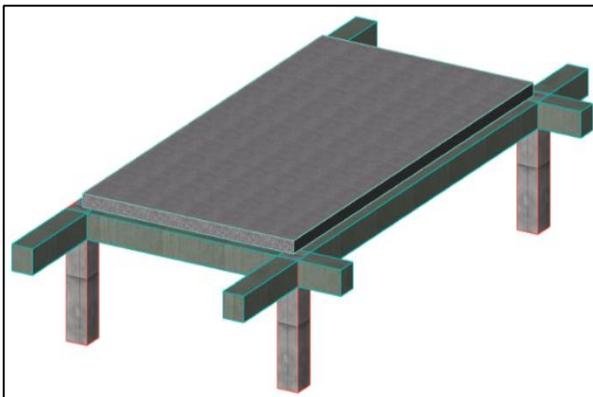
**Figura 15.- Detalle de L1, L2**

**Fuente:** Autor

### Losas Bidireccionales

Las losas bidireccionales comúnmente son sistemas estructurales conformados por columnas, vigas y losas es decir se encuentran apoyadas en sus cuatro bordes por lo que la losa trabaja en sus dos direcciones y por ende necesitará refuerzo en su dos direcciones tanto en la lado corto como en lado largo; además cuando la razón entre el lado más grande y el lado más corto es inferior a 2 se diseñara como losas bidireccionales.

$$L1/L2 < 2$$

**Figura 16.- Detalle de Losa Bidireccional**

**Fuente:** "Diseño concreto reforzado-McCormac"

## 2.5.2. Bases de cálculo

### 2.5.2.1. Predimensionamiento de Losas

Para el predimensionamiento de la losa nervada, se toma como referencia las siguientes relaciones:

$$h_{min} = \frac{1}{30}L_n + h_{compresión}$$

**Fuente:** "Hormigón Armado-Losas"

$L_n$  = luz libre en la dirección larga medida cara a cara de las vigas.

$h_{compresión}$  = Espesor de la chapa o loseta de compresión.

### 2.5.2.2. Deflexión admisible en losas macizas y losas nervadas

El ACI define deflexiones máximas calculadas para losas macizas y nervadas las mismas que dependen del uso de la losa.

**Tabla 15.- Deflexiones máximas**

Tipo de miembro	Deflexión que se ha de considerar	Límite Deflexión
Pisos que no soportan ni están ligados a elementos no estructurales que es posible sean dañados por grandes	Deflexión inmediata debido a carga viva	$L_n/360$
Construcción de techo o piso que no soporta o que está ligada a elementos no estructurales que es posible sean	Aquella parte de la deflexión total que ocurre después de fijar elementos no estructurales	$L_n/240$

**Fuente:** "Marcelo Romo Proaño"

Donde:

$L_n$  = luz de la viga.

### 2.5.2.3. Armadura mínima

La cuantía mínima para resistir la retracción por fraguado y cambio de temperatura como se menciona en el ACI 318S-08 capítulo 7, sección 7.12.2.1 va a ser igual a:

- Si se utiliza un acero corrugado con un esfuerzo de fluencia  $f_y = 2800 - 3500 \text{ Kg/cm}^2$  la cuantía mínima será:

$$\rho_{min} = 0.002 \quad (\text{ACI 318S-08 7.12.2.1})$$

- Acero corrugado o malla de alambre soldado corrugado o liso con un esfuerzo de fluencia igual a  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$  la cuantía mínima será:

$$\rho_{min} = 0.0018 \quad (\text{ACI 318S-08 7.12.2.1})$$

- Barras con un esfuerzo de fluencia mayor a  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$  la cuantía mínima viene dado por la siguiente expresión:

$$\rho_{min} = \frac{0.0018 \times 4200}{f_y} \quad (\text{ACI 318S-08 7.12.2.1})$$

- En ninguno caso la cuantía mínima debe ser menor a 0.0014 (ACI 318S-08 7.12.2.1).

### 2.5.2.4. Cuantía mínima por flexión

En losas macizas la cuantía mínima por flexión viene establecido por el capítulo 13 del ACI 318S-08, sección 13.3.1 en donde se deberá considerar una cuantía mínima de que resista el fraguado y cambios de temperatura  $\rho_{min} = 0.0014$ .

En las losas nervadas la cuantía mínima por deflexión se calculara con las siguientes expresiones de la cual se tomara la menor:

$$\rho_{min} = \frac{14}{F_y} \qquad \rho_{min} = \frac{0.79x\sqrt{f'c}}{F_y}$$

(ACI 318S-08 10.5.1)

$F_y$  = Esfuerzo de fluencia del acero.

$f'c$  = Resistencia a compresión del hormigón en  $Kg/cm^2$ .

### 2.5.2.5. Armadura máxima

Para asegurar una ductilidad mínima en la losa nervada como en la losa maciza se controla su cuantía balanceada.

Para zonas sísmicas:

$$\rho_{máx} = 0,5x\rho_b$$

(ACI 318S-08 10.3.3)

y para zonas no sísmicas:

$$\rho_{máx} = 0,75x\rho_b$$

(ACI 318S-08 10.3.3)

Donde:

$$\rho_b = 0.85x\beta_1x\frac{f'c}{F_y}x\frac{0,003}{\frac{F_y}{E_s} + 0.003}$$

$\rho_b$ : Cuantía balanceada

$f'c$ : Resistencia característica a la rotura del hormigón

$F_y$ : Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo

$E_s$ : Módulo de elasticidad del acero

### 2.5.2.6. Armadura real de la losa

Para comprobar si las cuantías cumplen con las especificaciones; encontramos la cuantía real de la losa mediante la siguiente formula:

$$\rho_{real} = \frac{A_s}{bxd}$$

$A_s$ : Área del acero de refuerzo

$b$ : Ancho de la sección

$d$ : Altura efectiva

### 2.5.2.7. Recubrimiento mínimo

- Losas fundidas in situ = 2,0 cm (ACI 318S-08 7.7.1)
- Losas prefabricadas = 2,0 cm (ACI 318S-08 7.7.3)

### 2.5.2.8. Diámetro mínimo de las barras de refuerzo

La "NEC" establece requerimientos mínimos con respecto al diámetro del acero de refuerzo para evitar agrietamientos, siendo los siguientes:

**Tabla 16.- Diámetros mínimos y máximos de las varillas de refuerzo**

Tipo	Diámetro mínimo de barra	Diámetro máximo de barra
Barras corrugadas	8 mm	36 mm
Alambre para mallas	4 mm	10 mm
Estribos	10 mm	16 mm

**Fuente:** "NEC"

## 2.6. DISEÑO DE LA LOSA NERVADA

### 2.6.1. Diseño de Losa Nervada

Este tipo de losas se utilizó para el diseño de pórticos con mampostería confinada, los datos fueron introducidos en el programa Cype el mismo que internamente realiza comprobaciones conociendo los momentos flectores en dos direcciones y el momento torsor para generar el área necesaria de acero en las dos direcciones.

Se han considerado macizos alrededor de las columnas para absorber el efecto de punzonamiento que se pueden generar por los esfuerzos presentes en la estructura.

**Figura 17.- Esfuerzo en los paños de la losa nervada**

Esfuerzos en NUDO de coordenadas: 1.57, 3.96						
Pl.	Hipo	Cort. X	Cort. Y	Mom. X	Mom. Y	Mom. XY
2	1	0.2972	-0.0062	0.0591	-0.1562	0.0015
	2	0.0891	-0.0016	0.0136	-0.0476	0.0003
	3	0.1782	-0.0033	0.0271	-0.0952	0.0006
	4	-0.0000	-0.0003	-0.0000	0.0000	-0.0000
	5	0.8778	-0.0033	-0.0605	0.0228	0.0034
	6	-0.0030	0.0011	0.0003	-0.0002	0.0056
	7	-0.0012	-0.0911	-0.0037	0.0027	-0.0029
	8	0.0047	-0.0000	-0.0003	0.0001	0.0000

Cuantías				
	Inferior		Superior	
Dirección X:	0.2712	cm2	-0.0000	cm2
Dirección Y:	0.0000	cm2	0.7056	cm2

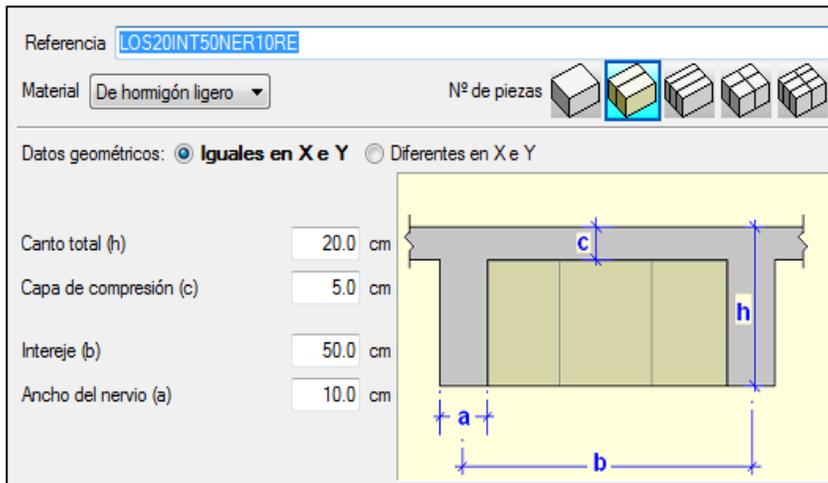
Cortes en Tm. Momentos en Tm.x m.  
Esfuerzos y cuantías indicados por metro de ancho.

Salir

**Fuente:** "CYPECAD"

Para la losa de entrepiso se consideró una losa nervada con una altura total de 20cm, una capa de compresión de 5cm y un nervio de 10cm alivianada con bloque de hormigón como se muestra a continuación:

**Figura 18.- Dimensiones de losa nervada**



**Fuente:** "CYPECAD"

Para el armado de la losa nervada se consideró una varilla de 12mm de diámetro; tanto para el armado superior (longitudinal y transversal) e inferior (longitudinal y transversal).

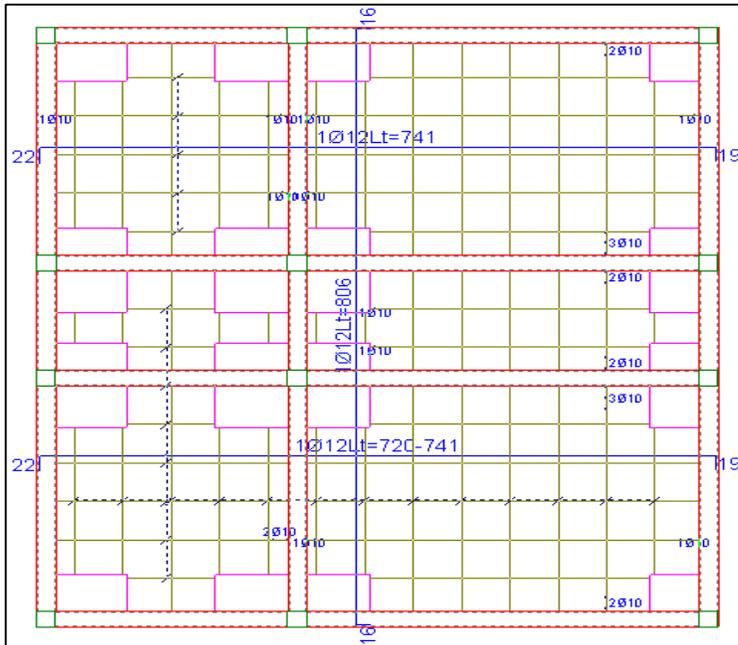
**Tabla 17.- Armado losa N+2.50**

	TIPO	LOSA N+2.50
<b>Armadura Superior</b>	Longitudinal	1φ12
	Transversal	1φ12
<b>Armadura Inferior</b>	Longitudinal	1φ12
	Transversal	1φ12

**Fuente:** "CYPECAD"

A continuación se detallará el armado y la posición de los macizos en la losa nervada.

**Figura 19.- Esquema de armado losa nervada N+2.50**



**Fuente:** "CYPECAD"

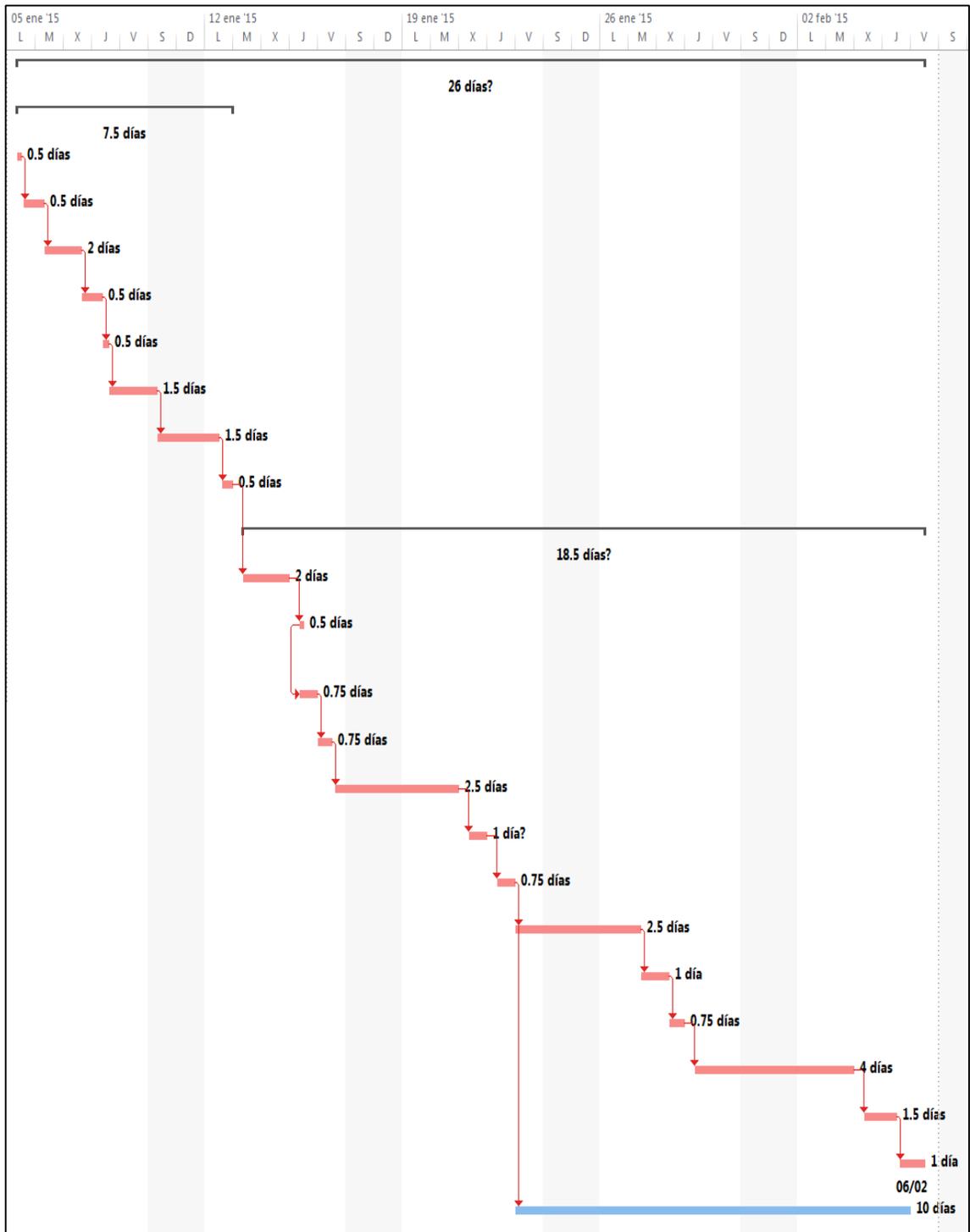
## 2.7. ELABORACIÓN DEL CRONOGRAMA

**Tabla 18.- Cronograma de trabajo mampostería confinada**

EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Pre
<b>1</b>	<b>Mampostería confinada</b>	<b>26 días</b>	<b>5 de enero de 2015</b>	<b>6 de febrero de 2015</b>	
<b>1.1</b>	<b>Cimentación</b>	<b>7.5 días</b>	<b>5 de enero de 2015</b>	<b>12 de enero de 2015</b>	
1.1.1	Desbroce y limpieza del terreno	0.5 días	5 de enero de 2015	5 de enero de 2015	
1.1.2	Replanteo y nivelación	0.5 días	5 de enero de 2015	6 de enero de 2015	3
1.1.3	Excavación manual en suelo sin clasificar	2 días	6 de enero de 2015	7 de enero de 2015	4
1.1.4	Relleno compactado con material de mejoramiento	0.5 días	7 de enero de 2015	8 de enero de 2015	5
1.1.5	Replanteo de hormigón simple F'c= 140 kg/cm <sup>2</sup>	0.5 días	8 de enero de 2015	8 de enero de 2015	6
1.1.6	Hormigón ciclópeo 60% H.S. 210 kg/cm <sup>2</sup> 40% piedra	1.5 días	8 de enero de 2015	10 de enero de 2015	7
1.1.7	Acero de refuerzo zapatas	1.5 días	10 de enero de 2015	12 de enero de 2015	8
1.1.8	Hormigón simple f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> para fundido de zapatas	0.5 días	12 de enero de 2015	12 de enero de 2015	9
<b>1.2</b>	<b>Sistema aporricado y mampostería de confinamiento</b>	<b>18.5 días</b>	<b>13 de enero de 2015</b>	<b>6 de febrero de 2015</b>	
1.2.1	Acero de refuerzo en cadenas	2 días	13 de enero de 2015	14 de enero de 2015	10
1.2.2	Suministro y colocación de malla electrosoldada reforzada Fy=4200 kg/cm <sup>2</sup>	0.5 días	15 de enero de 2015	15 de enero de 2015	12
1.2.3	Encofrado de cadenas (3 usos)	0.75 días	15 de enero de 2015	15 de enero de 2015	13 CC
1.2.4	Hormigón simple F'c=210 kg/cm <sup>2</sup> para cadenas y losa	0.75 días	15 de enero de 2015	16 de enero de 2015	14
1.2.5	Acero de refuerzo en columnas	2.5 días	16 de enero de 2015	20 de enero de 2015	15
1.2.6	Encofrado de columnas (3 usos)	1 día?	21 de enero de 2015	21 de enero de 2015	16
1.2.7	Hormigón simple F'c=210 kg/cm <sup>2</sup> para columnas	0.75 días	22 de enero de 2015	22 de enero de 2015	17
1.2.8	Acero de refuerzo en vigas	2.5 días	22 de enero de 2015	27 de enero de 2015	18
1.2.9	Encofrado de vigas (3 usos)	1 día?	27 de enero de 2015	28 de enero de 2015	19
1.2.10	Hormigón simple F'c=210 kg/cm <sup>2</sup> para vigas	0.75 días	28 de enero de 2015	28 de enero de 2015	20
1.2.11	Encofrado para Losa	4 días	29 de enero de 2015	3 de febrero de 2015	21
1.2.12	Acero de refuerzo en Losa	1.5 días	4 de febrero de 2015	5 de febrero de 2015	22
1.2.13	Hormigón simple F'c=210 kg/cm <sup>2</sup> en losa alivianada	1 día	5 de febrero de 2015	6 de febrero de 2015	23
1.2.14	Mampostería de ladrillo horizontal	10 días	22 de enero de 2015	5 de febrero de 2015	18

**Fuente:** Autor

**Figura 20.- Cronograma de trabajo mampostería de confinamiento**



Fuente: Autor

Con la experiencia del Arquitecto Jorge Ramiro Ñauta Ñauta y la del Arquitecto Pedro Federico Ñauta Mendieta a los que se les consulto los tiempos de ejecución de las actividades en la construcción de una vivienda y con la ayuda del programa Microsoft Project 2013 se realizó el cronograma de trabajo y se graficó el diagrama de Gantt para conocer la ruta crítica en cada una de las actividades que conforman el sistema constructivo de mampostería confinada con pórticos de hormigón armado.

## **2.8. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN**

Para la descripción del proceso de construcción de una vivienda de mampostería confinada se realizó el seguimiento del proyecto del Arquitecto Jorge Ramiro Ñauta Ñauta; el cual realizó una vivienda unifamiliar para el señor Galo Aquiles Salazar Salazar ubicada en la calle Reino Unido sector de Totoracocha.

### **1) Desbroce y limpieza del terreno**

El proceso de construcción de la vivienda iniciaba con la limpieza de capa vegetal y la remoción de suelo arcilloso más próximo a la superficie.

Para el proyecto se utilizó una cuadrilla de dos trabajadores y una retroexcavadora para agilizar los tiempos de ejecución.

**Figura 21.- Desbroce y limpieza del terreno**



**Fuente:** Autor

## 2) Replanteo y Nivelación del terreno

Consiste en el trazo de guías en donde se ubicarán las paredes, columnas y cimentaciones según los planos realizados por el diseñador; para tener una guía al momento de realizar las excavaciones y el levantamiento de la estructura.

**Figura 22.- Replanteo y Nivelación del terreno**



**Fuente:** Autor

## 3) Excavación manual en suelo sin clasificar

Se realizó la excavación en el lugar en donde irán ubicadas los cimientos y las vigas de cimentación garantizando las dimensiones establecidas por el diseñador.

**Figura 23.- Excavación manual en suelo sin clasificar**



**Fuente:** Autor

#### 4) Replanto de hormigón simple

Es el hormigón simple, generalmente de baja resistencia, utilizado como la base de apoyo de elementos estructurales, tuberías y que no requiere el uso de encofrados.

**Figura 24.- Replanto de hormigón simple**



**Fuente:** Autor

#### 5) Armado de parrillas y acero de columnas

Luego de poner el hormigón de limpieza se comenzó con el armado de las zapatas y las columnas para proseguir con la fundición de las zapatas.

**Figura 25.- Armado de parrillas y acero de columnas**



**Fuente:** Autor

## 6) Fundición de las zapatas

Se procede al encofrado y fundición de las zapatas.

**Figura 26.- Armado de parrillas y acero de columnas**



**Fuente:** Autor

## 7) Hormigón ciclópeo 60% H.S 210 kg/cm<sup>2</sup> 40% piedra

Sirven como soporte de paredes y de la viga de cimentación garantizando que la estructura sea monolítica y los esfuerzos sean transmitidos al suelo y a la cimentación.

**Figura 27.- Hormigón ciclópeo 60% H.S 210 kg/cm<sup>2</sup> 40% piedra**



**Fuente:** Autor

### 8) Armado de cadenas de cimentación

Se procede al armado de las vigas de amarre las cuales se colocaran en donde serán asentadas las paredes de mampostería confinada.

**Figura 28.- Armado de cadenas de cimentación**



**Fuente:** Autor

### 9) Relleno compactado

Comprende el suministro, colocación y compactación del material seleccionado como óptimo para relleno y que no se puede obtener de la misma plataforma.

**Figura 29.- Relleno compactado**



**Fuente:** Autor

### 10) Acero de refuerzo para losa de N+0.00

Por consiguiente la losa de entrepiso se armaba con malla corrugada 15x15 para absorber los esfuerzos de tracción producidos en la estructura.

**Figura 30.- Acero de refuerzo para losa de entrepiso**



**Fuente:** Autor

### 11) Fundición de losa N+0.00

Luego de armada la malla electrosoldada se procedió a la fundición de la losa con un mixer.

**Figura 31.- Fundición de losa N+0.00**



**Fuente:** Autor

## 12) Colocación de ladrillos para conformar los muros de mampostería

Mediante la colocación de piolas para referenciar las paredes y mediante el uso de mortero se colocó la mampostería confinada.

**Figura 32.- Mampostería confinada**



**Fuente:** Autor

## 13) Encofrado y fundición de columnas

Mediante el uso de madera y puntales se procedió al encofrado de las columnas que conformaban la estructura.

**Figura 33.- Encofrado y fundición de columnas**



**Fuente:** Autor

#### 14) Encofrado para losa de entrepiso y vigas

Luego se realizó el encofrado para losa de entrepiso y vigas, armando un piso provisional con puntales y tableros de madera.

**Figura 34.- Encofrado para losa de entrepiso y vigas**



**Fuente:** Autor

#### 15) Armado de losa de entrepiso y vigas de la estructura

Por consiguiente se comenzó con el armado de los hierros de las vigas y los aceros que conformaran la losa aliviada.

**Figura 35.- Armado de los de entrepiso y vigas de la estructura**



**Fuente:** Autor

### 16) Fundición de losa de entrepiso

Con la ayuda de un mixer con bomba se procedió a la fundición de la losa de entrepiso.

**Figura 36.-** Fundición de losa de entrepiso



**Fuente:** Autor

### 17) Enlucido de paredes

Finalmente se procede al enlucido de las paredes para que quedar listas para el pintado.

**Figura 37.-** Enlucido de paredes



**Fuente:** Autor

## 2.9. DESARROLLO DEL PRESUPUESTO

**Tabla 19.- Presupuesto mampostería confinada**

<b>PRESUPUESTO MAMPOSTERÍA DE CONFINAMIENTO</b>					
<b>Cód</b>	<b>Descripción</b>	<b>U</b>	<b>Cant</b>	<b>P.Uni</b>	<b>P.Total</b>
<b>1</b>	<b>CIMENTACIÓN</b>				<b>735,78</b>
101	Desbroce y limpieza del terreno	m2	58	0,63	36,66
102	Replanteo y nivelación del terreno	m2	58	0,89	51,82
103	Excavación manual en suelo sin clasificar	m3	18	9,25	166,53
104	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	1,2	17,45	20,94
105	Replanteo de Hormigón simple $f'c=140$ kg/cm <sup>2</sup> (e=10cm)	m3	1,2	4,72	5,67
107	Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup>	kg	58,66	2,05	119,96
113	Hormigón simple $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> para fundido de zapatas	m3	2,4	139,25	334,2
<b>2</b>	<b>ESTRUCTURA DE MAMPOSTERÍA</b>				<b>10425</b>
107	Acero de refuerzo en vigas de cimentación $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup>	kg	321,5	2,05	657,48
108	Suministro y colocación de malla electrosoldada	m2	57,95	3,09	179,07
109	Encofrado recto de madera para cadenas	m2	33,7	7,48	252,18
113	Hormigón simple $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> para fundido de cadenas	m3	2,06	139,25	286,85
107	Acero de refuerzo en columnas $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup>	kg	522,6	2,05	1068,74
110	Encofrado recto de madera para columnas	m2	38,4	10,80	414,65
113	Hormigón simple $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> para fundido de columnas	m3	1,92	139,25	267,36
107	Acero de refuerzo en vigas $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup>	kg	311	2,05	636,01
111	Encofrado para vigas (3 usos)	m2	33,7	7,97	268,59
113	Hormigón simple $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> para fundido de vigas	m3	2,03	139,25	282,67
112	Encofrado para losa	m2	45	7,3	328,5
107	Acero de refuerzo en losa	kg	391,9	2,05	803,4
114	Hormigón simple $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> en losa alivianada	m3	5,35	34,72	185,75
115	Mampostería de ladrillo horizontal	m2	95,5	16,93	1616,82

116	Mortero cemento arena 1:3	m2	35	8,27	289,45
117	Enlucido (mortero cemento-arena 1-3)	m2	148,07	7,97	1180,12
118	Pintado (dos manos)	m2	148,07	3,43	507,88
119	Piso cerámica interiores	m2	33,25	17,69	588,193
121	Suministro y colocación de cerámica de pared	m2	36	16,98	611,28
<b>3</b>	<b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>				<b>811,66</b>
122	Punto de agua fría (PVC de 1/2")	pto	7	19,98	139,86
123	Punto de agua caliente (PVC de 1/2")	pto	5	21,28	106,4
124	Punto de desagüe PVC d=50mm	pto	6	21,32	127,92
125	Punto de desagüe PVC d=110mm	pto	4	40,25	161
126	Suministro e instalación de trampilla	u	2	14,86	29,72
127	Suministro e instalación de lavamanos para baño	u	1	60,39	60,39
128	Suministro e instalación de inodoro blanco	u	1	61,46	61,46
130	Grifería para ducha	u	1	41,88	41,88
131	Suministro e instalación de caja para medidor de agua	u	1	19,15	19,15
132	Suministro e instalación de válvula check	u	1	9,2	9,2
133	Caja de revisión 50x50x50 cm (interior)	u	1	54,68	54,68
<b>4</b>	<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>				<b>639,03</b>
134	Suministro e instalación de tomacorriente doble	pto	11	21,25	233,75
135	Suministro e instalación de interruptor doble y focos	pto	8	44,46	355,68
136	Suministro e instalación de caja para medidor de luz	u	1	49,6	49,6
<b>5</b>	<b>CARPINTERÍA DE MADERA</b>				<b>669,17</b>
137	Puerta de madera interior 0,90 con cerradura	u	5	102,62	513,1
138	Suministro y colocación de rastreras	m	37,79	4,13	156,07
<b>6</b>	<b>CUBIERTA</b>				<b>653,96</b>
139	Suministro e instalación de canales de zinc	m	15,98	8,18	130,72
140	Bajantes zinc	m	12,8	10,12	129,54
141	Suministro y colocación de cielo raso	m2	51,33	7,67	393,7
<b>7</b>	<b>ALUMINIO Y VIDRIO</b>				<b>484,141</b>
142	Ventana de aluminio corrediza	m2	7,04	68,77	484,141
<b>8</b>	<b>INSTALACIONES DE GAS</b>				<b>46,145</b>

143	Suministro y colocación de tubería 3/8" cobre	m	5,5	8,39	46,145
<b>9</b>	<b>OBRAS FINALES</b>				<b>246</b>
144	Limpieza final de la obra	m2	100	2,46	246
<b>TOTAL</b>					<b>14710,9</b>

**Fuente:** Autor

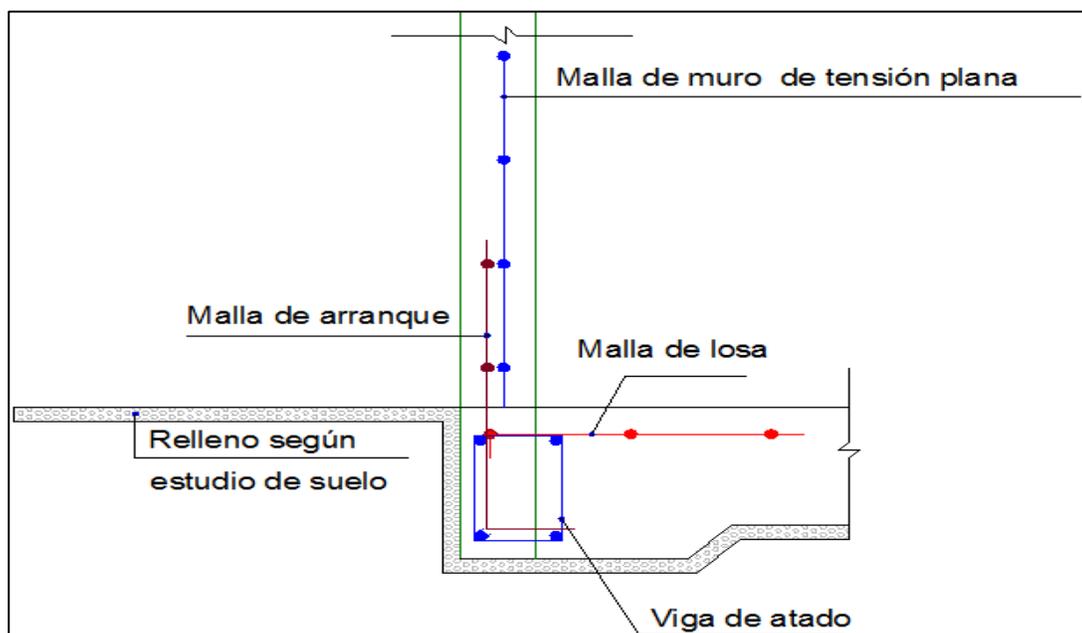
## CAPÍTULO III

### SISTEMA DE MUROS ARMADOS DE TENSIÓN PLANA

#### 3.1. LOSA DE CIMENTACIÓN, ADENTELLONADA.

El sistema constructivo de muros de tensión plana será diseñado con losa de cimentación adentellonada según las especificaciones de la NEC; capítulo 10, sección 10.11.4, ya que las paredes transmitirán cargas a la cimentación la misma que transmitirá la carga a toda la superficie de la cimentación; se consideraran vigas de atado en donde se realizará el anclaje del refuerzo vertical como se muestra a continuación:

**Figura 38.- Detalle de colocación de malla de muros de tensión plana**



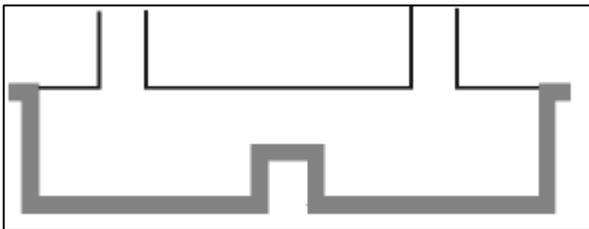
**Fuente:** Autor

Con la ayuda del software de la empresa CYPE Ingenieros será modelada la losa de cimentación.

El programa CYPE considera las losas y vigas de cimentación como un elemento más de la estructura, realizando por tanto un cálculo integrado de la cimentación con la estructura.

Las vigas y losas de cimentación se calculan como si fueran vigas y losas comunes comparando cuantías, disposiciones y separaciones mínimas para luego proceder al armado del acero de refuerzo para resistir los esfuerzos de cortante, tracción, punzonamiento y flexión.

**Figura 39.- Forma de transmisión de esfuerzos de losa y vigas de cimentación**



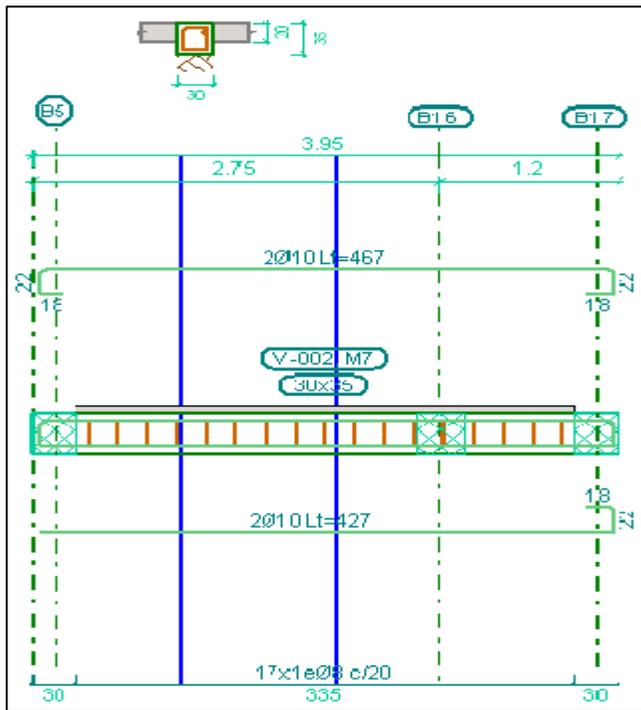
**Fuente:** "SOLARTE Y CIA"

### **3.1.1. Diseño de losa de cimentación.**

Para la losa de cimentación se consideró un espesor de 20cm con dentellones armados debajo de cada una de las paredes las cuales tienen una sección de 30x35 cm cuya área es de 1050 cm<sup>2</sup>; y se utilizará en su mayoría de los dentellones 2 varillas de 10 mm tanto en la parte superior como en la parte inferior y en otras vigas se utilizará 2 varillas de 12 mm tanto en la parte superior como en la parte inferior. Para el corte se utilizaron estribos de 8mm espaciados cada 15 y 20 cm.

En el caso de la losa de cimentación se utilizó una malla electrosoldada de un diámetro de 8mm espaciada cada 15 cm.

**Figura 40.- Armado de dentellones**

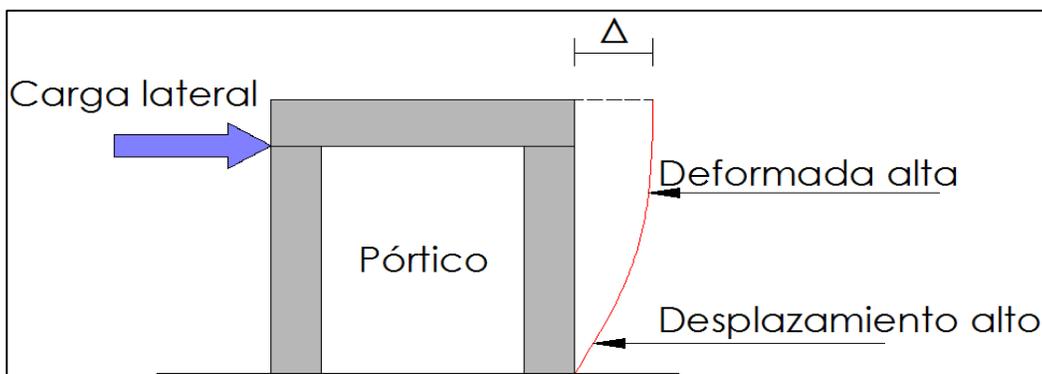


Fuente: "CYPECAD"

### 3.2. ESTRUCTURAS DE MUROS PORTANTES

Desde el punto de vista estructural el comportamiento de las estructuras conformadas por pórticos se comportan bajo el siguiente esquema:

**Figura 41.- Detalle de deformación de un pórtico de concreto reforzado**



Fuente: "SOLARTE Y CIA. Ingenieros calculistas"

Como se puede apreciar en la figura 4-11a deriva que presenta el pórtico de hormigón reforzado es alta, al igual que los desplazamientos presentados por la carga lateral que puede ser ocasionada por sismos.

La deriva producto de la carga lateral ocasiona desplazamientos entre el piso inferior y el piso superior; estas derivas deben ser prevenida por el diseñador según establece la NEC "el diseñador debe comprobar que su estructura presentará deformaciones inelásticas controlables, mejorando substancialmente el diseño conceptual", el límite de derivadas establecida por la NEC son las siguientes:

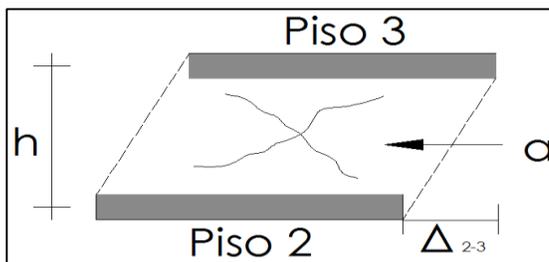
**Tabla 20.- Valores de  $\Delta_M$  máximos, expresados como fracción de la altura de piso**

Estructuras de	$\Delta_M$ máxima
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

**Fuente:** "NEC"

Cuando estas derivas no son controladas y son muy altas se puede presentar daños estructurales como se muestra en el siguiente esquema:

**Figura 42.- Detalle de derivas muy alta**



**Fuente:** "SOLARTE Y CIA"

Donde:

$h$  = Altura entre pisos

$\Delta_{2-3}$  = Desplazamiento entre piso 2 y piso 3

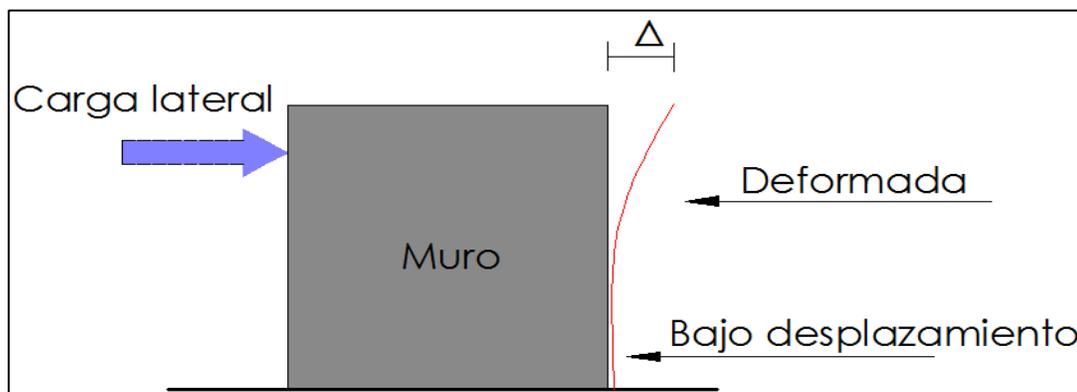
Piso 2 = Losa del piso inferior

Piso 3 = Losa del piso superior

$a$  = Fisurado de las paredes debido a excesivos desplazamientos

Las estructuras de muros portantes se comportan como vigas en voladizo haciendo que las derivas y los desplazamientos sean menores comparados con los mencionados en la figura 4-2 como se muestra en el siguiente esquema:

**Figura 43.- Detalle de deformación de un muro portante**



**Fuente:** "SOLARTE Y CIA"

Haciendo que las fisuras en las paredes sean menores debido a los desplazamientos bajos que presenta este sistema constructivo.

Además de su comportamiento estructural; en el sistema constructivo de muros portantes "el tiempo de ejecución de la vivienda se reduce considerablemente (menos de la mitad) ya que permite vaciar diariamente y en una sola etapa, los muros de fachada, muros

internos divisorios, detalles arquitectónicos y las losas de una vivienda” (Zambrano, 2010).

### **3.2.1. Análisis y descripción de los elementos componentes del sistema constructivo de muros portantes**

Para el caso de nuestra investigación se analizará los elementos componentes con el sistema de Formaletas de la compañía FORSA, sistema con el que los constructores de nuestra ciudad realizan sus estructuras.

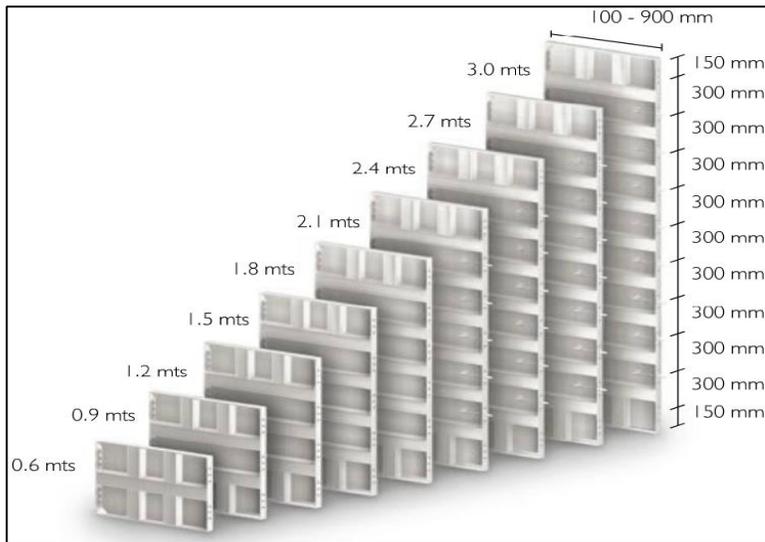
El sistema de formaletas está compuesto por paneles en su mayoría de aluminio pero también existen formaletas conformadas por acero y madera; en nuestro caso estudiaremos las formaletas de aluminio.

“Las formaletas de aluminio tienen un espesor de 1/8 de pulgadas” (Zambrano, 2010), están diseñadas para soportar las cargas producidas por el concreto y su cara de contacto con el hormigón es totalmente lisa para garantizar un acabado perfecto en la superficie del concreto.

Conforman los elementos necesarios para la elaboración de muros, losas, columnas, gradas, cubiertas etc.

Como menciono (Jaime Pizarro Hoyos & Jorge Alberto Orjuela Daza, 2007) la formaleta contribuye en buena parte al éxito de una construcción y por lo tanto, juega un papel fundamental en los procesos constructivos. Su función radica esencialmente en forma al concreto sirviendo de molde y en el caso de concretos arquitectónicos, aporta en gran medida a la textura final de los elementos.

La compañía FORSA ofrece varias formaletas de dimensiones específicas y varios módulos de distintas dimensiones para que se vaya acoplando según sean los requerimientos del constructor como se muestra a continuación:

**Figura 44.- Dimensiones módulos de formaletas**

**Fuente:** "Manual Técnico Forsa"

### Esquinero de muro interno

"Son elementos de aluminio que sirven para unir los extremos de los muros o columnas, estructurando así las esquinas de ángulo recto" (García Cortés A. & Martínez Arbeláez R., 2007), se dividen en dos secciones para brindar un mejor manejo de los formaletas.

Como su nombre lo indica solo se utilizan para muros internos de la estructura y según las exigencias del consumidor en el mercado se pueden encontrar los siguientes tipos de esquineros internos:

**Figura 45.- Tipos de esquineros internos**

**Fuente:** "Manual Técnico Forsa"

### Ángulo exterior

“Ángulo de aluminio, utilizad para formar las esquinas exteriores a 90 grados, con las formaletas de muros” (Zambrano, 2010).

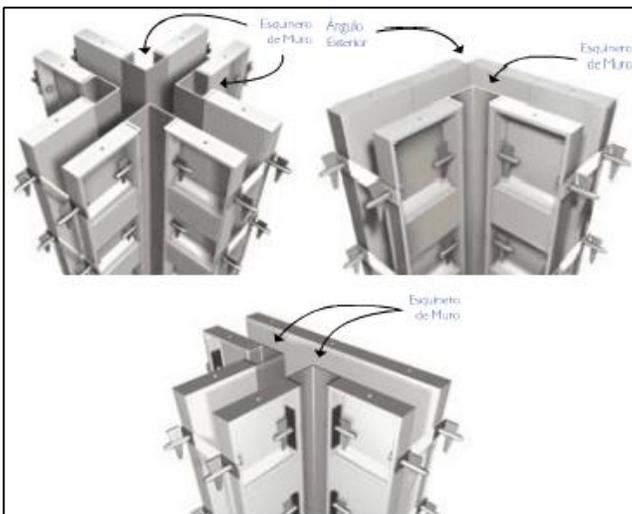
**Figura 46.- Tipos de ángulos exteriores**



**Fuente:** “Manual Técnico Forsa”

Mediante la unión de diferentes formaletas y distintos tipo de esquineros internos y ángulos exteriores se puede lograr muros en cruz, en L y en T como se muestra a continuación:

**Figura 47.- Tipos de paredes obtenidas con formaletas**



**Fuente:** “Manual Técnico Forsa”

### Unión muro-losa

El sistema Forsa nos da una variedad de terminado ya sea acabado recto o acabado decorativo con respecto a la unión muro-losa teniendo las siguientes uniones:

**Figura 48.- Tipos de unión losa-muro**

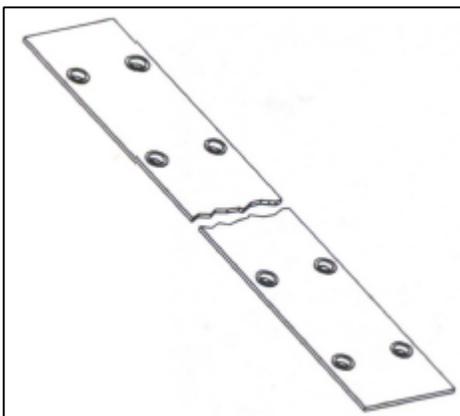


**Fuente:** "Manual Técnico Forsa"

### Tapa muro

Son usados para dar forma a todos los muros huecos que se encuentren en la construcción.

**Figura 49.- Tapa muro**



**Fuente:** Autor

### 3.2.2. Accesorios componentes del sistema FORSA

Son los accesorios necesarios que permiten el montaje del sistema FORSA.

#### **Pasadores**

“Accesorio que en conjunto con la cuña sirve para la sujeción de paneles de muros entre sí, con angulares, esquineros de muro y tapamuros; así como para la sujeción básica de paneles de losa. Sirve como accesorio complementario en aquellas sujeciones donde haya perfiles de ajuste” (Zambrano, 2010).

**Figura 50.- Tipos de pasadores**



**Fuente:** “Manual Técnico Forsa”

#### **Pin flecha**

Actúa en conjunto con la cuña como elemento que sujeta el perfil de unión entre uno y otro panel.

**Figura 51.- Pin flecha**



**Fuente:** “Manual Técnico Forsa”

### **Cuñas curvadas**

“Trabaja en conjunto con los pasadores y pin flecha. Su forma curva permite insertarla fácilmente disminuyendo el riesgo de daño de la formaleta” (Zambrano, 2010).

“Por su trabajo exigente, se recomienda su revisión y cambio cada 250 usos. Si su desgaste es excesivo y no ajusta con el pasador, se deben cambiar” (Zambrano, 2010)

**Figura 52.- Cuñas**



**Fuente:** “Manual Técnico Forsa”

### **Corbatas**

“Accesorio de acero al carbono para sujetar y separar las formaletas determinando el espesor del muro. Son instaladas en las uniones de paneles en toda la altura cada 30 cm” (Zambrano, 2010).

**Figura 53.- Corbatas**



**Fuente:** “Manual Técnico Forsa”

### Portalineador

(Diego Javier Proaño Escandón, Fredy N. Martínez Hernández, 2006) "Colocado en perforaciones de la formaleta, el portalineador forma dos hileras a lo largo del encofrado: una abajo para alinear las formaletas y otra arriba para alinear en la parte más alta. Fabricado con varios perfiles de acero soldados entre sí, soporta el riel alineador que puede ser de madera o hierro".

**Figura 54.- Portalineador**



**Fuente:** "Manual Técnico Forsa pág.: 26"

### Losa de apuntalamiento

"Su función es mantener la losa apuntalada durante y después del vaciado" (Zambrano, 2010).

**Figura 55.- Losa de apuntalamiento**

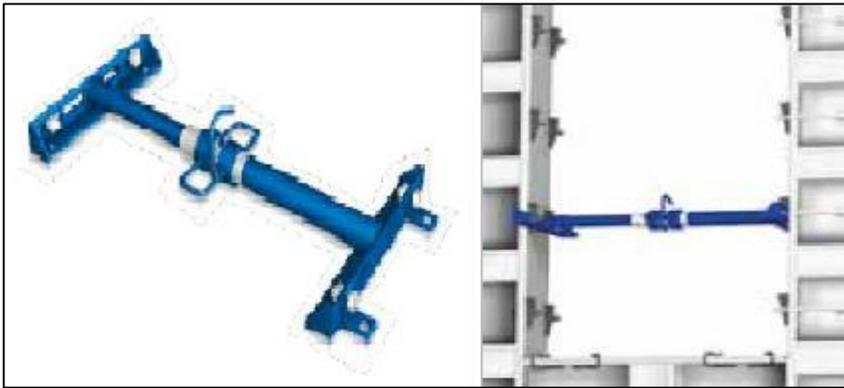


**Fuente:** "Manual Técnico Forsa"

### Tensor extensible de vanos

“La perfecta dimensión de los vanos de puertas y ventanas se garantiza con la utilización adecuada de estos tensores. Su diseño de puntales extensibles, permite fijar la distancia de vanos en ventanas y puertas” (Zambrano, 2010).

**Figura 56.- Tensores**



**Fuente:** “Manual Técnico Forsa”

### Andamios

(Diego Javier Proaño Escandón, Fredy N. Martínez Hernández, 2006) “El sistema de andamios se monta ya sea sobre las formaletas o sobre, los muros fundidos. Se enganchan a las corbatas y tienen fijadores que evitan que estas se salgan”

**Figura 57.- Andamios**



**Fuente:** “Manual Técnico Forsa”

### **Pin grapas**

(Diego Javier Proaño Escandón, Fredy N. Martínez Hernández, 2006) "Fabricado en acero templado, une las formaletas de muro y losa a las nefas lisa o decorada y a los esquineros de la losa. Sirve para fijar los tapamuros".

**Figura 58.- Pin grapas**



**Fuente:** "Manual Técnico Forsa"

### **3.2.3. Herramientas componentes del sistema FORSA**

Son las herramientas que vienen en conjunto con las formaletas y los accesorios del sistema FORSA las mismas que permitirán el montaje y desmontaje del sistema constructivo; las herramientas con las que cuenta son las siguientes:

#### **Barreta niveladora**

"Se utiliza para levantar y alinear una formaleta con otra y para ayudar en el calce entre orificios previo a la instalación del pasador" (Zambrano, 2010).

**Figura 59.- Barreta niveladora**

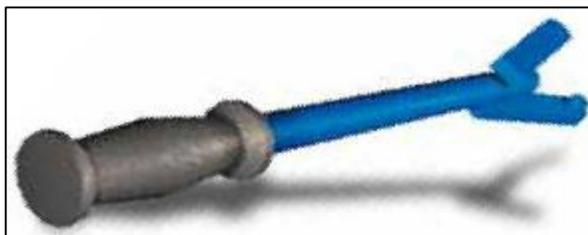


**Fuente:** "Manual Técnico Forsa"

## Sacapanel

“Se utiliza para facilitar el desencofre de las formaletas de muro” (Zambrano, 2010).

**Figura 60.- Sacapanel**

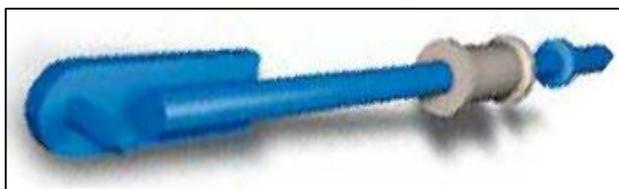


**Fuente:** “Manual Técnico Forsa”

## Sacacorbatas

“Se utiliza para la extracción de las corbatas que quedan insertadas en el muro una vez retiradas las formaletas. Su buen desempeño depende de la instalación adecuada del material usado como funda para la corbata” (Zambrano, 2010).

**Figura 61.- Sacacorbatas**



**Fuente:** “Manual Técnico Forsa”

## 3.3. DIMENSIONAMIENTO DE MUROS.

### 3.3.1. Criterios de diseño

El criterio de los muros portantes se basa en que los muros resisten la carga proveniente de la losa es decir la carga de peso que actuará sobre la estructura en donde se denominarán

muros de carga y los muros que resisten el efecto del sismo a los que se les denominarán muros de rigidez.

Según (Awad, 2007) en una vivienda de uno o dos pisos existen dos clases de muros, los cuales se clasifican según la función que cumple dentro de ella.

**a) Muros divisorios:** Son aquellos muros cuya única función es separar los espacios dentro de una vivienda y no soportan ninguna carga diferente de su propio peso.

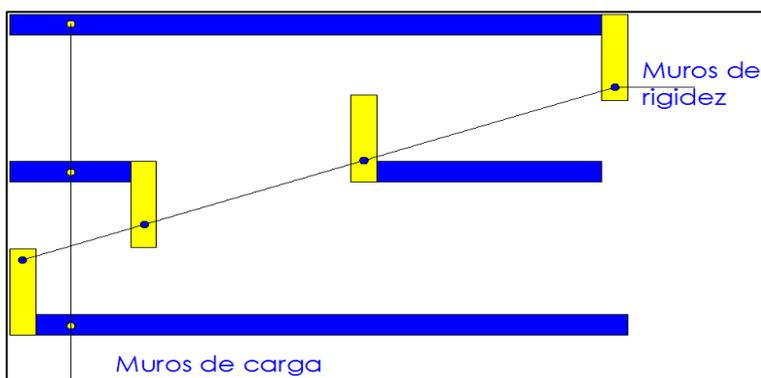
**b) Muros confinados estructurales:** Son aquellos que soportan las cargas gravitacionales y/o las fuerzas horizontales causadas por sismos. Todos estos muros deben ser confinados y a su vez se dividen en:

**b-1) Muros de carga:** Son aquellos muros que además de soportar fuerzas horizontales provenientes de los sismos soportan las cargas gravitatorias aferentes de entrepiso y/o cubierta.

**b-2) Muros de rigidez o transversales:** Son aquellos muros que además de soportar las fuerzas horizontales provenientes de los sismos soportan su propio peso.

Es muy importante que los muros sean distribuidos en los dos sentidos como se muestra a continuación para lograr una estructura segura:

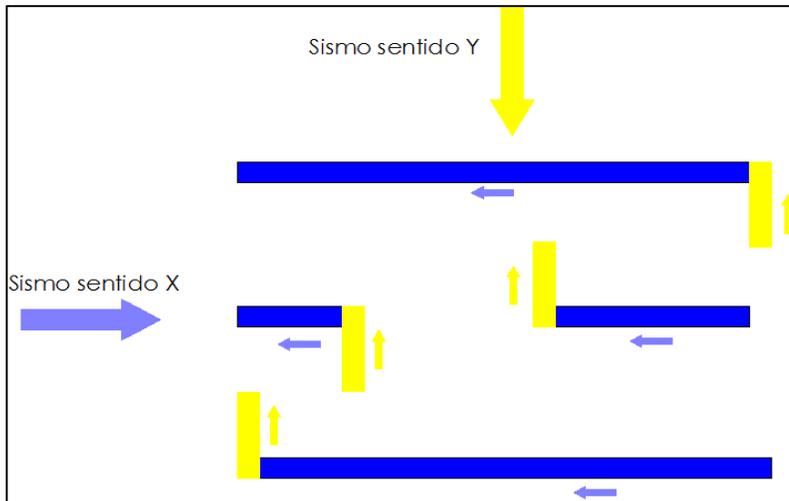
**Figura 62.- Distribución de muros portantes**



**Fuente:** Autor

En caso de un sismo el sistema constructivo de muros portantes generara una fuerza de reacción como se muestra a continuación:

**Figura 63.- Esquema de reacción de muros portantes**



**Fuente:** Autor

La NEC (Norma Ecuatoriana de la construcción) capítulo 10, sección 10.5.4.1 establece los requerimientos a los que debe estar sujetos los muros al momento de diseñarlos:

La cuantía del refuerzo para muros portantes de hormigón armado, no puede ser inferior a:

- a) 0.0018 para barras corrugadas con  $f_y = 420 \text{ MPa}$ , para el eje vertical y horizontal.
- b)  $0.0018 \times 420 / f_y$  (MPa); para refuerzo electro-soldado en los ejes vertical y horizontal pero no menor a 0.0012; pudiendo emplearse mallas electro-soldadas con  $f_y$  de hasta 600 MPa, el refuerzo vertical y horizontal debe espaciarse a no más de tres veces el espesor del muro, ni de 300 mm.

La resistencia a la compresión simple del hormigón o mortero en estos sistemas será  $f'c \geq 18 \text{ MPa}$  (180 kg/cm<sup>2</sup>) a los 28 días.

### 3.3.2. Diseño de muros

Todos los elementos de hormigón se construirán utilizando una resistencia a la compresión de 21 MPa., y un acero corrugado de 420 MPa.

Estos datos fueron introducidos en el software Cype el mismo que realiza las combinaciones de carga internamente.

**Figura 64.- Modelo 3D de la estructura**



**Fuente:** "CYPECAD"

Los muros de tensión plana tendrán un espesor de 10 cm y una resistencia a la compresión de 21 MPa los mismos que cumple con las cargas de servicio a las que estará expuesta la estructura.

- $f^c = 21 \text{ MPa}$   
 $20 \text{ MPa} \geq 18 \text{ MPa (NEC 10.5.4.1).}$  ✓

La cuantía mínima establecido por NEC para muros de pantalla:

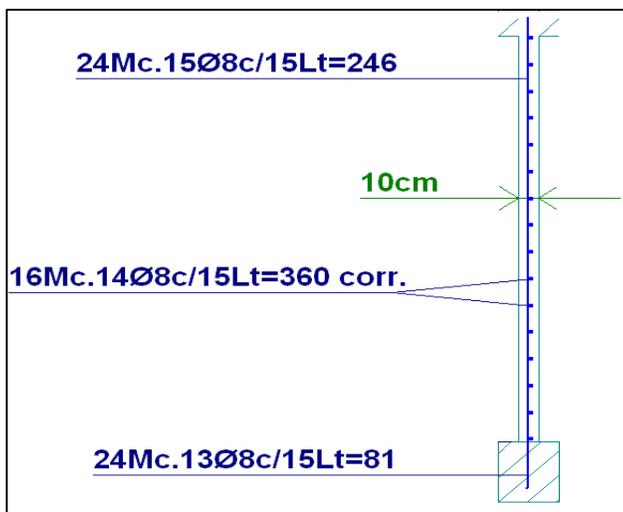
- $0.0018 \times 420 / f_y$
- $0.0018 * 420 / 420$
- $0.0018$
- $0.022 \geq 0.0018$  ✓

El espaciamiento de las barras de los muros de pantalla será de 15 cm la que no sobrepasa los 300 mm.

- $15 \text{ cm} \leq 30 \text{ cm}$  ✓

A continuación se detalla el armado de un muro de pantalla tipo con el cual se elaboró el diseño de la vivienda.

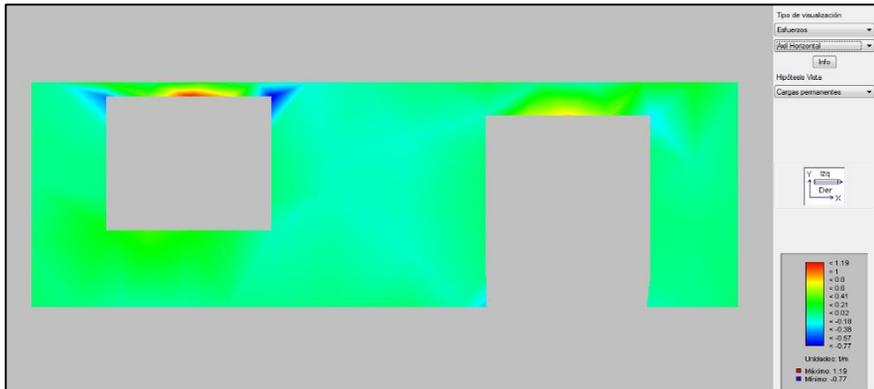
**Figura 65.- Despiece de un muro tipo**



**Fuente:** "CYPECAD"

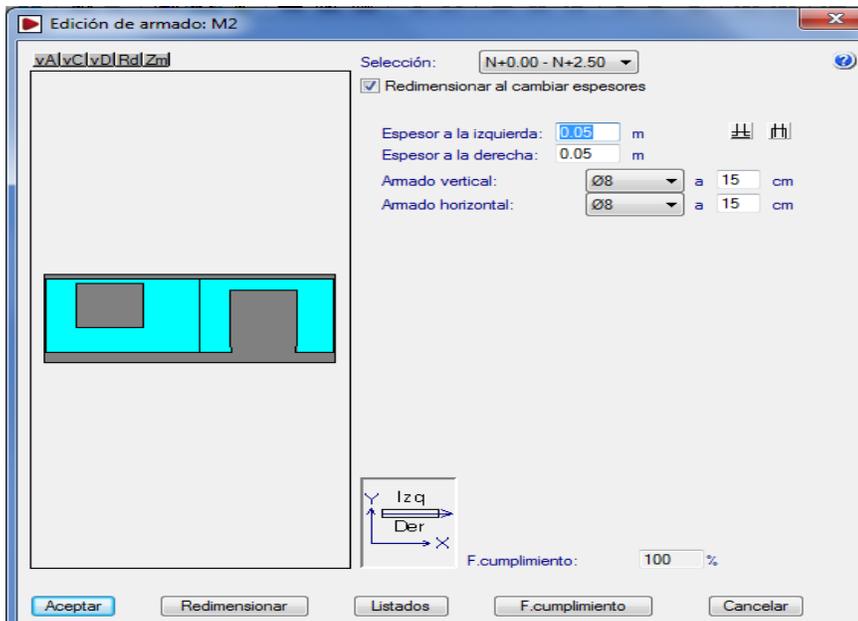
Para el cálculo del acero necesario en muros el programa CYPE toma los esfuerzos máximos en los muros pantalla, tanto en cortante como en momentos y realiza comprobaciones internas para compararlas con las normas vigentes y así realizar el armado de los muros para tracción y compresión.

**Figura 66.- Esquema de esfuerzos en muros**



Fuente: "CYPECAD"

**Figura 67.- Armado de un muro tipo**



Fuente: "CYPECAD"

### 3.4. DISEÑO DE LOSA MACIZA

#### 3.4.1. Diseño de Losa Maciza

Para modelar los dos sistemas constructivos tanto el de muros de tensión plana como el de mampostería reforzada se consideró una losa maciza de 15cm; para losa de cimentación y losa de entrepiso como se muestra a continuación:

Para la losa de entrepiso se consideró una losa maciza con una altura total de 15cm y con un armado; de una varilla de 12mm de diámetro cada 15 cm; tanto para el armado superior (longitudinal y transversal) e inferior (longitudinal y transversal).

**Figura 68.- Esfuerzos en los paños de la losa maciza**

Esfuerzos en NUDO de coordenadas: 2.98, 5.35						
Pl.	Hipo	Cort. X	Cort. Y	Mom. X	Mom. Y	Mom. XY
1	1	0.2367	-0.0286	-0.0250	-0.0159	-0.0453
	2	0.0601	-0.0107	-0.0069	-0.0034	-0.0124
	3	0.1202	-0.0213	-0.0138	-0.0068	-0.0249
	4	0.0396	0.0687	0.0614	-0.0137	0.0173
	5	0.0035	0.0035	0.0008	-0.0042	0.0019
	6	-0.0007	-0.0012	-0.0002	-0.0011	0.0003
	7	0.0115	0.0199	0.0178	-0.0040	0.0050
	8	0.0204	0.0201	0.0046	-0.0242	0.0109

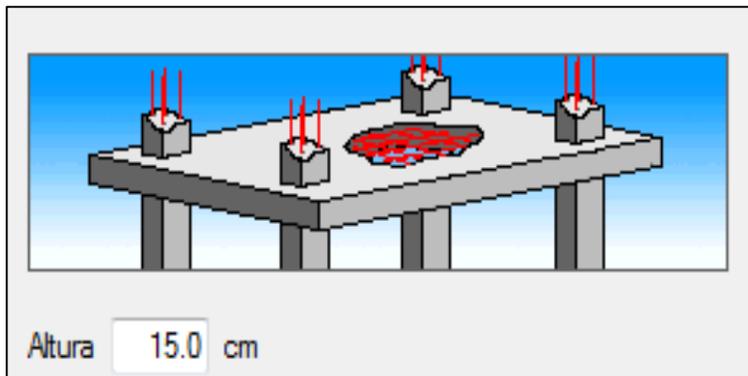
Cuantías				
	Inferior		Superior	
Dirección X:	0.1942	cm2	0.5115	cm2
Dirección Y:	0.2487	cm2	0.3361	cm2

Cortes en Tm. Momentos en Tm.x m.  
Esfuerzos y cuantías indicados por metro de ancho.

Salir

**Fuente:** "CYPECAD"

**Figura 69.- Dimensiones de losa maciza**



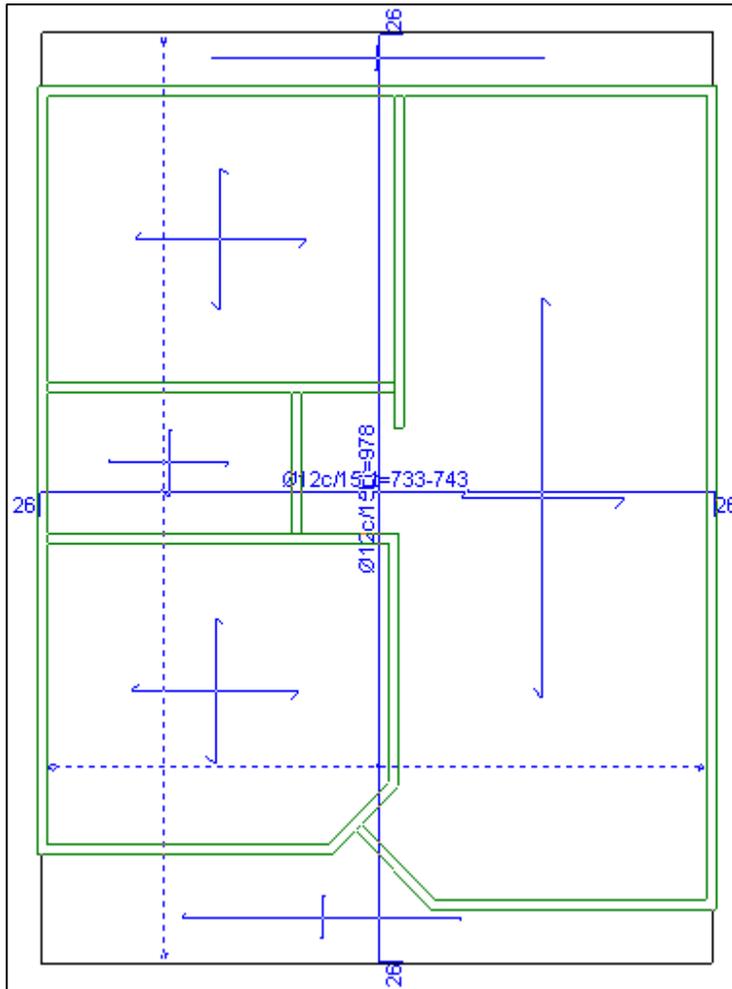
Fuente: "CYPECAD"

**Tabla 21.- Armado de losa N+2.50**

	TIPO	LOSA N+2.50
<b>Armadura Superior</b>	Longitudinal	1φ12 c/15cm
	Transversal	1φ12 c/15cm
<b>Armadura Inferior</b>	Longitudinal	1φ12 c/15cm
	Transversal	1φ12 c/15cm

Fuente: "CYPECAD"

**Figura 70.- Esquema de armado Losa maciza N+2.50**



**Fuente:** "CYPECAD"

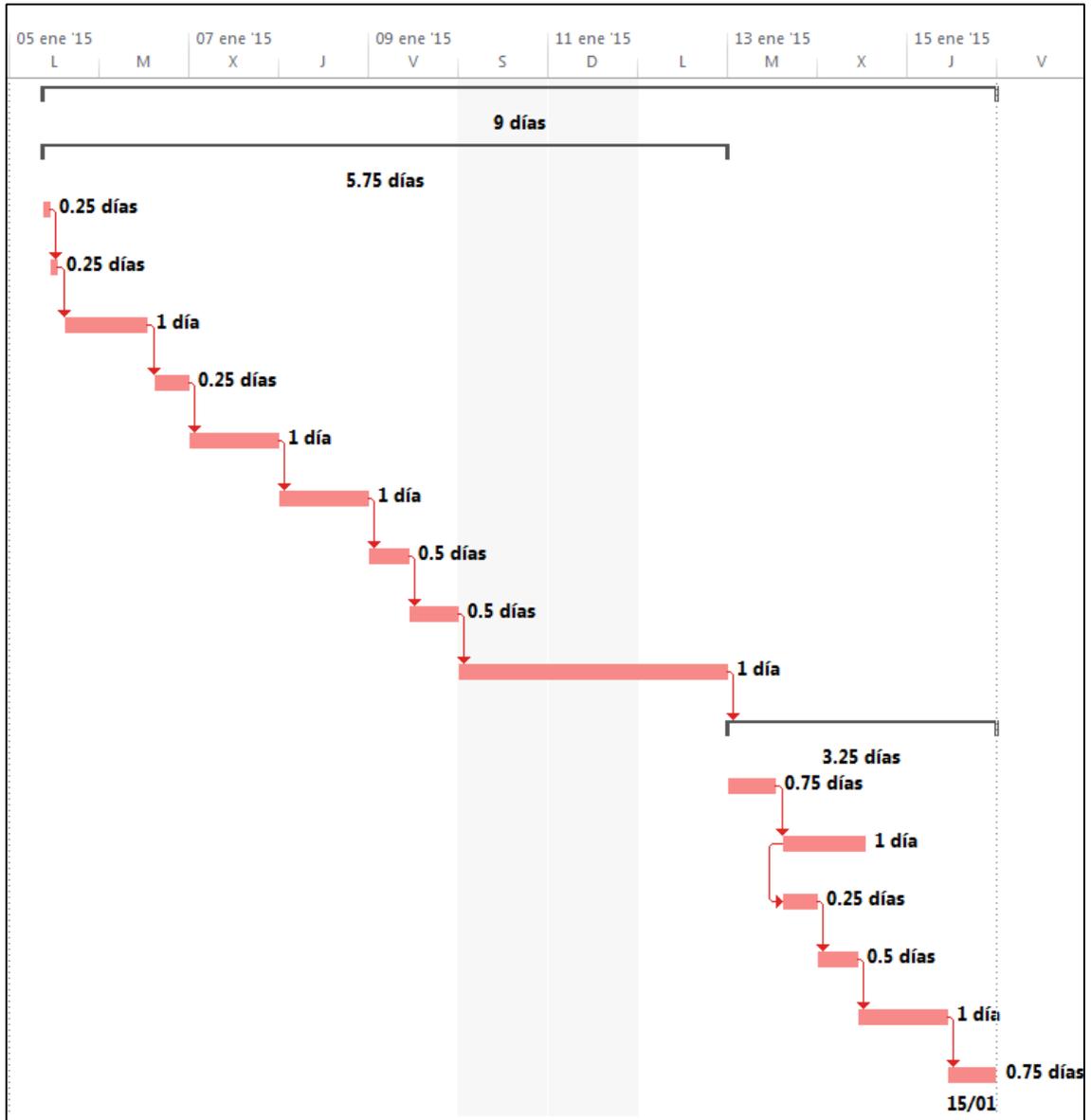
### 3.5. ELABORACIÓN DEL CRONOGRAMA

**Tabla 22.- Cronograma de trabajo de muros tensión plana**

EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Pre
<b>1</b>	<b>Sistema de formaletas</b>	<b>9 días</b>	<b>5 de enero de 2015</b>	<b>15 de enero de 2015</b>	
<b>1.1</b>	<b>Cimentación</b>	<b>5.75 días</b>	<b>5 de enero de 2015</b>	<b>12 de enero de 2015</b>	
1.1.1	Desbroce y limpieza del terreno	0.25 días	5 de enero de 2015	5 de enero de 2015	
1.1.2	Replanteo y nivelación del terreno	0.25 días	5 de enero de 2015	5 de enero de 2015	3
1.1.3	Excavación manual en suelo sin clasificar	1 día	5 de enero de 2015	6 de enero de 2015	4
1.1.4	Replanteo de hormigón simple $F'c= 140 \text{ kg/cm}^2$	0.25 días	6 de enero de 2015	6 de enero de 2015	5
1.1.5	Hormigón ciclópeo 60 % H.S 210 $\text{kg/cm}^2$ 40% piedra	1 día	6 de enero de 2015	7 de enero de 2015	6
1.1.6	Acero de refuerzo en cadenas de cimentación	1 día	7 de enero de 2015	8 de enero de 2015	7
1.1.7	Suministro y colocación de malla electrosoldada reforzada $Fy=4200 \text{ kg/cm}^2$	0.5 días	8 de enero de 2015	9 de enero de 2015	8
1.1.8	Encofrado de losa de cimentación formaleta	0.5 días	9 de enero de 2015	9 de enero de 2015	9
1.1.9	Hormigón premezclado $F'c=210\text{kg/cm}^2$ cadenas-losa de cimentación	1 día	9 de enero de 2015	12 de enero de 2015	10
<b>1.2</b>	<b>Muros portantes de tensión plana</b>	<b>3.25 días</b>	<b>12 de enero de 2015</b>	<b>15 de enero de 2015</b>	<b>11</b>
1.2.7	Suministro y colocación de malla electrosoldada reforzada para paredes	0.75 días	12 de enero de 2015	13 de enero de 2015	
1.2.8	Armado de módulos formaletas para paredes	1 día	13 de enero de 2015	14 de enero de 2015	13
1.2.9	Armado de módulos formaletas para losa de entrepiso	0.25 días	13 de enero de 2015	13 de enero de 2015	14 CC
1.2.10	Suministro y colocación de malla electrosoldada reforzada	0.5 días	13 de enero de 2015	14 de enero de 2015	15
1.2.11	Hormigón premezclado $F'c=210\text{kg/cm}^2$ paredes-losa entrepiso	1 día	14 de enero de 2015	15 de enero de 2015	16
1.2.12	Desencofrado de formaletas	0.75 días	15 de enero de 2015	15 de enero de 2015	17

**Fuente:** Autor

**Figura 71.- Cronograma de trabajo muros de tensión plana**



**Fuente:** Autor

### 3.6. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Para la descripción del proceso de construcción de una vivienda de muros de tensión plana se realizó una revisión de la tesis uso de formaletas en nuestra ciudad elaborado por Diego Javier Proaño Escandón y Fredy N. Martínez Hernández; los cuales realizaron un seguimiento del proceso constructivo Forsa.

#### 1) Desbroce y limpieza del terreno

El proceso de construcción de la vivienda iniciaba con la limpieza de capa vegetal y la remoción de suelo arcilloso más próximo a la superficie.

#### Figura 72.- Desbroce y limpieza del terreno



**Fuente:** Autor

#### 2) Replanteo y Nivelación del terreno

Consiste en el trazo de guías en donde se ubicarán las paredes, columnas y cimentaciones según los planos realizados por el diseñador; para tener una guía al momento de realizar las excavaciones y el levantamiento de la estructura.

**Figura 73.- Replanteo y Nivelación del terreno**



**Fuente:** Autor

### 3) Excavación manual en suelo sin clasificar

Se realizó la excavación en el lugar en donde irán ubicadas las vigas de cimentación garantizando las dimensiones establecidas por el diseñador.

**Figura 74.- Excavación manual en suelo sin clasificar**



**Fuente:** Autor

#### 4) Armado de cadenas de cimentación

Se procede al armado de las vigas de amarre las cuales se colocarán en donde serán asentadas las paredes de tensión plana.

**Figura 75.- Armado de cadenas de cimentación**



**Fuente:** Autor

#### 5) Armado de losa de cimentación

Luego de colocada las cadenas de cimentación se procedía a la colocación del refuerzo de la losa de cimentación para que la estructura funcione en conjunto.

**Figura 76.- Armado de losa de cimentación**



**Fuente:** Autor

## 6) Armado de mallas de traslapo

El paso final antes de la fundición de planta baja es colocar las mallas de arranque para el traslapo con la malla de los muros de tensión plana.

**Figura 77.- Armado de malla de traslapo**



**Fuente:** Autor

## 7) Fundición losa de cimentación

Luego de armada la malla de traslapo se procedió a la fundición de la losa con un mixer.

**Figura 78.- Fundición losa de cimentación**



**Fuente:** Autor

### 8) Armado de mallas de refuerzo de muros

El proceso continua con la colocación de la malla de refuerzo la misma que se amarra con alambre a la malla de traslape. Al colocar estas mallas se debía tener especial cuidado con las esquinas para poder conformar un ángulo recto entre las paredes y no formar una curvatura que complicaría el proceso de fundición.

**Figura 79.- Armado de mallas de refuerzo de muros**

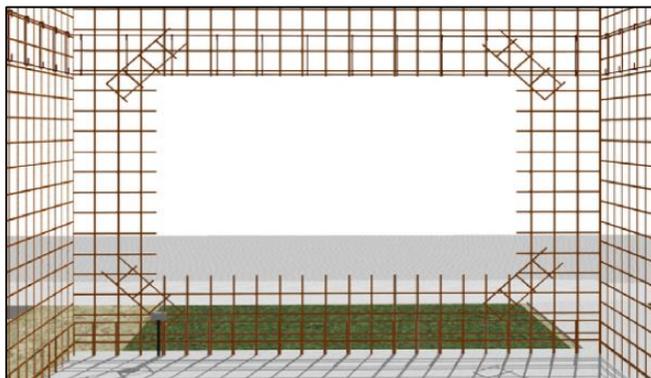


**Fuente:** Autor

### 9) Armado de refuerzo en ventanas

El paso siguiente consistía en reforzar los huecos que existirían en los refuerzos de las paredes, para garantizar su funcionamiento estructural.

**Figura 80.- Armado de refuerzo en ventanas**



**Fuente:** Autor

## 10) Armado de formaletas

Una vez armados los refuerzos de los muros y las ventanas se procede al armado de las formaletas que conformarán los muros de tensión plana.

**Figura 81.- Armado de formaletas**



**Fuente:** Autor

## 11) Colocación de corbatas

Una vez armadas las formaletas de un lado del muro se procede a la colocación de las corbatas que tendrán la dimensión del espesor del muro.

**Figura 82.- Colocación de corbatas**

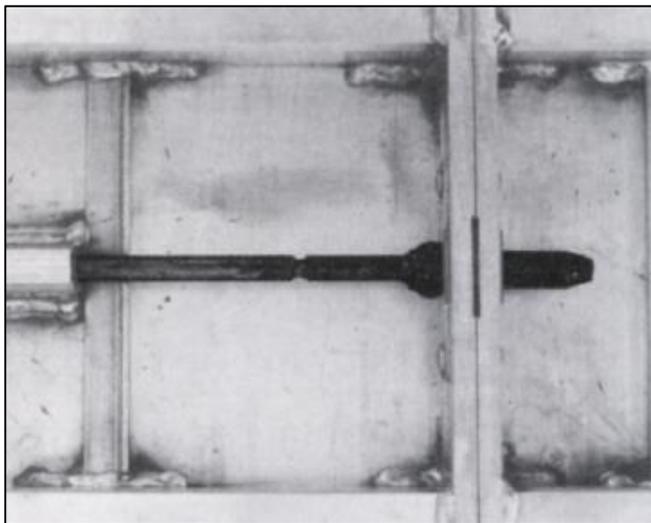


**Fuente:** Autor

## 12) Colocación de pasadores

Una vez colocada las formaletas con las corbatas se procede a colocar los pasadores que aguantarán la presión del vaciado y mantendrán constante el espesor del muro.

**Figura 83.- Colocación de pasadores**



**Fuente:** Autor

### 13) Ubicación de tensores en puertas y ventanas

Para garantizar las medidas de las puertas y las ventanas se procede a colocar tensores en los lugares designados.

**Figura 84.- Ubicación de tensores en puertas y ventanas**



**Fuente:** Autor

### 14) Colocación de porta y rieles alineadores

Esto da una sujeción mejor de las formaletas evitando que estas se muevan y logrando paredes lisas.

**Figura 85.- Colocación de porta y rieles alineadores**



**Fuente:** Autor

### 15) Armado de formaletas de losa de entrepiso

Una vez concluido el armado de las formaletas de los muros se procede al armado de las formaletas de entrepiso con puntales y formaletas.

**Figura 86.- Armado de formaletas de losa de entrepiso**



**Fuente:** Autor

### 16) Armado de losa de entrepiso

Una vez colocadas todas las formaletas se procede al armado de la losa de entrepiso.

**Figura 87.- Armado de losa de entrepiso**



**Fuente:** Autor

### 17) Fundición de muros y losa de entrepiso

Una vez revisadas que todas las formaletas estén con sus pasadores y alineadores en su lugar se procedió a la fundición en conjunto de muros y losa.

**Figura 88.- Fundición de muros y losa de entrepiso**



**Fuente:** Autor

### 18) Desmontaje de formaletas

Después de un día de fundición y comprobando que el concreto este duro se procede al desmontaje de las formaletas, retirando los alineadores y los porta alineadores, luego las cuñas y pasadores para poder ir liberando las formaletas. Finalmente se procedía a la extracción de las corbatas utilizando el sacacorbatas con su posterior limpieza para poderlas guardar en lugar adecuado evitando así la perdida de las piezas y para poderlas usar en la siguiente vivienda.

**Figura 89.- Desmontaje de formaletas**



**Fuente:** Autor

### 19) Casa terminada

Finalmente se procede al pintado de las paredes y colocación de los detalles arquitectónicos.

**Figura 90.- Casa terminada**



**Fuente:** Autor

### 3.7. DESARROLLO DEL PRESUPUESTO

**Tabla 23.- Presupuesto muros de tensión plana**

<b>PRESUPUESTO MUROS DE TENSION PLANA</b>					
<b>Cód</b>	<b>Descripción</b>	<b>U</b>	<b>Cant</b>	<b>P.Uni</b>	<b>P.Total</b>
<b>1</b>	<b>CIMENTACIÓN</b>				<b>1026,95</b>
101	Desbroce y limpieza del terreno	m2	58	0,63	36,66
102	Replanteo y nivelación del terreno	m2	58	0,89	51,82
103	Excavación manual en suelo sin clasificar	m3	5	9,25	46,26
104	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	1,5	17,45	26,17
105	Replanteo de Hormigón simple f'c=140 kg/cm2 (e=5cm)	m3	0,32	4,72	1,51
108	Suministro y colocación de malla electrosoldada	m2	32,3	3,09	99,81
111	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 con aditivo para fundido de losa de cimentación	m3	7,01	109,09	764,72
<b>2</b>	<b>MUROS DE TENSION PLANA</b>				<b>9164,67</b>
107	Acero de refuerzo en vigas de cimentación fy=4200 kg/cm2	kg	268,3	2,05	550,02
109	Suministro y colocación de malla electrosoldada paredes	m2	135	3,09	417,15
110	Encofrado y desencofrado de formaletas	m2	196,8	7,48	1472,5
111	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 con aditivo para fundido de cadenas	m3	4,78	109,09	521,45
112	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 con aditivo para fundido de muros	m3	19,68	147,02	2893,35
108	Suministro y colocación de malla electrosoldada	m2	51	3,09	157,59
112	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 con aditivo para fundido de losa de entrepiso	m3	7,01	147,02	1030,61
113	Pintado (dos manos)	m2	148,1	3,43	507,8801
114	Piso cerámica interiores	m2	33,25	17,69	588,1925
115	Suministro y colocación de cerámica de pared	m2	36	16,98	611,28
<b>3</b>	<b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>				<b>776,82</b>
116	Punto de agua fría (PVC de 1/2")	pto	6	19,98	119,88
117	Punto de agua caliente (PVC de 1/2")	pto	5	21,28	106,4
118	Punto de desagüe PVC d=50mm	pto	6	21,32	127,92
119	Punto de desagüe PVC d=110mm	pto	4	40,25	161
120	Suministro e instalación de trampilla	u	1	14,86	14,86
121	Suministro e instalación de lavamanos para baño	u	1	60,39	60,39
122	Suministro e instalación de inodoro blanco	u	1	61,46	61,46
123	Grifería para ducha	u	1	41,88	41,88

124	Suministro e instalación de caja para medidor de agua	u	1	19,15	19,15
125	Suministro e instalación de válvula check	u	1	9,2	9,2
126	Caja de revisión 50x50x50 cm (interior)	u	1	54,68	54,68
<b>4</b>	<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>				<b>639,03</b>
127	Suministro e instalación de tomacorriente doble	pto	11	21,25	233,75
128	Suministro e instalación de interruptor doble y focos	pto	8	44,46	355,68
129	Suministro e instalación de caja para medidor de luz	u	1	49,6	49,6
<b>5</b>	<b>CARPINTERIA DE MADERA</b>				<b>669,17</b>
130	Puerta de madera interior 0,90 con cerradura	u	5	102,62	513,1
131	Suministro y colocación de rastreas	m	37,79	4,13	156,07
<b>6</b>	<b>CUBIERTA</b>				<b>653,96</b>
132	Suministro e instalación de canales de zinc	m	15,98	8,18	130,72
133	Bajantes zinc	m	12,8	10,12	129,54
134	Suministro y colocación de cielo raso	m2	51,33	7,67	393,7
<b>7</b>	<b>ALUMINIO Y VIDRIO</b>				<b>484,14</b>
135	Ventana de aluminio corrediza	m2	7,04	68,77	484,1408
<b>8</b>	<b>INSTALACIONES DE GAS</b>				<b>46,145</b>
136	Suministro y colocación de tubería 3/8" cobre	m	5,5	8,39	46,145
<b>9</b>	<b>OBRAS FINALES</b>				<b>246</b>
137	Limpieza final de la obra	m2	100	2,46	246
	<b>TOTAL</b>				<b>13706,89</b>

**Fuente:** Autor

## CAPÍTULO IV

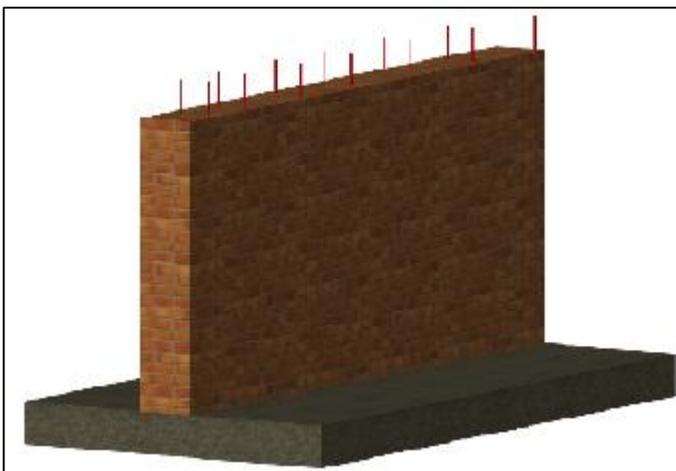
### SISTEMA DE MAMPOSTERÍA ARMADA

#### 4.1. ZAPATAS CORRIDAS

“Las cimentaciones continuas o corridas es un tipo de solución de cimiento superficial que se utiliza cuando la transmisión de cargas se realiza en forma lineal y uniforme. Es por tanto, el caso que se plantea cuando el elemento estructural es una pared” (Tecnología de la construcción CEAC, 2001).

En nuestro caso de estudio la mampostería reforzada se comporta como un muro por lo que será indispensable el uso de cimentaciones corridas al momento de calcular la superestructura.

**Figura 91.- Esquema de cimentación de mampostería reforzada**



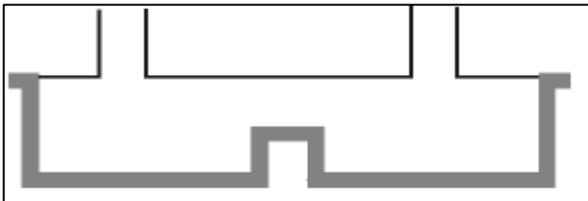
**Fuente:** Autor

Con la ayuda del software de la empresa CYPE Ingenieros será modelada la cimentación corrida.

El programa CYPE considera las losas y vigas de cimentación como un elemento más de la estructura, realizando por tanto un cálculo integrado de la cimentación con la estructura.

Las vigas y losas de cimentación se calculan como si fueran vigas y losas comunes comparando cuantías, disposiciones y separaciones mínimas para luego proceder al armado del acero de refuerzo para resistir los esfuerzos de cortante, tracción, punzonamiento y flexión.

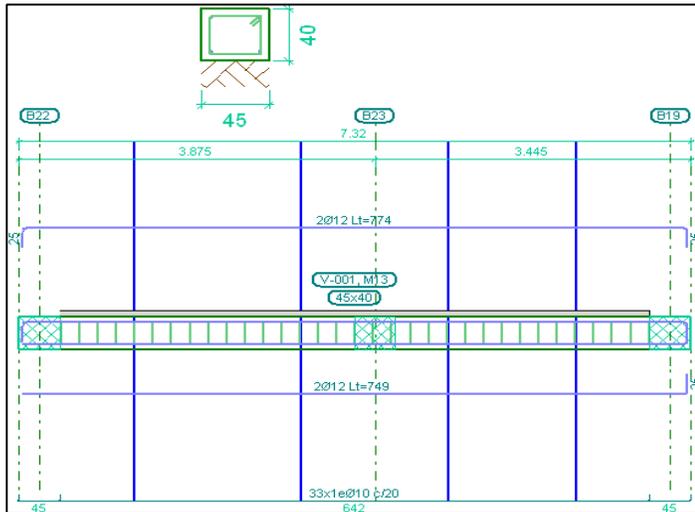
#### **Figura 92.- Forma de transmisión de esfuerzos vigas de cimentación**



**Fuente:** "SOLARTE Y CIA"

#### **4.1.1. Diseño de zapata corrida**

Para la zapata corrida se consideró vigas de fundación cuya sección es de 40x45 cm cuya área es de 1800 cm<sup>2</sup>; y se utilizará 2 varillas de 12 mm tanto en la parte superior como en la parte inferior. . Para el corte se utilizaron estribos de 8mm espaciados cada 20 cm.

**Figura 93.- Armado vigas de fundición**

**Fuente:** "CYPECAD"

#### 4.2. ESTRUCTURAS CON MAMPOSTERÍA ARMADA.

Aunque la construcción en el Ecuador con métodos constructivos nuevos está teniendo un auge muy alto en los constructores por su rapidez y ahorro de mano de obra; el ladrillo es un material que junto con el mortero seguirán siendo estéticamente atractivo desde el punto de vista económico y además puede compaginar con las técnicas y con cualquier tipo de materiales que hoy en día se usan.

Además de lo antes mencionado el ladrillo en la ciudad de Cuenca es uno de los símbolos relevantes de nuestra ciudad desde el punto de vista social y arquitectónico. Claro ejemplo en nuestra ciudad es el colegio Benigno Malo, la Catedral de Cuenca y muchas de las infraestructuras existentes en nuestro medio.

Se puede decir que el ladrillo antes de la aparición del concreto reforzado era el material más utilizado para las construcciones por su versatilidad y bajo costo.

Según (Smith, 1976) el ladrillo tradicional se hace de arcilla, se le da una forma estándar y se cuece en un horno. La materia prima del ladrillo es, principalmente, sílice y alúmina, con pequeñas cantidades de otros materiales, tales como óxidos metálicos.

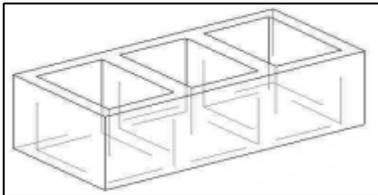
Las características estructurales del ladrillo son:

- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la flexión.
- Resistencia a la abrasión.
- Adherencia con el mortero.
- Impermeabilidad.

Existen tres tipos de ladrillos: "el refractario, el ladrillo industrial y el ladrillo artesanal" (Barbará, 1955), siendo el artesanal el más vendido en la ciudad de Cuenca.

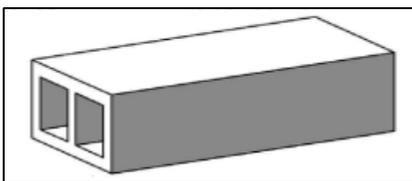
Por su forma los ladrillos suelen tener diferentes nombres como se muestra en las siguientes imágenes:

**Figura 94.- Ladrillo perforado**

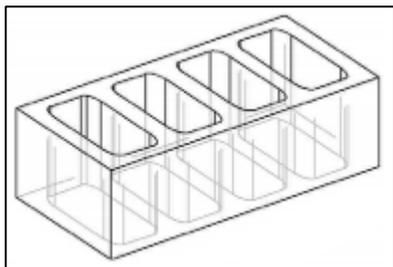


**Fuente:** "Materiales y procedimientos de construcción"

**Figura 95.- Ladrillo hueco longitudinal**



**Fuente:** "Materiales y procedimientos de construcción"

**Figura 96.- Ladrillo hueco vertical**

**Fuente:** "Materiales y procedimientos de construcción"

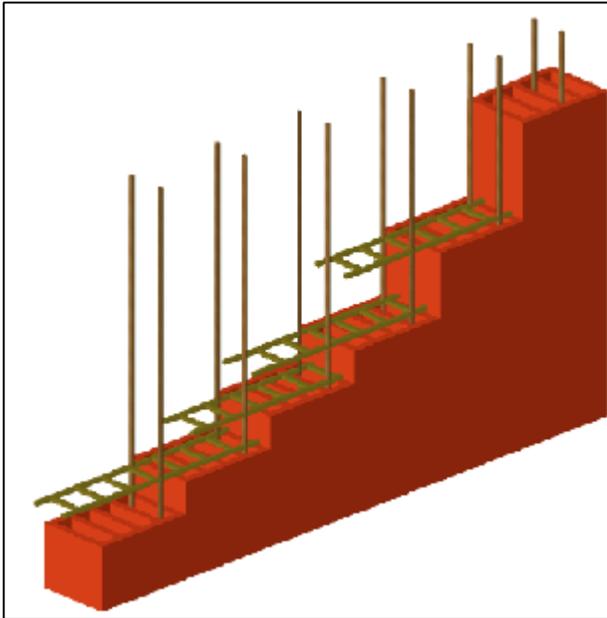
La resistencia a la compresión del ladrillo mediante ensayos los cuales revelaron los siguientes resultados:

**Tabla 24 Resistencia a compresión de los ladrillos**

<b>Tipo de ladrillo</b>	<b>Resistencia a la compresión</b>
Macizo artesanal (Cuenca)	60 kg/cm <sup>2</sup>
4 huecos mecánico (Cuenca)	75 kg/cm <sup>2</sup>

**Fuente:** Tesis "El ladrillo armado en la construcción de viviendas"

El sistema de mampostería armada está conformado por ladrillos de hueco vertical, reforzado con varillas de hierro además del hormigón y mortero de cemento para conformar un miembro estructural monolítico que resistirá las fuerzas de uso de la estructura.

**Figura 97.- Mampostería reforzada**

**Fuente:** "NEC"

El mortero es una mezcla obtenida mediante un aglomerante, arena y agua que servirá para unir los ladrillos que conforma la mampostería reforzada. Mientras que el hormigón está compuesto por un aglomerante (cemento), arena, grava y agua que al unirse con las varillas de acero forman un cuerpo resistente a esfuerzos.

Al formar un cuerpo monolítico con mortero, acero y hormigón se puede obtener:

- Diámetros reducidos,
- Anclajes y empalmes mínimos

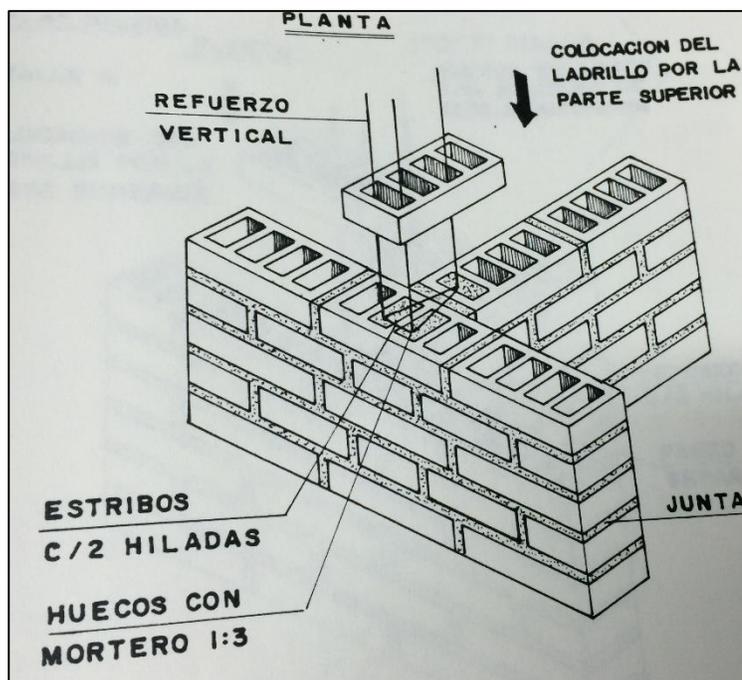
Los refuerzos verticales usados en el sistema constructivo brindan una mayor rigidez a los muros al momento de presentarse un sismo, estos refuerzos tienen las siguientes ventajas:

- Unen los muros y la estructura
- Absorben esfuerzos de tensión de la estructura
- Evita cuarteaduras

Los refuerzos verticales se ubicarán en las esquinas de los muros, intersecciones, extremos de muros, puntos de cambio de dirección de los muros, a cada lado de los vanos y deberán formar un cuadro cerrado con los refuerzos horizontales.

Se debe tener especial cuidado al momento que se encuentran dos muros para evitar cuarteaduras en las estructuras por eso se recomienda que se coloque un refuerzo en los puntos de encuentro como se muestra a continuación:

**Figura 98.- Refuerzo vertical en muros de mampostería reforzada**



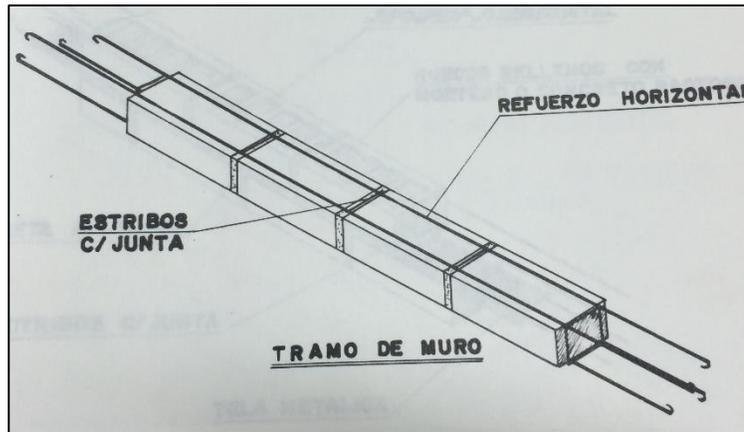
**Fuente:** Tesis "El ladrillo armado en la construcción de viviendas"

Los refuerzos horizontales de confinamiento presentan las siguientes ventajas:

- Amarran entre si los muros
- Absorben esfuerzos de tensión
- Transmiten las cargas uniformemente
- Evita los asentamientos diferenciales

Los refuerzos horizontales se colocarán de forma corrida a lo largo de los muros de mampostería reforzada como se muestra a continuación:

**Figura 99.- Refuerzo horizontal en muros de mampostería reforzada**



**Fuente:** Tesis "El ladrillo armado en la construcción de viviendas"

Pero al ser el ladrillo el material principal del sistema estructural el mismo debe tener un estricto control de materiales, dosificaciones y calidad de la mano de obra lo que, se dificulta en nuestra ciudad ya que la mayoría de los ladrillos son fabricados artesanalmente sin ningún control de calidad.

#### **4.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA MAMPOSTERÍA ARMADA.**

##### **4.3.1. Criterios de diseño**

El sistema constructivo de mampostería reforzada será diseñado basándose en las especificaciones de la NEC; capítulo 10, sección 10.5.2 y el capítulo 6, sección 6.6 el cual establece los requerimientos mínimos para considerar en el cálculo:

- Los muros de este tipo de mampostería deben tener un espesor mínimo nominal de 12 cm (NEC 6.6.1).
- No se admiten morteros de M2.5 y M5 (NEC 6.6.1).

- La resistencia de la mampostería  $f'_m$  (resistencia a la compresión de la mampostería) para este tipo de muros no debe ser menor a 10 MPa ni una resistencia mayor a 28 MPa.

Con respecto a los refuerzos tanto horizontales como verticales la NEC establece los siguientes requerimientos:

- El diámetro mínimo de las barras de acero es de 10mm (NEC 6.4.2.2)
- La suma de la cuantía de refuerzo horizontal,  $p_h$  y vertical,  $p_v$ , no será menor que 0.002 y ninguna de las dos cuantías será menor que 0.0007 (NEC 10.5.2)
- El refuerzo vertical en el interior del muro tendrá una separación no mayor de seis veces el espesor del mismo ni mayor de 800mm (NEC 10.5.2).
- Deberá colocarse por lo menos una barra de 9.5 mm de diámetro con esfuerzo especificado de fluencia de 4 200 kg/cm<sup>2</sup> ó refuerzo de otras características con resistencia a tensión equivalente, en cada una de dos celdas consecutivas, en todo extremo de muros, en la intersecciones entre muros ó cada 3 m (NEC 10.5.2).

#### 4.3.2. Dimensionamiento de la mampostería armada

Los elementos de mampostería con los que será diseñada la vivienda popular tendrán las siguientes características según 6.6.1 de la NEC y será considerado un ladrillo de perforación vertical como se muestra a continuación.



La mampostería tendrá celdas totalmente inyectadas.

Mortero de pega M15 ✓

Espesor mínimo: 14 cm  $\geq$  12 cm ✓

Aparejo trabado ✓

$f'm = 10 \text{ Mpa}$  ✓

Para el módulo de elasticidad ( $E_m$ ) y módulo de corte ( $G_m$ ) se tomaron los valores que recomienda la NEC en la sección 1.2.3.14.8.

$$E_m = 500 f'm \leq 10000 \text{ MPa}$$

$$E_m = 5000 \text{ MPa} \leq 10000 \text{ MPa} \quad \checkmark$$

Las cargas a considerarse en la modelación de la vivienda serán:

### Carga permanente

**Tabla 25.- Cálculo de la carga permanente**

Material	Carga (Kg/m <sup>2</sup> )
Ladrillo ceramico hueco (40 a 50 % de huecos)	120
Intalaciones ligeras	10
Losa maciza	15
<b>TOTAL CARGA PERMANENTE</b>	<b>145</b>

Fuente: "NEC"

### Sobrecarga de uso

**Tabla 26.- Cálculo de la carga viva**

Vivienda	Carga (Kg/m <sup>2</sup> )
Residencias	200
<b>TOTAL CARGA USO</b>	<b>200</b>

Fuente: "NEC"

### Carga sismo

El peso sísmico efectivo de la estructura será igual a la carga muerta total de la estructura más un 25% de la carga viva de piso.

$$V = Z.C.W / R$$

$$Z = 0.25$$

$$C = 3$$

$$R = 3$$

$$V = 39 \text{ KN}$$

$$3,98 \text{ T}$$

Estos datos fueron introducidos en el software Cype el mismo que realiza las combinaciones de carga internamente.

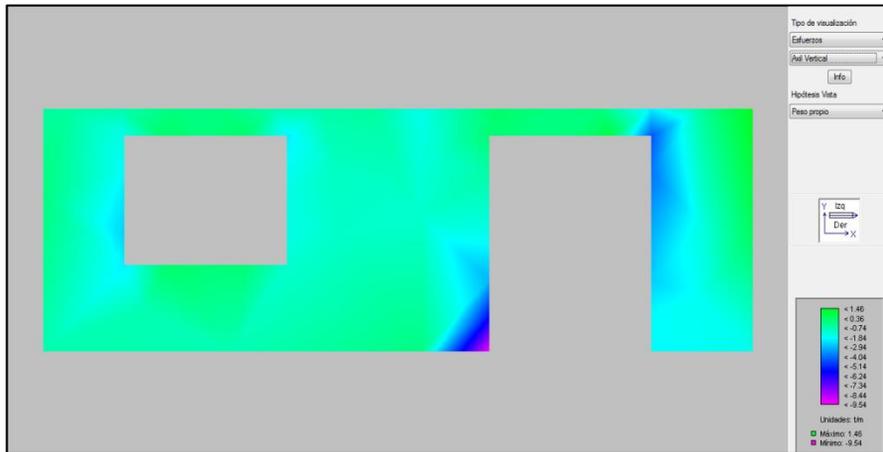
**Figura 100.- Modelo 3D de la estructura**



**Fuente: "CYPECAD"**

Para el cálculo del acero necesario en muros el programa CYPE toma los esfuerzos máximos en los muros pantalla, tanto en cortante como en momentos y realiza comprobaciones internas para compararlas con las normas vigentes y así realizar el armado de los muros para tracción y compresión.

**Figura 101.- Esquema de esfuerzos en muros**



**Fuente:** "CYPECAD"

Los muros de mampostería reforzada en las paredes que existen puertas y ventanas estarán reforzadas por varillas de 16mm ya que aquí los muros presentan mayores esfuerzos; mientras que en las paredes que son continuas se realizará un armado con varillas de 12 mm siguiendo las recomendaciones establecidas que los refuerzos verticales se ubicarán en las esquinas de los muros, intersecciones, extremos de muros, puntos de cambio de dirección de los muros, a cada lado de los vanos y deberán formar un cuadro cerrado con los refuerzos horizontales.

**Figura 102.- Armado de un muro tipo**

Refuerzos verticales Refuerzos horizontales

Armadura vertical

Con todos los alveolos macizados

Primer alveolo 1 Ø16

Último alveolo 1 Ø16

Índice del alveolo	Núm. barras	Diámetro
1	1	Ø16
3	1	Ø16
4	1	Ø16
8	1	Ø16
10	1	Ø16
11	1	Ø16
13	1	Ø16
14	1	Ø16
17	1	Ø16

Y Izq  
X Der

: : : : :  
(A) (1) (2) (N-1) (N) (B)

N = Número de alveolos disponibles = 17  
A = Primer alveolo  
B = Último alveolo  
1..N = Número de alveolos disponibles

Aceptar Cancelar

**Fuente:** "CYPECAD"

Para comparar las cuantías mínimas en los muros se tomó los muros reforzadas con varillas de 12 mm por ser los más desfavorables teniendo las siguientes cuantías que cumple con la NEC:

Cuantía vertical:

$$0.00113 \geq 0.0007 \checkmark \text{ (NEC 10.5.2)}$$

Cuantía horizontal:

$$0.00095 \geq 0.0007 \checkmark \text{ (NEC 10.5.2)}$$

Cuantía total:

$$0.00209 \geq 0.002 \checkmark \text{ (NEC 10.5.2)}$$

El refuerzo vertical tiene una separación de armadura de 797mm que es menor a la establecida en la NEC que es de 800 mm; cumpliendo así con los requerimientos establecidos.

## 4.4. DISEÑO DE LOSA MACIZA

### 4.4.1. Diseño de Losa Maciza

Para modelar los dos sistemas constructivos tanto el de muros de tensión plana como el de mampostería reforzada se consideró una losa maciza de 15cm; para losa de cimentación y losa de entrepiso como se muestra a continuación:

Para la losa de entrepiso se consideró una losa maciza con una altura total de 15cm y con un armado; de una varilla de 12mm de diámetro cada 15 cm; tanto para el armado superior (longitudinal y transversal) e inferior (longitudinal y transversal).

**Figura 103.- Esfuerzos en los paños de la losa maciza**

Esfuerzos en NUDO de coordenadas: 2.98, 5.35						
Pl.	Hipo	Cort. X	Cort. Y	Mom. X	Mom. Y	Mom. XY
1	1	0.2367	-0.0286	-0.0250	-0.0159	-0.0453
	2	0.0601	-0.0107	-0.0069	-0.0034	-0.0124
	3	0.1202	-0.0213	-0.0138	-0.0068	-0.0249
	4	0.0396	0.0687	0.0614	-0.0137	0.0173
	5	0.0035	0.0035	0.0008	-0.0042	0.0019
	6	-0.0007	-0.0012	-0.0002	-0.0011	0.0003
	7	0.0115	0.0199	0.0178	-0.0040	0.0050
	8	0.0204	0.0201	0.0046	-0.0242	0.0109

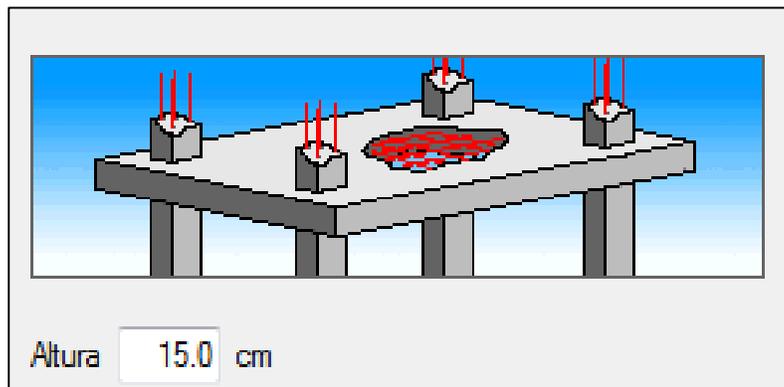
Cuantías				
	Inferior		Superior	
Dirección X:	0.1942	cm2	0.5115	cm2
Dirección Y:	0.2487	cm2	0.3361	cm2

Cortes en Tm. Momentos en Tm.x m.  
Esfuerzos y cuantías indicados por metro de ancho.

Salir

**Fuente:** "CYPECAD"

**Figura 104.- Dimensiones de la losa maciza**



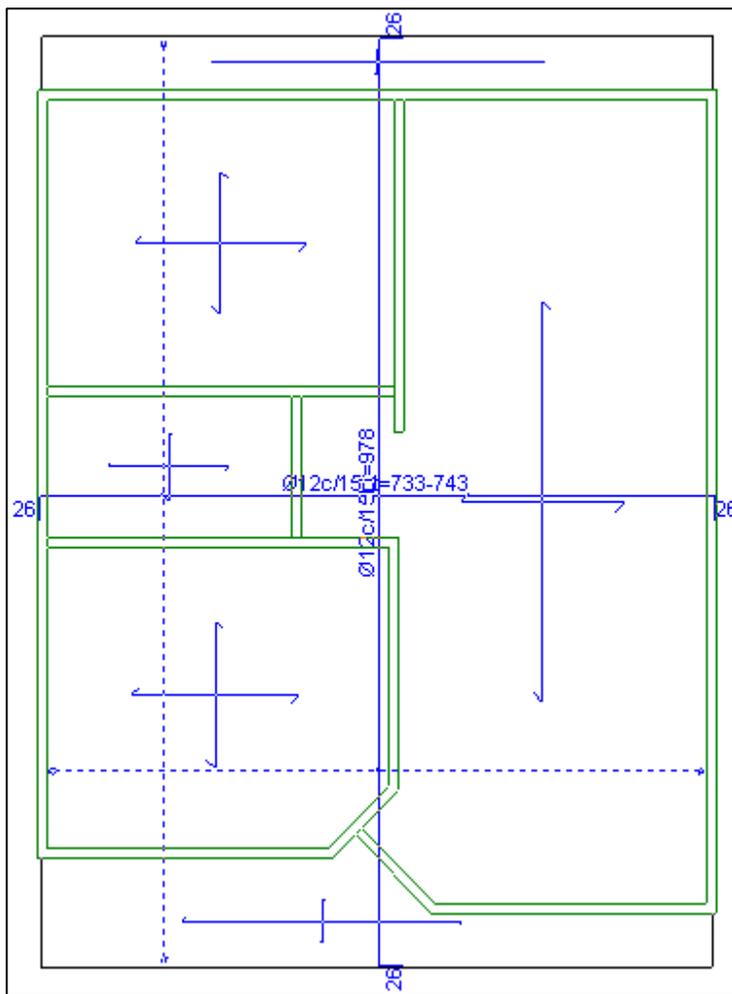
Fuente: "CYPECAD"

**Tabla 27.- Armado de losa N+2.50**

	TIPO	LOSA N+2.50
<b>Armadura Superior</b>	Longitudinal	1 $\phi$ 12 c/15cm
	Transversal	1 $\phi$ 12 c/15cm
<b>Armadura Inferior</b>	Longitudinal	1 $\phi$ 12 c/15cm
	Transversal	1 $\phi$ 12 c/15cm

Fuente: "CYPECAD"

**Figura 105.- Esquema de armado losa maciza N+2.50**



**Fuente:** "CYPECAD"

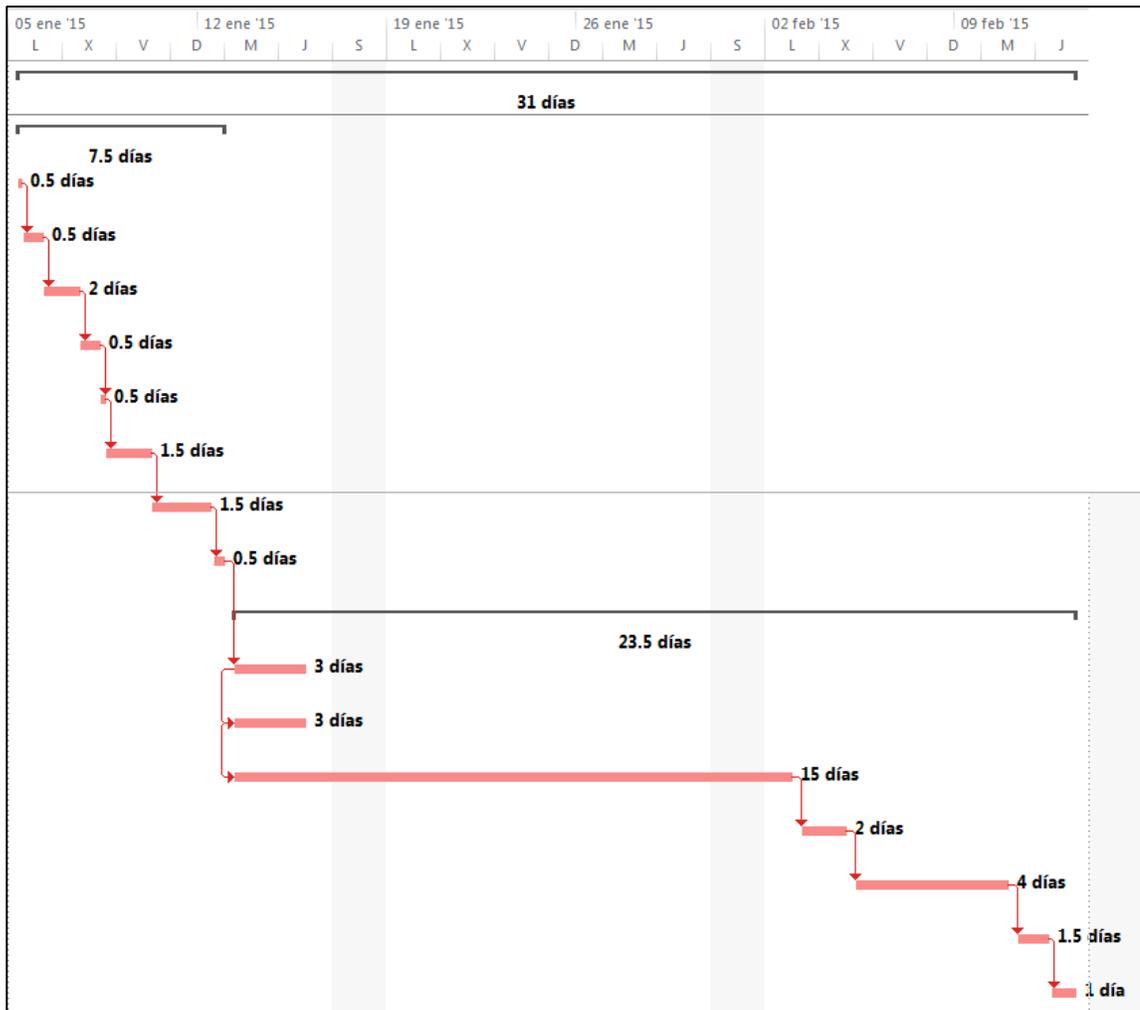
## 4.5. ELABORACIÓN DEL CRONOGRAMA

**Tabla 28.- Cronograma de trabajo mampostería reforzada**

EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Pre
<b>1</b>	<b>Mampostería reforzada</b>	<b>31 días</b>	<b>05-ene-15</b>	<b>13-feb-15</b>	
<b>1.1</b>	<b>Cimentación</b>	<b>7.5 días</b>	<b>05-ene-15</b>	<b>12-ene-15</b>	
1.1.1	Desbroce y limpieza del terreno	0.5 días	05-ene-15	05-ene-15	
1.1.2	Replanteo y nivelación	0.5 días	05-ene-15	06-ene-15	3
1.1.3	Excavación manual en suelo sin clasificar	2 días	06-ene-15	07-ene-15	4
1.1.4	Relleno compactado con material de mejoramiento	0.5 días	07-ene-15	08-ene-15	5
1.1.5	Replantillo de hormigón simple $F'c = 140 \text{ kg/cm}^2$	0.5 días	08-ene-15	08-ene-15	6
1.1.6	Hormigón ciclópeo 60% H.S. 210 $\text{kg/cm}^2$ 40% piedra	1.5 días	08-ene-15	10-ene-15	7
1.1.7	Acero de refuerzo zapatas	1.5 días	10-ene-15	12-ene-15	8
1.1.8	Hormigón simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para fundido de zapatas	0.5 días	12-ene-15	12-ene-15	9
<b>1.2</b>	<b>Mampostería Reforzada</b>	<b>23.5 días</b>	<b>13-ene-15</b>	<b>13-feb-15</b>	
1.2.1	Acero de refuerzo vertical	3 días	13-ene-15	15-ene-15	10
1.2.2	Acero de refuerzo horizontal	3 días	13-ene-15	15-ene-15	12 CC
1.2.3	Mampostería de ladrillo PV estructural	15 días	13-ene-15	02-feb-15	13 CC
1.2.4	Mortero de relleno cavidades verticales	2 días	03-feb-15	04-feb-15	14
1.2.5	Encofrado de losa para hormigón armado	4 días	05-feb-15	10-feb-15	15
1.2.6	Acero de refuerzo en losa	1.5 días	11-feb-15	12-feb-15	16
1.2.7	Hormigón simple $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para losa maciza 15 cm	1 día	12-feb-15	13-feb-15	17

**Fuente:** Autor

**Figura 106.- Cronograma de trabajo mampostería reforzada**



**Fuente:** Autor

Con la experiencia de los Arquitectos Jorge Ramiro Ñauta Ñauta, Efrén Patricio Ñauta González y la del Arquitecto Pedro Federico Ñauta Mendieta a los que se les consulto los tiempos de ejecución de las actividades en la construcción de una vivienda y con la ayuda del programa Microsoft Project 2013 se realizó el cronograma de trabajo y se graficó el diagrama de Gantt para conocer la ruta crítica en cada una de las actividades que conforman el sistema constructivo de mampostería confinada con pórticos de hormigón armado.

#### 4.6. PROCESO DE COSTRUCIÓN

Por tratarse de un sistema tradicional y ser muy poco empleado en nuestro medio se utilizó para describir el proceso de una vivienda de mampostería reforzada una recopilación de fotos facilitadas por los Arquitectos Jorge Ramiro Ñauta Ñauta, Pedro Federico Ñauta Mendieta y Efrén Patricio Ñauta González.

##### 1) Desbroce y limpieza del terreno

El proceso de construcción de la vivienda iniciaba con la limpieza de capa vegetal y la remoción de suelo arcilloso más próximo a la superficie.

**Figura 107.- Desbroce y limpieza del terreno**

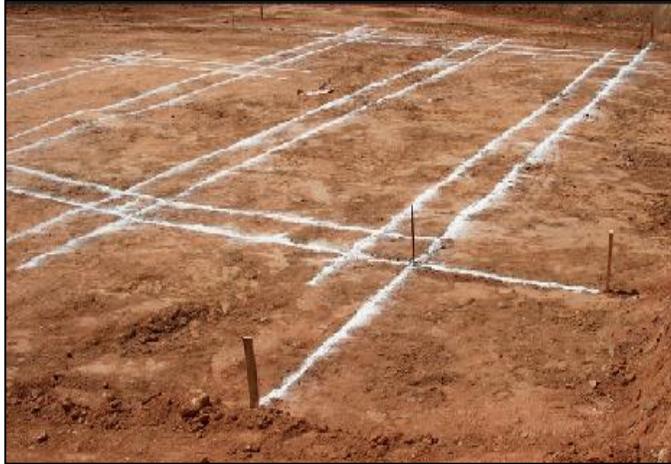


**Fuente:** Autor

##### 2) Replanteo y Nivelación del terreno

Consiste en el trazo de guías en donde se ubicarán las paredes, columnas y cimentaciones según los planos realizados por el diseñador; para tener una guía al momento de realizar las excavaciones y el levantamiento de la estructura.

**Figura 108.- Replanteo y nivelación del terreno**



**Fuente:** Autor

### 3) **Excavación manual en suelo sin clasificar**

Se realizó la excavación en el lugar en donde irán ubicadas los cimientos y las vigas de cimentación garantizando las dimensiones establecidas por el diseñador.

**Figura 109.- Excavación manual en suelo sin clasificar**



**Fuente:** Autor

#### 4) Replanteo de hormigón simple

Es el hormigón simple, generalmente de baja resistencia, utilizado como la base de apoyo de elementos estructurales, tuberías y que no requiere el uso de encofrados.

**Figura 110.- Replanteo de hormigón simple**



**Fuente:** Autor

#### 5) Armado de zapatas corridas

Luego de poner el hormigón de limpieza se comenzó con el armado de las zapatas y los hierros verticales de las paredes las cuales se unirán con las zapatas.

**Figura 111.- Armado de zapatas corridas**



**Fuente:** Autor

## 6) Fundición de la zapata corrida

Se procede al encofrado y fundición de las zapatas corridas.

**Figura 112.- Armado de parrillas y acero de columnas**



**Fuente:** Autor

## 7) Colocación de la primera fila de mampostería

Una vez fundida las zapatas se procede a la colocación de la mampostería en los refuerzos verticales.

**Figura 113.- Colocación de la primera fila de mampostería**



**Fuente:** Autor

### 8) Colocación de mortero entre ladrillos

Para pegar los ladrillos se lo realiza con mortero fabricado en obra, el cual es colocado en cada fila de ladrillo que conforma las paredes.

**Figura 114.- Colocación de mortero entre ladrillos**



**Fuente:** Autor

### 9) Colocación del refuerzo horizontal

Cada cierta cantidad de filas de ladrillos se coloca un refuerzo horizontal para que la estructura funcione monolíticamente.

**Figura 115.- Colocación del refuerzo horizontal**



**Fuente:** Autor

### 10) Colocación del hormigón de relleno en las cavidades

Para que los ladrillos funcionen como un miembro estructural se coloca hormigón en donde se encuentran las varillas de refuerzo vertical.

**Figura 116.- Colocación del hormigón de relleno en las cavidades**



**Fuente:** Autor

### 11) Encofrado para losa de entrepiso y vigas

Luego se realizó el encofrado para losa de entrepiso, armando un piso provisional con puntales y tableros de madera.

**Figura 117.- Encofrado para losa de entrepiso y vigas**



**Fuente:** Autor

## 12) Fundición de losa de entrepiso

Con la ayuda de una cuadrilla se procede a la fundición de la losa de entrepiso.

**Figura 118.- Fundición de losa de entrepiso**



**Fuente:** Autor

## 13) Casa terminada

Finalmente se procede a la colocación de los detalles arquitectónicos.

**Figura 119.- Casa terminada**



**Fuente:** Auto

#### 4.7. DESARROLLO DEL PRESUPUESTO

**Tabla 29.- Presupuesto mampostería estructural**

<b>PRESUPUESTO MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL</b>					
<b>Cód</b>	<b>Descripción</b>	<b>U</b>	<b>Cant</b>	<b>P.Uni</b>	<b>P.Total</b>
<b>1</b>	<b>CIMENTACIÓN</b>				<b>2161,5</b>
101	Desbroce y limpieza del terreno	m2	58	0,63	36,66
102	Replanteo y nivelación del terreno	m2	58	0,89	51,82
103	Excavación manual en suelo sin clasificar	m3	8,19	9,25	75,77
104	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	0,6	17,45	10,47
105	Replanteo de Hormigón simple $f'c=140$ kg/cm <sup>2</sup> (e=10cm)	m3	0,8	4,72	3,78
106	Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup>	kg	412	2,05	842,56
	Hormigón simple $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> para fundido de zapatas	m3	8,19	139,25	1140,44
<b>2</b>	<b>MAMPOSTERÍA REFORZADA</b>				<b>10963,95</b>
107	Acero de refuerzo en muros de mampostería $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup>	kg	490	2,14	1048,6
110	Mampostería de ladrillo PV estructural	m2	57,95	34,44	1995,8
112	Mortero de relleno cavidades verticales	m3	3,25	119,27	387,63
113	Encofrado para losa	m2	49,35	7,30	360,26
109	Hormigón simple $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> para fundido de losa	m3	7,4	139,25	1030,44
106	Acero de refuerzo en losa $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup>	kg	1446	2,05	2964,3
111	Mortero cemento arena 1:3	m2	35	8,27	289,45
114	Enlucido (mortero cemento-arena 1-3)	m2	148,07	7,97	1180,118
115	Pintado (dos manos)	m2	148,07	3,43	507,8801
116	Piso cerámica interiores	m2	33,25	17,69	588,1925
117	Suministro y colocación de cerámica de pared	m2	36	16,98	611,28
<b>3</b>	<b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>				<b>811,66</b>
118	Punto de agua fría (PVC de 1/2")	pto	7	19,98	139,86
119	Punto de agua caliente (PVC de 1/2")	pto	5	21,28	106,4
120	Punto de desagüe PVC d=50mm	pto	6	21,32	127,92
121	Punto de desagüe PVC d=110mm	pto	4	40,25	161
122	Suministro e instalación de trampilla	u	2	14,86	29,72
123	Suministro e instalación de lavamanos para baño	u	1	60,39	60,39

124	Suministro e instalación de inodoro blanco	u	1	61,46	61,46
125	Grifería para ducha	u	1	41,88	41,88
126	Suministro e instalación de caja para medidor de agua	u	1	19,15	19,15
127	Suministro e instalación de válvula check	u	1	9,2	9,2
128	Caja de revisión 50x50x50 cm (interior)	u	1	54,68	54,68
<b>4</b>	<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>				<b>639,03</b>
129	Suministro e instalación de tomacorriente doble	pto	11	21,25	233,75
130	Suministro e instalación de interruptor doble y focos	pto	8	44,46	355,68
131	Suministro e instalación de caja para medidor de luz	u	1	49,6	49,6
<b>5</b>	<b>CARPINTERIA DE MADERA</b>				<b>669,17</b>
132	Puerta de madera interior 0,90 con cerradura	u	5	102,62	513,1
133	Suministro y colocación de rastreras	m	37,79	4,13	156,07
<b>6</b>	<b>CUBIERTA</b>				<b>653,96</b>
134	Suministro e instalación de canales de zinc	m	15,98	8,18	130,72
135	Bajantes zinc	m	12,8	10,12	129,54
136	Suministro y colocación de cielo raso	m2	51,33	7,67	393,7
<b>7</b>	<b>ALUMINIO Y VIDRIO</b>				<b>484,1408</b>
137	Ventana de aluminio corrediza	m2	7,04	68,77	484,1408
<b>8</b>	<b>INSTALACIONES DE GAS</b>				<b>46,145</b>
138	Suministro y colocación de tubería 3/8" cobre	m	5,5	8,39	46,145
<b>9</b>	<b>OBRAS FINALES</b>				<b>246</b>
139	Limpieza final de la obra	m2	100	2,46	246
	<b>TOTAL</b>				<b>16036,53</b>

**Fuente:** Autor

## **CAPÍTULO V**

### **COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LOS TRES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS**

#### **5.1. Análisis Técnico**

##### **5.1.1. Sistema aporcado con mampostería confinada**

Este sistema constructivo está conformado por columnas, vigas y losas las cuales soportan en conjunto los esfuerzos producidas por las cargas de uso y las cargas ambientales transmitiéndolas a los cimientos.

##### **5.1.1.1. Personal**

El personal que trabaje con este tipo de sistemas constructivos suele conformarse en cuadrillas de maestro de obra, peón, ayudantes y albañiles cuya remuneración viene dada por la Contraloría General del Estado.

Además por tratarse de un sistema constructivo muy difundido en nuestro medio, el personal que se requiere para este tipo de obras no es difícil de conseguir ya que en el mercado hay disponibilidad de mano de obra para este tipo de construcciones.

##### **5.1.1.2. Materiales**

Los materiales usados fundamentalmente en este tipo de obras son: el hormigón y el acero, los cuales hay variedad y disponibilidad en nuestro medio, ya que al tratarse de una vivienda de un piso, el hormigón suele realizarse.

#### **5.1.1.3. Encofrado**

Uno de los problemas que presenta este tipo de construcciones es el tiempo que toma encofrar cada uno de los miembros estructurales que conforma la vivienda, ya que los encofrados son realizados en su mayoría en madera y los obreros deben cortar y confeccionar cada uno de los moldes con las dimensiones de las vigas, columnas y losas para no generar una distorsión al momento de vaciar el hormigón; además de tener un cuidadoso control del apuntalamiento de los encofrados, ya que si estos no son los correctos la estructura podría presentar deformaciones.

#### **5.1.1.4. Control e inspección**

Con respecto a las obras construidas con el sistema tradicional no hay como tener un cuidado minucioso con respecto al hormigón, ya que este es elaborado en situ y el mismo no puede tener el control que presenta el hormigón generado en fábrica; por lo que el encargado de la obra debe controlar el proceso de elaboración del hormigón además de la colocación correcta de los encofrados para no generar problemas al momento de la construcción.

#### **5.1.1.5. Tiempos de ejecución**

Como se puede observar en la Tabla 3-6 el proceso de cimentación toma 7,5 días siendo el proceso más largo la excavación manual en suelo sin clasificar; mientras que el montaje de la estructura toma un tiempo aproximado de 18,5 días siendo el proceso más largo la colocación de la mampostería de ladrillo horizontal que conforman las paredes de la vivienda.

Convirtiéndolo en una estructura que toma un tiempo aproximado 26 días de trabajo para conformar una vivienda de un solo piso; en un horario de Lunes a Sábado con periodos laborables de 7:00 am a 13:00 pm con una hora de almuerzo y luego periodos de 14:00 pm a 17:00 pm.

### **5.2.1. Sistema de muros armados de tensión plana**

Este sistema constructivo está conformado por muros los cuales trabajan como una viga en voladizo ante cargas horizontales; presentan una ductilidad aceptable ante esfuerzos actuantes en la vivienda.

#### **5.2.1.1. Personal**

El personal que trabaje con este tipo de sistemas constructivos suele conformarse en cuadrillas de maestro de obra, peón, ayudantes y albañiles cuya remuneración viene dada por la Contraloría General del Estado.

Por tratarse de un sistema constructivo muy poco difundido en nuestro medio el personal que se requiere para este tipo de obras debe ser capacitado para el uso de las formaletas para no tener inconvenientes al momento de realizar la obra; pero según va avanzando la obra los maestros van cogiendo experiencia en el armado y desmonte de formaletas haciendo que los tiempos de ejecución disminuyan.

#### **5.2.1.2. Materiales**

Los materiales usados fundamentalmente en este tipo de obras son el hormigón vertido en mixer y malla electrosoldada los cuales se encuentra en variedad y disponibilidad en nuestro medio, un poco de inconveniente tiene que ver con respecto a las formaletas ya que las mismas vienen ensambladas en fábrica y tienen que tener las dimensiones que el constructor requiera.

#### **5.2.1.3. Formaletas**

Para el uso de formaletas en varias viviendas el precio y el proceso de ejecución son rentables pero si se desea hacer una sola vivienda con formaletas no se devengara el gasto que se realiza en las mismas.

Al tratarse de un material homogéneo al momento de desencofrar las paredes las mismas se mantienen lisas solo para el proceso de pintado por los peones.

Los maestros deben tener un cuidado especial al momento de montar las formaletas para que las mismas no tengan ningún problema al momento del vaciado del hormigón.

#### **5.2.1.4. Control e inspección**

Se debe poner mucha atención de que las formaletas se encuentren en las posiciones dispuestas en los planos; además de ver que las mismas se encuentren muy bien aseguradas por las corbatas, pasadores, y niveladores que garantizarán los espesores de los muros.

Cuando el hormigón sea vertido por el mixer se deberá asegurar que un maestro golpea con un martillo las paredes de las formaletas para que la distribución del hormigón sea uniforme.

#### **5.2.1.5. Tiempos de ejecución**

Como se puede observar en la Tabla 4-2 el proceso de cimentación toma 5,5 días siendo el proceso más largo la del armado del acero de refuerzo en cadenas de cimentación; mientras que el montaje de la estructura toma un tiempo aproximado de 3,25 días siendo el proceso más largo armado de los módulos de formaletas para paredes que conforman las paredes de la vivienda.

Convirtiéndolo en una estructura que toma un tiempo aproximado 9 días de trabajo para conformar una vivienda de un solo piso; en un horario de Lunes a Sábado con periodos laborables de 7:00 am a 13:00 pm con una hora de almuerzo y luego periodos de 14:00 pm a 17:00 pm.

#### **5.3.1. Sistema de mampostería armada**

Este sistema constructivo está conformado por mampostería inyectada con mortero y varillas de refuerzo los cuales trabajan en conjunto ante esfuerzos actuantes en la vivienda.

#### **5.3.1.1. Personal**

El personal que trabaje con este tipo de sistemas constructivos suele conformarse en cuadrillas de maestro de obra, peón, ayudantes y albañiles cuya remuneración viene dada por la Contraloría General del Estado.

Por tratarse de un sistema constructivo tradicional en nuestro medio el personal que se requiere para este tipo de obras se lo puede encontrar sin mucho inconveniente en el mercado.

#### **5.3.1.2. Materiales**

Los materiales usados fundamentalmente en este tipo de obras son la mampostería, el mortero, y varillas de refuerzo los cuales se encuentra en variedad y disponibilidad en nuestro medio.

#### **5.3.1.3. Encofrado**

Por tratarse de un sistema constructivo que tiene inyectado mortero en las cavidades de la mampostería no se necesita de encofrado en las paredes; pero para la losa de entrepiso si hay la necesidad de encofrar la estructura.

#### **5.3.1.4. Control e inspección**

Se debe poner mucha atención en la plomada de los muros para que los mismos no tengan cambios de eje al momento de realizar el montaje de las paredes.

Además de poner mucha atención en lo que se refiere al amarre de los refuerzos tanto horizontales como verticales, ya que estos garantizaran el comportamiento de la estructura; al momento del vertido del mortero se debe tener especial cuidado en los lugares especificados por los planos estructurales.

### 5.3.1.5. Tiempos de ejecución

Como se puede observar en la Tabla 5-4 el proceso de cimentación toma 7,5 días siendo el proceso más largo la excavación manual en suelo sin clasificar; mientras que el montaje de la estructura toma un tiempo aproximado de 23,5 días siendo el proceso más largo la colocación de la mampostería de ladrillo horizontal que conforman las paredes de la vivienda.

Convirtiéndolo en una estructura que toma un tiempo aproximado 31 días de trabajo para conformar una vivienda de un solo piso; en un horario de Lunes a Sábado con periodos laborables de 7:00 am a 13:00 pm con una hora de almuerzo y luego periodos de 14:00 pm a 17:00 pm.

## 5.2. Análisis Económico

Para realizar la comparación económica de los sistemas constructivos propuestas en la presente tesis se utilizó cuadros en donde se desglosa el costo de la cimentación y la estructura.

**Tabla 30.- Comparación de precios de los sistemas constructivos**

	Mampostería de Confinamiento	Muros de Tensión Plana	Mampostería Reforzada
<b>Cimentación</b>	\$ 735,78	\$ 1.026,95	\$ 2.161,50
	<b>100,00%</b>	<b>139,57%</b>	<b>293,77%</b>
<b>Estructura</b>	\$ 10.425,00	\$ 9.164,67	\$ 10.963,95
	<b>100,00%</b>	<b>87,91%</b>	<b>105,17%</b>
<b>Instalaciones-acabados</b>	\$ 3.550,11	\$ 3.550,11	\$ 3.550,11
	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>
<b>Total</b>	\$ 14.710,90	\$ 13.741,73	\$ 16.675,56
	<b>100,00%</b>	<b>93,41%</b>	<b>113,36%</b>

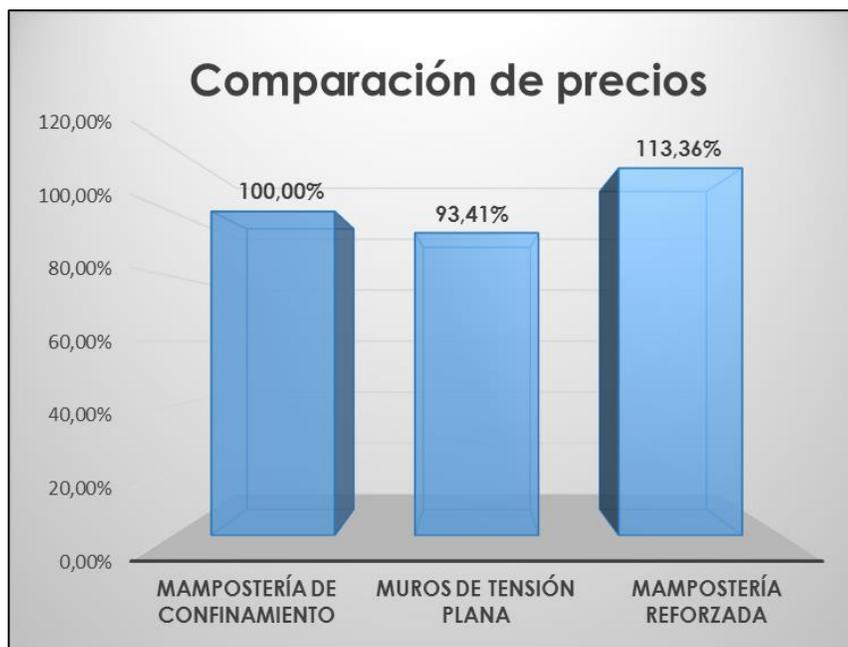
**Fuente:** Autor

Como se puede ver a continuación se realizó barras comparativas en donde se puede observar que el precio referencial será el precio del sistema constructivo tradicional el mismo que se realiza mediante pórticos y mampostería confinada; el precio total de la estructura representara el 100% del valor de la obra.

Como se puede apreciar en el gráfico 6-1 el costo total de la estructura realizada con muros de tensión plana tiene un ahorro de 6,59%; por lo que al tratarse de un recurso público representa un ahorro de \$969,17 dólares por vivienda construida.

Con respecto al sistema constructivo de mampostería reforzada se puede evaluar en el gráfico 6-1 que el precio de la construcción tomo un incremento del 113.36% con respecto a la estructura tradicional; representando un gasto adicional de \$1964.66 dólares por vivienda construida.

**Figura 120.- Barras comparativas de sistemas constructivos**



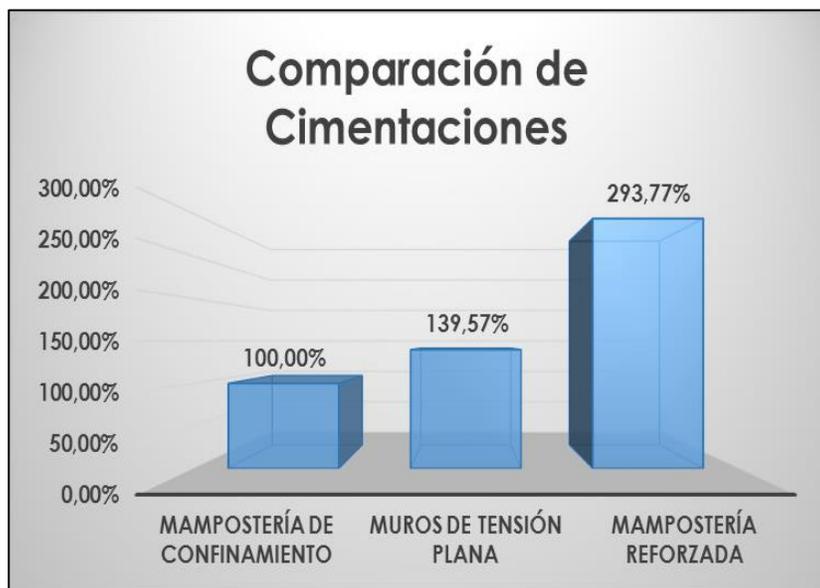
**Fuente:** Autor

Para conocer básicamente en donde los precios se elevan; de cada una de las estructuras se realizó una comparación entre los gastos realizados en la cimentación de cada una de las viviendas como en la estructura de cada sistema constructivo.

Como se puede ver el sistema tradicional sigue teniendo un precio menor debido a que en las viviendas de muros de tensión plana y de mampostería reforzada se usa losa de cimentación y zapata corrida por lo que el volumen de hormigón aumentará con respecto a las zapatas aisladas; como se puede observar en el gráfico 6-2 el costo de la cimentación realizada con muros de tensión plana tiene un incremento significativo de 39,57%; lo que representa un incremento de \$291,17 dólares por vivienda construida.

Con respecto al sistema constructivo de mampostería reforzada se puede evaluar en el gráfico 6-2 que el precio de la cimentación tuvo un incremento mayor de 193,77% con respecto a la estructura tradicional; representando un gasto adicional de \$1.425,32 dólares por vivienda construida.

**Figura 121.- Barras comparativas de cimentaciones**

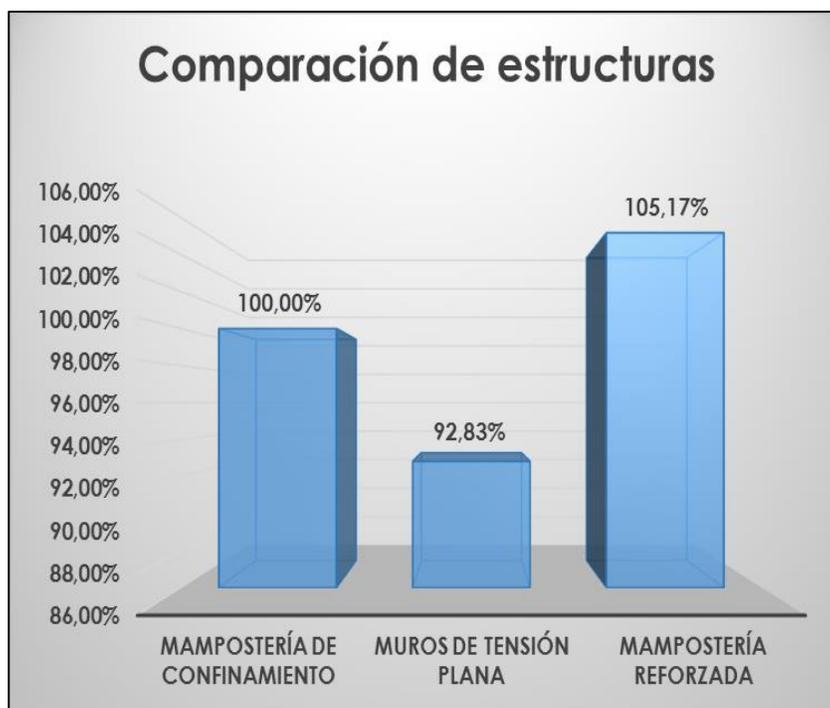


**Fuente:** Autor

Para el caso del costo total de la estructura mostrado en el gráfico 6-3 el precio de la estructura realizada con muros de tensión plana tiene un ahorro de 7.17%; lo que representa un ahorro de \$747.46 dólares por vivienda construida.

Con respecto al sistema constructivo de mampostería reforzada se puede evaluar en el gráfico 6-2 que el precio de la estructura tiene un incremento de 5.17% con respecto a la estructura tradicional; representando un aumento en el precio de \$538.95 dólares por vivienda construida.

**Figura 122.- Barras comparativas de estructuras**



**Fuente:** Autor

### 5.2.1. Análisis económico de la mano de obra

Para la construcción de cada una de las tecnologías constructivas se consultó al Arquitecto Jorge Ramiro Ñauta Ñauta, con cuadrillas de cuantos trabajadores se realiza este tipo de construcciones:

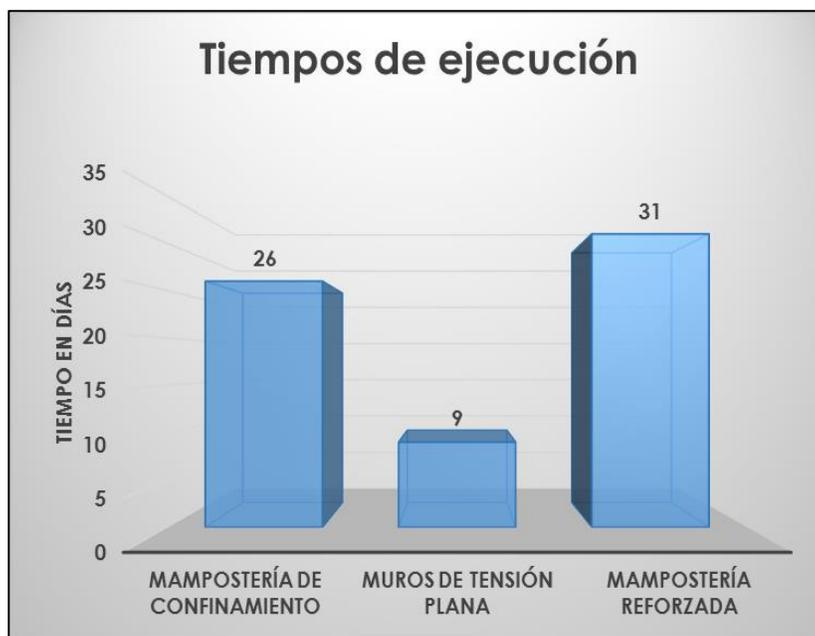
- 1 Maestro mayor en ejecución de obras civiles
- 2 Albañiles
- 2 Peones

Ganando por día los siguientes valores:

Maestro mayor en ejecución de obras civiles	\$30 dólares/día
Albañil	\$25 dólares/día
Peón	\$18 dólares/día

Para poder medir entre la mano de obra utilizada entre los diferentes sistemas constructivos se consideró los cronogramas de trabajo valorados realizados para sacar un valor aproximado de gastos en mano de obra en la construcción de cada una de las viviendas.

**Figura 123.- Barras comparativas de tiempos de ejecución**



**Fuente:** Autor

Para comparar el valor de la mano de obra se consideró una cuadrilla de 5 hombres que trabajaran en cada una de las tecnologías constructivas.

El valor de la mano de obra será calculado multiplicando el número de días que tarda la cuadrilla en realizar la vivienda por su ganancia diaria, que anteriormente fue mencionada; para comparar el costo de la mano de obra se utilizará de cuadros comparativos:

**Tabla 31.- Comparación de precios de mano de obra**

	Mampostería de Confinamiento	Muros de Tensión Plana	Mampostería Reforzada
	DÍAS		
	26	9	31
<b>Maestro mayor en ejecución de obras civiles</b>	\$ 780,00	\$ 270,00	\$ 930,00
<b>Albañiles</b>	\$ 1.300,00	\$ 450,00	\$ 1.550,00
<b>Peones</b>	\$ 936,00	\$ 324,00	\$ 1.116,00
<b>Total</b>	\$ 3.016,00	\$ 1.044,00	\$ 3.596,00
	<b>100,00%</b>	<b>34,62%</b>	<b>119,23%</b>

**Fuente:** Autor

Como se puede apreciar en la tabla 6-2 en el proceso de construcción con el sistema tradicional, utilizado en Cuenca el gasto en mano de obra es de \$3016,00 dólares; con respecto al sistema de muros de tensión plana se tiene un ahorro significativo del 65,38% representando por vivienda una economía de \$1972 dólares. Mientras que en el sistema de muros reforzados el precio de la mano de obra se incrementa en un 19,23% representando un gasto mayor de \$580 dólares por vivienda construida.

### **5.2.2. Análisis comparativo entre las tecnologías constructivas propuestas**

Se generará matrices comparativas entre cada uno de los sistemas constructivos propuestos para al final poder elegir la opción más acorde a las condiciones de nuestra ciudad y del presupuesto del MIDUVI.

Tabla 32.- Tabla comparativa entre tecnologías constructivas

<b>Parámetro</b>	<b>Sistema aporticado</b>	<b>Muros de tensión plana</b>	<b>Mampostería reforzada</b>
<b>Cimientos</b>	<b>Zapatas aisladas</b>	<b>Losa de cimentación</b>	<b>Zapata corrida</b>
<b>Hormigón</b>	2,4 m3 \$ 334,20	7,01 m3 \$ 764,72	8,19 m3 \$ 1.140,44
<b>Acero de refuerzo</b>	58,66 kg \$ 119,96	32, m2 \$ 99,81	412 kg \$ 842,56
<b>Tiempo de ejecución</b>	7,5 días 5 obreros	5,75 días 5 obreros	7,5 días 5 obreros
<b>Costo Mano de Obra</b>	\$ 870,00	\$ 667,00	\$ 870,00
<b>Estructura</b>			
<b>Hormigón</b>	3,95 m3 \$ 550,04	19,68 m3 \$ 2.893,35	3,25 m3 \$ 387,63
<b>Enlucido</b>	148,07 m2 \$ 1.180,12	No necesita enlucido \$ 0,00	148,07 m2 \$ 1.180,12
<b>Mortero</b>	35 m2 \$ 289,45	No necesita mortero \$ 0,00	35 \$ 289,45
<b>Acero de refuerzo</b>	833,6 kg \$ 1.708,88	135 \$ 417,15	490 kg \$ 1.048,60
<b>Mampostería</b>	95,5 m2 \$ 1.616,82	No necesita mampostería \$ 0,00	95,5 \$ 1.995,80
<b>Tiempo de ejecución</b>	12 días \$ 1.160,00	1,5 días \$ 174,00	17 días \$ 1.972,00
<b>Losas</b>			
<b>Hormigón</b>	5,35 m3 \$ 185,75	9,01 m3 \$ 1.324,65	7,4 m3 \$ 1.031,44
<b>Acero de refuerzo</b>	39,9 kg \$ 803,40	51 m2 \$ 157,59	1446 kg \$ 2.964,30
<b>Tiempo de ejecución</b>	6,5 días \$ 754,00	1,75 días \$ 203,00	6,5 días \$ 754,00

<b>Mano de Obra</b>			
<b>Disponibilidad</b>	Facilidad para conseguir maestros con experiencia en este tipo de sistema constructivo	Dificultad para conseguir maestros que tengan experiencia en este sistema constructivo	Facilidad para conseguir maestros con experiencia en este tipo de sistema constructivo
<b>Certificación</b>	No es necesario que tengan certificación, pero si personal calificado	No es necesario que tengan certificación, pero si personal calificado	No es necesario que tengan certificación, pero si personal calificado
<b>Mantenimiento</b>			
<b>Periódico</b>	Fisuras causadas por el tiempo, por el medio ambiente o causadas por el proceso de fraguado del hormigón.		
<b>Tiempo de vida útil</b>	La vida útil de una estructura de hormigón puede ser prolongada dependiendo del mantenimiento adecuado que se le dé a la misma.		
<b>Entrega de la obra</b>			
<b>Plazo de ejecución</b>	2 meses	20 días	2 meses y medio
<b>Costo por m<sup>2</sup> de construcción</b>	\$ 263,60	\$ 245,60	\$ 298,80
<b>Presupuesto</b>	\$ 14.710,90	\$ 13.706,89	\$ 16.675,56

**Fuente:** Autor

Una vez realizada la matriz comparativa de tecnologías constructivas podemos elaborar una ponderación para escoger la mejor opción para la construcción de viviendas populares, considerando los siguientes aspectos fundamentales que beneficiaran al MIDUVI y a los damnificados que necesitan este tipo de viviendas.

En la tabla 6-4 el valor de la calificación está considerada de la siguiente manera para cada una de las características:

### **PRESUPUESTO**

#### **Costo de la vivienda popular**

Menor costo	3
Costos iguales	2
Mayor costo	1

### **TIEMPO DE EJECUCIÓN**

#### **Tiempo de ejecución**

Corto plazo	3
Plazos iguales	2
Largo plazo	1

### **MANO DE OBRA-MATERIALES**

#### **Requiere de mano de obra calificada**

Si	3
Parcialmente	2
No	1

**Disponibilidad de mano de obra**

Si	3
Parcialmente	2
No	1

**Disponibilidad de materiales**

Fácil disponibilidad en el mercado	3
Necesita fabricarse	2
No se tiene acceso en el mercado	1

**Tabla 33.- Ponderación de las tecnologías constructivas**

CARACTERÍSTICA	Valoración	TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS					
		Sistema aporricado		Muros de tensión plana		Mampostería reforzada	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
<b>ECONOMIA</b>	<b>65%</b>		<b>0,9</b>		<b>1,7</b>		<b>0,65</b>
<b>PRESUPUESTO</b>	<b>25%</b>		<b>0,5</b>		<b>0,5</b>		<b>0,25</b>
Costo de la vivienda popular	25%	2	0,5	2	0,5	1	0,25
<b>TIEMPO DE EJECUCIÓN</b>	<b>40%</b>		<b>0,4</b>		<b>1,2</b>		<b>0,4</b>
Tiempo de ejecución	40%	1	0,4	3	1,2	1	0,4
<b>TECNOLOGÍA</b>	<b>35%</b>		<b>1,05</b>		<b>0,8</b>		<b>1,05</b>
<b>MANO DE OBRA-MATERIALES</b>	<b>35%</b>		<b>1,05</b>		<b>0,8</b>		<b>1,05</b>
Requiere de mano de obra calificada	10%	3	0,3	3	0,3	3	0,3
Disponibilidad de mano de obra	10%	3	0,3	2	0,2	3	0,3
Disponibilidad de materiales	15%	3	0,45	2	0,3	3	0,45
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>1,95</b>		<b>2,5</b>		<b>1,7</b>

**Fuente:** Autor

Al final de realizar un minucioso análisis de cada uno de las tecnologías constructivas presentes en el medio de la construcción, el sistema que tiene mayor ponderación sobre las demás es el **sistema de muros armados de tensión plana**.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Una vez realizada una investigación y un análisis a profundidad del presente trabajo se puede concluir que:

- Las condiciones y las dificultades de la población urbano-rural de bajos recursos de acceder a vivienda; además de los desastres naturales que se presentan en nuestra región exigen al MIDUVI a buscar profesionales que construyan viviendas a menor costo y con plazos de construcción limitados. Por lo que las tecnologías constructivas planteadas buscan la economía de recursos y la disminución de tiempos de ejecución.
- El desarrollo y progreso de la tecnología ha permitido la creación de nuevos sistemas constructivos y la utilización de materiales alternativos los cuales generan economía, rigor en las viviendas y versatilidad.
- En el presente trabajo, se utilizó el software de la empresa CYPE Ingenieros ocupando la extensión CYPECAD; el cual se encuentra basado en normas vigentes las cuales ayudaron a modelar y calcular las estructuras de las tecnologías constructivas propuestas; siendo de gran ayuda a la hora de optimizar el tiempo de diseño.
- En el desarrollo de los diseños de los miembros estructurales para cada tecnología constructiva que abarca esta tesis, se lo realizó por el método de los estados últimos, respetando las normas vigentes que rigen la construcción en el Ecuador; todas los sistemas constructivos fueron diseñados y calculados con las

dimensiones y refuerzos mínimos que constan en la NEC 11 Capítulo 10 “Vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 5.0 m”.

- Una de las características fundamentales del sistema constructivo de muros armados de tensión plana es que presenta una deriva de piso menor a las otras dos tecnologías propuestas, generando así un menor mantenimiento periódico de la estructura; ya que durante la vida útil de la misma presentará una probabilidad menor de fisuras en los miembros estructurales que los sistemas tradicionales construidos con mampostería.
- Al ser el Ecuador uno de los países que tiene mayor incidencia en cuanto al aumento de salarios anuales de mano de obra; pudiendo a futuro ser este un factor relevante en el precio de la construcción de viviendas; se debe tomar en cuenta los plazos de ejecución de la obra, siendo así que el sistema de muros de tensión plana tiene un menor plazo de ejecución comparado al sistema de construcción tradicional ocupado por profesionales en Cuenca; generando así ahorro de salarios de obreros y menor cantidad de desperdicios .
- Al haber realizado el análisis económico de cada sistema constructivo se pudo determinar que el costo total de la vivienda popular en mampostería estructural resulto un 113,36% mayor que el precio del sistema constructivo tradicional; mientras que el precio total del sistema de muros armados de tensión plana resulto un 6,59% más barato. Siendo así que por cada vivienda popular construida el sistema de muros de tensión plana representa un ahorro de \$969,17 dólares.
- Finalmente al haber realizado una ponderación económica y tecnológica para planes de vivienda popular en cada sistema constructivo; se recomienda usar el **Sistema de muros armados de tensión plana, siendo el más propicio**. Para así poder ir rompiendo con paradigmas de construcciones empleados tanto por Arquitectos e Ingenieros Civiles que usan el sistema tradicional como primera alternativa.

## RECOMENDACIONES

- Respetar las normas vigentes que rigen la construcción en el Ecuador, ya que en Cuenca existe aproximadamente el 75% de las viviendas que podrían colapsar ante un sismo; debido a que las mismas fueron construidas sin que exista una norma que regule las dimensiones mínimas y máximas que debería tener cada miembro estructural.
- Por otra parte los profesionales que están dedicados a la rama de la construcción, deben dedicar tiempo a la investigación de nuevas tecnologías constructivas las cuales pueden representar un ahorro significativo de mano de obra y materiales a la hora de diseñar y construir un proyecto; y romper con tradiciones impuestas por profesionales que tienen más experiencia, y construyen solo con el sistema tradicional prolongando sus obras y sus costos.
- Para planes de vivienda popular es recomendable usar el sistema de muros de tensión plana, ya que se realiza viviendas con un único modelo estándar y en gran magnitud; mientras que si el constructor opta por usar este sistema en la construcción de una vivienda privada debería hacer un análisis de los costos que representa el alquiler de las formaletas; ya que podría encarecer mucho el proyecto.
- Como recomendación final, la presente tesis puede ser presentada al MIDUVI para que las tecnologías constructivas sean consideradas y analizadas más a profundidad; para que a futuro se puedan construir más viviendas de interés popular a menor costo y con tiempos de ejecución más reducidos.

## BIBLIOGRAFÍA

- **ALPH B.** Peck, Walter E. Hanson & Thomas H. Thornburn. (1982). Ingeniería de cimentaciones. México: Limusa.
- **AWAD**, R. R. (2007). Hormigón Reforzado. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- **BARBARÁ**, F. (1955). Materiales y procedimientos de construcción. México: Sociedad de Arquitectos Mexicanos.
- **BAUD**, G. (1967). TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION. Barcelona: Editorial blume.
- **PROAÑO** Escandón Diego Javier, Fredy N. Martinez Hernandez . (2006). Uso de formaletas en nuestra ciudad, tesis de arquitectura. Cuenca : Universidad de Cuenca .
- **EMUVI** Proyecto de vivienda rural "ZHALO". Especificaciones Técnicas y Constructivas . (2013). Pucara-Ecuador.
- **GARCÍA** Cortés A. & Martínez Arbelaéz R. (2007). Diseño y Prueba de Formaletas de Acero para paredes y columnas a partir del vaciado de concreto en la construcción de obras civiles. Universidad Tecnológica de Pereira Facultad de Ingeniería Mecánica.
- **WINTER** George, A. H. (1977). PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN. Bogotá: EDITORIAL REVERTÉ COLMBIANA, S.A.
- **PIZARRO** Hoyos Jaime & Jorge Alberto Orjuela Daza. (2007). Concreto Arquitectónico cómo obtener un buen acabado. Bogotá, Colombia: Editorial Multilibros.
- **ROMO** Proaño Marcelo, M. (s.f.). Temas de Hormigón Armado. Escuela Politécnica del Ejército-Ecuador.
- **MCCORMAC**, J. C. (2006). Diseño de Concreto Reforzado . México: Alfaomega.

- **NEC-11.**(2013).Norma Ecuatoriana de la construcción, CAP 1-Cargas y Materiales.
- **NEC-11.**(2013).Norma Ecuatoriana de la construcción,CAP 2-Peligro sísmico y requisitos de diseño sismo resistente.
- **NEC-11.**(2013).Norma Ecuatoriana de la construcción,CAP 4-Estructuras de Hormigón Armado.
- **NEC-11.**(2013).Norma Ecuatoriana de la construcción,CAP 6-Mampostería Estructural.
- **NEC-11.**(2013).Norma Ecuatoriana de la construcción,CAP 10-Vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 5.0 m.
- **CYPE** Ingenieros. (2011). Memoria de Cálculo-CYPECAD. Alicante: CYPE Ingenieros, S.A.
- SOLARTE Y CIA. Ingenieros calculistas
- ACI 318-08. American Concrete Institute. (s.f.).
- **SMITH, S.** (1976). LA OBRA DE FABRICA DE LADRILLO. Barcelona: Blume.
- Tecnología de la construcción CEAC. (2001). Barcelona: Ediciones CEAC.
- **ARIAS A** Vicente & Durán C. Edward (1992). Ladrillo armado en la construcción de viviendas . Cuenca.
- **ZAMBRANO, R.** (2010). Catálogo Técnico de Sistema Forsa . Colombia.

**ANEXOS**