



UNIVERSIDAD VILLA RICA

ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“COMPARACIÓN TEÓRICA DE SISTEMAS
CONSTRUCTIVOS.”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

RIGEL DÍAZ TRINCHÁN

ING. JUAN SISQUELLA MORANTE ING. JOSÉ VLADIMIRO SALAZAR SIQUEIROS
DIRECTOR DE TESIS. REVISOR DE TESIS

BOCA DEL RÍO, VER

2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

Introducción	1
Capitulo 1	
Metodología	
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivos	4
1.4 Hipótesis	4
1.5 Alcance	4
1.6 Tipo de estudio	4
Capitulo 2	
2.1 Marco teórico	
2.1.1 Casa-habitación.	5
2.1.2 Sistema	9
2.1.3 Sistema constructivo	10
2.1.4 Molde.	11
2.1.5 Prefabricación.	12

Descripción de sistemas constructivos	14
2.2 Metodo tradicional	14
2.2.1 Cimentación	15
2.2.2 Muros	17
2.2.3 Muros con tabique de barro comprimido	19
2.2.4 Colocación del tabique	20
2.2.5 Castillos y cadenas de cerramiento	21
2.2.6 Muros con bloque hueco y de tabique comprimido	23
2.2.7 Muros de tabique comprimido	24
2.2.8 Losa o entrepiso	25
2.2.9 Herramientas, equipo y materiales	26
2.3 Vigüeta y bovedilla	27
2.3.1 Elementos del sistema de losa vigüeta bovedilla	29
2.3.1.1 Vigüeta prefabricada(alma abierta o pre-tensada)	29
2.3.1.2 Proceso de fabricación (vigüetas alma abierta)	35
2.3.1.3 Vigüeta pre-tensada	38
2.3.1.4 Proceso de fabricación (vigüetas pre-tensadas)	41
2.3.2 Bovedilla	44
2.3.2.1 Acero de refuerzo de la capa de compresión	47
2.3.2.2 Capa de compresión	48
2.3.2.3 Construcción de losas con el sistema vigüeta bovedilla	49
2.3.3 Material de apoyo	57

2.3.4	Recomendaciones	59
2.3.5	Ventajas del sistema vigueta-bovedilla (alma abierta)	60
2.3.6	Ventajas del sistema vigueta-bovedilla (pre-tensada)	61
2.4	Meccano	62
2.4.1	Incremento de los factores de rentabilidad	64
2.4.2	Rendimiento económico	65
2.4.3	Montaje	66
2.4.4	Listado de componentes para el montaje	67
2.4.5	Etapas del proceso	68
2.4.6	Cimbra	68
2.4.7	Colado	69
2.4.8	Descimbrado	69
2.4.9	Cimentación	69
2.4.10	Muros y losa	77
2.4.11	Fabricacion del molde meccano	81
2.4.12	Ventajas	81
2.5	Covintec	82
2.5.1	Características	83
2.5.2	Cimentación	84
2.5.3	Instalaciones	86
2.5.4	Muros	87
2.5.5	Unión de paneles	89
2.5.6	Losa	109

Capitulo 3

3.1 Presupuesto	114
3.2 Cuantificacion de obra	114
3.3 Generadores de obra	115
3.4 Estimado	115
3.4.1 Estimado Conceptual	116
3.4.2 Estimado por sistema	116
3.4.3 Estimado por magnitud	116
3.4.4 Estimado parametrico	116
3.4.5 Estimado por componentes	117
3.4.6 Estimado por ensamble	117
3.4.7 Estimado por precio unitario	117

Capitulo 4

Conclusiones	124
Bibliografía	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tamaños de Tabiques Recocidos	19
Tabla 2. Tamaños de Ladrillos Cocidos.	19
Tabla 3. Propiedades Mecánicas para viguetas de alma abierta	32
Tabla 4. Viguetas de alma abierta en existencia	32
Tabla 5. Viguetas de alma abierta en existencia sobre pedido.	33
Tabla 6. Tabla de espesores y malla soldad.	47
Tabla 7. Tabla de espesores para la Capa de Compresión	48
Tabla 8. Consumo de madera por m ² (losa maciza).	53
Tabla 9. Consumo de madera por m ² (viguetas y bovedilla).	53
Tabla 10. Tabla de Cargas y Claros con Apuntalamiento	57
Tabla 11. Tabla de Cargas y Claros con Apuntalamiento.	58
Tabla 12. Tabla de Cargas y Grafica de Capacidad de carga	58
Tabla 13. Tabla comparativa de tiempo de construcción.	65
Tabla 14. Medidas para Muros estructurales y losas.	106
Tabla 15. Medidas para Muros internos, muretes y nichos.	107
Tabla 16. Medidas para la capa de compresión	111

Tabla 17. Tabla comparativa por tipo de estimado	115
Tabla 18. Tabla generadores de obra en muros.	120
Tabla 19. Tabla generadores de obra en losa.	120
Tabla 20a. Tabla comparativa de costos por métodos de construcción	121
Tabla 20b. Tabla comparativa de costos por métodos de construcción	122
Tabla 21. Tabla comparativa de costos totales de materiales.	123

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Vigueta de alma abierta	29
FIGURA 2. Armadura de la vigueta de alma abierta	30
FIGURA 3. Alma abierta o vigasel	31
FIGURA 4. Alma abierta o vigasel con acero adicional	31
FIGURA 5. Patín de concreto	34
FIGURA 6. Dimensiones de la vigueta de alma abierta	34
FIGURA 7. Vigueta Pre-tensada o de Alma Llena.	38
FIGURA 8. Vigueta pre-tensada.	38
FIGURA 9. Viguetas pretensadas con diferentes peraltes	39
FIGURA 10. Bovedilla de Hormigón	44
FIGURA 11. Bovedilla de Barro	45
FIGURA 12. Bovedilla de poliestireno	45
FIGURA 13. Bovedilla Cemento-Arena	45
FIGURA 14. Colocación de Acero de Refuerzo.	47
FIGURA 15. Colocación de Capa de Compresión	48
FIGURA 16. Muestra de todos los elementos en conjunto.	49
FIGURA 17. Apuntalamiento para viguetas de alma abierta.	50

FIGURA 18. Colocación de Viguetas Alma abierta.	51
FIGURA 19. Montaje de Viguetas Pre-tensadas.	51
FIGURA 20. Cimbra para viguetas pre-tensadas.	52
FIGURA 21. Colocación de Bovedilla	54
FIGURA 22. Colocación de Bovedilla	54
FIGURA 23. Colocación de malla soldada.	55
FIGURA 24. Capa de Compresión	56
FIGURA 25. Modo incorrecto de colocarse (pirámide e invertidas)	59
FIGURA 26. Colocación correcta de barrotes o polines.	60
FIGURA 27. Trazo y Nivelación del Terreno	71
FIGURA 28. Trazo de Plantilla.	73
FIGURA 29. Excavaciones.	73
FIGURA 30. Instalaciones Sanitaria y Eléctrica.	75
FIGURA 31. Colado de Cimentación	76
FIGURA 32. Acero de Refuerzo en Muros.	77
FIGURA 33. Cimbra para Muros.	79
FIGURA 34. Cimbra para Losa	80
FIGURA 35. Panel Covintec.	82
FIGURA 36. Muros sistema Covintec (esquemático).	83
FIGURA 37. Corte de losa de Cimentación Superficial.	86
FIGURA 38. Geometría del Panel.	88
FIGURA 39. Panel de Muro con Espesor terminado.	88
FIGURA 40. Alineación y Plomado de muros.	89
FIGURA 41. Montaje de paneles y su fijación inicial mediante grapas.	90
FIGURA 42. Amarre de panel a panel.	90

FIGURA 43. Amarre de Malla de Refuerzo.	91
FIGURA 44. Unión de Muro en Esquina.	92
FIGURA 45. Escuadras para la unión.	93
FIGURA 46. Malla de unión.	93
FIGURA 47. Malla Esquinera.	94
FIGURA 48. Unión de Muros, vista en planta.	94
FIGURA 49. Unión de Muros Perpendiculares.	95
FIGURA 50. Cruce de Muros.	96
FIGURA 51. Unión de Muros Diagonales.	97
FIGURA 52. Coronación Superior (alternativa 1).	98
FIGURA 53. Coronación Superior (alternativa 2).	98
FIGURA 54. Coronación Superior.	99
FIGURA 55. Coronación Superior.	99
FIGURA 56. Coronación Superior.	100
FIGURA 57. Encuentro de Muro a Losa.	101
FIGURA 58. Anclaje de Muro Covintec a Losa.	102
FIGURA 59. Anclaje de Losa sobre Cadena.	103
FIGURA 60. Unión de Losa a Muros de 1 y 2 pisos.	104
FIGURA 61. Colocación de Muros.	105
FIGURA 62. Alineación y apuntalamiento de muros.	106
FIGURA 63. Levantamiento de Muros con Paneles Covintec.	107
FIGURA 64. Auto-ensamble.	108
FIGURA 65. Unión de Muro en esquina (planta).	108
FIGURA 66. Ensamble de paneles.	109
FIGURA 67. Panel de Losa Espesor terminado.	110

FIGURA 68. Apuntalamiento de los Paneles de losa.	111
FIGURA 69. Madrinan y Apuntalamiento.	112
FIGURA 70. Apuntalamiento para Losa o Entrepiso.	113
FIGURA 71. Corte planta baja y azotea.	118
FIGURA 72. Corte y fachada	119

INTRODUCCIÓN

El hombre siempre ha tenido la necesidad de mejorar las condiciones de vida, en cuanto a la seguridad, clima, etc. Por tal motivo la primera función de la vivienda fue proporcionar un espacio seguro para refugiarse. El segundo punto importante que mencionamos es el clima, este condiciona la forma y material que se usara para la vivienda.

Una estructura la podemos identificar como algo que constituye el interior de un objeto o ser viviente pero que soporta peso, es decir, que recibe y transmite cargas, las cuales tienen una naturaleza especial, como lo son el tronco y las ramas de un árbol, el esqueleto humano, etc.

El hombre ha aprendido a construir estructuras que abarcan un amplio rango de aplicaciones y que sirven para satisfacer las necesidades humanas.

El sistema constructivo utilizado por una comunidad en cualquier caso refleja parte de su personalidad puesto que al construir se pretende transformar el medio natural en un medio artificial adoptado a las necesidades del hombre y el proceso de transformación revela las necesidades cuya solución conduce a

desarrollar los diferentes sistemas constructivos existentes. La construcción de viviendas en serie o de tipo industrial permite un proceso en cual se reduce el binomio tiempo-costos y se aminora el uso de la mano de obra, ya que en estos sistemas las actividades están ligadas unas a otras. El desarrollo de estos sistemas constructivos tiene una sola finalidad, optimizar el proceso constructivo.

CAPITULO 1

METODOLOGÍA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la demanda de viviendas de interés social es uno de los problemas sociales más apremiantes, seguido a la explosión demográfica en la que la mayor parte de la población pertenece a la clase media baja. Lo cual tiene limitantes en su poder adquisitivo y exige por lo tanto una solución para abatir costos de producción, velocidad de construcción y la calidad. Por tal motivo seguiremos en la necesidad de seguir desarrollando sistemas de construcción que sean más eficientes.

1.2 JUSTIFICACION

La necesidad de vivienda en México para personas de bajos recursos, que garanticen una vivienda de calidad, exige que los costos de la construcción de las mismas sean bajos. Por lo que esta tesis expone los 4 mejores sistemas constructivos que nos pueden brindar la mejor solución.

1.3 OBJETIVOS

En el presente documento analiza estos 4 sistemas de construcción antes mencionados, para encontrar la formula que nos satisfaga de mejor manera en los siguientes objetivos:

- Rentabilidad
- Calidad
- Tiempo
- Cantidad

1.4 HIPOTESIS

Aplicar los nuevos sistemas de construcción, tiene como resultante el mejor aprovechamiento de los recursos que en materia de construcción requieren las personas de escasos recursos, bajando costo, sin mermar las utilidades del desarrollador de la vivienda.

1.5 ALCANCE

A través de este análisis se pretende determinar cual es el sistema más conveniente para alcanzar los puntos ya antes mencionados. Solo haremos la comparación en cimentación, muros y losas, sin involucrar otras actividades.

1.6 TIPO DE ESTUDIO

El análisis que se presenta en esta tesis es un estudio de investigación descriptiva, puesto que ya ha sido utilizado en la construcción de viviendas.

CAPITULO 2

2.1 MARCO TEORICO

2.1.1 Casa-Habitación las ideas van desde los cuestionamientos a las implicaciones éticas y morales de lo que se debe considerar “vivienda digna” hasta las de carácter operativo, que se refieren a cómo registrar el inmueble llamado vivienda. Dentro de esta gama de ideas se encuentran diversos puntos intermedios sobre los aspectos funcionales que debe cubrir la casa-habitación. En el sector público los esfuerzos se han encaminado a construir clasificaciones operativas basadas tanto en los metros y materiales de construcción como en el uso del espacio. No obstante que al revisar el artículo 4° de la Constitución Política Mexicana se observa que establece el derecho de toda familia “a disfrutar de una vivienda digna y decorosa. La ley establecerá los instrumentos y apoyos necesarios a fin de alcanzar tal objetivo”.

Sin embargo, no define qué es lo que se considera digno y decoroso en una sociedad pluricultural como la mexicana. En consecuencia, el Programa Sectorial de Vivienda (2001-2006) precisa que el concepto de vivienda digna se refiere a “el límite inferior al que se pueden reducir las

características de la vivienda sin sacrificar su eficacia como satisfactor de las necesidades básicas, no suntuarias, habitacionales de sus ocupantes.

Además señala que este tipo de vivienda deberá cumplir simultáneamente con los siguientes requisitos:

- estar ocupada por una familia,
- no tener más de 2.5 habitantes por cuarto habitable,
- no estar deteriorada,
- contar con agua entubada en el interior,
- contar con drenaje,
- contar con energía eléctrica. ^[1]

Adicionalmente a esta definición, el Programa presenta una clasificación programática que hace referencia a cinco tipos de vivienda: “básica”, como la más elemental en una jerarquía que pasa de la “básica” a la “económica”, para llegar a la “media”, “media alta” y “residencial”, todas definidas en términos de metros cuadrados o su superficie.

Ahora bien, en el proyecto de decreto por el que se expide la nueva Ley General de Vivienda, la comisión de la LIX Legislatura propuso en febrero de 2005 una conceptualización distinta de vivienda digna, decorosa y adecuada en el artículo 4º; ésta ya cubría aspectos como la seguridad jurídica, infraestructura y equipamiento, habitabilidad, seguridad física, protección respecto de riesgos estructurales y climáticos, accesibilidad a

[1] SEDESOL, *Programa Sectorial de Vivienda (2001-2006)*, Secretaría de Desarrollo Social, México, 2001, 153.

todos los sectores de la población, condiciones ambientales, ubicación adecuada, respeto a los procesos productivos atendiendo a los rasgos culturales y locales de la población atendida y, sobretodo, se señaló que la superficie se determinará tomando en consideración el valor catastral del terreno en cada región del país. ^[2]

Sin embargo, en el dictamen final de la iniciativa presentada en abril de 2005 por la Comisión se observa nuevamente la indefinición de lo que es vivienda digna. La propuesta de decreto de la Ley de Vivienda señala en el artículo 2º: “Se considerará vivienda digna y decorosa la que cumpla con las disposiciones jurídicas aplicables en materia de construcción, habitabilidad, salubridad, cuente con los servicios básicos y brinde a sus ocupantes seguridad

Jurídica en cuanto a su propiedad o legítima posesión, así como protección física ante los elementos naturales potencialmente agresivos”.

Por su parte, los expertos internacionales parecen inclinarse por un término más operativo como es el de “vivienda adecuada”. Una vivienda adecuada “significa algo más que tener un techo bajo el cual guarecerse. Significa también disponer de un lugar privado, espacio suficiente, accesibilidad física, seguridad adecuada, seguridad de tenencia, estabilidad y durabilidad estructurales, iluminación (...) ventilación suficiente, una infraestructura básica adecuada que incluya servicios de abastecimiento de agua, saneamiento y eliminación de desechos,

[2] LIX Legislatura de la Cámara de Diputados, *Dictamen de la iniciativa de Ley General de Vivienda*, febrero 2005.

factores apropiados de calidad del medio ambiente y relacionados con la salud, y un desplazamiento adecuado y con acceso al trabajo y a los servicios básicos, todo ello a un costo razonable”. [3]

Esta visión se refiere más a los elementos de construcción, instalaciones y equipamiento que a cuestiones normativas o éticas.

En el caso de los académicos la discusión se torna más ética, fundamentándose en las funciones que debe cubrir una vivienda adecuada:

- protección
- saneamiento
- bienestar
- independencia
- posibilidad de inserción social y territorial
- seguridad patrimonial. [4]

Finalmente, en términos de registro y de evaluación, la definición más extendida es la del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) que señala: “Vivienda. Espacio delimitado

[3] Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos (Hábitat II), *Programa de Hábitat*, 1996, p. 38.

[4] Para el análisis de este tipo de concepción de vivienda ver Schteingarth, Martha y Marlene Solís, *Vivienda y familia en México: un enfoque socio.espacial*, INEGI, El Colegio de México, Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México, México 1994; COPLAMAR, *Vivienda y necesidades esenciales en México*, Vol. 3, Siglo XXI, México 1982; Coulomb, René, “Políticas de vivienda y necesidades habitacionales” en *Ciudades*, núm. 4, Red Nacional de Investigación Urbana, México, 1989; entre otros.

normalmente por paredes y techos de cualquier material, con entrada independiente, que se utiliza para vivir, esto es, dormir, preparar los alimentos, comer y protegerse del ambiente”.^[5] Ésta es una definición técnica que no alcanza a abarcar las dimensiones social y ética del concepto vivienda.

2.1.2 Un **Sistema** es un conjunto formado para satisfacer objetivos específicos, que esta sujeto a limitaciones y restricciones, y consta de dos o más componentes interrelacionados y compatibles, cada uno de los cuales resulta indispensable para que el sistema funcione como se espera. El diseño de sistemas comprende una serie de etapas racionales y ordenadas que conducen hacia la mejor solución dentro de un determinado conjunto de circunstancias.

El procedimiento requiere:

- **Análisis** del edificio como sistema.
- **Síntesis** o selección de componentes, con el fin de integrar un sistema que satisfaga los objetivos específicos al mismo tiempo que se respetan las limitaciones o variables controladas por los diseñadores.
- **Apreciación** del funcionamiento del sistema, lo que incluye comparaciones con otros posibles sistemas.
- **Retroalimentación** para el análisis y síntesis de la información recabada por medio de una evaluación del sistema, de modo que se puede mejorar el proyecto.

^[5] INEGI, *XII Censo general de población y vivienda 2000*, México, 2001.

La principal ventaja de este procedimiento es que, mediante la comparación de opciones y la retroalimentación con datos durante el proceso, el diseño de sistemas desemboca en un sistema óptimo para las condiciones dadas. Otra ventaja es que el procedimiento ayuda al proyectista a dar mayor claridad a los requisitos del edificio que esta diseñando. ^[6]

2.1.3 Sistema Constructivo

Llamaremos sistema constructivo al acomodamiento lógico de una serie de materiales para satisfacer un servicio de un elemento estructural determinado, como puede ser:

- El proteger contra los efectos del intemperismo
- Soportar el peso de los acabados, equipos, instalaciones, etc.

Estos sistemas dependerán de muchas condicionantes, no es igual definir u sistema de azotea para climas extremosos que uno para climas templados. Lo mismo ocurre con muros simplemente divisorios que no toman en cuenta tanto acciones horizontales como verticales.

Otro aspecto importante que es digno de tomar en cuenta al proyectar algún tipo de sistema constructivo es que este cumpla con la factibilidad técnica y económica para su realización, es decir, llegar a proponer la mejor de las soluciones posibles para tomar en cuenta la correcta evaluación del peso, lo mas cercano real, de cada uno de los sistemas constructivos.

^[6] Enciclopedia de la CONSTRUCCION Arquitectura e Ingeniería editorial OCEANO/CENTRUM Vol. 1, Pág. 3

Debido a las incertidumbres tendremos que ser razonables en relación con la valoración de las características tales: Intensidad de carga, Lugar exacto de su aplicación o tiempo de aplicación de estas, ya que estas valoraciones no son iguales. Por lo tanto, entre mejor conozcamos el funcionamiento y el tipo de acciones que actuarán, mejor será la decisión con respecto al sistema de construcción más óptimo. ^[7]

2.1.4 Molde es una pieza, o un conjunto de piezas acopladas, interiormente huecas pero con los detalles e improntas en negativo del futuro sólido que se desea obtener. Para acoplar perfectamente las piezas de un molde se recurre generalmente a las llaves, que son incisiones en una cara y protrusiones en la otra, que ambas se unen y previenen el desajuste.

En su interior se vierte el material fluido o plástico – metal fundido, hormigón, yeso, resina, silicona etc. – que cuando se solidifica adquiere la forma del molde que lo contiene. Una vez retirado el molde, normalmente, se procede a repasar la pieza obtenida, corrigiendo las posibles imperfecciones en las zonas de acoplamiento, quitando los restos depositados en los orificios realizados para introducir la materia plástica, y en los orificios de salida del sobrante o respiraderos.

^[7] Gallo.Espino.Olvera, Diseño Estructural Casa Habitación, editorial McGraw Hill, Pág. 35

Se emplea profusamente para obtener piezas moldeadas, tanto en arte –bustos, figuras, columnas como en construcción – balaustres, revestimientos – o en diversos procesos industriales –objetos cerámicos, elaboración de barras de chocolate, etc.

En la industria, al molde donde se vierte el material fundido se le llama matriz. En construcción, al molde, con el conjunto de piezas auxiliares, se le denomina encofrado. ^[8]

2.1.5 La Prefabricación se define como el intento de sistematización y coordinación entre los distintos elementos constructivos destinado a facilitar su puesta en obra, lo cual de una forma u otra siempre a estado presente en la construcción.

La aparición masiva recibe su gran impulso debido a la gran necesidad de construir viviendas de una forma numerosa, barata y rápida, necesidades originarias en las guerras, migraciones, centros urbanos y la explosión demográfica.

Los ensayos realizados hasta la fecha han alcanzado resultados no satisfactorios o contradictorios, ya que la necesidad de crear grandes infraestructuras y la imposibilidad de que la prefabricación total tenga cabida fuera de grandes operaciones edificatorias, “pone en evidencia la imposibilidad de generalizar los sistemas e incluso la economía de los métodos”.

^[8] Wikipedia Foundation Inc. <http://es.wikipedia.org/wiki/Molde>

El desarrollo de estos elementos ha llevado a un gran avance en cuanto a la industrialización de elementos y a la incorporación de técnicas a la edificación convencional.

La construcción de almacenes y naves industriales se hace casi enteramente a través de la puesta en obra de este tipo de materiales. La tendencia en otro tipo de edificaciones es creciente a la hora de incorporar elementos estandarizados y coordinados, lo cual no repercute en los aspectos de calidad y versatilidad de la edificación. ^[9]

^[9] <http://www.arquitectuba.com.ar/monografias-de-arquitectura/materiales-prefabricados-de-cemento/>

DESCRIPCION DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

2.2 METODO TRADICIONAL

Se dice que una vivienda tiene como principal función, protegernos de los factores climáticos como lo son:

- Viento
- Sol
- Lluvia
- Humedad del suelo
- Sismo

Pero no basta con cubrir estos requisitos, debe de ser confortable y funcional para sus habitantes.

Constan de los siguientes elementos:

- Paredes
- Techos
- Pisos
- Puertas
- Ventanas
- Instalaciones diversas

Durante el proceso de construcción, se sabe el producto que vamos alcanzar pero no cuantas problemáticas se nos podrían presentar. Las actividades de una edificación, sin importar el tamaño de esta, llevan un orden y secuencia lógica, ya que hay actividades que anteceden a las otras.

En términos generales, la construcción de una casa tiene 3 etapas:

1. Proyecto.

Es todo el proceso que se sigue hasta saber con precisión que es exactamente lo que se quiere hacer, con una estimación de su costo.

2. Obra negra.

Obra básica, se refiere a la construcción de los cimientos, muros, estructura, techos, ramales.

3. Acabados.

Es el terminado de los pisos, muros, techos, ventanas, puertas, instalaciones eléctricas, sanitarias y de gas.

El tema que nos ocupa en este documento, es el segundo aspecto antes mencionado, que se refiere a los cimientos, muros y losas.

2.2.1 CIMENTACIÓN

La cimentación es un elemento estructural encargado de transmitir la carga de la estructura a los estratos resistentes del terreno, su objetivo es evitar el volteo o hundimiento provocado por la acción de las cargas.

La cimentación más común para viviendas unifamiliares, dúplex etc. son las de tipo superficial, que a su vez pueden ser:

- Zapatas aisladas.
- Corridas.
- Losas de cimentación.

En nuestro caso hablamos de casas de interés social, la cimentación mas adecuada seria la losa de cimentación, por la economía en tiempos y costos, esta es una plancha de concreto reforzado con acero. Como todo proyecto, esta fase lleva un proceso, del cual presentamos las actividades a seguir:

1. Trazo y nivelación
 - Traza de Perpendiculares.
 - Trazado del ancho de la excavación
 - Nivelación.
 - Se hacen las zanjas para drenajes y se vuelve a nivelar el terreno.
2. Cimbra
 - Sobre el perímetro de la losa se pone la cimbra

3. Plantilla.

- Se colocan todas las tuberías que van debajo de la tierra,
- Se compacta el terreno.

4. Armado.

- Dentro de la zanja, en todo el perímetro se coloca una armadura.
- Se extiende una malla de acero electro-soldada sobre la superficie de la losa, esta se alza unos 5 cm. de la superficie de losa.

5. Colado.

- Se humedece la cimbra y el relleno
- Se da inicio al vaciado del concreto.
- Para evitar burbujas o espacios en el concreto se usan vibradoras.

2.2.2 MUROS

Podemos entender por muro placa vertical que sirve para cerrar un espacio, sostener una techumbre, etc.

En nuestro país comúnmente se utilizaba un refuerzo estructural que consiste en una serie interconectada de cadenas, dalas y castillos de concreto que llevan una armadura de acero en su interior, proporcionándonos la rigidez necesaria para que no se deforme.

Existe una pequeña clasificación para los muros:

- De carga
- Divisorios

Para los muros o paredes de una vivienda, se pueden emplear varios materiales, pero los más comunes son los siguientes:

- Adobe
- Piedra
- Madera
- Bloque de suelo cemento
- Tabique de barro recocido
- Tabicón
- Tabique de barro comprimido
- El bloque hueco
- Concreto armado
- Paneles de espuma de poliestireno
- Malla de acero
- Lamina de asbesto
- Tabla-roca

Nos enfocaremos en materiales como el tabique de barro recocido, bloque hueco y tabique comprimido, ya que este es uno de los materiales mas usados en nuestro país.

2.2.3 MUROS CON TABIQUE DE BARRO COMPRIMIDO

Tabla 1. Tamaños de Tabiques Recocidos

TAMAÑO DE TABIQUE DE BARRO COCIDO		
LARGO	ANCHO	ALTO
28cm	14cm	7cm
26cm	13cm	6.5cm
24cm	12cm	6cm

Tabla 2. Tamaños de Ladrillos Cocidos.

TAMAÑO DE LADRILLOS DE BARRO COCIDO		
LARGO	ANCHO	ALTO
28cm	14cm	2.5cm
26cm	13cm	2.5cm
24cm	12cm	2.5cm

2.2.4 COLOCACIÓN DEL TABIQUE:

1. Primera Hilada.

Se coloca un tabique en cada extremo del muro, después con hilo que tendrá gis se chocara en el suelo y marcara la referencia entre los bordes del tabique.

2. Hilada de tabique en seco.

Sin mezcla, se van colocando los tabiques aproximadamente a un centímetro. La colocación de estos empieza en los extremos, el ultimo en ocupar su posición será el de en medio. De esta manera si el tabique de en medio no cabe, se pueden hacer ajustes en la separación o bien un corte, pero así solo seria un corte.

3. Levantamiento del muro.

- Se coloca el hilo guía o reventón, este marca como alinearemos los tabiques
- Una vez marcada la hilada de tabique en seco, se prosigue a mojar la superficie que estará en contacto con los primeros tabiques.
- Se aplica el mortero, junto con este paso se van colocando los tabiques, de preferencia de dos en dos.

2.2.5 CASTILLOS Y CADENAS DE CERRAMIENTO.

Las dalas son refuerzos de concreto armado colocadas encima de los muros, estas reparten las cargas del techo y distribuyen las cargas de la segunda planta en caso de tener más pisos. En si, los castillos y cerramientos (dalas) se amarran entre si, y con esto dan rigidez a los muros y se evitan grietas.

1. Huecos para castillos.

Los extremos del muro que llevaran castillo, se terminan, en ambos lados, en forma dentada, cada dos hiladas para que el concreto amarre, si no hay castillo, la punta del tabique de un lado tiene que empalmar con el canto del tabique del otro lado.

La armadura de los castillos se debe de hacer al poner la cadena de cimentación.

2. Dala o Cadena de Cerramiento.

Si el muro lleva un refuerzo de concreto armado, al llegara la altura de las puertas y ventanas, generalmente 2mts. 10cm. se construye una dala, después de esta se puede construir la losa o seguir el muro.

3. Amarres (castillos y dalas).

Las armaduras de estas dos, se hacen muy similares.

- Se unen por debajo a la cadena de cimentación.
- Se unen por arriba a la cadena de cerramiento.
- Si el techo es una losa de concreto armado, se prolongan las varillas del castillo uno 25cm.

4. Cimbras (castillos y dalas).

Se utilizan tablonces, a estos se les llaman cachetes, y llevan travesaños (atiesadotes) estos dan rigidez y ayudan a unir las tablas que formaran la cimbra. Estos se fijan al muro con alambres recocido. Este proceso es el mismo para las dalas.

2.2.6 MUROS CON BLOQUE HUECO Y DE TABIQUE COMPRIMIDO.

Los bloques huecos de concreto son piezas grandes de 40cm (de largo) x 20cm (alto) con anchos diversos que van de 10cm, 12cm, en los mas angostos, con 17cm y 20cm en los mas anchos.

La ventaja de estos:

- ✓ Puedes adquirir varias formas geométricas, las cuales te facilitaran el avance en el levantamiento de muros.
- ✓ Con pocas piezas se hace un muro
- ✓ Es aislante de calor y frío.
- ✓ Ligeros
- ✓ Impermeables.
- ✓ Para el refuerzo armado no se necesita cimbra, a través de los huecos del bloque se meten las varillas de acero, luego se cuelan con concreto
- ✓ No se ranura para colocar tuberías de agua, drenaje o las mangueras de la instalación eléctrica.
- ✓ Hay bloques huecos especiales para colocar mas refuerzo si se es necesario.
- ✓ Pueden tener texturas y colores.

El bloque hueco se coloca siguiendo los mismos principios que para un muro de tabique.

2.2.7 MUROS DE TABIQUE COMPRIMIDO

El tabique de barro comprimido es el de mejor calidad, hecho industrialmente en maquina a base de arcillas finas y cocido a altas temperatura, tiene una gran resistencia a compresión y es muy impermeable.

Estos pueden ser:

1. Macizos
2. Huecos
3. Estructurales

Los estructurales tienen un doble hueco rectangular que permite meter las varillas de refuerzo o acomodar los tubos de las instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas y de gas.

2.2.8 LOSA O ENTREPISO

Losas o placas de entrepiso son los elementos rígidos que separan un piso de otro, contruidos monolíticamente o en forma de vigas sucesivas apoyadas sobre los muros estructurales. Las losas o placas sostienen las cargas de servicio como el mobiliario y las personas, lo mismo que su propio peso y el de los acabados como pisos y revoques. Además forman un diafragma rígido intermedio, para atender la función sísmica del conjunto.

Las losas o placas de entrepiso se pueden clasificar así:

1. Según la dirección de carga
2. Según el tipo de material estructural:
 - Losas o placas en concreto (hormigón) reforzado:** Son las más comunes que se construyen y utilizan como refuerzo barras de acero corrugado o mallas metálicas de acero.
 - Losas macizas:** Son las fundidas o vaciadas sin ningún tipo de aligerantes. Se usan con espesores hasta de 15cm, generalmente utilizan doble malla de acero una en la parte inferior y otra en la parte superior.
3. Vaciadas en el sitio

2.2.8 HERRAMIENTAS, EQUIPO Y MATERIALES:

- ✓ Herramientas: Serrucho, escuadra, martillo, marco de sierra con segueta, gancho para amarrar el acero (pala, pica, palustre, boquillera, grifa, flexómetro, hilo, lápiz.)
- ✓ Equipo: Mezcladora, andamio, escalera, baldes, banco para figurar el acero, carretilla.
- ✓ Materiales: Madera, (tablas, largueros, tacos), clavos de 3",2",21/2, acero de refuerzo, tuberías PVC sanitaria y eléctrica, alambre cocido No. 18, cemento, arena, triturado, agua, impermeabilizante

Teniendo los muros con sus respectivos castillos y cadena de cerramiento, se empezara a colocar la cimbra para la losa de entrepiso, una vez terminada de ensamblar esta se empieza con el armado, terminado este damos seguimos damos lugar al colado o vaciado de concreto.

2.3 VIGUETA Y BOVEDILLA

Este método difiere del anterior en su fase final, refiriéndonos a la losa, pues utiliza distintos materiales y por consecuencia el procedimiento es diferente.

El sistema de vigueta y bovedilla esta constituido por los elementos portantes que son las viguetas de concreto pre-esforzados y las bovedillas como elementos aligerantes. Las viguetas se producen en diferentes tamaños, sección geométrica y diferentes armados, (alma abierta y pre-tensada) así mismo las bovedillas tienen diferentes secciones tanto en longitud, ancho y peralte, de tal forma que se tiene una gran variedad de combinaciones que pueden satisfacer cualquier necesidad.

Las viguetas se fabrican por diferentes procesos que pueden ser: colado en moldes múltiples de metal y con máquinas extrusoras. Las bovedillas se producen usando máquinas vibro-compresoras en donde se intercambian los moldes para los diferentes tipos de secciones, usando por lo general materiales ligeros.

Hay ciertas recomendaciones que son necesarias cumplirlas para obtener los mejores resultados como lo son las siguientes:

- Relación máxima de claro a peralte de losa no sea mayor a $l/h=25$ con bovedillas de cemento arena.
- Relación máxima de claro a peralte de losa no sea mayor a $l/h=20$ con bovedillas de poliestireno.
- Colinealidad en las viguetas y armado para tomar el momento en la continuidad (negativo).

2.3.1 LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN EL SISTEMA DE LOSA VIGUETA BOVEDILLA SON:

2.3.1.1 VIGUETA PREFABRICADA (alma abierta o pretensada).

VIGUETA DE ALMA ABIERTA

Es el elemento compuesto por la armadura y por un patín de concreto colado en la parte inferior y a todo lo largo de la misma, también podemos encontrar este elemento como armadura vigasel.



FIGURA 1. Vigueta de alma abierta

COMPONENTES:**ARMADURA**

Entendemos por armadura es un producto electro-soldado triangular, formado por tres varillas longitudinales corrugadas, una superior y dos inferiores, unidas por varillas diagonales lisas en forma de zigzag mediante el proceso de soldadura por resistencia eléctrica a cada 20 cm.

Al realizarse el colado del concreto, las diagonales de la armadura funcionan como conectores entre el concreto recién colado y el patín de la vigueta.

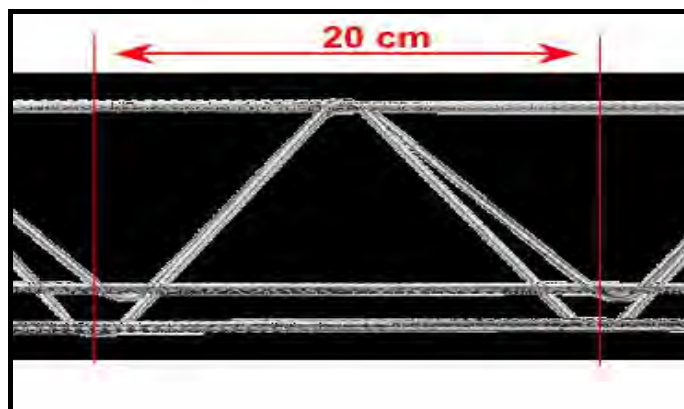


FIGURA 2. Armadura de la vigueta de alma abierta

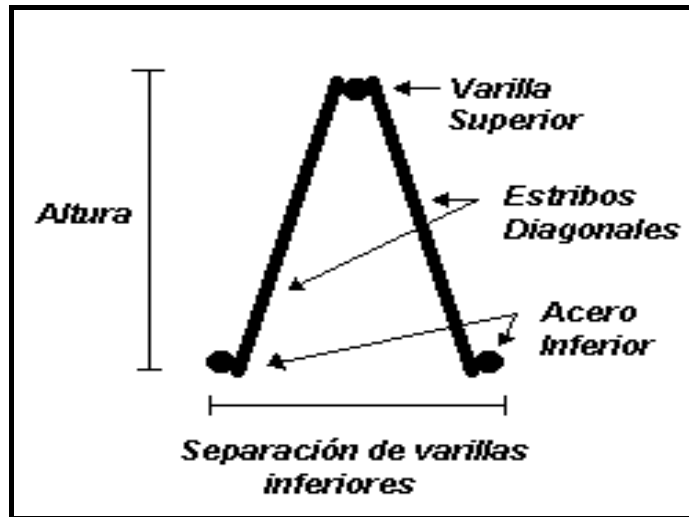


FIGURA 3. Alma abierta o viga

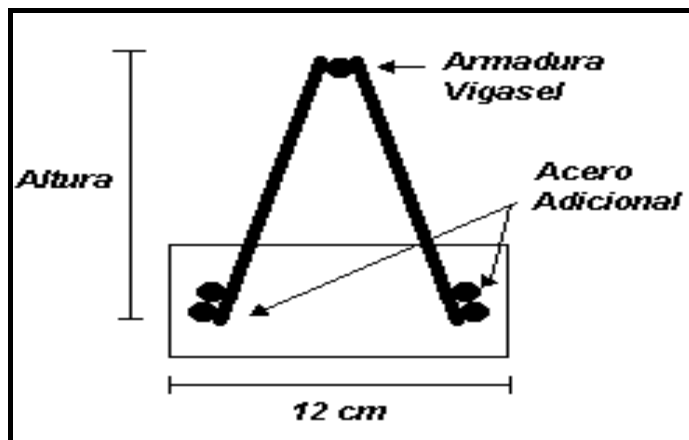


FIGURA 4. Alma abierta o viga con acero adicional

Tabla 3. Propiedades Mecánicas para viguetas de alma abierta

PROPIEDADES MECANICAS	GRADO 50	GRADO 60
Resistencia Mínima a la Tensión	5700	7000
Resistencia Mínima a la Fluencia	5000	6000
Alargamiento Mínimo a la Ruptura en 10	6%	8%

Tabla 4. Viguetas de alma abierta en existencia

DISEÑO	ALTURA TOTAL (CM)	DIAMETRO DE VARILLAS			At VARILLAS INFERIORES
		SUPERIOR 60°	DIAGONALES 50°	INFERIORES 60°	
10 / .36	10	1/4"	CAL.8	3/16"	36 mm ²
12 / .36	12	1/4"	CAL.8	3/16"	36 mm ²
12 / .64	12	1/4"	CAL.8	1/4"	64 mm ²
14 / .36	14	1/4"	CAL.8	3/16"	36 mm ²
14 / .64	14	1/4"	CAL.8	1/4"	64mm ²

Tabla 5. Viguetas de alma abierta en existencia sobre pedido.

DISEÑO	ALTURA TOTAL (CM)	DIAMETRO DE VARILLAS			At VARILLAS INFERIORES
		SUPERIOR 60°	DIAGONALES 50°	INFERIORES 60°	
10 / .36	10	1/4"	CAL.8	3/16"	36 mm ²
10 / .64	10	1/4"	CAL.8	1/4"	64 mm ²
12 / .36	12	1/4"	CAL.8	3/16"	36 mm ²
12 / .64	12	1/4"	CAL.8	1/4"	64 mm ²
14 / .36	14	1/4"	CAL.8	3/16"	36 mm ²
14 / .64	14	1/4"	CAL.8	1/4"	64mm ²
21 / 64	21	1/4"	CAL.8	1/4"	64mm ²

PATIN DE CONCRETO

Es de concreto colado, parte inferior y a todo lo largo de la misma. La función del patín es servir de apoyo a las piezas aligerantes de la losa llamadas bovedillas. La función del patín es la parte mas importante del sistema de losa vigueta – bovedilla, ya que es el elemento estructural responsable de la resistencia de la losa.

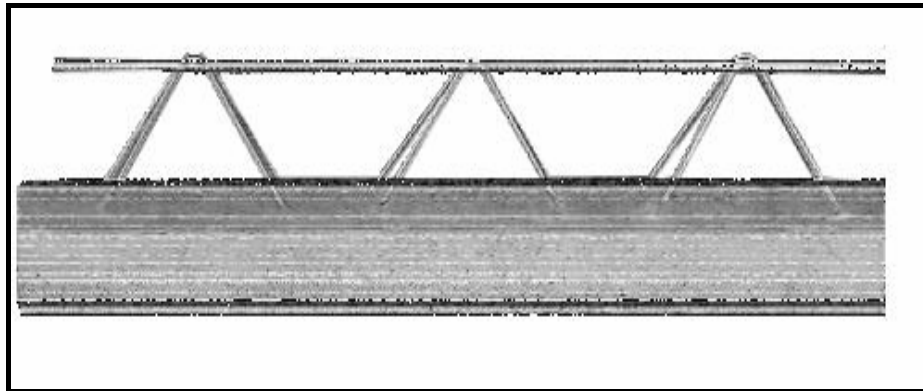


FIGURA 5. Patín de concreto

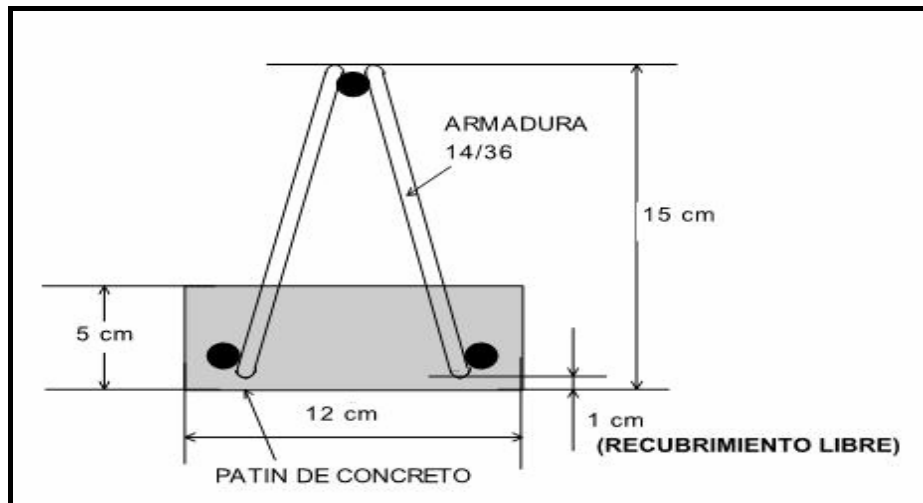


FIGURA 6. Dimensiones de la vigueta de alma abierta

2.3.1.2 PROCESO DE FABRICACIÓN DE LAS VIGUETAS ALMA ABIERTA

PASO 1. LIMPIEZA DE MOLDES Y APLICACION DE ACEITE

Se debe aplicar una capa de aceite quemado a los moldes antes del vaciado del concreto para facilitar el desmolde de las viguetas una vez que éstas hayan fraguado.

PASO 2. CORTE DE ARMADURA

La armadura DEACERO se corta con cizallas al tamaño de la vigueta. Los largos de vigueta varían en múltiplos de 10cm, desde 1.0m hasta 6.0m.

PASO 3. HABILITADO DE ARMADURAS Y AMARRE DE ACERO ADICIONAL

Para aumentar la resistencia de la vigueta es necesario colocarle acero adicional de acuerdo a la tabla proporcionada por el Departamento técnico.

En la mesa de habilitado, con alambre recocido se amarra el acero adicional a cada 60 ó 80cm, el cual se coloca directamente sobre las varillas inferiores de la armadura. Una vez habilitadas las armaduras, se colocan a un lado de los moldes de fabricación.

Cuando se requiera traslapar dos tramos de armadura para lograr una longitud de vigueta determinada, se recomienda que el traslape se realice aproximadamente a los cuartos de la longitud de la vigueta. El traslape mínimo es de 40 cm.

PASO 4. FABRICACION DEL CONCRETO

La fabricación del concreto se realiza en una revolvedora de un saco. La resistencia mínima del concreto que debe emplearse es de 200 Kg./cm., y el revenimiento de 12cm.

PASO 5. VACIADO DEL CONCRETO

Una vez elaborado el concreto, se lleva en carretillas y se vacía en los moldes. Se inicia en un extremo de la mesa y se van colando los diferentes tamaños de vigueta hasta terminar toda la mesa.

PASO 6. ENRASADO

Con la ayuda de una regla de madera, se enrasan los moldes cubriendo toda la longitud de la vigueta.

PASO 7. HINCADO DE LAS ARMADURAS EN EL CONCRETO

Las armaduras se van introduciendo en el concreto fresco, cuidando dejar un recubrimiento libre de 1cm. Esto se hace manualmente aplicando un movimiento vibratorio pendular al mismo tiempo que se va introduciendo en el patín de concreto. La armadura se lleva hasta el fondo del molde y se da un pequeño tirón hacia arriba para dar el recubrimiento adecuado.

PASO 8. SEPARACION DE VIGUETAS

Las viguetas se separan unas de otras con separadores de lámina, que se hincan en el concreto permitiendo obtener viguetas con los extremos bien acabados.

PASO 9. CURADO

Es necesario efectuar un curado adecuado de las viguetas ya coladas. Se realiza a base de riego de agua, tantas veces como sea necesario, dependiendo de las condiciones climáticas, hasta el desmolde de las viguetas.

PASO 10. MARCADO

Cada serie de viguetas se marca con una clave que indica el destino (Azotea o Entrepiso) y el claro o longitud de las viguetas.

PASO 11. DESMOLDE

Al siguiente día (24 hrs.) del vaciado, se procede al desmolde de las viguetas. Esto se hace manualmente utilizando para ello una tabla o un tubo, haciendo palanca sobre las otras viguetas. Se van despegando de varios puntos, hasta que se desprenden totalmente.

2.3.1.3 VIGUETA PRE-TENSADA

Es otra variante de las viguetas, es un componente portante de alma llena, formado por alambres de pre-esfuerzo y de concreto de alta resistencia

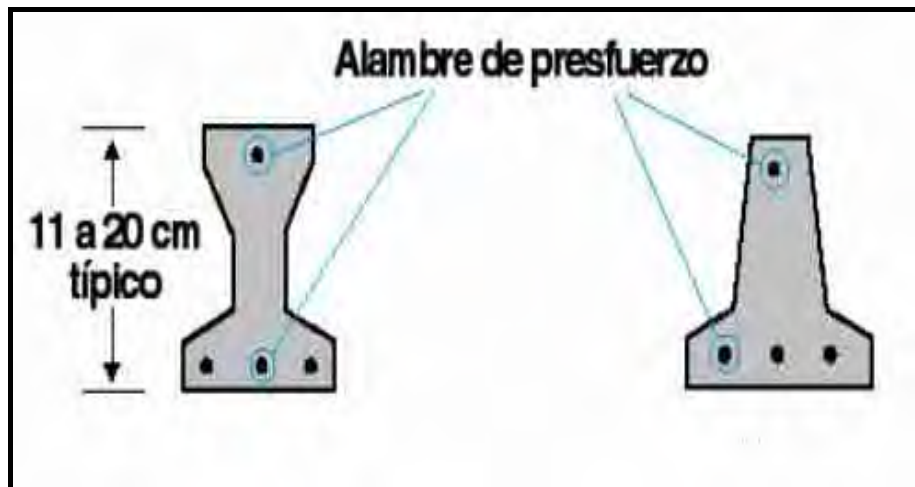


FIGURA 7. Vigueta Pre-tensada o de Alma Llena.



FIGURA 8. Vigueta pre-tensada.

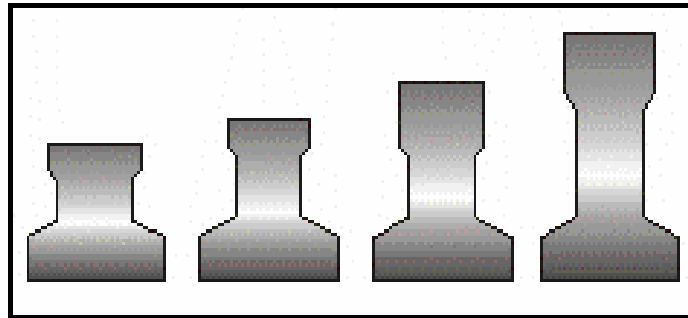


FIGURA 9. Viguetas pretensadas con diferentes peraltes

COMPONENTES:

PRE-ESFUERZO.

Se entiende por pre-tensado a la aplicación controlada de una tensión al concreto, mediante el tensado de alambres de acero de alta resistencia, previa a la entrada en servicio de la estructura.

ACERO DE PRE-ESFUERZO

Los aceros al carbono o no aleados son aleaciones hierro – carbono, que contienen pequeñas proporciones de otros elementos, principalmente manganeso, silicio, fósforo y azufre.

Los aceros aleados son aquellos que contienen, además otros elementos que se añaden voluntariamente por encima de determinados porcentajes para conseguir determinadas propiedades que no pueden lograrse con los aceros al carbono.

Los aceros empleados en la fabricación de estructuras de concreto pre-tensado son en general aceros no aleados ó especiales con un alto contenido en carbono. En estos tipos de aceros se combina la resistencia de un material frágil (cementita) con la plasticidad de uno dúctil (ferrita) para obtener al mismo tiempo un material resistente y dúctil (perlita).

ALAMBRES

La materia prima para la fabricación de los alambres de pre-esfuerzo es el alambroón de alto contenido de carbón, que se obtiene por laminación en caliente de la palanquilla.

- **Alambre.**- Producto de sección maciza, procedente de un estirado en frío ó trefilado de alambroón que normalmente se suministra en rollo.
- **Alambre de Pre-esfuerzo.**- Alambre de Acero de Alto Carbono en acabado liso ó grafilado, sometido a un proceso Térmico de Relevado de Esfuerzos, que asegura las propiedades mecánicas para su aplicación en Viguetas Pre-tensadas.
- **Relevado de esfuerzos.**- Proceso de calentamiento a una temperatura adecuada y un tiempo suficiente para reducir los esfuerzos residuales y posteriormente enfriarlo despacio y suficientemente para minimizar el desarrollo de nuevos esfuerzos residuales.

2.3.1.4 PROCESO DE FABRICACIÓN DE LAS VIGUETAS PRE-TENSADAS

PASO 1. LIMPIEZA DE MOLDES Y APLICACIÓN DE DESMOLDANTE.

Se disuelven 3kg de grasa automotriz en 19lt. De diesel. Con una estopa o un trapeador se aplica una capa de esta solución a los moldes para permitir el desmolde de la vigueta una vez que esta haya fraguado.

PASO 2. CORTE DE ALAMBRE.

Con ayuda de unas cizallas se corta el alambre de pre-esfuerzo. La longitud será el largo de los moldes, mas puntas suficiente en ambos extremos para anclarlo y tensarlo con el sistema hidráulico (gato).

PASO 3. COLOCACIÓN DE ALAMBRE.

Se colocan los alambres junto a la pista de moldes. Los alambres se hacen pasar por los agujeros de los separadores que tendrá cada molde. El juego de alambres y separadores son colocados en los moldes.

PASO 4. ANCLAJE DE ALAMBRE.

Los alambres se hacen pasar por los agujeros de la viga de anclaje y se aseguran con los “barriles” y cuñas. Su función es permitir el tensado e impedir que el alambre se corra cuando ha sido estirado.

PASO 5. TENSADO DE ALAMBRE.

Con un equipo hidráulico (bomba y gato) ya sea manual o eléctrico se van estirando los alambres. Usualmente uno por uno, aunque existen equipos que pueden estirar dos a la vez; la carga que se está aplicando se lee en un manómetro y es dejada de aplicar cuando ha llegado a la carga especificada de diseño.

PASO 6. FABRICACIÓN DEL CONCRETO.

El proporcionamiento dependerá de los materiales de la región, por lo que deberá recurrirse a un laboratorio para verificar la resistencia del concreto.

PASO 7. VACIADO DE CONCRETO.

Una vez elaborado el concreto, se lleva en carretillas y se vacía en los moldes, distribuyéndolo con la ayuda de una pala.

PASO 8. VIBRADO DE CONCRETO.

Para asegurar la adherencia con los alambres, el concreto debe vibrarse evitando con esto oquedades en el concreto.

PASO 9. DESTENSADO DE ALAMBRE.

Típicamente 24 horas después del colado se pueden desmoldar las viguetas. Primero se aflojan los alambres del extremo móvil de la pista.

PASO 10. CORTE DE ALAMBRE.

Con un equipo de soldar se cortan los alambres para separar un tramo de vigueta de otro.

PASO 11. DESCIMBRADO.

Con una barra de acero que se hace pasar por las “asas” de alambre que se dejaron después de vibrar el concreto, se hace palanca para sacar la vigueta de los moldes.

2.3.2 BOVEDILLA

La bovedilla son elementos aligerantes del sistema y pueden ser de diversos materiales:

- cemento – arena
- cerámica
- fibra de vidrio
- barro
- hormigón
- poliestireno

Aquí mostramos unas de las que se emplean comúnmente:



FIGURA 10. Bovedilla de Hormigón



FIGURA 11. Bovedilla de Barro



FIGURA 12. Bovedilla de poliestireno



FIGURA 13. Bovedilla Cemento-Arena

Las bovedillas de poli-estireno expandido son el complemento perfecto al sistema de losas aligeradas de vigueta y bovedilla dado su gran aislamiento térmico y acústico.

Se puede fabricar la forma que el proyecto requiera: para vigueta de alma abierta ó vigueta pre-tensada, en el peralte y entre-eje que necesite, con largos adaptables a su proyecto, además, dadas las características propias del material, usted podrá realizar los ajustes necesarios en obra, evitando desperdicios.

Las bovedillas se apoyan directamente en las viguetas cubriendo en forma conjunta toda la superficie de la losa. Su función es eliminar la cimbra de contacto y aligerar la losa. No contribuye a la resistencia de la losa.

La separación de las viguetas depende de las dimensiones de la bovedilla, comúnmente esta entre los 60 y 70cm. medida centro a centro de viguetas, la altura de la bovedilla depende del claro de la losa y existen desde 10 cm. hasta 20cm.

2.3.2.1 ACERO DE REFUERZO DE LA CAPA DE COMPRESION

Es una malla electro-soldada, y es el refuerzo que requiere la capa de compresión para resistir los esfuerzos de flexión y también sirven para evitar agrietamientos por los cambios volumétricos debido a las variaciones de temperatura.



FIGURA 14. Colocación de Acero de Refuerzo.

Tabla 6. Tabla de espesores y malla soldad.

REFUERZO DE LA CAPA DE COMPRESION	
ESPESOR (cm.)	MALLA SOLDAD
3 a 4	66 - 1010
5	66 - 88

2.3.2.2 CAPA DE COMPRESION

La capa de compresión es la capa de concreto colado en la obra que queda encima de las bovedillas, el espesor varia desde un mínimo de 3cm hasta 6cm en función a las características del sistema y de las longitudes de los claros de soporte. Esta actúa como una pequeña losa apoyada sobre las viguetas.

Tabla 7. Tabla de espesores para la Capa de Compresión

ESPESOR "t" (cm.)	CLARO "l" (m.)	ALTURA ESTRUCTURA "h" (m.)
$t \geq 3$	$l \leq 4$	$h \leq 13$
$t \geq 4$	$4 \leq l \leq 5.5$	$h \leq 13$
$t \geq 5$	$5.5 \leq l \leq 8$	$h \leq 13$
$t \geq 6$	$l \geq 8$	$h \leq 13$



FIGURA 15. Colocación de Capa de Compresión

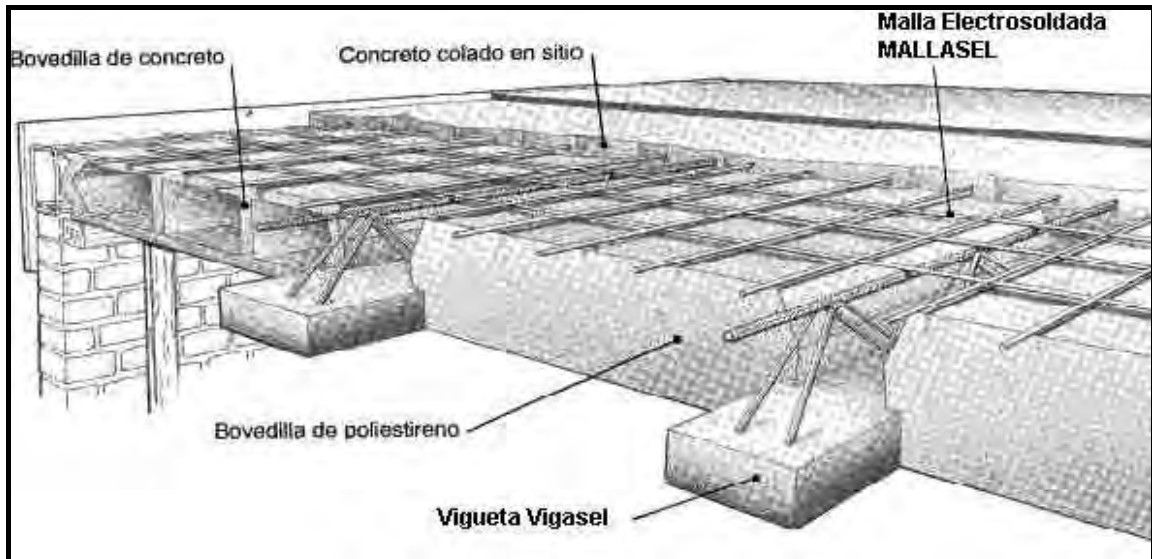


FIGURA 16. En esta figura se muestran todos los elementos en conjunto.

2.3.2.3 CONSTRUCCION DE LOSAS CON EL SISTEMA VIGUETA – BOVEDILLA

El procedimiento de construcción con este sistema es muy similar para ambas viguetas, difiere en la parte inicial, teniendo algunas variantes y cambiando el orden de los primeros pasos.

VIGUETA DE ALMA ABIERTA

1. Colocación de apuntalamiento provisional.

Se colocan postes de 4" x 4" a cada 1.50m y largueros de la misma sección a cada 1.60m para servir de apoyo provisional a las viguetas.



FIGURA 17. Apuntalamiento para viguetas de alma abierta.

2. Colocación de viguetas.

Estas se colocan de forma manual sobre los muros cargadores, dadas o cerramientos, deberán de apoyarse por lo menos 5cm con una separación entre ellas según se indique en proyecto (comúnmente 75cm), utilizando una bovedilla como escantillón en ambos extremos.



FIGURA 18. Colocación de Viguetas Alma abierta.

VIGUETA PRE-TENSADA

1. Montaje de viguetas.

Las viguetas se colocan en forma manual dentro de la dala ó cerramiento ó bien sobre los muros cargadores y deberán apoyarse dentro de la dala por lo menos 7cm.



FIGURA 19. Montaje de Viguetas Pre-tensadas.

2. Apuntalamiento.

En claros mayores a 3m es necesario apuntalar, Como recomendación se apuntala al centro todo claro mayor a 2.5 m. Porque al colar la losa de compresión se pueden usar bombas y al acumularse el concreto provoca altas concentraciones de carga. El consumo de madera por m² de losa del sistema de vigueta y bovedilla es solo el 6% del consumo de madera por m² del sistema de losa tradicional (colado in-situ).



FIGURA 20. Cimbra para viguetas pre-tensadas.

Tabla 8. Consumo de madera por m² (losa maciza).

	Cantidad	Vol. (m3)	Kg.
Polín 31/2"x 31/2"x3.5	2.00 pt	0.004725	4.25
Barrote 11/2"x4"x8	2.50 pt	0.005901	5.31
Chaflán 3/4"x3/4"x8	1.51 m	0.000548	0.49
Duela 3/4"x4"x8	1.91 pt	0.004509	4.06
		0.015684	14.12

Tabla 9. Consumo de madera por m² (vigüeta y bovedilla).

	Cantidad	Vol. (m3)	Kg.
Polín 31/2"x 31/2"x3.5	.28 pt	0.000661	.59
Barrote 11/2"x4"x8	.04 pt	0.000083	.07
Chaflán 3/4"x3/4"x8	.00 m	0.000000	.00
Duela 3/4"x4"x8	.04 pt	0.000083	.07
		0.000826	.74

3. Colocación de bovedillas.

También es de forma manual, estas van en medio de las viguetas. En caso de usar bovedilla de cemento-arena, tapar los huecos de las bovedillas que queden en contacto con el colado. Siempre se debe caminar sobre tablonos, para evitar pisar las bovedillas.



FIGURA 21. Colocación de Bovedilla



FIGURA 22. Colocación de Bovedilla

4. Instalaciones eléctricas.

Estas se llevan por los muros y por los huecos de las bovedillas, si se requiere de una salida se puede retirar la bovedilla en caso de ser de cemento, si es de poliestireno se pueden hacer los huecos en la bovedilla.

5. Colocación de malla soldada.

Esta se corta en el piso al tamaño deseado, se sube a la losa en construcción y se amarra con alambre recocado a la varilla superior de la vigueta.

Se tiende la malla electro-soldada traslapando cuadro sobre cuadro y amarrándola perfectamente a las cadenas, en las esquinas. Se recomienda usar malla 6x6/ 10x10 como mínimo y cuidar que quede por arriba de la bovedilla, entre 1.5 y 2.0cm. Para esto se recomienda el uso de calzas.



FIGURA 23. Colocación de malla soldada.

6. Capa de compresión.

El colado de esta capa es el ultimo paso, su espesor será no menor de 3cm y de una resistencia no menor de $f'c= 200 \text{ Kg./cm}^2$. La losa (capa) de compresión se cuela desde los extremos hacia el centro. Si se llega a usar concreto bombeado, se recomienda no concentrar el concreto en un solo punto, hay que esparcirlo uniformemente, para evitar algún posible colapso de la losa por sobrepeso.



FIGURA 24. Capa de Compresión

7. Antes del colado de la capa de compresión, se recomienda mojar uniformemente la vigueta y bovedilla para mayor adherencia.
8. Los tiempos para retirar los puntales serán los siguientes:
Las maderas centrales se podrán retirar a los 4 días después del colado y los polines perimetrales a los 7 días.

2.3.3 MATERIAL DE APOYO.

Resulta útil conocer las sugerencias y recomendaciones de los distintos fabricantes de las viguetas, ya que proporcionan datos característicos del producto que optimizan su uso y manejo. Proporcionan información importante como tablas y graficas que permiten al constructor elegir el mejor modelo para la realización de su proyecto.

EJEMPLO 1.

Fabricante: "DEACERO".

Información: Tabla de cargas y claros.

Tabla 10.Tabla de Cargas y Claros con Apuntalamiento

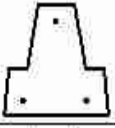
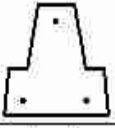
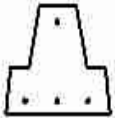
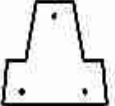
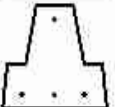
TIPO		ALAMBRES DE PRE SFUERZO	S (cm)	PE SO PROP IO (kg/m ³)	CLAROS DE DISEÑO (m)								
					CARGA MVA (kg/m ²)								
					100	170	200	250	300	350	400	450	500
V46		1 Ø 3 mm	50	270	4.23	3.97	3.86	3.71	3.58	3.46	3.35	3.25	3.15
V46			60	253	4.08	3.81	3.71	3.56	3.42	3.30	3.19	3.10	3.01
V46			70	242	3.84	3.58	3.48	3.34	3.21	3.09	2.99	2.90	2.81
V46			80	233	3.65	3.39	3.30	3.16	3.03	2.92	2.82	2.73	2.65
V53		1 Ø 3 mm	50	270	4.50	4.21	4.10	3.94	3.79	3.66	3.54	3.44	3.34
V53			60	253	4.33	4.04	3.93	3.77	3.63	3.50	3.38	3.28	3.18
V53			70	242	4.09	3.80	3.70	3.54	3.40	3.28	3.17	3.07	2.98
V53			80	233	3.88	3.60	3.50	3.35	3.22	3.10	2.99	2.89	2.81

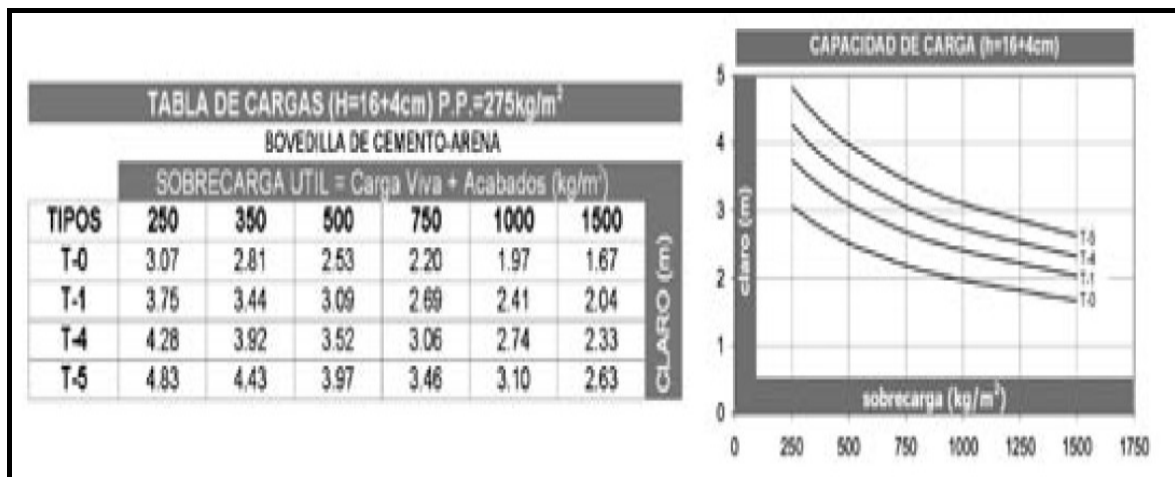
Tabla 11. Tabla de Cargas y Claros con Apuntalamiento.

TIPO	ALAMBRES DE PRE SFUERZO	S (cm)	PESO P. PROPIO (kg/m ²)	CLAROS DE DISEÑO (m)									
				CARGA VIVA (kg/m ²)									
				100	170	200	250	300	350	400	450	500	
V46		1Ø 3 mm	50	270	3.12	3.11	3.10	3.05	2.97	2.90	2.84	2.78	2.72
V46		60	253	2.99	2.99	2.95	2.87	2.80	2.74	2.67	2.62	2.56	
V46		70	242	2.89	2.82	2.78	2.70	2.63	2.57	2.51	2.45	2.40	
V46		2Ø 5 mm	80	233	2.79	2.67	2.63	2.55	2.49	2.43	2.37	2.31	2.26
V53		1Ø 3 mm	50	270	3.14	3.13	3.12	3.11	3.10	3.07	3.00	2.94	2.87
V53		60	253	3.01	2.99	2.99	2.97	2.97	2.89	2.83	2.77	2.71	
V53		70	242	2.90	2.90	2.88	2.86	2.78	2.72	2.66	2.59	2.54	
V53		2Ø 5 + 1Ø 3	80	233	2.82	2.80	2.78	2.70	2.63	2.57	2.50	2.45	2.39

EJEMPLO 2.

Fabricante: Premex

Información: Graficas y Tablas

Tabla 12. Tabla de Cargas y Grafica de Capacidad de carga

2.3.4 RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones son tomadas en cuenta para ambos tipos de viguetas.

- Para almacenarlas ubíquelas sobre un terreno plano y firme, colocando 3 capas máximo.
- No deben colocarse las viguetas invertidas o en pirámide.
- Por seguridad solo se permite colocar barrote o polín para acomodar las viguetas en un máximo de 7 hileras.
- Las bovedillas de cemento – arena – aliven, se almacenan en terreno plano y firme colocando 6 capas como máximo.

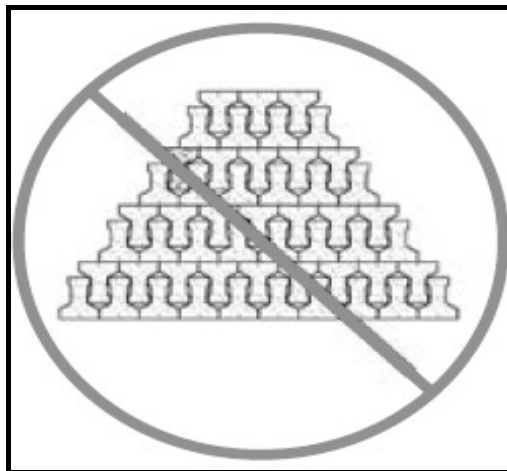


FIGURA 25. Modo incorrecto de colocarse (pirámide e invertidas)

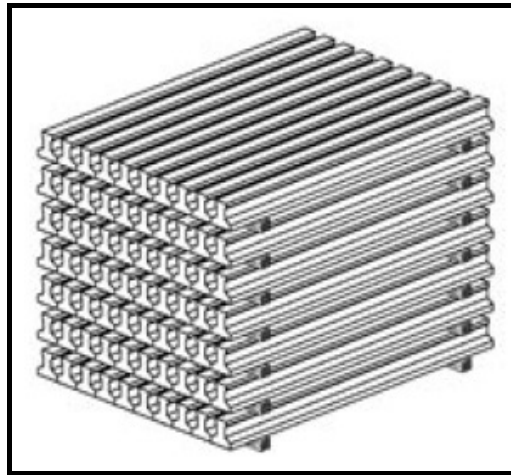


FIGURA 26. Colocación correcta de barros o polines

2.3.5 VENTAJAS DEL SISTEMA VIGUETA-BOVEDILLA(alma abierta).

El sistema de losa vigueta-bovedilla por ser un sistema de elementos prefabricados, ofrece muchas ventajas contra las losas tradicionales, como:

1. Se elimina la cimbra de contacto (triplay, duela, etc.).
2. Ahorro de hasta un 85% en la cimbra total de la losa.
3. Ahorro de tiempo en la ejecución de la losa.
4. Menor costo por metro cuadrado de losa.
5. Ahorro de mano de obra de habilitado y armado de acero de refuerzo.
6. Ahorro de alambre recocado para amarres.
7. Reducción de desperdicios.
8. Se mejora la calidad de la construcción.
9. Facilidad de procedimiento constructivo (sin mano de obra especializada).
10. Mejor control de material en la obra.
11. Es un sistema más limpio y más seguro

2.3.6 VENTAJAS DEL SISTEMA VIGUETA-BOVEDILLA (pre-tensada).

1. Elimina 100% la cimbra de contacto (triplay, duela, etc.).
2. Ahorro de 85% en la cimbra total de la losa (cimbra de contacto y puntales).
3. Ahorro de 60% en tiempo y mano de obra en el cimbrado de la losa.
4. Ahorro de 20% en volumen de concreto en obra.
5. Elimina 100% los materiales y habilitado del armado de acero de refuerzo.
6. Reducción de desperdicios.
7. Usa la menor cantidad de acero por ML ó M2.
8. El sistema es autoportante hasta cierto claro (no requiere cimbra ni puntales).
9. Al ser fabricados en planta se garantiza la calidad, resistencia y seguridad.
10. Al ser pre-esforzada se reduce el peralte del sistema y el peso total de la losa.
11. Al demandar menor cantidad de concreto es más ligera y requiere menor cimentación.
12. Se pueden cubrir claros mayores.
13. No requiere mano de obra especializada.
14. Mejor comportamiento bajo cargas de servicio por el control de la deflexión (Pre-esfuerzo).
15. Sistema comprobado por más de 4 décadas en México.
16. Aislamiento térmico y acústico.

MECCANO

Este sistema constructivo se creó para mejorar la eficiencia en la construcción de la vivienda. Conociendo las deficiencias del sector inmobiliario, ofrece agilizar, facilitar y utilizar la mejor tecnología para reducir el proceso constructivo de la vivienda en serie, impulsando así un mejor desarrollo del sector al reducir los tiempos empleados en operaciones de la obra de forma integral.

El sistema constructivo Meccano consiste en cimbras metálicas que encofran el 100 por ciento de una vivienda: muros, losas, escaleras, pretilas, etcétera; que permite colados monolíticos y produce (según el molde del que se trate) cuatro viviendas por día en un solo colado, con un reducido grupo de operadores.

El molde es un instrumento que iguala las variables críticas de la construcción en serie de cualquier producto, gracias a él, los productos presentan la misma apariencia, consumen los mismos materiales, mano de obra y tiempo de ejecución, además, permite asegurar los resultados de los presupuestos en tiempo y costo de grandes desarrollos, al mismo tiempo reduce indirectos por manejo y supervisión de obra.

Transforma un producto artesanal en una línea de producción continua, que reduce a cero los desperdicios de material y mano de obra estandarizando los costos por unidad, de la misma manera que sucede en la industria.

El corto tiempo de ejecución por unidad terminada, permite enfrentar un proyecto con un capital de trabajo mucho menor que el requerido por otros sistemas, por lo tanto el capital puede retornar en un plazo menor.

2.4.1 LOS FACTORES DE RENTABILIDAD SE INCREMENTAN DRASTICAMENTE:

1. Cero desperdicio en materiales.
2. Cero desperdicio en mano de obra.
3. Tiempos de ejecución significativamente más cortos.
4. Mínima inversión en equipos de producción.
5. Equipo de producción amortizable en un año.
6. Apalancamiento con proveedores con capacidad financiera.
7. Alto rendimiento sobre la inversión.

Implementando el Sistema Meccano, se puede obtener una máxima productividad muy notoria, ya que utiliza solo dos materiales: concreto y acero, con consumos exactos y cero desperdicios, además de producir unidades completas al 100 por ciento diariamente, generando importantes ahorros logrados por la productividad, que se transportan a las utilidades finales.

2.4.2 RENDIMIENTO ECONOMICO

Con el sistema Meccano, el reducido tiempo de ejecución y el control que se ejerce en recuperación de inversión, que permite utilizar varias veces el mismo capital de trabajo en el mismo periodo en el que se usaba solamente una vez, incrementando la capacidad de inversión sin necesidad de aumentos de capital. En una producción de dos semanas, los resultados serían como los refleja la gráfica.

Tabla 13. Tabla comparativa de tiempo de construcción.

	SEMANA 1				
	LUN	MAR	MIER	JUEV	VIER
Sistema tradicional	Cimentación			Muros	
Meccano	100%	100%	100%	100%	100%
	SEMANA 2				
	LUN	MAR	MIER	JUEV	VIER
Losa	Preparación			100%	1 casa
	100%	100%	100%	100%	10 casas

2.4.3 MONTAJE

El sistema, basado en elementos longitudinales, presenta un disco de unión cada 50 cm. que permite el ensamblaje de todos los elementos a través de los orificios del nudo, proporcionando al conjunto una gran rigidez y estabilidad.

Nuestros andamios cuentan con:

- Husillos con placa para la correcta regulación y nivelación del andamio.
- Plataformas, antideslizantes para trabajar de modo seguro y preciso.
- Pie vertical como elemento principal del que parten todos los componentes.
- Plataforma con trampilla y escaleras de aluminio para accesos rápidos entre niveles.
- Complementos, barandillas y rodapiés para un centro de trabajo seguro y cómodo.

2.4.4 LISTADO DE COMPONENTES PARA EL MONTAJE

- Tubo con disco
- Pies verticales con enchufe
- Pies verticales sin enchufe
- Diagonales
- Brazos horizontales
- Soporte plataformas
- Brazos mixtos
- Soporte intermedio
- Barandilla
- Salva-voladizos
- Amplia-plataformas
- Soporte entre-plataformas
- Paso de camiones
- Viga paso peatones
- Vigas
- Husillos
- Plataformas 320
- Plataformas con trampillas
- Rodapiés
- Plataforma supletoria 15
- Cubriciones circulares
- Plataforma rejilla
- Bases de paso
- Visera
- Abrazaderas
- Tubos 48,3 x 3,25
- Amarres
- Escalera

2.4.5 ETAPAS DEL PROCESO:

1. Nivelación y escuadre de la cimbra de cimentación
2. Trazo con plantilla
3. Excavaciones
4. Cimbra de cimentación, instalación hidro-sanitaria, gas, eléctrica, acero de refuerzo
5. Colado de cimentación
6. Colocación de acero de refuerzo en muros
7. Colocación de cimbra para muros e instalación hidráulica y eléctrica
8. Colocación de cimbra para losa
9. Colado monolítico para muros y losa
10. Descimbrado
11. Obra negra terminada
12. Aplicación de acabados
13. Casa Terminada

2.4.6 CIMBRA

La cimbra Meccano es un solo molde para toda la vivienda, con muros y losa. Cuenta con todo lo necesario para armar el molde, apuntalarlo y alineamiento.

2.4.7 COLADO

El colado del molde es de manera parcial, solo es necesario tener todas las piezas en su lugar, y con esto se procede al colado.

El concreto utilizado en este sistema es premezclado y no hecho en obra.

2.4.8 DESCIMBRADO

Después de las 8 horas de fraguado que se requiere en muros y 12 en las losas, se puede proceder a retirar la cimbra o el molde, para ser empleado en otra vivienda.

2.4.9 CIMENTACION

El terreno se limpia, compacta y se traza con la ayuda de la plantilla de cimentación, con esta ultima se ubica exactamente las instalaciones, las cuales se colocaran junto con el armado.

Utiliza una cimentación tipo losa, que es la más adecuada para la construcción en serie.

El sistema Meccano, implementa una cimbra perimetral metálica y una plantilla de muros que aseguran el alineamiento de los mismos, ambos elementos cuentan con anclajes.

Las actividades a realizar cuando se implementa el Sistema Meccano serán las siguientes:

1. Trazo y nivelación del terreno.

- Zanjeo.
- Instalación Sanitaria (PVC 4”).
- Colocación de cimbra para la cimentación de losa. El procedimiento es el siguiente:
 - i. Se coloca el molde siguiendo la secuencia en la enumeración de todos los elementos del molde, misma que parte su inicio de la izquierda e dirección derecha.
 - ii. Se verificara la escuadra. Esta se llevara acabo utilizando hilos y determinara las dimensiones que forman el ángulo recto del triangulo.
 - iii. Colocación de la escuadra exterior de la cimbra. Se coloca alineándola con los hilos y sujetándola al terreno con varillas de anclaje.

- iv. Se sujeta la escuadra exterior con tornillería y con el uso del gancho centrador se asegurara del alineamiento de la cimbra estándar con la escuadra exterior para después apretar firmemente la tornillería usando el Rash, el dado de $\frac{3}{4}$ y la llave mixta de $\frac{3}{4}$. Los mismos pasos son para las piezas subsecuentes.
- v. Colocación de la plantilla de replanteo
 - Se llevara acabo la nivelación del terreno tomando en cuenta el nivel de la losa de cimentación.
 - Se compactara el terreno de cimentación a 95% de prueba Proctor.



FIGURA 27. Trazo y Nivelación del Terreno

2. Zanjeo de trabes y plantilla de polietileno

- Se coloca plantilla de replanteo (esta indica donde van las trabes, muros y vanos de puertas). Con esta plantilla se trazan las cepas y se referencia los ejes de muro mediante varillas de acero, se retirara después la plantilla para proceder con las excavaciones, de esta manera le será mas fácil al plomero y al eléctrico ubicar las excavaciones necesarias para sus instalaciones.

Esto es para evitar deficiencias de trazo, el procedimiento es el siguiente:

- i. La plantilla se arma fuera del área de colocación final
- ii. Se ubican cada una de las piezas para determinar en donde se dará inicio la colocación de estas
- iii. Se coloca la 1er pieza y se engancha en la corona de la cimbra de cimentación. Se continúa con la pieza 2, esta se atornilla primero con la pieza 1 y después se engancha a la cimbra.



FIGURA 28. Trazo de Plantilla.



FIGURA 29. Excavaciones.

3. Colocación de acero de refuerzo.

Este proceso tiene que cumplir especificaciones de los planos estructurales.

- Trabes con bastones de refuerzo y varillas de arranque
- Alambre de amarre para las uniones de las trabes
- Malla electro-soldada
- Cumplir traslapes mínimos de la malla

4. Junta constructiva.

Amortigua los efectos de dilatación y contracciones, el material usado para este es poliestireno de baja densidad.

5. Instalación hidráulica.

Esta etapa trata de la conducción de agua fría y caliente, y para esto hay varios materiales, el PVC es el que se utiliza comúnmente, pero esto depende de los requerimientos de la construcción.

Para esta etapa se deberá de cuidar de las siguientes recomendaciones:

- Los ramales se someterán a una carga hidráulica de 8kg/cm^2 después de ser instalados.
- Donde se fijen los ramales al acero de refuerzo se debe de proteger el tubo de cobre con PVC.
- Sellar tuberías que se prolongaran en los muros.
- Los bajantes van a través de los muros y serán de PVC.
- Evitar instalar tuberías cerca de los vanos.
- La tubería de descarga se debe costillar y rellenar el zanjeo por capas de 30cms

6. Instalación eléctrica.

- El material debe ser de tipo poliflex.
- Instalación de mangueras o conduit debe ser entretejida con el acero de refuerzo amarrado con alambre de rafia.
- Las mangueras o conduit tienen que llevar una guía plástica en el interior.
- Si es en la losa, deberá ir arriba del acero de refuerzo.
- Centros de cargas van fijos a la cimbra.



FIGURA 30. Instalaciones Sanitaria y Eléctrica.

7. Vaciado de concreto.

Se hace una cuadrilla de personal con vibrador para concreto, y se colocara con bomba de concreto. Para este punto se tuvo que haber colocado todos y cada uno de los accesorios de la cimbra de cimentación:

- Anclajes de nivelación, para recibir los perfiles niveladores.
- Colocar perfiles niveladores y verificar el nivel referenciado con la cimbra de cimentación.
- Ya instalados los perfiles niveladores se procede al colado.
- Se retiran los anclajes de nivelación y los perfiles de nivelación para su re-uso.
- El correcto uso de la regla niveladora traerá como resultado un piso nivelado.



FIGURA 31. Colado de Cimentación

8. Curado.

Se aplicara una capa de curacreto en las superficies expuestas a la intemperie.

2.4.10 MUROS Y LOSA

Después de haber realizado la cimentación se puede realizar el levantamiento de muros y la colocación de losa de manera simultánea. Para el levantamiento de los muros se tomarán en cuenta los siguientes puntos:

1. Se traza la planta de muros y se deja marcado con tiralíneas.
2. Se coloca la U de tope.
Este es de gran importancia, si este queda afuera de las líneas de trazo, el muro quedaría desfasado.
3. La malla tiene que quedar en el centro del muro sin ondulaciones, esta se fija a la varilla de arranque con dos amarres.

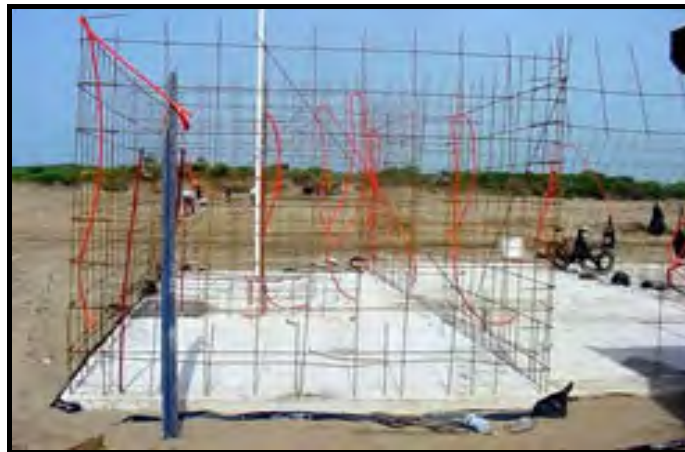


FIGURA 32. Acero de Refuerzo en Muros.

4. En caso de ser necesario traslapes se tiene que respetar lo siguiente:
 - Montar a dos cuadros de la misma
 - Amarres a cada 3 cuadros verticales
5. Armado de cimbrado de muros.
 - Dar inicio al armado del molde en una esquina de cualquier habitación.
 - Aplicar desmoldante en toda la superficie de contacto de la cimbra, para que el concreto no se pegue a la cimbra.
 - Colocar escuadras interiores alineadas a la u de tope.
 - Colocar paneles, estos forman los muros.
 - i. Se coloca el primer tablero y se insertan todos y cada uno de los distanciadores para cimbra, colocándoseles el candado para distanciador en la ranura de mismo.
 - ii. Se coloca el segundo tablero, con los mismos pasos para el primer tablero, para después con el uso del gancho centrador colocar todos y cada uno de los candados para cimbra para unir el primer tablero con el segundo.
 - iii. Al unir tablero con tablero colocar cada uno de los candados para cimbra.
 - iv. Los candados se introducirán en las soleras barrenadas y se ubicaran en la primera perforación inferior próxima inmediata del refuerzo horizontal. Se coloca un candado para cimbra por N número de refuerzos que existan en el tablero.
 - Se colocan los perfiles alienadores de muro o PTR.

6. Instalaciones.

Se deberán de seguir las recomendaciones que se dieron anteriormente para las instalaciones sanitarias y eléctricas en la losa de cimentación, solo con algunos anexos en las instalaciones sanitarias, que serian los siguientes:

- Evitar congestionamientos en los muros para que el concreto pase sin dificultades.
- Los bajantes van a través de los muros y deberán de ser de PVC.
- Tubos deberán ir fijos y al centro del muro.



FIGURA 33. Cimbra para Muros.

7. Teniendo listo los muros con en su exacta colocación, se procede a la cimbra de la losa, esta se inicia con los paneles de esquinas y después con los siguientes hasta tener completa la superficie total.

La cimbra de la losa deberá tener lo siguiente:

- Apuntalamiento de la cimbra
- Colocar viguetas de refuerzo (indica el plano Meccano)
- Colocar reventones debajo de la cimbra de la losa (para verificar altura y deflexiones)

Se puede entender que el armado de cimbra de losa se encuentra sobre una escuadra de muros, los tableros de cimbra para losa se fijaran con candados para cimbra a la cimbra de muros, se instalan 3 tornillos como mínimo por cada metro lineal. Se hace lo mismo con los taleros restantes para formar el armado de cimbra de losa.

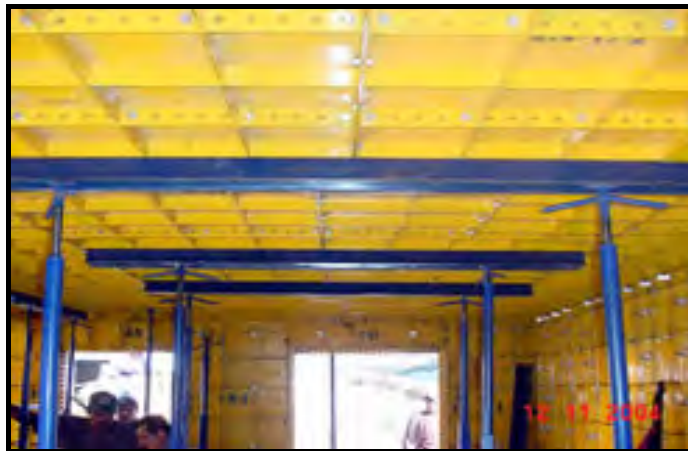


FIGURA 34. Cimbra para Losa

8. Vaciado de concreto.

Es muy importante saber que se tiene que comenzar el colado o vaciado de concreto por los muros medianeros o ejes centrales para después proseguir a los muros posteriores.

2.4.11 FABRICACION DEL MOLDE MECCANO

Cuenta con la más avanzada tecnología de punta a nivel mundial, capaz de producir con efectividad, rapidez y precisión los componentes necesarios. Los moldes fabricados se hacen a la medida de cada proyecto.

Este utiliza tecnología robótica y sistemas de sujeción, así como tornos de CNC y muchos otros equipos de tecnología avanzada.

2.4.12 VENTAJAS

- Reducción de mano de obra.
- Reducción a un mínimo en la utilización de velador.
- Reducción considerable en tarifas de seguro social.
- En las instalación hidro-sanitarias y eléctricas se reducen los tiempos de instalación por lo tanto hay un ahorro en la mano de obra en esas áreas.
- Eliminación de planos.

2.5 COVINTEC

Este sistema consta de paneles, se componen de un centro de poliestireno encerrado en una malla tridimensional de alambre de acero galvanizado de calibre #14" de alta resistencia, compuesto por armaduras verticales denominadas escalerillas, cuya característica principal es su forma de diagonales continuas en toda la altura del panel. Las armaduras están unidas a lo ancho del panel por alambres horizontales calibre #14 electro-soldado en cada punto de contacto.

La retícula de alambre está completamente separada a 9,5mm. Del poliestireno para permitir un correcto amarre del mortero aplicado a cada cara del panel después de su montaje.



FIGURA 35. Panel Covintec.

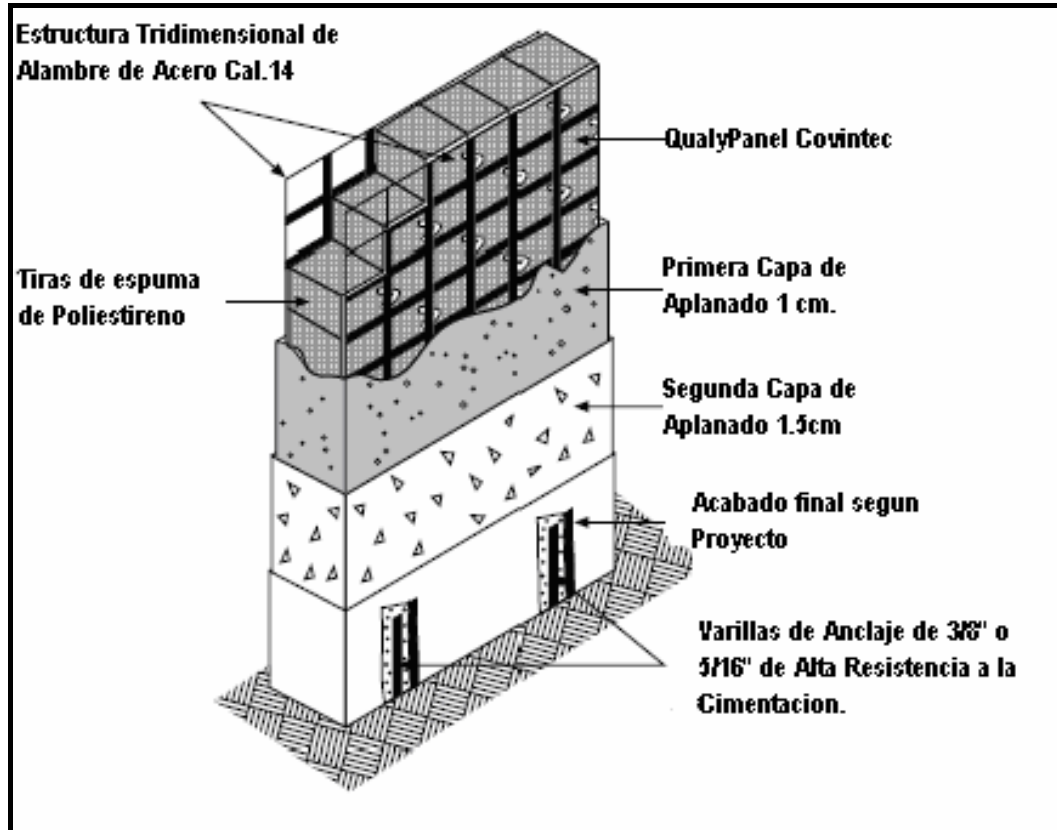


FIGURA 36. Muros sistema Covintec (esquemático).

2.5.1 CARACTERISTICAS:

- Paredes más resistentes y livianas que la de bloques (sismos).
- Aislante térmico.
- Aislante acústico.
- Fácil de transportar.
- Rápidos y fáciles de instalar.
- Versátiles y seguros.

Por sus características y ventajas, el sistema constructivo ha sido utilizado en muchos países para diferentes tipos de proyectos, como viviendas de lujo, viviendas de interés social, centros comerciales, hospitales, centros educativos, hoteles etc.

2.5.2 CIMENTACION

Covintec cuenta con 3 formas de cimentar:

- Cimentación superficial.
- Cimentación no superficial.
- Tomando la cimentación existente.

Como se había mencionado anteriormente, la cimentación superficial es la más adecuada para la construcción de casa de interés social. Cuando el suelo es superficialmente resistente, o cuando el suelo fue mejorado, seguir los siguientes pasos:

1. Excavar una cepa de 25 cm. de profundidad y 20 cm. de ancho.
2. Impermeabilizar la cepa con polietileno calibre 400 o con algún producto específico.
3. Colar en el fondo de la cepa una plantilla de concreto pobre de 5cm.
4. Colocar el Panel de cimiento pre-ensamblado en grupos de 2 ó 3 hojas.
5. Amarrar el acero de refuerzo inferior con alambre recocido a la siguiente pieza.

6. Colocar malla electro-soldada para el firme y amarrarla del Panel de cimiento.
7. Alinear y plomear el Panel de cimiento sujetándolos con tensores y reglas metálicas para evitar que se mueva y se desplome.
8. Colar la cimentación con el concreto especificado con impermeabilizante integral y vibrar para su correcta ejecución.
9. Colar el firme de concreto según sus especificaciones.

Podemos encontrar diferentes medidas de Paneles para cimiento, estas dependen del fabricante, como ejemplo tomamos las siguientes medidas de QualyPanel Covintec:

1. Qualycimiento 3" 1.22 X 2.71m
2. Qualycimiento 4" 1.22 X 2.71m
3. Qualycimiento 3" 1.22 X 2.98m
4. Qualycimiento 4" 1.22 X 2.98m

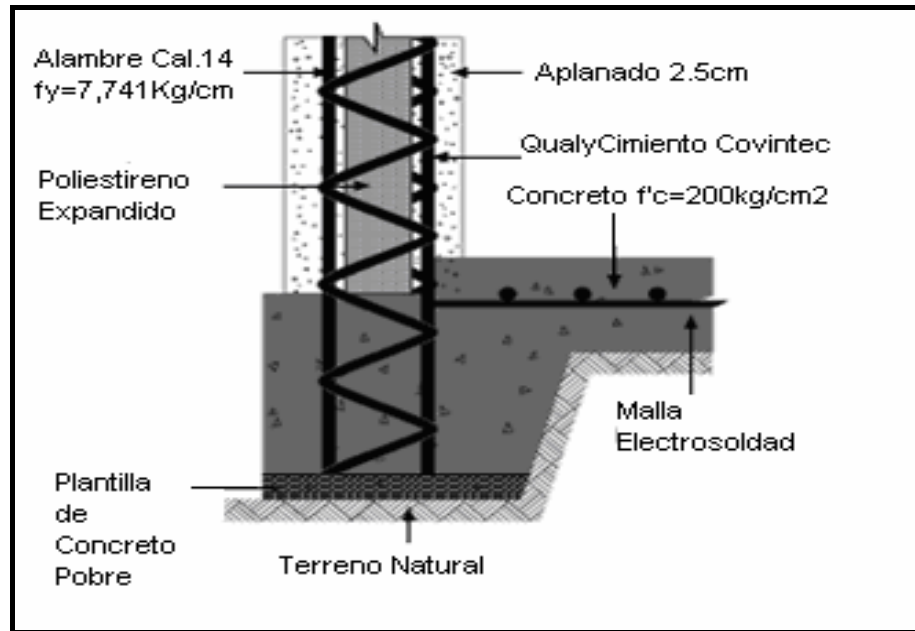


FIGURA 37. Corte de losa de Cimentación Superficial.

2.5.3 INSTALACIONES

Los ductos de las instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias se deslizan por el centro del Panel Covintec (antes de aplicar el mortero), derritiendo el poliestireno con calor o mediante el empleo de algún solvente (thinner, alcohol, etc.) o removiéndolo con un cuchillo. Para la introducción de ductos rígidos, de preferencia insertar por la parte superior del Panel Covintec y si no es posible, cortar y reforzar con malla auto-ensamble recta o con malla zigzag a todo lo largo del ducto donde fue cortado el acero.

2.5.4 MUROS

Para construir muros colindantes o bardas de lindero, seguir con el procedimiento

Siguiente:

1. Sobre la cimentación se dispondrán las varillas de 3/8" ó 5/16" Ø alternadas por fuera y por dentro a cada 40cm.
2. Las varillas que dan hacia el interior se doblan de modo que queden a ras de corona de cimentación.
3. El Panel Covintec se coloca sobre el suelo y se repella la cara colindante pueden ser grupos de dos o tres hojas.
4. Una vez seca la capa de mortero, se levanta la hoja de Panel Covintec y se enderezan las varillas interiores.
5. Por último, se amarra el Panel Covintec a las varillas de ambos lados perfectamente se repella la cara interior del mismo.
6. El recubrimiento de muros se aplica manualmente o con lanzadora de concreto

Es indispensable asegurarse de plomar y alinear los muros, y mantener éstos escuadrados entre si, utilizando alambre y reglas metálicas para alinear, y puntales y/o tensores para asegurar el plomado.

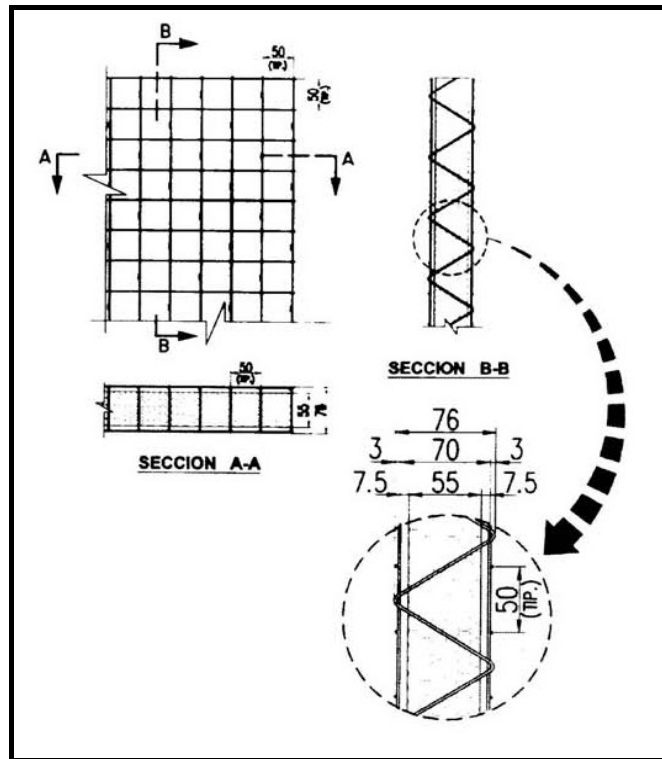


FIGURA 38. Geometría del Panel.

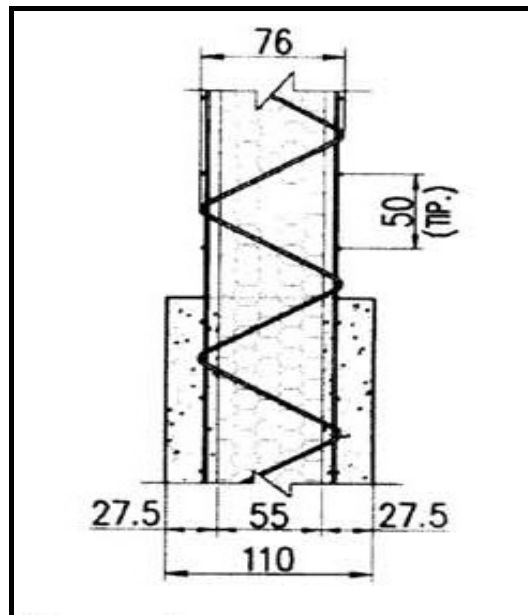


FIGURA 39. Panel de Muro con Espesor terminado.

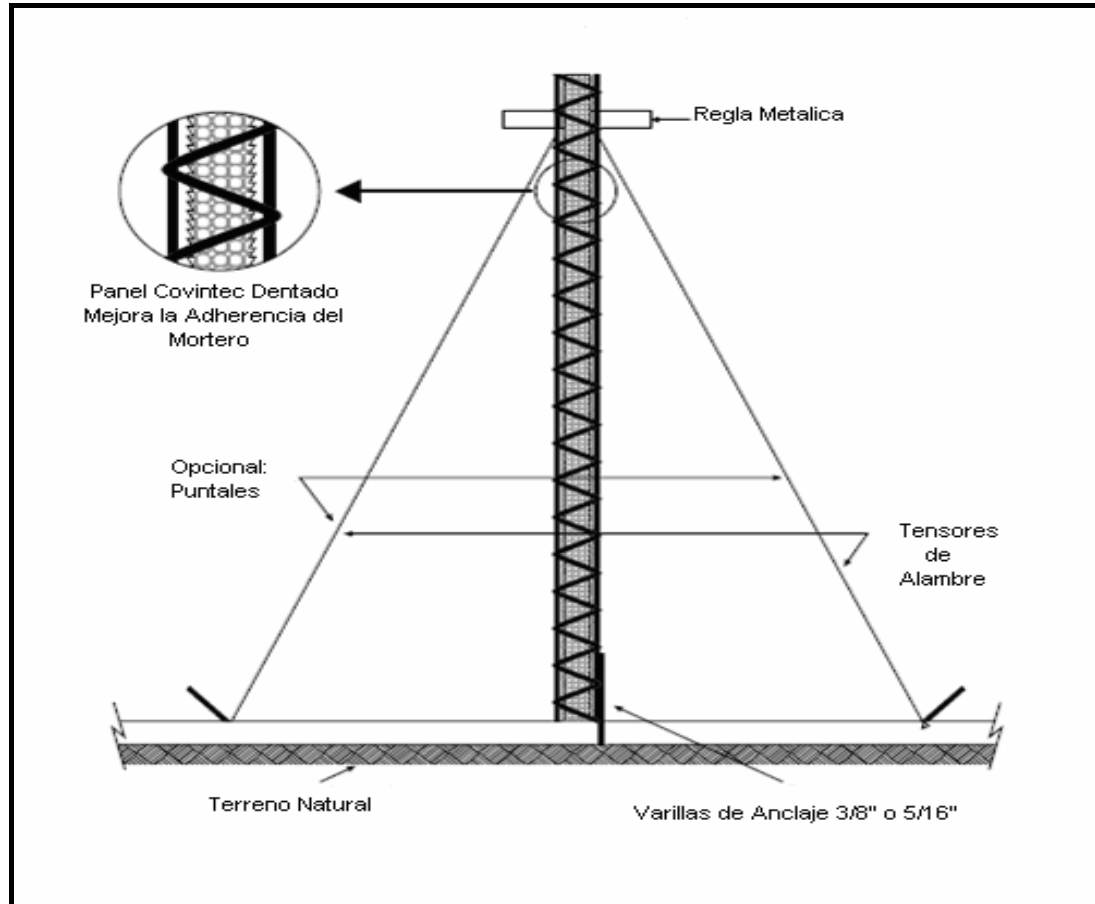


FIGURA 40. Alineación y Plomado de muros.

2.5.5 UNIÓN DE PANELES.

Esta unión se lleva a cabo con grapas o alambre de amarre cada 30cm. en ambas caras del panel, seguido de esto se tiene que colocar malla de unión en la junta vertical del panel y por caras del muro. La malla se amarra a cada 15cm con grapas o alambre de amarre formando un zigzag.

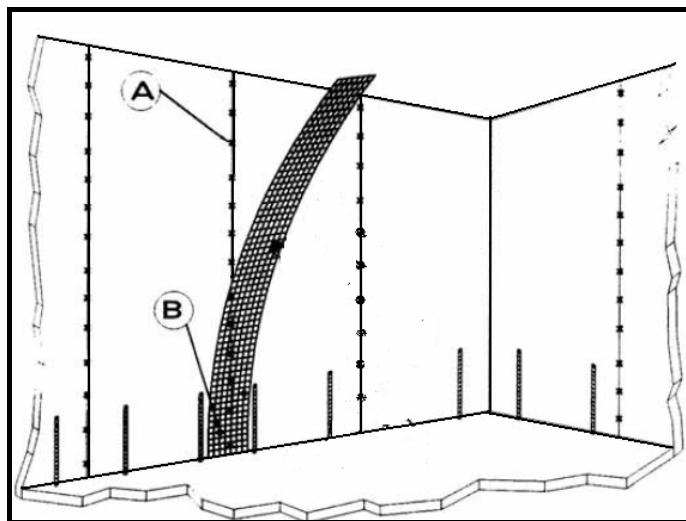


FIGURA 41. Montaje de paneles y su fijación inicial mediante grapas.

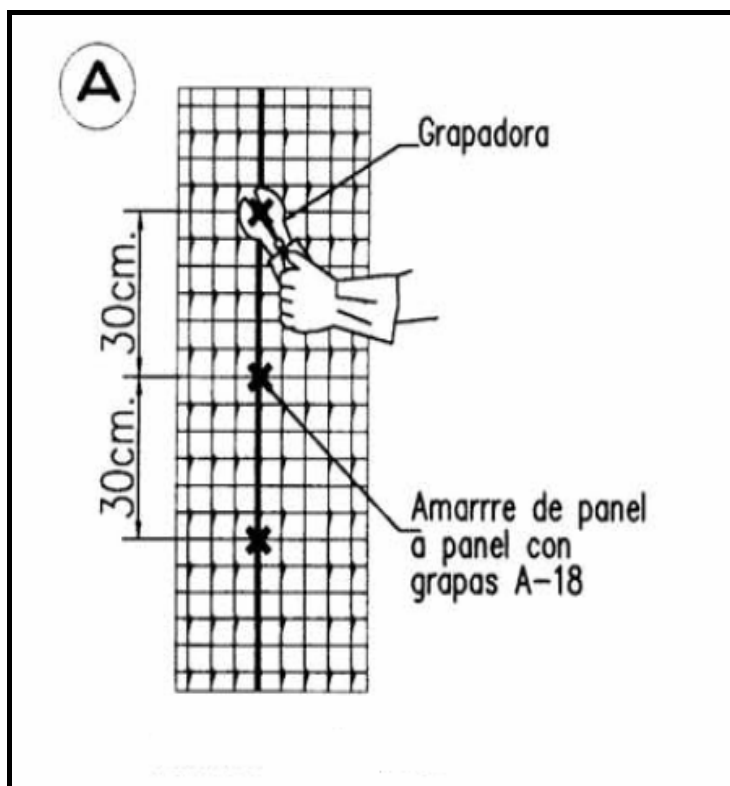


FIGURA 42. Amarre de panel a panel.

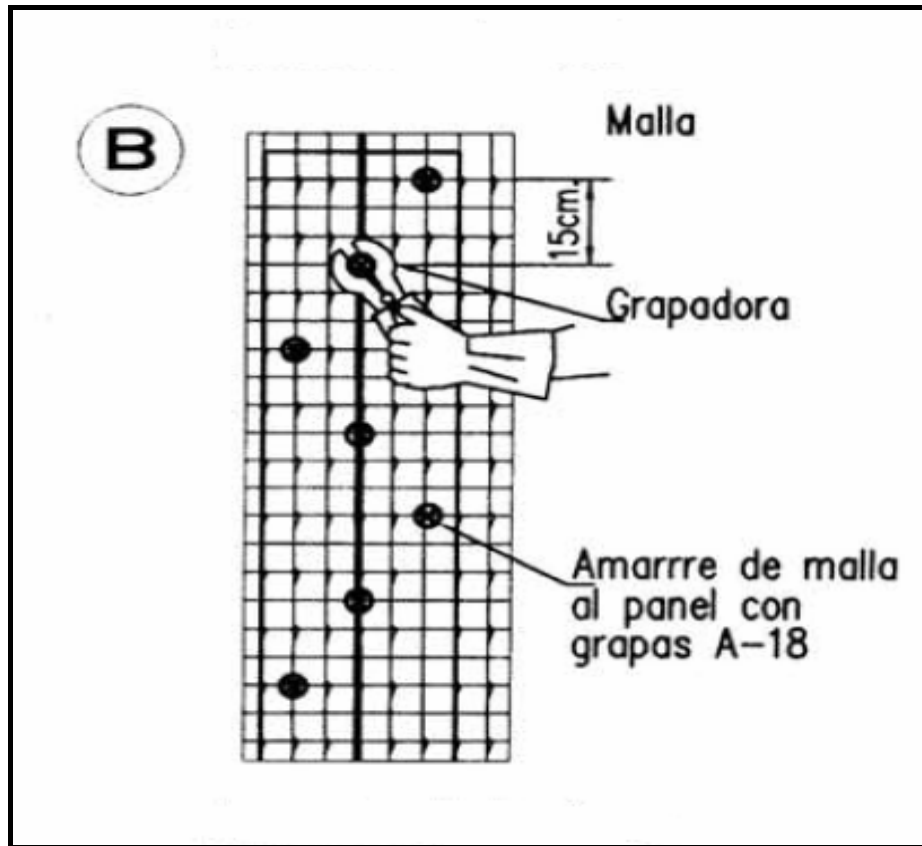


FIGURA 43. Amarre de Malla de Refuerzo.

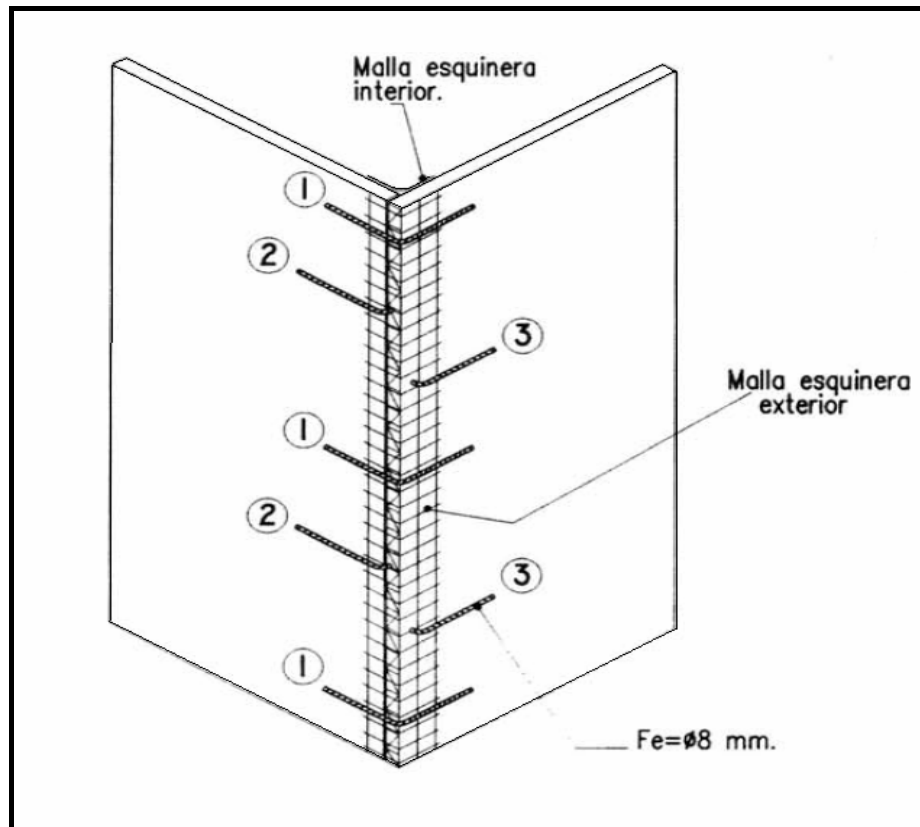


FIGURA 44. Unión de Muro en Esquina.

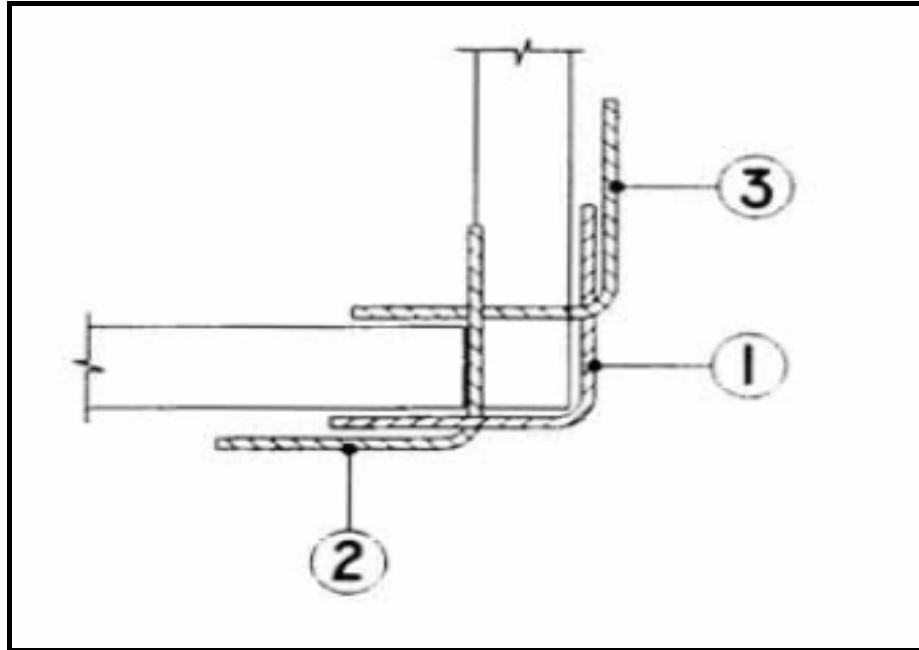


FIGURA 45. Escuadras para la unión.

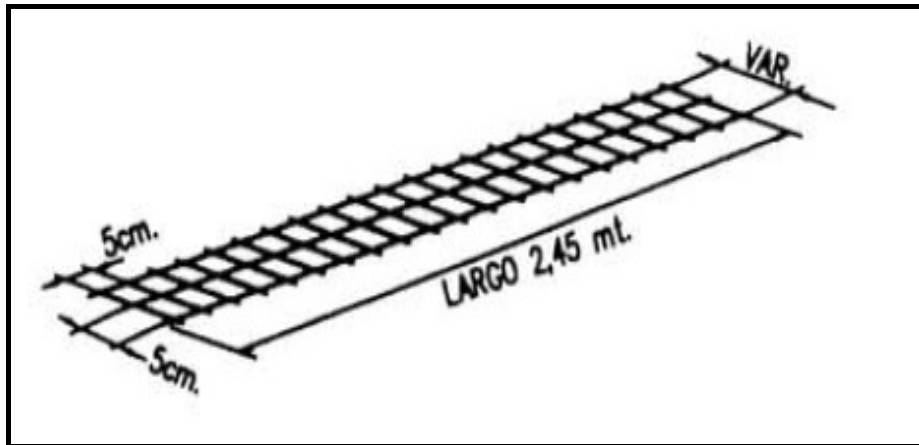


FIGURA 46. Malla de unión.

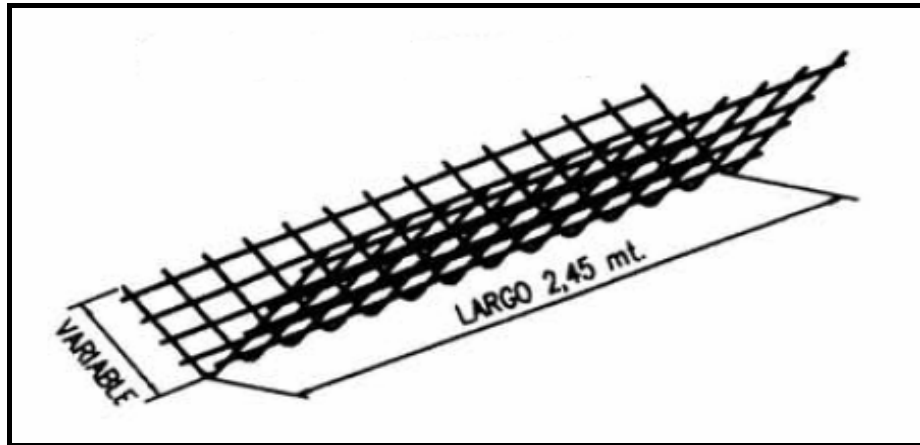


FIGURA 47. Malla Esquinera.

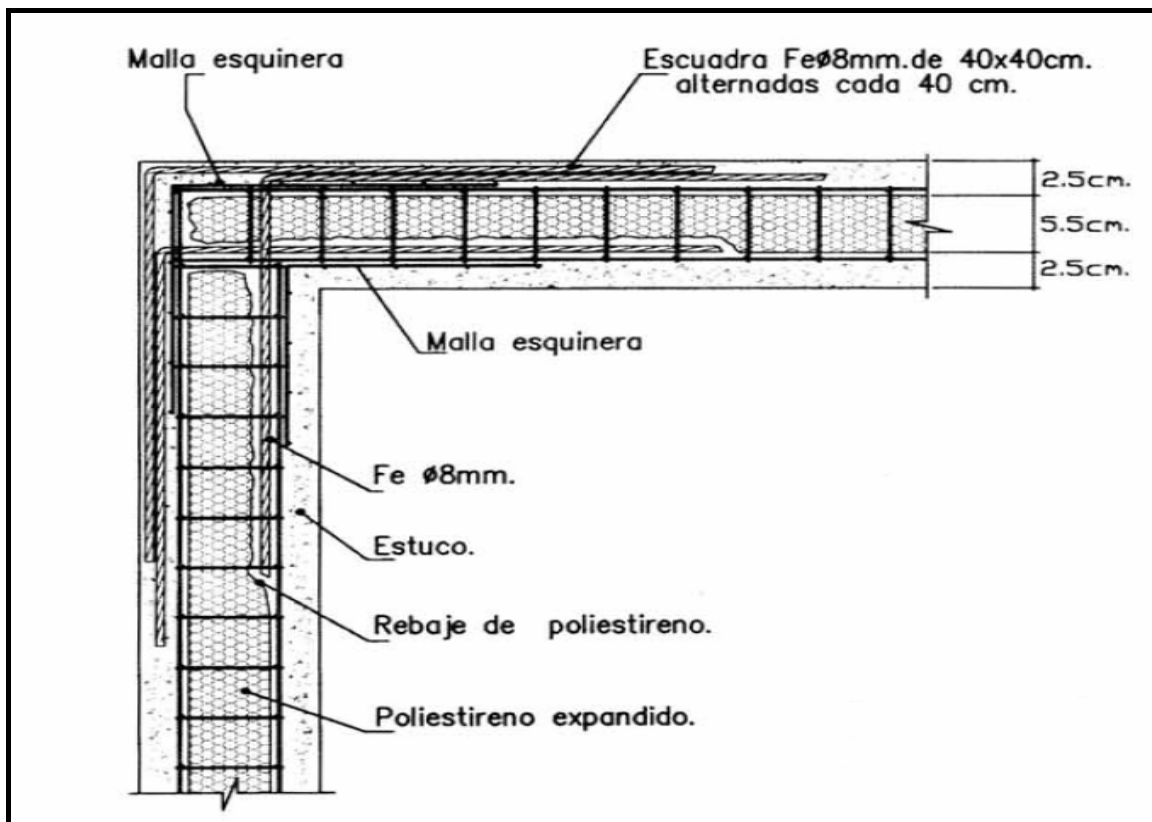


FIGURA 48. Unión de Muros, vista en planta.

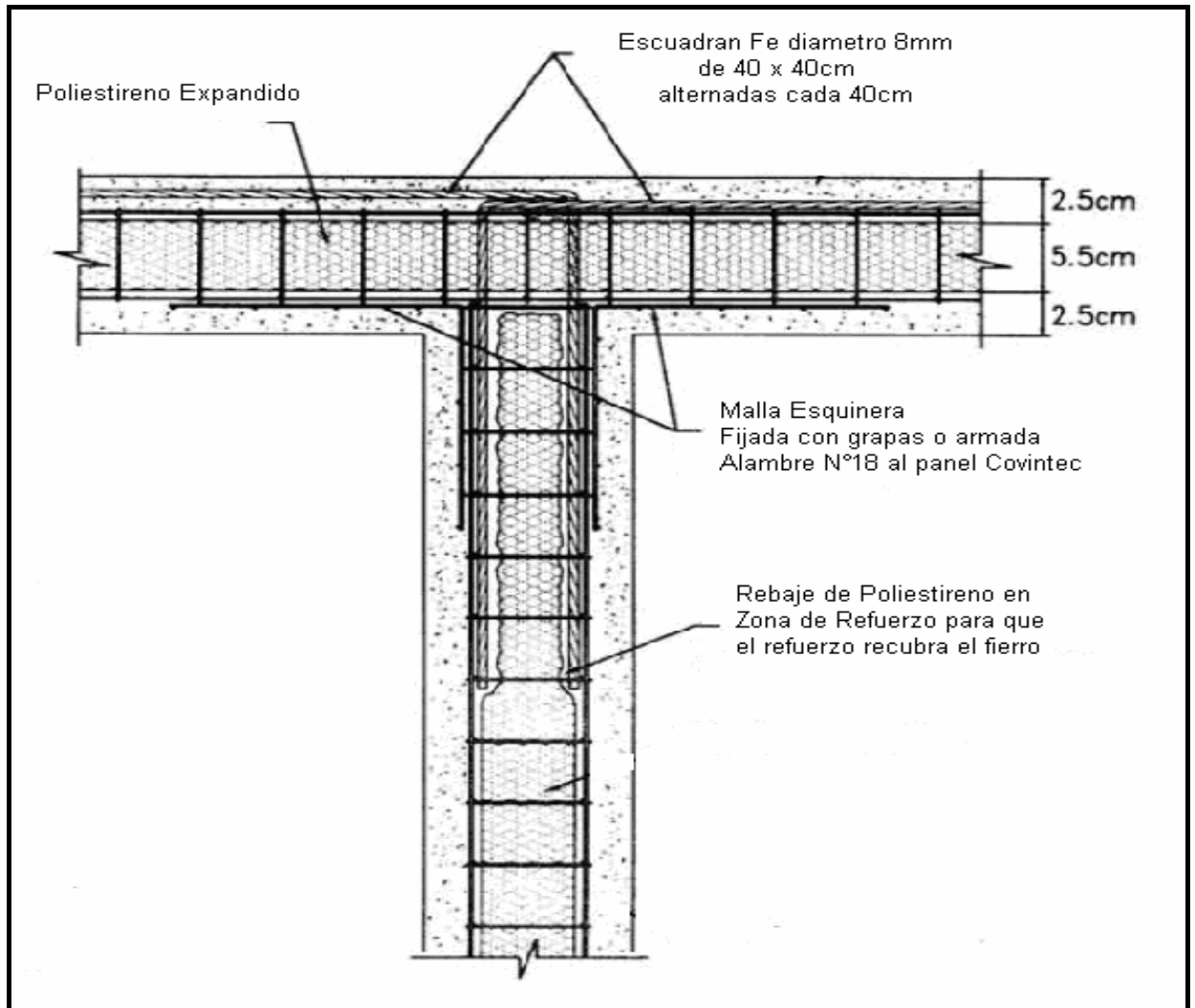


FIGURA 49. Unión de Muros Perpendiculares.

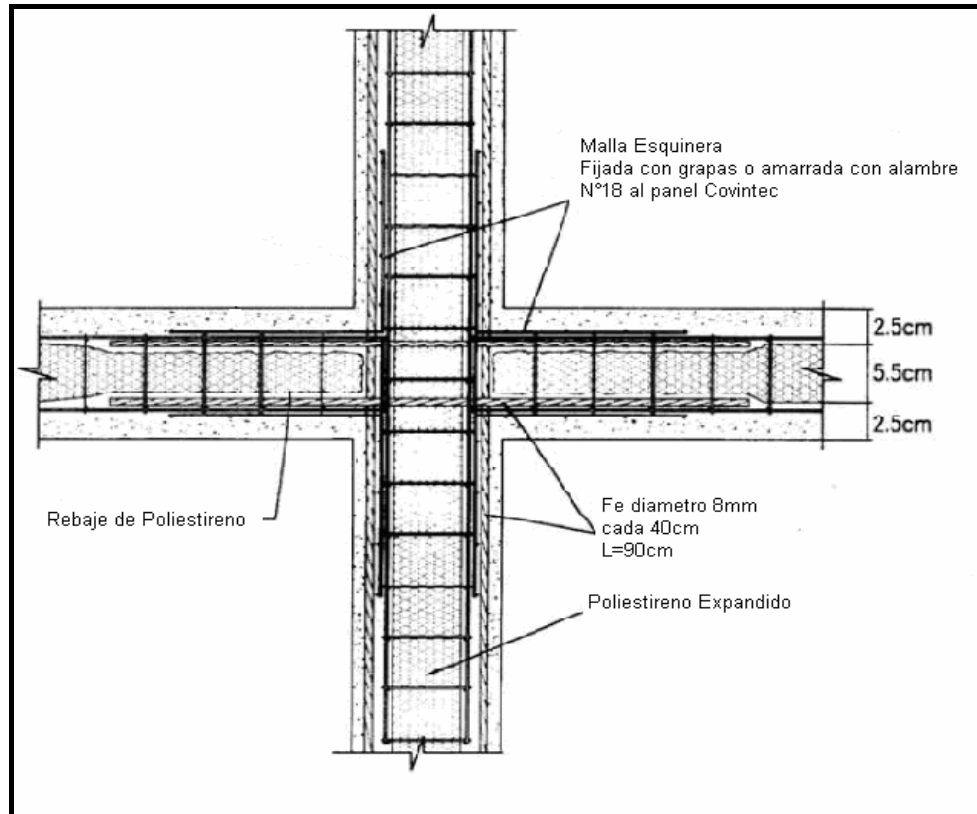


FIGURA 50. Cruce de Muros.

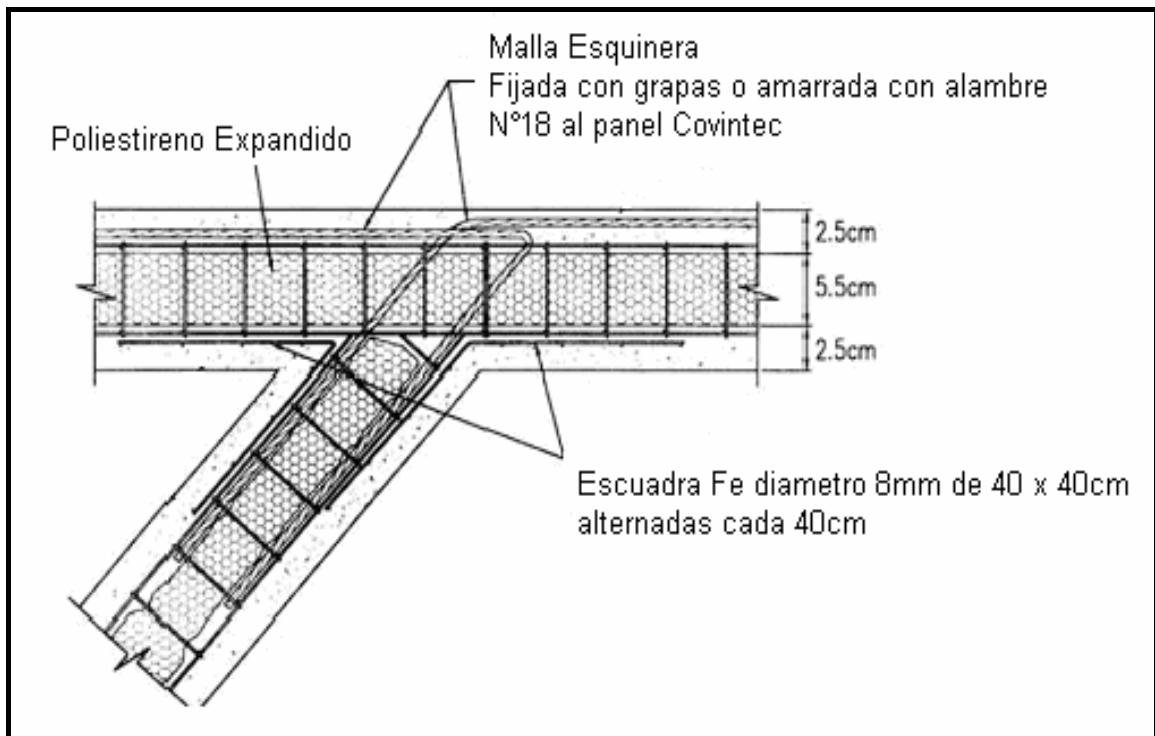


FIGURA 51. Unión de Muros Diagonales.

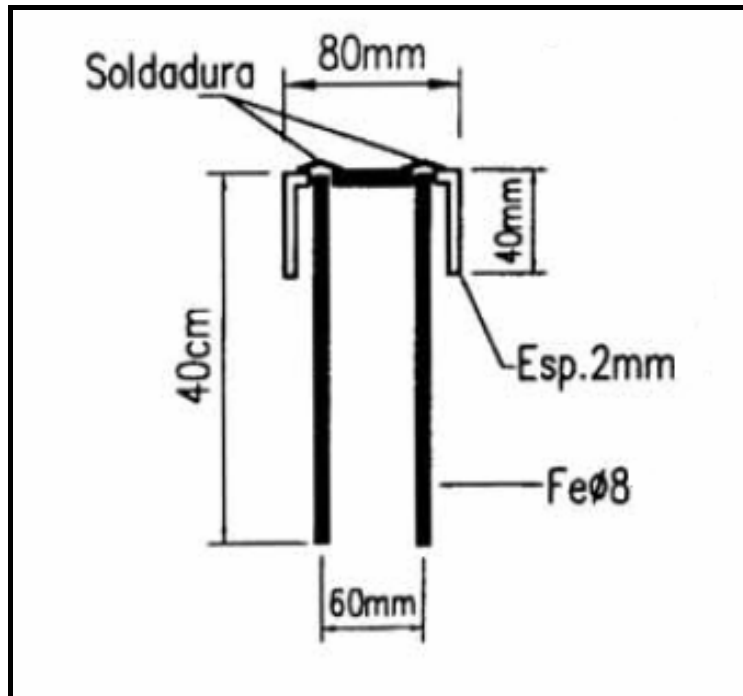


FIGURA 52. Coronación Superior (alternativa 1).

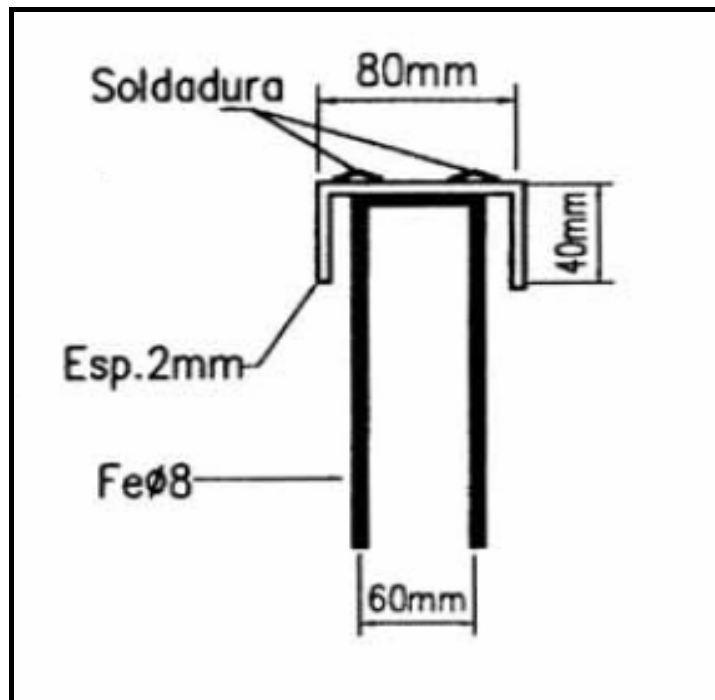


FIGURA 53. Coronación Superior (alternativa 2).

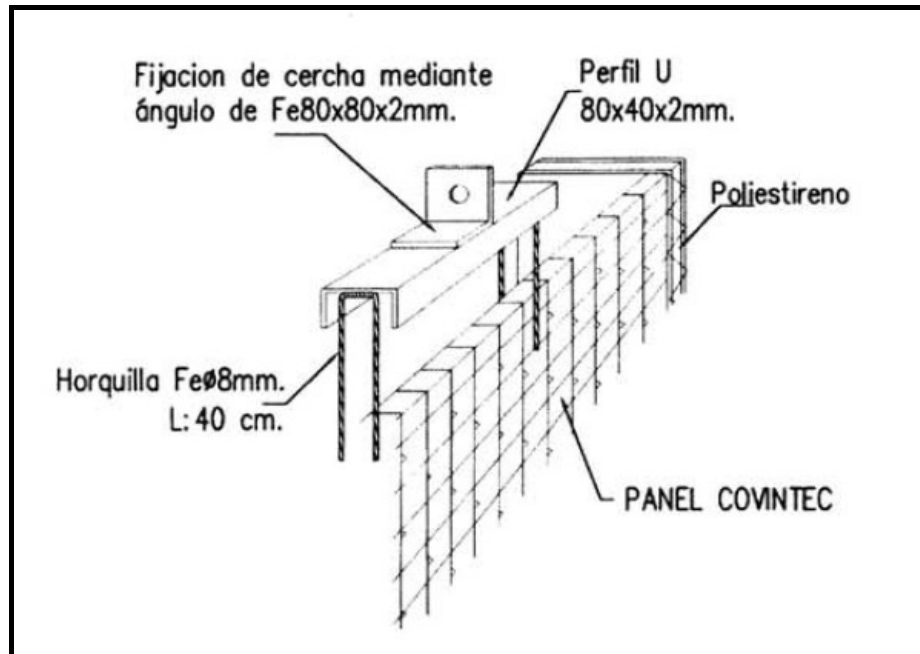


FIGURA 54. Coronación Superior.

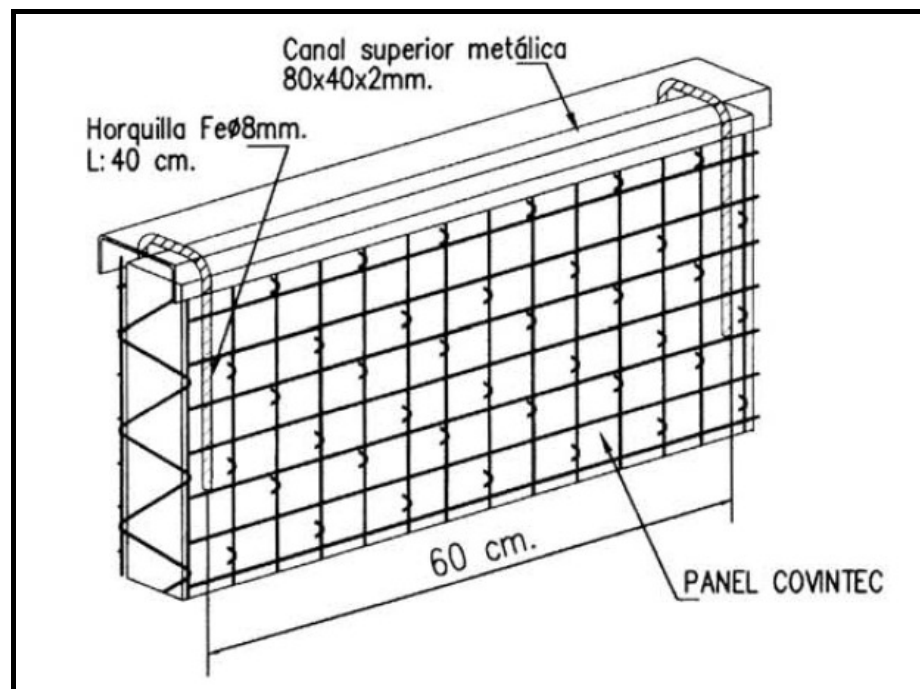


FIGURA 55. Coronación Superior.

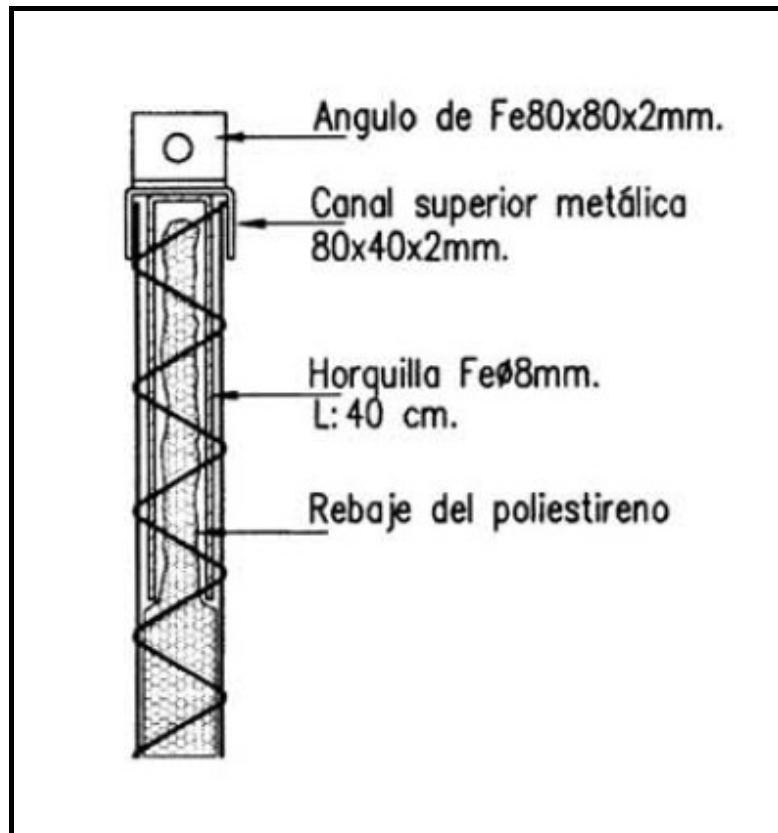


FIGURA 56. Coronación Superior.

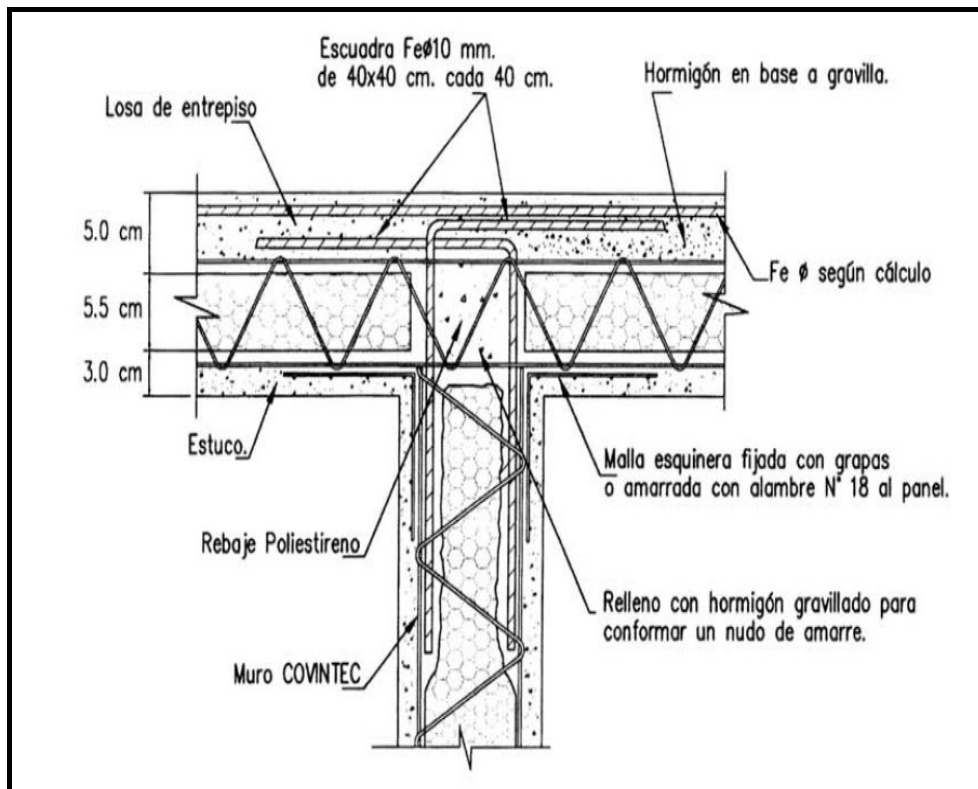


FIGURA 57. Encuentro de Muro a Losa.

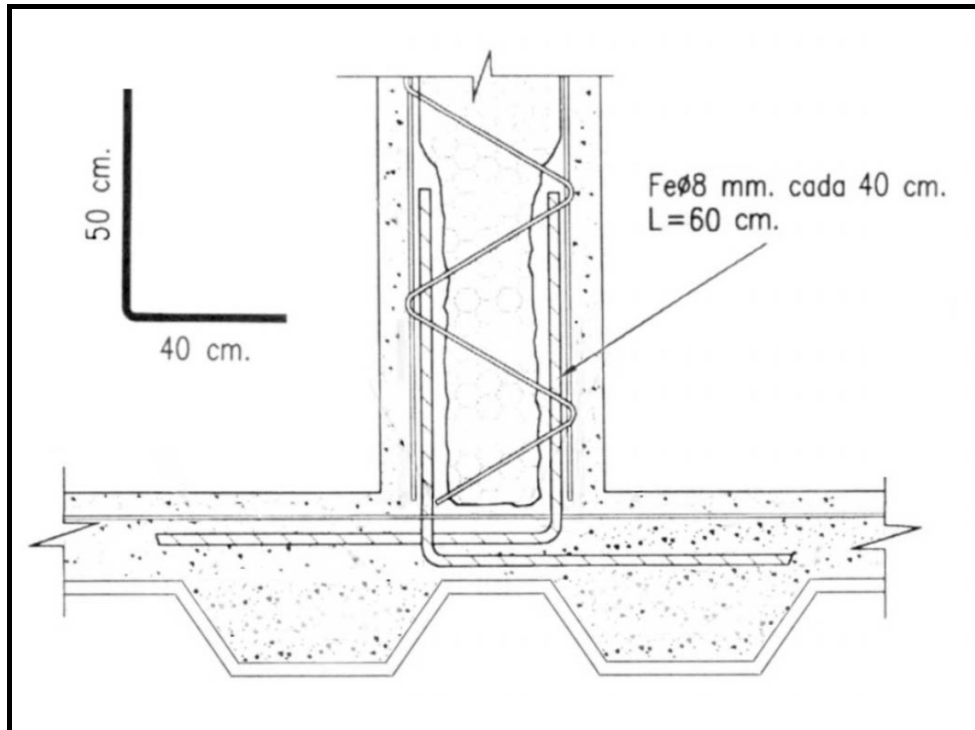


FIGURA 58. Anclaje de Muro Covintec a Losa.

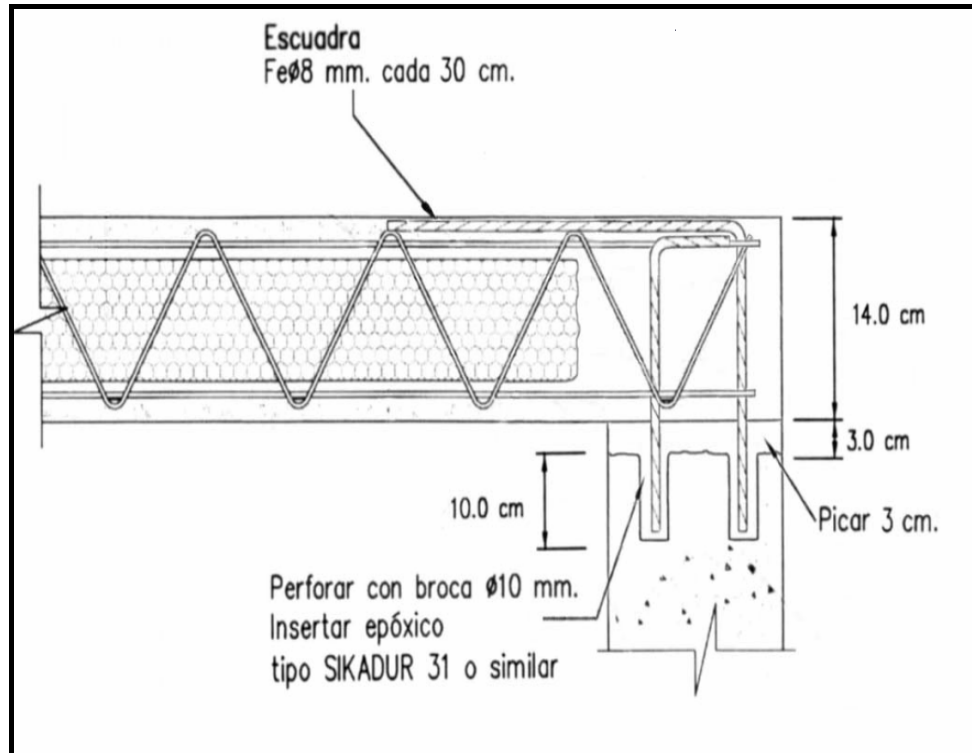


FIGURA 59. Anclaje de Losa sobre Cadena.

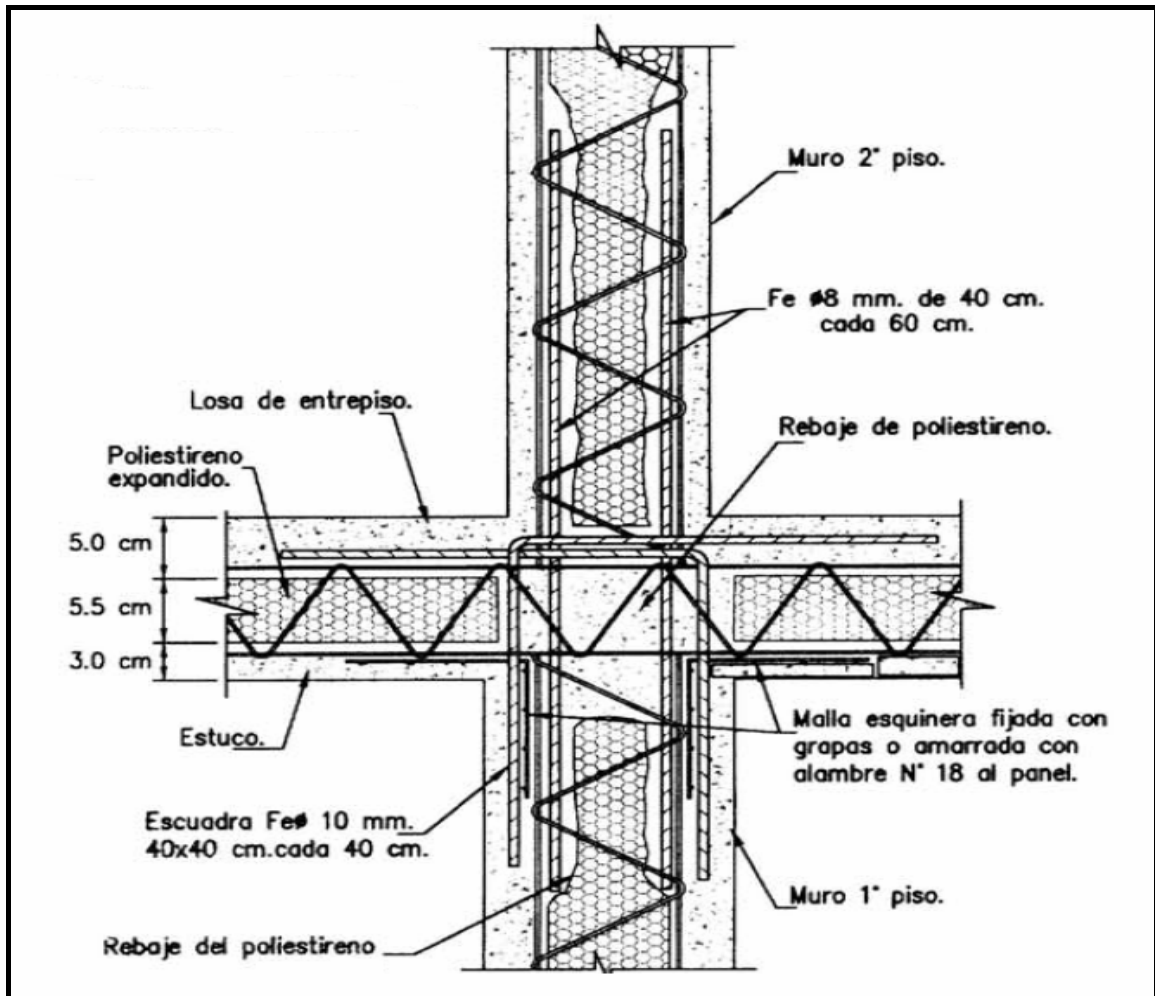


FIGURA 60. Unión de Losa a Muros de 1 y 2 pisos.

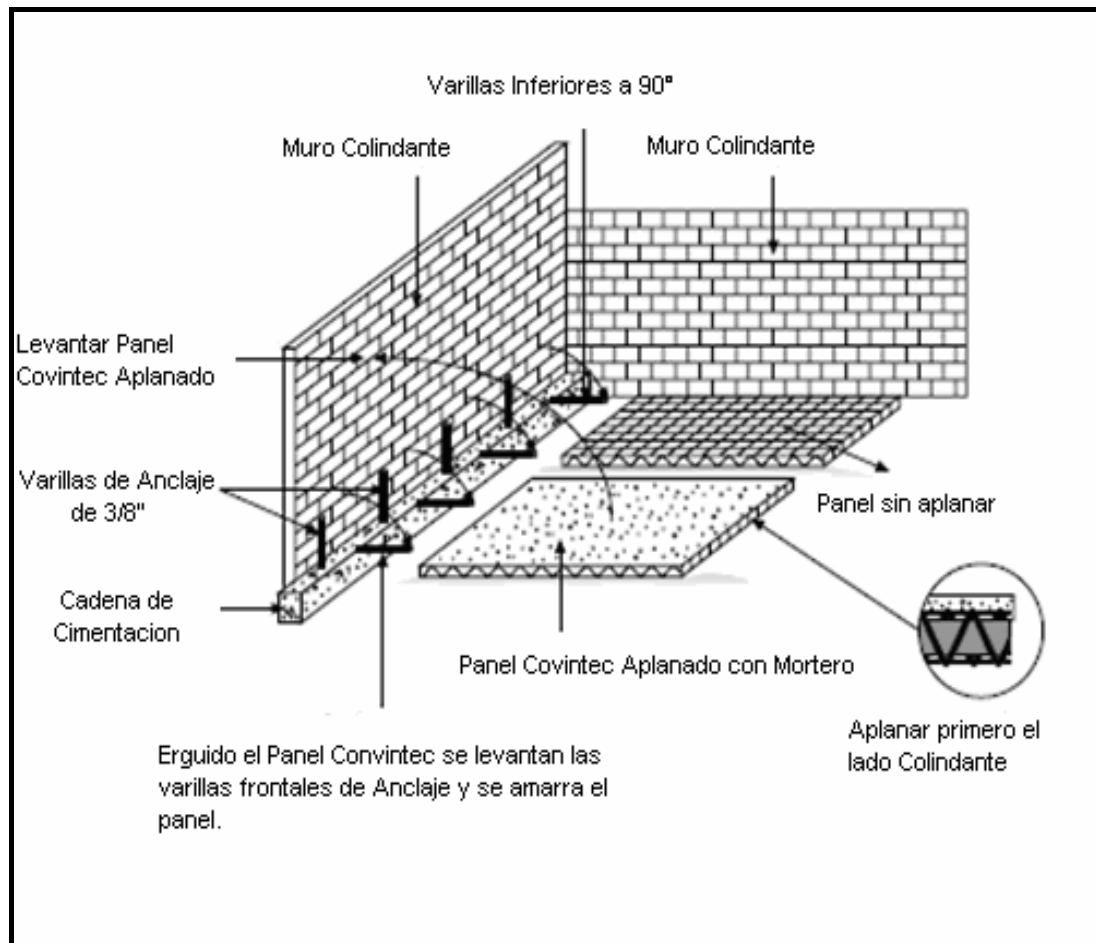


FIGURA 61. Colocación de Muros.

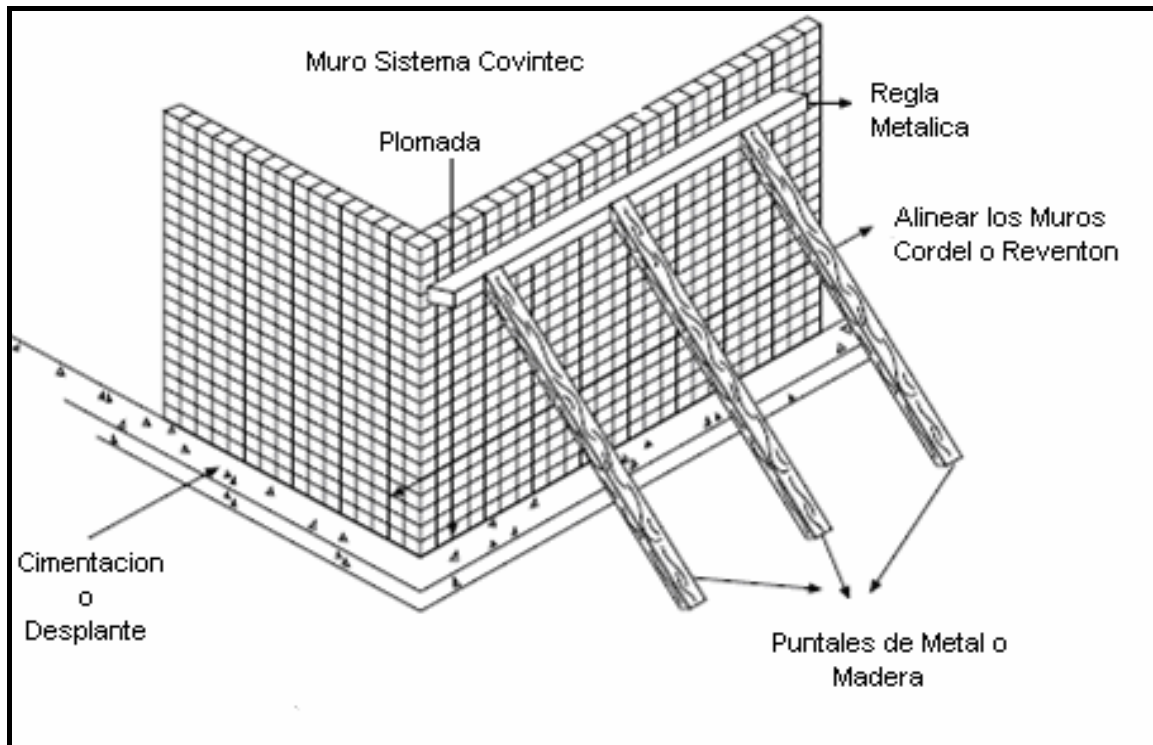


FIGURA 62. Alineación y apuntalamiento de muros.

Tabla 14. Medidas para Muros estructurales y losas.

MUROS ESTRUCTURALES Y LOSAS	
Ancho	122cm
Largo	2.44cm
Espesor de muro terminado	11 a 13cm

Tabla 15. Medidas para Muros internos, muretes y nichos.

MUROS INTERNOS, MURETES Y NICHOS	
Ancho	122cm
Largo	2.44cm
Espesor de muro terminado	7 a 9cm

**FIGURA 63.** Levantamiento de Muros con Paneles Covintec.

Aunque los procesos indicados por los fabricantes suelen ser muy similares, existen también algunas variantes como el Sistema Auto-ensamble, todas las uniones entre dos paneles en muros o losas, podrán unirse con el Nuevo Sistema Auto-ensamble exclusivo de QualyPanel el cual sin la necesidad de mallas de unión, brinda uniones fáciles, rápidas y muy resistentes.

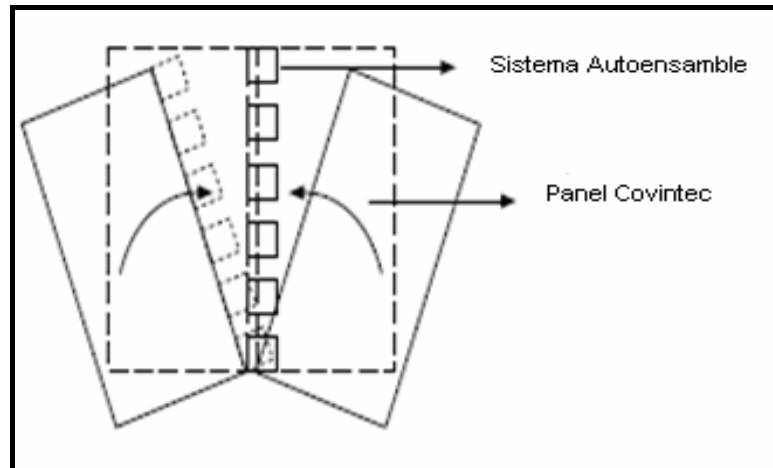


FIGURA 64. Auto-ensamble.

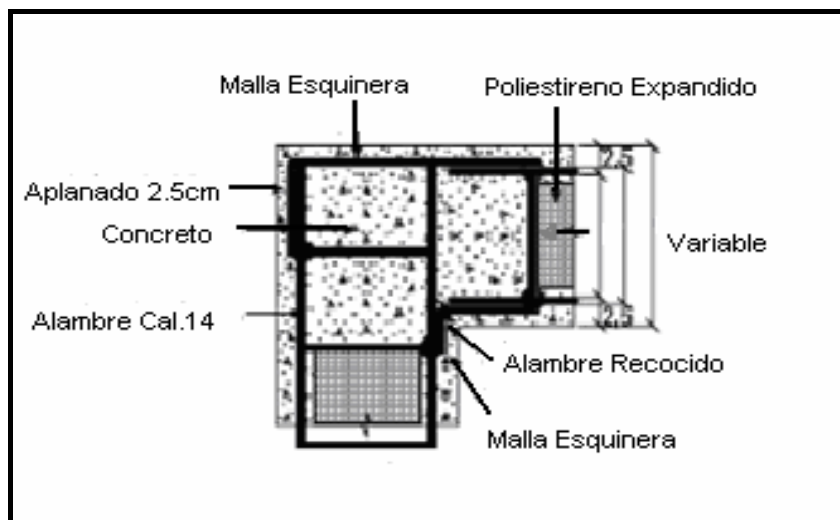


FIGURA 65. Unión de Muro en esquina (planta).

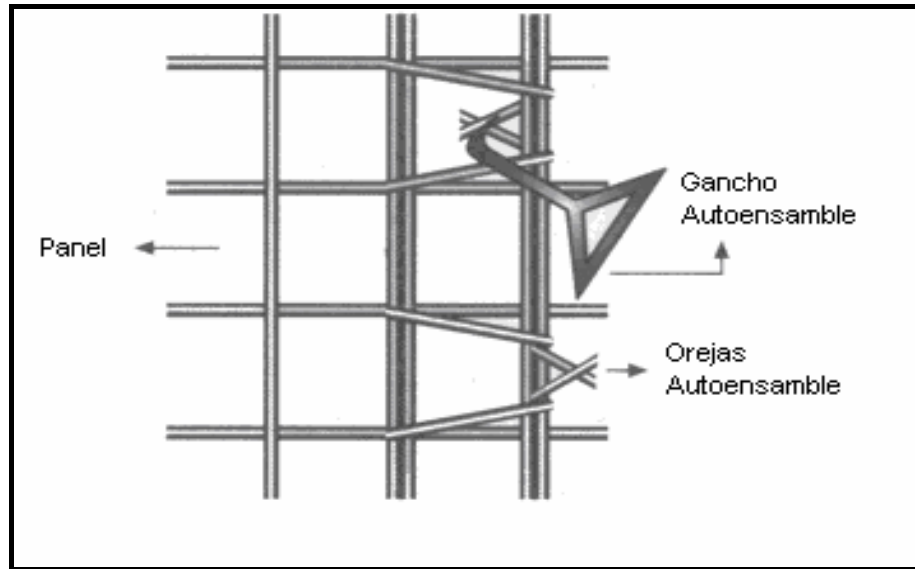


FIGURA 66. Ensamble de paneles.

2.5.6 LOSA

Las Losas Covintec tienen el acero de refuerzo integrado cubriendo claros hasta de 5m., de una sola pieza, simplemente apoyada. El lado mas largo de la Losa Covintec, que es en el sentido en el que corre el zigzag, debe orientarse al claro corto de la losa (perpendicular a las mdrinas).

Siempre con piezas completas y con el acero grueso hacia abajo. Las losas Covintec se unen entre sí con el “Sistema Auto-ensamble”. Para facilitar la aplicación de mortero por el lecho inferior de la Losa Covintec, se recomienda aplicar una primera capa de 3mm. De espesor estando esta y armada, un día antes del colado.

Ya instaladas las Losas Covintec, es recomendable caminar sobre tablas para protegerlas antes y durante el colado.

En construcciones de uso habitacional, la losa Covintec no requiere de acero de refuerzo adicional en claros de hasta de 5m. Colar una capa de compresión de concreto del espesor necesario según el claro (ver tabla anexa), con un concreto de resistencia $f'c = 200 \text{ Kg./cm}^2$.

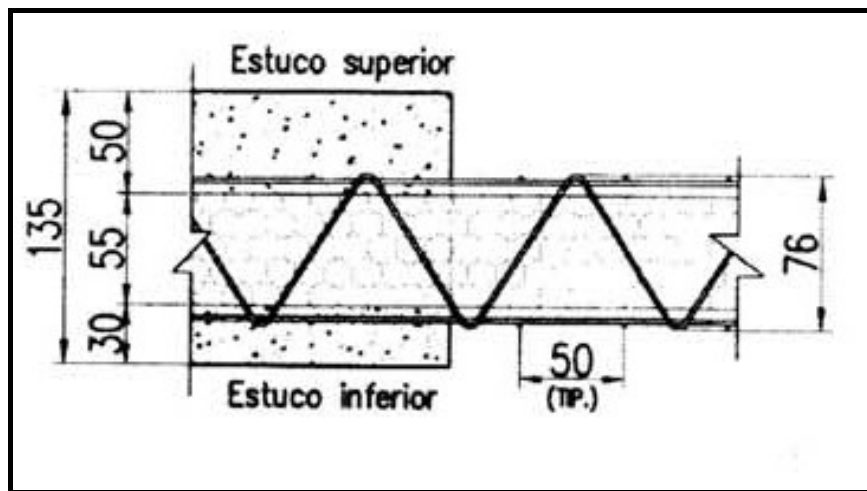


FIGURA 67. Panel de Losa Espesor terminado.

Los Paneles Covintec cuentan con varias medidas para las losas, las cuales tomando como muestra QualyPanel presentamos las siguientes:

1. QualyLosa 4" 1.22 X 3.25m
2. QualyLosa 4" 1.22 X 4.06m
3. QualyLosa 4" 1.22 X 5.01m
4. QualyLosa Covintec 3" 1.22 X 3.25m
5. QualyLosa Covintec 3" 1.22 X 4.06m
6. QualyLosa Covintec 3" 1.22 X 5.01m
7. Qualypool Covintec de 4" 1.22 X 5m

Tabla 16. Medidas para la capa de compresión

CAPA DE COMPRESION			
Losa Covintec Claro en m	3.25	4.06	5.01
Capa de Compresión de Entrepiso	5cm	6cm	7cm
Capa de Compresión en Azotea	5cm	5cm	6cm

Una vez descimbrado y libre el lecho inferior de la losa, aplicar una segunda capa de mortero hasta alcanzar un espesor de 1.5cm. El acabado final de la losa deberá de ser impermeabilizado con el método deseado. Para obtener la mayor resistencia y evitar la aparición de fisuras, es indispensable mantener la superficie húmeda durante el período de curado (especialmente las primeras 48 horas).

**FIGURA 68.** Apuntalamiento de los Paneles de losa.

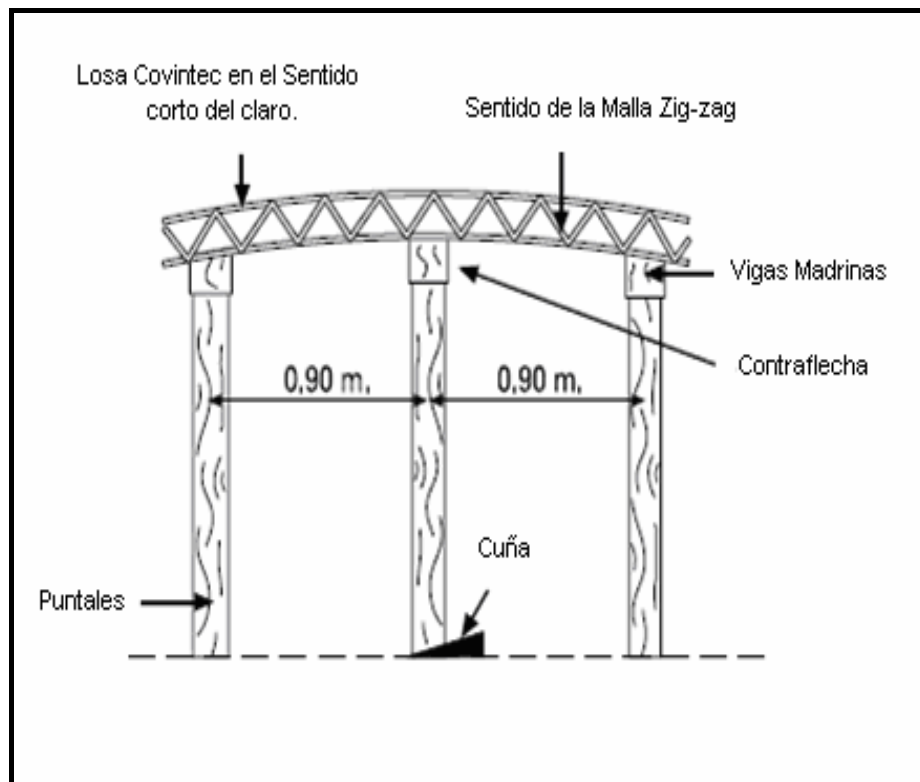


FIGURA 69. Maderas y Apuntalamiento

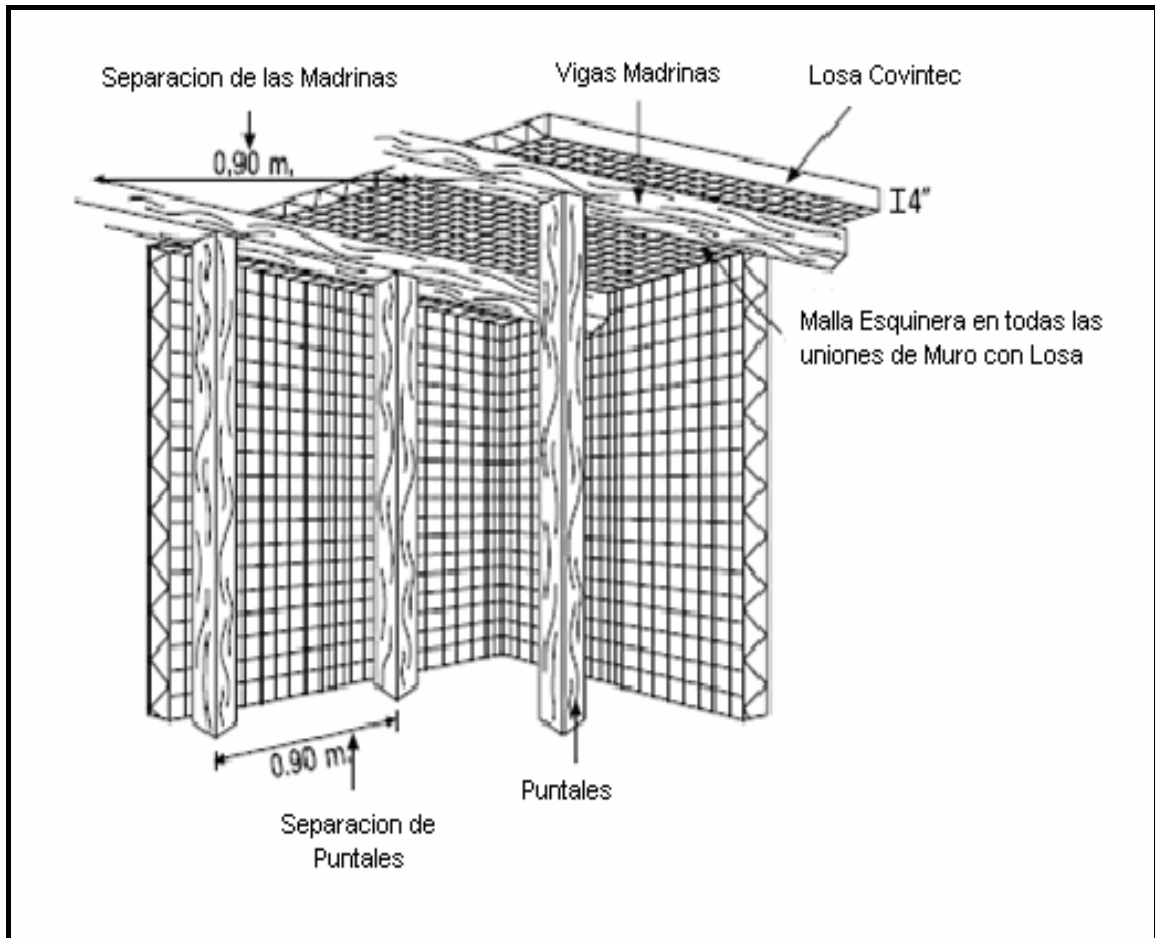


FIGURA 70. Apuntalamiento para Losa o Entrepiso.

CAPITULO 3

3.1 Presupuesto: es la previsión de gastos e ingresos para un determinado lapso. Permite a las empresas, los gobiernos, las organizaciones privadas y las familias establecer prioridades y evaluar la consecución de sus objetivos. Para alcanzar estos fines puede ser necesario incurrir en déficit (que los gastos superen a los ingresos) o, por el contrario, puede ser posible ahorrar, en cuyo caso el presupuesto presentará un superávit (los ingresos superan a los gastos).

En el ámbito del comercio es también un documento o informe que detalla el coste que tendrá un servicio en caso de realizarse. El que realiza el presupuesto se debe atener a él y no puede cambiarlo si el cliente acepta el servicio. El presupuesto se puede cobrar o no en caso de no ser aceptado.

3.2 Cuantificación de Obra: Cada uno de los conceptos de obra en los que se pueda dividir un proyecto determinado, es necesario cuantificar la cantidad de dichos conceptos, ya que los costos, cantidades de materiales, cantidades de mano de obra, etc., se apoyan directamente en esta actividad.

3.3 Generadores de Obra: El generador de obra es el documento del cual se sirve el prestador de servicios para demostrar la ejecución de los trabajos. Para que un prestador de servicios pueda acreditar los trabajos realizados deberá presentar los generadores de obra, en los que señalará los conceptos y cantidades ejecutadas.

3.4 Estimado: esta se define como apreciar, poner precio, evaluar las cosas, por lo general mencionada como “Estimación de Obra”, tiene variaciones de denominación como “Presupuesto o Presupuesto de o Obra”.

Tabla 17. Tabla comparativa por tipo de estimado

	TIPO DE ESTIMADO	PRECISION	TIEMPO	INFORMACION
A	Orden de magnitud (Aproximados)	(+ / -) 35%	1-60 min.	Muy poca
B	Paramétricos (por m2)	(+ / -) 30%	1-4 hrs.	Conceptual (área)
C	Por Componentes. (Fases Constructivas - Sistemas Completos)	(+ / -) 25%	1-2 días	Conceptual (área)
D	Por Ensamble (Elementos o Piezas)	(+ / -) 20%	1-7 días	Conceptual Anteproyecto
E	Precio Unitario	(+ / -) 10%	3-4 semanas	Proyecto Completo

3.4.1 Estimado Conceptual: Se emplean usualmente en las etapas de concepción, preinversión y anteproyecto. Los 4 primeros estimados están dentro de esta clasificación.

3.4.2 Estimado por Sistema: Implica en agrupamiento de varias unidades, conceptos de trabajo, piezas constructivas y fases completas de obra, en esta ultima clasificación están los dos últimos estimados.

Los estimados a nivel conceptual o de anteproyecto exigirán menos tiempo de elaboración pero ofrecen mas baja precisión o alta variabilidad por ende tendremos que agregarle porcentajes de contingencia altos.

3.4.3 Estimados por Magnitud: Este es como una idea, es algo informal, para iniciar el acercamiento con los financieros, ubicar al inversionista, etc. El propósito de este es proveer información de arranque.

3.4.4 Estimados Paramétricos: Parámetro es una constante que entra en una ecuación para obtener un resultado. Un estimado aproximado se obtiene sin poseer un proyecto detallado, solo con una idea de la cantidad de superficie por construir o bien el número de unidades utilizables como números de cuartos y categoría de un hotel, a esto se le llama “Estimados Paramétricos”.

3.4.5 Estimado por Componentes: Este consiste en manejar fases consecutivas completas:

- Cimentación
- Estructura
- Acabados Interiores
- Instalación Hidrosanitaria
- Instalación Eléctrica

Este procedimiento es muy poco usado ya que es rígido en ciertos aspectos, como en el caso de que el estimador quisiera modificar acabados etc. La mejor manera para emplear este método es combinarlo con el de ensamble.

3.4.6 Estimado por Ensamble: Este consiste en el manejo de piezas constructivas completas. Lo atractivo del método es su facilidad de cubicación, en el caso del ensamble de una puerta en vez de cubicar centímetros lineales de pintura en marcos, centímetros cuadrados en barniz, piezas, tornillos, taquetes, etc. Solamente se cubicaran piezas integrales.

3.4.7 Estimado por Precio Unitario: Este procedimiento es el mas conocido y su aplicación es mas bien orientada a la estimación de costos de construcción para efecto de concursar, contratar, pago de estimaciones de obra y reclamaciones de conceptos extraordinarios y ajustes.

Para poder aplicar este método es necesario contar con el proyecto ejecutivo completo, planos de detalle, especificaciones y una cuantificación exhaustiva y confiable.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, ejemplificamos un aspecto que es el de la cuantificación de materiales necesarios para la edificación presentada en la figura 71, usando el Estimado Conceptual.

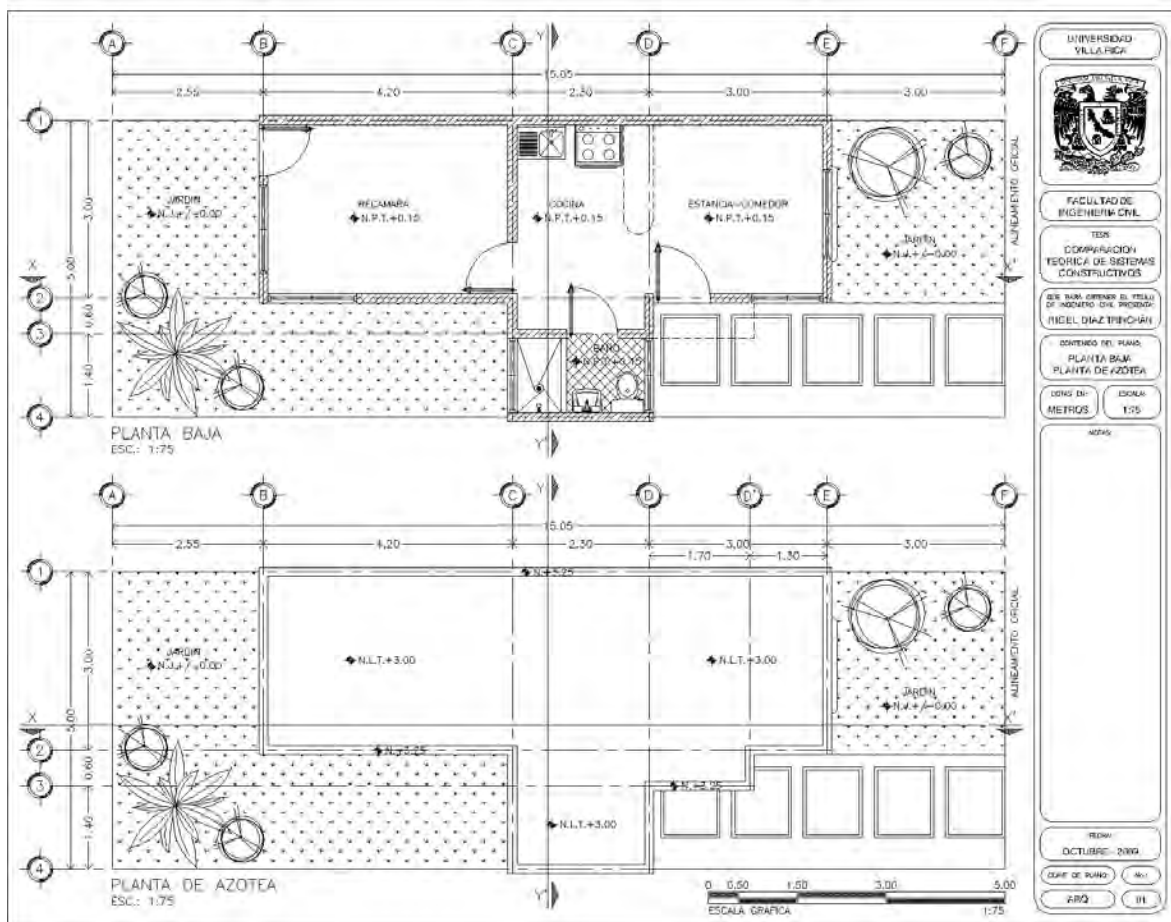
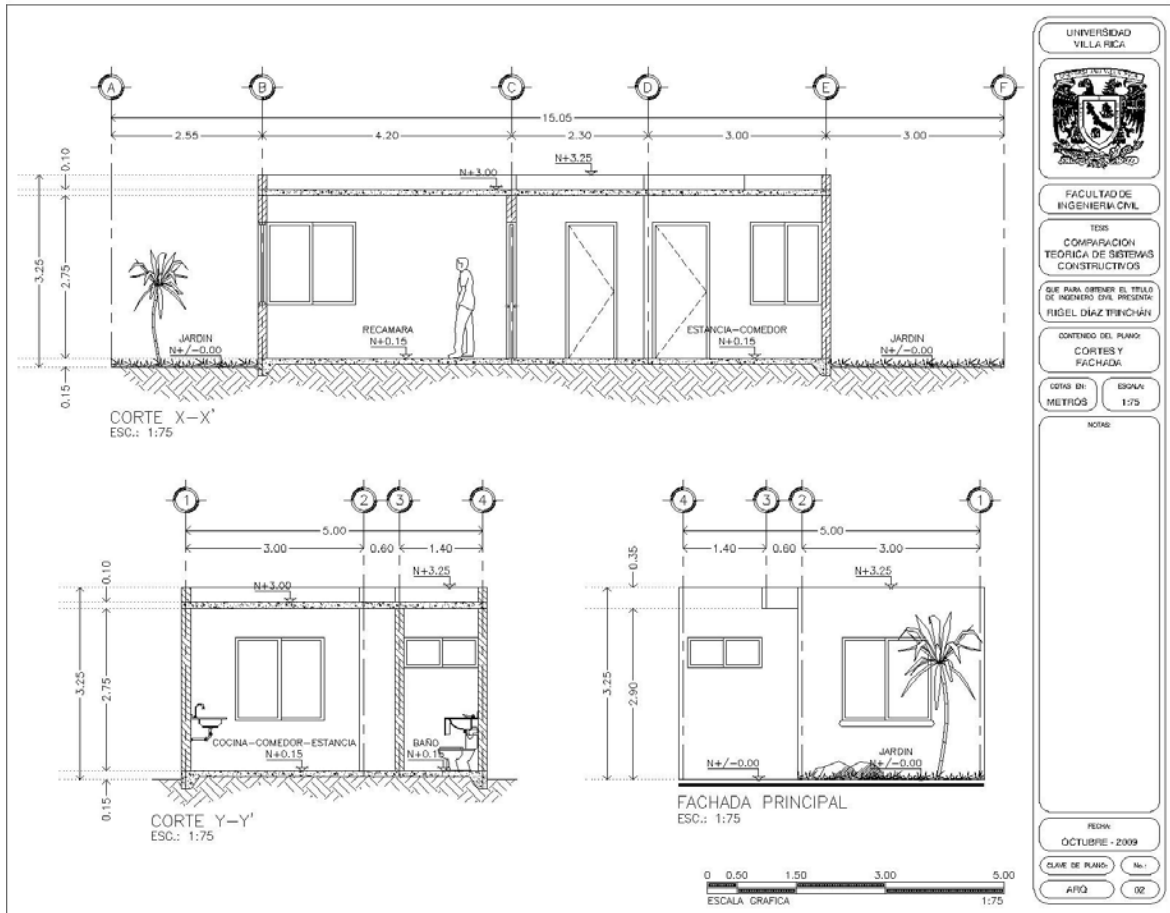


Figura 71. Corte planta baja y azotea



UNIVERSIDAD VILLA RICA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS
COMPARACION TEORICA DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL PRESENTA
RIGEL DIAZ TRINCHÁN

CONTENIDO DEL PLANO:
CORTES Y FACHADA

COTAS EN METROS ESCALA 1:75

NOTAS:

FECHA:
OCTUBRE - 2009

CLASE DE PLANO: No. 02

AFIX 02

Figura 72. Cortes y fachada

Tabla 18. Tabla generadores de obra en muros

CONCEPTO	LOCALIZACIÓN		OPERACIONES				UNIDAD
	EJE	ENTRE	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	
MURO	1	A - G	9.50	0.15	2.85	27.08	M2
MURO	2	A - B	4.20	0.15	2.85	11.97	M2
MURO	2	E - G	3.00	0.15	2.85	8.55	M2
MURO	3	B - E	2.30	0.15	2.85	6.56	M2
MURO	A	1. - 2	3.00	0.15	2.85	8.55	M2
MURO	B	1. - 3	5.00	0.15	2.85	14.25	M2
MURO	E	2. - 3	2.00	0.15	2.85	5.70	M2
MURO	G	1. - 2	3.00	0.15	2.85	8.55	M2
						91.20	M2

Tabla 19. Tabla generadores de obra en losa

CONCEPTO	LOCALIZACIÓN		OPERACIONES				UNIDAD
	EJE	ENTRE	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	
LOSA	1-3	B-E	5.000	2.300	0.15	11.500	M2
LOSA	1-2'	E-F	3.600	1.700	0.15	6.120	M2
LOSA	1-2	F-G	3.000	1.300	0.15	3.900	M2
LOSA	1-2	A-B	3.000	4.200	0.15	12.600	M2
						34.120	M2
CONCEPTO	LOCALIZACIÓN		OPERACIONES				UNIDAD
	EJE	ENTRE	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	
LOSA	1-3	B-E	5.000	2.300	0.150	1.725	M3
LOSA	1-2'	E-F	3.600	1.700	0.150	0.918	M3
LOSA	1-2	F-G	3.000	1.300	0.150	0.585	M3
LOSA	1-2	A-B	3.000	4.200	0.150	1.890	M3
						5.118	M3

Tabla 20a. Tabla comparativa de costos por métodos de construcción

METODOS	OTROS COSTOS				TOTAL
	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	
TRADICIONAL	Armex castillos	30	MT	\$ 12.83	\$ 384.90
	Armex cerramiento	32	MT	\$ 13.50	\$ 432.00
	Alambre	1213	MT	\$ 0.25	\$ 303.25
	Block	91.20	M2	\$ 40.50	\$ 3,693.60
	Junta	91.20	M2	\$ 1.35	\$ 123.12
	Cimbra	34.12	M2	\$ 110.00	\$ 3,753.20
	Repello	182.40	M2	\$ 14.95	\$ 2,726.88
	Varilla	477	M	\$ 12.34	\$ 5,886.18
	Colado	5.12	M3	\$ 1,387.00	\$ 7,098.67
					\$ 24,401.80
VIGUETA Y VOBEDILLA	Armex castillos	30	MT	\$ 12.83	\$ 384.90
	Armex cerramiento	32	MT	\$ 13.50	\$ 432.00
	Block	91.20	M2	\$ 40.50	\$ 3,693.60
	Cimbra	2.50	M2	\$ 110.00	\$ 275.00
	Malla Electrosoldada	34.12	M2	\$ 26.18	\$ 893.26
	Junta	91.20	M2	\$ 1.35	\$ 123.12
	Repello	125.32	M2	\$ 14.95	\$ 1,873.53
	Colado	1.70	M3	\$ 1,387.00	\$ 2,357.90
	Vigueta y vobedilla	34.12	M2	\$ 170.00	\$ 5,800.40
	Alambres de amarre	200	MT	\$ 0.25	\$ 50.00
					\$ 15,883.71

Tabla 20b. Tabla comparativa de costos por métodos de construcción

METODOS	OTROS COSTOS				TOTAL
	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	
COVINTEC	Panel covintec muro	91.20	M2	\$ 95.00	\$ 8,664.00
	Panel covintec losa	34.12	M2	\$ 100.50	\$ 3,429.06
	Malla esquinera muros				
	Malla ext.	31.35	M	\$ 12.29	\$ 385.29
	Malla int.	42.75	M	\$ 10.86	\$ 464.27
	Malla esquinera losa	40	M	\$ 12.29	\$ 491.60
	Repello				
	Muros	182.4	M2	\$ 14.95	\$ 2,726.88
	Losa int.	34.12	M2	\$ 14.95	\$ 510.09
	Losa ext.	5.11	M3	\$ 1,387.00	\$ 7,087.57
	Cimbra	34.12	M2	\$ 110.00	\$ 3,753.20
	Varilla	35	M	\$ 12.34	\$ 431.90
					\$ 27,943.86
MECCANO	Molde	0.00	USO	\$ 1,000,000.00	\$ 4,166.67
	Malla Electrosoldada	34.12	M2	\$ 26.18	\$ 893.26
	Alambre de amarre	100	M	\$ 0.25	\$ 25.00
	Colado				
	Losa	5.11	M3	\$ 1,387.00	\$ 7,087.57
	Muros	13.68	M3	\$ 1,387.00	\$ 18,974.16
					\$ 31,146.66

Tabla 21. Tabla comparativa de costos totales de materiales

METODOS	TOTAL
TRADICIONAL	\$ 24,401.80
VIGUETA Y BOVEDILLA	\$ 15,883.71
COVINTEC	\$ 27,943.86
MECCANO	\$ 31,146.66

CAPITULO 4

CONCLUSION

Se concluye que existen diferentes sistemas para edificaciones, del conocimiento que se tenga de cada uno de ellos nos permitirá seleccionar el sistema más idóneo para el proyecto que se tiene en mente realizar, este debe satisfacer los siguientes aspectos:

- Costos
- Empleo de horas-hombres
- Materiales
- El mas preciso para evaluar los pesos en el sistema de construcción

Por eso es necesario conocer la mayor cantidad de sistemas posibles y los nuevos materiales empleados en la construcción.

De acuerdo a las tablas presentadas en el capitulo 3 en el cual presentamos un modelo de casa habitación y la estimación conceptual de la misma, se observa que para inversionistas de capitales pequeños el sistema Vigüeta-Bovedilla es el mas recomendable porque como se

demuestra en la tabla de estimaciones se disminuye el costo considerablemente. En el caso de ser una empresa con capital mayor por ende con producciones mayores, se observa que la adquisición del sistema Meccano seria la opción más viable.

BIBLIOGRAFIA

1. Wikipedia Foundation Inc. <http://es.wikipedia.org/wiki/Molde>
2. <http://www.arquitectuba.com.ar/monografias-de-arquitectura/materiales-prefabricados-de-cemento/>
3. Gallo.Espino.Olvera, Diseño Estructural de Casas Habitación, Editorial McGraw Hill, Pág. 1, 2, 52, 53, 59.
4. Enrique Cramer, Cesar Añorbe, Una guía paso a paso, Manual de Albañilería y Autoconstrucción I, Editorial Trillas, Pág. 11, 12, 38, 39, 40, 63, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96.
5. Enrique Cramer, Cesar Añorbe, Una guía paso a paso, Manual de Albañilería y Autoconstrucción II, Editorial Trillas, Pág. 29, 32, 35, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 56, 58, 60, 61, 62, 63, 66, 67, 71.
6. Manual Técnico Armadura y Losas de Vigüeta y Bovedilla, DeAcero, S.A. De C.V.
7. Curso de Sistema Constructivo, Meccano de México, S.A. De C.V.
8. Ing. José Carlos Parra Rodríguez, Tesis de Diseño de un Sistema Optimizado para Planear, Organizar, Dividir y Controlar proyectos de Unidades Habitacionales de tipo de Interés Social.
9. Ing. Alberto Ramírez Capo, Tesis de Procedimiento Constructivo en serie para Vivienda de Interés Social mediante cimbra metálica Meccano.
10. www.premex.com y folletos
11. www.deacero.com