



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE VIVIENDAS EN SERIE MEDIANTE EL
USO DE FORMALETAS DE ALUMINIO EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Sergio David Girón Mejía

Asesorado por el Ing. Marco Antonio García Díaz

Guatemala, octubre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE VIVIENDAS EN SERIE MEDIANTE EL
USO DE FORMALETAS DE ALUMINIO EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SERGIO DAVID GIRÓN MEJÍA

ASESORADO POR EL ING. MARCO ANTONIO GARCÍA DÍAZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy OlympoPaiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy OlympoPaiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Carmen Marina Mérida Alva
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
EXAMINADOR	Ing. Marco Antonio García Díaz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE VIVIENDAS EN SERIE MEDIANTE EL USO DE FORMALETAS DE ALUMINIO EN LA CIUDAD DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha octubre de 2011.

Sergio David Girón Mejía



Guatemala, 23 de Marzo de 2012


Ingeniero
Guillermo Francisco Melini Salguero
Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles
Escuela de Ingeniería Civil
Guatemala

Estimado Ingeniero:

Por este medio le informo que he revisado el trabajo de graduación titulado **"Descripción del Sistema Constructivo de Viviendas en Serie Mediante el Uso de Formaletas de Aluminio en la Ciudad de Guatemala"**, elaborado por el estudiante Sergio David Girón Mejía.

El mencionado trabajo de graduación llena los requisitos para mi aprobación, e indicarle que el autor y mi persona somos los responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Atentamente,


Ing. Marco Antonio García Díaz
Colegiado No. 6899
ASESOR

Marco Antonio García Díaz
Ingeniero Civil
Colegiado No 6899



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
17 de julio de 2012

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE VIVIENDAS EN SERIE MEDIANTE EL USO DE FORMALETAS DE ALUMINIO EN LA CIUDAD DE GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Sergio David Girón Mejía, quien contó con la asesoría del Ing. Marco Antonio García Díaz.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Civil Guillermo Francisco Melini Salguero
Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles

 FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Marco Antonio García Díaz y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación del estudiante Sergio David Girón Mejía, titulado **DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE VIVIENDAS EN SERIE MEDIANTE EL USO DE FORMALETAS DE ALUMINIO EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

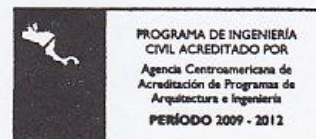

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre de 2012.

/bbdeb.

Más de **130** ^{Años} de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 495.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE VIVIENDAS EN SERIE MEDIANTE EL USO DE FORMALETAS DE ALUMINIO EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Sergio David Girón Mejía**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 10 de octubre de 2012

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Gracias por brindarme el día a día, por ponerme pruebas que solo tú sabes que puedo superar, sin tu amor y bendiciones no cumpliría mis propósitos.

Mi familia

La bendición de ser una familia unida, de enseñarme a ser una mejor persona y de apoyarme en todo momento cuando emprendo un sueño por alcanzar.

Mis familiares

Que siempre están pendientes de mí y demuestran el cariño sincero a mi persona.

Mis amigos

Por cada minuto de su tiempo y dedicación para escuchar y aprender juntos a vivir en este mundo.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Cuando pongo mi día en tus manos me brindas tu amor y tu seguridad para que todo salga bien. Gracias por tantas bendiciones y ángeles que tienes en mi vida.

Mis padres

Que son lo más importante en mi vida, porque gracias a ellos, he aprendido a ser una mejor persona día a día. Gracias por todo y los quiero muchísimo.

Mis hermanas

Que siempre están cuando las necesito, no solo llevamos una gran relación de familia sino también son mis mejores amigas. Gracias por tanto.

Mis amigos

No siempre tiene uno la fortuna de encontrarse a personas que estén con uno en todo momento, no saben lo mucho que significan en mi vida. Gracias por estar ahí conmigo.

Asesor

Muchísimas gracias por todas sus enseñanzas, por ser un ejemplo como persona, y por permitirme tenerlo como un amigo. Gracias Marco Antonio García.

Facultad de Ingeniería

Agradezco mucho a todas aquellas personas que tuve el honor de conocer y además, de trabajar con ellas, permitiéndome observar lo grande que es nuestra facultad. Entre ellas:

Ing. Hugo Montenegro, Ing. Omar Medrano, Inga. Carmen Mérida, Inga. Dilma Mejicanos.

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por darme las herramientas necesarias para desarrollarme como profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE FORMALETAS DE ALUMINIO	1
1.1. Historia	1
1.2. Generalidades del sistema	3
2. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	11
2.1. Paneles de muro	11
2.1.1. Tipos de paneles complementarios	15
2.1.1.1. Panel CAP	15
2.1.1.2. Ángulo exterior	16
2.1.1.3. Esquinero de muro interno	17
2.1.1.4. Tapamuros	19
2.1.1.5. Esquina en cruz.....	20
2.1.1.6. Esquinas en L.....	21
2.1.1.7. Esquina en T	22
2.2. Paneles de losa	23
2.2.1. Unión muro losa lisa – cenefa	25
2.2.2. Cuchilla.....	26
2.2.3. Soporte para cuchilla	27

2.2.4.	Unión muro losa de 10, 20 y 25 centímetros	28
2.2.5.	Culatón	28
2.2.6.	Losa de apuntalamiento	29
2.2.7.	Base para <i>tricket</i>	30
2.2.8.	Formaletas para domos y cenitales.....	30
2.3.	Accesorios de sujeción.....	31
2.3.1.	Pin flecha.....	32
2.3.2.	Grapacandado.....	32
2.3.3.	Pasador	33
2.3.4.	Cuña.....	33
2.3.5.	Pin grapa	34
2.3.6.	Corbata.....	35
2.4.	Accesorios de alineación.....	36
2.4.1.	Portalineador horizontal.....	36
2.4.2.	Portalineador intermedio	38
2.4.3.	Puntal XS	38
2.4.4.	Tensor extensible de vanos.....	39
2.4.5.	Tensor fijo.....	40
2.4.6.	Alineador interno para unión muro losa.....	41
2.4.7.	Alineador para complementos de muro.....	41
2.4.8.	Tensores de soporte.....	42
2.5.	Herramientas específicas	43
2.5.1.	Saca corbatas.....	44
2.5.2.	Sacapanel	44
2.5.3.	Barreta niveladora	45
2.5.4.	Sacagrapa	46
2.5.5.	Saca unión muro losa.....	46
2.6.	Herramientas de uso general	47
2.7.	Materiales de limpieza.....	48

3.	DESCRIPCIÓN DE MODULACIÓN PARA VIVIENDA.....	49
3.1.	Descripción.....	49
3.2.	Representación de paneles en planos	52
3.3.	Ejemplo de modulación	55
4.	PROCESO CONSTRUCTIVO DE VIVIENDAS CON FORMALETAS DE ALUMINIO.....	61
4.1.	Descripción.....	61
4.2.	Topografía y trazo	62
4.3.	Zanjeo	63
4.4.	Armado y fundición de losas decimentación	64
4.5.	Descripción del armado de muros	66
4.6.	Detalle de instalaciones sanitarias y eléctricas	67
4.7.	Descripción del armado de paneles en muros y losas	68
4.7.1.	Montaje de paneles en muro	69
4.7.1.1.	Secuencia de instalación de paneles en muros	69
4.7.1.2.	Instalación de caps.....	72
4.7.1.3.	Marco de puertas y ventanas	73
4.7.1.4.	Alineación horizontal.....	74
4.7.2.	Montaje de paneles en losa.....	75
4.7.2.1.	Secuencia de instalación de paneles en losa	75
4.7.2.2.	Apuntalamiento de losa	77
4.7.2.3.	Instalación de electromalla en losa..	78
4.7.3.	Revisión final	79
4.8.	Fundición del primer nivel.....	80
4.8.1.	Especificación del concreto	80
4.8.2.	Desencofre de las formaletas de aluminio.....	84

5.	TIEMPO DE FINALIZACIÓN DE OBRA	89
5.1.	Sistema de mampostería	89
5.2.	Sistema de formaletas de aluminio	91
5.3.	Comparación de los sistemas	93
6.	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO	95
6.1.	Sistema constructivo de mampostería	96
6.2.	Sistema constructivo de formaletas de aluminio	98
6.3.	Comparación de costos.....	103
6.4.	Costos de compra de formaletas de aluminio	105
6.5.	Análisis del mínimo de viviendas a construir para optar el sistema de formaletas de aluminio sin financiamiento	108
6.6.	Análisis del mínimo de viviendas a construir para optar el sistema de formaletas de aluminio con financiamiento	111
	CONCLUSIONES.....	119
	RECOMENDACIONES	123
	BIBLIOGRAFÍA.....	125
	ANEXO.....	127

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Moldes especiales para piscina	7
2.	Componentes de panel	12
3.	Acabado de ladrillo	13
4.	Diferentes dimensiones de paneles	14
5.	Panel CAP	15
6.	Detalle de paneles y accesorios	16
7.	Ángulo exterior	17
8.	Esquinero de muro interno	17
9.	Tapa en esquinero	18
10.	Tipos de cenefas	19
11.	Tapamuro	20
12.	Esquina en cruz	21
13.	Esquina en L	22
14.	Esquina en T	23
15.	Panel de losa	24
16.	Detalle unión muro losa lisa – cenefa	26
17.	Cuchilla	27
18.	Soporte para cuchilla	27
19.	Unión muro losa	28
20.	Culatón	29
21.	Losa de apuntalamiento	29
22.	Base para <i>tricket</i>	30
23.	Formaletas para domos	31

24.	Pin flecha.....	32
25.	Grapacandado.....	32
26.	Pasador.....	33
27.	Cuña.....	34
28.	Pin grapa.....	35
29.	Corbata.....	36
30.	Portalineador horizontal.....	37
31.	Alineador de 6,35 cm x 6,35 cm x 0,635cm.....	37
32.	Portalineador intermedio	38
33.	Puntal XS	39
34.	Tensor extensible de vanos.....	40
35.	Tensor fijo.....	40
36.	Alineador interno para unión muro losa.....	41
37.	Alineador para complementos de muro.....	42
38.	Tensores de soporte.....	42
39.	Detalle de colocación de tensor de soporte.....	43
40.	Saca corbata	44
41.	Saca panel	45
42.	Barreta niveladora	45
43.	Saca grapa	46
44.	Saca unión muro losa.....	47
45.	Planta amueblada o arquitectónica	50
46.	Planta acotada	51
47.	Representación de esquinero de muro interno.....	52
48.	Representacion del panel de muro.....	53
49.	Representacion del panel de losa	53
50.	Representacion del panel de sillar	54
51.	Representacion del panel de dintel	55
52.	Planta amueblada dormitorio 2.....	56

53.	Planta acotada dormitorio 2	56
54.	Planta de modulación de paneles en muros del dormitorio 2.....	57
55.	Planta de modulación de paneles en losa del dormitorio 2	58
56.	Planta de modulación de paneles en muros	59
57.	Planta de modulación de paneles en losa.....	60
58.	Topografía.....	62
59.	Trazo.....	63
60.	Zanjeo.....	63
61.	Electromallas en losa de cimentación	64
62.	Fundición de la losa de cimentación	65
63.	Losa de cimentación finalizada	65
64.	Armado de muros	67
65.	Separadores	67
66.	Cajas eléctricas.....	68
67.	Instalación de paneles en esquinas	70
68.	Colocación de corbata	70
69.	Colocación de pin flecha	71
70.	Caps.....	73
71.	Marco de ventanas y puertas.....	74
72.	Alineación horizontal	75
73.	Colocación del pin grapa en losa	76
74.	Colocación de unión muro-losa.....	76
75.	Colocación de pasador corto y cuña.....	77
76.	Parales.....	78
77.	Electromalla en losa.....	79
78.	Aplicación de diesel	79
79.	Vaciado del concreto en losa	82
80.	Lavado con agua a presión.....	83
81.	Desencofre	85

82.	Extracción de sacacorbatas	85
83.	Desencofre en losa	86
84.	Cronograma de actividades en sistema de mampostería	90
85.	Cronograma de actividades en sistema de formaletas de aluminio	92
86.	Planta de arquitectura	95
87.	Diagrama de costos de los dos sistemas de construcción	104
88.	Cotización de compra de equipo nuevo	107
89.	Diagrama general del punto de equilibrio.....	117
90.	Diagrama detallado del punto de equilibrio	118

TABLAS

I.	Tabla de peso (kg) de los paneles de muro.....	11
II.	Tabla de peso (kg) de los paneles de losa	25
III.	Nomenclatura de concreto.....	81
IV.	Tabla con las características del concreto.....	82
V.	Cuantificación de materiales utilizando el sistema de mampostería...96	
VI.	Costo de mano de obra utilizando el sistema de mampostería	97
VII.	Cuantificación de materiales con el sistema de formaletas de aluminio	99
VIII.	Costo de mano de obra utilizando el sistema de formaletas de aluminio	102
IX.	Análisis comparativo de costos... ..	110
X.	Costos de los dos sistemas de construcción	111
XI.	Datos para ejemplo de financiamiento.....	112
XII.	Costo de una vivienda con el sistema de formaletas de aluminio.....	115
XIII.	Análisis de costos con financiamiento	116

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetros
KPa	Kilo Pascal
kg	Kilogramo
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
lb/plg²	Libra por pulgada cuadrada
N-m	Newton-metro
%	Porcentaje
\$	Representación de moneda dólar
Q	Representación de moneda quetzal
”	Representación de pulgadas

GLOSARIO

Acabado galvanizado	Es un acabado con elemento de Zinc. Su uso, generalmente es para proteger al acero de la corrosión.
Aditivo fluidificante	Su función principal es la de disminuir el contenido de agua para una trabajabilidad dada, aumentarla para un mismo contenido de agua sin producir segregación u obtener ambos efectos simultáneamente.
Aleación	Es una mezcla homogénea, de propiedades metálicas, que está compuesta de dos o más elementos, de los cuales, al menos uno es un metal.
Aserradero	Industria encargada de fabricar objetos de madera; provee de productos semi-acabados que generalmente son destinados a una industria de segunda transformación tales como carpintería, construcción, entre otros.
Bushing	Es un accesorio en acero galvanizado que funciona como barrera protectora de las perforaciones de ensamble.
Cemento ARI	Es un cemento que alcanza alta resistencia mecánica inicial, diseñado para desencofrado rápido en procesos industriales.

Desencofrante	Es el producto químico empleado para evitar que el concreto o mortero queden adheridos al retirar el encofrado.
Desencofre	Es la acción y efecto de retirar en una obra civil, la formaleta de sostén, una vez ha fraguado.
Encofre	Es la acción de preparar un molde de tablas o planchas de metal donde se vierte concreto para hacer columnas, muros, cimientos y vigas de una vivienda en construcción.
Estructura tipo cajón	Estructura donde las cargas gravitacionales se transmiten al cimiento mediante fuerzas axiales en los muros, no se puede esperar un comportamiento dúctil, al no producirse disipación de energía.
Fundición de concreto	Es el proceso que consiste en la fabricación de piezas a partir de verter un material (concreto) e introducirlo a un molde, solidificándose y adquiriendo la forma del molde.
Fundición monolítica	Proceso por el cual se funde un material compacto, con una unión tan fuerte entre sus distintas partes como si fuera de una sola pieza.
Manómetro	Es el instrumento que se emplea para la medición de la presión en los fluidos y que generalmente procede determinando la diferencia que hay entre la presión del fluido y la presión local.

Medida estándar	Que es lo más habitual, o que reúne las características comunes a la mayoría.
Mojón	Indicadores a base de concreto o mortero que sirven para delimitar los ejes de localización de una construcción.
Molde	Es una pieza o un conjunto de piezas acopladas, interiormente huecas pero con los detalles e impresiones exteriores del futuro sólido que se desea obtener.
Panel Cap	Sirve de complemento a la formaleta estándar para completar la altura total del muro exterior abarcando el espesor de la losa.
Panel de aluminio	Es un tipo de material compuesto con una capa en la superficie de aluminio. Las características deciden el amplio rango de aplicaciones, por ejemplo: recubrimiento de paredes.
Perfil de aluminio	Es un material de aleación de aluminio, resultando en formas diferentes para diversas aplicaciones.
Pin grapa	Accesorio utilizado para la sujeción de rieles ranurados con rieles perforados.
Portalineador	Accesorio que se utiliza para el alineamiento horizontal del encofrado de muros.

Puntal telescópico	Es el puntal que se caracteriza por la fibra del tubo de acero y las chapas onduladas en los extremos que le proporcionan más estabilidad y solidez.
Resane	Es el proceso de reparación de grietas y agujeros para dejar sin imperfecciones los muros y losas de la obra gris en una edificación.
Revestimiento	Capa de un material con que se cubre totalmente una superficie.
Taladro percurtor	Taladro que tiene un movimiento hacia dentro y fuera muy leve como la función de un martillo, suficiente para hacer un agujero en concreto con una broca especial para concreto.
Tensor	Mecanismo o dispositivo que se utiliza para tensar elementos.
Tratamiento térmico	Proceso que comprende el calentamiento de metales o aleaciones en estado sólido a temperaturas definidas, manteniéndolas a esa temperatura por suficiente tiempo, seguido de un enfriamiento con el fin de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, especialmente la dureza, la resistencia y la elasticidad.

<i>Tricket</i>	Es unamáquinaque genera presión para la elevación de cargas mediante el accionamiento manual de una palanca.
Vano	Consiste en un hueco abierto en un muro con la intención de iluminar un lugar, destinado para una puerta o ventana.
Yumbolón	Es el material de lámina de espuma de polietileno que recubre las corbatas para su aislamiento térmico.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se pretende describir el procedimiento constructivo por medio de las formaletas metálicas, las cuales son elaboradas de aluminio. Actualmente se ha implementado la construcción de viviendas de concreto con esta clase de formaletas debido a la efectividad y rapidez que se obtiene de éstas. Es por ello, que se presenta una investigación no tanto específica sino general de este sistema constructivo; de manera que se pueda obtener información que permita determinar el porqué es este sistema práctico y eficiente.

En el primer capítulo detalla conceptos importantes a considerar en el transcurso de la investigación, siendo algunos de ellos una breve historia del sistema de formaletas de aluminio y así mismo generalidades, los cuales son conocimientos básicos y fundamentales del sistema constructivo.

En el capítulo dos se describe los elementos constructivos que posee el sistema, tales como los paneles y los diferentes tipos que existen. Además, se detallan los elementos de sujeción y alineación que se manejan en obras civiles al momento de utilizar este tipo de formaletas.

En el capítulo tres se realiza una descripción de lo que es la modulación de las formaletas de aluminio, que permite conocer las distintas dimensiones que tienen estas y describe la colocación de las mismas en la vivienda para los diferentes tipos de estructura con la variación de sus accesorios y distribución de los elementos.

El capítulo cuatro se refiere al proceso que lleva la construcción de las viviendas desde el levantamiento topográfico, zanjeo, fundición de la cimentación, colocación de las instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas; una descripción del armado en muros, armado en losas y por último, la fundición de la vivienda. Cabe mencionar que este proceso tiene diferencias en alguno de estos puntos al compararlo con el sistema de construcción con elementos de mampostería.

El capítulo cinco describe el tiempo que se emplea para la ejecución de la construcción de una vivienda con el sistema de mampostería y la construcción con el sistema de las formaletas de aluminio. Se realiza una comparación entre estos dos sistemas para luego concluir y conocer la mejor alternativa que se tiene en cuanto al tiempo que se lleva para finalizar la construcción de una vivienda.

En el capítulo seis se detallan los costos que se invierten para la ejecución de la construcción de una vivienda con el sistema de formaletas de aluminio y la construcción con el sistema de mampostería. Se efectúa una comparación entre los dos sistemas y se obtiene una conclusión de los mismos. Así mismo, un análisis del mínimo de viviendas a construir para optar el sistema de formaletas de aluminio.

OBJETIVOS

General

Describir mediante una investigación el sistema constructivo utilizando formaletas de aluminio para la construcción de viviendas en serie en la ciudad de Guatemala.

Específicos

1. Describir las generalidades del sistema constructivo de formaletas de aluminio.
2. Describir los elementos constructivos que se utilizan en el uso de formaletas de aluminio.
3. Dar a conocer el procedimiento constructivo para emplear el sistema de formaletas de aluminio para viviendas en serie.
4. Mostrar una comparación del sistema de formaletas de aluminio y el sistema de mampostería en relación al tiempo de ejecución y finalización de una vivienda.
5. Comparar costos del sistema de mampostería con el sistema de formaletas de aluminio en la construcción de viviendas en serie.

6. Plantear un análisis para conocer el mínimo de viviendas a construir para generar un beneficio económico dentro de un proyecto de viviendas en serie.

7. Identificar las ventajas y/o desventajas que se obtienen utilizando el sistema constructivo de formaletas de aluminio.

INTRODUCCIÓN

En Guatemala existen muchos métodos y materiales para construir viviendas, de los cuales podemos mencionar métodos tales como mampostería, estructuras en madera, adobe, entre otras. Actualmente se ha implementado la construcción de concreto con formaletas de aluminio debido a la efectividad y rapidez que se obtiene de éstas.

Es importante conocer que existe un déficit en la construcción de las mismas en Guatemala, lo cual ha incidido en el auge que han tomado los proyectos de construcción de viviendas en serie. Por tal razón es muy importante la optimización de la producción de ellas; así como todos los sistemas que la componen.

En el presente trabajo de graduación se pretende describir el procedimiento constructivo por medio de las formaletas metálicas, las cuales son elaboradas de aluminio, así mismo comparar los costos con otro sistema de construcción y justificar las ventajas y/o desventajas que se encuentran.

El propósito es presentar el sistema constructivo con la utilización de formaletas de aluminio y sus características para llevar a cabo la elección de combinaciones de sistemas de muros que más convengan para el desarrollo de un proyecto.

También se destacan las diferentes cualidades del sistema, así como su diferencia, ventajas y desventajas de acuerdo al tiempo y los costos que se manejan tanto en el sistema de mampostería y el sistema de formaletas de aluminio.

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE FORMALETAS DE ALUMINIO

1.1. Historia

Según la definición que se encuentra en diccionario, “encofrado” es una obra de madera que forma los moldes para colocar el concreto y que se desmonta cuando ha fraguado dicho material.

En Guatemala y en algunos países de América se utiliza la palabra “formaleta” que quiere decir: armazón enlazada fuertemente que sirve para formar el molde de los elementos constructivos en una obra civil.

En cualquiera de los conceptos, los encofrados o formaletas son verdaderas estructuras. Aunque son temporales, deben ser diseñadas, calculadas y construidas para soportar sobre-cargas y resistir tensiones, compresiones e impactos.

El hecho de ser estructuras temporales obliga a que sean armadas y desarmadas varias veces en el proceso de una obra de ingeniería.

La construcción de las formaletas se realiza con materiales que se encuentran fácilmente en el medio. A través de los años se han ido perfeccionando para darle al elemento un mejor acabado. En los primeros años del incremento de la construcción, los materiales que más se utilizaba era la madera luego poco a poco se fue modernizando, hasta tener el día de hoy, formaletas metálicas y de materiales reutilizables como el plástico.

Iniciando en la década de los años cincuenta se empleó el acero para construcciones de obras civiles. Entonces comenzó la técnica del concreto pretensado, empezando por las vigas, en donde se notaba la falta de una formaleta de madera resistente y sobre todo duradera. Así, poco a poco, se introdujo en la industria de la construcción el empleo de las formaletas metálicas que, naturalmente, son eficientes en muchas aplicaciones, obras, o usos, y así, sustituirlos por las formaletas de madera, pues hay que reconocer que para ciertos casos son más aptas.

Como siempre pasa con las novedades tecnológicas, las formaletas metálicas se empezaron a establecer en el mercado de ingeniería civil, mayormente en lo que se refiere a construcciones de viviendas en serie; a tal punto que algunos aserraderos vieron descender sus pedidos, pues el metal no sólo invadía su tradicional campo de las formaletas sino otros más tradicionales aún, como son los marcos de puertas y ventanas, la carpintería de viviendas, los muebles sobre todo los de oficina y otros.

Observando el mal panorama que se avecinaba, los fabricantes de formaletas de madera y en general, fabricantes de carpintería de madera, reaccionaron inteligentemente mejorando sus fabricados, y así pudieron, recuperar su mercado, pues hay que reconocer que la formaleta de madera es muchas veces mejor, especialmente por la adaptabilidad y su facilidad constructiva.

En un principio, la madera fue el material predominante en los moldes estructurales, pero el desarrollo en el uso de otro tipo de materiales, junto con el aumento de uso de accesorios especializados ha cambiado poco a poco la historia de las formaletas. Actualmente el aumento de prefabricados, el ordenamiento, el aseo en las obras y el incremento de formaletas por recursos

mecánicos han obligado a que se construyan de mayor durabilidad tanto por su manipulación como para su utilidad.

El uso de formaletas de aluminio o de metal tuvo sus comienzos en Estados Unidos y Colombia, países en los cuales se buscan nuevas formas de simplificar, reducir costos y aumentar la productividad en la construcción.

El sistema industrializado de moldes para muros, losas y fundición de concreto se viene utilizando en Guatemala desde principios de los 90, y en la mayoría de los casos para la construcción de vivienda de nivel medio.

A partir del 2003, se comenzó a utilizar el sistema de formaletas de aluminio para la construcción de viviendas de clase alta con un estimado de \$600 a \$1000 por metro cuadrado.

1.2. Generalidades del sistema

Las formaletas de aluminio están hechas en aluminio estructural, con perfiles moldeados de gran resistencia y peso liviano, que se ensamblan entre sí de manera rápida. La resistencia de sus piezas hace que puedan ser reutilizadas, siempre y cuando se tenga un mantenimiento adecuado.

La ventaja principal del sistema de formaletas de aluminio en relación a los demás sistemas es su menor peso; por lo que una persona puede manipularla sin complicaciones.

El sistema de formaletas de aluminio es sumamente versátil. Un juego estándar de moldes puede realizar una amplia variedad de configuraciones, incluso paredes curvas o altas.

El sistema constructivo de formaletas está formado por paneles de aluminio estructural, realizados con perfiles ensamblados; estos paneles ensamblados, están reforzados con platinas y perfiles de aluminio.

El sistema está formado por paneles muro y losa estándar; así como, por otros tipos de paneles asociados a los anteriores y por diferentes accesorios que permiten su armado.

Se recomienda trabajar desde la planeación del proyecto, asegurándose en las especificaciones técnicas y en la definición de las dimensiones de la vivienda; ya que antes de empezar a ocuparse en el ensamblaje de los paneles, se debe diseñar la modulación que tendrá en cada ambiente de la vivienda, porqueno necesariamente se trabaja con el mismo diseño para toda la vida útil del molde.

Por eso siempre se diseña tratando que al menos el 80 por ciento del molde sea integrado por piezas estándar, lo que permite reconfigurarlo fácilmente para proyectos totalmente diferentes. Lo que se busca es brindar más productividad a la obra civil haciéndola más rápida, económica y segura. Las formaletas de aluminio están diseñadas para ser usadas más de 1 500 veces con el mantenimiento adecuado, generando gran economía de escala.

El sistema está respaldado en el uso diario de un molde de aluminio que sirve en un solo evento para construir el 100 por ciento la estructura, es decir la obra gris de la vivienda. Es decir, permite fundir monolíticamente muro y losa, y deja un acabado completamente listo para recibir cualquier tipo de recubrimiento.

El molde está integrado por paneles con medida estándar, para que sea de mayor facilidad al momento de su colocación, los paneles se arman en diferentes configuraciones de acuerdo con las especificaciones arquitectónicas de cada proyecto.

El sistema constructivo de formaletas de aluminio al momento de permitir vaciar el concreto simultáneamente de muros y losas de una vivienda, provee un seguro comportamiento sismo-resistente que está ampliamente utilizado y comprobado a nivel mundial.

Esto quiere decir que en caso ocurriera un evento como el de un terremoto, un temblor o un huracán, no solamente la inversión estará más segura sino que el valor más importante, que es la protección del ser humano.

La construcción de viviendas utilizando el sistema de formaletas de aluminio se construyen utilizando concreto, lo cual da lugar a edificaciones con gran rigidez y resistencia a cargas laterales, este sistema constructivo se denomina tipo cajón en donde las fuerzas sísmicas deben ser resistidas por los propios muros estructurales. Las proporciones de los muros son tales que domina la falla por cortante sobre la de flexión y por tanto no se pueden esperar buenas características de disipación de energía en zonas inelásticas, estos tipos de estructuras funcionan de gran manera para construcciones de poca altura como las viviendas en serie, ahora bien, si se construyen edificios de gran altura se debe mantener la misma distribución de espacios.

El sistema constructivo también permite el desarrollo progresivo para que se pueda ampliar la vivienda de acuerdo a la posibilidad que tiene el dueño de la misma.

Desde la vivienda más pequeña hasta el edificio más alto se puede construir con el sistema de formaletas de aluminio, es importante agregar que la facilidad que se maneja al ensamblar los moldes permite que se ahorre tiempo y que sea eficiente utilizar este sistema para la construcción de viviendas en serie. Para lo que se refiere este tipo de construcción, con la utilización de formaletas de aluminio, es posible instalar y fundir una unidad al día.

La utilización de formaletas de aluminio permite moldear y fundir las paredes, vigas, columnas y el contra piso en una fundición de concreto continua. Las aberturas de las ventanas y puertas se funden en posición simultáneamente con las paredes y los techos. El diseño modular permite arreglos y diseños arquitectónicos ilimitados.

Este tipo de formaletas están fabricadas con aluminio ligero lo cual permite que componentes de gran tamaño sean manejables. Cuenta con un sistema muy simple de separadores, pasadores y ganchos que facilitan su armado. Para el ensamble de los moldes del sistema, se requieren pocas herramientas y es factible capacitar a los trabajadores sobre este tipo de sistema constructivo para que vayan desarrollando su destreza. Así que, una gran ventaja es que se puede utilizar mano de obra no especializada sin tener grandes problemas.

Las formaletas de aluminio se han utilizado muy eficientemente en viviendas de concreto, y a su vez, se pueden utilizar para fundiciones monolíticas, elementos prefabricados, muros de contención, placas, losas, entresijos, columnas, vigas, plantas de tratamiento, muros rectos y direccionales, losas de puentes, tanques circulares y rectos, y para todo tipo de obra en concreto. El sistema de moldes es sumamente manejable dándole forma y configuración, incluyendo paredes curvas o altas, se puede fabricar a la medida para la mayoría de las situaciones que requieren moldes especiales.

Figura 1. **Moldes especiales para piscina**



Fuente: www.cimbras.com. Consulta: enero de 2012.

La forma y tamaño de las formaletas son diseñadas basándose en el plano arquitectónico de la vivienda. Todas las formaletas deben contar con casquillos protectores llamados *bushings*, que son elementos importantes a ser considerados en el momento de adquirir moldes de aluminio. La función de estos casquillos es la de proteger y evitar el desgaste y ruptura en las perforaciones de conexión de los paneles. Con la debilidad o el mal funcionamiento de estos protectores, se gastan, se dañan y se agrandan las perforaciones en los perfiles y eso tiene un costo de reparación y reduce en gran medida la vida útil de las formaletas.

Los moldes son la clave para una construcción rápida, lo cual proporciona un buen producto en menos tiempo de instalación, desmontaje y de bajo costo debido a que ésta requiere mucho menos mano de obra que la construcción con moldes de madera convencionales. Con el uso del sistema de formaletas, un grupo reducido de trabajadores las puede instalar, ya que los paneles son ligeros y se puede fundir monolíticamente todo un nivel en poco tiempo. Al desmontar los moldes, las paredes exteriores están terminadas y listas para pintarse.

En algunos casos cuando los acabados no son los adecuados, es necesario resanar los muros. Toda la estructura está cerrada, protegida del exterior, de manera que el acabado interior se avanza con rapidez, sin demoras costosas debido a las condiciones del clima.

Si se quiere volver a utilizar las formaletas, se debe tomar en cuenta, además de la técnica a emplear para desencofrarlo, los trabajos de limpieza, almacenaje y mantenimiento posteriores, en este caso aumenta la mano de obra pero no el costo por la reposición del material.

Casi todos los estilos de viviendas utilizando formaletas de aluminio se logran construir con concreto, básicamente se busca que el mismo tenga una resistencia mayor a 210 kilogramo sobre centímetro cuadrado, que es el equivalente a 3000 libras sobre pulgada al cuadrado, incluso en viviendas de varios niveles.

Es importante dar a conocer y describir algunas de las características que se pueden obtener de las viviendas de concreto, las cuales son:

- Crean estructuras más resistentes
- Reducen los costos debido al tiempo de ejecución
- Estructuras contra incendios
- Reducciones en el tiempo de construcción
- Reducción en los costos de mano de obra
- Menos problemas de horario
- Construcción duradera
- Desperdicio mínimo
- Fácil mantenimiento

Una de las ventajas anteriormente mencionada sobre el concreto es que es el material de construcción más resistente al fuego y esto reduce drásticamente el gasto anual a largo plazo debido a su resistencia natural contra incendios con una capacidad de hasta tres horas, y demolición u otras formas de daños a los cuales es tan susceptible la construcción convencional. Además, otra de las ventajas que tiene el construir enteramente de concreto es la eficiencia de eliminar el sonido entre estructuras, ya que es antiacústica. Prácticamente elimina el acceso de ruido externo y reduce dramáticamente la transmisión de sonido de una unidad a otra, lo cual es importante en obras de viviendas en serie.

Se puede mencionar que otra de las características de construir con concreto es la reducción considerablemente del mantenimiento anual durante la vida útil de la estructura. Así mismo, protege de los roedores e insectos. No le afectan el granizo, las inundaciones u otro tipo de daños de agua y requiere pintura con menos frecuencia. Ya conociendo estas ventajas, se puede concluir que con la utilización de concreto en viviendas en serie se requiere de un bajo mantenimiento, lo que puede beneficiar a las personas que habitan en las mismas.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

El sistema de formaletas de aluminio es muy simple en su uso y con muy pocos accesorios. Por lo que el personal que moverá las formaletas requiere un mínimo de entrenamiento y sin necesidad de utilizar grúas ni otra maquinaria. Entre los elementos constructivos del sistema se encuentra los paneles de muro, paneles de losa, accesorios básicos y de sujeción, accesorios de alineación y herramientas necesarias para el mejor desempeño.

2.1. Paneles de muro

Los paneles de muro, pesan tan solo 22 kilogramo por metro cuadrado; haciéndolos portables en su operación, facilitando la secuencia de armado y desencofre.

A continuación, de acuerdo a las dimensiones del panel, se muestra el peso que tienen en kilogramos.

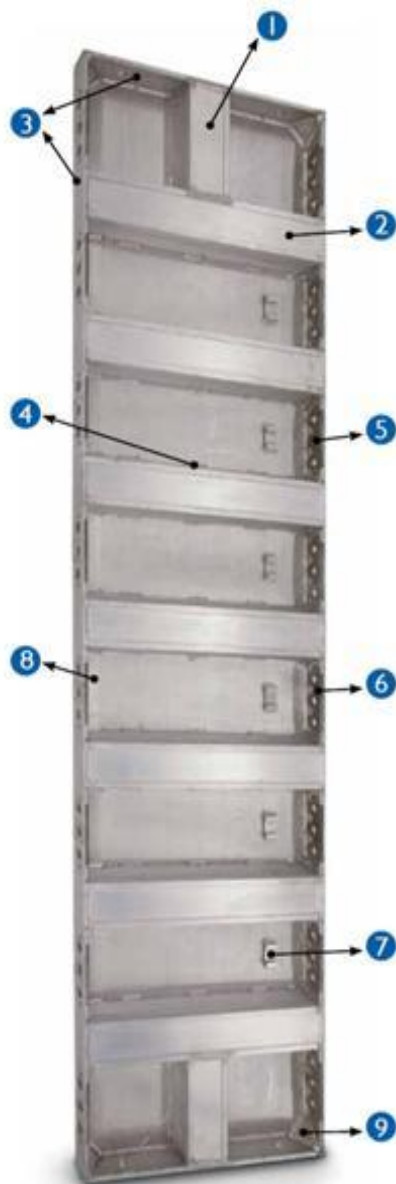
Tabla I. Tabla de peso (kg) de los paneles de muro

		Ancho (cm)											
		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	90
Altura (cm)	120	6,84	7,2	7,55	7,91	8,27	10,06	11,02	11,88	13,17	14,03	15,11	21,94
	150	8,55	8,99	9,43	9,87	10,31	12,55	13,6	14,68	16,28	17,36	18,65	27
	180	10,25	10,78	11,31	11,83	12,36	15,05	16,18	17,47	19,4	20,69	22,19	32
	210	11,96	12,57	13,18	13,79	14,4	17,54	18,76	20,26	22,51	24,02	25,73	37,06
	240	13,67	14,36	15,06	15,75	16,45	20,04	21,34	23,06	25,63	27,34	29,27	42,1

Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.10. Consulta: enero de 2012.

Se muestra en la siguiente figura, los componentes que se encuentran en un panel de muro.

Figura 2. Componentes de panel



1. Refuerzo vertical en zonas de mayor presión.
2. Refuerzo horizontal.
3. Platina para estructurar el marco del panel.
4. Soldaduras especiales para aluminio.
5. Perforaciones: ubicadas cada 30 cm, iniciando la primera a 15 cm de la platina base.
6. *Bushing*: Accesorio en acero galvanizado. Funciona como barrera protectora de las perforaciones de ensamble.
7. Base para insertar pasadores.
8. Placa de aluminio protectora de impacto de martillo.
9. Triángulo de refuerzo en esquineros.



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.9. Consulta: enero de 2012.

El panel es fabricado en lámina de aleación de aluminio de la serie aluminio-magnesio, de espesor 0,3175 centímetros (1/8 pulgadas), con tratamiento de endurecimiento por deformación para incrementar sus propiedades y llevarlo a su condición de dureza total.

Están diseñados para soportar presiones de vaciado de 60 kilo-pascal equivalente a 8,70 libras por pulgada cuadrada. La cara de contacto del panel comúnmente es lisa, aunque hoy en día también se pueden encontrar los moldes en un atractivo acabado de ladrillo. Lo que se está garantizando un perfecto acabado de las superficies de concreto.

Figura 3. **Acabado de ladrillo**



Fuente: www.cimbras.com. Consulta: enero de 2012.

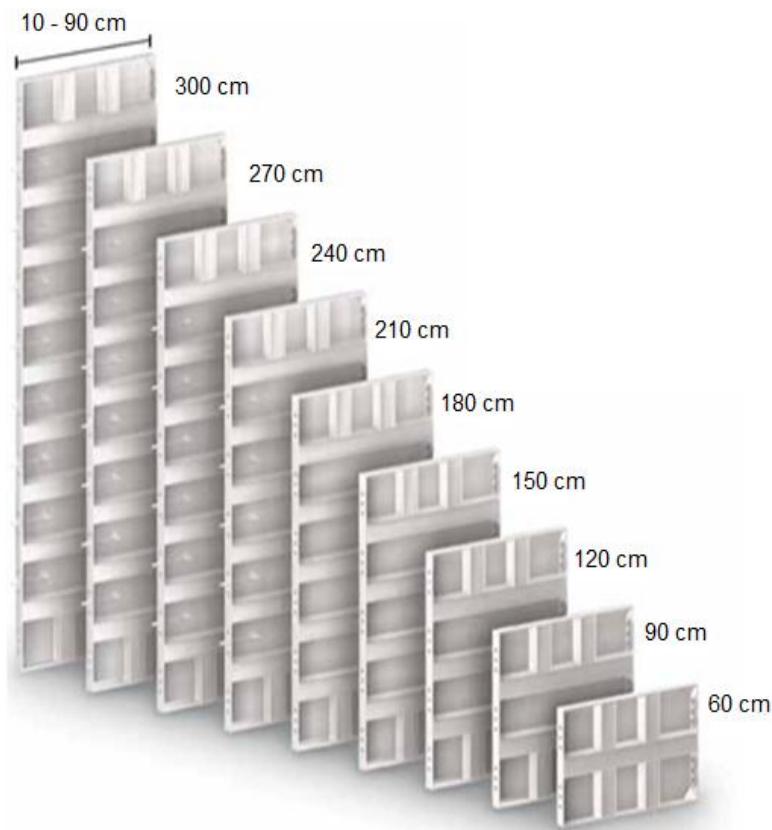
Para especificar la dimensión del panel a utilizar, se definen mediante estudios realizados que nos permiten determinar dicha dimensión, uno de estos, es el diseño arquitectónico y estructural que tendrá la vivienda o proyecto, al definir los paneles que se utilizarán se logrará una mejor modulación, mayor adaptación al proyecto y mejor maniobrabilidad.

El panel estándar que se utiliza mayormente es de 90 centímetros de ancho con alturas de 210 y 240 centímetros.

Las alturas libres se logran combinando los paneles estándar con las diferentes alturas de los complementos y la unión muro losa que se explica más adelante.

Entre las diferentes dimensiones de los paneles que se pueden utilizar para las construcciones se encuentran según la siguiente figura.

Figura 4. **Diferentes dimensiones de paneles**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.10. Consulta: enero de 2012.

2.1.1. Tipos de paneles complementarios

Los paneles que se utilizan como complementos, ayudan a corregir los moldes que no alcanzan las medidas necesarias en los muros. Entre ellos, se pueden encontrar:

2.1.1.1. PanelCAP

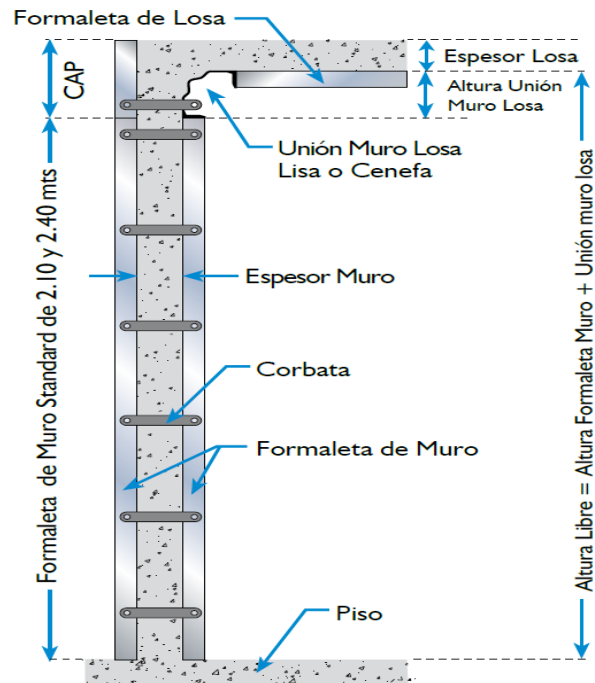
Este tipo de panel sirve de complemento a la formaleta estándar para completar la altura total del muro exterior abarcando el espesor de la losa. La ventaja de utilizar este tipo de panel radica en la utilización de la formaleta estándar, la cual podrá ser adaptada más fácilmente a proyectos futuros. Además, se puede observar un mejor detalle de cómo es utilizado los diferentes tipos de panel y accesorios. (Ver fig. 6).

Figura 5. **Panel CAP**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.11. Consulta: enero de 2012.

Figura 6. **Detalle de paneles y accesorios**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.11. Consulta: enero de 2012.

2.1.1.2. **Ángulo exterior**

Es el perfil de aluminio, utilizado para conformar las esquinas exteriores a 90 grados, con las formaletas de muros.

Con el ángulo exterior se logran diferentes tipos de ensambles verticales y horizontales entre piezas.

Figura 7. **Ángulo exterior**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo, p.11. Consulta: enero de 2012.

2.1.1.3. **Esquinero de muro interno**

Es el perfil de aluminio utilizado para conformar las esquinas internas a 90 grados con las formaletas de muro.

Figura 8. **Esquinero de muro interno**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo, p.12. Consulta: enero de 2012.

Para facilitar el desencofre de los paneles de muro y de losa, el esquinero interno se modula en 2 secciones, la superior abarca la unión muro losa hasta la primera perforación del panel de muro y la sección inferior abarca el resto de la longitud del panel muro.

Los esquineros en su parte superior llevan una tapa para hacer perfecto el ensamble con la losa y la unión murolosa.

Figura 9. **Tapa en esquinero**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.12. Consulta: enero de 2012.

Cuando la unión muro losa es tipo cenefa, la tapa del esquinero lleva el mismo tipo de cenefa. Existen distintos tipos de moldes para cenefas.

Figura 10. Tipos de cenefas



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.12. Consulta: enero de 2012.

2.1.1.4. Tapamuros

Es el perfil de aluminio de 0,95 centímetros (3/8 pulgadas) de espesor, que se utiliza como cierre de un muro. Se utiliza principalmente en vanos de puertas y ventanas.

Se ensambla igual que los paneles con pasadores y con cuñas, y en determinadas ocasiones, si la configuración no es estándar, se puede utilizar con pin grapas. (ver p.27).

Para muros con espesores mayores de 12 centímetros, se refuerza el tapamuro, con perfiles en ángulo o perfil tubular.

Figura 11. **Tapamuro**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.12. Consulta: enero de 2012.

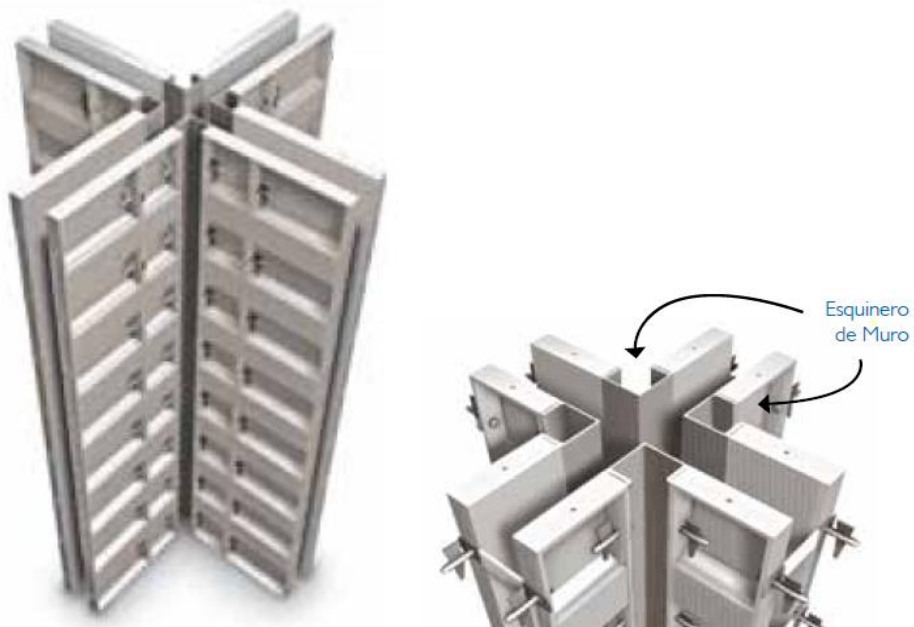
Cuando por el diseño se requieren retrocesos en muros o en vigas dinteles, es necesario la utilización de tapamuros con negativo.

Estos son fabricados con perfilería de aluminio, debidamente reforzados, los cuales se aseguran a las formaletas de muro, con pasador y cuña, o de ser necesario con pin grapas.

2.1.1.5. Esquina en cruz

El ensamble en cruz es formado por cuatro esquineros de muro. Es acoplado con pasadores y cuñas como todo el resto de paneles.

Figura 12. **Esquina en cruz**



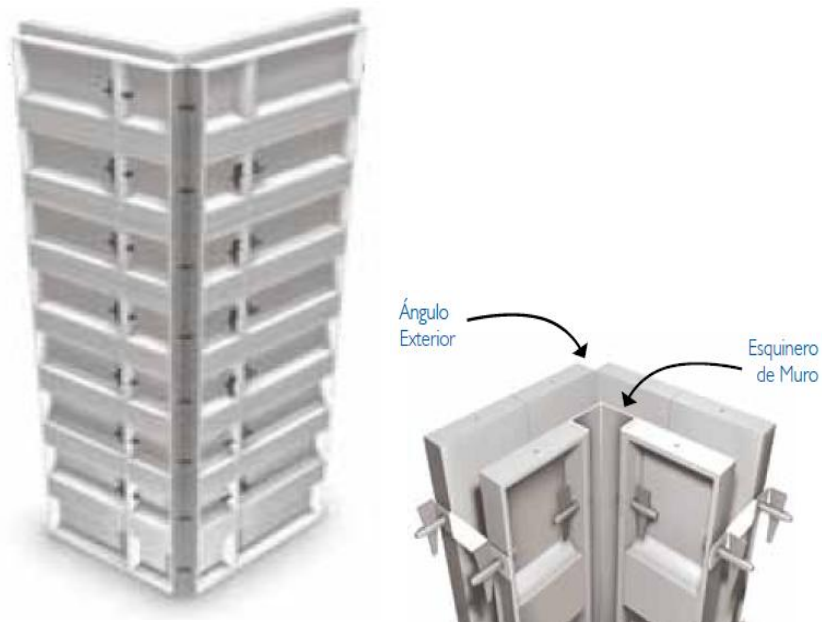
Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.13. Consulta: enero de 2012.

2.1.1.6. Esquinas en L

El ensamble o esquina en L está conformado por cuatro piezas:

- Un esquinero de muro.
- Un ángulo exterior.
- Dos formaletas de ancho igual al espesor del muro, más el esquinero de muro. Estas piezas son acopladas con pasadores y cuñas.

Figura 13. **Esquina en L**



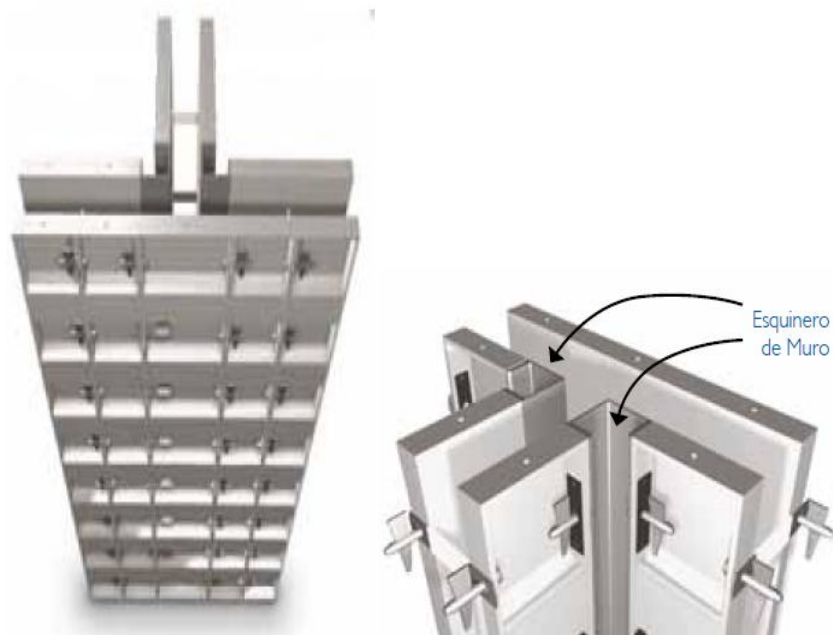
Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.13. Consulta: enero de 2012.

2.1.1.7. Esquina en T

El ensamble en T se forma siempre con tres piezas:

- Dos esquineros de muro.
- Una formaleta de muro de ancho igual al espesor del muro más 2 esquineros de muro interno. Estas piezas son acopladas con pasadores y cuñas.

Figura 14. **Esquina en T**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.13 Consulta: enero de 2012.

2.2. **Paneles de losa**

Las formaletas que se utilizan para losa son fabricadas con lámina de aluminio, los cuales se unen ensambladas entre sí, con soldadura de aluminio, utiliza refuerzos transversales de 7,5 centímetros, que garantizan un mejor comportamiento a la deformación de los paneles en servicio.

El perfil lateral se utiliza ranurado y va perforado para realizar el ensamble de una formaleta de losa con otra. Este perfil ranurado permite la utilización de estos paneles en diferentes posiciones, asegurados con pin grapa al no existir coincidencia entre perforaciones con otra, entre panel y panel.

Se manejan como paneles estándar de 90 x 120 centímetros. Sin embargo, de acuerdo con el diseño requerido se pueden manejar anchos y largos, desde 10 hasta 90 centímetros, con diferentes combinaciones. Su espesor es de 0,125 centímetros (1/8 de pulgada).

Si se hace una correcta instalación, manipulación y mantenimiento en obra, conforme a las recomendaciones que se dan, se asegura su vida útil por encima de los 1500 usos.

Figura 15. **Panel de losa**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.18. Consulta: enero de 2012.

Se puede observar en la siguiente tabla de acuerdo a las dimensiones del panel de losa, el peso en kilogramos que estos tienen.

Tabla II. **Tabla de peso (kg) de los paneles de losa**

		Altura (cm)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Ancho (cm)	10	1,43	1,85	2,36	2,78	3,29	3,71	4,13	4,55	5,07	5,49	5,91
	20	1,63	2,05	2,69	3,11	3,75	4,17	4,59	5,01	5,65	6,07	6,49
	30	1,84	2,26	3,02	3,44	4,21	4,63	5,05	5,47	6,23	6,65	7,07
	40	2,65	3,28	4,33	4,97	5,7	6,34	6,98	7,61	8,35	8,98	9,62
	50	3,08	3,8	5,05	5,77	6,7	7,42	8,14	8,86	9,8	10,52	11,24
	60	3,54	4,35	5,82	6,63	7,79	8,6	9,42	10,23	11,38	12,2	13
	70	4,94	6,18	8,15	9,39	10,73	11,98	13,22	14,47	15,81	17,05	18,3
	80	5,77	7,24	9,56	11,03	12,72	14,19	15,66	17,14	18,83	20,3	21,77
	90	5,69	7,05	9,39	10,76	12,47	13,84	15,2	16,57	18,28	19,65	21

Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.18. Consulta: enero de 2012.

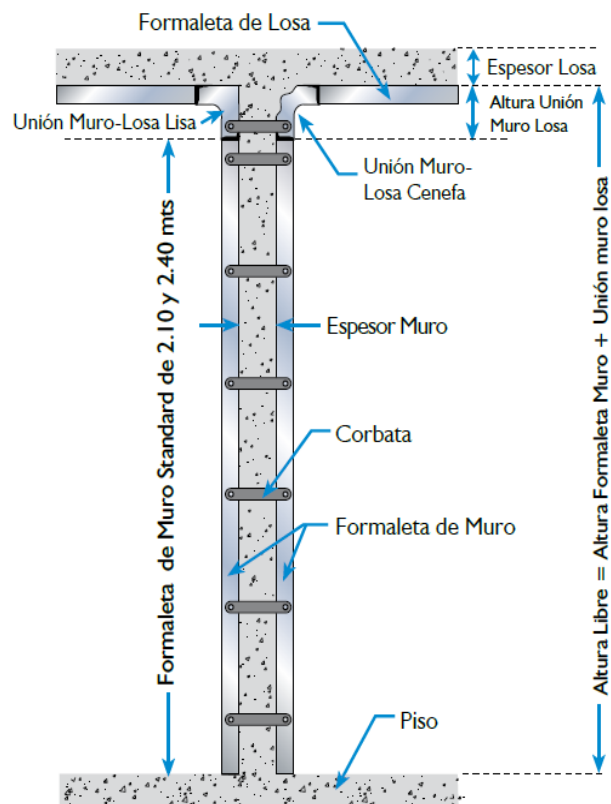
2.2.1. Unión muro losa lisa – cenefa

Es un perfil de aluminio, que tiene como función servir de conector entre la formaleta de muro y la formaleta de losa para conformar el sistema monolítico.

Estas piezas están reforzadas en todas sus esquinas, haciéndolas muy resistentes a los severos trabajos de desencofre a lo que son sometidas. Deben ser revisadas periódicamente cada 250 usos.

Su diseño en forma de ángulo recto o cenefa ofrece como resultado vértices ortogonales y bien presentados. Las alturas de estas uniones pueden ser de 0,7 a 25 centímetros.

Figura 16. **Detalle unión muro losa lisa – cenefa**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.10. Consulta: enero de 2012.

2.2.2. Cuchilla

Es un perfil de tan solo 0,07 centímetros de altura, que sirve como conector entre el muro y la losa. Por su mínimo espesor, hay menos movimiento en esta unión lo que genera mayor precisión en el ángulo recto de la estructura.

Figura 17. **Cuchilla**

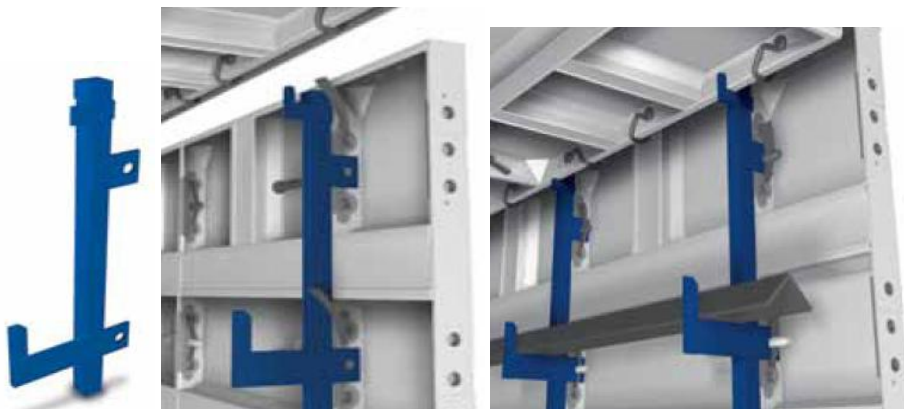


Fuente: www.forsa.com. Manual informativo, p.20. Consulta: enero de 2012.

2.2.3. **Soporte para cuchilla**

Su función es mantener la cuchilla firme sobre el panel y evitar desplazamientos hacia adentro o hacia fuera.

Figura 18. **Soporte para cuchilla**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo, p.20. Consulta: enero de 2012.

2.2.4. Unión muro losa de 10, 20 y 25 centímetros

Estas uniones funcionan como complemento para que junto con el panel estándar de muro de 210 centímetros, alcancen las alturas libres de 220, 230 y 235 centímetros.

Figura 19. **Unión muro losa**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.21. Consulta: enero de 2012.

2.2.5. Culatón

Este panel sirve como conector entre el panel de muro y la losa inclinada. Cada panel se fabrica con el ángulo requerido de acuerdo a la inclinación de la losa.

Figura 20. **Culatón**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo, p.21. Consulta: enero de 2012.

2.2.6. **Losa de apuntalamiento**

Se encuentran distintas dimensiones de este panel de acuerdo a la modulación de la losa. Su función es mantener la losa apuntalada durante y después de la fundición.

Figura 21. **Losa de apuntalamiento**

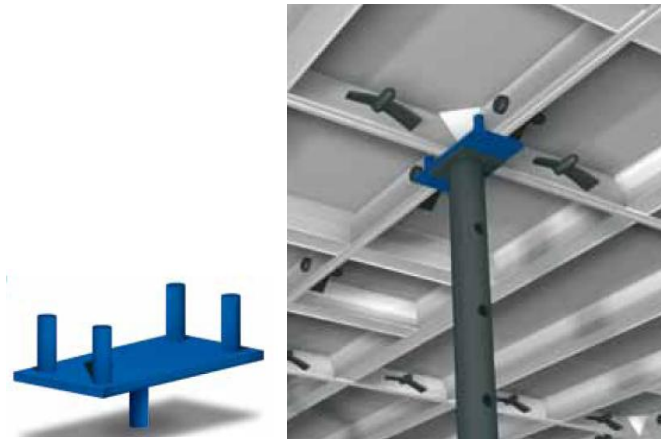


Fuente: www.forsa.com. Manual informativo, p.22. Consulta: enero de 2012.

2.2.7. Base para *tricket*

Accesorio que se utiliza para mantener nivelada la formaleta en el momento del vaciado del concreto (fundición). Van instalados en la intersección o junta de 3 o 4 paneles de losa. Estos accesorios son removibles en el momento que se realiza el desencofre de la losa.

Figura 22. Base para *tricket*



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.22. Consulta: enero de 2012.

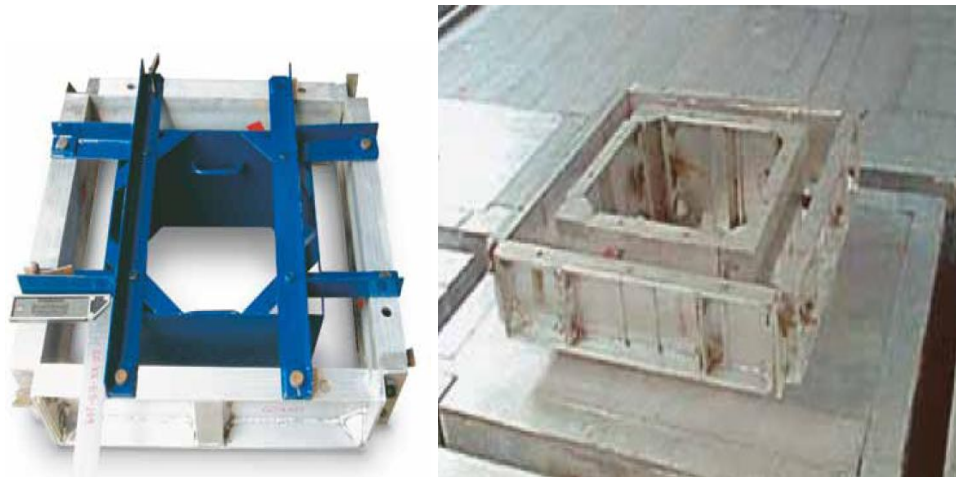
2.2.8. Formaletas para domos y cenitales

Los diseños arquitectónicos para domos en la losa son realizados con una combinación de paneles de aluminio y esquineros en ángulo, los cuales son rigidizados con una estructura en perfil angular de acero.

Las formaletas para domo se diseñan en su conjunto con un ángulo de inclinación para facilitar el desencofre.

Cuando los domos quedan insertados en la losa, se utilizan negativos en acero con ángulo de desencofre, los cuales se fijan con tornillos directamente a los paneles de losa.

Figura 23. **Formaletas para domos**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo, p.23. Consulta: enero de 2012.

2.3. Accesorios de sujeción

Son aquellos accesorios que deben instalarse para garantizar un ajuste perfecto entre piezas. Estos accesorios son fabricados en acero y son sometidos a tratamientos térmicos para optimizar sus propiedades de acuerdo al uso prolongado que tendrán en obra o proyecto.

Las formaletas de muro se pueden suministrar con pin flechas o grapacandados, los cuales son accesorios que van fijos.

2.3.1. Pin flecha

Es un pin que en conjunto con la cuña (ver p.26), asegura la sujeción de paneles. Su acabado galvanizado es una barrera protectora que le asegura una mayor duración.

Figura 24. Pin flecha



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.24. Consulta: enero de 2012.

2.3.2. Grapacandado

Es el accesorio cuya forma de grapa, permite la sujeción entre paneles, sin necesidad de accesorios adicionales; esto disminuye la pérdida de elementos en obra. Su acabado galvanizado es una barrera protectora que le asegura una mayor duración.

Figura 25. Grapacandado

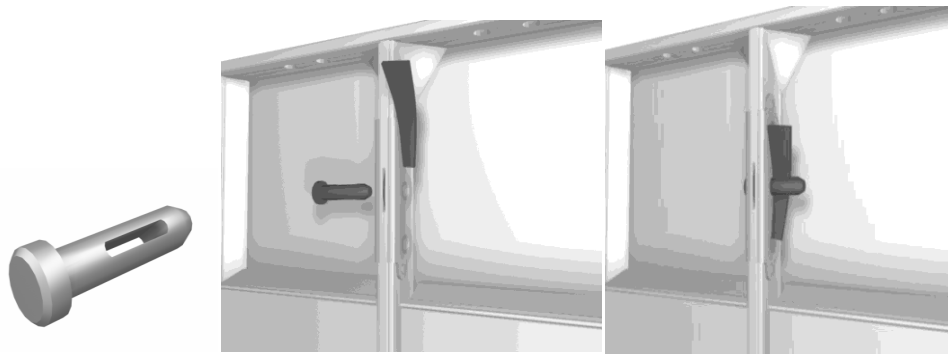


Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.24. Consulta: enero de 2012.

2.3.3. Pasador

Es un accesorio que en conjunto con la cuña sirve para la sujeción o ensamble de paneles de muro entre sí, con angulares, esquineros de muro y tapa-muros; así como la sujeción básica de paneles de losa. El pasador sirve como accesorio complementario en aquellas sujeciones donde haya perfiles de ajuste. Existen distintos tipos de pasadores, entre ellos: plano, corto, mediano y largo.

Figura 26. Pasador



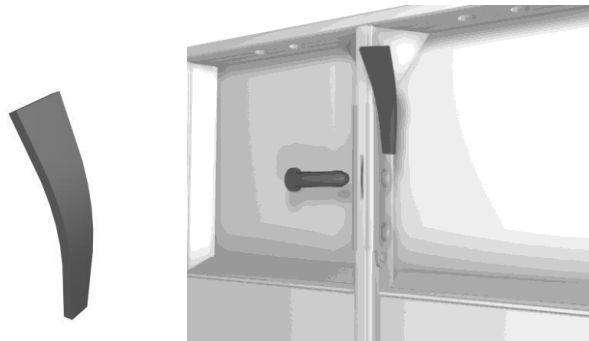
Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.24. Consulta: enero de 2012.

2.3.4. Cuña

Este accesorio trabaja en conjunto con el pasador y pin flecha. Tiene una forma curva que permite insertarla fácilmente disminuyendo el riesgo de daño de la formaleta.

Por su trabajo exigente, se recomienda su revisión y cambio cada 250 usos. Si el desgaste es excesivo y ya no permite el ajuste con el pasador, se debe cambiar.

Figura 27. **Cuña**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.25. Consulta: enero de 2012.

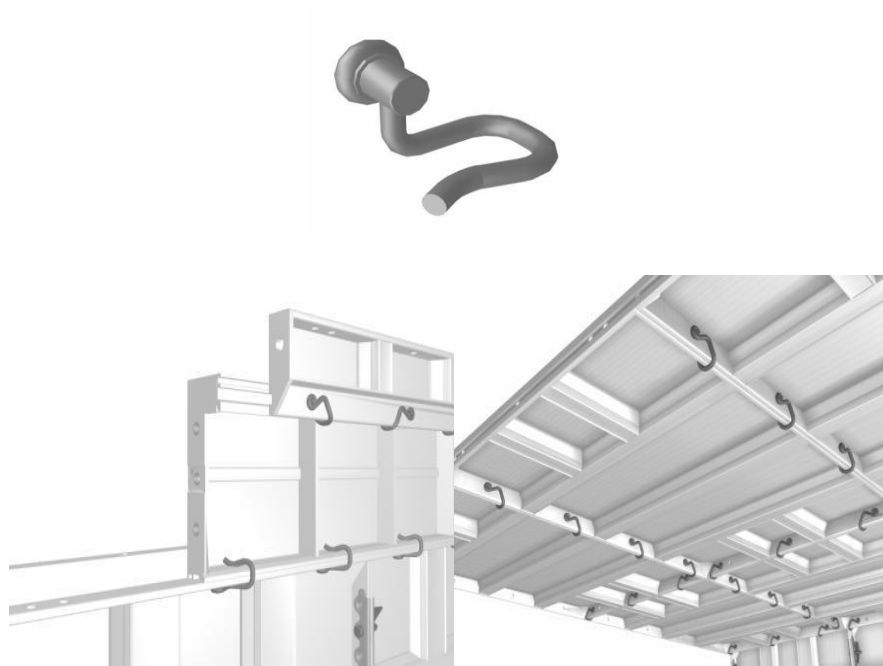
2.3.5. Pin grapa

Es el accesorio utilizado para la sujeción de rieles ranurados con rieles perforados.

La función de este es sujetar:

- Paneles de losa con unión muro losa
- Paneles de muro con unión muro losa
- Tapamuros con formaletas de muro
- Paneles de losa con losa puntal
- Paneles de losa entre sí

Figura 28. **Pin grapa**



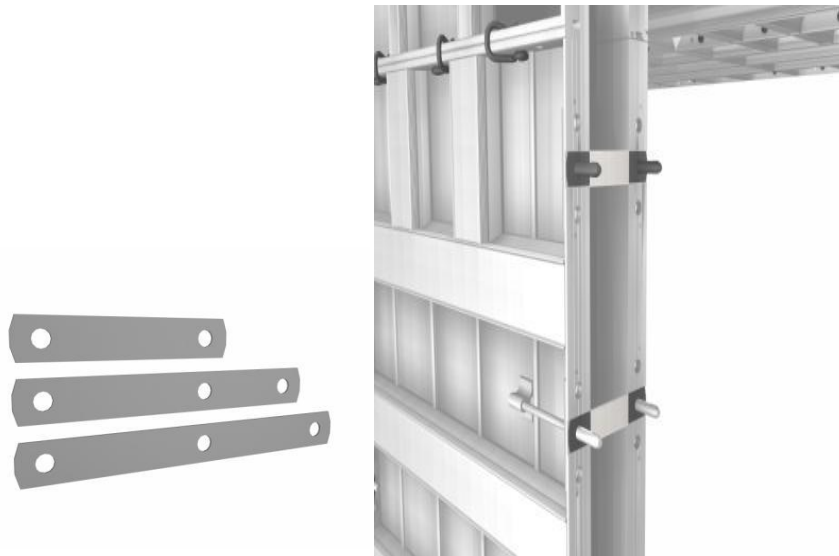
Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.25. Consulta: enero de 2012.

2.3.6. Corbata

Es el accesorio que sirve para sujetar y separar las formaletas determinando el espesor del muro para garantizar que este se mantenga. Las corbatas son instaladas en las uniones de paneles en toda la altura cada 30 centímetros.

Al igual que la cuña tienen un trabajo exigente, por lo que se recomienda su revisión y cambio cada 250 usos.

Figura 29. **Corbata**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.25. Consulta: enero de 2012.

2.4. Accesorios de alineación

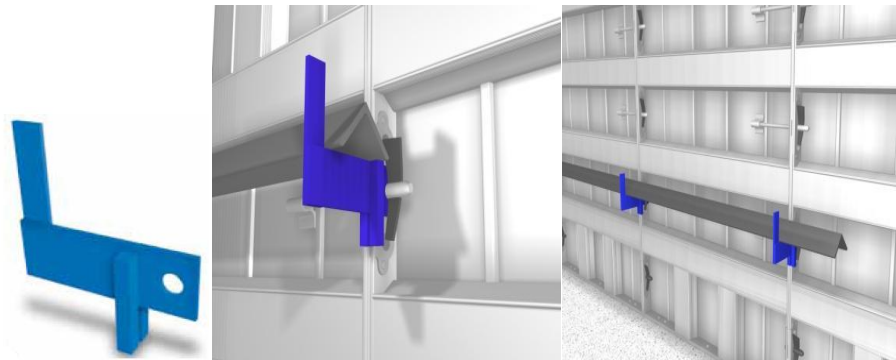
La función de estos accesorios es alinear y mantener dimensiones, es decir, longitudes y espesores a los conjuntos de paneles ya unidos entre sí, de tal forma que se garantiza una mejor precisión y un buen acabado del concreto terminado.

2.4.1. Portalineador horizontal

Este accesorio ayuda a mantener alineados los muros. Los dos primeros portalineadores se instalan en los extremos de cada muro y se continúan instalando en cada junta de paneles, (ver figura 30).

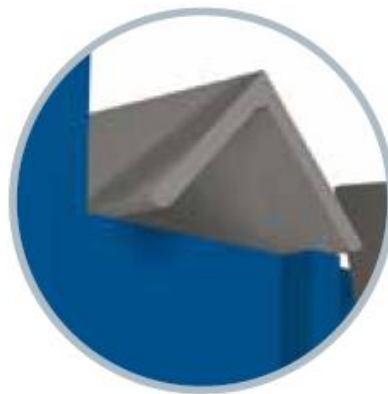
Posteriormente se instalan los ángulos alineadores de 6,35 x 6,35 x 0.635 centímetros (ver figura 31). Para los muros de hasta 240 centímetros de altura se deben instalar unas líneas de alineadores en la parte superior del panel y otra en la inferior. Para alturas mayores es recomendable instalar 3 líneas de alineadores.

Figura 30. **Portalineador horizontal**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.26. Consulta: enero de 2012.

Figura 31. **Alineador de 6,35 cm x 6,35 cm x 0,635 cm**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.26. Consulta: enero de 2012.

2.4.2. Portalineador intermedio

Sirve para reducir la distancia entre los soportes de unión muro losa y los alineadores de cap, se instala un portalineador intermedio ayudando a mantener la alineación del muro.

Figura 32. **Portalineador intermedio**

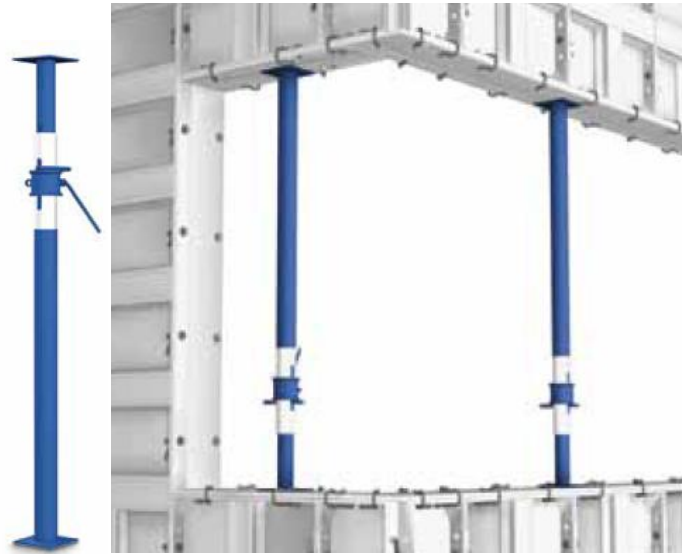


Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.26. Consulta: enero de 2012.

2.4.3. Puntal XS

Es un puntal telescópico, liviano y fácil de instalar, que trabaja en alturas desde 100 a 165 centímetros. Son especiales para apuntalar escaleras y vanos de ventana.

Figura 33. **Puntal XS**



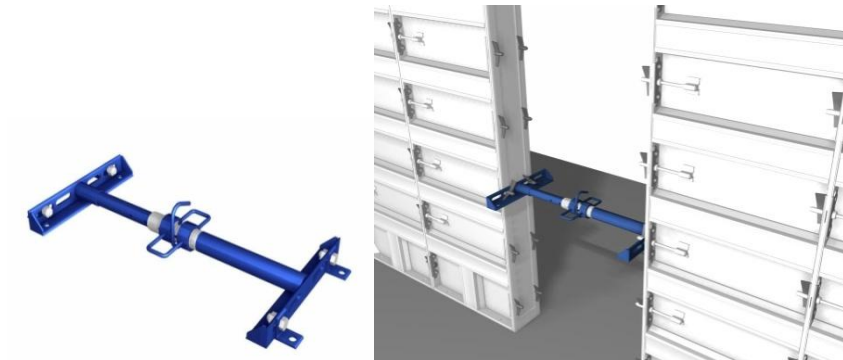
Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.27. Consulta: enero de 2012.

2.4.4. Tensor extensible de vanos

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

Cuando el vano de la puerta no tiene dintel, es recomendable instalar 2 tensores, uno en la parte superior y otro en la inferior.

Figura 34. **Tensor extensible de vanos**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.28. Consulta: enero de 2012.

2.4.5. **Tensor fijo**

Se utiliza para reducir la distancia entre los soportes de unión muro-losa y los alineadores de cap, se instala un portalineadorintermedio ayudando a mantener la alineación del muro.

Figura 35. **Tensor fijo**

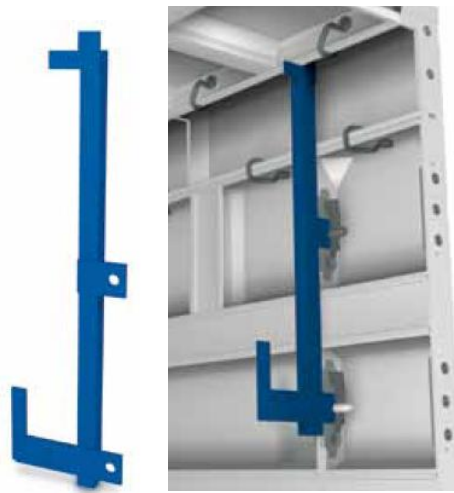


Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.28. Consulta: enero de 2012.

2.4.6. Alineador interno para unión muro losa

Es un accesorio que alinea la formaleta de muro con la de unión muro losa, el cual garantiza los ángulos rectos más precisos entre ellos.

Figura 36. **Alineador interno para unión muro losa**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.29. Consulta: enero de 2012.

2.4.7. Alineador para complementos de muro

Este accesorio cumple con las siguientes funciones:

- Alinear verticalmente el panel de muro con el complemento
- Alinear horizontalmente los paneles de muro
- Delimita la zona de riesgo en altura

Figura 37. **Alineador para complementos de muro**

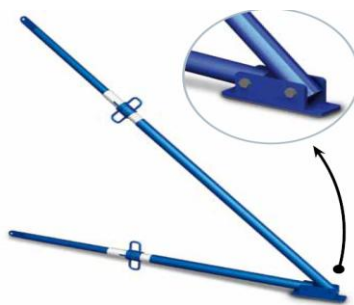


Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.29. Consulta: enero de 2012.

2.4.8. Tensores de soporte

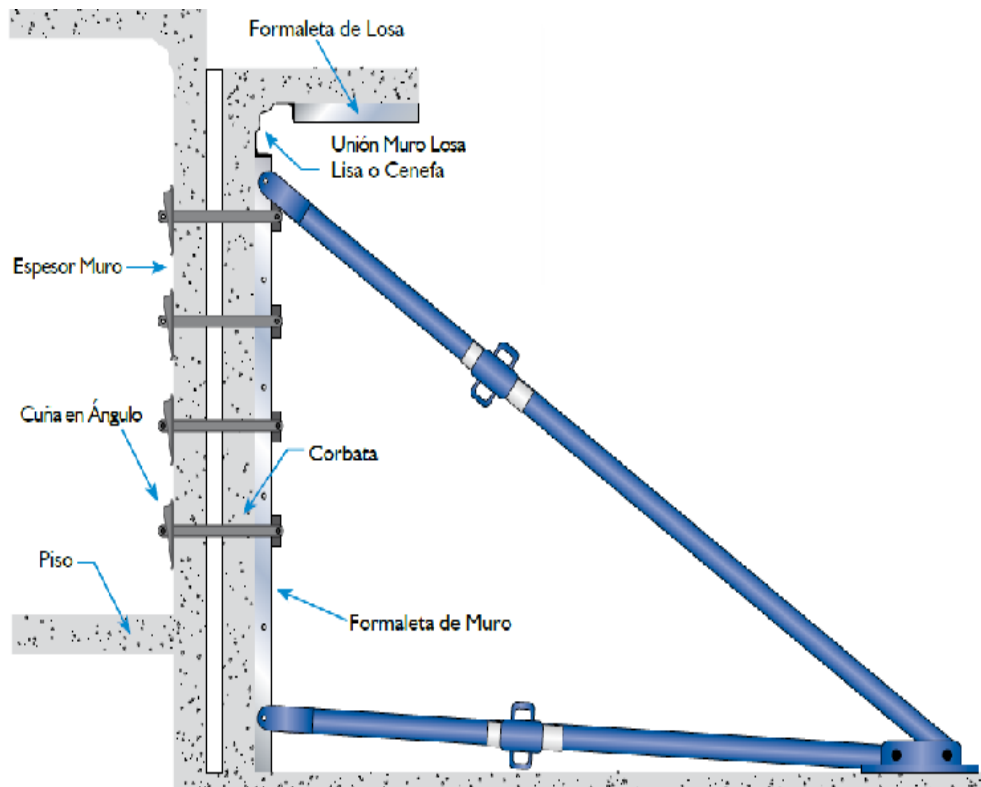
Los muros con desnivel siempre deben estar atracados en su base y en la parte superior utilizando los tensores de soporte, para resistir el empuje del concreto. Estos tensores se pueden utilizar juntos compartiendo la misma base o por separado cada uno con su base individual, podemos ver el detalle en la siguiente figura.

Figura 38. **Tensores de soporte**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.15. Consulta: enero de 2012.

Figura 39. **Detalle de colocación de tensor de soporte**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.15. Consulta: enero de 2012.

2.5. Herramientas específicas

Es necesaria la utilización de herramientas con total compatibilidad a los paneles, la utilización de las mismas mejora el desempeño y prolonga la vida útil del sistema.

2.5.1. Sacacorbatas

Esta herramienta se utiliza para la extracción de las corbatas que quedan insertadas en el muro una vez retiradas las formaletas. Su buen desempeño depende de la instalación adecuada del material llamado yumbolón, el cual es un material de lámina de espuma de polietileno de 0,3 centímetros cuya estructura forma una barrera impermeable a todo tipo de líquidos y es un aislante térmico, y por ende, es utilizado como funda para la corbata.

Figura 40. Saca corbata

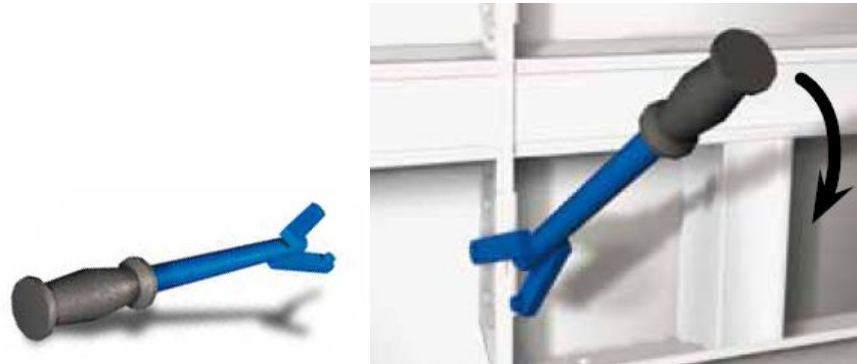


Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.39. Consulta: enero de 2012.

2.5.2. Sacapanel

Se utiliza de forma manual y facilita el desencofre de las formaletas de muro. Sus características hacen que de forma más sencilla pueda sostener el panel de muro.

Figura 41. **Saca panel**

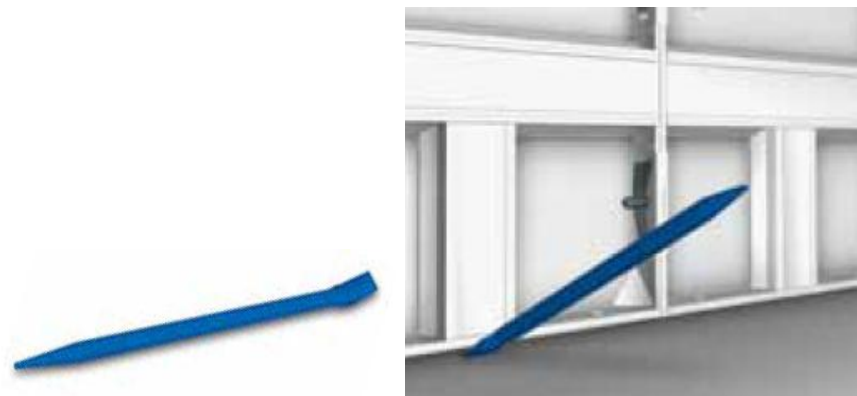


Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.39. Consulta: enero de 2012.

2.5.3. **Barreta niveladora**

Esta herramienta manual se utiliza para levantar y alinear una formaleta con otra, de acuerdo a su forma, hace que la herramienta sea práctica para levantar un panel sin mayor esfuerzo.

Figura 42. **Barreta niveladora**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.39. Consulta: enero de 2012.

2.5.4. Sacagrapa

Es una herramienta práctica y útil, que se utiliza para el retiro de pin grapas y grapacandados que están colocados en los paneles de muro o losa.

Figura 43. **Saca grapa**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.39. Consulta: enero de 2012.

2.5.5. Saca unión muro losa

La herramienta se utiliza para levantar y alinear una formaleta con otra y para ayudar en el ajuste entre orificios previo a la instalación del pasador.

Facilita el desencofre de las uniones muro losa para que esta no sufra tanto y se deteriore.

Figura 44. **Saca unión muro losa**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.39. Consulta: enero de 2012.

2.6. **Herramientas de uso general**

Se utilizan para ejecutar de manera sencilla y con el uso de menor energía, las tareas constructivas o de reparación del proyecto. Se pueden mencionar:

- Carretas
- Palas redondas
- Palas cuadradas
- Taladro percutor para trabajo pesado
- Reglas de aluminio para tallado de losa
- Vibrador con cable metálico de aguja
- Barreta
- Sierras manuales
- Serrucho
- Cortadora de mano
- Machete
- Escaleras

- Barreno eléctrico con brocas
- Llaves mixtas
- Yumbolón para forrar las corbatas

2.7. Materiales de limpieza

Se utilizan para la limpieza de los accesorios y herramientas que se utilizan para el proyecto. Se pueden mencionar:

- Agua suficiente
- Diesel
- Dos mangueras con sus respectivos acoples
- Máquina manual de fumigar para aplicar diesel
- Martillos de hule
- Suministros de energía eléctrica
- Extensiones eléctricas
- Guaípe
- Cepillo de acero
- Desencofrante, el cual puede ser:
 - *Duopart*: desencofrante con base en aceites diluidos, diseñado para evitar la adherencia del concreto a las formaletas, (Solpro, S.A).
 - *Aceite puro, grasa o cera*
 - *Separol*: es un desencofrante líquido a base de parafina que se aplica en formaletas de madera, metal, plástico, yeso, etc., para evitar su adherencia con el concreto y mortero facilitando el desencofrado.

3. DESCRIPCIÓN DE MODULACIÓN PARA VIVIENDAS

3.1. Descripción

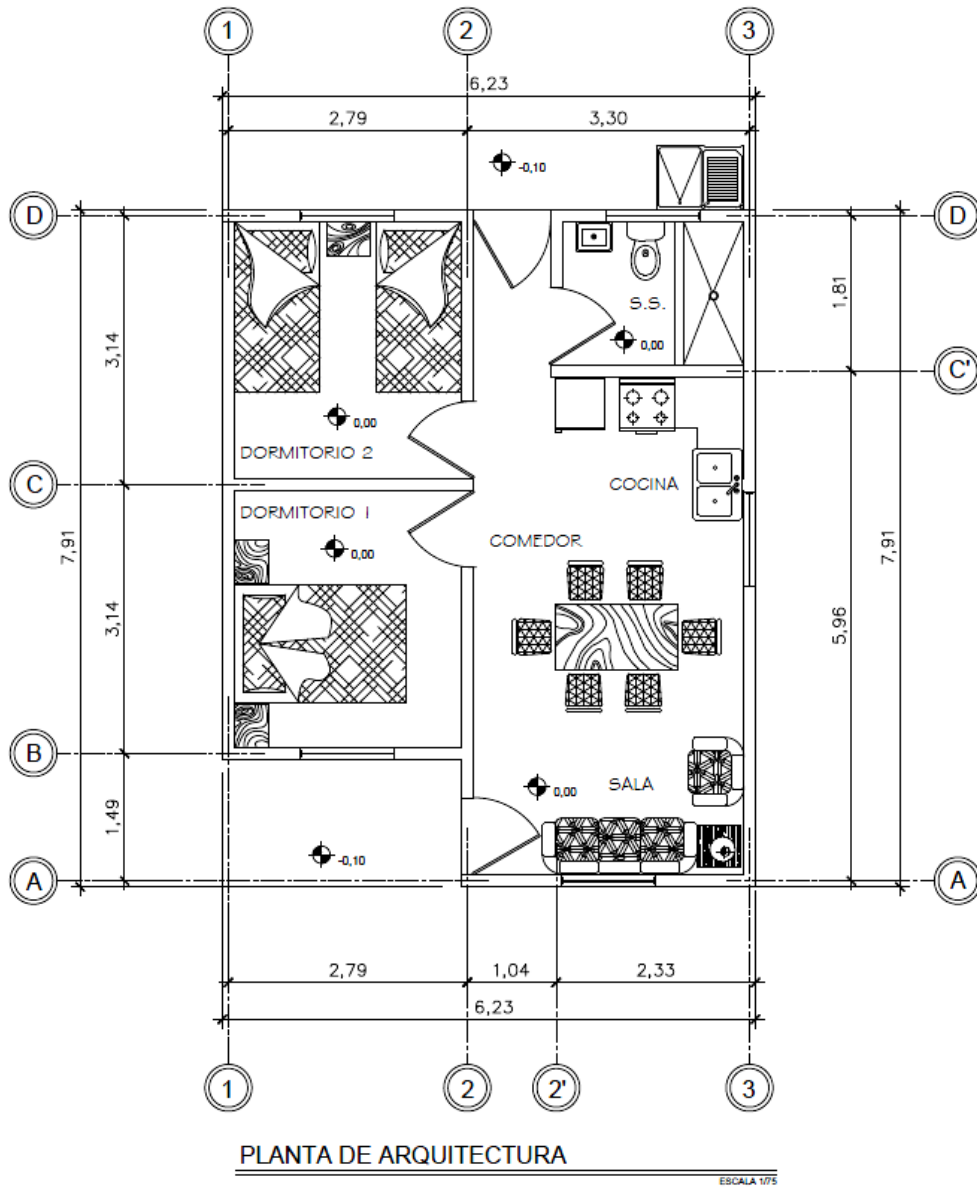
Para implementar el sistema de formaletas de aluminio es necesario conocer la modulación que debe tener en los distintos ambientes de la vivienda; es por ello que antes de ejecutar en obra la colocación de paneles, se debe de realizar el juego de planos que detalla cómo estará integrada. En estos planos se encuentran las especificaciones para la colocación y las medidas que son necesarias para armar los paneles tanto en muros como en losa, dinteles, esquineros y otros.

Se debe tener los planos de la planta amueblada de arquitectura, acotada y principalmente planos estructurarles; para luego, presentar los planos de la modulación de los paneles en muros y losas que se observará más adelante, los cuales indican las medidas de los mismos, que se deben utilizar para la vivienda.

En el capítulo anterior, se describieron los paneles de muro, losa y accesorios de sujeción; los cuales se observaron tal y como se presentan en un proyecto. Su representación en los planos de modulación se debe aprender mediante el siguiente ejemplo en el que se utilizará un ambiente de la vivienda para que se observen los detalles; tales como esquineros de muro interno, dinteles, sillares, paneles de muro, paneles de losa, entre otros.

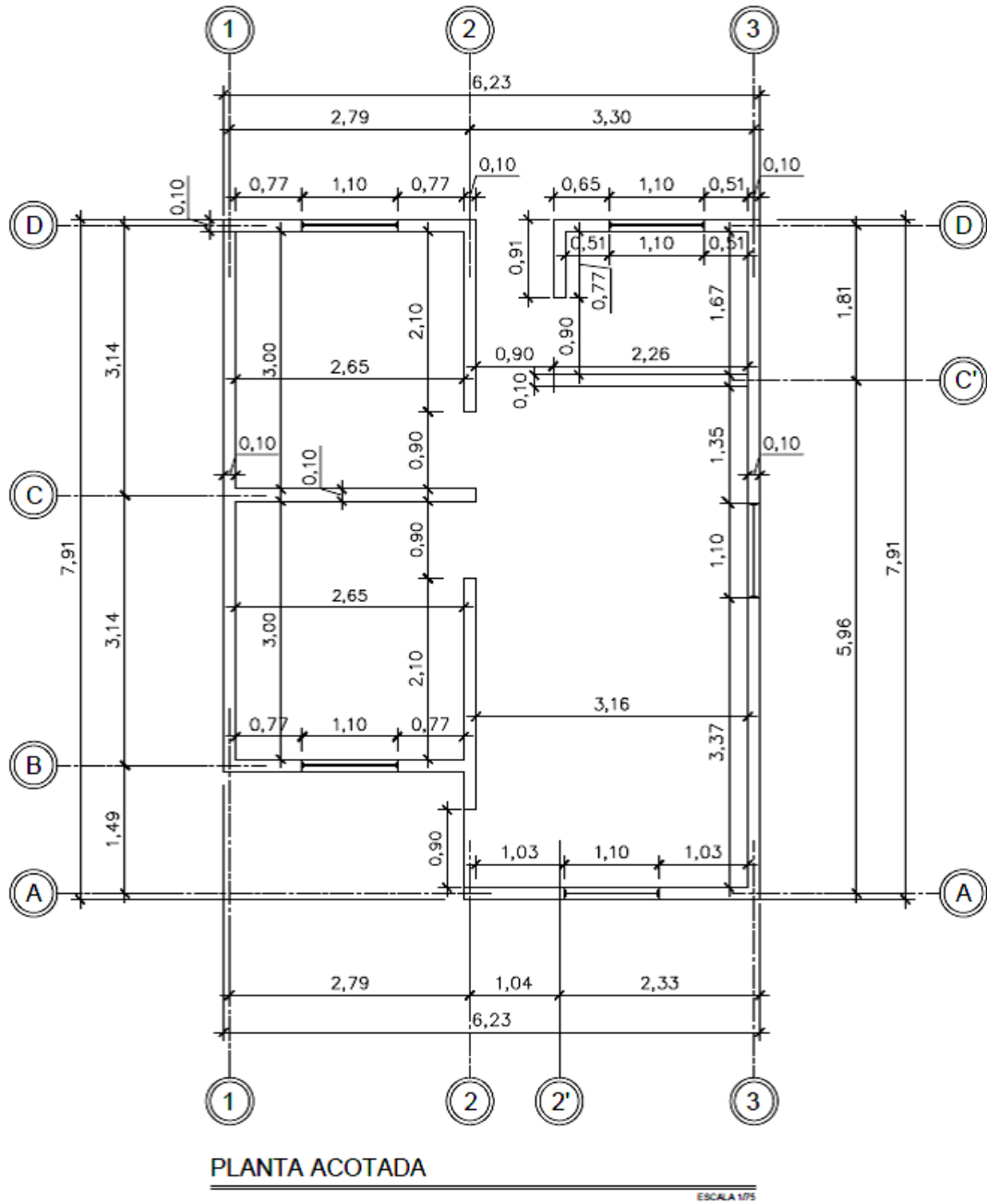
A continuación se presenta la planta amueblada y acotada de una vivienda común.

Figura 45. Planta amueblada o arquitectónica



Fuente: elaboración propia. Software de computación. Autocad 2010.

Figura 46. Planta acotada



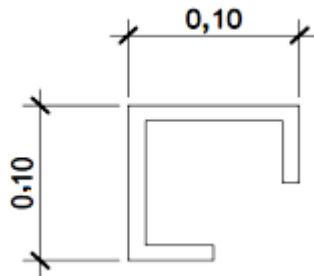
Fuente: elaboración propia. Software de computación. Autocad 2010.

3.2. Representación de paneles en planos

Antes de mostrar la modulación completa de los paneles en muros y losas, se muestra esquemáticamente algunos detalles.

Se debe tomar en cuenta las dimensiones que tiene cada ambiente, esto se deduce del plano acotado que en un principio se realiza. En base a esto, se empieza con la colocación de esquineros de muro interno, los cuales servirán como base para empezar a modular los paneles de muro. Este accesorio tiene dimensiones de 10 x 10 centímetros como se muestra en la figura 47.

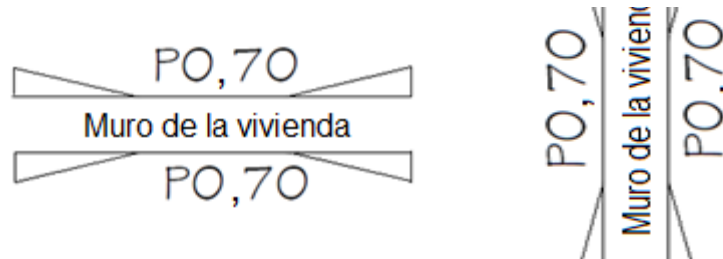
Figura 47. **Representación de esquinero de muro interno**



Fuente: elaboración propia. *Software* de computación. *Autocad* 2010.

Para representar paneles en muro en un plano, se muestra en la figura 48, la cual indica la medida horizontal del panel que se utilizará en la obra, así mismo se coloca una letra "P" al lado de esta medida para indicar que es un panel. Cabe mencionar que los triángulos que se observan en la imagen es únicamente por estética, ya que si sólo se trazaría una línea con la medida, no se reconocería su intervalo.

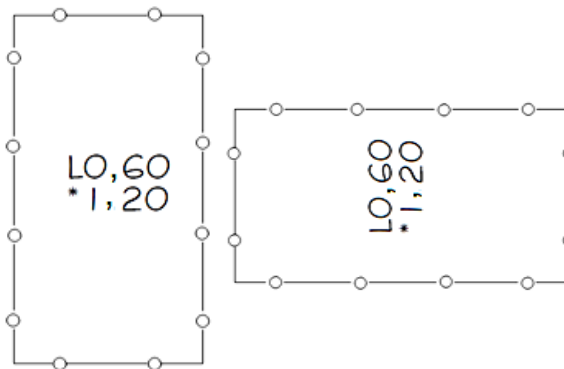
Figura 48. **Representacion del panel de muro**



Fuente: elaboración propia. *Software de computación. Autocad 2010.*

Para representar paneles en losa en un plano, se observa como se muestra a continuación, la cual indica las dimensiones del panel que se utilizará en la obra, así mismo se coloca una letra “L” al lado de una de las medidas para indicar que es un panel de losa.

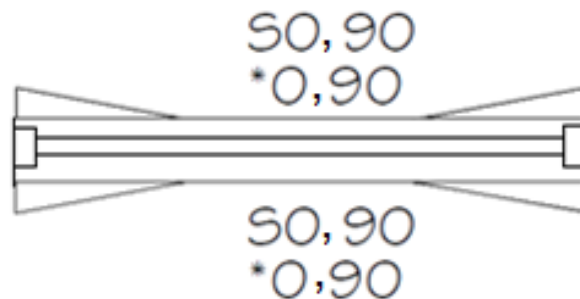
Figura 49. **Representacion del panel de losa**



Fuente: elaboración propia. *Software de computación. Autocad 2010.*

Para representar paneles en sillares, se debe observar la siguiente figura, la cual indica dimensiones del panel que se utilizará en las ventanas. Así mismo, se coloca una letra “S” al lado de una de las medidas para indicar que es la altura en sillar. Comúnmente se utiliza alturas entre 90 a 120 centímetros, lo cual se representa en los planos en metros (0,90 – 1,20 metros), la otra medida que se coloca en el panel es el ancho que tiene la ventana.

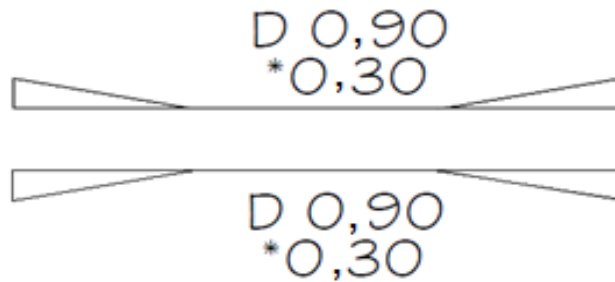
Figura 50. **Representación del panel de sillar**



Fuente: elaboración propia. *Software de computación. Autocad 2010.*

Para representar paneles en dintel, observar la siguiente figura, la cual indica las dimensiones de ancho y altura del panel que se utiliza. Así mismo, se coloca una letra “D” al lado de una de las medidas para indicar que es un panel en dintel.

Figura 51. **Representacion del panel de dintel**



Fuente: elaboración propia. *Software* de computación. *Autocad* 2010.

3.3. **Ejemplo de modulación**

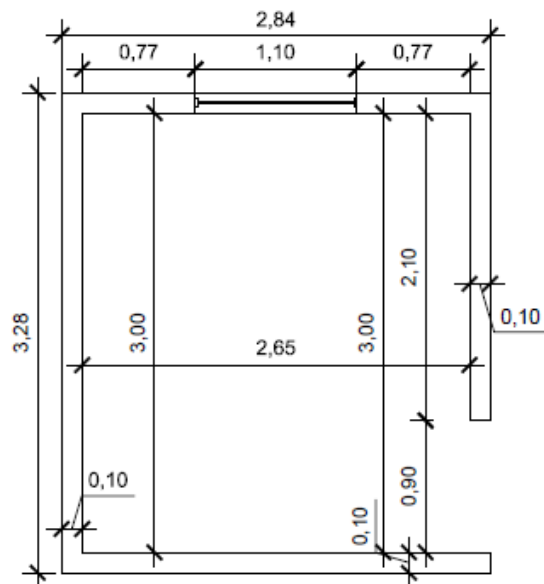
Para ejemplificar la modulación, se extrae de la planta amueblada anterior un ambiente, en este caso es el dormitorio número 2; ya que se ejemplificará lo básico en el plano de modulación. Esto permite que se pueda observar de forma más clara cómo se colocan los paneles dentro del mismo. Luego se delimita el ambiente con la planta acotada a manera de conocer las medidas internas y externas que tiene. Cabe mencionar que el espesor de muro puede ser de 8 o 10 centímetros.

Figura 52. **Planta amueblada dormitorio 2**



Fuente: elaboración propia. *Software de computación. Autocad 2010.*

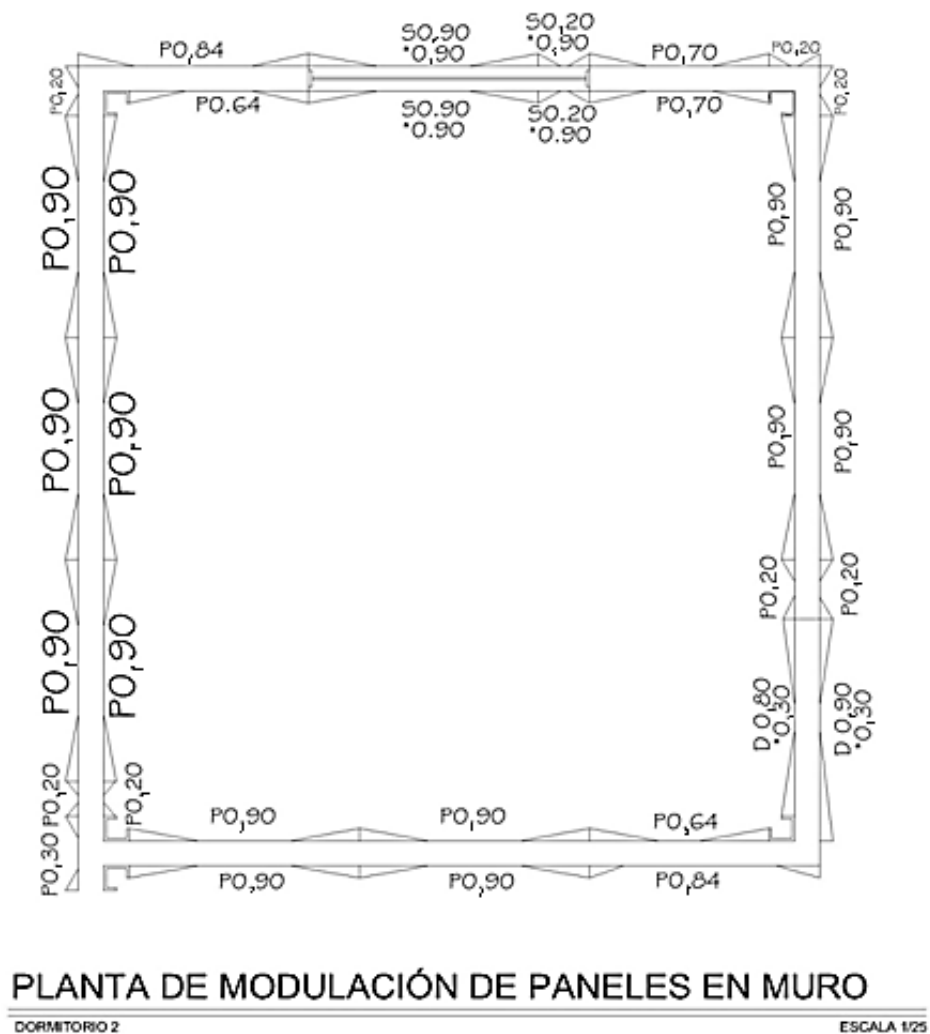
Figura 53. **Planta acotada dormitorio 2**



Fuente: elaboración propia. *Software de computación. Autocad 2010.*

Ya obtenida la planta acotada se procede a colocar los esquineros de muro interno que sirven como base para empezar a modular, verificando las medidas de los paneles en muros que se necesitan para cubrir las luces en el dormitorio. Y así, se obtiene la modulación de paneles en muro del ambiente.

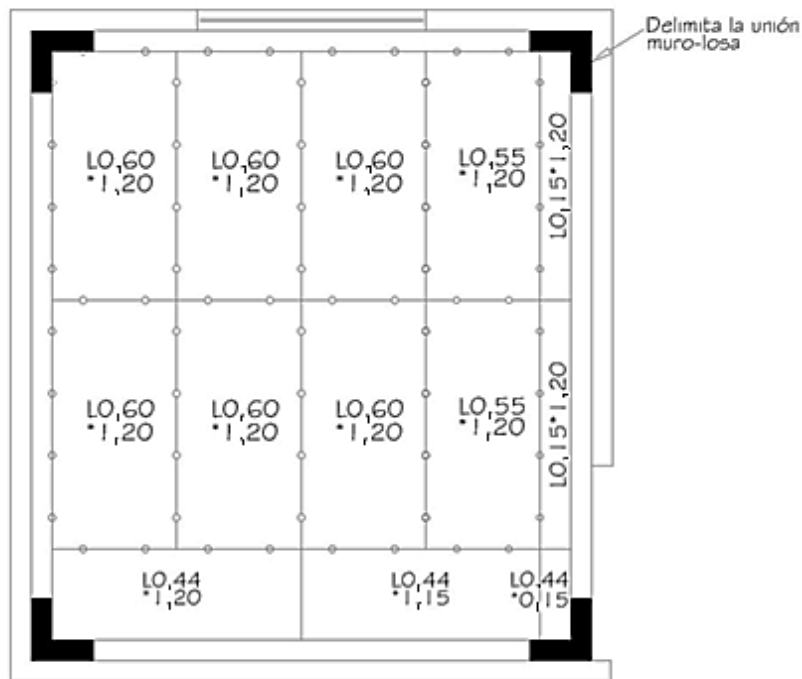
Figura 54. **Planta de modulación de paneles en muros del dormitorio 2**



Fuente: elaboración propia. Software de computación. Autocad 2010.

Ya obtenida la planta de modulación de muros se procede a modular lo que es la losa del dormitorio y se verifica las medidas de los paneles que se necesitan que deben de colocar en dicho ambiente.

Figura 55. **Planta de modulación de paneles en losa del dormitorio 2**



PLANTA DE MODULACIÓN DE PANELES EN LOSA

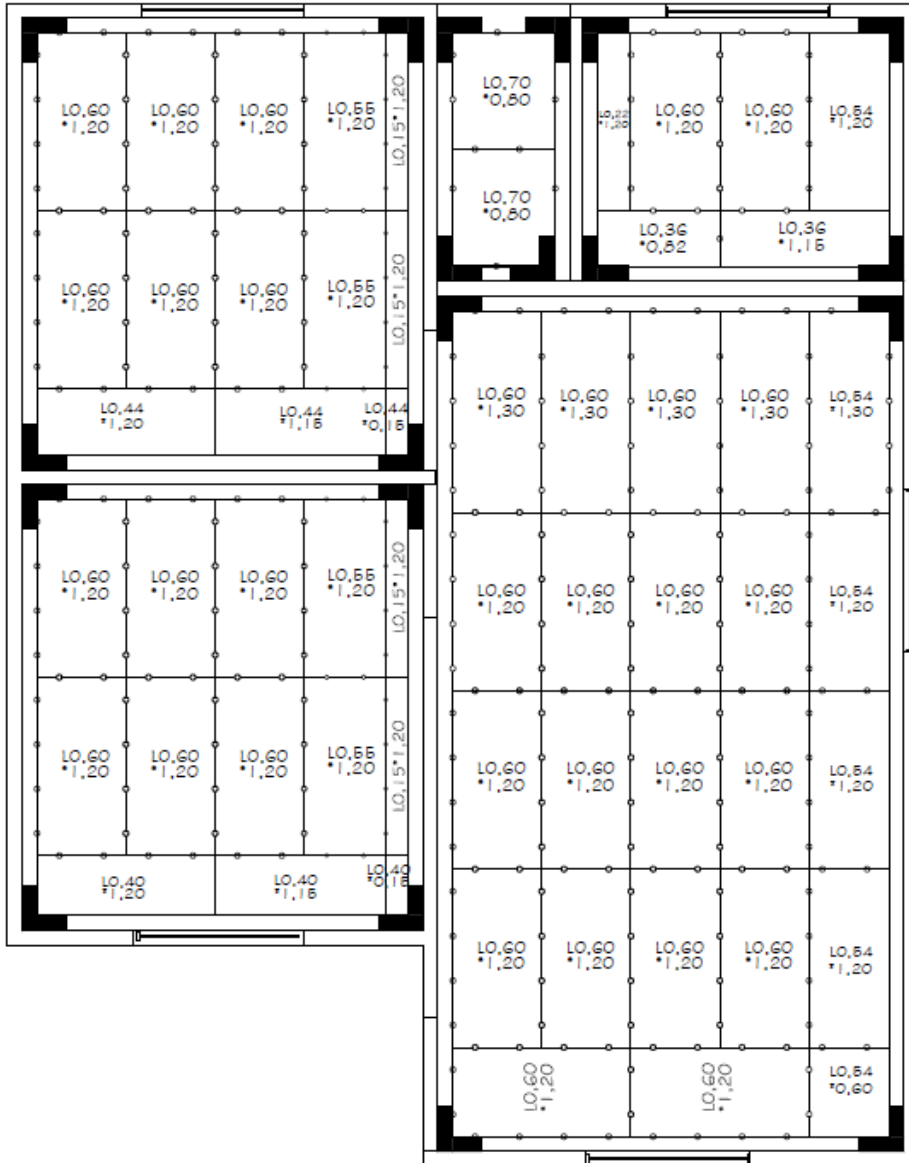
DORMITORIO 2

ESCALA 1:25

Fuente: elaboración propia. Software de computación. Autocad 2010.

Ya conociendo la modulación del ambiente de una vivienda, se procede a modular la vivienda completa, tanto con los paneles de muro como los paneles de losa, tal y como se observaron en los ejemplos anteriores. Y así, queda finalizada la modulación completa de la vivienda.

Figura 57. Planta de modulación de paneles en losa



MODULACIÓN DE PANELES EN LOSA

ESCALA 1/50

Fuente: elaboración propia. Software de computación. Autocad 2010.

4. PROCESO CONSTRUCTIVO DE VIVIENDAS CON FORMALETAS DE ALUMINIO

4.1. Descripción

Ya conociendo la modulación que tendrá el diseño de la vivienda, se procede a obtener todas las formaletas para ese proyecto en específico, se puede realizar el proceso de construcción de varias viviendas en serie en un tiempo muy corto. Al utilizar el método de formaletas de aluminio, no es necesaria ninguna maquinaria para su levantamiento más que, sus herramientas y accesorios.

Se puede dar el espesor de muro que se desea, los más comunes que se utilizan son de 8 y 10 centímetros. Al tener un espesor de muro distinto, varían todos los demás accesorios que se utilizarán para el diseño.

Para la construcción de una vivienda con el sistema de formaletas de aluminio, se presentan las etapas a seguir para la realización de dicho proyecto:

- Topografía y trazo
- Zanjeo
- Instalaciones sanitarias y eléctricas
- Colocación del refuerzo vertical y en cimentación
- Fundición de cimiento
- Enmallado (refuerzo en muros, losas y vigas)
- Armado de formaletas
- Fundición de primer nivel

4.2. Topografía y trazo

Se realiza el levantamiento topográfico durante el primer día en la obra, se debe estar seguro de cómo se encuentra el terreno donde se construirá la vivienda, ya que se puede encontrar muchos desniveles que pueden ocasionar inconvenientes al momento de iniciar la construcción. Ya conociendo los niveles que posee el terreno se toma decisiones para ver si es necesario realizar cortes o rellenos para que el terreno quede en óptimas condiciones.

Es importante contar con una comisión permanente de topografía; siempre dejar mojones para delimitar los ejes de localización del proyecto, para luego proceder con el trazo de la vivienda.

Figura 58. **Topografía**



Fuente: archivo fotográfico. Altos de San Ángel, zona 2. Ciudad de Guatemala.

Ya teniendo ubicados los mojones, se remueve la capa vegetal, se nivela y se compacta con selecto, y luego, de acuerdo a los planos se empieza con el trazo del cimiento, donde estarán ubicados los muros de la vivienda. Estos

se realizan para guiar al personal que realizará el zanjeo; así mismo, se marcan con cal los puntos donde estarán los cimientos y las cajas de drenaje.

Figura 59. **Trazo**



Fuente: archivo fotográfico. Altos de San Ángel, zona 2. Ciudad de Guatemala.

4.3. **Zanjeo**

El zanjeo se efectúa conforme el trazo que se realizó anteriormente y los datos que se obtienen son del levantamiento topográfico y de los planos de la vivienda.

Figura 60. **Zanjeo**



Fuente: archivo fotográfico. Altos de San Ángel, zona 2. Ciudad de Guatemala.

4.4. Armado y fundición de losas de cimentación

En esta etapa es donde se debe ubicar exactamente el acero de refuerzo vertical y las instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas. Además, se debe instalar las mallas electro-soldadas en la cimentación corrida y en la losa de cimentación. Se utiliza regularmente refuerzo prefabricado, comúnmente de alta resistencia.

Figura 61. **Electromallas en losa de cimentación**



Fuente: archivo fotográfico. Altos de San Ángel, zona 2. Ciudad de Guatemala.

Antes de vaciar el concreto se debe hacer una revisión final para asegurarse que todo esté debidamente fijado. Al tener listas todas las instalaciones y el armado de los cimientos se procede con la fundición de la losa de cimentación dejando varillas de amarre, las cuales servirán para la confinación con el refuerzo en muros. Regularmente se coloca presión de agua y un manómetro en el circuito general, para la comprobación de fugas.

Figura 62. Fundición de la losa de cimentación



Fuente: archivo fotográfico. Jardines Rosario de San Isidro, zona 16. Ciudad de Guatemala.

Para obtener un mejor acabado en la losa, se utiliza una regla de arrastre, y así, la losa de cimentación queda lista para el siguiente proceso.

Figura 63. Losa de cimentación finalizada



Fuente: archivo fotográfico. Jardines Rosario de San Isidro, zona 16. Ciudad de Guatemala.

4.5. Descripción del armado de muros

La primera operación para formaletear los muros es realizar el replanteo del trazo con crayón sobre la losa de cimentación, así como, indicar la ubicación exacta de los muros con el espesor correspondiente, verificando que el arranque de las mallas esté lo más centrados posible dentro del espesor del muro.

El espesor de los muros se debe trazar al menos tres líneas, dos internas que establecen el ancho de los muros y una tercera como referencia que permita chequear la posición del panel con respecto al eje teórico.

Se amarra con alambre las varillas salientes de la losa con las mallas electro-soldadas de los muros, y si es necesario se instalan las varillas de refuerzo en muros, las cuales son mallas de grado 70 con separaciones a cada 15 centímetros y que se sujetan a las varillas de amarre que anteriormente se colocaron en el cimiento.

Se debe tener cuidado al instalar la electro-malla con las esquinas para que queden instaladas en ángulo recto y no se genere una curva. Es importante revisar que la malla esté a plomo.

Para que se agilice el montaje de las formaletas de aluminio se recomienda perforar con un barreno cada 60 centímetros e introducir una pequeña varilla de 3/8 pulgadas, esto se realiza sobre las dos líneas interiores marcadas. La función de estas varillas es servir de tope a la formaleta, para mantener el ancho del muro y servir de guía para que estas queden bien alineadas.

Figura 64. **Armado de muros**



Fuente: archivo fotográfico. Jardines Rosario de San Isidro, zona 16. Ciudad de Guatemala.

4.6. **Detalle de instalaciones sanitarias y eléctricas**

Ya verificando en planos y ubicando en obra exactamente el acero de refuerzo, de arranque y las instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas, se procede a instalar unos separadores para evitar que la malla se pegue al muro. Se pueden utilizar separadores plásticos para muro que ahorran tiempo y agilizan el montaje. También se pueden fabricar en la obra con mortero.

Figura 65. **Separadores**



Fuente: archivo fotográfico. Jardines Rosario de San Isidro, zona 16. Ciudad de Guatemala.

Se debe sujetar muy bien a la malla las cajas eléctricas y los conductos eléctricos, sanitarios y de gas para evitar que se desplacen al momento de colocar el concreto. Las cajas eléctricas se rellenan con papel mojado para evitar la filtración del concreto.

Figura 66. **Cajas eléctricas**



Fuente: archivo fotográfico. Jardines Rosario de San Isidro, zona 16. Ciudad de Guatemala.

Después de instaladas la malla de refuerzo, cajas eléctricas y tuberías, se hace una revisión general antes de iniciar el montaje de las formaletas de aluminio.

4.7. Descripción del armado de paneles en muros y losas

Para el armado de paneles en muros y losas, se debe tomar en cuenta algunos pasos e indicaciones que a continuación se presenta.

4.7.1. Montaje de paneles en muro

El sistema de formaletas de aluminio es muy práctico y su modulación para el montaje se puede realizar de dos maneras:

- Instalar la formaleta interior de muro y luego instalar la formaleta exterior de muro.
- Instalar simultáneamente las formaletas del muro interior y las formaletas del muro exterior. Esta secuencia de montaje es la más recomendada por ser más ágil, rápida y segura.

Antes de que se inicie el montaje de los paneles se debe verificar que estos tengan bien aplicado un desencofrante, el cual se aplica en la cara de contacto de las formaletas, además debe supervisarse que las corbatas que estén debidamente forradas con polietileno (yumbolón) para su fácil extracción y evitar daños en las mismas.

4.7.1.1. Secuencia de instalación de paneles en muros

- Se comienza la instalación en las esquinas de la edificación ubicándolas sobre los trazos de replanteo de la vivienda. Se debe fijar al esquinero de muro una formaleta a cada lado formando escuadra, para dar estabilidad.

Figura 67. **Instalación de paneles en esquinas**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo y archivo fotográfico. Consulta: febrero de 2012.

- Se inserta la corbata previamente forrada, en los extremos de los pasadores, uniendo así las dos formaletas del muro. La corbata actúa como un separador permitiendo obtener un muro de espesor homogéneo y además soporta la presión del vaciado.

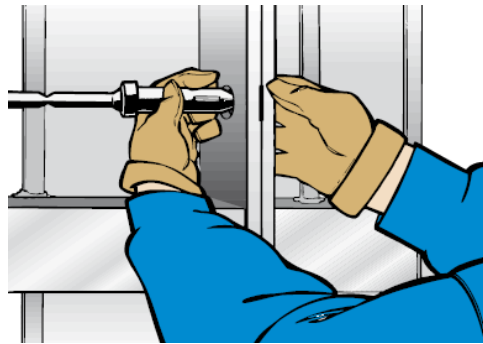
Figura 68. **Colocación de corbata**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo y archivo fotográfico. Consulta: febrero de 2012.

- Para unir una formaleta a la otra se desplaza y se inserta el pin flecha o la grapa candado, a través de las perforaciones de las formaletas. Finalmente se fija las formaletas insertando la cuña a través de la ranura del pin flecha y en el caso del grapa candado ajustarlo con la grapa, o bien, con pin-cuña.

Figura 69. **Colocación de pin flecha**



Pin flecha

Grapa candado

Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. Consulta: febrero de 2012.

- Una vez que está asegurada la esquina, se continúa ensamblando simultáneamente las formaletas exteriores de muro y las del muro interior repitiendo los pasos anteriores hasta completarla vivienda.

A medida que se unen las formaletas entre sí, es importante verificar que estén alineadas en la línea marcada que se trazó al inicio. En caso se requiere llevarlas a la posición correcta, se debe utilizar la herramienta indicada.

Es de suma importancia tomar en cuenta que no se deje de instalar una corbata o un pasador, esto genera sobreesfuerzos y daños en la formaleta.

4.7.1.2. Instalación de caps

Se fija los caps o bordes de losa a la formaleta del muro exterior con el pin grapa. Los caps son complementos superiores de muro en fachadas y exteriores.

El personal que está ejecutando la obra se debe de asegurar de instalar los accesorios, como corbatas, pasadores y cuñas entre caps, así como de instalar todos los pin gras que aseguran los mismos a las formaletas de muro.

Una vez instalados los caps en todo el contorno del muro, se procede a instalar los alineadores de caps, asegurándose que queden a plomo con la formaleta de muro.

Figura 70. **Caps**



Fuente: archivo fotográfico. Jardines Rosario de San Isidro, zona 16. Ciudad de Guatemala.

4.7.1.3. Marco de puertas y ventanas

Con el sistema de formaletas, los marcos de puertas y ventanas quedan muy bien definidos y completamente sellados contando con el tapamuro que se une a la formaleta a través de pasadores.

Para garantizar que las puertas y ventanas mantengan la medida requerida, se instala el tensor de vanos.

Figura 71. **Marco de ventanas y puertas**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo y archivo fotográfico. Consulta: febrerode 2012.

En las ventanas debe montarse a $\frac{1}{3}$ de la altura del vano y en las puertas cuando haya dintel se coloca en la parte inferior del vano. En caso de que el vano llegue hasta la losa, se debe instalar un tensor en la parte superior y el otro en la inferior.

4.7.1.4. Alineación horizontal

Para mejorar el alineamiento de los muros, se debe instalar el porta-alineador y el ángulo alineador al exterior e interior de la formaleta. Este accesorio no sirve como refuerzo, su función es ayudar al alineamiento.

Se procede a insertar cada porta-alineador en las perforaciones de la formaleta formando dos filas a lo largo de la misma, una hilera abajo para alinear las formaletas en la base y otra arriba para alinearlas en la parte superior. Y luego, se coloca el alineador de acero sobre los porta-alineadores.

Figura 72. **Alineación horizontal**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo y archivo fotográfico. Consulta: febrerode 2012.

4.7.2. Montaje de paneles en losa

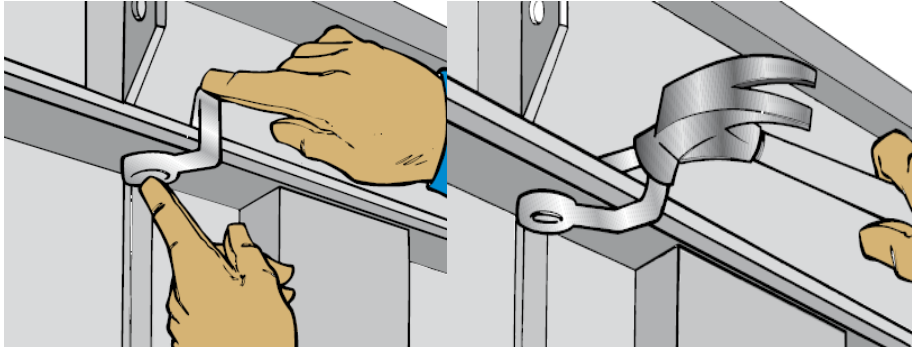
El montaje de paneles en losa se realiza de manera técnica, para que su función sea de manera eficiente y no tenga algún percance.

4.7.2.1. Secuencia de instalación de paneles en losa

Una vez terminado el ensamble de los paneles de los muros, se instala el sistema de formaletas de aluminio para losas. Para ello existe la unión muro-losa, que consiste en un perfil conector con dos formas: ángulo recto o perfil con cornisa.

- Instale el esquinero de losa y asegúrelo a la formaleta de muro por medio del pin grapa.

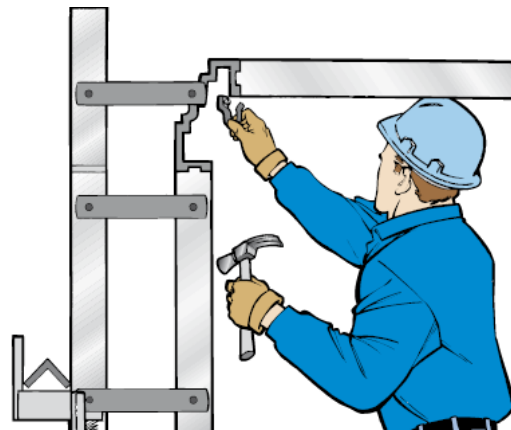
Figura 73. Colocación del pin grapa en losa



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.30. Consulta: febrero de 2012.

- De acuerdo con la modulación del plano, se instalan las formaletas de losa y se aseguran a la unión muro-losa con el pin grapa.

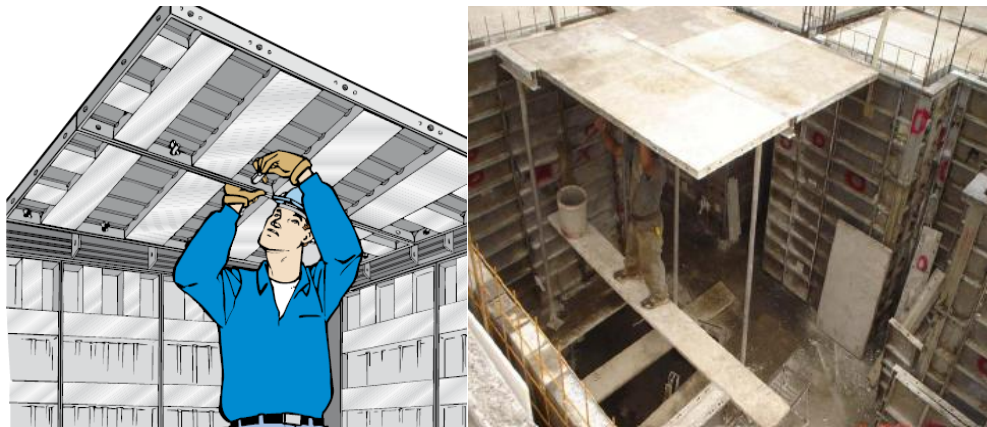
Figura 74. Colocación de unión muro-losa



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.31. Consulta: febrero de 2012.

- Se continúa uniendo las formaletas de losa entre sí, utilizando el pasador corto y asegurándolas con la cuña.

Figura 75. **Colocación de pasador corto y cuña**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo y archivo fotográfico. Consulta: febrero de 2012.

4.7.2.2. Apuntalamiento de losa

Para garantizar un buen apuntalamiento de la losa, se cuenta con la losa puntal; estas se unen a las demás formaletas con pin grapa y se soportan con su respectivo puntal o paral.

La cantidad y posición de las losas puntal, se determinan de acuerdo a la configuración estructural de cada ambiente. Se recomienda puntales a cada 1-2 metros máximo.

Se ubica las bases para tricket mecánico con sus respectivos parales, de acuerdo con el plano de modulación o la indicación dada por el constructor.

Figura 76. **Parales**



Fuente: archivo fotográfico. Jardines Rosario de San Isidro, zona 16. Ciudad de Guatemala.

El sistema de apuntalamiento, facilita el desencofre, garantizando que la losa siempre quede apuntalada y permitiendo la reutilización de las formaletas al otro día.

4.7.2.3. Instalación de electromalla en losa

Terminada la instalación de los paneles en la losa, se procede a la instalación de las mallas inferiores de refuerzo de la losa y toda la tubería y accesorios hidráulicos y sanitarios correspondientes a la losa. Posteriormente se instalan las mallas de refuerzo superior para que las tuberías queden en el medio de las dos mallas, evitando así fisuras. Así mismo, se debe proceder al refuerzo de vigas, dinteles y otros.

Se debe revisar la posición de los separadores de la malla, comúnmente le llaman “tacos” de mortero, así como los amarres y traslapes de la misma.

Figura 77. **Electromalla en losa**



Fuente: archivo fotográfico. Jardines Rosario de San Isidro, zona 16. Ciudad de Guatemala.

4.7.3. Revisión final

Antes de cada vaciado, el personal de supervisión debe revisar todo el montaje, verificar que los muros queden bien plomados, nivelados y alineados. Se asegura de la correcta y total instalación de todos los accesorios.

Es recomendable aplicar diesel en la parte exterior de la formaleta con máquina de fumigar, esto servirá para evitar que el concreto se pegue a la formaleta.

Figura 78. **Aplicación de diesel**



Fuente: archivo fotográfico. Jardines Rosario de San Isidro, zona 16. Ciudad de Guatemala.

4.8. Fundición del primer nivel

Como último proceso para la construcción de la vivienda, se procede a la fundición de concreto en la misma.

4.8.1. Especificación del concreto

Cuando se construye con este tipo de formaletas y de manera industrializada, lo primero que debe solucionarse es la disponibilidad de un concreto idóneo para el tipo de vivienda a construir. Esto es, para los espesores de muros y losas que se tengan, existirán características mínimas deseables en el concreto; normalmente se debe procurar un balance entre la fluidez, lo cual se verifica con las pruebas de asentamiento y el tamaño máximo del agregado grueso.

Las especificaciones del concreto que se utiliza para muros y losas es un concreto desde 210 a 351 kilogramo por centímetro cuadrado, lo que es equivalente de 3000 a 5000 libras por pulgada cuadrada, de acuerdo con lo que esté especificado en los planos de diseño estructural. El agregado grueso debe estar entre 3/8 y 1/2 pulgada que es lo que comúnmente se utiliza en la fundición de concreto.

En Guatemala comúnmente cuando se solicita concreto a una empresa, con el agregado que se requiere para el mismo, se utiliza la nomenclatura siguiente:

Tabla III. **Nomenclatura de concreto**

Concreto a solicitar	Lleva un agregado grueso de
3001, 4001, 5001 psi	3/8 pulgada
3003, 4003, 5003 psi	1/2 pulgada
3005, 4005, 5005 psi	1 pulgada

Fuente: elaboración propia. *Software* de computación. *Excel* 2010.

Para la fundición de las paredes del primer nivel se utiliza un concreto fluido, debido a que es difícil la filtración del concreto al fondo de las paredes por la armadura que esta lleva, esto se logra únicamente con un aditivo fluidificante, el cual se le conoce con el nombre de Sikament-100, el cual es un aditivo líquido reductor de agua y economizador de cemento que consigue incrementar notablemente la consistencia del concreto o mortero facilitando su colocación y haciéndolo apto para el bombeo.

Se utiliza un concreto autocolocable, lo cual su compactación y nivelación se realiza sin necesidad de ser vibrado y aumenta considerablemente la productividad en obra. Esto porque el tiempo de su colocación es menor y requiere un tercio del personal normalmente requerido.

Idealmente la adecuada trabajabilidad del concreto para los muros y losas se logra de manera eficiente según las características que se muestran en la siguiente tabla.

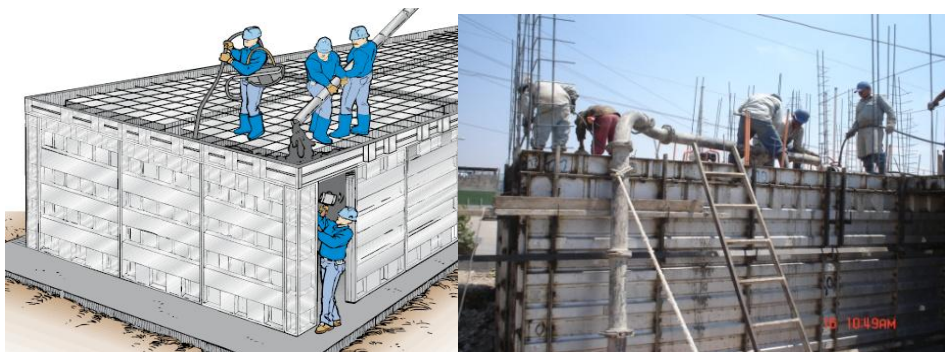
Tabla IV. **Tabla con las características del concreto**

TIPO DE CONCRETO	MUROS	LOSAS
Resistencias de especificación	210, 245, 280 kg/cm ² a 28 días	210, 245, 280 kg/cm ² a 28 días
Edades de especificación	24% de f'c a 12 horas	24% de f'c a 60 horas
Tamaño max. de agregado grueso	1/2 a 3/4 pulgadas	3/4 a 1 pulgada
Tiempo de manejabilidad	Clima frío 1.5 horas Clima medio 1 hora	Clima frío 1.5 horas Clima medio 1 hora
Asentamiento de diseño	7-8 pulgadas	4 pulgadas
Tiempo de fraguado (horas)	Clima frío: Inicial 6 a 8, final 8 a 10 Clima medio: Inicial 4 a 6, final 6 a 8	Clima frío: Inicial 6 a 8, final 8 a 10 Clima medio: Inicial 4 a 6, final 6 a 8
Densidad	2 200 a 2 400 kg/m ³	2 200 a 2 400 kg/m ³
Contenido de aire	Máximo 3%	Máximo 3%

Fuente: elaboración propia. *Software* de computación. *Excel* 2010.

Se inicia el vaciado en una esquina del muro de la formaleta, permitiendo que el concreto fluya.

Figura 79. **Vaciado del concreto en losa**



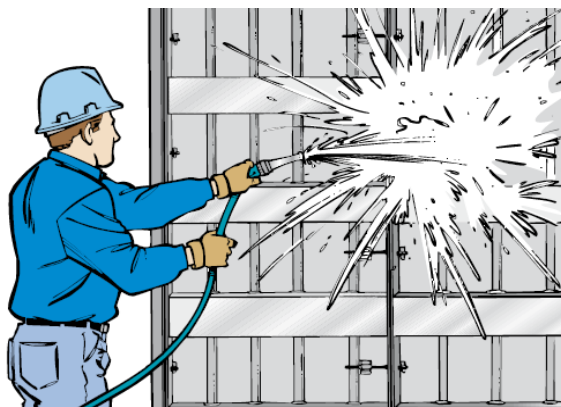
Fuente: www.forsa.com. Manual informativo y archivo fotográfico. Consulta: febrero de 2012.

El vaciado del concreto premezclado se puede realizar con pluma o bomba, teniendo en cuenta las ventajas o desventajas en cada proyecto: tiempo, costo, productividad, calidad y otros.

Se debe iniciar el vibrado una vez que el concreto empiece a estabilizarse, utilizando un vibrador de aguja para extraer el aire del concreto. Además, hay que iniciar el vibrado externo con un martillo de caucho, simultáneamente con el vaciado del concreto, para minimizar que aparezcan burbujas de aire en la superficie de concreto. En la mayoría de ocasiones se utiliza concreto autocolocable; con el uso de aditivos fluidificantes.

Inmediatamente después de vaciado el concreto, se lava con agua a presión el dorso de las formaletas, evitando que el concreto se pegue. Si no tiene agua en la obra, asegúrese de haber aplicado suficiente diesel en el dorso para evitar que el concreto se adhiera a la formaleta.

Figura 80. **Lavado con agua a presión**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.34. Consulta: febrerode 2012.

4.8.2. Desencofre de las formaletas de aluminio

El tiempo requerido para que se desencofre los moldes es mínimo de 10 horas, esto debido a que se utiliza un cemento de alta resistencia inicial, se le conoce como cemento ARI, el cual proporciona una mayor resistencia en menor tiempo.

Mediante una prueba empírica con la utilización de un escantillón, el cual sirve como un patrón de medición, se verifica si el fraguado del concreto es óptimo punzando con una varilla y comprobando si se tiene un hundimiento menor a 1 pulgada, lo cual indica que se puede proceder a desencofrar. Se inicia el desencofre de las formaletas de muro, en la mitad de una pared interior y en una esquina de los muros exteriores. Es importante usar aditivos para el desencofrado, los aditivos que se pueden utilizar son Separol o Duopart, los cuales han sido mencionados anteriormente, las ventajas de utilizar un aditivo son: secado rápido, disminuye el desgaste de la formaleta y no mancha el concreto.

Se debe tener en cuenta que ningún elemento o parte de la estructura deberán desencofrarse antes de que el concreto alcance la resistencia para soportar su propio peso y las cargas propias de la construcción. Si se utiliza aditivo acelerante en el concreto se puede curar en 2 o 3 días, se puede encontrar con el nombre de Sika2; en concreto sin aditivo, se recomienda un tiempo mínimo para desencofrar de 14 a 20 días.

Los pasos a seguir para el desencofre son los siguientes:

- Se retira los alineadores y los porta-alineadores.

- Se retira las cuñas y pasadores y desplace hacia la izquierda los pasadores-flecha que van fijos a la formaleta.
- Se inicia el desencofre de las formaletas en la mitad de una pared, retirando de una en una, utilizando la herramienta correspondiente. Asegúrese de que los paneles se tiren hacia atrás para garantizar uniformemente su correcto desencofre.

Figura 81. **Desencofre**



Fuente: www.forsa.com Manual informativo. p.38. Consulta: febrerode 2012.

- Se extrae las corbatas utilizando el sacacorbatas, herramienta especialmente diseñada para esta función.

Figura 82. **Extracción de sacacorbatas**



Fuente: www.forsa.com. Manual informativo. p.38. Consulta: febrerode 2012.

Es común encontrar ciertas imperfecciones al momento del desencofrado, como las producidas por las corbatas, y es necesario un trabajo de resane en estas imperfecciones.

Para lo que se refiere al desencofre de las formaletas en losa el sistema de apuntalamiento, garantiza que la losa se pueda desencofrar, sin retirar los puntales; permitiendo usar los paneles el siguiente día, y garantizando su integridad estructural.

Se inicia el desencofre por un extremo de la losa. Se debe desencofrar una a una las formaletas de losa, retirando primero las pin grapa, pines y cuñas. Cada una de las losas puntal debe quedar fija con su respectivo paral o puntal y no se deben mover prematuramente, con ello se mantiene la integridad estructural de la losa.

Figura 83. **Desencofre en losa**



Fuente: archivo fotográfico. Jardines Rosario de San Isidro, zona 16. Ciudad de Guatemala.

Se termina el desencofre tanto en muros como en losa y se puede mencionar que para una mejor apariencia del concreto se necesitan mínimas terminaciones, ya que solo habrá que resanar lo que son las perforaciones de las corbatas y otras segregaciones. Posteriormente, se puede empezar con los acabados finales, los cuales pueden ser: texturizado en muros y losas, acabados exteriores, impermeabilización, jardinería, limpieza y su entrega.

5. TIEMPO DE FINALIZACIÓN DE OBRA

5.1. Sistema de mampostería

Para la construcción de una vivienda con el sistema de mampostería, se deben ejecutar diferentes actividades o trabajos durante su elaboración; zanjeo del terreno, armado de estructuras (cimiento corrido, zapatas, columnas, soleras, losa), fundición con concreto, levantado de muros, armado de formaletas con madera, colocación e instalaciones (drenajes, plomería, electricidad), resane de obra gris, cernido en losa, colocación de puertas y ventanas, repello en muros, texturizado en muros.

En este sistema se encuentran las mismas actividades que realizar al compararlo con la construcción de una vivienda con el sistema de formaletas de aluminio, a excepción del fraguado de la fundición; utilizando a 5 trabajadores (3 albañiles y 2 ayudantes de albañil) para la construcción de una vivienda de 45 metros cuadrados, aproximadamente se finaliza entre 2 y 3 meses; también se debe tomar en cuenta imprevistos que en todo proyecto se presentan, entre ellos, el factor económico el cual el cliente deberá cumplir con lo establecido de un contrato previo al inicio de la construcción, el transporte de materiales, inasistencia de trabajadores, entre otros; los cuales pueden retrasar la finalización de la obra.

El tiempo de finalización puede reducirse, contratando más personal para mayor rapidez en la ejecución, pero esto conlleva un incremento en cuanto al costo de la vivienda, ya que la planilla se elevaría y lo que se trata es de tener es un estándar económico para el cliente.

Una manera más simple de mostrar el tiempo en que se ejecuta y finaliza una vivienda utilizando el sistema de mampostería es con un cronograma de ejecución, el cual está estructurado con el tiempo en semanas en que se lleva las distintas actividades para dicho proyecto. Para este ejemplo se utiliza la vivienda de 45 metros cuadrados de construcción que se mostró en planos anteriores.

Figura 84. **Cronograma de actividades en sistema de mampostería**

No.	ACTIVIDAD	mes 1				mes 2				mes 3			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
1	Zanqueo Cimiento Corrido, Zapatas, Drenajes, Electricidad, Plomería	■											
2	Armado de cimiento Corrido, zapatas, columnas, mochetas		■										
3	Fundición de Cimiento Corrido, Zapatas			■									
4	Levantado de Block sobre CC				■								
5	Armado y fundicion de Solera Hidrófuga					■							
6	Levantado de Block sobre Solera Hidrófuga						■						
7	Armado y fundicion de Solera Intermedia							■					
8	Levantado de Block sobre Solera Intermedia								■				
9	Armado y fundicion de Solera Final									■			
10	Formaleta y fundicion de Columnas										■		
11	Armado y fundición de Dinteles y Sillares											■	
12	Entarimado y armado de Losa pre fabricada												■
13	Fundición en Losa												
14	Colocación de Drenaje Pluvial												
15	Colocación de Drenaje Sanitario												
16	Instalaciones Plomería Circuito PVC Y CPVC												
17	Armado de Baños y otros artefactos												
18	Instalaciones Eléctricas en Obra Gris												
19	Resane de Losa												
20	Cernido Circular en Losa												
21	Colocacion de ventanas y puertas												
22	Repello en Muro de Block												
23	Cernido Circular/Alizado/Texturizado/Pintura												

Fuente: elaboración propia. Software de computación. Excel 2010.

5.2. Sistema de formaletas de aluminio

Con la utilización del sistema de formaletas de aluminio, se muestra el tiempo en que se ejecuta y finaliza una vivienda de 45 metros cuadrados de construcción, en este sistema cabe mencionar que se evita la fundición de soleras y levantado de block, por lo que, se ahorra tiempo. Se realiza un proceso similar al del sistema de mampostería en cuanto a los trabajos preliminares, se refiere a la limpieza del terreno, levantamiento topográfico, trazo, zanjeo y otros.

Lo que se debe de tomar en cuenta, que es de suma importancia, es la ubicación de las instalaciones sanitarias y eléctricas, así como, su correcto funcionamiento, ya que, posterior a fundir la vivienda no es aconsejable romper el muro para arreglar imperfecciones, ya que eso retrasa la entrega de la misma y además, tiene un costo el cual no estaría considerado.

Lo que se pretende cuando se realiza un proyecto de viviendas en serie, es avanzar con mayor rapidez y eficiencia, considerando otros factores como el número de personal que se cuenta para dicho proyecto, ya que es mejor tener un menor número por los costos y por el manejo de responsabilidad.

Cabe mencionar que para un proyecto de viviendas en serie, el sistema facilita todo el proceso, desde el uso de las formaletas, la fundición, hasta el desencofrado de los paneles; el tiempo para efectuar estas actividades mencionadas, utilizando de cinco a seis trabajadores por vivienda, se estima un promedio de 8 a 10 horas por cada una, para el proceso de armado de formaleta.

Para tener una mejor idea y visión del tiempo de ejecución utilizando el sistema de formaletas de aluminio, se utiliza un cronograma el cual está estructurado con el tiempo en semanas en que se lleva las distintas actividades para una vivienda.

Figura 85. **Cronograma de actividades en sistema de formaletas de aluminio**

No.	ACTIVIDAD	MES 1				MES 2	
		S1	S2	S3	S4	S1	S2
1	Trabajos preliminares	■					
2	Zanjeo, fundición losa de cimentación y columnas	■					
3	Colocación de refuerzo e instalaciones en muro	■					
4	Instalaciones Eléctricas		■				
5	Instalaciones Hidráulicas		■				
6	Colocación de Paneles de muro		■				
7	Colocación de Paneles de Losa			■			
8	Fundición de Casa			■			
9	Resane y Acabados en Muros y losa				■	■	
10	Colocación de Baños y otros artefactos					■	
11	Colocación de Puertas					■	
12	Colocación de Ventanas					■	
13	Limpieza General					■	
14	Trabajos finales						■

Fuente: elaboración propia. Software de computación. Excel 2010.

5.3. Comparación de los sistemas

Realizando una comparación del tiempo de finalización de los dos sistemas, tanto el de mampostería como el de formaletas de aluminio, se observa que el sistema mampuesto tiene muchas más actividades, las cuales aplazan la ejecución de la vivienda, ya que van por etapas, por ejemplo lo que son las soleras hidrófuga, intermedia y final; las cuales se deben de primero armar según con las indicaciones de los planos de la obra y posteriormente se funden con el concreto indicado por el constructor. Además, se utilizan bloques de concreto para los muros y se levanta el muro utilizando mortero entre los bloques que sirve como aglomerante, se continua el levantado de bloques pegándolos hilera tras hilera.

Se llega a la actividad de armar con hierro los dinteles de las puertas y ventanas, según las especificaciones de los planos; por último se realiza el armado de la losa, el cual puede ser con el sistema tradicional, utilizando hierro según las especificaciones de los planos para los bastones, rieles y tensiones que el sistema lo requiere, o bien, puede armarse con el sistema de viguetas y bovedillas que actualmente en Guatemala ha sido el que mayormente se utiliza, y ya finalizado el armado se continua con el vaciado del concreto.

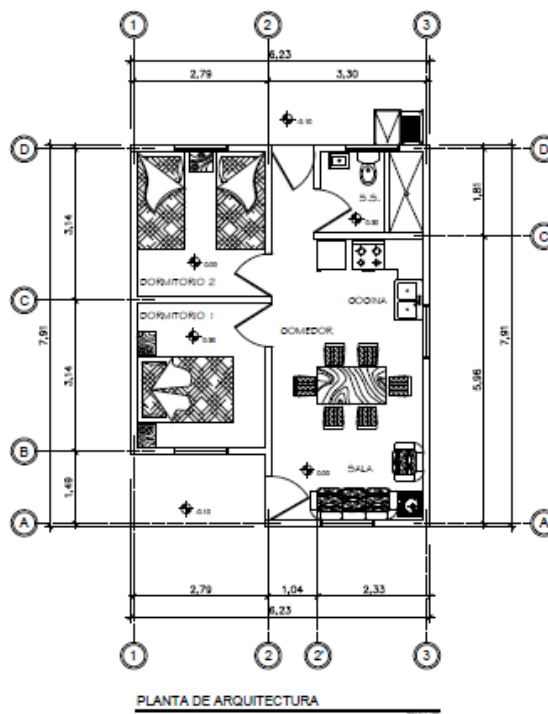
Y con respecto al sistema de formaletas de aluminio, es mucho más rápido y eficaz, teniendo armado el esqueleto de la vivienda, con sus refuerzos e instalaciones tanto sanitarias como eléctricas se procede a vaciar el concreto en una sola etapa, los muros de fachada, muros internos divisorios, detalles arquitectónicos y la losa de una vivienda. Este último sistema brinda más productividad a la obra haciéndola más rápida y segura.

Según los cronogramas de actividades que se mostraron anteriormente en los dos sistemas, se puede observar que por ser el sistema de formaletas de aluminio monolítico, el tiempo de ejecución de la vivienda se reduce considerablemente, la finalización de la vivienda con el sistema de mampostería se concluye en tres meses y una semana, mientras con el sistema de formaletas de aluminio se finaliza en un mes y tres semanas, lo cual es menos de la mitad en comparación con el sistema de mampostería.

6. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

Para sacar una conclusión y observar de forma más clara un análisis financiero de los sistemas de construcción de mampostería y de formaletas de aluminio, es necesario realizarlo de un solo proyecto, en este caso una vivienda con los dos sistemas mencionados. Es por ello, que a continuación se presenta la planta amueblada o arquitectónica, de la cual se obtiene dicho análisis de acuerdo a los costos que conlleva dicha vivienda tanto en mano de obra y materiales. El área a construir es de 45 metros cuadrados.

Figura 86. **Planta de arquitectura**



Fuente: elaboración propia. Software de computación. Autocad 2010.

6.1. Sistema constructivo de mampostería

Para conocer los costos que se tienen que tomar en cuenta para el sistema de mampostería, es importante hacer una cuantificación de materiales y de mano de obra, en la siguiente tablase muestra los materiales que se utilizan junto con los precios que se encuentran en el mercado.(mayo 2012).

Tabla V. **Cuantificación de materiales utilizando el sistema de mampostería**

MATERIALES A COMPRAR					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
1	CEMENTO UGC	Saco	182	Q 65.00	Q 11,830.00
2	PEGABLOCK	Saco	37	Q 52.20	Q 1,931.40
3	MONOCAPA GRIS	Saco	46	Q 54.00	Q 2,484.00
4	MONOCAPA BLANCO	Saco	44	Q 59.00	Q 2,596.00
5	ALAMBRE DE AMARRE	Lb	165	Q 5.10	Q 841.50
6	HIERRO 1/4	Unidad	155	Q 11.00	Q 1,705.00
7	HIERRO 3/8	Unidad	270	Q 29.10	Q 7,857.00
8	HIERRO 1/2	Unidad	36	Q 51.91	Q 1,868.76
9	BLOCK	Unidad	2090	Q 3.15	Q 6,583.50
10	BLOCK U	Unidad	315	Q 3.60	Q 1,134.00
11	VIGUETAS	Unidad	33	Q 107.10	Q 3,534.30
12	BOVEDILLAS	Unidad	240	Q 7.00	Q 1,680.00
13	PIEDRÍN	M3	21	Q 200.00	Q 4,200.00
14	ARENA	M3	33	Q 70.00	Q 2,310.00
15	PILA	Unidad	1	Q 450.00	Q 450.00
16	INODORO	Unidad	1	Q 300.00	Q 300.00
17	LAVAMANOS	Unidad	1	Q 200.00	Q 200.00
18	PUERTAS	Unidad	6	Q 250.00	Q 1,500.00
19	VENTANAS	Unidad	5	Q 150.00	Q 750.00
20	TUBO PVC 3 DRENAJE	Unidad	9	Q 100.00	Q 900.00
21	ACCESORIOS DRENAJE	Global	1	Q 500.00	Q 500.00
22	TUBOS PVC AGUA POTABLE	Unidad	5	Q 50.00	Q 250.00
23	ACCESORIOS AGUA POTABLE	Global	1	Q 500.00	Q 500.00
24	POLIDUCTO ELECTRICO	Tubo 3M	20	Q 15.00	Q 300.00
25	CAJAS, ACCESORIOS Y OTROS	Global	1	Q 500.00	Q 500.00
26	ALAMBRE THN ELECTRICO	ML	280	Q 2.60	Q 728.00
27	ACCESORIOS DE ACOMETIDA	Global	1	Q 650.00	Q 650.00
28	FLETES E IMPREVISTOS	Global	1	Q 1,000.00	Q 1,000.00
29	ALQUILER DE MADERA Y ELAB. BODEGA	Global	1	Q 1,350.00	Q 1,350.00
TOTAL MATERIALES				Q	60,433.46

Fuente: elaboración propia. Software de computación. Excel 2010.

Para lo que se refiere al costo de mano de obra para dicha vivienda, se hace un resumen el cual se redondea la cantidad por aquellos de imprevistos que ocurren en toda obra civil.

A continuación en la siguiente tabla se muestra el costo de mano de obra de la vivienda utilizando el sistema de mampostería.

Tabla VI. **Costo de mano de obra utilizando el sistema de mampostería**

COSTO DE MANO DE OBRA					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
1	ZANJEO	GLOBAL	1	Q 1,100.00	Q 1,100.00
2	ARMADURA	GLOBAL	1	Q 4,600.00	Q 4,600.00
3	FUNDICIÓN Y CENTRADO DE COLUMNAS	GLOBAL	1	Q 3,800.00	Q 3,800.00
4	LEVANTADO/ACABADO	GLOBAL	1	Q 5,500.00	Q 5,500.00
5	ENTARIMADO Y FUNDICIÓN DE LOSA	GLOBAL	1	Q 4,000.00	Q 4,000.00
6	DRENAJE PLUVIAL Y SANITARIO	GLOBAL	1	Q 1,450.00	Q 1,450.00
7	INSTALACIONES AGUA POTABLE	GLOBAL	1	Q 1,450.00	Q 1,450.00
8	INSTALACIÓN LUZ Y FUERZA + ACOMETIDA	GLOBAL	1	Q 1,700.00	Q 1,700.00
9	TRABAJOS VARIOS	GLOBAL	1	Q 3,500.00	Q 3,500.00
TOTAL M.O				Q	27,100.00

Fuente: elaboración propia. *Software* de computación. *Excel* 2010.

Con la cuantificación de materiales y el costo de mano de obra, se procede a obtener el monto total de la vivienda de 45 metros cuadrados sumando el costo de materiales y mano de obra utilizando el sistema de mampostería es de:

$$Q 60 433,46 + Q 27 100,00 = Q 87 533,46$$

6.2. Sistema constructivo de formaletas de aluminio

Para conocer los costos que se tienen que tomar en cuenta utilizando el sistema de formaletas de aluminio y obtener una conclusión de las ventajas o desventajas que se encuentran, se utiliza de ejemplo la vivienda del capítulo anterior que tiene un área de construcción de 45 metros cuadrados. Se realiza una cuantificación de los materiales necesarios que exige este sistema para ejecutar dicha obra.

Se debe tener previsto la modulación de paneles tanto en muros como en losas para tener datos exactos de lo que se necesita, ya que se debe cotizar para luego solicitarlos a la empresa encargada de la venta o el alquiler de paneles; los materiales tanto como viguetas, bovedillas y aquellos para realizar concreto (cemento, arena, pedrín) se excluyen, en caso de este último, la fundición se vierte desde una pluma o bomba la cual se solicita alguna empresa que se dedique a la fabricación y colocación de concreto pre-mezclado.

La cuantificación de materiales se pueden dividir entre armadura, plomería de agua potable y drenajes, instalaciones eléctricas, acabados y otros materiales. Es importante que en toda obra civil se tenga una cuantificación exacta de los materiales, si bien es cierto existe un margen de error pero se debe tener cuidado con este proceso, ya que en algunos casos puede exceder el material y es una pérdida económica que se tendría.

En la siguiente tabla se muestrade una manera más específica la cuantificación de los materiales necesarios para la construcción de la vivienda, cada renglón contiene un detalle de los materiales que se utilizan para este sistema, estos vienen junto con su precio que se encuentra en el mercado actual del ámbito de la construcción civil, (mayo 2012).

Tabla VII. **Cuantificación de materiales con el sistema de formaletas de aluminio**

ARMADURA					
No.	Descripción Renglon	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
1	Cimiento Corrido Prefabricado tipo CC-2	ml	35	Q89.80	Q3,143.00
2	Hierro No. 4 (columnas)	u	12	Q51.91	Q622.92
3	Muros 2.50 (malla 6/6, con pin acero No.3)	m ²	35	Q249.65	Q8,737.75
4	Losa (camas 9/9 + camas 4.5/4.5)	m ²	45	Q156.00	Q7,020.00
5	Bastones Ref No. 3	ml	24	Q10.00	Q240.00
6	Armado Ventana (doble ref. No.3)	ml	5	Q5.00	Q25.00
7	Armado Dintel puerta (ref. no. 3)	ml	5	Q5.00	Q25.00
TOTAL					Q19,813.67
PLOMERIA: AGUA POTABLE					
No.	Descripción Renglon	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
1	Tubo PVC 1/2"	Tubo	3	Q28.00	Q84.00
2	Codo PVC 1/2" x 90	u	6	Q1.30	Q7.80
3	Codo HG 1/2" x 90	u	6	Q8.00	Q48.00
4	Adaptador macho PVC 1/2"	u	6	Q1.10	Q6.60
5	Tee PVC 1/2"	u	2	Q1.70	Q3.40
6	Tapon Macho HG 1/2"	u	6	Q8.00	Q48.00
7	Tapon liso hembra PVC 1/2"	u	2	Q9.00	Q18.00
8	Copla PVC 1/2"	u	2	Q0.90	Q1.80
9	Pegamento Tangit	1/4 gal	1	Q194.00	Q194.00
10	Rollos de Teflón	u	10	Q2.85	Q28.50
11	Lija No. 100	Pliego	0.5	Q7.00	Q3.50
12	Niple 1/2"	u	6	Q19.00	Q114.00
13	Grifo 1/2"	u	1	Q29.00	Q29.00
Total					Q586.60

Continuación de la tabla VII.

PLOMERIA: INSTALACIONES					
No.	Descripción Renglon	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
1	Lavamanos e inodoro	u	1	Q500.00	Q500.00
2	Pila de concreto 1 deposito	u	1	Q450.00	Q450.00
	Total				Q950.00
PLOMERIA: DRENAJES					
No.	Descripción Renglon	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
1	Tubo PVC 80 PSI blanco 2"	u	0.3	Q61.00	Q18.30
2	Tubo PVC 3/4"	u	0.41	Q34.00	Q13.94
3	Tubo PVC naranja 4"	u	3.5	Q180.00	Q630.00
4	Tubo PVC naranja 3"	u	1	Q109.00	Q109.00
5	Codo PVC 4" * 90	u	2	Q32.60	Q65.20
6	Codo PVC 4" * 45	u	1	Q25.00	Q25.00
7	Codo PVC 3" * 90	u	4	Q20.80	Q83.20
8	Codo PVC 3" * 45	u	4	Q16.90	Q67.60
9	Tee PVC 4"	u	1	Q33.40	Q33.40
10	Reductor de 4" a 2"	u	1	Q13.80	Q13.80
11	Cinta gris metálica	u	0.5	Q45.00	Q22.50
	Total				Q1,081.94
MATERIALES VARIOS					
No.	Descripción Renglon	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
1	Concreto 3001 psi	m3	18	Q1,350.00	Q24,300.00
2	Clavo Acerado	bolsa	30	Q0.35	Q10.50
3	Cal corriente	bolsa	1.5	Q27.00	Q40.50
4	Waípe	lb	3	Q7.00	Q21.00
5	Thiner	galon	0.1	Q60.00	Q6.00
6	Separol	cubeta	1	Q565.00	Q565.00
7	diesel	galon	4	Q32.00	Q128.00
8	Sika 2	galon	4	Q100.00	Q400.00
9	Maskin Tape	rollo	3	Q5.00	Q15.00
10	Yumbolón	ml	7	Q15.00	Q105.00
11	Sikament 100	galon	5	Q120.00	Q600.00
	Total				Q26,191.00

Continuación de la tabla VII.

ELECTRICIDAD: LUZ Y FUERZA					
No.	Descripción Renglon	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
1	Ducto eléctrico 3/4"	tubo 3m	18	Q48.00	Q864.00
2	Ducto eléctrico 1 1/4"	tubo 3m	4	Q17.95	Q71.80
3	Vuelta eléctrica 3/4"	u	24	Q1.50	Q36.00
4	Vuelta eléctrica 1 1/4"	u	2	Q2.10	Q4.20
5	Caja Octogonal	u	7	Q5.00	Q35.00
6	Caja rectangular	u	19	Q5.00	Q95.00
7	Copla eléctrica 3/4"	u	17	Q0.45	Q7.65
8	Copla eléctrica 1 1/4"	u	2	Q0.90	Q1.80
9	Caja Socket	u	1	Q170.00	Q170.00
10	Tablero 106 GE	u	1	Q250.00	Q250.00
11	Cinta gris metálica	u	1	Q45.00	Q45.00
12	Flip-on 15 AMP	u	2	Q50.00	Q100.00
13	Armadura tomacorriente 110V	u	10	Q27.00	Q270.00
14	Alambre No. 8 AWG	rollo 10m	1.5	Q135.00	Q202.50
15	Alambre No. 12 AWG	rollo 10m	18	Q45.00	Q810.00
16	Switch sencillo	u	5	Q20.00	Q100.00
17	Switch doble	u	3	Q40.00	Q120.00
18	Plafoneras	u	7	Q7.00	Q49.00
19	Caja RH	u	1	Q180.00	Q180.00
20	Timbre	u	1	Q45.00	Q45.00
21	Accesorio entrada acometida (Calavera)	u	0.5	Q37.50	Q18.75
22	Niple Conduit (1.50 largo)	u	0.5	Q70.00	Q35.00
	Total				Q3,510.70
	ACABADOS				
No.	Descripción Renglon	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
1	Ventanería	u	5	Q150.00	Q750.00
2	Puertas	u	6	Q250.00	Q1,500.00
	Total				Q2,250.00
	COSTO TOTAL DE MATERIALES				Q54,383.91

Fuente: elaboración propia Software de computación. Excel 2010.

La siguiente tabla muestra el costo de mano de obra de la construcción de la vivienda de 45 metros cuadrados junto con los precios que en el ámbito de la construcción civil se encuentran en el mercado.

Tabla VIII. **Costo de mano de obra utilizando sistema de formaletas de aluminio**

COSTO MANO DE OBRA					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
1	Zanjeo, Trazo y Limpieza	global	1	Q1,100.00	Q1,100.00
2	Cimentación y columnas + electromalla muros y losa	global	1	Q2,000.00	Q2,000.00
3	Trazo y Colocación de Formaleta	m2	250	Q 25.00	Q6,250.00
4	Resane General e imperfecciones	global	1	Q1,000.00	Q1,000.00
5	Costo de formaleta y depreciación 300 fundiciones	global	1	Q2,333.33	Q2,333.33
6	Instalaciones Eléctricas	global	1	Q1,700.00	Q1,700.00
7	Instalaciones de Agua Potable	global	1	Q1,450.00	Q1,450.00
8	Instalaciones de Drenaje pluvial y Sanitario	global	1	Q1,450.00	Q1,450.00
9	Trabajos varios	global	1	Q3,500.00	Q3,500.00
TOTAL			Q	20,783.33	

Fuente: elaboración propia. *Software* de computación. *Excel* 2010.

El monto total sumando el costo de materiales y mano de obra para el sistema de formaletas de aluminio para una vivienda de 45 metros cuadrados es de:

$$Q 54 383,91 + Q 20 783,33 = Q 75 167,24$$

6.3. Comparación de costos

En el caso de la vivienda que se toma en cuenta, la cual tiene un área de construcción de 45 metros cuadrados, se realizó un análisis financiero con el sistema de mampostería y el de formaletas de aluminio, con base a los datos adquiridos se observa una notoria diferencia en cuanto a los costos que se deben de hacer para dicha obra.

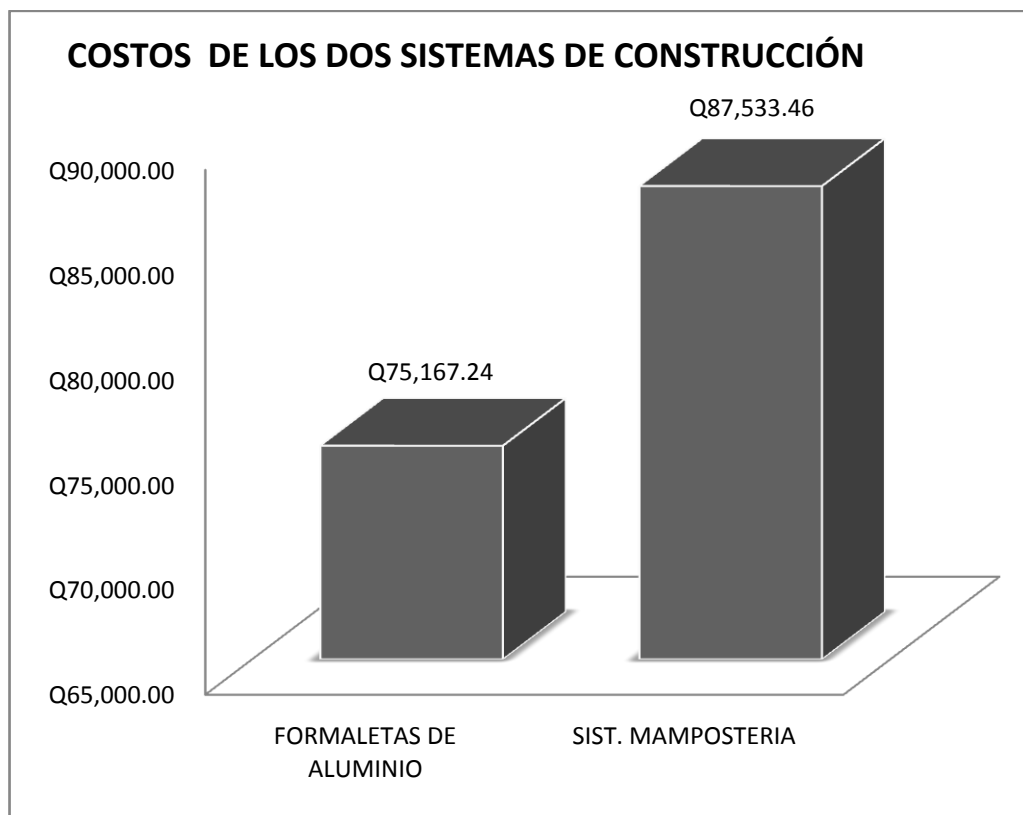
En el sistema de mampostería se utilizan más materiales y tiene muchas más actividades las cuales generan un costo, el cual se eleva al compararlo con el sistemas de formaletas de aluminio. Para lo que se refiere a la colocación de formaleta con el primer sistema, este se realiza con madera, lo cual es lo que comúnmente se utiliza en el mercado. Existe la diferencia en cuanto al concreto que se utiliza, ya que se toma en cuenta al momento de cuantificar el cemento, ya que se debe tener previsto que no solo se utiliza para la fundición de cimiento, soleras, columnas y losas, sino también se puede utilizar como mortero para los blocks.

Es importante mencionar que para la fundición de losa con el sistema de mampostería, se utiliza materiales prefabricados, como lo es el método de viguetas y bovedillas, además, los muros de block se repellan y después se les aplica revestimiento (monocapa gris o blanco) para dar la terminación final; estos factores son algunos por los cuales se eleva los costos de la vivienda.

Con el sistema de formaletas de aluminio, los muros y losas quedan listos para aplicar el revestimiento directamente sobre la superficie e incluso puede dejarse de esa manera solo arreglando alguna imperfección, lo cual se ahorra en los costos de terminación. Este sistema permite obras limpias y libres de ripio, por lo que le genera al constructor ahorro considerable.

El análisis de costos realizado demuestra cuantitativamente y de forma real, los beneficios del sistema de formaletas de aluminio para la construcción de viviendas en serie con muros en concreto. Es ventaja al momento de construir una gran cantidad de viviendas, ya que además de ahorrar capital, se ahorra mucho más tiempo. Se compara el sistema de formaletas de aluminio con el sistema de mampostería, y los resultados en rentabilidad, ahorro en materiales, costos y tiempo para su proyecto son determinantes, como se muestra en el siguiente diagrama.

Figura 87. Diagrama de costos de los dos sistemas de construcción



Fuente: elaboración propia. Software de computación. Excel 2010.

Con el sistema de formaletas de aluminio se ahorra un 14 por ciento por vivienda, lo que hace considerar que al momento de un proyecto de viviendas en serie, se puede encontrar una enorme diferencia en cuanto al costo total del proyecto, la cual generaría una ganancia.

6.4. Costo de compra de formaletas de aluminio

En Guatemala, a pesar de que se utiliza el método de formaletas de aluminio para proyectos de viviendas en serie, no cuenta con alguna empresa que se dedique a la producción de las mismas, es por ello, que se cotiza mediante la empresa Forsa Guatemala, que se dedica al envío de los paneles y accesorios el cual tiene su sede en otro país.

De acuerdo a la modulación que tengan las viviendas, el constructor encargado del proyecto solicita lo que sea necesario para que el mismo se construya de la mejor manera posible.

Se requiere de paneles de muro, losa y unión muro losa, de acuerdo a las dimensiones en metros cuadrados que debe ocupar en toda la vivienda; así mismo, debe solicitar accesorios básicos de sujeción y alineación como pin flecha, cuñas, corbatas, pin grapas, tornillos, tensores puertas y ventanas, tensores de muro, porta alineadores, alineador de caps, bases para tricket. Es indispensable tomar en cuenta las herramientas que se deben utilizar para la colocación y desencofre de los paneles, es por ello que se requiere de llaves boca fija, barretas, saca corbatas, saca paneles, escalera de armado; se debe tomar en cuenta fundas para corbatas, separadores plásticos de muros losa y viruta los cuales puedan ser consumiblesde nuevo.

Conociendo el costo de construir una vivienda utilizando el sistema de formaletas de aluminio, se debe de tomar en cuenta dentro de ese mismo costo, lo que es la compra y el envío que tiene los paneles y accesorios, ya que actualmente en Guatemala no se conoce una empresa que se dedique a la fabricación de los mismos; ya obteniendo ese total se puede concluir si se tiene beneficio el solicitarlas.

Según la investigación, y de acuerdo a la vivienda que anteriormente se utilizó de 45 metros cuadrados de construcción, para obtener los costos de envío se realizó una cotización a la empresa Forsa con sede en Guatemala, que es la encargada de la distribución y envío de los paneles junto con sus accesorios desde Colombia; los datos que proporcionaron en dicha empresase presenta en la siguiente cotización, la cual los costos están representados en dólares, por lo que se realizó el tipo de cambio utilizando un factor de 7.90 para presentarse en moneda nacional (quetzal).

Figura 88. Cotización de compra de equipo nuevo

TABLA DE COSTOS ALUMINIO EQUIPO NUEVO	Área (m²)	Valores (Dólares)
Equipo para Muros (Panel de muro estandar:60x240 cm.)	185,6	\$ 63 181,04
Equipo para Losa (Apuntalamiento: 3 Juegos de Cabezal Alumino)	47,2	\$ 17 378,40
Equipo para Union Muro Losa (h= 10 cm.)	10,9	\$3 297,84
Sub Total Formaletas	243,7	\$ 83 856,24
TABLA DE COSTOS ACCESORIOS EQUIPO NUEVO	Cant	Valores (Dólares)
Accesorios básicos de sujeción y alineación: Sujeción de muro: Pin flecha, Sujeción de losa:Pin y cuñas	1 Global	\$ 10 287,68
Otros: corbatas, pin grapas, tornillos, tensores puertas y ventanas, tensores de muro, porta alineadores, alineador de caps, bases para gato.		
Juego de Herramientas básicas: (llaves boca fija 15/16", llaves boca fija 1/2", llaves boca fija 3/4", barretas, Saca corbatas, saca paneles, escalera de armado y grada móvil)	1 Global	\$ 1 015,04
Consumibles 20 vaciados (fundas para corbatas, separadores plásticos de muros losa y viruta)	1 Global	\$ 1 020,24
Sub Total Accesorios		\$ 12 322,96
Valor Total Formaletas + Accesorios		\$ 96 179,20

Fuente: cotización deForsa Guatemala.

Para tener una mejor representación del costo de envío en moneda nacional (quetzal) utilizando este sistema de formaletas de aluminio, se utiliza el valor total de formaletas más accesorios y se multiplica por el factor de cambio de moneda (dólares-quetzales) como se muestra a continuación:

$$\$ 96 179,20 \times 7,90 = \mathbf{Q 759 815,68}$$

6.5. Análisis del mínimo de viviendas a construir para optar el sistema de formaletas de aluminio sin financiamiento

Como bien se observó en el capítulo anterior, el costo de envío que se cotiza hacia Guatemala para la utilización del sistema de formaletas de aluminio de la vivienda es de Q 759 815,68, el cual es elevado al compararlo con el costo de construir la vivienda con el sistema de mampostería, además, se debe tomar en cuenta que aún no se suma el costo de la construcción con el sistema de formaletas de aluminio el cual tiene un valor de Q75 167,24; por lo tanto, para construir la vivienda con este sistema, el costo total es de Q 834 982,92; así que, se puede concluir que no es aconsejable la utilización de este sistema para la construcción de una sola vivienda.

Por lo tanto, se realiza un análisis financiero para conocer el mínimo de viviendas que se pueden construir con el sistema de formaletas de aluminio para que se obtenga una considerable ganancia económica del proyecto.

Según se observa, es mucho más beneficioso construir una sola vivienda con el sistema de mampostería, incluso varias viviendas generando aún una ganancia. Esto se desconoce, por lo que, es importante que se evalúe el número de viviendas que son necesarias para poder construir con el sistema de formaletas de aluminio.

El siguiente análisis, se hace comparando los costos que lleva una construcción de una vivienda con el sistema de mampostería contra el sistema de formaletas de aluminio, para este último, se toma el costo total de construcción más su envío.

Se debe considerar algo importante para el análisis financiero, ya que los costos que se toman en cuenta en el caso del sistema de formaletas de aluminio son para una sola vivienda, en el caso del costo de compra del equipo nuevo, hay que recordar que este sistema es reutilizable, lo cual el costo de este no se deberá considerar en las demás construcciones de viviendas.

Para obtener una conclusión del mínimo de viviendas a construir para optar el sistema de formaletas de aluminio y alcanzar resultados eficientes, como se mencionó anteriormente se debe considerar que el costo de la compra del equipo nuevo debe ser dividido por el número de viviendas que se construirá, sumando el costo que tiene la construcción de una vivienda, este resultado se puede considerar como un deducible por cada vivienda que se construye, o bien, el costo por vivienda.

Para 30 viviendas

$$\left(\frac{Q834\,982,92}{30}\right) + Q75\,167,24 = \mathbf{Q100\,494,43}$$

Para 70 viviendas

$$\left(\frac{Q834\,982,92}{70}\right) + Q75\,167,24 = \mathbf{Q86\,021,75}$$

Para tener una mejor perspectiva de lo que se pretende, estos resultados se deben comparar con respecto al costo de construcción que tiene una vivienda con el sistema de mampostería, ya que lo que se busca es generar un valor positivo el cual indicará un ahorro, y así, optar por el sistema de formaletas de aluminio para un proyecto de viviendas en serie.

Para 30 viviendas: Q 87 533,46– Q 100494,43 = - Q 12 960,97

Para 70 viviendas: Q 87 533,46 – Q 86 021,75 = Q 1 511,71

Conociendo el procedimiento para realizar el análisis, se procede a obtener los resultados.

Tabla IX. **Análisis comparativo de costos**

No. de viviendas a construir	Sistema de mampostería	Sistema de formaletas de aluminio			Ahorro comparativo por vivienda	Ahorro comparativo del total de viviendas
	Costo de construcción de una vivienda	Costo de compra de equipo y accesorios	Costo de construcción de una vivienda	Costo por vivienda		
1	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q834 982,92	Q(747 449,46)	Q(747 449,46)
2	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q455 075,08	Q(367 541,62)	Q(735 083,24)
3	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q328 439,13	Q(240 905,67)	Q(722 717,02)
4	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q265 121,16	Q(177 587,70)	Q(710 350,80)
5	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q227 130,37	Q(139 596,91)	Q(697 984,58)
10	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q151 148,80	Q(63 615,34)	Q(636 153,48)
20	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q113 158,02	Q(25 624,56)	Q(512 491,28)
30	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q100 494,43	Q(12 960,97)	Q(388 829,08)
40	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q94 162,63	Q(6 629,17)	Q(265 166,88)
50	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q90 363,55	Q(2 830,09)	Q(141 504,68)
60	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q87 830,83	Q(297,37)	Q(17 842,48)
61	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q87 623,23	Q(89,77)	Q(5 476,26)
62	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q87 422,33	Q111,13	Q6 889,96
63	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q87 227,80	Q305,65	Q19 256,18
64	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q87 039,36	Q494,10	Q31 622,40
65	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q86 856,71	Q676,75	Q43 988,62
70	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q86 021,74	Q1 511,71	Q105 819,72
80	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q84 664,93	Q2 868,52	Q229 481,92
90	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q83 609,63	Q3 923,82	Q353 144,12
100	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q82 765,39	Q4 768,06	Q476 806,32
120	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q81 499,03	Q6 034,42	Q724 130,72
140	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q80 594,49	Q6 938,96	Q971 455,12
160	Q87 533,46	Q759 815,68	Q75 167,24	Q79 916,08	Q7 617,37	Q1 218 779,52

Fuente: elaboración propia. Software de computación. Excel 2010.

En base a la tabla anterior, se observa un cambio en el valor del ahorro a partir de construir 62 viviendas, con un valor de ahorro comparativo con el sistema de mampostería de Q 111,13 por vivienda, lo que hace un total de ahorro por esa misma cantidad de viviendas de Q 6 889,96.

6.6. Análisis del mínimo de viviendas a construir para optar el sistema de formaletas de aluminio con financiamiento

Algo muy importante que el constructor o la empresa constructora del proyecto deben considerar es que los resultados anteriores no se estiman con algún financiamiento por parte de alguna entidad bancaria; en Guatemala comúnmente las constructoras solicitan un financiamiento para la realización de proyectos y esto hace que se eleven los costos, ya que como todo préstamo se debe pagar un interés. A continuación se muestra un ejemplo, donde se aprecia el costo de una vivienda con la opción del financiamiento.

Ejemplo:

Se muestran los costos de los dos sistemas anteriormente mencionados:

Tabla X. **Costos de los dos sistemas de construcción**

Construcción con el sistema de formaletas de aluminio	Costos
Construcción de una vivienda (45 m ²)	Q 75 167,24
Compra de equipo nuevo	Q 759 815,68
Total	Q 834 982,92

Construcción con el sistema de mampostería	Costo
Construcción de una vivienda (45 m ²)	Q 87 533,46

Fuente: elaboración propia. *Software* de computación. *Excel* 2010.

Al conocer el total del costo de construir una vivienda con el sistema de formaletas de aluminio, se procede a solicitar un préstamo a una entidad financiera; el constructor debe decidir cuál es será la más conveniente.

Tabla XI. **Datos para ejemplo de financiamiento**

Financiamiento	Q 800 000,00
Depreciación del equipo	0,33%
Fundiciones	300
Tasa de la entidad financiera	20%
Cuota nivelada	Q 40 716,64
Plazo de financiamiento	24 meses
No. de viviendas a construir por mes	15

Fuente: elaboración propia. *Software* de computación. *Excel* 2010.

La depreciación se estima de la relación de un 100 por ciento de viviendas con el número de fundiciones; en este ejemplo se utiliza un valor de 300 fundiciones, lo cual da como resultado:

$$\text{Depreciación} = \frac{100}{\text{No. de fundiciones}}$$

$$\text{Depreciación} = \frac{100}{300} = 0.33\%$$

Para estimar la cuota nivelada, se utiliza la siguiente fórmula:

$$CN = C \cdot \frac{\frac{i}{p} \cdot (1 + \frac{i}{p})^n}{(1 + \frac{i}{p})^n - 1}$$

Donde:

CN = Cuota nivelada para los n meses de préstamo

C = Valor del activo a financiar

i = Tasa anual de la entidad financiera

n = número de cuotas (plazo de financiamiento)

p = número de pagos en el año

El resultado es el siguiente:

$$CN = 800\ 000 * \frac{\frac{0,20}{12} * \left(1 + \frac{0,20}{12}\right)^{24}}{\left(1 + \frac{0,20}{12}\right) - 1} = Q\ 40\ 716,64$$

La cuota nivelada, es el monto que debe pagar mensual la persona que efectuó el préstamo a la entidad financiera, en este caso, es el constructor. Es por ello, que debe tomar en cuenta que ese monto debe cubrirlo en el mes, por lo que debe construir cierto número de viviendas para pagarlo.

Ya realizado el financiamiento, se debe conocer el valor real de construir una vivienda con el sistema de formaletas, ya que ahora se suma al costo de materiales y mano de obra, la depreciación del equipo (este costo se ingresó en los costos de mano de obra, por lo que no se tomará en cuenta), costo de la formaleta y el pago mensual del financiamiento.

El costo de la formaleta se estima de la relación del valor de financiamiento con el número de fundiciones:

$$\text{Costo de formaleta} = \frac{\text{Valor de financiamiento}}{\text{No. de fundiciones}}$$

$$\text{Costo de formaleta} = \frac{Q800\,000}{300} = Q2\,666,67$$

El pago mensual del financiamiento se estima de la relación de la cuota nivelada con el número de viviendas a construir en un mes:

$$\text{Pago mensual} = \frac{\text{Cuota nivelada}}{\text{No. de viviendas a construir/mes}}$$

$$\text{Pago mensual} = \frac{Q\,40\,716,64}{15} = Q2\,714,44$$

Es así, como se obtiene el valor real de una vivienda construida con el sistema de formaletas de aluminio.

Tabla XII. **Costo de una vivienda con el sistema de formaletas de aluminio**

Costo de una vivienda con el sistema de formaleta de aluminio					
No.	Descripción	Unidad	Cant.	P.U.	Total
1	Materiales	u	1	Q54 383,91	Q54 383,91
2	Mano de Obra	u	1	Q20 783,33	Q20 783,33
3	Costo de la formaleta	u	1	Q2 666,67	Q2 666,67
4	Pago mensual (financiamiento)	u	1	Q2 714,44	Q2 714,44
TOTAL					Q80 548,35

Fuente: elaboración propia. *Software* de computación. *Excel* 2010.

Este costo total de la construcción de la vivienda, puede variar por alguno de sus factores, uno de ellos, el valor del financiamiento, que puede reducirse dependiendo de la necesidad económica del constructor; además, el factor de la tasa de interés de la entidad financiera, la cual puede ser entre 20 al 28 por ciento anual; otro factor, es el número de fundiciones que se estima; y por último, el plazo para pagar el financiamiento.

Para obtener un análisis efectivo del número de viviendas a construir, tomando en consideración los valores agregados, como lo es el costo de formaleta y el pago mensual a la entidad financiera, se muestra a continuación la siguiente tabla.

Tabla XIII. Análisis de costos con financiamiento

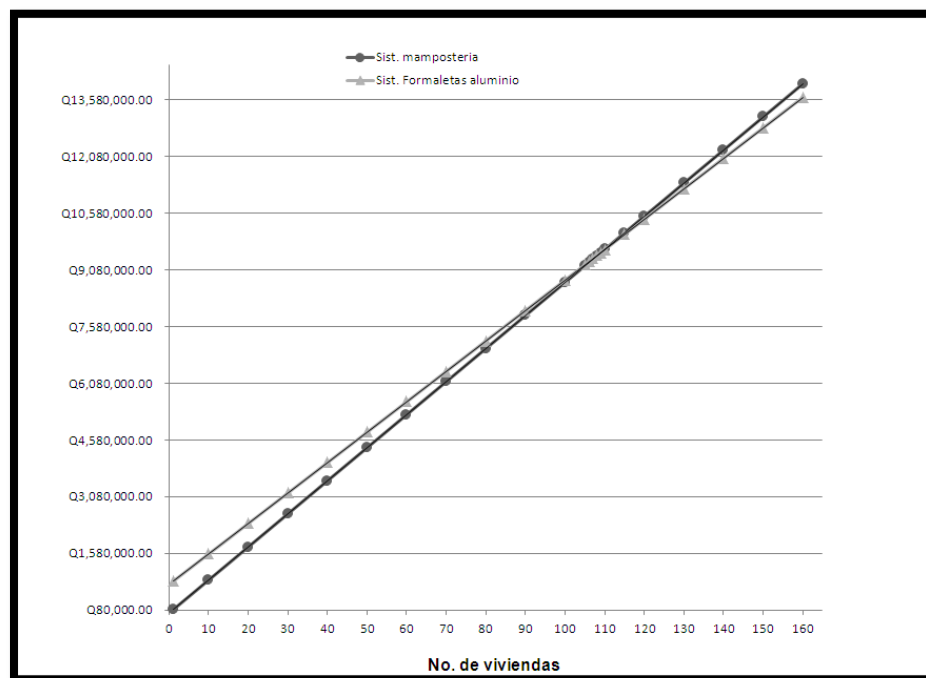
No. de viviendas a construir	Sistema de mampostería	Sistema de formaletas de aluminio			Ahorro comparativo por cada vivienda	Ahorro comparativo del total de viviendas
	Costo de construcción de una vivienda	Costo de compra de equipo y accesorios	Costo de construcción de una vivienda con financiamiento	Costo por vivienda		
1	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q840 364,02	Q(752 830,56)	Q(752 830,56)
10	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q156 529,91	Q(68 996,45)	Q(689 964,57)
20	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q118 539,13	Q(31 005,67)	Q(620 113,46)
30	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q105 875,53	Q(18 342,07)	Q(550 262,36)
40	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q99 543,74	Q(12 010,28)	Q(480 411,25)
50	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q95 744,66	Q(8 211,20)	Q(410 560,15)
60	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q93 211,94	Q(5 678,48)	Q(340 709,04)
70	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q91 402,85	Q(3 869,39)	Q(270 857,94)
80	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q90 046,04	Q(2 512,58)	Q(201 006,83)
90	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q88 990,74	Q(1 457,28)	Q(131 155,73)
100	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q88 146,50	Q(613,04)	Q(61 304,62)
105	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q87 784,68	Q(251,22)	Q(26 379,07)
106	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q87 716,42	Q(182,96)	Q(19 393,96)
107	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q87 649,43	Q(115,97)	Q(12 408,85)
108	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q87 583,68	Q(50,22)	Q5 423,74
109	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q87 519,13	Q14,32	Q1 561,37
110	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q87 455,76	Q77,69	Q8 546,47
120	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q86 880,14	Q653,31	Q78 397,58
130	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q86 393,08	Q1 140,37	Q148 248,68
140	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q85 975,60	Q1 557,85	Q218 099,79
150	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q85 613,78	Q1 919,67	Q287 950,89
160	Q87 533,46	Q759 815,68	Q80 548,35	Q85 297,19	Q2 236,26	Q357 802,04

Fuente: elaboración propia Software de computación. Excel 2010.

Considerando el análisis anterior, se puede concluir que si la empresa constructora desea trabajar en un proyecto en viviendas en serie utilizando el sistema de formaletas de aluminio y desea comprar el mismo; le resulta favorable construir a partir de 109 viviendas en adelante, tomando en cuenta que se realiza un financiamiento para el mismo. Se observa un significativo ahorro cuando se construyen más de 115 viviendas, lo que hace que el sistema de formaletas de aluminio sea el más conveniente tanto por el costo del proyecto como el tiempo de ejecución, el cual se estima que en menos de 12 meses se puede realizar un proyecto de 150 viviendas en serie.

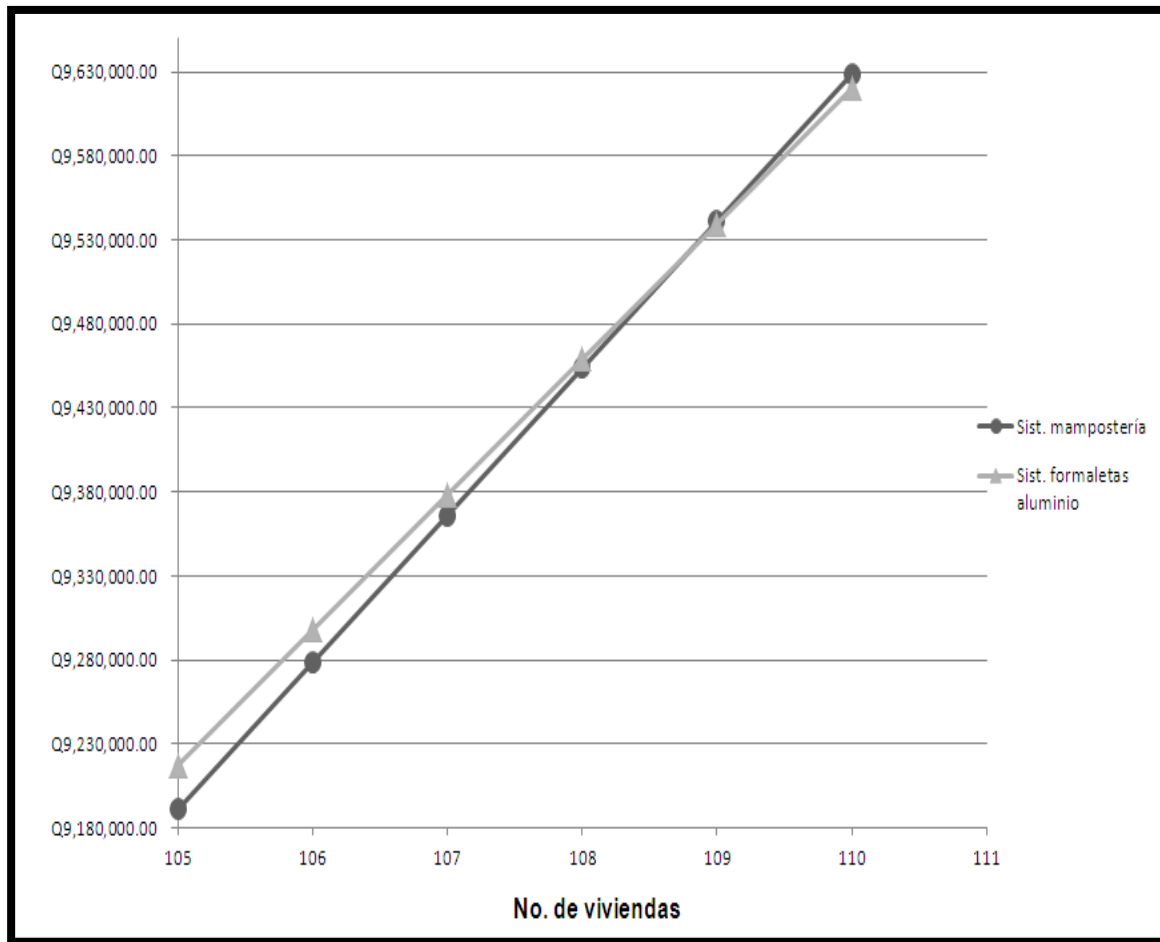
A continuación se muestran las gráficas para observar el punto de equilibrio comparando el costo total de los dos sistemas de construcción.

Figura 89. Diagrama general del punto de equilibrio



Fuente: elaboración propia. Software de computación. Excel 2010.

Figura 90. Diagrama detallado del punto de equilibrio



Fuente: elaboración propia. Software de computación. Excel 2010.

Se observa que el punto de equilibrio donde cambia de un valor negativo a un valor positivo del sistema de formaletas de aluminio, es a partir de 109 viviendas. Se debe de considerar que en ese punto, el constructor ya obtiene una ganancia por cada vivienda construida con este sistema.

CONCLUSIONES

1. Con el presente trabajo de graduación, se ha pretendido dejar bases preliminares que sirvan al profesional y a las personas que se dedican a la construcción, un conocimiento en forma general del sistema de viviendas en serie mediante el uso de formaletas de aluminio.
2. Es importante el uso adecuado de los elementos constructivos del sistema de formaletas de aluminio tales como paneles de muro, losa y accesorios de sujeción, ya que son elementos reutilizables, lo cual genera una economía de gran escala.
3. La programación de actividades y la ejecución de las mismas dependerán, del criterio del profesional a cargo del proyecto. Cuando se inicia un proyecto de viviendas en serie utilizando el sistema de formaletas de aluminio, el constructor debe considerar una planificación adecuada, para luego, ejecutar etapas tales como: topografía, zanqueo, instalaciones sanitarias y eléctricas, colocación del refuerzo vertical y en cimentación, fundición de cimiento, enmallado (refuerzo en muros, losas y vigas), armado de formaletas, fundición de primer nivel.

4. La comparación entre los sistemas de mampostería y el sistema de formaletas de aluminio, se ha realizado bajo los aspectos del tiempo de finalización y económicos, basándose en datos reales adquiridos. Sin embargo, aunque los resultados son evidentes, se considera conveniente profundizar el estudio a base de rendimientos de mano de obra que al parecer por el desarrollo acelerado y las necesidades de la industria de la construcción en Guatemala, exige cada día más.
5. Es importante que el profesional encargado de un proyecto de viviendas en serie considere que, utilizando el sistema de formaletas de aluminio debe tener un mínimo de viviendas a construir para que le genere una ganancia, ya que debe tomar en consideración el costo del equipo nuevo más el envío del mismo, sin olvidar que debe financiar el costo de éste en una entidad financiera, lo cual genera un pago mensual que no se puede despreciar.
6. Ventajas de construir con el sistema de formaletas de aluminio
 - Rendimiento de mano de obra que mejora en el caso de la construcción.
 - Significante ahorro en costos cuando se trata de un proyecto de viviendas en serie.
 - La vida útil, ya que por la reutilización del mismo se tendrá disponible el equipo en cualquier momento que se desee.

- Versatilidad; combinando los distintos elementos del equipo, se pueden modular para alcanzar diferentes alturas o diferentes distancias entre soportes.
- Ahorro de madera, ya que es un gasto importante porque no son reutilizables para posteriores vaciados. Esto ayuda a mejorar el ambiente ecológico.

7. Desventajas de construir con el sistema de formaletas de aluminio

- La exportación de la materia prima para el sistema, el cual sería los paneles y sus respectivos accesorios.
- El costo de compra de los paneles y accesorios es elevado, si el proyecto no cumple con el mínimo de viviendas a construir, no valdrá la pena adquirir este sistema para el mismo.

RECOMENDACIONES

1. Para el sistema de formaletas de aluminio se debe poner mucho énfasis en el cuidado al manipular los paneles y accesorios, así también la adecuada colocación de separadores, plomos y otros, para garantizar la uniformidad posterior a la fundición de las mismas.
2. Los controles de calidad a que se deben de someter las mezclas de fundición deben ser parte de una rutina diaria y los estándares los más exigentes de acuerdo a especificaciones, para evitar reparaciones o daños irreversibles en las viviendas.
3. La adecuada instalación de los elementos de sujeción y agarre, no golpearlos con martillo ni varillas, ni forzarlas ni utilizarlas para otro fin sino exclusivamente para lo que fueron construidas.
4. Para optimizar los períodos de tiempo de cada actividad en la ejecución de un programa de ejecución de un proyecto de viviendas en serie se recomienda trabajar mediante metas e incentivos.
5. Limpiar las formaletas y elementos de sujeción y agarre una vez se haya desencofrado el muro y losa, debido a que el concreto es altamente corrosivo y puede afectar el funcionamiento de los elementos de sujeción como tuerca y rosca de las mordazas; estas se dañan demasiado debido a que no se limpian después de ser utilizadas, incrementando los costos y desviando la función de la misma.

6. Se debe tomar en cuenta el número de viviendas a construir para utilizar el sistema de formaletas de aluminio, es de suma importancia tanto para el constructor como para el contratista ahorrar tiempo y costos que éste sistema brinda.
7. Para el desencofre de los paneles se recomienda realizarse mínimo a los 10 días, teniendo en cuenta que el concreto para este tiempo no está en su máximo punto de resistencia, pero que no haya inconveniente al realizar este proceso. Es por ello que se utilizan aditivos para acelerar el curado del concreto y así, poder desencofrar a los 2 o 3 días de fundición.
8. Proveer una guía del sistema de formaletas de aluminio a las diferentes autoridades estatales, municipales, y otros; que tengan jurisdicción sobre obras de construcción y en el desarrollo de sus propias normas.

BIBLIOGRAFÍA

1. *American Concrete Institute 318. Reglamento de las construcciones de concreto reforzado y comentarios.* 2a ed. México: Noriega, 1983. 492 p.
2. *Autocad 2010: software de computación.* [en línea]. Disponible en web: www.programas-gratis.net/b/autocad-2010.
3. CASTELLANOS GONZÁLEZ, Oscar. *Método de planificación, programación y control de proyectos habitacionales construidos en serie.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad Mariano Gálvez de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1987. 122 p.
4. *Catálogo Forsa.* [en línea] Colombia 2010. [ref. de diciembre 2011]. Disponible en Web: <http://www.forsa.com.co>.
5. *Concrete formingsystems.* [en línea] Estados Unidos de Norteamérica. 2009. [ref. de febrero 2012]. Disponible en Web: <http://www.wallties.com>.
6. *Excel 2010. software de computación.* [en línea]. Disponible en web: www.descargargratis.com/s/microsoft-excel-2010.

7. GARCÍA CORTÉS, Alberto; MARTÍNEZ ARBELÁEZ, Ricardo Andrés. *Diseño y prueba de formaletas de acero para paredes y columnas a partir del vaciado de concreto en la construcción de obras civiles*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Mecánica, 2007. 222 p.
8. *Proceso típico de construcción con cimbras de aluminio*. [en línea] Estados Unidos de Norteamérica. 2011. [ref. de enero 2012]. Disponible en Web: <http://www.cimbras.com>.
9. SÁNCHEZ LÓPEZ, Jorge David. *Los pagarés financieros como medio de financiamiento de una empresa de arrendamiento financiero*. Trabajo de graduación de Lic. en Ciencias Económicas. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad Ciencias Económicas, 2008. 204 p.
10. *Ventajas y beneficios en el uso de las cimbras de aluminio*. [en línea] Estados Unidos de Norteamérica. 2011. [ref. de enero 2012]. Disponible en Web: <http://www.cimbras.com>.

ANEXO

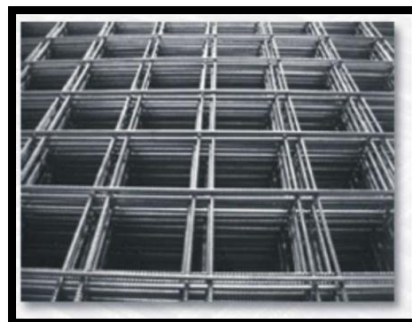
Electromalla grado 70

La electromalla Monolit está fabricada con hierro grado 70 liso o corrugado, electrosoldada con la más alta tecnología lo que garantiza un espaciamiento exacto. Además cumple con las normas ASTM A-497 y ASTM-185.

Ventajas:

- Espaciamiento exacto
- Calidad y resistencia en la soldadura
- Sustituye el proceso de armar en obra
- Optimiza los recursos de tiempo y dinero, dando como resultado eficiencia y economía
- Amplio stock en sus diferentes calibres
- Posibilidad de fabricar mallas especiales, combinando diferentes calibres, medidas y espaciamientos
- Fabricados conforme normas ASTM-487, ASTM-185 y COGUANOR

Figura 91. **Electromalla grado 70**



Fuente: Monolit. Manual Informativo. Guatemala.

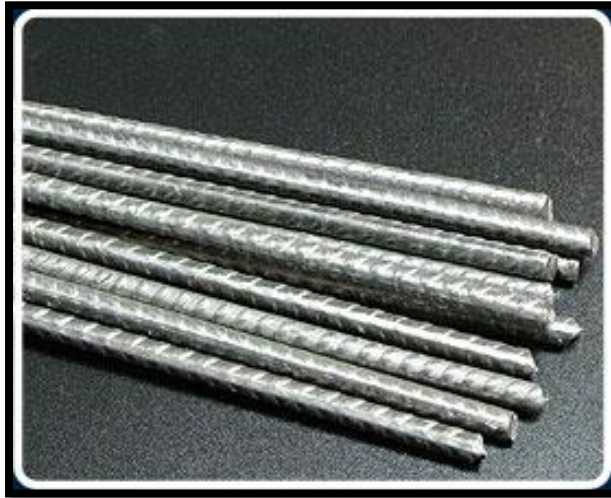
Varilla de hierro grado 70

Debido a su alta capacidad de resistir esfuerzos a tensión, la varilla de hierro grado 70 es ideal para sistemas constructivos de mampostería reforzada y confinada (bloques o ladrillo), donde puede utilizarse como refuerzo de concreto en cimientos, columnas, soleras, losas, pines y otros, sustituyendo al refuerzo tradicional grado 40.

Ventajas:

- Material de alta calidad que permite ahorros sustanciales, al disminuir el uso de acero de refuerzo de menor resistencia y mayor diámetro.
- Disminuye considerablemente el hierro empleado hasta en un 35 por ciento, respecto al grado 40.
- Ahorro en fletes al transportar mayor cantidad de varillas por quintal.
- Ahorro del 20 por ciento en el costo del refuerzo.
- Se fabrica conforme a normas ASTM A-496
- Varilla corrugada equivalente en resistencia a diámetros tradicionales.
- Puede utilizarse como refuerzo (pines) en muros de mampostería reforzada.

Figura 92. **Varilla de hierro grado 70**



Fuente: Monolit. Manual Informativo. Guatemala.

Sika2

Es un aditivo acelerador ultra-rápido del fraguado del cemento, es un producto alcalino que no contiene cloruros. Al mezclar cemento con Sika2 puro, se obtiene un fraguado de 20 segundos aproximadamente.

Propiedades:

- La mezcla compuesta por Sika 2 y cemento tiene buena adherencia al hormigón, morteros, roca y otros.
- Debido al fraguado ultra-rápido de la pasta Sika2 y cemento, se puede obturar vías de agua con presión.
- Permite sellar filtraciones o chorros de agua sin necesidad de vaciar la estructura afectada.
- Fragua bajo agua.

Figura 93. **Sika2**



Fuente: Sika Guatemala, S.A.

Sikament100

Es un aditivo adicionado de estabilizadores especiales que agregado al concreto imparte una consistencia superfluidade alta trabajabilidad, alta reducción de agua en el concreto, obteniéndose altas resistencias a edades tempranas.

Por sus características especiales el uso del Sikament100 en el concreto:

- Incrementa la eficiencia del cemento con la reducción del mismo.
- Por ser un reductor de agua de alto rango permite reducciones considerables del cemento.
- Reduce la segregación y el sangrado.

- Reduce la permeabilidad y disminuye la tendencia a la fisuración, así como a la contracción.
- Es el aditivo especial para trabajos urgentes.
- A 24 horas se acelera la resistencia del concreto o mortero de un 45% a un 90 por ciento dependiendo de la dosificación, con relación al concreto o mortero sin aditivo, permitiendo acortar los tiempos de desencofre.

Figura 94. **Sikament100**



Fuente: Sika Guatemala, S.A.

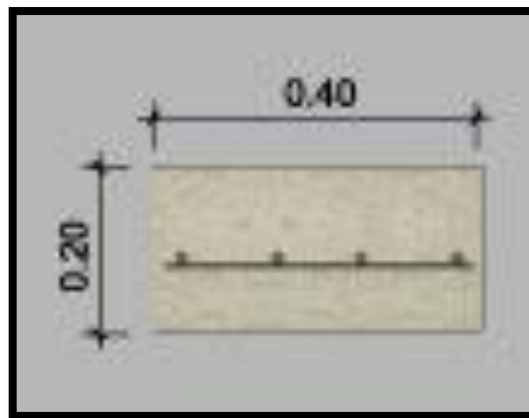
Armalit Prefabricado tipo CC-2

Armaduras prefabricadas que sustituyen los refuerzos tradicionales para cimientos corridos, columnas y soleras, fabricadas con varilla de alta resistencia grado 70. Tienen estribos o eslabones electrosoldados y espaciados que garantizan una distribución uniforme de esfuerzos.

Ventajas:

- Simplifica el cálculo y cuantificación de materiales
- Ahorra tiempo de mano de obra
- Garantiza espaciamiento exacto entre estribos o eslabones
- Cumple con normas F.H.A.
- Armadura prefabricada con varilla de acero grado 70
- Estribos o eslabones electrosoldados
- Longitud estándar de 6,00 metros (con excepción de la C-1)

Figura 95. **Prefabricado tipo CC-2**



Fuente: Monolit. Manual Informativo. Guatemala

Separol

Es un desencofrante líquido a base de parafina que se aplica en formaletas de madera, metal, plástico, yeso, etc., para evitar su adherencia con el concreto y mortero facilitando el desencofrado.

Usos:

Para evitar la adherencia de concreto y morteros en cimbras de metal, madera, yeso, casetones de plástico para losas aligeradas, etc.

Ventajas:

- Secado rápido
- Puede ser aplicado rápida y limpiamente
- Disminuye el desgaste de la cimbra
- Facilita enormemente la limpieza del material utilizado como cimbra
- No mancha el concreto

Figura 96. **Separol**



Fuente: Sika Guatemala, S.A.

