



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

**VIVIENDAS UNIFAMILIARES CONSTRUIDAS CON CONCRETO MEZCLADO
EN OBRA, COMO MÉTODO DE REDUCCIÓN DE COSTO**

Miguel Augusto Melendez Godinez

Asesorado por Ing. Héctor Cruz Lorenzana

Guatemala, marzo de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**VIVIENDAS UNIFAMILIARES CONSTRUIDAS CON CONCRETO MEZCLADO
EN OBRA, COMO MÉTODO DE REDUCCIÓN DE COSTO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MIGUEL AUGUSTO MELENDEZ GODINEZ

ASESORADO POR ING. HÉCTOR CRUZ LORENZANA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2005

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



NÓNIMA DE JUNTA DIRECTIVA

Decano	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Vocal I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Vocal II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
Vocal III	Ing. Julio David Galicia Celada
Vocal IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Vocal V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
Secretario	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Examinador	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
Examinador	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Examinador	Ing. Ricardo Rodas Romero
Secretario	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

VIVIENDAS UNIFAMILIARES CONSTRUIDAS CON CONCRETO MEZCLADO EN OBRA, COMO MÉTODO DE REDUCCIÓN DE COSTO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 19 de julio de 2004

Miguel Augusto Melendez Godinez

DEDICATORIA

- A DIOS** Señor y creador del universo, gracias por el regalo de la vida.
- A mi madre** Francisca Godínez de Meléndez (Q.E.P.D.)
Tu luz brillará siempre en mi corazón, y tu ejemplo de amor incondicional será la inspiración para ser un hombre correcto todos los días de mi vida.
- A mi padre** Miguel Augusto Meléndez Sabán
Gracias por su trabajo y sacrificio, sin el cual no hubiera llegado hasta acá.
- A mis hermanos** Juan Manuel, Sélvín Omar, Hilda Esperanza
Karla Rocío, con amor fraternal
- A mis tías** María Esperanza y Aura Consuelo
Con especial cariño y agradecimiento por su apoyo
- A mi familia en general** Con todo el cariño que se merecen
- A mis amigos en general** Con especial cariño y agradecimiento por su amistad

AGRADECIMIENTO

Al ingeniero civil Héctor Cruz Lorenzana

Por la asesoría brindada al presente trabajo de graduación.

Al ingeniero civil Erick Rosales

Por la asesoría brindada en los diseños de las mezclas del concreto.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VIII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XIII
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	1
1.1 Especificaciones de las viviendas.....	2
1.1.1 Definiciones.....	2
1.1.2 Tipos de vivienda.....	2
1.1.3 Área mínima del terreno.....	3
1.1.3.1 Índice de ocupación.....	4
1.1.3.2 Áreas libres o jardines.....	4
1.1.4 Requisitos arquitectónicos.....	4
1.1.4.1 Dimensiones y superficies mínimas.....	4
1.1.4.2 Guardaropas (<i>closets</i>)	10
1.1.4.3 Altura de techos.....	10
1.1.4.4 Baños.....	11
1.1.4.5 Lavandería y patio de servicio.....	11
1.1.4.6 Cocina.....	12
1.1.4.7 Estacionamientos ó garajes.....	12
1.1.4.8 Muros linderos.....	12
1.1.4.9 Escaleras.....	12
1.1.4.10 Puertas.....	13

1.1.4.11	Iluminación y ventilación natural.....	13
1.1.4.11.1	Área de ventanería.....	13
1.1.4.12	Nivel del terreno.....	15
1.1.4.13	Nivel de los pisos.....	15
1.1.4.14	Pisos.....	15
1.1.4.15	Enlucidos.....	15
1.1.4.16	Aislamiento térmico e impermeabilización de techos.....	16
1.1.3.17	Juntas de dilatación.....	16
1.1.5	Requisitos estructurales.....	17
1.1.5.1	Tipos aceptables de estructuras.....	17
1.1.5.2	Muros de carga.....	18
1.1.5.3	Cimientos para muros.....	18
1.1.5.4	Estructuras de concreto.....	19
1.1.5.5	Cargas de diseño.....	19
1.1.6	Requisitos para las instalaciones.....	20
1.1.6.1	Agua potable.....	21
1.1.6.2	Drenajes.....	22
1.1.6.2.1	Requisitos para la instalación de tuberías.....	22
1.1.6.2.2	Requisitos para el drenaje pluvial.....	23
1.1.6.2.3	Requisitos para el drenaje sanitario.....	23
1.1.6.3	Electricidad.....	25
1.1.6.3.1	Unidades de iluminación.....	25
1.1.6.3.2	Circuitos.....	25
1.1.6.3.3	Cajas de distribución.....	26
1.1.6.3.4	Ubicación de las instalaciones.....	26
1.1.6.3.5	Tomacorrientes.....	26

1.2	Especificaciones de los materiales.....	27
1.2.1	Acero de refuerzo.....	28
1.2.1.1	Malla electrosoldada.....	28
1.2.2	Concreto.....	29
1.2.2.1	Cemento.....	29
1.2.2.2	Agregados.....	29
1.2.3	Morteros.....	30
1.2.3.1	Mortero tipo A.....	30
1.2.3.2	Cernido.....	30
1.2.3.3	Cal.....	31
1.2.4	Instalaciones de agua potable y drenajes.....	31
1.2.4.1	Tuberías.....	31
1.2.4.1	Artefactos y grifería.....	32
1.2.5	Instalación eléctrica.....	33
1.2.5.1	Tuberías.....	32
1.2.5.2	Conductores.....	33
1.2.5.3	Tablero y cajas.....	35
1.2.6	Acabados finales.....	35
1.3	Determinación del proceso constructivo.....	36
1.3.1	Modelo de vivienda.....	38
1.3.1.1	Planos de distribución.....	39
1.3.2	Secuencia de construcción.....	41
1.3.2.1	Trazo y excavación.....	41
1.3.2.2	Instalaciones de agua potable y drenajes.....	45
1.3.2.3	Armaduría de la cimentación.....	45
1.3.2.4	Instalación de la tubería eléctrica bajo piso.....	46
1.3.2.5	Poste de acometida eléctrica.....	46
1.3.2.6	Colocación de la formaleta de cimentación.....	46

1.3.2.7 Colocación de la armadura en los muros del primer nivel.....	47
1.3.2.8 Instalaciones de plomería y electricidad en muros del primer nivel.....	48
1.3.2.9 Colocación de la armadura en la losa del primer nivel.....	49
1.3.2.10 Instalación de tubería eléctrica en losa del primer nivel.....	49
1.3.2.11 Proceso de acabados finales de obra gris.....	48
1.3.2.12 Gradadas.....	49
1.3.2.13 Pisos.....	51
1.3.2.14 Ventanearía.....	52
1.3.2.15 Puertas.....	52
1.3.2.16 Revestimiento en muros y losas.....	53
1.3.2.17 Instalación eléctrica final.....	53
1.3.2.18 Instalación de los artefactos sanitarios y la grifería..	53
1.3.2.19 Jardinización.....	54
1.3.2.20 Impermeabilización de los techos.....	54
1.3.2.21 Limpieza general y entrega.....	54

2. FORMALETAS ESPECIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE CONCRETO ARMADO.....	63
2.1 Tipos de formaletas.....	63
2.1.1 Formaletas de acero.....	63
2.1.2 Formaletas de aluminio.....	65
2.1.3 Características comunes de las formaletas.....	66
2.2 Técnicas de colocación.....	67
2.2.1 Herramienta y equipo necesario.....	67
2.2.2 Montaje de los paneles de los muros.....	68

2.2.3 Montaje de los paneles de las losas.....	71
2.2.4 Alineación y plomeo de la formaleta.....	73
2.2.5 Desmontaje y limpieza.....	73
2.3 Adiestramiento del personal.....	74
2.3.1 Rendimiento del personal.....	75
2.4 Colocación de los andamios.....	76
2.5 Cuidados necesarios de la formaleta.....	78

3. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO A UTILIZAR EN LA CONSTRUCCIÓN TOTAL DE VIVIENDAS.....

3.1 Granulometría.....	79
3.1.1 Módulo de finura de la arena.....	80
3.1.2 Granulometría de la grava.....	81
3.2 Plasticidad.....	83
3.3 Fluidez.....	84
3.4 Diseño de las mezclas.....	85
3.4.1 Especificaciones.....	85
3.4.2 Características de los materiales.....	86
3.4.3 Diseño de la mezcla para los muros.....	87
3.4.4 Diseño de la mezcla para los cimientos y las losas.....	90
3.5 Ensayo de la resistencia a diferentes edades.....	92
3.5.1 Cantidad de agua de la mezcla.....	93
3.5.2 Toma de muestras para ensayo de resistencia.....	94
3.5.3 Resultado de los ensayos de resistencia del concreto a compresión.....	94
3.5.4 Análisis de resultados.....	95

4. PROCESO DE MEZCLADO Y COLOCADO DE CONCRETO EN OBRA	97
4.1 Equipo de mezclado.....	97
4.1.1 Mezcladoras.....	97
4.2 Equipo de bombeo.....	99
4.2.1 Bomba para concreto y accesorios.....	99
4.4 Personal necesario.....	100
4.4 Equipo liviano.....	102
4.5 Instalaciones necesarias.....	103
4.6 Detalle del proceso.....	103
4.6.1 Mezclado.....	104
4.6.2 Bombeo.....	104
4.6.3 Colocación y acabado.....	106
5. INTEGRACIÓN Y COMPARACIÓN DE COSTOS.....	109
5.1 Costo de los equipos.....	109
5.2 Depreciación de los equipos.....	111
5.3 Valor de rescate de los equipos.....	111
5.3.1 Vida útil de los equipos.....	111
5.4 Costo de los servicios.....	113
5.4.1 Método 1.....	113
5.4.2 Método 2.....	113
5.5 Costo de la mano de obra.....	114
5.6 Costo de los materiales.....	116
5.7 Integración de los costos.....	117
5.8 Comparación de los costos.....	122
5.9 Factibilidad de inversión con base en el volumen de producción.....	122

CONCLUSIONES.....	127
RECOMENDACIONES.....	129
BIBLIOGRAFÍA.....	131

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Plano de distribución del primer nivel, casa tipo dúplex.....	39
2. Plano de distribución del segundo nivel, casa tipo dúplex.....	40
3. Paneles de la formaleta de acero para los muros.....	64
4. Paneles de la formaleta de aluminio para los muros.....	69
5. Secuencia de colocación de los paneles de los muros.....	70
6. Sistema de unión entre los paneles de muros y las losas.....	72
7. Montaje de los paneles de las losas.....	72
8. Tiempos de aprendizaje del personal, en el montaje de formaletas de aluminio.....	75
9. Colocación de los andamios.....	77
10. Granulometría de la arena.....	81
11. Granulometría del agregado de 3/8".....	82
12. Granulometría del agregado de 3/4".....	79
13. Diagrama del proceso de fundición.....	108
14. Comparación de los costos del concreto mezclado en obra con el concreto premezclado.....	125

TABLAS

I.	Dimensiones mínimas en metros para viviendas de más de 50 m ² y hasta 100 m ² de área construida.....	5
II.	Dimensiones mínimas en metros para viviendas de más de 100 m ² de área construida.....	5
III.	Superficies mínimas en m ² para viviendas de más de 50 m ² y hasta 100 m ² de área construida. Combinación sala-comedor, cocina, dormitorios.....	6
IV.	Superficies mínimas en m ² para viviendas de más de 50 m ² y hasta 100 m ² de área construida. Sala, combinación comedor-cocina, dormitorios.....	6
V.	Superficies mínimas en m ² para viviendas de más de 50 m ² y hasta 100 m ² de área construida. Combinación sala-comedor-cocina, dormitorios.....	7
VI.	Superficies mínimas en m ² para viviendas de más de 50 m ² y hasta 100 m ² de área construida. Otros ambientes.....	8
VII.	Superficies mínimas en m ² para viviendas de más de 100 m ² de área construida.....	8
VIII.	Superficies mínimas en m ² para viviendas de más de 100 m ² de área construida. Combinación sala-comedor, cocina, dormitorios.....	8
IX.	Superficies mínimas en m ² para viviendas de más de 100 m ² de área construida. Sala, combinación cocina-comedor, dormitorios.....	9
X.	Superficies mínimas en m ² para viviendas de más de 100 m ² de área construida. Otros ambientes.....	9

XI.	Áreas de iluminación y ventilación mínimas como porcentaje de área de piso de los ambientes, para dimensionamiento de ventanería.....	14
XII.	Longitudes mínimas de desarrollo, anclaje y traslape de varillas de acero corrugado menor ó igual a grado 60 (60,000 psi) como refuerzo de cimientos corridos.....	19
XIII.	Área máxima en m2 a drenar por diámetro de tubería en pulgadas para bajadas de agua pluvial.....	23
XIV.	Diámetros mínimos de las tuberías en pulgadas a utilizar por artefactos sanitarios.....	24
XV.	Colocación de los tomacorrientes por ambientes.....	27
XVI.	Capacidad de conducción de corriente eléctrica, de cables de cobre para uso residencial.....	34
XVII.	Secuencia de las actividades de construcción.....	42
XVIII.	Lista de revisión de las viviendas para entrega.....	55
XIX.	Personal directo por actividad.....	57
XX.	Personal indirecto.....	58
XXI.	Herramienta y equipo liviano por actividad.....	59
XXII.	Características de los materiales para el diseño de mezclas de concreto.....	86
XXIII.	Resultados de los ensayos a compresión de los cilindros de concreto a diferentes edades.....	95
XXIV.	Asignación del personal necesario para el mezclado y colocado del concreto.....	102
XXV.	Costo del equipo de bombeo.....	110
XXVI.	Costo del equipo de mezclado.....	110
XXVII.	Costo del equipo de vibrado.....	110

XXVIII. Integración de los costos del concreto de los muros y las losas por metro cúbico.....	119
XXIX. Comparación de los costos del concreto mezclado en obra con el concreto premezclado.....	122
XXX. Reducción del costo por cantidad de viviendas.....	123
XXXI. Costos acumulados del concreto, por cantidad de casas construidas.....	124

LISTA DE SÍMBOLOS

m²	metro cuadrado
m³	metro cúbico
cm	centímetro
cm²	centímetro cuadrado
kg/m²	kilogramo sobre metro cuadrado
kg/cm²	kilogramo sobre centímetro cuadrado
pulg²	pulgada cuadrada
lb/pulg²	libra sobre pulgada cuadrada
psi	libra sobre pulgada cuadrada
lt	litro
Hg	hierro galvanizado
Hp	caballo de fuerza
Volt	unidad de diferencia de potencial
Watt	unidad de potencia
Ampere	unidad de corriente eléctrica
Kwh	kilowatt hora

GLOSARIO

ACI	Siglas en inglés del <i>American Concrete Institute</i> , código sobre estructuras de concreto armado usado en Guatemala.
Agregado	Material de origen natural, triturado, o canto rodado para hacer mezclas de concreto.
Agua residual	Agua que transporta desechos de origen orgánico o industrial.
AISC	Siglas en inglés del Instituto Americano para Construcciones de Acero, código sobre estructuras de acero usado en Guatemala.
Anclaje	Longitud del extremo de la varilla de acero que se incrusta en una estructura de concreto.
Andamio	Estructura provisional liviana que se arma para la circulación del personal cuando no se trabaja a nivel del suelo.
Armaduría	Estructura fabricada con varillas de acero que sirve como refuerzo en combinación con el concreto.

ASTM	Siglas en inglés del <i>American Estándar and Testing of Materials</i> . Código de normas de ensayos de materiales usado en Guatemala.
Blanqueado	Acabado en muros para lograr superficies lisas e impermeables, mezcla a base arena blanca y cal.
Cama	Término técnico que se utiliza para indicar que el acero de refuerzo del concreto armado, deberá colocarse en forma de parrilla indicando el distanciamiento entre cada varilla en ambas direcciones.
Caimán	Nombre técnico que se le da a la herramienta de mano que se utiliza para cortar varillas de hierro con un diámetro no mayor de 3/8". Su funcionamiento es como el de una cizalla.
COGUANOR	Siglas de la Comisión Guatemalteca de Normas.
Compactar	Proceso por medio del cual se aumenta la densidad de un material, aplicando energía manual o mecánica.
Edad	Lapso de tiempo entre la fundición de un concreto y su ensayo de resistencia a compresión.
Elastomérico	Material con propiedades elásticas que se utiliza para impermeabilizar, o sellar.

Electromalla	También llamada malla electrosoldada . Varillas de acero de alta resistencia colocadas en forma de parrilla unidas en cada cruce con soldadura eléctrica.
Esbeltez	Relación entre la altura y el ancho de un elemento estructural.
Factibilidad	Condiciones propicias para realizar una empresa y que ésta pueda tener buenos resultados.
FHA	Siglas del Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas.
Flipón	Nombre técnico adaptado de <i>flip on</i> . Interruptor de seguridad en circuitos de instalaciones eléctricas.
FOGUAVI	Siglas del Fomento Guatemalteco de la Vivienda.
Forjado	Acabado rústico aplicado en las paredes para lograr adherencia de los acabados finos, mezcla de arena de río o triturada con cemento y agua.
Formaleta	Elementos de madera o metal que se utilizan para contener el concreto fresco de una estructura durante el periodo de fraguado.
Granulometría	Medición en porcentajes de los diferentes tamaños de materiales como arenas o gravas.

<i>In situ</i>	Término técnico que se utiliza para indicar que alguna operación se realiza en el lugar u obra.
Lajuda	Forma aplanada y con filos de una partícula de agregado fino o grueso.
Lindero	Si se usa para mencionar un muro, se refiere al que se encuentra en el límite de una propiedad.
Material epóxico	Material que se utiliza para hacer anclajes de acero con el concreto. También se puede utilizar para unir el concreto viejo con el concreto nuevo, su presentación es en forma de líquido o en forma de pasta.
<i>Mill finish</i>	Término para identificar al aluminio más económico en la fabricación de ventanería.
Mortero	Mezcla de cementantes, arena y agua que se utiliza como material de pegado para bloques, pisos etc.
Monolítico	Proceso constructivo que logra que una estructura de concreto sea un solo elemento y no la unión de varios elementos.
Mosaico	Conjunto de pequeñas piezas de cerámica u otros materiales que se adhieren a los muros para brindar un acabado agradable e impermeable.
NGO	Siglas para identificar una Norma Guatemalteca Obligatoria.

OMS	Siglas de la Organización Mundial de la Salud.
Panel	Pieza de formaleta
Pintura Elastomérica	Pintura con características elásticas que se utiliza para sellar superficies, cubrir grietas, o impermeabilizar paredes.
Pómez	Arena blanca pómez de origen volcánico
<i>Portland</i>	Clasificación que se le da a un tipo de cemento por el nombre de la ciudad inglesa donde fue producido por primera vez.
Plomeado	Acción de revisar la verticalidad de una pared, columna, etc. Para ello se utiliza la herramienta de albañilería conocida como plomo.
Premezclado	Denominación que se le da al concreto mezclado en plantas fuera de la obra y transportado en camiones hacia la misma.
PVC, CPVC	Siglas en inglés de <i>Poly Vinyl Chloride</i> , que se utilizan para denominar el cloruro de polivinilo, compuesto para fabricar tuberías para agua fría y caliente respectivamente u otros productos.

Revestimiento	Una de las varias denominaciones que se utilizan para los acabados compuestos de polvo de mármol, carbonato de calcio y resinas, que se lanzan con pistolas de aire a presión.
Sabieta	Una variedad de mortero, mezcla de arena de río o triturada cemento y agua.
SEAOC	Siglas de la Sociedad de Ingenieros Estructurales de California.
Sillar	Término técnico que se utiliza para definir la parte baja de una ventana.
Vano	Término técnico que se utiliza para definir el vacío en una pared en donde se colocará una ventana.

RESUMEN

Para el presente trabajo se hace referencia a las normas de planificación y construcción del Fondo de Hipotecas Aseguradas (FHA). Se especifican normas para viviendas de más de 50 m² de área construida. Para lograr la construcción total de los muros y losas de las viviendas será necesaria la utilización de formaletas especiales que puedan ser ensambladas de tal forma que en un solo día se realice la colocación del concreto. Se detallan características de la formaleta y técnicas de colocación.

El concreto a utilizarse deberá tener características especiales para su uso tales como una granulometría correcta de los agregados, fluidez y plasticidad de las mezclas, así como también resistencias mínimas a diferentes edades de fundición. Actualmente se cuenta con empresas que brindan suministro de concreto premezclado y lo colocan directamente en el punto de fundición. Alternativamente a esto se presenta un estudio en el cuál el proceso de mezclado y colocado pueda realizarse directamente en la obra, esto se plantea como alternativa para manejar reducción del costo del concreto. Para lograr este objetivo será necesaria la implementación del equipo de mezclado y bombeo el cuál requerirá de inversión inicial elevada.

El volumen de producción será fundamental para la inversión en equipos necesarios, a mayor cantidad de viviendas mayor será la factibilidad de adquisición. Se tomarán en cuenta los costos de los equipos, depreciación de los mismos, costos de los servicios, costos de la mano de obra y costos de los materiales para poder así realizar comparación entre las dos alternativas.

OBJETIVOS

General

Determinar el proceso constructivo de viviendas unifamiliares utilizando formaletas metálicas, mezclando y colocando el concreto en la obra, como método de reducción de costos.

Específicos

1. Hacer referencia de las normas mínimas para la planificación y construcción de viviendas unifamiliares.
2. Proporcionar información técnica sobre el uso de formaletas metálicas para lograr que la construcción de la vivienda sea monolítica y con rapidez.
3. Determinar las características necesarias para la elaboración de concreto de calidad y económico.
4. Proponer un sistema con el cual se pueda mezclar y colocar el concreto en la misma obra.
5. Comparación de costos entre las alternativas del concreto mezclado en obra y el concreto premezclado para la toma de decisiones.

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Guatemala, después del terremoto del año 1976, se inició un crecimiento urbano acelerado como consecuencia de la migración de la población de los departamentos hacia la región central. Aunado a esto muchas familias perdieron sus viviendas con este fenómeno, por lo que a partir de ese momento se incrementó la demanda de viviendas de diferentes tipos para poder satisfacer las necesidades de una población en crecimiento.

En la actualidad el Estado cuenta con instituciones que fomentan el desarrollo de complejos habitacionales como el Fomento Guatemalteco de la Vivienda (FOGUAVI) etc. Estas instituciones tienen como objetivo facilitar el acceso a vivienda mínima y de interés social a la población de escasos recursos. Por otro lado en el sector privado existen empresas inmobiliarias dedicadas al desarrollo de complejos habitacionales que satisfagan las necesidades de la población económicamente activa.

La mayoría de complejos habitacionales se están desarrollando en las periferias de la ciudad pero contando con el desarrollo urbanístico necesario. Como sistema constructivo se está utilizando un proceso en serie que permita reducir los tiempos de entrega de las viviendas y reducción de los costos de construcción.

Para la construcción de viviendas existen reglamentos municipales así como también normas de planificación y construcción del Fondo de Hipotecas Aseguradas (FHA). Este es un ente regulador de créditos bancarios por lo que para avalar este tipo de proyectos será necesario cumplir con sus regulaciones.

En el presente trabajo se propone la utilización de concreto como material para la construcción total de las viviendas, se plantea que pueda ser utilizado en un proceso en serie y que éste pueda ser mezclado en la misma obra de forma masiva como método de reducción de costo de producción.

1. CONSIDERACIONES GENERALES

Actualmente en el mercado nacional se puede tener acceso a la compra de diferentes tipos de vivienda. La vivienda de interés social, que puede ser ubicada en el área urbana como en el área rural y es promovida por dependencias gubernamentales como el Foguavi. La vivienda de nivel medio que se puede ubicar en áreas periféricas de la ciudad y está dirigida a un mercado específico, personas que tienen el poder adquisitivo suficiente para pagar una cuota mensual regular que en otras circunstancias estaría destinada al alquiler de un inmueble. Por último se cuenta con la vivienda de alto nivel que se ubica en áreas metropolitanas de gran plusvalía, son menores en cantidad pero de mayor área de construcción y calidad en sus acabados. En el presente estudio se tomará como base de ilustración la vivienda de nivel medio que actualmente tiene mucha demanda debido al crecimiento del área metropolitana así como de la población joven que emprende la adquisición de este tipo de vivienda como su proyecto de vida.

1.1 Especificaciones de las viviendas

Los complejos habitacionales deberán contar con la urbanización necesaria para brindar los servicios básicos de agua potable, energía eléctrica, alumbrado público, alcantarillado de aguas residuales y aguas pluviales, calles pavimentadas, áreas verdes, etc.

1.1.1 Definiciones

Habitabilidad: propiedad que debe de poseer un ambiente o espacio para permitir el desarrollo de actividades propias del ser humano en forma cómoda.

Espacio mínimo habitable: es el necesario y suficiente para que un núcleo familiar desarrolle sus actividades básicas.

Vivienda unifamiliar: se define así al inmueble que cumple con los requisitos mínimos de habitabilidad y espacio mínimo habitable por lo menos para un núcleo familiar completo.

Unidad de vivienda: se considera como una unidad de vivienda la que cuente como mínimo con un dormitorio, área de estar, baño y cocina. Un dormitorio aislado o desconectado del bloque principal de la edificación no podrá ser considerado como una unidad de vivienda.

1.1.2 Tipos de viviendas

De acuerdo con las disposiciones de planificación del proyecto podrán considerarse los siguientes tipos de vivienda.

Vivienda aislada: estará separada de los límites de la propiedad en todos los lados.

Vivienda semiaislada tipo dúplex: contará con una pared en común a dos viviendas siendo una simétrica de la otra.

Vivienda en hilera: podrá ser del tipo dúplex pero además no tiene espacios a los lados, las viviendas están una a continuación de la otra.

Vivienda en propiedad horizontal: será aquella en donde existan servicios comunes generales y limitados.

Apartamentos en edificios: serán complejos multifamiliares de varios niveles. Los parqueos, áreas verdes y servicios serán de propiedad común. Además, se podrán tomar en consideración las combinaciones resultantes de los tipos anteriormente mencionados.

1.1.3 Área mínima del terreno

Las dimensiones mínimas de terrenos para garantizar área libre dentro de la propiedad, obtener iluminación, ventilación y además espacio para jardines, se clasifican así:

Para viviendas de hasta 50 m² de construcción, un área mínima de lote de 64 m², con un frente mínimo de 4 m.

Para viviendas de más de 50 m² y hasta 100 m² de construcción, un área mínima de lote de 72 m², con un frente mínimo de 5.10 m.

Para viviendas de más de 100 m² de construcción, un área mínima de lote de 84 m², con un frente mínimo de 6 m.

1.1.3.1 Índice de ocupación

Valor numérico que relaciona el área construida con el área del terreno, se calcula dividiendo el valor del área construida en la planta baja, entre el valor del área del terreno. Para viviendas de menos de 100 m² el índice de ocupación no deberá ser mayor a 0.85. Para viviendas de más de 100 m² el índice de ocupación no deberá ser mayor a 0.75.

1.1.3.2 Áreas libres o jardines

En el fondo del terreno la distancia entre la construcción y el lindero será de por lo menos 3m. En los laterales la distancia entre la construcción y el lindero será de por lo menos 1.20 m en viviendas de un nivel, y de 3 m en viviendas de dos niveles.

1.1.4 Requisitos arquitectónicos

1.1.4.1 Dimensiones y superficies mínimas

El objetivo de establecer dimensiones y superficies mínimas de los diferentes ambientes de la vivienda, es garantizar que esté provista de todas aquellas facilidades que se consideren indispensables para un hogar permanente. Garantizar que las dimensiones de los ambientes permitan la colocación correcta de los muebles, tomando en cuenta además los espacios necesarios para una fácil circulación. Ver tablas I a la X.

Tabla I. Dimensiones mínimas en metros para viviendas de más de 50 m² y hasta 100m² de área construida

Ambiente	Lado menor en metros
sala o comedor o sus combinaciones	2.45
dormitorios	2.35
dormitorio de servicio	2.00
baño principal	1.10
baño de servicio o medio baño	0.90
ancho mínimo del pasillo	0.85
cocina	1.40
lavandería	1.40

Fuente: División técnica del FHA. **Normas de planificación y construcción para casos proyectados**, pagina 4-05

Tabla II. Dimensiones mínimas en metros para viviendas de más de 100 m² área construida

Ambiente	Lado menor en metros
sala o comedor y sus combinaciones	2.70
dormitorios	2.55
dormitorio de servicio	2.00
baño general	1.20
baño de servicio	0.90
pasillo o vestíbulo	0.90
cocina	1.50
lavandería	1.50

Fuente: División técnica del FHA. **Normas de planificación y construcción para casos proyectados**, pagina 4-03

Tabla III. Superficies mínimas en m2 para viviendas de más de 50 m2 y hasta 100 m2 de área construida. Combinación sala-comedor, cocina, dormitorios

Tipo de vivienda	Sala-comedor	Cocina	Dormitorios		
			1	2	3
de 1 dormitorio	10.00	3.50	7.56		
de 2 dormitorios	10.00	3.50	7.56	7.00	
de 3 dormitorios ó más	12.00	3.80	7.00	7.00	7.00

Fuente: División técnica del FHA. **Normas de planificación y construcción para casos proyectados**, pagina 4-03

Tabla IV. Superficies mínimas en m2 para viviendas de más de 50 m2 y hasta 100 m2 de área construida. Sala, combinación comedor-cocina, dormitorios

Tipo de vivienda	Sala	Cocina comedor	Dormitorios		
			1	2	3
de 1 dormitorio	10.80	9.45	8.10	-	-
de 2 dormitorios	12.15	10.80	8.10	8.10	
de 3 dormitorios ó más	13.50	12.15	8.10	8.10	7.00

Fuente: División técnica del FHA. **Normas de planificación y construcción para casos proyectados**, pagina 4-06

Tabla V. Superficies mínimas en m2 para viviendas de más de 50 m2 y hasta 100 m2 de área construida. Combinación sala-comedor-cocina, dormitorios

Tipo de vivienda	Sala-comedor-cocina	Dormitorios		
		1	2	3
de 1 dormitorio	13	7.56		
de 2 dormitorios	13	7.56	7	
de 3 dormitorios o mas	15	7	7	7

Fuente: División técnica del FHA. **Normas de planificación y construcción para casos proyectados**, pagina 4-06

Tabla VI. Superficies mínimas en m2 para viviendas de más de 50 m2 y hasta 100 m2 de área construida. Otros ambientes

Ambiente	Superficie mínima
dormitorios de servicio	5.00
baño de principal	3.25
baño de servicio	1.60
lavandería	5.00

Fuente: División técnica del FHA. **Normas de planificación y construcción para casos proyectados**, pagina 4-06

Tabla VII. Superficies mínimas en m2 para viviendas de más de 100 m2 de área construida

Tipo de vivienda	Sala	Comedor	Cocina	Dormitorios		
				1	2	3
de 1 dormitorio	8.10	7.30	4.95	8.10		
de 2 dormitorios	9.00	8.10	4.95	8.10	8.10	
de 3 dormitorios	10.80	9.45	5.40	8.10	8.10	7.00

Fuente: División técnica del FHA. **Normas de planificación y construcción para casos proyectados**, pagina 4-03

Tabla VIII. Superficies mínimas en m2 para viviendas de más de 100 m2 de área construida. Combinación sala-comedor, cocina, dormitorios

Tipo de vivienda	Sala-comedor	Cocina	Dormitorios		
			1	2	3
de 1 dormitorio	13.50	4.95	8.10		
de 2 dormitorios	16.20	4.95	8.10	8.10	
de 3 dormitorios ó mas	18.90	5.40	8.10	8.10	7.00

Fuente: División técnica del FHA. **Normas de planificación y construcción para casos proyectados**, pagina 4-03

Tabla IX. Superficies mínimas en m2 para viviendas de más de 100 m2 de área construida. Sala, combinación cocina-comedor, dormitorios

Tipo de vivienda	Sala	Cocina-comedor	Dormitorios		
			1	2	3
de 1 dormitorio	10.80	9.45	8.10		
de 2 dormitorios	12.15	10.80	8.10	8.10	
de 3 dormitorios ó más	13.50	12.15	8.10	8.10	7.00

Fuente: División técnica del FHA. **Normas de planificación y construcción para casos proyectados**, pagina 4-04

Tabla X. Superficies mínimas en m2 para viviendas de más de 100 m2 de área construida. Otros ambientes

Ambiente	Superficie mínima
dormitorio de servicio	5.00
baño principal	3.25
baño de servicio	1.60
lavandería techada y con pila	5.00

Fuente: División técnica del FHA. **Normas de planificación y construcción para casos proyectados**, pagina 4-04

1.1.4.2 Guardaropas (*closets*)

Las dimensiones mínimas de los guardaropas para dormitorios serán: 1.20 m. de ancho útil y 0.60 m. de profundidad. Además la cantidad de guardaropas por vivienda se determinará de la siguiente manera:

Vivienda de 1 dormitorio	1 guardaropa
Vivienda de 2 dormitorios	2 guardaropas
Vivienda de 3 dormitorios	3 guardaropas
Vivienda de 4 dormitorios	3 guardaropas

1.1.4.3 Altura de los techos

El clima de la localidad, donde se construirá la vivienda, será la base fundamental para la determinación de la altura mínima de piso a cielo. En clima templado, para vivienda de más de 100 m² de área construida la altura mínima será de 2.40 m para viviendas de más de 50 m² y hasta 100 m² de área construida, la altura mínima será de 2.35 m.

En el caso de viviendas con techos inclinados la altura mínima en la parte baja será de 2.20 m., siempre y cuando que la altura promedio cumpla con las alturas anteriormente establecidas. Solamente en el carport se podrá tener una altura de 2.10 m.

1.1.4.4 Baños

- Cada vivienda deberá poseer por lo menos 1 baño, contando como mínimo con lavamanos, inodoro y ducha.
- En viviendas de dos plantas, deberá haber baño de visitas en el primer nivel, contando como mínimo con lavamanos e inodoro.
- En viviendas de 4 dormitorios debe haber por lo menos un baño y medio.
- El baño de servicio tendrá como mínimo inodoro y ducha.
- El piso de las duchas estará por lo menos 10 cm. más bajo que el resto del piso del baño, o se construirá un bordillo sobre el nivel de piso de por lo menos 10 cm. de altura.
- La separación mínima entre artefactos sanitarios deberá ser de 10 cm. y el ancho útil de la ducha de 0.76 m.

1.1.4.5 Lavandería y patio de servicio

El área de lavandería contará como mínimo con área de pila cubierta y espacio e instalaciones de lavadora, secadora y mesa de planchar (fija o plegable). En viviendas de 50 m² y hasta 100 m² de área construida se podrá instalar pila sin cubierta, debiendo ser de dos lavaderos si no se cuenta con instalación para lavatrastos en la cocina.

En cada vivienda deberá delimitarse un espacio mínimo de 6.00 m² con lado mínimo de 2.00 m para patio de servicio. En viviendas de 50 m² y hasta 100 m² podrá destinarse un espacio mínimo de 5.00 m².

1.1.4.6 Cocina

El ambiente de cocina para viviendas unifamiliares tendrá como mínimo espacio e instalaciones para: lavatrastos, estufa, refrigeradora, calentador y mesa de trabajo. En viviendas de más de 50 m² y hasta 100 m² de área construida podrá contarse como mínimo con espacio e instalaciones para estufa, refrigeradora y mesa de trabajo.

1.1.4.7 Estacionamientos o garajes

Los estacionamientos de vehículos deberán tener como mínimo dimensiones libres de 2.50 m. de ancho y 5.00 m. de longitud, además del espacio requerido para circulación peatonal. La pendiente de las rampas no será mayor del 15%, ningún punto dentro del estacionamiento o las rampas tendrá una altura menor a 2.10 m.

1.1.4.8 Muros linderos

Cuando se construyan paredes laterales y posteriores, deberán tener una altura mínima de 0.90 m. tomando como referencia el nivel de piso interior.

1.1.4.9 Escaleras

Las escaleras tendrán un ancho libre mínimo de 0.90 m. En viviendas de 50 m² y hasta 100 m² de área construida las escaleras podrán ser de un ancho mínimo de 0.81 m. La contrahuella máxima será de 20 cm. y la huella mínima será de 28 cm. La altura de paso mínima permisible será de 2.10 m. Se colocará por lo menos un pasamanos de subida a 0.90 m de altura, y un barandal de seguridad con la misma altura.

1.1.4.10 Puertas

La altura mínima aceptable será de 2.10 m, el ancho mínimo en viviendas unifamiliares será de:

0.90 m para puertas de ingreso

0.80 m para puertas de dormitorios, cocina etc.

0.70 m para puertas secundarias, como baños, guardarropas, etc.

1.1.4.11 Iluminación y ventilación natural

El objetivo es lograr condiciones satisfactorias e higiénicas en los ambientes de las viviendas. Todos los ambientes deberán estar dotados de iluminación y ventilación natural, por medio de ventanas que den a jardines, patios exteriores e interiores o cualquier área descubierta.

1.1.4.11.1 Área de ventanería

Para los diferentes ambientes de una vivienda se requerirán diferentes áreas mínimas de iluminación y ventilación, según su importancia. Las dimensiones de dichas áreas se obtendrán de acuerdo con porcentajes del área de piso de los ambientes, según los valores mostrados en la tabla XI.

Tabla XI. Áreas de iluminación y ventilación mínimas como porcentaje de área de piso de los ambientes, para dimensionamiento de ventanería

Ambiente	Porcentaje de iluminación	Porcentaje de ventilación
dormitorios	T 12	T 6
	C 12	C 10
sala-comedor	T 15	T 6
	C 20	C 16
cocina	T 15	T 12
	C 20	C 20
baños	T 10	T 5
	C 10	C 5
lavandería	T 10	T 5
	C 10	C 5
estudios, bibliotecas	T 20	T 6
salas de juegos	C 20	C 6
estacionamientos	10	10

T = clima templado

C = clima cálido

Fuente: División técnica del FHA. **Normas de planificación y construcción para casos proyectados**, pagina 4-12

1.1.4.12 Nivel del terreno

La condición ideal será que el terreno se encuentre sobre el nivel de la calle, con una altura tal que se puedan evacuar aguas residuales y aguas pluviales con sus respectivos porcentajes mínimos de pendiente.

1.1.4.13 Nivel de los pisos

El nivel del piso interior de las viviendas deberá estar por lo menos 10 cm sobre el nivel de las áreas exteriores. Los pisos de garajes o estacionamientos y patios de servicio, contarán con una pendiente mínima del 1% para evacuar el agua de lluvia hacia jardines, reposaderas, o hacia el exterior.

1.1.4.14 Pisos

Los pisos de losas de concreto, los pisos para garajes o carrileras de estacionamientos deberán tener un espesor mínimo de 7 cm. Deberán dejarse juntas de dilatación a cada 2 m en un sentido y a cada 1.50 m en el otro como máximo.

1.1.4.15 Enlucidos

Se entenderá por enlucidos, todos aquellos trabajos necesarios para proteger y mejorar la apariencia de muros, cielos etc. Las paredes de concreto deberán llevar enlucidos para controlar la humedad ambiental interior de la vivienda.

Cuando el acabado en cielos sea repello y cernido, deben forjarse previamente con mortero tipo "A" (sabieta). Sobre muros de concreto o de bloques de concreto se usará únicamente cernido con mortero tipo A.

Cualquier superficie en el interior de la vivienda que esté expuesta a salpicaduras de agua, deberá protegerse con azulejos, mosaico, mármol, blanqueado de cemento o cualquier otro material impermeable.

1.1.4.16 Aislamiento térmico e impermeabilización de techos

Para techos de losas de concreto armado, que no sean aislantes ni impermeables deben añadirse elementos con los que se logren las dos finalidades. Se formará una capa de 5 cm de espesor mínimo, de mortero de cal, cuyo material inerte sea altamente poroso, como granza, pómez u otro. Sobre dicha capa se aplicará un blanqueado como remate. Para viviendas de 50 m² y hasta 100 m² de área construida, se podrá utilizar un acabado que garantice la impermeabilidad de la losa y de color reflectivo como aislante térmico.

1.1.4.17 Juntas de dilatación

En edificaciones de casas en hilera de mampostería o estructuras monolíticas de concreto, deben dejarse juntas adecuadas por lo menos a cada 30 metros en cada sentido, con una separación mínima de 3 cm libres entre losas, paredes y cimientos.

1.1.5 Requisitos estructurales

Todas las obras de construcción para viviendas deberán ajustarse a los reglamentos y regulaciones de municipalidades u otras instituciones que tengan el objetivo de la seguridad física en las edificaciones. Cuando existan normas o reglamentos diferentes siempre se aplicarán las más estrictas.

Ejemplos de reglamentos para construcción: normas municipales, reglamento del F.H.A., y código A.C.I. Los requisitos mínimos aquí establecidos tienen por objeto prevenir o evitar riesgos en construcciones defectuosas, sin que sean necesariamente las condiciones más adecuadas desde un punto de vista de conveniencia y eficacia, más bien son requisitos mínimos.

1.1.5.1 Tipos aceptables de estructuras

Para edificaciones de hasta 3 niveles, se podrán utilizar estructuras de muros de carga. Para la determinación de las cargas sísmicas deberán emplearse los requerimientos contenidos en la última edición de *Recommended lateral force requirements and commentary* de la Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC).

Para el diseño de estructuras deberá utilizarse el reglamento vigente de las construcciones de concreto reforzado del Instituto Americano del Concreto (ACI) y el código vigente del Instituto Americano para Construcciones de Acero (AISC).

1.1.5.2 Muros de carga

Las paredes de carga podrán ser de concreto reforzado fundido in-situ, de elementos prefabricados, o de mampostería reforzada. En todo caso deben diseñarse para resistir fuerzas sísmicas además de las cargas superpuestas. Las paredes de concreto reforzado se diseñarán de acuerdo al reglamento vigente (ACI).

1.1.5.3 Cimientos para muros

Se diseñarán para soportar las cargas superpuestas, dando una distribución adecuada de acuerdo con la resistencia del terreno, debiendo ser continuos para proveer un amarre adecuado entre ellos, es decir, deben formar cuadros cerrando los ambientes que delimitan. Los cimientos corridos, bajo muros de cualquier clase serán de concreto reforzado. Los requisitos mínimos son los siguientes:

viviendas de 1 nivel	peralte 15 cm	ancho 30 cm
viviendas de 2 niveles	peralte 20 cm	ancho 40 cm
viviendas de 1 nivel	refuerzo longitudinal 2 Núm. 3	refuerzo transversal Núm. 3 @ 30 cm Núm. 2 @ 15 cm
viviendas de 2 niveles	refuerzo longitudinal 3 Núm. 3	refuerzo transversal Núm.3 @ 30 cm Núm. 2 @ 15 cm

Las longitudes mínimas de desarrollo de refuerzo, longitudes de anclaje y longitudes de traslape se ilustran en la tabla XII. Los traslapes del refuerzo deberán efectuarse en forma escalonada.

La longitud de anclaje se medirá desde el rostro del miembro donde se anclará y tendrá una longitud no menor a la indicada en la tabla XII. El anclaje de las varillas que llegue a otro miembro de concreto reforzado deberá atravesar el elemento y doblarse junto al refuerzo de la cara opuesta a la de la entrada. Si sólo existe una cama de refuerzo el doblaje se hará de preferencia después de cruzar la misma.

Tabla XII. Longitudes mínimas de desarrollo, anclaje y traslape de varillas de acero corrugado menor o igual a grado 60 (60,000 psi) como refuerzo de los cimientos corridos

Diámetro de la varilla en octavos de pulgada	Longitud de desarrollo en cm
Núm. 2	20
Núm. 3	30
Núm. 4	40
Núm. 5	50
Núm. 6	60
Núm. 8	85

Fuente: División técnica del FHA. **Normas de planificación y construcción para casos proyectados**, pagina 5-05

1.1.5.4 Estructuras de concreto

Las estructuras de concreto armado tales como muros de carga y losas se diseñarán de acuerdo al reglamento vigente del Instituto Americano del Concreto. Las estructuras monolíticas de concreto tendrán juntas de dilatación por lo menos cada 30 m en cada sentido. El concreto que se utilice para la construcción de los elementos tendrá una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de 210 kg/cm² (3,000 lb/plg²).

1.1.5.5 Cargas de diseño

En todo caso los diseños de techo y entresijos deberán tomarse en cuenta la carga muerta total, así como la carga viva no menor que los valores estipulados a continuación:

- Techos con pendiente no menor a 25% 100 kg/m² 20 lb/p²
- Techos con pendientes igual o mayor a 25% 75 kg/m² 15 lb/p²
- Techos accesibles o entresijos 200 kg/m² 40 lb/p²

La presión del viento se tomará en cuenta para techos con pendientes mayores al 25% y se calculará de acuerdo a la localización del inmueble. Todas las estructuras se diseñarán contra efectos de sismo.

Para el diseño de muros de carga de estructuras tipo caja en que las cargas horizontales son resistidas por estos funcionando como muros de corte, se considerará como mínimo una fuerza horizontal igual al 20% de la carga muerta total, actuando en dos ejes ortogonales.

1.1.6 Requisitos para las instalaciones

Por instalaciones se entenderá lo relacionado con agua potable, drenajes, electricidad, teléfono, cable y equipos especiales como sonido, aire acondicionado, intercomunicadores etc., deberán llenar las siguientes condiciones:

- Seguridad de operación
- Capacidad adecuada para prestar el servicio específico
- Duración razonable y economía de mantenimiento
- Protección contra humedad, corrosión u otros elementos destructivos.

1.1.6.1 Agua potable

La potabilidad del agua reunirá los requisitos especificados por la Organización Mundial de la Salud (OMS). El servicio de agua potable será continuo durante las 24 horas del día. La dotación mínima será 200 litros/persona/día, calculándose el número de usuarios a razón de 1.75 personas/habitación.

Toda vivienda deberá contar como mínimo con instalación para agua caliente en el lavamanos y ducha del servicio sanitario principal, así como en el lavatrastos. Toda la red interior de la vivienda se construirá en circuito cerrado con diámetro de tubería no menor a ½". Cuando se utilicen tuberías de cloruro de polivinilo (pvc) se utilizará en las salidas hacia los accesorios tubería galvanizada utilizando adaptadores especiales para dicha transición.

La presión mínima dentro de la vivienda no deberá ser menor a 15 lb/pulg² equivalente a 10.5 metros columna de agua. La presión máxima será 60 lb/pulg² equivalente a 42 metros columna de agua. Por cada vivienda deberá instalarse un medidor de caudal.

1.1.6.2 Drenajes

Toda vivienda deberá dotarse de un sistema separativo de drenajes, se podrán utilizar sistemas combinados cuando así lo permitan las autoridades municipales correspondientes debiendo realizarse la combinación en el exterior de la propiedad.

1.1.6.2.1 Requisitos para la instalación de tuberías

Deberán ubicarse en áreas no construidas cuando sea posible, en caso contrario deberán dotarse de cajas de registro en áreas construidas y no a más de 15 m de separación. En los entresijos se instalarán dentro de un relleno sobre las losas y nunca empotradas en ellas. En muros se podrán colocar tuberías empotradas siempre y cuando no sea en miembros estructurales y siendo protegidas debidamente con mortero o concreto.

Las intersecciones de flujo en ángulos rectos se podrán realizar sólo si se utilizan accesorios tipo ye y codos a 45 grados, accesorios tipo te sanitaria, ó cajas de registro con canalización adecuada. Los cambios de dirección se realizaran con codos de radio largo, codos a 45 grados, o cajas de registro. Las cajas de registro se utilizarán de la manera siguiente

- En extremos iniciales de ramales horizontales
- En cambios de dirección horizontales o verticales
- En extremos inferiores de bajadas de aguas pluviales
- En cambios de diámetro
- En intersección de tuberías
- A distancias no mayores de 15 m en tramos rectos

Las bajadas de agua pluvial no pueden utilizarse como tuberías de ventilación de drenaje sanitario.

1.1.6.2.2 Requisitos para el drenaje pluvial

El objetivo primordial es la evacuación correcta de las aguas pluviales de acuerdo a las siguientes especificaciones

- La pendiente mínima en techos y áreas a evacuar será de 1%
- Las bocas de entrada de los tubos de evacuación deberán protegerse con rejillas de materiales inoxidables.
- Las bajadas de agua pluvial se ubicarán de preferencia en muros exteriores.
- El área máxima a drenar con una bajada será según la tabla XIII.

Tabla XIII. Área máxima en m² a drenar por diámetro de tubería en pulgadas para bajadas de agua pluvial

Diámetro del tubo pulgadas	Area máxima a drenar en m ²
2 “	30
2 ½ “	60
3 “	100
4 “	210
6 “	625

Datos para intensidad de lluvia de 200 mm/hr.

Fuente: División técnica del FHA. **Normas de planificación y construcción para casos proyectados**, pagina 6-07

En áreas descubiertas como jardines, garajes y patios de servicio se colocarán reposaderas obligatoriamente. El diámetro mínimo de las tuberías horizontales será de 4" en áreas exteriores y 6" en áreas interiores, con una pendiente mínima de 3%.

1.1.6.2.3 Requisitos para el drenaje sanitario

Las tuberías que sirvan a un solo artefacto, tendrán como diámetro mínimo el que se describe en la tabla XIV.

Tabla XIV Diámetros mínimos de las tuberías en pulgadas a utilizar por artefactos sanitarios

Artefacto sanitario	Diámetro mínimo de la tubería
ducha o artesa	2"
inodoro	4"
lavamanos	1 ½"
lavadora	2"
lavatrastos	2"
pila	2"

Fuente: División técnica del FHA. **Normas de planificación y construcción para casos proyectados**, pagina 6-09

- Todos y cada uno de los artefactos deberán dotarse de sifón con sello hidráulico que tenga una altura mínima de 5 cm.
- Las tuberías enterradas tendrán una pendiente mínima de 2% y pendiente máxima de 6%.
- Las tuberías en entresijos tendrán una pendiente mínima de 1%.
- El colector interior de la vivienda tendrá los siguientes diámetros mínimos

Colector sin aguas de inodoros, 4" (concreto)
Colector con aguas de inodoros, 6" (concreto)
Colector con aguas de inodoros, 4" (otros materiales)

1.1.6.3 Electricidad

Toda vivienda deberá dotarse de instalaciones eléctricas que cubran las necesidades de la misma en cuanto a iluminación y tomas de energía. Se realizarán de acuerdo a normas de la Empresa Eléctrica de Guatemala.

1.1.6.3.1 Unidades de iluminación

Se colocarán en cualquier lugar del ambiente considerado siempre y cuando produzca el efecto de iluminación deseado. Se utilizará como mínimo una unidad por ambiente. Los interruptores deberán colocarse dentro del ambiente que sirvan, del lado opuesto al que abran las puertas y lo mas cercano posible a ellas a una altura recomendable de 1.20 m.

1.1.6.3.2 Circuitos

Para las salidas de iluminación y tomacorrientes de uso general excluyendo los correspondientes a estufas, calentadores, etc., deberá proveerse de un circuito de 15 ó 20 Ampers por cada 12 a 16 unidades como máximo. Es recomendable que se haga la distribución de circuitos en forma equitativa y separando unidades de iluminación de unidades de tomacorriente.

Para la instalación de estufas, calentadores, secadoras etc., la distribución de circuitos se hará de forma individual y derivadas directamente de el tablero de distribución.

Los calibres de los conductores deberán calcularse de acuerdo a la carga respectiva, pero en ningún caso será menor a Núm. 12. El calibre Núm. 14 se utilizará solamente en retornos de interruptores.

1.1.6.3.3 Cajas de distribución

En viviendas unifamiliares, deberán colocarse en lugares fácilmente accesibles, como áreas de servicio y nunca ocultos a la vista, con una altura máxima sobre el nivel de piso de 1.75 m. El tablero de distribución contará con el número necesario de flipones de acuerdo a los circuitos instalados y debe tener capacidad para instalar dos flipones más en el futuro.

1.1.6.3.4 Ubicación de las instalaciones

Todos los ductos deberán ser del diámetro adecuado para la cantidad de conductores que contengan, deberán estar protegidas con mortero o concreto. Los ductos que se instalen en losas deberán colocarse sobre la cama de refuerzo, complementándose las salidas con cajas metálicas.

Además, se dejarán instalados ductos para los servicios de teléfono, antena, etc., debiéndose dejar prevista para su correcta instalación posterior. El timbre se instalará completamente con su transmisor y receptor.

1.1.6.3.5 Tomacorrientes

Estos se instalarán en número y ubicación de acuerdo a la tabla XV.

Tabla XV. Colocación de los tomacorrientes por ambientes

Ambiente	Núm. de unidades mínimas	Altura de la instalación en metros
dormitorios, sala, comedor, estudio	1 por cada 6 m de perímetro	0.30
baños	1 junto al lavamanos	1.40 a 1.50
	1 para la lavadora	0.30
lavandería	1 para la secadora	0.30
	1 para la plancha	1.20
	1 para mesa la de trabajo	1.20
	1 para el refrigerador	0.30
cocina	1 para la estufa	0.30
	1 para el calentador	0.30
garaje	1	0.30
pasillos	1 por cada 5 m de perímetro	0.30

Fuente: División técnica del FHA. **Normas de planificación y construcción para casos proyectados**, pagina 6-13

1.2 Especificaciones de los materiales

En el proceso constructivo de viviendas se necesita de tres elementos básicos para la ejecución del proyecto:

- materiales
- personal
- herramienta y equipo

Los materiales serán el elemento a transformar de un estado inicial unitario a un estado final de conjunto, con el cual se tendrá una vivienda terminada y lista para su utilización.

Por lo tanto es de suma importancia que los materiales llenen requisitos mínimos de resistencia estructural, durabilidad y economía de mantenimiento. A continuación se describen características recomendables de los materiales a utilizar en el proceso de ejecución, observándose que el tipo de viviendas propuestas son construidas con concreto armado en la totalidad de sus elementos estructurales (cimientos, muros, losas etc.)

1.2.1 Acero de refuerzo

El acero que se utilizará como refuerzo deberá llenar los requerimientos de las normas COGUANOR NGO 36011 y ASTM A-615. Se utilizarán barras corrugadas cuando el diámetro sea mayor a 3/8", para diámetros menores podrán ser lisas. El punto de fluencia no deberá ser menor a 2,325 kg/cm² (33,000 lb/plg²); ya que en el mercado guatemalteco comúnmente se cuenta con aceros de grados 40 (40,000 lb/plg²) y 60 (60,000 lb/plg²) el mínimo a utilizar será grado 40.

1.2.1.1 Malla electrosoldada

La malla electro soldada podrá utilizarse como refuerzo estructural en losas apoyadas en muros de carga. Se podrá utilizar en muros de concreto tanto fundidos *in-situ* como elementos prefabricados de hasta dos niveles de altura. En losas de luz menor a 3 metros podrá colocarse una sola malla siguiendo la línea de inflexión de la losa. En losas de más de 3 metros de longitud, la malla se colocará en dos camas; una inferior continua para el momento positivo, y en camas superiores en zonas de momento negativo, soportándola de una forma adecuada, debidamente ancladas y con una longitud no menor de un cuarto de luz libre respectiva.

El punto de fluencia deberá estar comprendido entre 4,227 kg/cm² y 5,284 kg/cm² (60,000 y 75,000 lb/plg²) y se regirá por las normas ASTM A-62, A-185 y A-497. En nuestro medio se cuenta con mallas electro soldadas con un punto de fluencia de 4,931.83 Kg/cm² (70,000 lb/plg²).

1.2.2 Concreto

El concreto es un material esencial en la construcción de viviendas, en el capítulo Núm. 3 se estudiarán más detalladamente sus características.

1.2.2.1 Cemento

El cemento a utilizar cumplirá con las normas COGUANOR NGO 41001, COGUANOR NGO 41005, ASTM C-150, ASTM C-595, siendo cemento hidráulico tipo Pórtland o Pórtland modificado para uso general en la construcción.

1.2.2.2 Agregados

Los agregados finos para concreto podrán ser: arena de río, arena de trituración o de origen volcánico, todas extentas de materias orgánicas, arcillas u otras materias nocivas. Se cumplirá con la norma ASTM C-33.

Los agregados gruesos podrán ser: piedra triturada, grava, material de origen volcánico u otros materiales inertes libres de materias orgánicas u otros elementos nocivos. Se cumplirá con la norma ASTM C-33. El tamaño máximo del agregado grueso será 1 ½", pero no será mayor de 2/3 del espacio mínimo entre barras de refuerzo, 1/5 de la menor dimensión entre formaletas ó 1/3 del espesor de las losas.

Para la fundición de los elementos de gran esbeltez o columnas interblock el tamaño máximo será de 3/8". Agregados finos y gruesos se manejarán por separado.

1.2.3 Morteros

Se utilizarán como revoques impermeables en los muros de concreto y losas, además de lograr un acabado base previamente a los cernidos o revestimientos finales.

1.2.3.1 Mortero tipo A

Se le conoce generalmente como sabieta, su uso es recomendado como bases para repellos (forjado), acabados impermeables, adherente de bloques o ladrillos con alta resistencia a la compresión. La proporción recomendable es:

1 : 0.25 : 2.25 a 3

La cual se expresa en el orden: cemento: cal: arena de río, y en función al volumen del cemento. Se incluye la cal para mejorar la plasticidad y trabajabilidad del mortero.

1.2.3.2 Cernido

Se utilizará en los casos en los que se necesite lograr un acabado refinado en la superficie de muros y losas de concreto habiendo previamente utilizado un mortero tipo A.

La proporción recomendable será:

0.10 : 1 : 0.5 a 2

La cual se expresa en el orden: cemento: cal: arena blanca cernida a 1/16", y en función del volumen de la cal.

1.2.3.3 Cal

Se utilizará como aglutinante en morteros debiendo ser completamente hidratada en fábrica o en obra, cumplirá normas ASTM C-5 para cal viva y ASTM C-6 para cal hidratada.

1.2.4 Instalación de agua potable y drenajes

1.2.4.1 Tuberías

Los materiales de los que se han fabricado tuberías para agua potable y drenajes han sido anteriormente hierro fundido, hierro galvanizado, cobre, asbesto cemento, concreto y actualmente se utiliza en mayor cantidad las tuberías de pvc (cloruro de polivinilo). La demanda de este material se ha incrementado debido a su facilidad de instalación y manipulación, por ser un material liviano, y además de bajo costo debido a la rapidez de colocación. También cuenta con una diversidad de accesorios que hacen más practica la solución de diversas situaciones constructivas.

Los materiales que se propone utilizar en el proceso constructivo de viviendas son una combinación de tuberías pvc, con salidas hacia los accesorios con tuberías de hierro galvanizado (hg) para la instalación de agua potable y pvc con cajas de concreto para drenajes.

Las tuberías pvc se fabrican para resistir diferentes presiones según sea su uso, por lo que se recomienda la instalación de tuberías con las siguientes características de resistencia a la presión hidrostática.

Tuberías para agua potable	250 psi
Tuberías para drenajes	160 psi

Aunque estos valores están muy por encima de las presiones reales que se registrarán en las viviendas, se recomienda su uso ya que se logrará mayor resistencia de las tuberías a impactos, fricción con otros materiales, radiación solar y otras circunstancias que se dan en el proceso constructivo. Las tuberías de pvc deberán cumplir las normas ASTM D-1784.

1.2.4.2 Artefactos y grifería

De preferencia se utilizarán artefactos de losa sanitaria y griferías de cobre, así como lavatrastos de acero inoxidable.

1.2.5 Instalación eléctrica

1.2.5.1 Tuberías

Las tuberías a utilizar podrán ser de materiales como pvc, hierro galvanizado, tubo negro procesado etc., descartándose el uso de mangueras plásticas (poliductos) ya que son de consistencia quebradiza y pueden bloquear el paso de los conductores. Por su facilidad de instalación se recomienda el uso de tuberías de pvc más accesorios.

1.2.5.2 Conductores

Existen diferentes tipos como el alambre y cable, se recomienda el uso de cable por lograr una mejor conductividad al tener menos probabilidad de ruptura por su consistencia en hilos. Los calibres estarán determinados por su conductividad de corriente (amperaje). En nuestro medio se utilizan generalmente para uso residencial conductores de cobre de los tipos THHN, THWN y THW, lo que especifica el tipo de forro de cada uno.

En Guatemala no existe una regulación sobre los conductores, otros países como México y Venezuela ya cuentan con una normativa para su uso. Por lo tanto se podrá tomar referencia del NEC (*Nacional Electrical Code*) de los Estados Unidos, en donde se ha determinado por medio de pruebas de laboratorio los valores de conductividad de los cables.

Para el diseño de circuitos electricos en Guatemala se podrá tomar un valor de temperatura de operación de 75 C°. Ver tabla XVI.

Tabla XVI. Capacidad de conducción de corriente eléctrica, de cables de cobre para uso residencial.

calibre AWG	Temperatura de operación		
	60 C°	75 C°	90 C°
	Tipos de cable		
			TBS, SA, SIS, FEP
		FEPW, RH, RHW	FEPB, MI, RHH, RHW-2
	TW, UF	THHW, THW, THWN	THHN, THHW, THW-2
		XHHW, USE, ZW	THWN-2, USE-2, XHH
			XHHW, XHHW-2, ZW-2
Capacidad máxima de conducción en Ampere			
18	--	--	14
16	--	--	18
14	20	20	25
12	25	25	30
10	30	35	40
8	40	50	55
6	55	65	75
4	70	85	95
3	85	100	110
2	95	115	130
1	110	130	150

Fuente: NEC (*National Electrical Code*) de los Estados Unidos de Norteamérica
Conductors for general wiring. Tabla 310-16, p. 190

Además, ya que estos valores están establecidos con pruebas de los conductores al aire libre, y en condiciones de trabajo se encontrarán dentro de tuberías y acompañado de otros cables será necesario considerar valores de seguridad. Ejemplo:

Para un conductor calibre AWG 14, en la tabla XVI se indica que podrá conducir 20 A, por factor de seguridad o criterio del planificador se podrá diseñar un circuito cuya máxima demanda sea de 15 A.

1.2.5.3 Tableros y cajas

Su calidad es de suma importancia ya que ellos contendrán las conexiones de los circuitos así como de los interruptores y tomacorrientes, las cajas de salida podrán ser de lámina galvanizada o material de mejor calidad. El tablero principal y la caja del contador es recomendable que sean de una marca comercial reconocida, ya que con ello se garantiza una durabilidad adecuada así como el buen funcionamiento de estos dispositivos.

1.2.5.6 Acabados finales

Son la parte final del proceso constructivo pero son de suma importancia ya que proporcionarán un ambiente agradable y de buena apariencia. En estos renglones no se establecerán especificaciones ya que dependerán del precio de venta de la vivienda y del tipo de mercado al que está dirigido. Lo importante será que sean durables y de fácil mantenimiento, como ejemplos se podrán nombrar:

- Pisos de cemento líquido, granito, cerámico, mármol, duelas de madera etc.
- Puertas de *plywood*, maderas prensadas, maderas finas, metal
- Ventanería de aluminio *mill finish*, aluminio anodizado o de colores, marcos de hierro, pvc.
- Enlucidos como cernidos tradicionales, revestimientos plásticos, pinturas de látex, pinturas elásticas.

1.3 Determinación del proceso constructivo

En el año 1913 el industrial Henry Ford estableció un método de producción en serie para la fabricación de automóviles en Estados Unidos. Este método tenía como base fundamental lo que se conoció como banda transportadora. El principio fundamental fue dividir en actividades ordenadas y consecutivas el ensamblaje de los automóviles. A lo largo de las bandas transportadoras se hacía llegar las piezas a ensamblar a los trabajadores logrando que cada uno fuera el responsable del ensamblaje de una parte y trasladarlo al siguiente trabajador para que ensamblara la siguiente parte.

Con este sistema se lograba que cada trabajador repitiera su actividad, obteniendo mayor velocidad de operación y sobre todo su especialización en esa actividad. El tiempo de ensamblaje de un automóvil con este sistema era mucho menor que el tiempo que tomaría si el mismo trabajador ensamblara todas las diferentes partes del automóvil, con esto se logró la producción en gran volumen. Este método fue adoptado por otros países del mundo y ha sido utilizado en la mayoría de fábricas durante los últimos 100 años.

En nuestros tiempos se han introducido nuevas corrientes de organización industrial y empresarial, a esta nueva corriente se le conoce como reingeniería cuya base angular es la informática y los grupos de trabajo.

El proceso constructivo que se propone es el de producción en serie. Se dividirá la construcción de las viviendas en etapas ordenadas y consecutivas de tal manera que cada grupo de trabajadores tenga una etapa asignada en el proceso.

Con esto se pretende que cada grupo de trabajadores se especialice en su respectiva actividad, la realice en menor tiempo, ejecute siempre la misma actividad y así optimizar los recursos disponibles logrando reducir los costos.

Contrariamente a la banda transportadora, en este proceso son los trabajadores los que se trasladan de casa en casa para realizar la misma actividad. Por lo tanto para que la construcción de una unidad de vivienda sea completada al cien por ciento deberán de participar todos los trabajadores involucrados en el proceso. Es importante que cada grupo de trabajo tenga bien definidas sus actividades y que cuente con la información, el material, la herramienta y el equipo necesario.

También el proceso se organizará de tal forma que los trabajadores de la línea de producción se conviertan en ensambladores de partes fabricadas por aparte, es decir que se tratará que la mayoría de los elementos que intervengan en el proceso lleguen ya fabricados al punto, por ejemplo, la cimentación de una vivienda consiste en la armadura de los caítes, columnas, zapatas etc., un grupo fabricará los elementos estructurales mencionados y otro grupo se encargará de su colocación.

Con este proceso se logrará la reducción del tiempo y la herramienta necesaria para este fin será menor así como la especialización de cada grupo.

En lo que respecta al personal, al inicio del proceso no necesariamente todos tendrán que ser calificados ya que el proceso de ensamblaje hará más simple su aprendizaje y especialización. Por ejemplo, a una persona se le podrá enseñar a ensamblar un panel de formaleta sin que sea un albañil o tenga conocimientos previos de construcción. Con esto se logrará aprovechar la gran cantidad de recursos humanos disponibles en el país y dar oportunidad de empleo a personas que no tienen oportunidad en otras actividades productivas.

1.3.1 Modelo de vivienda

El modelo que se presenta consiste en viviendas de tipo duplex, cuyo terreno tiene dimensiones de 6.20 m de frente por 15 m de fondo. Consta de dos niveles y 82 m² de área de construcción. Su distribución consiste en sala, comedor, cocina, baño de visitas, jardín posterior y estacionamiento para un vehículo en el primer nivel. En el segundo nivel cuenta con 3 dormitorios y un baño general.

La estructura de la vivienda consiste en losa de cimentación, muros y losas de concreto armado. Cuenta con instalaciones de agua potable, drenaje de aguas residuales y pluviales, instalación eléctrica de iluminación y fuerza así como instalación para teléfono y cable. Los acabados consisten en pisos cerámicos, ventanearía de aluminio con vidrio claro, puertas de materiales sintéticos y revestimiento plástico en muros y losas.

1.3.1.1 Planos de distribución

A continuación se presentan los planos de distribución de las viviendas del modelo propuesto. Ver figuras 1 y 2.

Figura 1. Plano de distribución del primer nivel, casa tipo dúplex

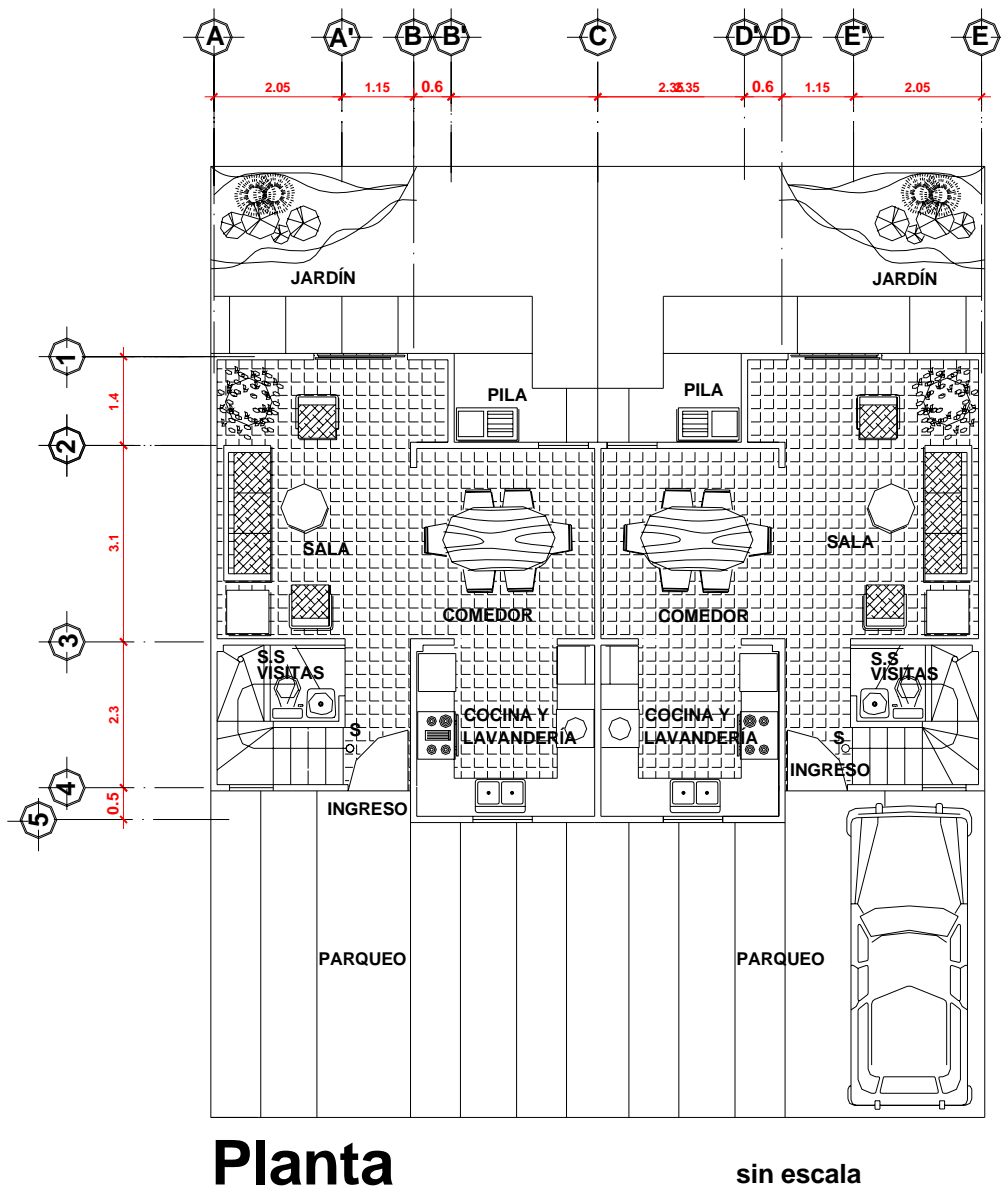
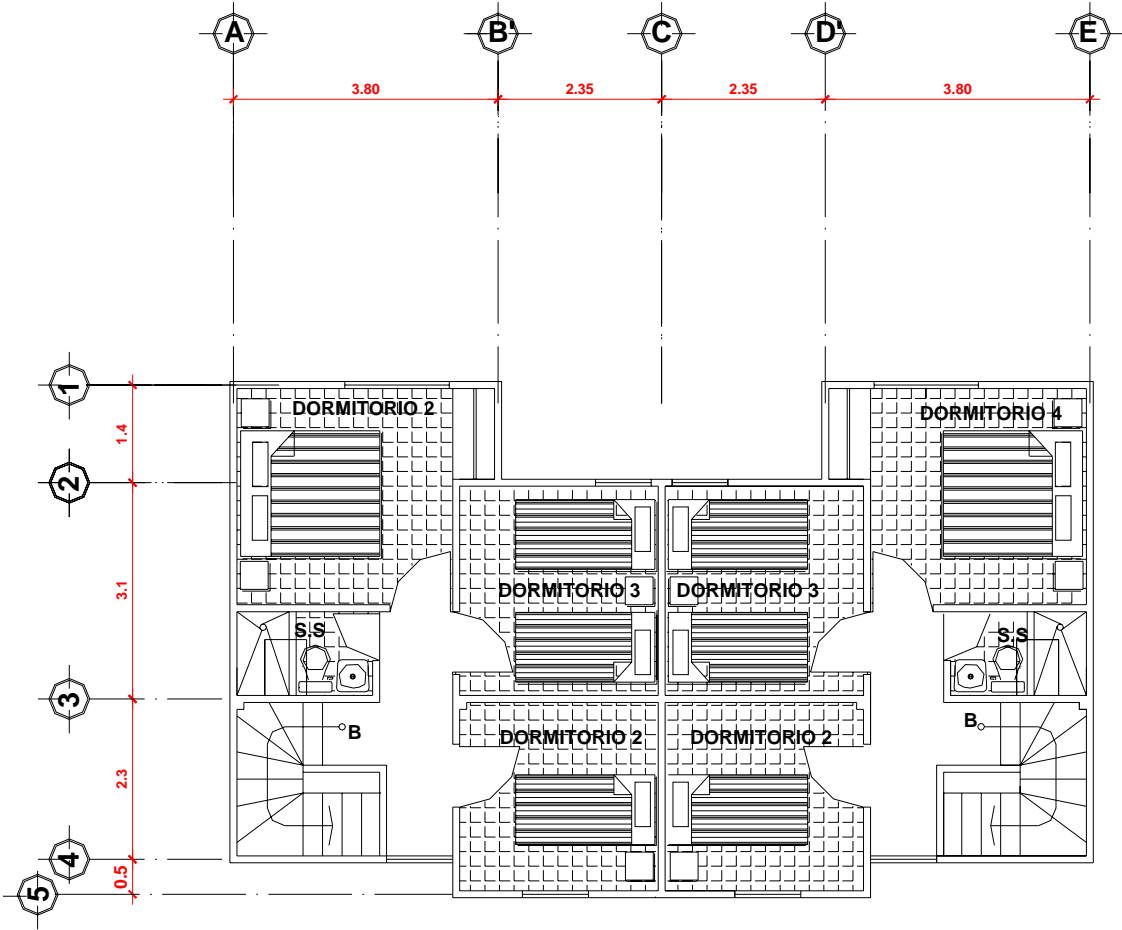


Figura 2. Plano de distribución del segundo nivel, casa tipo dúplex



Planta

sin escala

1.3.2 Secuencia de construcción

El orden de las diferentes actividades constructivas de las viviendas se grafica por medio de un diagrama de Gantt, en el cual se detalla el tiempo por cada una de ellas. Ver tabla XVII.

1.3.2.1 Trazo y excavación

Se iniciará el proceso haciendo la colocación de puentes en donde se ubicarán los puntos que indican los ejes, posteriormente se procederá a realizar el trazo de los cimientos. Estos puentes deberán colocarse debidamente nivelados. Los ejes deberán formar ángulos rectos entre sí. Una vez realizado el trazo se realizará la excavación cuidando que esté nivelado el fondo y se formen líneas rectas para la correcta colocación de la armadura. Es importante hacer notar que para realizar esta actividad el terreno estará debidamente nivelado y con la ubicación exacta de sus límites por medio de trazo topográfico. Ver tabla XVII.

Tabla XVII. Secuencia de las actividades de construcción

	Actividad	Duración en días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V
1	Trazo	1											
2	Excavación	2											
3	Instalaciones de agua potable y drenajes bajo el piso	2											
4	Poste de la acometida eléctrica	2											
5	Armadura de la cimentación	2											
6	Instalación de la tubería eléctrica bajo el piso	1											
7	Colocación de la formaleta de la cimentación	2											
8	Fundición de la cimentación	1											
9	Colocación de la armadura en los muros del primer nivel	1											
10	Instalaciones de la plomería y electricidad en los muros del primer nivel	1											

Actividad	Duración en días	12	13	14	15	16	20	21	25
		L	M	M	J	V	M	J	M
11 Colocación de la formaleta de los muros y la losa del primer nivel	1								
12 Colocación de la armadura de la losa del primer nivel	1								
13 Instalación de la tubería eléctrica en losa del primer nivel	1								
14 Fundición de los muros y la losa del primer nivel	1								
15 Colocación de la armadura en los muros del segundo nivel	1								
16 Instalaciones de plomería y electricidad en los muros del segundo nivel	1								
17 Colocación de la formaleta de los muros y la losa del segundo nivel	1								
18 Colocación de la armadura de la losa del segundo nivel	1								
19 Instalación de la tubería eléctrica en la losa del segundo nivel	1								
20 Fundición de los muros y la losa del segundo nivel	1								
21 Acabados de los muros y las losas	6								
22 Trabajos exteriores	6								
23 Gradas	6								

En este tramo se grafica solo el inicio y fin de cada actividad

	Actividad	Duración en días	26	31	32	37	38	43	44	46	47	52
			J	M	J	J	V	J	V	M	M	M
24	Instalación de los pisos	6										
25	Instalación de la ventanería	6										
26	Instalación de las puertas	6										
27	Aplicación del revestimiento en los muros y las losas	6										
28	Instalación eléctrica, alambrado y colocación de las placas	3										
29	Instalación de los artefactos sanitarios y la grifería	3										
30	Jardinización	3										
31	Herrería	3										
32	Impermeabilización de los techos	3										
33	Retoques finales y limpieza general	6										

En este tramo se grafica solo el inicio y fin de cada actividad

1.3.2.2 Instalaciones de agua potable y drenajes

Como siguiente actividad se realizarán las instalaciones de agua potable y drenajes, para esto es necesario realizar el trazo de las instalaciones y su excavación, ya que todas estas tuberías deben quedar enterradas para su protección. Todas las acometidas de agua potable y las salidas de los diferentes accesorios se dejarán previstas colocándose en posición vertical, siendo necesario para esto colocar hilos en los puentes que delimiten los rostros internos u externos de los muros. Para los drenajes tanto sanitarios como pluviales el factor más importante será la correcta colocación con las pendientes anteriormente descritas en las especificaciones. Es de suma importancia acotar que el nivel del terreno deberá estar por encima del nivel de la calle para lograr la correcta evacuación de la aguas. Finalmente todas las tuberías serán cubiertas y compactadas manualmente.

1.3.2.3 Armadura de la cimentación

Esta actividad se puede dividir en dos partes, preparación y colocación. La preparación se podrá realizar en un taller de acuerdo a las especificaciones detalladas en los planos como lo son, diámetro de varillas, cantidad de varillas, separación de estribos o eslabones por cada elemento. La colocación de la armadura consiste en ubicar los ejes pudiendo utilizar hilos para ello, colocación de la armadura de los cimientos conocidos como caites. Posteriormente se colocarán las columnas, costillas y pines que formarán el refuerzo de los muros, a este proceso se le conoce como centrar.

Es muy importante no perder de vista aspectos como las longitudes de traslapes especificadas, mantener las longitudes de anclaje de las columnas, estimar en la colocación el recubrimiento estructural en los muros y la separación correcta de los elementos con el terreno.

1.3.2.4 Instalación de la tubería eléctrica bajo piso

Esta actividad es parecida a la instalación de agua potable con la ventaja de que no necesariamente estará enterrada. Se colocarán todas las tuberías de los tomacorrientes del 1er nivel, las tuberías de la acometida hacia el tablero de distribución. Las salidas de los tomacorrientes se colocarán de tal forma que el tubo quede centrado en el espesor de muro usando como referencia la armadura con pines de los muros colocados anteriormente.

1.3.2.5 Poste de acometida eléctrica

Paralelamente a las etapas anteriormente mencionadas es recomendable que se haga la construcción del poste de acometida. Esto con el fin de que se dejen terminadas todas las conexiones bajo piso para poder ser enterradas y compactadas, esto evitará que se lastimen las tuberías de acometida y dará mejor libertad de trabajo a las siguientes actividades. Para la construcción del poste de acometida se seguirán las normas de la Empresa Eléctrica de Guatemala.

1.3.2.6 Colocación de la formaleta de cimentación

Según el modelo de vivienda propuesta, la cimentación está formada por una losa de concreto reforzado. Para lo cual será necesario colocar la respectiva formaleta.

La losa tendrá un peralte $t = 10$ cm. como mínimo y refuerzo con malla electro soldada del calibre diseñado o acero de refuerzo con varillas corrugadas según se indique en los planos. Se colocarán tacos de concreto de 7 cm de altura los cuales cargarán la electromalla a cada 80 cm., en ambos sentidos. En el perímetro de la losa se colocarán las formaletas debidamente aseguradas al terreno, las cuáles servirán para contener al concreto mientras es colocado. La formaleta es necesaria ya que este tipo de cimentación estará colocada sobre el nivel de terreno y no dentro del mismo, solamente los cimientos corridos estarán dentro de la excavación del terreno.

En el capítulo 4 se detalla el procedimiento de fundiciones de concreto.

1.3.2.7 Colocación de la armadura en los muros del primer nivel

El refuerzo de los muros de carga constará de malla electrosoldada o acero de refuerzo con varillas corrugadas según se indique en los planos. Como la altura de los muros del modelo de vivienda propuesta es de 2.40 m., y el lado corto de la electromalla es de 2.35 m. (2.35 x 6.10 m); ésta se colocará con el lado mayor en contacto con la losa de cimentación y se amarrará a las columnas. Para poder realizar una colocación correcta de las electromallas, previamente deberán de trazarse todos los muros sobre la losa de cimentación de tal manera que las mallas puedan colocarse al centro del muro. Es recomendable que cuando sea necesario el traslape éste sea de dos cuadros de electromalla.

Posteriormente se colocarán los pines de anclaje a la losa de entrepiso, se colocarán de tal manera que tengan la respectiva longitud de anclaje tanto en la malla de los muros y la longitud prevista para que posteriormente sean doblados sobre el refuerzo de la losa; la longitud y espaciamiento se detallan en los planos.

1.3.2.8 Instalaciones de plomería y electricidad en muros del primer nivel

En esta etapa se tendrán que dejar previstas las instalaciones de plomería y electricidad. Como en el cimiento se dejaron previstas las salidas de las tuberías en esta etapa tendrán que cortarse a la altura respectiva. En el caso del agua potable se colocarán adaptadores macho pvc y codos hg a 90 grados sellados con un tapón hembra hg en el extremo de las salidas.

Para los drenajes se colocarán los respectivos codos pvc a 45 ó a 90 grados, y para las instalaciones eléctricas se colocarán las respectivas cajas rectangulares de 2" x 4". Todas estas instalaciones deberán fijarse a la electromalla con segmentos de varilla de diámetro ¼" y alambre de amarre, se recomienda que las salidas y cajas se rellenen con papel mojado de bolsa de cemento, para evitar que se les introduzca el concreto al momento de la fundición. Adicionalmente todas las tuberías deberán forrarse con cedazo metálico para evitar que se puedan formar fisuras en esos puntos.

En el capítulo 3 se estudia la colocación de formaleta en muros y losas del primer nivel.

1.3.2.9 Colocación de la armadura en la losa del primer nivel

Con el uso de mallas electrosoldadas como refuerzo de las losas, el armado de las mismas se ha simplificado. Cuando la formaleta se encuentre totalmente instalada y nivelada se colocará la primera cama de electromalla. Se cargará sobre tacos de concreto de 2 cm de altura a cada 80 cm en ambos sentidos, esta primer cama deberá cubrir el total de la superficie de la losa. Sobre ésta se doblarán y amarrarán los pines que previamente se habían colocado en el refuerzo de los muros. Sobre tacos de concreto de 7 cm de altura se colocará la segunda cama de electromalla, como está calculada para reforzar las áreas de momento negativo bastará con que se coloque en el perímetro de cada ambiente y el ancho de la franja será igual o mayor a $\frac{1}{4}$ de la luz de la losa.

Según el diseño estructural de la losa, sobre la segunda cama de malla se colocarán los bastones distribuidos según las especificaciones en los planos. Para los niveles de concreto en la fundición se colocarán arrastres a una separación no mayor de 1.50 m y apoyados a cada 0.80 m para evitar su deformación. Se podrán utilizar tubos de sección rectangular o sección circular.

1.3.2.10 Instalación de las tuberías eléctricas en la losa del primer nivel

Antes de la colocación del concreto será necesario realizar la instalación de las tuberías eléctricas. Éstas se colocarán sobre la primera cama de malla para evitar que puedan transmitirse fisuras hacia la superficie interior del ambiente. Se recomienda usar un forro de cedazo metálico como refuerzo adicional para prevenir la aparición de grietas.

Las cajas ortogonales deberán rellenarse con papel mojado para evitar que se llenen de concreto. Así mismo, se dejarán previstas las salidas de los tomacorrientes del segundo nivel.

En el segundo nivel se repetirán las actividades enumeradas anteriormente desde 1.3.2.7 hasta 1.3.2.11.

1.3.2.11 Proceso de acabados finales de obra gris

Esta es la parte del proceso constructivo en la que todas las actividades están destinadas a lograr el acabado final de la vivienda, entre ellas se mencionan los trabajos de resane en muros y paredes cuya función es corregir las imperfecciones que se presenten por la formaleta y el concreto. Se eliminarán venas, ratoneras, áreas segregadas, se afinarán vanos de puertas y ventanas cuidando que estén plomeados y a escuadra. Al mismo tiempo se realizarán resanes en el área exterior de la losa del techo, también en esta etapa se construirán las carrileras de los estacionamientos.

Para este procedimiento es necesario tener la superficie del terreno debidamente compactada. Si el terreno es de materiales resistentes a las deformaciones como el talpetate será suficiente con una compactación manual. Si al contrario el material es arcilloso será necesario vaciar una capa de 15 cm de profundidad como mínimo, y rellenarla con material selecto para proceder a realizar compactación con algún medio mecánico.

1.3.2.12 Gradadas

Son el elemento estructural de comunicación entre el primer y el segundo nivel. Se propone utilizar una formaleta metálica diseñada a la geometría necesaria. Con este equipo se pretende que su colocación sea fácil, rápida y repetitiva. Se sugiere usar materiales epóxicos para lograr el anclaje de la armadura a los muros de carga, esto logrará un procedimiento más sencillo. Se barrenarán agujeros en los muros en los cuales se insertarán las varillas con el material epóxico, el armado de las gradadas será conforme lo indiquen los planos. Posteriormente se colocará el concreto buscando que tenga bajo revenimiento para que se alcance una buena resistencia en corto tiempo y así poder desencofrar y reutilizar la formaleta. Finalmente se recomienda dejar prevista una junta de construcción entre la grada y la losa del entrepiso, con el fin de controlar las fisuras provocadas por movimientos de contracción y expansión de los elementos del concreto.

1.3.2.13 Pisos

En este tipo de vivienda se ha generalizado el uso de pisos elaborados con barro cocido y barnizados conocidos como pisos cerámicos. Estos elementos brindarán una buena presentación y fácil limpieza.

Se recomienda en su instalación que la superficie esté bien nivelada, que los elementos de cerámica estén totalmente saturados de agua durante 24 horas, y que se utilicen morteros que retengan la humedad y que tengan buena plasticidad, ya que la rigidez de estos elementos hace que sean sensibles a movimientos y tiendan a despegarse.

En la actualidad en el mercado se cuenta con un gran número de adhesivos especiales, pero su uso deberá ser cuidadoso de cumplir con las especificaciones de los fabricantes para lograr una buena instalación.

1.3.2.14 Ventanería

Los materiales a utilizar dependerán del tipo de proyecto y precio de la vivienda. Pero se recomienda que los vanos sean revisados para que estén con las dimensiones correctas, el sillar debidamente nivelado y con pendiente hacia el exterior de la vivienda, una vez instalada la ventana será necesario sellarla en todo su perímetro con algún material elastomérico para evitar filtraciones de agua.

1.3.2.15 Puertas

Al igual que en la ventanería es importante que los vanos tengan las dimensiones correctas y estén debidamente plomeados. Esto hará que la instalación sea sencilla, fácil y repetitiva. El éxito de una producción en serie dependerá que todas las actividades sean repetitivas. En el caso de las instalaciones de puertas y ventanas, al ser los vanos todos de la misma medida evitará que los instaladores pierdan tiempo y fabriquen con anticipación estos elementos.

En la instalación de puertas es importante dejar prevista suficiente luz entre la hoja y los marcos para evitar que topen por la expansión por los cambios de temperatura. Las puertas deberán quedar debidamente plomeadas para evitar que se cierren solas y finalmente un buen acabado logrará una buena presentación.

1.3.2.16 Revestimiento en muros y losas

Por su facilidad de aplicación, por su gama de colores y la variedad de texturas se ha generalizado el uso de revestimientos plásticos. Cuidados al aplicar estas mezclas: que la pared sea sellada con adhesivo como la resina, que los materiales sean debidamente mezclados para su homogenización, y que el elemento adhesivo principal sea aplicado en la proporción correcta para evitar desprendimientos una vez aplicados.

1.3.2.17 Instalación eléctrica final

En esta etapa se realizará el alambrado de las unidades así como la colocación de placas de interruptores y tomacorrientes, colocación de plafoneros etc. Se recomienda que el alambrado se realice antes de aplicar el revestimiento final en los muros por si algún conducto se encontrara obstruido y así no tener que cortar en algún muro con acabado final. En el tablero principal deberán identificarse los circuitos. Será importante realizar una prueba de todos los elementos eléctricos antes de su utilización y entrega.

1.3.2.18 Instalación los de artefactos sanitarios y la grifería

Previo a su instalación será necesario realizar tres pruebas de presión utilizando una bomba y llenando las tuberías de agua. La presión mínima recomendada a utilizar par dicha prueba será de 160 psi. La primera prueba se realizará antes de fundir los cimientos, la segunda prueba se realizará después de haber completado todas las tuberías de los baños y otros ambientes y la tercera prueba se realizará después de colocar todos los artefactos sanitarios.

Es importante probar el funcionamiento de cada uno de los artefactos, la grifería así como la graduación de los elementos de los tanques en inodoros. Por último será necesario revisar las conexiones en la pared para evitar fugas o goteras de agua.

1.3.2.19 Jardinización

Toda jardinización deberá tener mantenimiento por el propietario. Para el constructor es importante verificar los desniveles en los patios para evitar empozamientos, y en el proceso de sembrado que se rellenen áreas vacías para lograr una superficie uniforme de la grama.

1.3.2.20 Impermeabilización de los techos

Lo más importante en esta etapa será detectar y sellar cualquier fisura que se forme en la loza. Además, los materiales tendrán que aplicarse como mínimo en dos manos. Es importante rellenar cualquier ondulación para evitar empozamientos de agua y así pueda correr libremente hacia las tuberías de bajada.

1.3.2.21 Limpieza general y entrega

Por último se realizará cualquier retoque que sea necesario en puertas, pisos, paredes etc. En el proceso de limpieza es importante el material que se utilizará, se evitará el uso de materiales abrasivos que puedan dañar la textura de puertas, bisagras, artefactos sanitarios y ventanas de aluminio. Finalmente se recomienda tener un cuadro de control o lista de chequeo para realizar por lo menos dos revisiones de la vivienda, en la que se incluirá el funcionamiento de todos los elementos y corregir cualquier desperfecto. Ver tabla XVIII.

Tabla XVIII. Lista de revisión de las viviendas para entrega

Renglones a revisar por ambiente	Aspectos importantes	Dormitorio principal	Dormitorio 2	Dormitorio 3	Baño principal	Cubo de gradas	Pasillo de ingreso	Baño de visitas	Sala	Comedor	Cocina	Fachada frontal	Fachada posterior
		ventana	funcionamiento										
	sello del marco												
	sillar												
	empaques												
puerta	funcionamiento												
	sello del marco												
	pintura del marco y hoja												
acabado de los muros	uniformidad												
	filos y rincones												
piso cerámico	escuadras												
	nivel												
	cizas												
placas y plafoneras	estado												
	sello												
lavamanos	funcionamiento												
	sellos												
	estado												
sanitario	funcionamiento												
	estado												
ducha	estado de la regadera												
	pendiente del piso												
	funcionamiento de las llaves												
azulejo	instalación												
	gradas												
	estuque a 45°												
lavatrastos	funcionamiento												
	soporte												
	sellos												
timbre	estado												
	funcionamiento												
tablero de flipones													
toma de la lavadora													
toma del calentador													
junta de construcción													
grada de granito													
carrileras													
tapaderas de las cajas													
textura en la fachada													
llaves de los chorros													
pila													
banqueta del patio													
niveles del jardín													

Número de la casa _____ fecha de la primera inspección _____
 manzana _____ fecha de la segunda inspección _____

En las tablas XIX y XX se presenta un resumen del personal directo e indirecto necesario.

En la tabla XXI se presenta la recopilación de herramienta y equipo necesario por actividad.

Tabla XIX. Personal directo por actividad

Actividad		Albañil	Ayudante	Ayudante capacitado	Armador	Plomero	Eléctricista	Grupo de fundición	Pisero	Trabajo por subcontrato
1	Trazo	1	1							
2	Excavación		3							
3	Instalaciones de agua potable y drenajes bajo el piso					2				
4	Poste de la acometida eléctrica	1	1				1			
5	Armaduría de la cimentación		2		4					
6	Instalación de la tubería eléctrica bajo el piso									
7	Colocación de la formaleta de la cimentación	1	1							
8	Fundición de la cimentación							1		
9	Colocación de la armadura en los muros del primer nivel	1	2							
10	Instalaciones de la plomería y la electricidad en los muros del primer nivel					1	3			
11	Colocación de la formaleta de los muros y la losa del primer nivel			20						
12	Colocación de la armadura de la losa del primer nivel			20						
13	Instalación de la tubería eléctrica en la losa del primer nivel						3			
14	Fundición de los muros y la losa del primer nivel							1		
15	Colocación de la armadura en los muros del segundo nivel	1	2							
16	Instalaciones de plomería y electricidad en los muros del segundo nivel					1	3			
17	Colocación de la formaleta de los muros y la losa del segundo nivel			20						
18	Colocación de la armadura de losa del segundo nivel			20						
19	Instalación de la tubería eléctrica en la losa del segundo nivel						3			
20	Fundición de los muros y la losa del segundo nivel							1		
21	Acabados de los muros y las losas	2								
22	Trabajos exteriores	4	3							
23	Gradas	2	1							
24	Instalación de los pisos								2	
25	Instalación de la ventanería									1
26	Instalación de las puertas									1
27	Aplicación del revestimiento en los muros y las losas									1
28	Instalación eléctrica, alambrado y colocación de las placas						3			
29	Instalación de plomería, artefactos sanitarios y la grifería					2				
30	Jardinización									1
31	Herrería									1
32	Impermeabilización de los techos									1
33	Retoques finales y limpieza general		3							

Tabla XX. Personal indirecto

Actividad		Personal de campo		Personal de Admon.
1	Trazo	albañiles y ayudantes ambulantes	caporal	maestro general 1
2	Excavación			
3	Instalaciones de agua potable y drenajes bajo el piso			
4	Poste de la acometida eléctrica			
5	Armaduría de la cimentación			
6	Instalación de la tubería eléctrica bajo el piso			
7	Colocación de la formaleta de la cimentación			
8	Fundición de la cimentación			
9	Colocación de la armadura en los muros del primer nivel			
10	Instalaciones de la plomería y la electricidad en los muros del primer nivel			
11	Colocación de la formaleta de los muros y la losa del primer nivel			
12	Colocación de la armadura de la losa del primer nivel			
13	Instalación de la tubería eléctrica en la losa del primer nivel			
14	Fundición de los muros y la losa del primer nivel			
15	Colocación de la armadura en los muros del segundo nivel			
16	Instalaciones de plomería y electricidad en los muros del segundo nivel			
17	Colocación de la formaleta de los muros y la losa del segundo nivel			
18	Colocación de la armadura de losa del segundo nivel			
19	Instalación de la tubería eléctrica en la losa del segundo nivel			
20	Fundición de los muros y la losa del segundo nivel			
21	Acabados de los muros y las losas		supervisor	maestro general 2
22	Trabajos exteriores			
23	Gradas			
24	Instalación de los pisos			
25	Instalación de la ventanería			
26	Instalación de las puertas			
27	Aplicación del revestimiento en los muros y las losas			
28	Instalación eléctrica, alambrado y colocación de las placas			
29	Instalación de plomería, artefactos sanitarios y la grifería			
30	Jardinización			
31	Herrería			
32	Impermeabilización de los techos			
33	Retoques finales y limpieza general		bodeguero, planillero, ayudantes de bodega y guardianes	

Tabla XXI. Herramienta y equipo liviano por actividad

Herramienta y equipo	Prefabricados	Plomeros	Electricistas	Trazo excavación compactación y poste	Armaduría y colocación de la malla de los muros	Formaleta de los cimientos	Fundiciones
Almódana				1			
Angular de 1/4"x4"x 6 m							
Azadón				1			2
Barreno		1			1		
Barreta				2			
Batea para concreto							
Batea para sabieta							
Bomba de muchila con aspersor							
Botas de hule							16
Bote plástico	2					3	12
Broca para concreto de 1/2"							
Broca para concreto de 3/8"					1		
Brocha de 4"	1						
Bulbo para lámpara de alógeno			3				
Cable Núm. 4 para red eléctrica			1				
Cabos para herramientas							
Caimán de 24"	1	1	1		3		
Carretilla de mano	1	1	1	5			2
Casco de seguridad							
Cinta metálica de 30 m				1			
Cinta tiralíneas					1		
Cizalla					2		
Concretera de un saco							
Costanera de 4" para formaleta						15	
Costanera de 4" para puente				50			
Escalera de 3 m de longitud					1		
Escalera de 6 m de longitud							
Escalera extensible de aluminio							
Espátula							
Cable tipo tsj calibre 3 por 10 extensión de 100 m			1				

Herramienta y equipo	Prefabricados	Plomeros	Electricistas	Trazo excavación compactación y poste	Armaduría y colocación de la malla de los muros	Formaleta de los cimientos	Fundiciones
Cable tipo tsj calibre 3 por 12 extensión de 100 m		1					
Formaleta para poste				1			
Grifos de 1/2"							
Grifos de 3/8"							16
Guates de cuero							
Lámpara de alógeno de 1500 W			3				
Lentes plásticos de seguridad							
Macho		1	1				
Madera por pie tablar						90	
Manguera para pasar niveles				1			6
Manguera reforzada							
Manguera sencilla	1			1			
Marcos de andamio							
Mascarilla desechable							2
Mázo metálico				3			
Nivel							
Pala	2			5			12
Piocha				5			
Pistola para pomo de silicón							
Pistola para manguera de jardín							
Plomo de nuez de 2 lb							
Pulidora							
Punta de 3/4"		1	1				
Puntal							
Rotomartillo							
Tubo para arrastre de 1"x2"x 6 m							1
Tubo para arrastre de 2"x3"x 6 m							20
Tubo galvanizado de 3/4 x 6m							

Herramienta y equipo	Colocación de la formaleta de los muros y las losas	Acabados de la obra gris	Trabajos exteriores	Gradas	Sello de la ventanearía y las puertas	Ayudantes ambulantes y limpieza
Almádana						
Angular de 1/4"x4"x 6 m	20					
Azadón			3			8
Barreno						
Barreta			1			2
Batea para concreto			2			
Batea para sabieta						
Bomba de muchila con aspersor	1					
Botas de hule						
Bote plástico		6	8		4	14
Broca para concreto de 1/2"	1					
Broca para concreto de 3/8"						
Brocha de 4"						
Bulbo para lámpara de alógeno						
Cable Núm. 4 para red eléctrica						
Cabos para herramientas						
Caimán de 24"	2					
Carretilla de mano		3	3	1	1	9
Casco de seguridad						
Cinta metálica de 30 m						
Cinta tiralíneas						
Cizalla						
Concretera de un saco			1	1		
Costanera de 4" para formaleta			12			
Costanera de 4" para puente						
Escalera de 3 m de longitud	2					
Escalera de 6 m de longitud	1		1			
Escalera extensible de aluminio					2	
Espátula	20				4	14
Cable tipo tsj calibre 3 por 10 extensión de 100 m						

Herramienta y equipo	Colocación de la formaleta de los muros y las losas	Acabados de la obra gris	Trabajos exteriores	Gradas	Sello de la ventanearia y las puertas	Ayudantes ambulantes y limpieza
Cable tipo tsj calibre 3 por 12 extensión de 100 m	1	1				
Formaleta para poste						
Grifos de 1/2"	1					
Grifos de 3/8"	1					
Guates de cuero						
Lámpara de alógeno de 1500 W						14
Lentes plásticos de seguridad		1				8
Macho						
Madera por pie tablar	600					
Manguera para pasar niveles			1			
Manguera reforzada						
Manguera sencilla	3	3	3		1	4
Marcos de andamio		48				
Mascarilla desechable						8
Mázo metálico			3			2
Nivel	2					
Pala		6	4		3	8
Piocha			3			8
Pistola para pomo de silicón					4	2
Pistola para manguera de jardín	3					
Plomo de nuez de 2 lb	2					
Pulidora	1	1				
Punta de 3/4"						8
Puntal	100					
Rotomartillo		1				
Tubo para arrastre de 1"x2"x 6m		12	1		3	
Tubo para arrastre de 2"x3"x 6m						
Tubo galvanizado de 3/4 x 6m						

2. FORMALETAS ESPECIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE CONCRETO ARMADO.

2.1 Tipos de formaletas

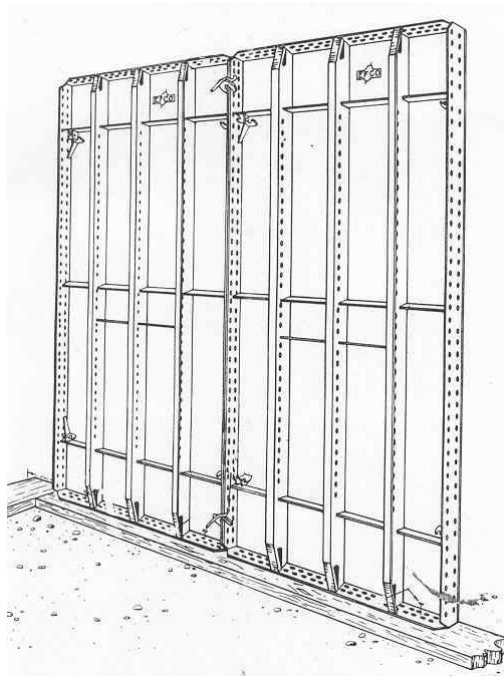
En el proceso de construcción de viviendas de concreto en serie, una de las partes fundamentales será la formaleta. Se puede establecer que este equipo es el que determina el éxito de la construcción. Actualmente en Guatemala, algunas empresas han adquirido estos equipos y dejado de producir con el método tradicional de levantado con mampostería. Entre las formaletas que se están utilizando están, las formaletas de acero, las de aluminio, no descartándose que se puedan utilizar de otros materiales como combinación de estructura metálica y superficie de plywood.

2.1.1 Formaletas de acero

Las formaletas de acero han sido adaptadas para su uso en la construcción de viviendas en serie, ya que se pueden utilizar en la construcción de obras masivas como, muros de contención, tanques, túneles, columnas aisladas etc. Entre sus características principales, se encuentra su gran resistencia a los esfuerzos provocados por la presión del concreto, la variedad de tamaños de paneles los cuales se pueden modular para adaptarse a la estructura a fundir muros de diferentes alturas.

También entre sus características se puede mencionar que los paneles se pueden ensamblar entre sí para formar un panel de mayor tamaño, el cuál puede ser transportado por una grúa y colocado en el punto necesario.

Figura 3. Paneles de la formaleta de acero para los muros



Fuente: EFCO. Normas en terreno. p.8

En nuestro medio se ha logrado la adaptación de estas formaletas para la construcción de viviendas obteniendo muy buenos resultados y una gran cantidad de usos del equipo por su durabilidad. Algunas desventajas que se pueden mencionar son: el peso de los paneles, ya que en nuestro país la constitución física de los trabajadores es de pequeña a mediana. El peso de los paneles puede provocar complicaciones del personal para su armado, esto se puede resolver utilizando paneles de menor tamaño pero con la desventaja de que se requerirá mayor tiempo de armado por el aumento de la cantidad de los paneles. Ver figura 3.

Otra desventaja que se puede mencionar es que esta formaleta está diseñada para construcciones mayores, por lo que se dificultará la elaboración de detalles tales como, sillares, molduras, dinteles de puertas, gradas, etc.

2.1.2 Formaletas de aluminio

Este equipo ha logrado tener cada día más auge en nuestro medio. Debido a su introducción en el país se ha logrado que existan más proyectos habitacionales que utilicen este método constructivo. Las formaletas de aluminio han sido diseñadas especialmente para la construcción de viviendas. Entre sus principales características se podrá mencionar.

Peso. Por ser fabricadas en aluminio su peso es menor al de una formaleta de acero, esto da como resultado que una persona pueda manipular mejor cada pánel, esto implica que con una menor cantidad de paneles se podrá armar un muro.

Modulación. Ésta se puede realizar especialmente para la fabricación de la formaleta necesaria para un diseño de vivienda específico.

Versatilidad. Por ser de un material liviano se logrará que los operadores puedan colocarla en un tiempo relativamente corto, si se hace una distribución correcta el ensamblaje podrá realizarse en seis horas. Si fuera necesario el fabricante podrá elaborar paneles especiales para la fundición de detalles especiales, como sillares, molduras, etc. También se podrán modular los paneles para las puertas y ventanas y que puedan quedar las luces de estos elementos totalmente terminadas.

Con este tipo de formaleta se logrará el armado integrado tanto de los muros como de las losas, este equipo incluye piezas que sirven de transferencia y ensamblaje entre los paneles de muros y losas. Con esto se logrará armar el equipo de tal manera que los muros y la losa de la vivienda puedan ser fundidos de una forma monolítica.

Una desventaja de este equipo que se puede mencionar es el material de aluminio con el que están fabricadas, lo hace vulnerable a los golpes que le pueden provocar deformaciones que se verían en el acabado final, por lo que es muy importante que el personal sea adiestrado en su uso para lograr una duración prolongada del mismo.

2.1.3 Características comunes de las formaletas

Entre las características comunes de las formaletas se pueden mencionar:

su correcta utilización dará como resultado que se pueda usar diariamente, por su método de montaje y desmontaje. Esto implica que si antes los muros de una vivienda se construían en cinco o más días, con el uso de este equipo se harán en un día.

Para su utilización no es necesaria la mano de obra de albañiles, ya que las operaciones se vuelven repetitivas y se logra que personas no calificadas puedan prontamente con el adiestramiento necesario utilizar el equipo.

Como resultado del uso de formaletas se podrán tener acabados de tal manera que no será necesaria la aplicación de repellos para la nivelación de los muros. Esto dependerá definitivamente del buen estado del equipo ya que a mayor deterioro del mismo será mayor el retoque necesario de las superficies.

2.2 Técnicas de colocación

Previamente a la colocación de la formaleta, deberá de estar totalmente terminada y nivelada la base de cimentación o losa de entrepiso.

Con el personal que coloca la estructura de los muros se realizará la preparación previa al montaje. Con este personal se realizará el trazo de los muros sobre la base, definiéndose además la ubicación de vanos de las puertas determinando así sobre la base la distribución de los ambientes.

Como parte de la preparación previo al montaje se colocarán unos pequeños pines en las líneas que definen los rostros de los muros. Este proceso consiste en barrenar la base e insertar pequeños hierros que servirán de tope para que la formaleta no se desplace de las líneas de trazo de los muros.

2.2.1 Herramienta y equipo necesario

Antes de empezar el proceso de instalación será necesario proveer al personal de la siguiente herramienta y equipo.

Por persona, martillo, tenaza, espátula, bote plástico, cinta métrica, casco de seguridad botas de hule o cuero y cinturón. Por grupo se necesitará caimán, mangueras, mochila de riego, martillos de hule. Para complementar la instalación de la formaleta, se necesitarán puntales telescopios, y angulares de 2 ½" x 2 ½" x 20' como alineadores. A todo esto se agregará el equipo que se incluya con las formaletas para su montaje y desmontaje.

2.2.2 Montaje de los paneles de los muros

Es necesario que se cuente con la modulación en planta de los paneles de los muros, esto será facilitado por el proveedor de la formaleta, por medio de planos.

Para la colocación de los paneles de la formaleta se puede realizar de dos maneras, un trabajador colocará una de las caras para que posteriormente coloque la otra cara de la formaleta. La otra forma, que es la recomendada y que ha tenido mejores resultados, consiste en que el personal trabaje en parejas para que se ensamblen al mismo tiempo ambas caras de la formaleta.

El primer paso consistirá en colocar las piezas que forman las esquinas interiores de los muros, a estas piezas se les llamará esquineros. Según el diseño estas piezas formarán un ángulo recto para que puedan ser ensamblados en él dos paneles de diferentes muros. Es muy importante que esta primera pieza se coloque exactamente en el ángulo recto formado por el trazo de la esquina interior del muro.

A cada uno de los paneles que sean colocados, deberá de aplicársele una película de material desmoldante, esto con el fin de evitar que el concreto se adhiera a la formaleta y se dificulte su desmontaje, además que no se obtengan superficies irregulares difíciles de retocar posteriormente. Esta operación será necesaria por cada uso de la formaleta y podría aplicarse con brocha, rodillo o wye. El desmoldante deberá ser de características para formaleta de metal.

Después de colocar los esquineros se realizará la colocación del primer panel, colocándolo sobre la base y paralelo a la línea de trazo.

Antes de unir el esquinero con el panel, se colocarán los respectivos separadores, éstos consisten en piezas de metal que se ubicarán en ranuras en los costados de los paneles, y que servirán para mantener el espesor de los muros, pero su función principal será evitar la separación de los paneles provocada por la presión de vaciado de concreto. Ver figura 4.

Figura 4. Paneles de la formaleta de aluminio para los muros



Fuente: Formaletas S.A. **Manual de instalación.** p. 15

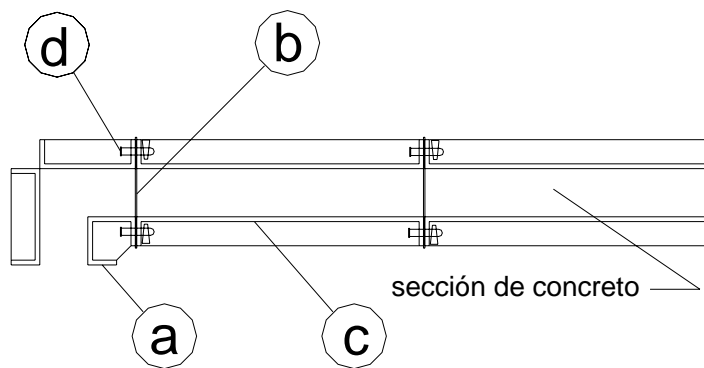
Por cada panel será necesario la colocación de los respectivos separadores, éstos se fijarán a los paneles por medio de pasadores, y a la vez se asegurarán por medio de cuñas.

El proceso de colocación de la formaleta de los muros se puede resumir en los siguientes pasos:

- a) colocación de esquineros
- b) colocación de separadores
- c) colocación de paneles
- d) fijación con pasadores y cuñas

Se repetirán los pasos b, c, y d hasta cerrar los diferentes ambientes de la vivienda. Ver figura 5.

Figura 5. Secuencia de colocación de los paneles de los muros



**Planta: paneles de los muros
sin escala**

Los separadores serán elementos que se puedan utilizar un gran número de veces, para lograrlo será necesario que se forren de un material plástico de consistencia esponjosa conocido como polipropileno expandido. Con esto se logrará que el concreto de los muros haga menor presión sobre los separadores y poder ser retirados con relativa facilidad después del desmontaje de paneles.

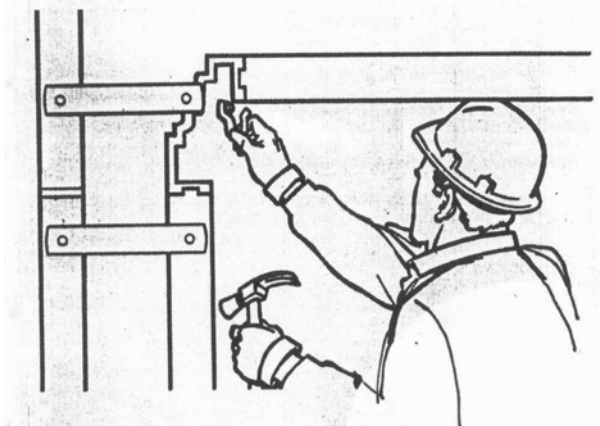
2.2.3 Montaje de los paneles de las losas

Una vez instalados los paneles de los muros, se utilizarán piezas de transición entre los muros y la losa. A estas piezas se les llama cenefas, cuya función es ensamblar los paneles de muros con los paneles de losas. Se tendrá que empezar nuevamente por las esquinas y uniendo las piezas hacia el centro. Será necesario completar la colocación en el perímetro de cada ambiente.

La colocación de paneles de losa tendrá que iniciarse también por las esquinas. Para lograr la fijación se utilizarán pasadores en forma de U, éstos realizarán una acción de engrape entre las cenefas y los paneles de losa. Una vez colocado el primer panel, los siguientes se ensamblarán sencillamente utilizando un pasador en forma de pin y una cuña de fijación. Para estas operaciones, el trabajador no necesitará más que un martillo y los accesorios de fijación correspondientes.

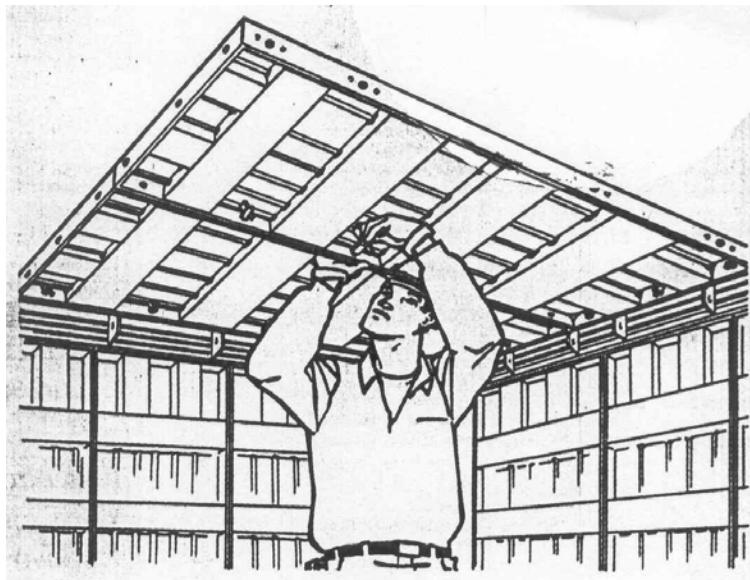
Los pasos de colocación de losas pueden ser resumidos así: colocación de cenefas y esquineros, colocación de paneles de losa, fijación, y por último colocación de faldones perimetrales exteriores. Complementariamente se colocarán los puntales en los centros de las losas. Una ventaja del uso de la formaleta de aluminio es que se utilizarán un mínimo de puntales, ya que el sistema en su mayoría autosoportante. Ver figuras 6 y 7.

Figura 6. Sistema de unión entre los paneles de los muros y las losas



Fuente: Formaletas S.A. **Manual de instalación.** p. 18

Figura 7. Montaje de los paneles de las losas



Fuente: Formaletas S.A. **Manual de instalación.** p. 18

2.2.4 Alineación y plomeo de la formaleta

Para que los muros no sufran deformaciones en su lado mayor paralelo a la base, será necesario alinearlos. Por tratarse de paneles ensamblados uno a uno en cada unión se presentará una articulación, ésta será contrarestada con la colocación de alineadores. Los alineadores serán piezas rígidas de metal colocados a todo lo largo de los muros y con fijación en cada unión de paneles.

Los vanos de puertas deberán ser plomeados y fijados por medio de pines anclados a la base. Con esta operación se logrará evitar que se muevan en el momento de la fundición, y los vanos estarán en buenas condiciones para la instalación posterior de las puertas.

Por último se tendrá que nivelar la formaleta de la losa, esto puede hacerse tomando una altura uniforme con cinta métrica desde la base, utilizando niveles de mano, utilizando nivelación con manguera, y para mayor exactitud se podrá realizar con equipo de topografía o nivel láser.

2.2.5 Desmontaje y limpieza

Al día siguiente de la colocación del concreto el desmontaje deberá realizarse en el orden siguiente, retirar alineadores, retirar pasadores y cuñas de fijación, retiro de paneles de muros. La operación de desmontar paneles de muros se realizará con una herramienta especial proporcionada por el fabricante del equipo. Ésta funciona haciendo palanca apoyándose sobre el panel que está a la par del que se quiere desmontar. El proceso recomendable consistirá en retirar solamente los paneles de muros, trasladarlos y empezar su montaje en la siguiente vivienda que se armará.

Los paneles de losa se retirarán hasta que sean necesarios, con esto se le brindará mayor tiempo de fraguado al concreto de losa y se logrará que éste obtenga la resistencia adecuada.

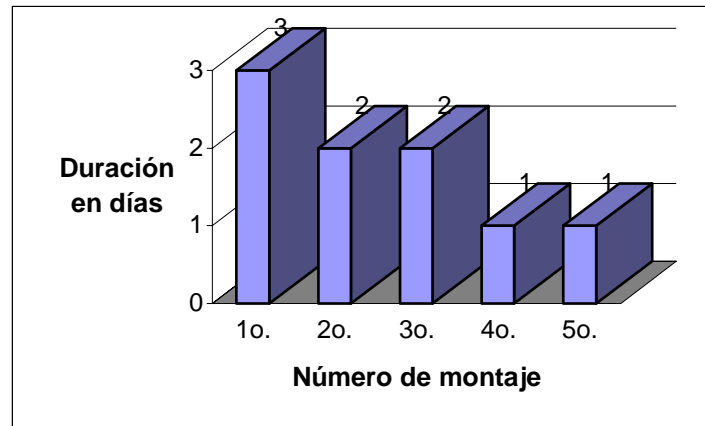
Será importante al retirar los paneles de losa, alternar con la colocación de puntales, así se evitará una posible deflexión en la losa por la temprana edad del concreto.

Antes de colocar nuevamente los paneles en la siguiente vivienda, será necesario realizar una limpieza completa de cualquier excedente de concreto adherido a las superficies de contacto. Esta operación la realizará el trabajador con una espátula, además es importante limpiar los cantos de los paneles para el correcto ensamblaje con los demás. Por último nuevamente se aplicará la película de desmoldante y el panel estará listo para reutilizarlo.

2.3 Adiestramiento del personal

La capacitación del personal tendrá que realizarse por una persona con experiencia en la utilización del equipo. Además, ésta tendrá que realizarse en forma personalizada, es decir que no bastará con explicarle al trabajador la secuencia sino que introducirse al grupo de trabajo y enseñarles uno a uno los diferentes pasos del montaje. Será necesario enseñarles la forma de utilizar la herramienta, la forma de cargar los paneles, la forma de colocar los separadores y la forma de hacer la fijación. Por tratarse de operaciones sencillas y repetitivas, se espera que el aprendizaje sea en un tiempo relativamente corto. Se pretenderá que el personal reduzca sus tiempos de montaje cada vez más hasta llegar a un tiempo medio aceptable el cuál necesariamente tendrá que ser de un día. A este proceso podrá llamársele curva de aprendizaje. Ver figura 8.

Figura 8. Tiempos de aprendizaje del personal, en el montaje de la formaleta de aluminio



2.3.1 Rendimiento del personal

Se realizó una medición de tiempos de ensamblado en condiciones normales a los distintos operadores. Se determinó que el horario óptimo para tener eficiencia en el trabajo es el siguiente:

De 5:00 a.m. a 9:00 a.m. desmontaje de los paneles de la formaleta de los muros, traslado al siguiente punto de montaje, limpieza y ensamblado.

De 9:00 a.m. a 11:00 a.m. desmontaje de los paneles de la formaleta de la losa, traslado al siguiente punto de montaje, limpieza y ensamblado.

De 11:00 a.m. a 12:00 p.m. y de 1:00 p.m. a 1:30 p.m. colocación de la armadura de las losas, instalaciones eléctricas y de plomería, electromallas, bastones, pines, columnas del segundo nivel etc.

De lo anterior se resume que el proceso de armar la formaleta de aluminio de muros y losas durará en promedio seis horas por día. Para poder formar los grupos de trabajo entonces se han observado los siguientes rendimientos por operador. Para segundos niveles el proceso entero se extenderá dos horas más por la dificultad de caminar en andamios.

Colocación de la formaleta de los muros en áreas sin detalles especiales, 16.00 m².

Colocación de la formaleta de los muros en áreas con detalles especiales como ventanas y puertas, 11.50 m².

Colocación de la formaleta de las losas en áreas sin detalles especiales, 6.00 m².

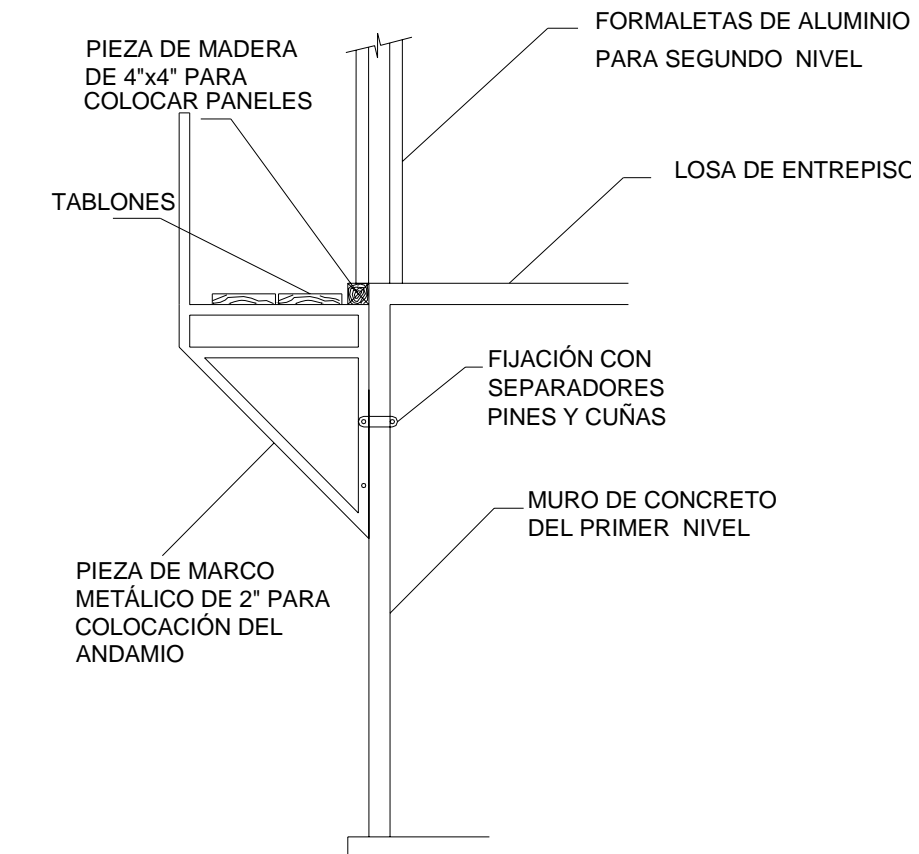
Colocación de la formaleta de las losas en áreas con detalles especiales como dinteles de puertas y ventanas, 4.50 m².

2.4 Colocación de los andamios

Para la colocación de la formaleta del segundo nivel en los muros exteriores, será necesaria la colocación de andamios. Como el proceso de colocación de formaleta y fundición de concreto se tendrá que realizar en un solo día, la colocación de los andamios también deberá ser un proceso ágil y práctico. El equipo incluirá piezas especiales de tal manera que la colocación de los andamios se realice de una forma rápida. Es recomendable que se asigne a un grupo de trabajadores, o a todos si es posible la colocación del equipo para andamio, esta actividad deberá realizarse después de concluir la colocación de la formaleta y un día antes de la colocación del siguiente uso.

Las piezas de andamio se fijarán a las paredes del primer nivel, utilizando los mismos separadores, los cuales atravesarán el muro y se asegurarán con pasadores y cuñas que se utilizan con los paneles. Los muros del primer nivel serán el soporte de los andamios, por lo que no será necesario utilizar puntales. Sobre las piezas metálicas se colocarán tabloncillos de madera para la circulación del personal. Además, será importante amarrar los tabloncillos a las piezas de soporte para evitar que se levanten, y evitar posibles accidentes. Ver figura 9.

Figura 9. Colocación de los andamios



SECCIÓN sin escala

2.5 Cuidados necesarios de la formaleta

Por tratarse de un equipo de material liviano como lo es el aluminio, los cuidados más importantes serán: instalar la formaleta con el procedimiento mencionado anteriormente, utilizar la herramienta adecuada para su instalación y desmontaje que se incluye con el equipo. Para el traslado de cada panel se tendrá que hacer cargándolo y nunca arrastrándolo, no utilizar los paneles como puentes, andamios o tarimas.

Nunca se debe golpear directamente a los paneles para su colocación, para eso se pueden utilizar palancas de madera o pequeñas barretas que se utilizan para hacer que las piezas casen correctamente. Si un panel no se puede remover se buscará que es lo que está reteniéndolo.

Cuando se desmonten los paneles de la losa tendrán que retenerlos entre dos personas si es necesario para no dejarlos caer directamente. En lo que respecta a la limpieza, se utilizará diariamente desencofrante para evitar la adherencia del concreto a la superficie de contacto. La cara exterior de la formaleta se podrá cubrir con una película de combustible Diesel para evitar que las lechadas de concreto en la fundición se adhieran a las uniones de los paneles.

Es importante que el personal cuente con espátulas para remover cualquier residuo de concreto a las superficies, y será necesario lavar la formaleta en su cara exterior cada vez que se está colocando el concreto. Cuando la formaleta se apile será necesario colocarla sobre superficies niveladas para evitar deflexiones en los paneles.

3. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO A UTILIZAR EN LA CONSTRUCCIÓN TOTAL DE VIVIENDAS

El concreto será el material que se utilizará en la construcción de cimientos, muros y losas de las viviendas. Junto a el acero de refuerzo se construirá una estructura monolítica cuyo sistema estructural ha sido definido como tipo caja. El concreto se utilizará masivamente en este tipo de proyectos habitacionales, convirtiéndolo en uno de los materiales más importantes. Por lo tanto, la mezcla a utilizar deberá de tener características especiales de trabajabilidad, fluidez, y resistencia necesarias. Como la propuesta se basa en elaborar el concreto en la obra como método de reducción de costo, será necesario contar con las especificaciones técnicas mínimas aplicables.

3.1 Granulometría

Se conoce así a la graduación de los diferentes tamaños de partículas contenidas en un agregado. Ésta se expresa en porcentajes del material que son retenidos por una serie de tamices especificados por la norma ASTM C-33.

La granulometría afectará directamente la trabajabilidad del concreto e influirá en la segregación, resistencia a la compresión, rendimiento del cemento y costo del concreto.

El ensayo de granulometría de un agregado se representa por medio de una gráfica en la que en el eje vertical se ubicarán los porcentajes acumulados del material que pasan los tamices y en el eje horizontal se colocarán los tamaños del agujero de los tamices utilizados según la norma ASTM C-33.

En esta gráfica se unirán por una curva los diferentes puntos de los resultados a lo que se le denomina curva granulométrica del material. Un material con buena graduación será aquel cuya curva tenga una menor pendiente.

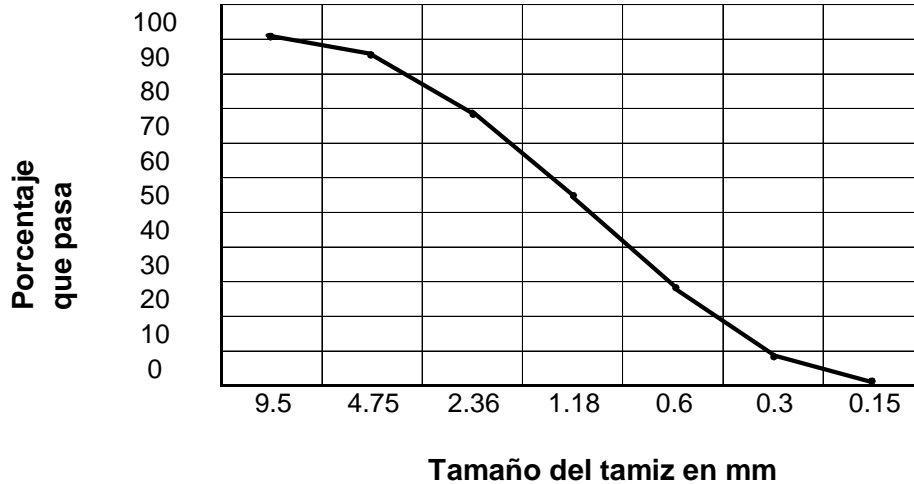
3.1.1 Módulo de finura de la arena

En un ensayo granulométrico de la de arena, éste será el resultado de sumar los porcentajes acumulados retenidos en los tamices y dividir entre 100. Con este valor se podrá hacer la siguiente clasificación de la arena.

módulo de finura	tipo de arena
<1.5	muy fina
1.5 - 2.2	fina
2.2 - 2.9	media
2.9 - 3.2	gruesa

Para las mezclas de concreto a utilizar se usarán arenas con un módulo de finura comprendido entre 2.2 y 3.2 tratando preferiblemente la utilización de arena media. Ver figura 10.

Figura 10. Granulometría de la arena



Tamiz Núm.	3/8	4	8	16	30	50	100
Tamiz mm.	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15
Porcentaje que pasa	100	96.4	79.04	55.64	28.92	8.36	0.2

Fuente: Ing. Civil Erick Rosales. **Servicios unificados de ingeniería.**
Ensayos de agregados para concreto.p.1

3.1.2 Granulometría de la grava

El tamaño de la grava a utilizar se definirá en función a la menor dimensión de la sección de concreto no más de $1/5$ de "d" y no mayor a $3/4$ del espaciamiento entre barras de refuerzo. Como $d = 10$ cm. en muros de concreto, entonces $1/5$ de $d = 2$ cm. La separación entre barras de refuerzo en losas será de 4 cm. entonces $3/4$ de $4 = 3$ cm.

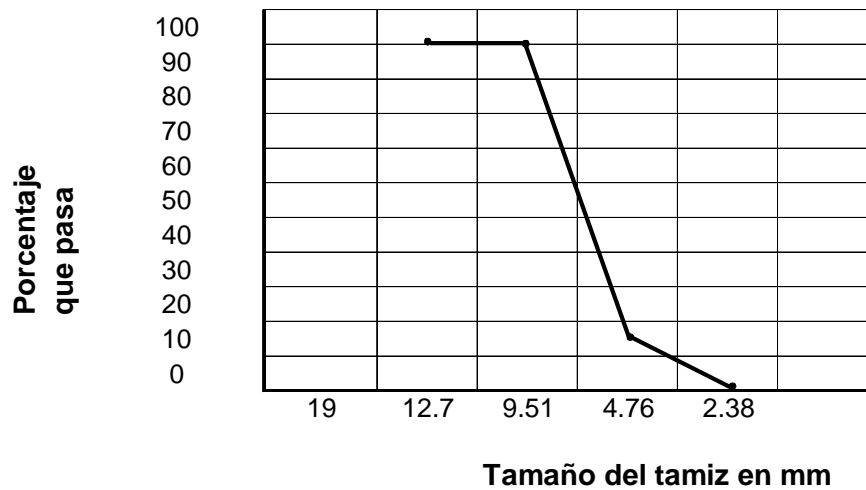
Según estos datos se podrá utilizar en muros un tamaño de agregado grueso máximo de $3/4$ " y en losas de $1\ 1/4$ ". Como en los muros el refuerzo se coloca al centro de la sección de concreto, reduce la sección al 50% por lo tanto el agregado en muros se reducirá al 50 %.

Para las losas queda a criterio del constructor o de la disponibilidad comercial usar agregados de tamaño 1/2", 3/4". La graduación recomendada será finalmente así

Muros de concreto de sección 10 cm., agregado grueso de 3/8"

Losas de peralte 10 cm., agregado grueso de 1/2" ó 3/4". Ver figuras 11 y 12.

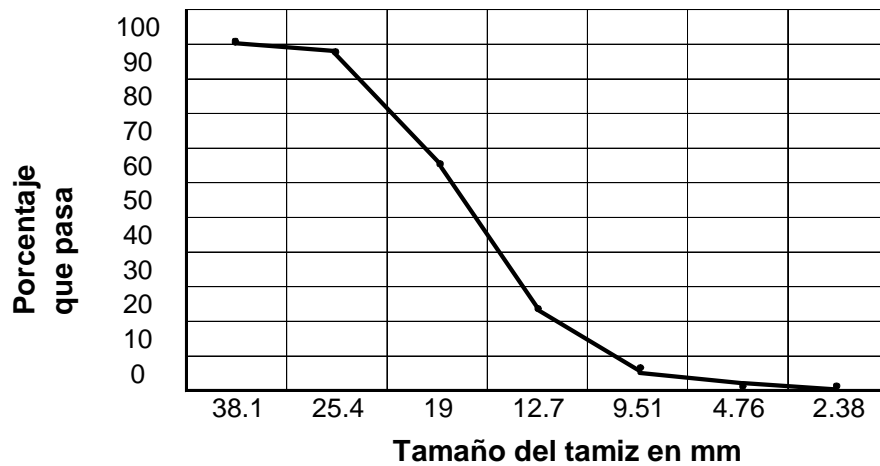
Figura 11. Granulometría del agregado de 3/8"



Tamiz Núm.		3/4	1/2	3/8	4	8
Tamiz mm.		19	12.7	9.51	4.76	2.38
Porcentaje que pasa		100	100	100	16.6	1.7

Fuente: Ing. Civil Erick Rosales. **Servicios unificados de ingeniería.**
Ensayos de agregados para concreto.p.2

Figura 12. Granulometría del agregado de 3/4"



Tamiz Núm.		1 1/2	1	3/4	1/2	3/8	4	8
Tamiz mm.		38.1	25.4	19	12.7	9.51	4.76	2.4
Porcentaje que pasa		100	96.9	63.76	23.5	7.5	0.88	0.1

Fuente: Ing. Civil Erick Rosales. **Servicios unificados de ingeniería.**

Ensayos de agregados para concreto.p.3

3.2 Plasticidad

Esta propiedad determinará la trabajabilidad del concreto así como su cohesión es decir que pueda tenerse menor segregamiento en el momento del colocado. Una mezcla con buena plasticidad será aquella que se pueda colocar en la losa con el planchado necesario, ya que una mezcla pedregosa no brindará un buen acabado o requerirá más tiempo de planchado para lograrlo.

La plasticidad de la mezcla dependerá de la cantidad de agua, y del porcentaje de arena utilizados. La mejor evaluación se tendrá que realizar en obra de forma visual, con el tiempo se tomará experiencia para determinar si una mezcla es pastosa o pedregosa. Una mezcla pastosa será trabajable pero no será económica por lo que se necesitará buscar un punto intermedio. En el mercado existen aditivos que pueden mejorar la plasticidad de la mezcla por lo que su uso deberá evaluarse en función de la trabajabilidad, acabado y costo.

3.3 Fluidez

El concreto a colocar en los muros presentará diferentes dificultades, tendrá que ser de agregado pequeño por la sección del muro y la ubicación del refuerzo. Éste deberá tener buena cantidad de pasta para proporcionar un buen acabado, deberá evitarse la segregación por la altura de colocación de la mezcla pero al mismo tiempo tendrá que ser fluido.

La fluidez es de suma importancia en la mezcla de concreto a colocar en los muros, esta propiedad de la mezcla hará que el concreto llene por si solo todas las partes de la formaleta, para esto será necesario un buen vibrado del mismo. La fluidez hará que la mezcla se desempeñe como un líquido al momento de la colocación.

Todo esto se deberá de realizar sin que la mezcla pierda sus otras propiedades como la cohesión, tiempo de fraguado y resistencia final a la compresión.

Como la resistencia del concreto se determina por su relación agua cemento no se podrá hacer una mezcla fluida utilizando agua. Para este propósito será necesario usar algún aditivo que logre esta propiedad.

Los aditivos a utilizar se conocen en el mercado como fluidificantes o superfluidificantes, cuya función es la de reducción de agua y brindar fluidez a la mezcla. La fluidez del concreto se podrá medir por medio del asentamiento utilizando el cono de Abrams norma ASTM C 143-89. Se ha podido determinar que un asentamiento de 22 cm., brindará buena fluidez para la colocación del concreto de muros.

Será necesario realizar ensayos de los materiales para determinar, granulometría, peso unitario, porcentaje de absorción, etc.

3.4 Diseño de las mezclas

A continuación se presenta el proceso de diseño de mezclas propuestas para este tipo de proyectos, las cuales podrán ser utilizadas o mejoradas según las necesidades propias de cada constructor. Será necesaria la utilización de dos tipos diferentes de mezclas, una para los muros de carga y otra para losas de cimentación, entrepisos y techos.

3.4.1 Especificaciones

Debido al método de mezclado y colocado propuesto (capítulo 4) y la resistencia nominal necesaria se determinan las siguientes especificaciones.

Muros	resistencia a la compresión de 3000 psi a los 28 días resistencia a la compresión a 12 horas de 400 psi. concreto bombeable con asentamiento entre 20 y 22 cm. cemento puzolánico de uso general en la construcción relación agua / cemento= 0.50 a 0.60 porcentaje de arena del agregado total de 46 a 52 % agregado grueso de 3/8" uso de aditivo fluidificante.
-------	---

Losas resistencia a la compresión de 3000 psi., a los 28 días
 resistencia a la compresión a 12 horas de 400 psi.
 concreto bombeable con asentamiento entre 12 y 14 cm.
 cemento puzolánico de uso general en la construcción
 relación agua / cemento= 0.50 a 0.60
 porcentaje de arena del agregado total entre 46 y 52%
 agregado grueso máximo de ¾”
 uso de aditivo fluidificante optativo como reductor de agua.

3.4.2 Características de los materiales

De ensayar los materiales se obtuvieron los siguientes resultados. Ver tabla XXII.

Tabla XXII. Características de los materiales para el diseño de mezclas de concreto

Material	Peso específico	Peso unitario suelto en kg/m3	Porcentaje de absorción	Módulo de finura
cemento	2.98	--	--	--
arena	2.53	1440.80	1.8	2.685
pedrín 3/8”	2.43	1188.4	3	--
pedrín ½”	2.57	1274.4	1.1	--

Fuente: Ing. Civil Erick Rosales. **Servicios unificados de ingeniería**

Ensayos de agregados para concreto.p.1

3.4.3 Diseño de la mezcla para los muros

Resistencia a la compresión para diseño = 3,000 psi., a los 28 días

tamaño máximo del agregado grueso = 3/8"

relación agua / cemento = 0.60

asentamiento inicial = 12 cm. = 4.75"

cantidades teóricas de agua para diferentes asentamientos con agregado 3/8"

10 cm 225 lt/m³

12 cm 231 lt/m³

15 cm. 240 lt/m³

cantidad de agua a utilizar por metro cúbico = 231 lt/m³ = 231 Kg.

cálculo del cemento:

cantidad de cemento = cantidad de agua / relación agua cemento

= 231 kg / 0.60

= 385 Kg.

cálculo de la arena:

módulo de finura de la arena = 2.68, entonces el porcentaje de arena es = 0.46

peso teórico del concreto = 2400 kg/m³

peso de los agregados = peso del concreto – peso del agua – peso del cemento

= 2400-231-385

= 1784 Kg. de agregados

cantidad de arena = 0.46 * 1784

= 820 Kg.

cálculo del piedrín 3/8”:

$$\begin{aligned} \text{cantidad de piedrín} &= \text{peso de los agregados} - \text{peso de la arena} \\ &= 1784 - 820 \\ &= 964 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

sumatoria de pesos:

agua	231 Kg.
cemento	385 Kg.
arena	820 Kg.
piedrín 3/8”	964 Kg.
peso total	2400 Kg.

proporción en pesos en relación al cemento

cemento	$385/385=$	1
arena	$820/385=$	2.13
piedrín 3/8”	$964/385=$	2.50

proporción en peso

cemento:	arena:	piedrín 3/8”
1 :	2.13:	2.50

Proporción en volúmenes

Será necesario calcular la proporción en volúmenes, ya que así se manejará en el proceso de mezclado, para ello se hará la equivalencia utilizando el peso unitario suelto de los materiales. Los recipientes que se utilizarán para cargar las mezcladoras tienen un volumen de 0.017 m³.

cemento = 385 kg / 42.5 kg/saco
= 9.05 sacos

arena = 820 kg / 1440 kg/m³
= 0.569 m³

piedrín 3/8" = 964 kg / 1188.4 kg/m³
= 0.811 m³

proporción volumétrica:

cemento	arena	piedrín 3/8"
9.05 sacos	0.569 m ³	0.811 m ³

proporción a utilizar para cargar las mezcladoras utilizando botes plásticos de 0.017 m³

cemento	arena	piedrín 3/8"	agua
2 sacos	7.40 botes	10.54 botes	51 litros máximo

uso de aditivo fluidificante

para obtener un asentamiento final de 22 cm. con un asentamiento inicial de 12 cm. será necesario utilizar:

550 ml. por cada 100 Kg. de cemento (según especificaciones del fabricante)

cantidad de aditivo = $385/100 * 550$

= 2117.65 ml.

= 2.117 litros equivalente a 0.56 galón por m³

3.4.4 Diseño de la mezcla para los cimientos y las losas

Resistencia a la compresión para diseño = 3,000 psi., a los 28 días

tamaño máximo del agregado grueso = $\frac{3}{4}$ "

relación agua / cemento = 0.60

asentamiento inicial = 14 cm. = 5.5"

cantidades teóricas de agua para diferentes asentamientos con agregado de $\frac{3}{4}$ "

10 cm 200 lt/m³

14 cm 208 lt/m³

15 cm. 210 lt/m³

cantidad de agua a utilizar por metro cúbico = 208 lt/m³ = 208 Kg.

cálculo del cemento:

cantidad de cemento = cantidad de agua / relación agua cemento

= 208 kg / 0.60

= 346 Kg.

cálculo de la arena

módulo de finura de la arena = 2.68 entonces el porcentaje de arena es = 0.46

peso teórico del concreto = 2400 kg/m³

peso de los agregados = peso del concreto – peso del agua – peso del cemento

= 2400-208-346

= 1846 Kg. de agregados

cantidad de arena = 0.46 * 1846

= 849 Kg.

cálculo del piedrín 3/4”:

$$\begin{aligned} \text{cantidad de piedrín} &= \text{peso de los agregados} - \text{peso de la arena} \\ &= 1846 - 849 \\ &= 997 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

sumatoria de pesos

agua	208 Kg.
cemento	346 Kg.
arena	849 Kg.
piedrín 3/4”	997 Kg.
peso total	2400 Kg.

proporción de los pesos en relación al cemento

cemento	$346/346=$	1
arena	$849/346=$	2.45
piedrín 3/4”	$997/346=$	2.88

proporción en peso

cemento	arena	piedrín 3/4”
1	: 2.45:	2.88

Proporción en volúmenes

Será necesario calcular la proporción en volúmenes, ya que así se manejará en el proceso de mezclado, para ello se hará la equivalencia utilizando el peso unitario suelto de los materiales. Los recipientes que se utilizarán para cargar las mezcladoras tienen un volumen de 0.017 m³

cemento = 346 kg / 42.5 kg/saco
= 8.14 sacos

arena = 849 kg / 1440 kg/m³
= 0.589 m³

pedrín 3/4" = 997 kg / 1274.4 kg/m³
= 0.782 m³

proporción volumétrica

cemento	arena	pedrín 3/4"
8.14 sacos	0.589 m ³	0.782 m ³

proporción a utilizar para cargar las mezcladoras utilizando botes plásticos de 0.017 m³

cemento	arena	pedrín 3/4"	agua
2 sacos	8.51 botes	11.30 botes	51 litros máximo

uso de aditivo fluidificante no será necesario.

3.5 Ensayo de la resistencia a diferentes edades

Uno de los objetivos más importantes del estudio y diseño de las mezclas será lograr un concreto de calidad. Es necesario realizar ensayos de resistencia a compresión a diferentes edades y así comparar los diseños con los datos obtenidos de laboratorio y hacer las correcciones correspondientes. Uno de los factores más importantes a controlar será la cantidad de agua a utilizar.

3.5.1 Cantidad de agua de la mezcla

Con base en el diseño que se haya realizado para las mezclas a utilizar, se dosificará el agua en litros establecida. Sin embargo, un factor importante a tomar en cuenta será el porcentaje de humedad de los agregados, es decir en un día donde se presenten lloviznas o lluvia la mezcla requerirá menos agua que en un día soleado o con viento, y variará a la cantidad establecida en diseño.

Por lo tanto será necesario determinar en campo la humedad de los agregados antes de empezar el proceso de mezclado, con esto se garantizará mantener lo más cercana posible la relación agua cemento del diseño original. Según sea la capacidad del proyecto así será el método de determinación de humedad. En el caso de ser difícil realizar ensayos de campo para determinar la humedad de los agregados, se utilizará el método de ensayo y error de la cantidad de agua utilizada. Para esto se realizarán tomas de la muestra en las primeras bachadas y se medirá su asentamiento por medio del cono de Abrams, ya que es una forma sencilla de determinar si se está dentro de los límites esperados de asentamiento o si al contrario la mezcla no tiene la fluidez necesaria. Si se contara con el equipo para determinar las humedades de los materiales en campo se podrá realizar la corrección de la mezcla de la siguiente manera:

$$A = B \left(\frac{1 + \% Hc}{1 + \% Abs} \right)$$

Donde	A	= peso del material a tomar como está en campo
	B	= peso del material seco saturado teórico de diseño
	% Hc	= porcentaje de humedad determinado en campo
	% Abs	= porcentaje de absorción de humedad determinado en laboratorio

Si % Hc es mayor que % Abs, se restará agua a la mezcla

Si % Hc es menor que % Abs, se agregará agua a la mezcla para saturar agregados.

Las cantidades de agua para restar o sumar a la mezcla por cada agregado, serán igual a la diferencia de valores entre A y B expresada en Kg de agua equivalente a litros.

3.5.2 Toma de muestras para ensayo de resistencia

Como complemento del control de calidad, será necesario la toma de muestras de las mezclas para su posterior ensayo de resistencia a diferentes edades. Para este objetivo se fundirán cilindros de concreto por lo que será necesario contar con el equipo respectivo. Como mínimo se llenarán dos cilindros de la mezcla a ensayar y se tomarán de la misma bachada. Esto se realizará posteriormente a que se haya graduado el asentamiento en campo y las condiciones de curado deberán ser similares a las de los elementos estructurales para los cuales fue diseñada.

3.5.3 Resultado de los ensayos de resistencia del concreto a compresión

Con base en el diseño original se realizó una toma de muestras para ensayo de la resistencia a compresión con edades de 16 horas, 7 y 28 días. Se fundieron doce cilindros de 15 centímetros de diámetro y 30 centímetros de altura. Véase tabla XXIII.

Tabla XXIII. Resultados de los ensayos a compresión de los cilindros de concreto a diferentes edades

Resultados					
Núm. de ensayo	Tipo de concreto	Cantidad final de agua utilizada	Edad	Esfuerzo	
				Kg / cm ²	lb / pulg ²
1	muros	32	16 horas	23.1	327.85
2	muros	32	16 horas	23.0	326.45
3	muros	32	7 días	138.7	1968.56
4	muros	32	7 días	141.1	2002.63
5	muros	32	28 días	215.9	3064.26
6	muros	32	28 días	209.37	2971.58
7	losas	35	16 horas	34.6	491.09
8	losas	35	16 horas	32.1	455.61
9	losas	35	7 días	218.8	3105.42
10	losas	35	7 días	213.6	3031.62
11	losas	35	28 días	292.4	4150.03
12	losas	35	28 días	274.6	3897.39

Fuente: Ing. Civil Erick Rosales. **Servicios unificados de ingeniería**

Ensayos de cilindros de concreto. Informe No. 591-4.p.1

3.5.4 Análisis de los resultados

En el ensayo a las 16 horas las muestras de concreto de muros están por debajo de lo esperado, y en el ensayo a 28 días los valores están muy cercanos al valor nominal. Si se observa la gráfica de granulometría del agregado de muros se verá que el 100 % del agregado está por debajo del tamaño de 3/8" y el 83.4 % mayor de 1/4" lo que significa que es un material con mala graduación.

También se puede observar en los ensayos iniciales que el agregado para muros tiene un peso unitario de 1188.4 Kg / m³ y un porcentaje de absorción del 3% lo que lo determina como un material liviano. Los valores obtenidos están cercanos a los nominales pero si se desea mejorar la resistencia será recomendable utilizar un agregado para muros con mejor graduación y mayor peso.

Para el caso de los resultados de concreto de losas, éstos sobrepasan los valores nominales y esperados, se podrá observar que el agregado grueso tiene una mejor graduación y mayor peso unitario. En este caso se podría realizar reducción en la cantidad de cemento pero habrá que tomar en cuenta la trabajabilidad y acabado.

4. PROCESO DE MEZCLADO Y COLOCADO DE CONCRETO EN OBRA

El método de colocación del concreto consiste básicamente en la combinación del trabajo con equipo y del trabajo con personal. El proceso de mezclado en la obra se organizará de tal manera que cada trabajador sea responsable de la correcta realización de una parte del mismo. Se hará conciencia en el personal de la importancia de realizar las actividades de acuerdo a especificaciones que se les brinden en obra, esto con el objetivo de obtener buenos resultados. Aparte de un buen diseño de mezcla, el buen funcionamiento del proceso hará que la mezcla y su colocado llenen las especificaciones requeridas.

4.1 Equipo de mezclado

La elección del equipo de mezclado se realizará con base en su rendimiento, su operación y su consumo de energía.

4.1.1 Mezcladoras

Las mezcladoras que se proponen como una alternativa tienen las siguientes características: Capacidad de carga: esta es de dos sacos, más los agregados respectivos para mezclarlos. Adición del agua: se realiza por medio de tanque adherido a la misma con capacidad para 60 litros.

Suministro de energía: utiliza energía eléctrica a 220 volts. Potencia: motor eléctrico de 7.5 H.P. Velocidad de mezclado: la olla gira con una velocidad de 18 revoluciones por minuto. Consumo de energía: 5.5 kilowats

Funcionamiento: tiene controles manuales para mezclar y descargar, llaves de control de caudal de agua y carga de agregados. El funcionamiento básico de la mezcladora consiste en la carga de materiales que se realiza de forma manual por una, dos o más personas según sea el caso a el cucharón.

A su vez el operador de la máquina puede con un control hidráulico elevar el cucharón y depositar el cemento y agregados en la olla. Posteriormente accionará el control de mezclado y empieza el proceso, al mismo tiempo puede realizar la descarga del agua a la olla por medio de las llaves. El agua puede ser controlada con un medidor de litros que incluye el tanque, el tanque es suministrado por medio de una manguera conectada a la red de agua.

Mientras se realiza la operación de mezclado de los materiales, una nueva carga puede ser colocada en el cucharón, es decir que no se perderá tiempo en esperar la carga de los materiales después de vaciar una bachada de concreto fresco. El tiempo se resumen entonces a mezclar y descargar respectivamente, el control de giro de la olla y la colocación de las aspas interiores harán que no sea necesaria la elevación de la misma ya que ésta se encuentra en una posición horizontal fija, realizando el giro en una dirección el mezclado y con el giro en dirección contraria la descarga.

4.2 Equipo de bombeo

Junto al equipo de mezclado, el equipo de bombeo será la parte medular del proceso, además de mezclar concreto de forma masiva, se necesitará llevarlo al punto exacto de su colocación y en un tiempo relativamente corto. Para este objetivo definitivamente será necesaria una bomba para concreto. La cantidad de casas que se puedan fundir, y el costo que se pueda reducir del concreto será la justificación de la adquisición o alquiler de un equipo de esta naturaleza ya que es de un valor elevado y requerirá de una inversión recuperable a mediano plazo.

4.2.1 Bomba para concreto y accesorios

La bomba y sus accesorios que se proponen tienen las siguientes características

Funcionamiento: cuenta con dos cilindros hidráulicos principales, los cuales se alternan por medio de una válvula de cierre, éstos realizarán la función de empuje a alta presión del concreto que se depositará en una tolva especial. El concreto será bombeado por medio de tuberías de acero las cuales se pueden acoplar por medio de collarines, además se podrán adaptar accesorios tales como codos a noventa y cuarenta y cinco grados o tubería de caucho en las salidas para lograr una buena colocación.

Suministro de energía: será suministrada por medio de un motor estacionario de 65 H.P. de potencia, accionado por combustible Diesel.

Capacidad de bombeo: en este caso se podrá colocar una cantidad de 8 metros cúbicos por hora a una distancia máxima de 300 metros horizontales y una elevación máxima de 200 metros verticales según especificaciones del fabricante. Consumo de combustible: 1 galón por hora.

Operación: cuenta con un tablero de controles de bombeo, bombeo en reversa, reinicio del ciclo de los cilindros y ventilación del motor, además manómetros de medición de presión hidráulica. Podrá ser operada por una sola persona de forma manual o control alámbrico.

Los accesorios necesarios son los tubos fabricados en acero y podrán ser de 4" ó 5" de diámetro, así como los tubos de caucho reforzado de 4" ó 5" de diámetro. La cantidad de accesorios dependerá de la inversión y distancias que se manejen para la colocación.

4.3 Personal necesario

Para lograr un buen suministro de concreto se utilizarán dos mezcladoras y una bomba por lo que será necesario el siguiente personal.

Operador de la bomba: será el responsable del funcionamiento de la misma, suministro de combustible, limpieza, engrase y chequeos necesarios.

Operadores de las mezcladoras: serán responsables del funcionamiento de las mismas, limpieza, engrase y chequeos necesarios.

Cargadores de cemento: cargarán manualmente los sacos de cemento al cucharón, una persona por máquina.

Cargadores de la arena: cargarán manualmente la arena al cucharón por medio de botes plásticos de 5 galones, una persona por máquina.

Cargadores de pedrín: cargarán manualmente el pedrín al cucharón por medio de botes plásticos de 5 galones, una persona por máquina.

Colocadores de concreto: serán responsables de ensamblar y desarmar la tubería necesaria así como su limpieza. Además, colocarán los tubos de caucho en el extremo de vaciado y lo manipularán directamente en el punto de descarga para muros, para losas además de utilizar las tuberías, deberán de distribuir el concreto en toda el área por medio de palas para lograr una capa homogénea.

Operador del vibrador: será responsable de la vibración correcta del concreto en los muros y las losas así como del cuidado del equipo y su limpieza.

Planchadores y colocadores: preferiblemente tendrán que ser albañiles, no se les asignarán operaciones de mezclado y colocado, su función principal será la de planchar el concreto y brindarle un buen acabado. Para este objetivo necesitarán verificar constantemente la colocación de los arrastres y revisar la nivelación de los mismos. Ver tabla XXIV.

Tabla XXIV. Asignación del personal necesario para el mezclado y colocado del concreto

Personal para	Cantidad
operar bomba	1
operar mezcladoras	2
carga de cemento	2
carga de arena	2
carga de pedrín	2
colocación	4
operar vibrador del concreto	1
planchado y acabado del concreto	2

4.4 Equipo liviano

Como complemento del equipo será necesario la utilización de: un vibrador de concreto accionado por gasolina, más un chicote de 20' y cabeza de vibración de 1 ¼" de diámetro. Botes plásticos de 5 galones: necesarios para la carga de agregados y otros usos.

Palas: conformación de los agregados y colocación de concreto. Carretas de mano: transporte de equipo liviano. Mangueras: para el suministro de agua a las mezcladoras y limpieza de equipos.

Equipo de protección del personal: mascarillas, guantes de cuero, botas de hule, capa y casco de seguridad.

4.5 Instalaciones necesarias

Como complemento a los equipos, será necesario tener las instalaciones para el suministro de agua potable y energía eléctrica.

Agua potable: tendrá que ser tomada de la red existente, serán necesarias como mínimo 3 llaves de chorro conectadas con mangueras, la presión que sea la suficiente para llenar los tanques de las mezcladoras. En el caso de no existir red de agua potable, como alternativa se podrán cargar las máquinas manualmente, teniendo el cuidado de utilizar recipientes con los cuales se pueda medir la cantidad de agua en litros.

Energía eléctrica: como primera opción se manejará una acometida provisional suministrada por la EEGSA, ésta deberá ser solicitada para 220 volts. Se colocará un tablero al que se harán las conexiones de las máquinas, Para este objetivo se tendrá que utilizar cable de calibre Núm. 6 x 3 líneas por máquina como mínimo, tendrá que ser de forro especial para protección contra la intemperie y tráfico pesado. El calibre del cable y el flipón necesario se calcularán con base en la carga y la distancia entre el tablero y los equipos, la cuál no deberá ser más de 125 m para evitar caídas de voltaje. Como se presentará la necesidad de trabajar en las primeras horas de la noche también se realizará la instalación de lámparas que brinden la iluminación necesaria para una buena visibilidad y lograr un buen colocado.

4.6 Detalle del proceso

En las secciones anteriores se han detallado las diferentes partes que intervienen en el proceso por separado, ahora se detallará el proceso como la siguiente secuencia, mezclado, bombeado, colocado y acabado.

4.6.1 Mezclado

Es la parte de preparación de la mezcla, para esto será necesario colocar los agregados a utilizar lo más cerca de las mezcladoras, ya que como la carga de las maquinas será de forma manual es importante para reducir el tiempo. Así mismo el cemento se apilará en no más de ocho filas y además una pila por cada mezcladora, preferiblemente al costado de cada una.

El personal se organizara de tal forma que cuando la máquina esté lista para la carga, se puedan colocar en el cucharón el arena, el piedrín y el cemento al mismo tiempo, esta operación durará entre 2 y 2.5 minutos. Al mismo tiempo, los operadores de las mezcladoras estarán vaciando el agua del tanque hacia la olla midiéndola en litros según el diseño y humedad de los materiales, si es mezcla para muros se agregará el aditivo fluidificante al agua previo a mezclar o posteriormente a la mezcla fresca pero este proceso llevará más tiempo de mezclado. El ciclo se completará después del tiempo de mezclado que durará entre 1 y 1.5 minutos con el vaciado de la mezcla a la tolva de la bomba. Se podrá alternar el vaciado de la mezcla de tal forma que las dos máquinas no descarguen el concreto a la bomba al mismo tiempo sino que se una después de la otra, para mantener un buen ritmo de suministro hacia la tolva de la bomba.

4.6.2 Bombeo

El personal de ensamblado colocará la tubería de tal forma que se eviten en lo posible los giros del flujo por medio de codos ya que esto causara pérdidas de energía de empuje de la bomba y también pérdida de pasta por fricción de la mezcla.

Antes de iniciar el proceso será necesario lubricar toda la tubería de conducción, esta operación puede realizarse utilizando una mezcla de cemento arena y agua bastante fluida o también se podrán utilizar productos químicos solubles en agua especialmente formulados para este cometido y que se puede encontrar en el mercado nacional.

Es importante que antes de empezar el proceso de la bomba sean revisados los niveles de aceite del motor, aceite del sistema hidráulico, tanque del combustible, limpieza de filtros de combustible etc. Será necesario hacer el calentamiento necesario del motor por lo menos 10 minutos previo a la aceleración requerida para lograr la presión hidráulica necesaria para el empuje.

Cuando se bombee la primera batchada es recomendable que no se coloque la parte inicial ya que ésta estará mezclada con el material de lubricación por lo que será necesario desecharla y colocar hasta que el concreto llegue uniforme al lugar de colocación. La operación de la bomba definitivamente tendrá que ser realizada por la persona que haya recibido la capacitación necesaria, la cual la proporcionará el distribuidor del equipo. Será importante trabajar con las presiones y aceleración recomendadas por el fabricante.

Durante el proceso de bombeo podrán presentarse obstrucciones de la tubería originado por pequeñas porciones de concreto que puedan haberse endurecido durante los tiempos de espera de mezclado o colocación. En estos casos es importante no forzar la bomba a que libere la obstrucción ya que podría causar alguna ruptura en la tubería o fallas en el sistema hidráulico, para esto será necesario de que el personal de colocación detecte el taponamiento y desensamble el tubo obstruido para su limpieza manual.

Una vez concluido el proceso de colocado del concreto se realizará la limpieza de todos los elementos de la tubería y la tolva de la bomba, es suficiente la utilización de agua y una buena inspección de la válvula y cilindros para evitar que queden residuos de concreto en los mismos.

Finalmente antes de apagar el motor éste se desacelerará y se hará funcionar a bajas revoluciones por lo menos 10 minutos.

4.6.3 Colocación y acabado

Para la colocación del concreto de muro se utilizarán mangueras de caucho del diámetro de la tubería que se utiliza de tal manera que sea fácil llevar la descarga a los puntos donde se necesita. La altura de caída es equivalente a la altura de los muros y debido a la ubicación de los refuerzos de losa es imposible la introducción de la tubería de descarga en los muros, es por eso que a la mezcla se le agregará un aditivo que además de hacerla fluida ayude a evitar la segregación por colocación.

La mezcla podrá colocarse de tal forma que se evite el menor segregamiento haciendo la descarga en un solo punto y que la mezcla llene la mayoría de los muros por corrimiento, así se moverá la descarga solamente cuando sea necesario y evitaremos menos puntos de descarga.

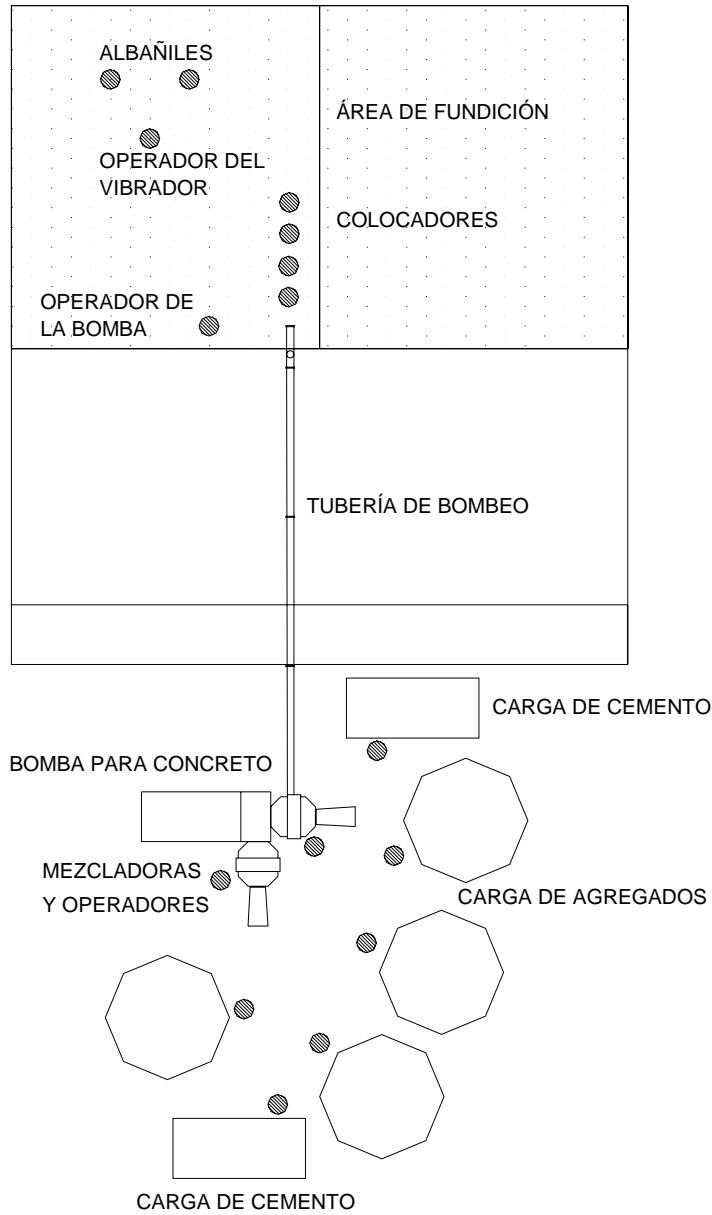
Paralelamente a la colocación se realizará el vibrado de la mezcla por lo que se recomienda utilizar un chicote suficientemente largo para este objetivo y una cabeza de diámetro que se pueda introducir entre el refuerzo del muro y la formaleta.

Es importante que el vibrado sea realizado por la misma persona que haya sido capacitada para este objetivo, se hará la introducción de la cabeza de vibración en la mezcla en tramos horizontales de 30 a 50 cm., se realizará hasta que el muro esté lleno, el chicote se introducirá hasta la parte baja del muro y el tiempo será el que se lleve en introducir y sacar la cabeza de vibración. En las esquinas y donde se encuentre refuerzo como pines, costillas y columnas es necesario tener énfasis en un buen vibrado.

Para la colocación de la mezcla de losa se evitará la formación de volcanes de concreto sobre la formaleta, para esto el personal de colocación deberá de distribuirlo rápidamente utilizando palas. Posteriormente se realizará la vibración formando un cuadrícula de espacios no mayor de 50 cm. será importante vibrar elementos tales como vigas y dinteles. Dependiendo del diseño de mezcla, el planchado se facilitará debido a la trabajabilidad de la mezcla. Se utilizarán tubos de aluminio para nivelar el concreto sobre los arrastres colocados con anterioridad, es importante el buen estado de este elemento ya que hará que pueda nivelarse correctamente el concreto.

Finalmente podrán utilizarse planchas de madera para dar al concreto el acabado necesario, dependerá de la necesidad el acabado que se le brinde a la mezcla, por ejemplo, para la losa de entepiso se necesitará una superficie con alguna rugosidad, y para la losa de techo se necesitará una superficie lisa que ayude a la impermeabilidad del techo. Para el curado de las losas podrán utilizarse productos químicos con aplicación de aspersores o se podrá realizar curado con agua, haciendo un bordillo en el perímetro para que pueda ser inundada. Ver figura 13.

Figura 13. Diagrama del proceso de fundición



PLANTA Sin escala

5. INTEGRACIÓN Y COMPARACIÓN DE COSTOS

Uno de los factores determinantes para optar a montar el proceso de mezclar el concreto en obra para este tipo de proyectos será el costo. Dependerá del financiamiento necesario el poder adquirir los equipos, materiales y mano de obra. La utilización del concreto premezclado dará la ventaja que no se requiere mayor inversión, y más aún si se cuenta con acceso al crédito necesario por parte de la empresa que lo suministre. Con el método que se propone, sí se requiere de inversión inicial pero se espera que sea recuperada por medio de obtener un menor costo y un volumen controlado.

Adicionalmente a esto se podrá agregar que como ventajas también se logrará fundir a la hora que se necesite, y no fundir si no fuese necesario por algún imprevisto. Se puede decir entonces que dependerá de las necesidades del constructor y de la capacidad adquisitiva que se tenga, el poder elegir entre usar concreto premezclado o su fabricación en obra de una forma masiva.

5.1 Costo de equipos

A continuación se determinan los costos de los equipos a utilizar en el proceso de producción de concreto en obra. Ver tablas XV, XVI y XVII.

Todos los costos mencionados a continuación incluyen el impuesto del valor agregado IVA.

Tabla XXV. Costo del equipo de bombeo

Equipo de bombeo	Cantidad	Costo unitario en Q.	Subtotal en Q.
bomba para concreto	1	474,000.00	474,000.00
tubo de acero diámetro 4" ó 5" x 10 pies	15	1,661.21	24,918.18
tubo de acero diámetro 5" x 6 pies	2	1,533.39	3,066.78
tubo de acero diámetro 5" x 3 pies	2	1,389.76	2,779.53
tubo de caucho diámetro 5" x 10 pies	4	10,679.69	42,718.77
acople con empaque para tubería diámetro 5"	30	503.07	15,092.16
codo de 90° diámetro 5"	4	2,611.11	10,444.43
codo de 45° diámetro 5"	4	2,040.97	8,163.86
costo total del equipo de bombeo y colocación			581,150.53

Tabla XXVI. Costo del equipo de mezclado

Equipo de mezclado	Cantidad	Costo unitario Q	Total Q
mezcladora estacionaria motor eléctrico 7.5 HP 220 Volts.	2	60,830.00	121,660.00

Tabla XXVII. Costo del equipo de vibrado

Equipo de vibración de concreto	Cantidad	Costo unitario Q	Subtotal Q
vibrador para concreto	1	8,837.36	8,837.36
chicote para vibrador 20 pies	1	2,965.00	2,965.00
cabeza vibradora diámetro 1 ¼"	1	1,340.00	1,340.00
costo total equipo de vibración			1,3142.36

5.2 Depreciación de los equipos

La depreciación significa una disminución del valor. La mayor parte de los activos que en este caso son los equipos, valen menos a medida que envejecen o se desgastan. Según el Artículo 18 y el inciso d, Artículo 19 de la Ley del Impuesto Sobre la Renta regulan que: la depreciación se calcula anualmente sobre valor de adquisición del bien. Se utilizará para su cálculo el método de la línea recta. Para la maquinaria el porcentaje de depreciación para cálculo será del 20%. Para herramienta el porcentaje de depreciación para cálculo será del 25%

5.3 Valor de rescate de los equipos

Es el valor de los equipos después de ser utilizados por un periodo de tiempo determinado. Para este efecto será necesario el cálculo de la depreciación anual.

De los equipos mencionados anteriormente se calculará solamente los valores de depreciación anual para la bomba de concreto y las mezcladoras, ya que se asumirá que los demás equipos serán utilizados durante toda su vida útil por lo que no se espera valor de rescate de los mismos.

Equipo de bombeo: se aplicará el 20% anual

valor de adquisición =	Q 474,000	
depreciación anual=	Q 474,000 x 0.20=	Q 94,800
valor de rescate 1 año=	Q 474,000 – Q94,800=	Q 379,200
valor de rescate 2 años=	Q 474,000 - (Q 94,800 x 2)=	Q 284,400
valor de rescate 3 años=	Q 474,000 - (Q94,800 x 3)=	Q 189,600
valor de rescate 4 años=	Q 474,000 - (Q94,800 x 4)=	Q 94,800

mezcladora de concreto: se aplicará el 20% anual

valor de adquisición =	Q 60,830	
depreciación anual=	Q 60,830 x 0.20=	Q 12,166
valor de rescate 1 año=	Q 60,830 - Q12,166=	Q 48,664
valor de rescate 2 años=	Q 60,830 - (Q 12,166 x 2)=	Q 36,498
valor de rescate 3 años=	Q 60,830 - (Q 12,166 x 3)=	Q 24,332
valor de rescate 4 años=	Q 60,830 - (Q 12,166 x 4)=	Q 12,166

De lo visto anteriormente se determina que con el porcentaje de depreciación aplicado se obtendría valores de rescate durante los primeros cuatro años después de adquisición de los equipos para efectos contables y de costos.

Sin embargo, la vida útil de los equipos dependerá de la cantidad de horas trabajadas diariamente, de la correcta operación de los mismos, y del mantenimiento respectivo. Para efectos de costos se definirá la vida útil como el tiempo durante el cuál el costo de la suma de las reparaciones no sea mayor al costo de la adquisición de un nuevo equipo y la productividad no tenga una disminución considerable.

5.3.1 Vida útil de los equipos

Para el modelo en estudio se proponen los siguientes periodos de vida útil

equipo de bombeo	5 años
mezcladora de concreto	2 años
vibrador de concreto	2 años
chicote y cabeza vibradora	6 meses
equipo liviano	6 meses

5.4 Costo de los servicios

Para determinar el costo de energía eléctrica de los equipos se utilizarán dos formas: una por cálculo del consumo teórico de kilowatts/hora y la otra con base en las lecturas del contador instalado por la EEGSA para la utilización de la maquinaria que sirve de modelo en el estudio actual.

5.4.1 Método 1

Mezcladoras eléctricas

potencia de motor = 7.5 H.P.

conversión a kilo watts = $7.5 \times 0.74 = 5.5 \text{ Kw}$

Rendimiento de mezcladora = 16 bachadas por hora, tiempo promedio de funcionamiento por bachada= 2 minutos, tiempo total para producir un m³ de concreto = 2 minutos x 4.5 bachadas de 2 sacos = 9 minutos, tiempo para producción de un m³ de concreto= 9 minutos / 60 minutos/hora = 0.15 horas, demanda de energía eléctrica por m³ de concreto= $5.5\text{Kw} \times 0.15\text{h} = 0.825 \text{ kwh/m}^3$, costo de kw h suministrado por EEGSA (generación, transporte, distribución e IVA) = 1.57 Q/kwh, costo de energía eléctrica para producción de un m³ de concreto= $1.57 \text{ Q/kwh} \times 0.825 \text{ kwh/ m}^3 = 1.30 \text{ Q/m}^3$.

5.4.2 Método 2

Se realizaron lecturas de contador con el equipo de mezclado en funcionamiento, comparando con cantidad de m³ fundidos.

Lecturas de contador en Kwh			m3 de concreto mezclados	kwh / m3
inicial	final	diferencia		
194	202	8	23.5	0.34
202	211	7	23.5	0.30
211	225	14	32.5	0.43
275	285	10	29.5	0.34

De lo anterior se puede determinar que el promedio de consumo de 0.37 kwh/ m3, que es menor a lo calculado anteriormente. El costo de energía eléctrica en este caso será. $1.57 \text{ Q/kwh} \times 0.37 \text{ kwh/m}^3 = 0.59 \text{ Q/m}^3$. Para efectos de cálculos se utilizará el valor del método 1.

El costo de agua dependerá del valor de m3 establecido por la empresa que brinde el servicio, para el modelo en estudio será de 1.94 Q/m3.

Los combustibles se costearán de acuerdo al precio del mercado. Los fletes de materiales se integran al precio de los mismos por el volumen de compra, solamente se costearán fletes de acarreo interno con un valor de Q 50.00. Se estimará 4 fletes internos diarios

5.5 Costo de la mano de obra

El costo de mano de obra se calculará con base en el salario de los empleados y al volumen de producción realizada. Como método experimental se propone establecer salario fijo a los trabajadores ya que habrá momentos en los que la producción será muy poca y en otras ocasiones será elevada.

Por ser un trabajo en el cual se requiere mayor esfuerzo del personal se propone brindar a los trabajadores una bonificación incentivo adicional a la de la ley de tal manera que se encuentre un punto de equilibrio entre la producción de los empleados y los salarios que se puedan ofrecer.

A continuación se detalla la propuesta de salarios y bonificaciones por día de trabajo.

Tipo de personal	Salario diario ordinario	Bonificación extra
albañiles	Q 50.00	Q 60.00
operadores equipo	Q 40.00	Q 35.00
personal de mezclado y colocación	Q 40.00	Q 35.00

Con excepción de los albañiles para las demás trabajos se podrá contratar personal no calificado (ayudantes), ya que se les puede capacitar en las diferentes actividades.

Para el operador de la bomba sí se necesitará una capacitación adicional y se seleccionará una persona con mayores aptitudes para su operación.

Adicionalmente a esto se calcularán y sumarán los respectivos porcentajes de prestaciones según la ley, para el presente estudio se estimarán con un factor del 101 % integrados sobre el salario diario.

Salario diario base	
mínimo de ley	Q 40.00
prestación	factor prestación
séptimo	0.1666
aguinaldo	0.0833
bono 14	0.0833
vacaciones	0.0416
indemnización	0.0972
IGSS	0.1467
asuetos	0.0437
bonificación de ley	0.2082
subtotal factor	0.8653

El cálculo se realizó sobre un salario diario, pero se tendrá que calcular la incidencia del factor por cada día o séptimo ya que las prestaciones finales se tendrán que calcular sobre el salario ordinario y éste es igual a la suma del sueldo diario más una sexta parte. Entonces la incidencia por días séptimos es equivalente a $1/6 = 0.1666$ por lo que el factor final de prestaciones será = $0.8653 \times 1.1666 = 1.01$.

5.6 Costo de los materiales

Para el presente estudio se utilizarán los siguientes costos de materiales, que se han estudiado y ensayado con anterioridad.

Material	Costo unitario	Unidad
cemento UGC	Q 35.00	saco
arena	Q 82.00	m3
pedrín de 3/8"	Q 109.00	m3
pedrín de 1/2"	Q 112.00	m3
aditivo fluidificante	Q 60.00	galón

5.7 Integración de los costos

Para realizar los cálculos y la integración de costos se tomarán en cuenta los siguientes aspectos

- El resultado obtenido de la integración variará en el futuro según el incremento en precios de combustibles, lubricantes, materiales, mano de obra, servicios de agua potable y energía eléctrica.
- El cálculo del valor unitario se realizará con base en el volumen mínimo diario de producción esperada y será de 33 m3 de concreto mezclado y colocado.
- Se realizará la integración total con base en el costo unitario de m3 de concreto mezclado y colocado.
- Para determinar la incidencia en el costo final por los equipos, se hará con base en la vida útil esperada.

- El costo de mano de obra se calculará por día de trabajo, posteriormente se calculará el costo por m³ con base en la producción promedio diario esperado. Ver tabla XXVIII.

Tabla XXVIII. Integración de los costos del concreto de los muros y las losas por metro cúbico

Concreto para los muros				
Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
cemento ugc	saco	9,05	Q 35.00	Q 316.75
arena natural lavada	m3	1	Q 82.00	Q 82.00
pedrín de 3/8"	m3	1	Q 109.00	Q 109.00
aditivo fluidificante	galón	0.6	Q 60.00	Q 36.00
costo de los materiales por m3				Q 543.75

Concreto para los cimientos y las losas				
Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
cemento ugc	saco	8.14	Q 35.00	Q 284.90
arena natural lavada	m3	1	Q 82.00	Q 82.00
pedrín de 3/8"	m3	0	Q 109.00	Q -
pedrín de 3/4"	m3	1	Q 112.00	Q 112.00
aditivo fluidificante	galón	0	Q 60.00	Q -
costo de los materiales por m3				Q 478.90

Mano de obra	Tipo	Cantidad	Salario base	Bonificación	Prestaciones	Subtotal
nivelación y planchado	albañil	2	Q 50.00	Q 60.00	Q 50.50	Q 321.00
operador de la bomba	ayudante	1	Q 40.00	Q 35.00	Q 40.40	Q 115.40
operadores de las concretteras	ayudante	2	Q 40.00	Q 35.00	Q 40.40	Q 230.80
operador del vibrador	ayudante	1	Q 40.00	Q 35.00	Q 40.40	Q 115.40
carga de los materiales	ayudante	6	Q 40.00	Q 35.00	Q 40.40	Q 692.40
colocación del concreto	ayudante	4	Q 40.00	Q 35.00	Q 40.40	Q 461.60
total por un día de trabajo						Q 1,936.60
costo por m3 producido (por día = 33 m3)						Q 58.68

Mantenimiento del equipo por mes	Cantidad	Costo unitario	Subtotal	Duración en meses	Costo por mes	Costo por día (24.5)	Costo por m3 (33)
servicio de la bomba para concreto	1	Q 1,000.00	Q 1,000.00	2	Q 500.00	Q 20.41	Q 0.62
servicio preventivo de las mezcladoras	2	Q 1,100.00	Q 2,200.00	2	Q 1,100.00	Q 44.90	Q 1.36
servicio del vibrador	1	Q 300.00	Q 300.00	1	Q 300.00	Q 12.24	Q 0.37
flete interno de los materiales	100	Q 50.00	Q 5,000.00	1	Q 5,000.00	Q 204.08	Q 6.18
costo por m3 producido (por día = 33 m3)							Q 8.53

Agua, energía eléctrica y combustible	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo por m3 (33)
agua	m3	0.25	Q 1.94	Q 0.49
energía eléctrica	kw h	0.825	Q 1.57	Q 1.30
combustible Diesel para bomba	galón	0.125	Q 14.75	Q 1.84
costo por m3 producido (producción por día = 33 m3)				Q 3.62

Resumen de los costos	Concreto para los muros	Concreto para las losas
materiales	Q 543.75	Q 478.90
mano de obra	Q 58.68	Q 58.68
equipo de mezclado y colocación	Q 21.23	Q 21.23
equipo liviano	Q 1.14	Q 1.14
servicios por mes	Q 8.53	Q 8.53
agua,energía eléctrica y combustible	Q 3.62	Q 3.62
iva de la mano de obra	Q 7.04	Q 7.04
costo total por m3 mezclado y colocado	Q 643.99	Q 579.14

Observación
 el costo de los materiales, equipos y servicios incluyen el IVA

5.8 Comparación de los costos

La comparación de costos se realizó con base en los precios actualizados al mes de septiembre 2004. Ver tabla XXIX.

Tabla XXIX. Comparación de los costos del concreto mezclado en obra con el concreto premezclado.

Tipo de concreto	Concreto mezclado y colocado en obra	Concreto premezclado en camión				diferencia
		concreto	bombeo	fludificante	total	
¾" losas	Q 579.15	Q 641.61	Q 142.58	Q 51.00	Q 784.19	Q 205.04
3/8" muros	Q 644.00	Q 665.37	Q 142.58	Q 0.00	Q 858.95	Q 214.95

De los 33 m³ que se producirán como mínimo un 52% será concreto de losas y un 48% será concreto de muros por lo que se calcularán los volúmenes así: muros 33m³ * 0.48 = 16m³, losas 33m³ * 0.52 = 17m³.

La diferencia será 16m³ * Q 214.95 + 17m³ * Q 205.04 = Q 6939.28 promedio por día de fundición como reducción en costo de concreto.

5.9 Factibilidad de inversión con base en el volumen de producción

Se tomará en cuenta el volumen de producción, dependiendo de la cantidad de viviendas que se construirán será factible la inversión en los equipos necesarios. Con la vivienda que se ha tomado como modelo se tendrán los siguientes volúmenes de concreto.

losa de cimentación	6.50 m3
muros del primer nivel	7.50 m3
losa del primer nivel	4.25 m3
muros del segundo nivel	8.50 m3
losa del segundo nivel	6.25 m3
total de concreto	33.00 m3 por vivienda

Total de concreto de ¾" para losas por vivienda = 17 m3.

Total de concreto de 3/8" para muros por vivienda = 16 m3

La diferencia será $16\text{m}^3 * \text{Q } 214.95 + 17\text{m}^3 * \text{Q } 205.04 = \text{Q } 6939.28$ como reducción de costo por vivienda.

Por lo tanto se puede determinar la reducción de costo dependiendo de la cantidad de viviendas a construir. Ver tabla XXX.

Tabla XXX. Reducción del costo por cantidad de viviendas

Cantidad de viviendas	Reducción de costo equivalente
100	Q 693,928.00
200	Q 1,387,856.00
300	Q 2,081,784.00
500	Q 3,469,640.00
750	Q 5,204,460.00
1000	Q 6,939,280.00

El costo acumulado de producción de concreto se calculará así: costo inicial del equipo de mezclado bombeo y colocación = Q 715,985.99.

De las tablas de presupuesto se tiene que el costo del concreto sin tomar en cuenta los equipos de mezclado bombeo y colocación es de Q 622.77 para concreto de muros y Q 557.92 para concreto de losas.

El costo del concreto de una vivienda sin tomar en cuenta el valor de los equipos será $16 \text{ m}^3 * Q 622.77 + 17 \text{ m}^3 * Q 557.92 = Q 19,448.96$.

El costo del concreto de una vivienda usando concreto premezclado en camiones será $16 \text{ m}^3 * Q 858.95 + 17 \text{ m}^3 * Q 784.19 = Q 27,074.19$. Con estos valores se elaboró la tabla XXXI.

Tabla XXXI. Costos acumulados del concreto, por cantidad de casas construidas

Inversión inicial	Costo acumulado del concreto mezclado en obra	costo acumulado del concreto premezclado en camiones
		Q 715,985.99
100 casas	Q 2,660,881.99	Q 2,707,443.00
200 casas	Q 4,605,777.99	Q 5,414,886.00
300 casas	Q 6,550,673.99	Q 8,122,329.00
500 casas	Q 10,440,465.99	Q 13,537,215.00
750 casas	Q 15,302,705.99	Q 20,305,822.50
1000 casas	Q 20,164,945.99	Q 27,074,430.00

La inversión será factible para proyectos de 200 viviendas o más. Con la tabla anterior se elaboró la siguiente gráfica. Ver figura14.

CONCLUSIONES

1. Utilizar un sistema en serie para la construcción de viviendas ayudará a mantener controlados los costos de mano de obra, materiales, herramienta y equipo. Las actividades se dividirán de tal forma que cada grupo de trabajadores se especialice en realizarlas con calidad y rapidez.
2. El uso de formaletas metálicas no requerirá el empleo de personal calificado ya que se puede lograr el adiestramiento de ayudantes para la utilización de las mismas. Se requerirá de herramientas sencillas para su ensamblaje. El transporte de la formaleta al siguiente lugar de montaje se facilitará debido a que cada panel podrá ser cargado por cada trabajador.
3. Se necesitará de albañiles pero en menor número en actividades de acabados, detalles finales como cajas de drenajes, pañuelos de losas, carrileras etc.
4. Con la implementación del equipo adecuado y el volumen suficiente de producción es posible reducir el costo del concreto mezclado y colocado masivamente en obra en comparación del concreto premezclado, manteniendo la misma calidad en acabado y resistencia final a diferentes edades.
5. Con la implementación de las formaletas y producción de concreto en obra se logrará generar mayor cantidad de fuentes de empleo para personal que no tenga conocimiento técnico en la materia, lo que brindará mayor oportunidad a personas que no tienen acceso a otras actividades productivas.

RECOMENDACIONES

1. Para la construcción de viviendas con formaletas metálicas preferiblemente deberán utilizarse las de aluminio con un sistema de unión entre los muros y las losas. Esto facilitará que su ensamblaje se realice en un solo día y durante un periodo relativamente corto de tiempo, debido a que son más livianas y transportables por el personal.
2. Como refuerzo estructural de acero se podrán utilizar las mallas electro soldadas en cimientos, muros y losas, ya que nos ayudarán a reducir tiempo de colocación y reducción de costo de mano de obra en armadura.
3. En lo que respecta al personal que ensamblará la formaleta y producirá el concreto masivamente, podrá establecerse un campamento en obra que facilite al personal empezar a temprana hora el ensamblaje y terminar un poco más tarde las actividades de fundición, el no viajar diariamente facilitará al personal mantener el ritmo de trabajo.
4. Antes de implementar un sistema de mezclado y colocado en obra será necesario evaluar las facilidades de instalaciones tales como agua potable constante, energía eléctrica, suministro de cemento y agregados, y la factibilidad de inversión en los equipos necesarios.
5. Es necesario realizar los ensayos de laboratorio respectivos de los agregados, dando prioridad a los que tengan un mayor peso unitario, menor porcentaje de absorción y una buena graduación.

6. De preferencia se utilizarán agregados de formas redondeadas y no formas lajudas para facilitar el bombeo y colocación. Los agregados redondeados y de buena graduación requerirán de una menor concentración de pasta, agua y cemento.
7. Para el proceso de mezclado y colocado, es necesario utilizar mezcladoras de 2 sacos autocargables esto aumentará el volumen de producción y reducirá el tiempo de colocación del concreto.
8. El personal que operará el equipo deberá recibir el adiestramiento necesario por los proveedores del equipo para que éste pueda ser operado con eficiencia y seguridad.
9. Mantener control de calidad en el mezclado, utilizando siempre recipientes con el mismo volumen para cargar los agregados, medir el agua en litros, hacer pruebas de asentamiento con el cono de Abrams y tomar muestras con cilindros para su posterior ensayo de esfuerzo a compresión.

BIBLIOGRAFÍA

1. BARRAS de acero para hormigón armado. **Norma guatemalteca Obligatoria COGUANOR NGO 36-011**. Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). Publicación de Aceros del Sur S.A. s.e. Guatemala junio de 1984. 8 pp.
2. *ECONOMY Forms Corportion*. **Normas en terreno**. Caracas, Venezuela. s.e. 86 pp.
3. FORMALETAS S.A. **Manual de instalación para el adecuado manejo y cuidado de las formaletas**. Cali, Colombia, s.e. octubre 2,002. 32 pp.
4. **INSTRUCTIVO del laboratorio de materiales de construcción**. Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. s.e. 99 pp.
5. **NORMAS de planificación y construcción para casos proyectados**. División técnica del FHA. Edición revisada y ampliada en 1994. Guatemala. s.e. 179 pp.
6. TORALLA Calderón Fernando Xavier. **Optimización de los recursos en la construcción de vivienda en serie con un modelo real**. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1,999. 85 pp.