



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

**COMPARACIÓN DE CALIDAD ENTRE UNA CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERIA  
VS. CONCRETO REFORZADO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES**

**Diego Juan Carlos Villatoro Morales**

Asesorado por el Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz

Guatemala, junio de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**COMPARACIÓN DE CALIDAD ENTRE UNA CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA VS.  
CONCRETO REFORZADO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**DIEGO JUAN CARLOS VILLATORO MORALES**

ASESORADO POR EL ING. NICOLÁS DE JESÚS GUZMÁN SÁENZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, JUNIO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza
EXAMINADOR	Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz
EXAMINADOR	Ing. Luis Estuardo Saravia Ramírez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

### COMPARACIÓN DE CALIDAD ENTRE UNA CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERIA VS. CONCRETO REFORZADO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,  
con fecha 8 de noviembre 2012

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read 'Diego Juan Carlos Villatoro Morales'.

**Diego Juan Carlos Villatoro Morales**



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,  
 18 de octubre de 2013

Licenciado  
 Manuel María Guillén Salazar  
 Jefe del Departamento de Planeamiento  
 Escuela de Ingeniería Civil  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

Licenciado Guillén

Por este medio hago de su conocimiento que en mi calidad de Asesor, he revisado el trabajo de graduación titulado **COMPARACIÓN DE CALIDAD ENTRE UNA CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA VS. CONCRETO REFORZADO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES**, desarrollado por el estudiante universitario **Diego Juan Carlos Villatoro Morales**.

El trabajo en mención cumple con los requisitos que exige la Facultad, en consecuencia con los objetivos y contenidos en su programación, por lo que recomiendo continuar con los trámites para su aprobación.

Sin otro particular me despido atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Saenz  
 Colegiado 4,540  
 Asesor

**MSc. Nicolás Guzmán**  
 Ingeniería civil y Sanitaria, Col. 4540

**134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua**





**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,  
 24 abril de 2014

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación COMPARACIÓN DE CALIDAD ENTRE UNA CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA VS. CONCRETO REFORZADO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES,, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Diego Juan Carlos Villatoro Morales, quien contó con la asesoría del Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Lic. Manuel María Guillén Salazar  
 Jefe del Departamento de Planeamiento



/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Lic. Manuel María Guillén Salazar, al trabajo de graduación del estudiante Diego Juan Carlos Villatoro Morales, titulado **COMPARACIÓN DE CALIDAD ENTRE UNA CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA VS. CONCRETO REFORZADO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

*Hugo Leonel Montenegro Franco*  
 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, junio 2014.

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 299.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **COMPARACIÓN DE CALIDAD ENTRE UNA CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERIA VS. CONCRETO REFORZADO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES**, presentado por el estudiante universitario **Diego Juan Carlos Villatoro Morales**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, 23 de junio de 2014

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por su gran misericordia y permitirme llegar hasta este punto en mi vida.
- Mi madre** Isabel Morales Escalante, su amor y ejemplo será siempre mi inspiración.
- Mis hijas** Andrea y Melissa Villatoro Vega, por ser el motor que me impulsa día con día.
- Mis hermanos** Andreas y Sabrina Villatoro Morales, por apoyarme en todos los momentos importantes.
- Mi abuelo** Clementino Morales, por su gran ejemplo de responsabilidad, trabajo duro y dedicación a los suyos.
- Mis tíos** Julio Veras, David Morales, Rafael Morales, Ana María Morales, Clementino Morales, por ser una importante influencia en mi vida y mi carrera.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por su gran misericordia y permitirme llegar hasta este punto en mi vida.
- Mi madre** Isabel Morales Escalante, por su amor y ejemplo será siempre mi inspiración.
- Mis hijas** Andrea y Melissa Villatoro Vega, por ser el motor que me impulsa día con día.
- Mis hermanos** Andreas y Sabrina Villatoro Morales, por apoyarme en todos los momentos importantes.
- Mis amigos** Sara Rivera, Osman Santos, Silvia Escobar, Gladys Alvarado, Romeo Tobar, gracias por acompañarme en esta aventura
- Ing. Nicolás Guzmán** Por el apoyo brindado para terminar mi carrera.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. MÉTODO CONSTRUCTIVO DE MAMPOSTERÍA .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Normas y reglamentos utilizados.....	6
1.2.1. Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala, (AGIES).....	6
1.2.2. Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas, (FHA) .....	8
1.3. Generalidades de mampostería .....	13
1.3.1. Definición de mampostería .....	14
1.4. Consideraciones de diseño .....	15
1.4.1. Diseño estructural .....	15
1.4.1.1. Diseño arquitectónico .....	16
1.4.2. Inspección .....	20
1.4.3. Coordinación modular.....	21
1.5. Materiales utilizados .....	21
1.5.1. Bloque .....	22
1.5.2. Agua de mezcla .....	22

1.5.3.	Cemento .....	22
1.5.4.	Cal.....	22
1.5.5.	Arena .....	23
1.5.6.	Aditivos .....	23
1.5.7.	Cemento blanco.....	23
1.6.	Partes de un bloque.....	24
1.6.1.	Utilización .....	25
1.6.2.	Resistencia a la compresión.....	26
1.6.3.	Absorción.....	28
1.7.	Mano de obra empleada.....	29
1.8.	Proceso constructivo .....	30
1.9.	Calidad del sistema constructivo .....	30
1.9.1.	Ventajas del sistema constructivo de mampostería.....	31
1.9.2.	Desventajas del sistema constructivo de mampostería.....	33
2.	MÉTODO CONSTRUCTIVO DE CONCRETO REFORZADO.....	37
2.1.	Antecedentes del concreto reforzado.....	37
2.1.1.	Normas y reglamentos utilizados en el diseño de estructuras de hormigón armado.....	40
2.1.1.1.	AGIES.....	41
2.1.1.2.	FHA .....	42
2.1.2.	Generalidades .....	42
2.2.	Materiales utilizados en el método de concreto reforzado .....	42
2.3.	Mano de obra empleada.....	45
2.4.	Proceso constructivo .....	46
2.4.1.	Preparación del sitio de la obra.....	46

2.4.2.	Preparación de materiales herramienta y maquinaria .....	46
2.4.3.	Apuntalamiento y encofrado.....	47
2.4.3.1.	El encofrado .....	47
2.4.3.2.	Los tableros de madera.....	48
2.4.3.3.	Los encofrados metálicos.....	49
2.4.3.4.	Encofrados plásticos .....	49
2.4.3.5.	Los puntales .....	50
2.4.4.	Colocación del acero de refuerzo interior.....	50
2.4.5.	Colocación de las tuberías y conductos para instalaciones eléctricas e hidrosanitarias .....	51
2.4.6.	Vaciado.....	52
2.4.7.	Curado del concreto .....	53
2.4.8.	Desapuntalamiento y desencofrado .....	54
2.4.9.	Ausencia de condiciones de agresividad .....	54
2.4.10.	Condiciones de agresividad provocadas por acción climática exclusivamente .....	55
2.4.11.	Condiciones de agresividad provocadas por contacto con agua o suelo húmedo, no agresivos ..	55
2.4.12.	Condiciones de agresividad provocadas por contacto con sustancias corrosivas.....	55
2.5.	Calidad del sistema constructivo .....	56
3.	COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE MAMPOSTERÍA Y CONCRETO REFORZADO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES.....	57
3.1.	Conclusiones comparativas.....	59
3.1.1.	Comparación de costo.....	59
3.1.1.1.	Costo de mano de obra.....	59

3.1.1.2.	Costo de materiales .....	60
3.2.	Comparación del proceso constructivos.....	61
3.2.1.	Materiales y herramientas utilizados .....	62
3.2.1.1.	Mampostería.....	63
3.2.1.2.	Concreto armado.....	63
3.2.2.	Tiempo del proceso constructivo.....	63
3.3.	Comparación de la calidad .....	64
3.3.1.	Periodo de vida útil .....	64
3.3.2.	Diseño estructural.....	65
3.3.3.	Propiedades termoacústicas .....	65
4.	RESULTADOS ESPERADOS .....	67
4.1.	Calidad de la construcción.....	67
4.1.1.	Diseño.....	67
4.1.2.	Materiales .....	67
4.2.	Reducción de recursos .....	68
4.2.1.	Financieros .....	68
4.2.2.	Materiales .....	68
4.2.3.	Tiempo .....	69
4.2.4.	Humanos .....	69
4.3.	Resultados de la encuesta .....	69
4.3.1.	Como se realizo.....	69
4.3.2.	A quienes se realizo .....	70
4.3.3.	Resultados.....	70
4.3.4.	Reflexión.....	75
	CONCLUSIONES.....	77
	RECOMENDACIONES .....	79
	BIBLIOGRAFÍA.....	81

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Block trabado .....	17
2.	Block de petaca .....	17
3.	Diferentes tipos de acabados .....	18
4.	Partes de un bloque sólido .....	24
5.	Partes de un bloque con perforaciones.....	25
6.	Bloque de tabiques recortados .....	26
7.	Gráfica de pregunta 1.....	70
8.	Gráfica de pregunta 2.....	71
9.	Gráfica de pregunta 3.....	72
10.	Gráfica de pregunta 4.....	73
11.	Gráfica de pregunta 5.....	74

### TABLAS

I.	Especificaciones de materiales por renglón, requisitos FHA .....	11
II.	Resistencia a los 28 días evaluada sobre el área neta promedio.....	27
III.	Cuadrillas utilizadas en mampostería y en concreto reforzado .....	29
IV.	Ventajas y desventajas de la mamposteria .....	35
V.	Ventajas y desventajas del concreto armado.....	57
VI.	Comparacion entre procesos constructivos.....	62



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Q</b>	Caudal
<b>Ø</b>	Diámetro
<b>f<sup>'</sup>y</b>	Fluencia del acero
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>lb</b>	Libra
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>m</b>	Metro lineal
<b>S</b>	Pendiente
<b>f<sup>'</sup>c</b>	Resistencia a la compresión del concreto



## GLOSARIO

<b>Aditivos</b>	Material añadido en pequeñas cantidades con relación a la masa del cemento, antes o durante la mezcla del mortero, aportando sus propiedades determinadas bien definidas.
<b>Agregados</b>	Materiales pétreos, inertes resultantes de la desintegración natural de las rocas u obtenidos de la trituración de las mismas.
<b>Aparejo</b>	Disposición y trabazón dadas a los materiales empleados en muros y fachadas.
<b>Arista</b>	Segmento de recta que delimita la cara o también conocida como lado.
<b>Cemento hidráulico</b>	Material cementante capaz de endurecer tanto en el aire como en el agua, formando cuerpos cristalinos con la capacidad de aglomerar a otros materiales inertes.
<b>Cemento Portland</b>	Cemento hidráulico producto de la mezcla de silicatos y aluminatos de calcio, producido a través de la pulverización del clinker.

<b>COGUANOR</b>	Comisión Guatemalteca de Normas (Ministerio de Economía).
<b>Estuco</b>	Pasta de grano fino compuesta de cal apagada, que se utiliza para revestir paredes
<b>Hormigón</b>	Material de construcción formado de una mezcla de materiales pétreos y aglomerante llamado cemento.
<b>Mampostería</b>	Sistema constructivo que consiste en colocar unidades de bloques, ladrillos, adobes o piedras, pegadas unas sobre otras para formar paredes.
<b>Material aglomerante</b>	Utilizados para unir o enlazar otros materiales a través de pastas plásticas llamadas morteros y concretos, y tiene la capacidad de ser extendidas y moldeadas convenientemente, para adquirir un estado sólido.
<b>Mortero premezclado</b>	Mortero cuyos componentes han sido predosificados en una planta especializada; sus propiedades dependen de la dosificación fijada. Este puede ser mortero premezclado en seco o mortero premezclado húmedo que está retardado listo para su empleo.
<b>Morteros</b>	Mezcla de uno o varios aglomerantes minerales agregados, agua y a veces adiciones y/o aditivos.

<b>Norma</b>	Regla general que debe seguirse o ajustarse a un proceso, producto o servicio que se repite múltiples veces con idéntico resultado.
<b>Paramento</b>	Cada una de las caras de todo elemento constructivo vertical, como paredes o lienzos de muros.
<b>Portante</b>	Elementos para soportar cargas adicionales a su propio peso, transmitiéndolas a la cimentación.



## RESUMEN

La calidad es uno de los aspectos fundamentales que se busca en todo proyecto de construcción, respecto a viviendas unifamiliares es primordial que la estructura proporcione seguridad, protección de la intemperie, y al mismo tiempo los ambientes generen condiciones adecuadas para los habitantes.

En Guatemala, el sistema constructivo tradicional es el de mampostería, que puede ser de dos tipos: confinado y reforzado. El primero consiste en muros construidos con bloques (block de pómez o ladrillo), pegados con mortero y confinados por medio de elementos de concreto reforzado, y el segundo se fundamenta en la construcción de muros, con piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de portero, reforzadas internamente con barras y alambre de acero.

Actualmente se está implementando el sistema constructivo de concreto reforzado, que tiene como principio la utilización de formaleta metálica, donde previo a la fundición, el acero de refuerzo es colocado y asegurado para que no se mueva mientras se vierte el concreto.

Este sistema proporciona la ventaja de disminuir el tiempo y costo de la construcción frente al sistema de mampostería; en el armado de formaleta para el primer nivel de una vivienda, se hace en una semana, y la fundición del primer nivel se realiza en dos horas aproximadamente, dependiendo el tamaño de la vivienda. Con el sistema de mampostería se hace el levantado del primer nivel aproximadamente en un mes (depende también del tamaño de la vivienda), posterior al levantado de muros se funde la losa intermedia, y esto se

hace, aproximadamente en una semana con todo y el armado de la formaleta. Por lo que en tiempos, el sistema de concreto reforzado es más rápido que el de mampostería.

# OBJETIVOS

## General

Comparar los métodos constructivos de mampostería y concreto reforzado en viviendas unifamiliares.

## Específicos

1. Evaluar la mano de obra y tiempo de proceso constructivo de viviendas unifamiliares, por los métodos de mampostería y concreto reforzado.
2. Comparar los métodos en los aspectos calidad, costo y durabilidad, para que ayude a las empresas constructoras y, a la población en general, a determinar cuál de los dos sistemas es la mejor opción.
3. Determinar cuál de los dos sistemas constructivos es de mayor resistencia estructural y, que mejor se comporta ante la acústica.



## INTRODUCCIÓN

Actualmente, el sistema constructivo de concreto reforzado está ganando más terreno en relación a la construcción de viviendas unifamiliares, frente al sistema tradicional de mampostería, por lo que es necesario evaluar los aspectos de la calidad entre ambos sistemas constructivos, por ejemplo, el tipo de material utilizado, que este sea duradero. La calidad es un factor muy importante que utilizan las empresas constructoras y la población, en la selección del sistema con el que estará construida su vivienda, si no hay calidad de producto, podrán presentarse problemas como: filtraciones de agua, muros rajados, losas agrietadas, entre otros.

Considerando que no se cuenta con un manual, guía o documento para comparar ambos sistemas constructivos, y que el aspecto determinante en la selección del sistema a utilizar es la calidad que ofrezcan, se propone crear un documento con el cual se pueda establecer con cuál se consigue una mejor consistencia en materiales y de mano de obra, asimismo, el resultado del menor tiempo en la realización del proyecto. O bien, que ofrezca a las personas o empresas desarrolladoras una visión más amplia para tomar la decisión final.

En el primer capítulo se describe el método constructivo de mampostería, el cual hace mención de sus normas, especificaciones técnicas y procedimientos para proceder de manera eficiente.

El capítulo dos hace mención del método constructivo del concreto reforzado, los procedimientos adecuados para el mismo, así como sus normas y especificaciones técnicas.

La comparación entre los sistemas constructivos de mampostería y concreto reforzado en viviendas unifamiliares, se presenta en el capítulo tres con el objeto de conocer las ventajas y desventajas de cada uno.

En el capítulo cuatro se presente el proceso constructivo y sus respectivos resultados, con el objeto de demostrar al lector que desee desarrollar un proyecto de vivienda a elegir el más conveniente para satisfacer todas sus necesidades.

Finalizando con las conclusiones a las que se llegó, producto del trabajo realizado, así como las correspondientes recomendaciones a tomar en cuenta por desarrolladores de edificaciones, así como la población en general al momento de tomar decisiones de la mejor opción entre estos dos métodos.

# **1. MÉTODO CONSTRUCTIVO DE MAMPOSTERÍA**

Un método constructivo es un conjunto de normas, materiales, técnicas, herramientas, procedimientos y equipos que son característicos para un tipo de edificación en particular.

La diferencia entre un sistema constructivo y otro, no solo es la forma en que se ven, sino también la manera en que se comportan estructuralmente.

## **1.1. Antecedentes**

Se llama mampostería al sistema tradicional de construcción que consiste en erigir muros y paramentos para diversos fines, mediante la colocación manual de los elementos o los materiales que los componen (denominados mampuestos), que pueden ser: ladrillos, block de pómez, piedras talladas en formas regulares e irregulares, entre otros.

Este sistema permite una reducción en los desperdicios de los materiales grandes empleados y genera fachadas portantes; es apta para construcciones en alturas, la mayor parte de la construcción es estructural.

A la unión y amarre dados a los materiales empleados en los muros se llama aparejo.

En la actualidad, para unir las piezas se utiliza, generalmente una argamasa o mortero de cemento y arena con la adición de una cantidad conveniente de agua. Antiguamente se utilizaba también el barro, al cual se le añadían otros elementos naturales como paja, y en algunas zonas rurales excrementos de vaca y caballo.

En algunos tipos de muro es conveniente construirlo sin utilizar mortero, a este se le denomina muros secos o de cuerda seca, típico en muros de construcciones rurales tradicionales.

Cuando el elemento que conforma el muro es un sillar, a la fábrica resultante se le denomina sillería a hueso, en la que los sillares se colocan en seco sin material que se interponga entre ellos.

Cuando el elemento que conforma el muro es un mampuesto, a la fábrica se le denomina mampostería en seco, en esta se colocan los mampuestos sin mortero de unión y los elementos son acuñados con ripio. Los tipos de mampostería son los siguientes:

- Mampostería en seco

En este tipo de mampostería no utilizan ningún mortero. Hay que escoger los mampuestos uno a uno para que el conjunto tenga estabilidad. Se emplean piedras pequeñas, llamadas ripios, para acuñar los mampuestos y rellenar los huecos entre estos.

- Mampostería ordinaria

Se ejecuta con un mortero de cal o cemento. Las piedras deben adaptarse unas a otras lo más posible, para dejar el menor porcentaje de huecos relleno de mortero.

- Mampostería careada

Es la fábrica de mampostería, cuyos mampuestos se han labrado únicamente en la cara destinada a formar la fachada o exterior. Los mampuestos no tienen formas ni dimensiones determinadas. En el interior de los muros pueden emplearse ripios, pero no en el paramento visto.

- Mampostería concertada

Fábrica de mampostería cuyos mampuestos tienen sus caras de junta y de paramento labradas en formas poligonales, más o menos regulares, para que el asiento de los mampuestos se realice sobre caras sensiblemente planas.

No se admite el empleo de ripios y los mampuestos del paramento exterior deben prepararse de modo que, las caras visibles tengan forma poligonal y rellenan el hueco que dejan los mampuestos contiguos. Debe evitarse la concurrencia de cuatro aristas o caras de mampuestos en un mismo vértice.

Cuando la fábrica sea de un espesor mayor que el de los mampuestos, se procederá a asentar primero los mampuestos de los paramentos vistos, colocándose después los principales mampuestos del relleno, acuñados con ripios si fuera necesario. De trecho en trecho se unirán los dos paramentos con llaves tan largos como sea preciso para dar trabazón al conjunto. Si el espesor

fuera tan grande que no pudiese abarcar con una sola llave se colocan dos o más, alternadas, que alcancen más de la mitad de espesor y, si fuera preciso, se unirían por sus colas con abrazaderas metálicas.

Si en una mampostería concertada se forman hiladas horizontales, las líneas de juntas verticales deben ser alternadas y nunca mediará entre la junta de dos hiladas contiguas menos de 20 centímetros.

Uno de los métodos constructivos más utilizados en Guatemala en viviendas unifamiliares es el de mampostería, que ofrece la ventaja de tener muros resistentes a compresión y corte con altas propiedades sismo resistentes.

El método de construcción de concreto reforzado tiene la ventaja de reducir el tiempo de construcción, con ello el costo total de la obra, pero la desventaja de tener muros de menor espesor que presentan baja resistencia a los esfuerzos mecánicos y, además presenta pocas propiedades termo-acústicas, es decir, que los ambientes interiores se ven afectados bruscamente por los cambios de temperatura y el ruido externo, esto se debe a que su grosor es menor que al del método de la mampostería, en lugares de vientos muy pronunciados y fríos, puede penetrar con mayor facilidad.

Actualmente, algunas empresas del área de la construcción están sustituyendo el método tradicional de mampostería por el de concreto reforzado en viviendas unifamiliares, esta es una de las razones fundamentales y necesaria de hacer una comparación entre ambos métodos constructivos, con la finalidad de orientar a las constructoras y personas individuales que se dedican a la construcción, a tomar la mejor decisión del método que mejor les convenga y que se adapte a sus necesidades.

La mampostería está compuesta por unidades de ladrillo y/o bloques, los cuales son colocados y pegados con mortero (hecho con proporciones 3:2:1 de cemento, piedrín y agua, respectivamente).

El costo del metro de levantado de mampostería, sin acabados varía entre Q.300,00 y Q.350,00 y con acabados de Q.400,00 en adelante, según sea el acabado.

El tiempo aproximado de levantado por metro cuadrado con el sistema de mampostería es de:

- Mampostería de ladrillo

Tiempos para mampostería en elevación 2 horas por metro cuadrado ( $m^2$ ), (incluye la pega con mortero).

- Mampostería de hormigón

Tiempos para mampostería en elevación 1,20 horas por metro cuadrado ( $m^2$ ), (1 bloque de 0,10x0,20x0,40 metro), incluye el mortero. Tiempo a adicionar por metro cubico ( $m^3$ ), si el bloque es de 0,20x0,20x0,40m) tiempo a sumar, 0,50 horas por hombre o bien 2,10 por metro cuadrado ( $m^2$ ).

El concreto reforzado está compuesto por cemento, agregados, agua y acero de refuerzo (varillas de acero).

El costo del metro cúbico de concreto reforzado sin acabados, que incluye el concreto, los refuerzos y la mano de obra varía entre Q.4 200,00 y Q.4 500,00 y con acabados de Q.4 750,00 en adelante según sea el acabado.

El tiempo aproximado de levantado por metro cubico, ( $m^3$  por ser volumen de concreto) después del armado de las formaletas (varía entre 3 a 4 horas, dependiendo de la cantidad de personas que lo armen) la fundición es rápida, un metro cuadrado ( $m^2$ ), puede fundirse en menos de dos minutos.

## **1.2. Normas y reglamentos utilizados**

Las normas son ciertas reglas que se aplican para algunas ramas de la construcción, existen básicas de tránsito y civiles, entre otras. A continuación se mencionan las más utilizadas en Guatemala para la construcción

### **1.2.1. Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la república de Guatemala (AGIES)**

Por medio del Acuerdo Ministerial 1686-2007 el Ministerio de Comunicaciones e infraestructura (MICIVI), adoptó entre otras, las normas técnicas de diseño y construcción elaboradas por AGIES, estableciéndose que estas deben actualizarse, por lo menos cada 5 años.

Existe interés en que las normas de construcción sean adoptadas por las municipalidades del país y, que sea de aplicación en Guatemala, como normas de gobierno.

Las normas en la primera etapa son:

- NSE 1: contiene las directrices para la administración de las normas y supervisión.
- NSE 2: se refiere a la determinación de las cargas de diseño.
- NSE 3: determina los métodos y criterios generales de diseño.
- NSE 4: para las viviendas de 1 o 2 niveles y construcciones menores.
- NSE 5: para obras de infraestructura y especiales.
- NSE 6: parcialmente, las normas para las evaluaciones de estructuras rápida y detalladas.
- NSE7: para el diseño de muros construidos con piezas prismáticas de piedra artificial, celdas, o maciza unidas con mortero aglutinante y reforzados con barras de acero.

Estas normas son técnicas y diseñadas para ser utilizadas por ingenieros estructurales, diseñadores y constructores de edificaciones y obras, y son la elaboración de guías de utilización de las normas para facilitar la comprensión.

La Norma NSE 1 se ha incluido los últimos datos de amenaza sísmica obtenidos por el proyecto RESIS II, los que sirvieron como base para la elaboración de los mapas sísmicos y los nuevos espectros de diseño sísmico a utilizarse, Se han incluido las normas para las cargas de viento y otros tipos de carga que no estaban desarrollados anteriormente, Los requerimientos geotécnicos, clasificación de suelos y efectos de sitio se han redefinido, utilizando las nomenclaturas actuales.

Para las normas específicas de materiales y sistemas constructivos de la serie NSE 7 debe seguirse lo siguiente:

NSE 7.1 concreto reforzado: la Norma actual NR 7 queda sin efecto. AGIES adoptará las Normas en ACI 318S-08: Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural, basándose del American Concrete Institute (ACI), pero está elaborando el documento con las excepciones y la guía de utilización. Mientras estos documentos no sean publicados, todavía por AGIES, deberá seguirse lo indicado por ACI 318S-08.

NSE 7.2- Concreto

### **1.2.2. Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas (FHA)**

Es una agencia federal establecida para mejorar los estándares y condiciones de vivienda.

El capítulo VI del Reglamento del FHA establece lo siguiente:

- Requisitos mínimos de inmueble:
  - Artículo 34

Para los fines del FHA, las viviendas tendrán que construirse en terrenos de buena calidad, con fáciles vías de comunicación, calles y aceras terminadas, instalaciones de energía eléctrica, agua y drenajes, de acuerdo con los requerimientos del FHA y de las leyes y disposiciones sobre urbanización.

Para las viviendas construidas o proyectadas en lotificaciones existentes antes de la fecha de la ley del FHA, este considerará las condiciones prevalecientes y decidirá lo pertinente.

- Artículo 35

Las construcciones proyectadas deben presentarse con la información siguiente:

- Planos de localización del terreno y de la construcción, elevaciones, planta, cimientos, cortes seccionales, carpintería, instalaciones eléctricas y sanitarias, en las escalas y con los detalles que determine el FHA.
- Descripción de materiales.
- Presupuesto detallado de la obra.
- Las demás formas y anexos que requiera el FHA.

- Artículo 36

El área construida dedicada a usos no residenciales no deberá exceder del 25 por ciento de la misma, a fin de mejorar las condiciones de habitación de los inmuebles y que se construyan viviendas diseñadas convenientemente al uso residencial.

- Artículo 37

Las viviendas deberán constar de los siguientes servicios y facilidades:

- Suministro adecuado de agua potable.
- Facilidades sanitarias y un sistema seguro de desagüe de aguas negras llovidas.
- Instalaciones eléctricas suficientes para una buena iluminación y para el equipo que se use en la vivienda.

- Artículo 38

Para la calificación de las construcciones se tomarán en cuenta los factores siguientes:

- Calidad estética
- Calidad funcional
- Condiciones de luz y ventilación naturales
- Calidad estructural
- Resistencia al uso y a los elementos
- Suficiencia de servicios

El FHA tiene formularios y son requisitos para poder aplicar a una hipoteca para vivienda, donde se describen todos y cada uno de los materiales a utilizar en el proyecto.

Esta identidad acepta viviendas construidas con block, con concreto reforzado, y/o con ladrillo, siempre y cuando la planificación de la vivienda reúna todos y cada uno de los requisitos establecidos en la Ley y Reglamento del FHA.

En este documento se deben especificar el tipo de materiales en cada renglón: clase, tipo, nombre, calidad, etc.

En la tabla I se detallan las especificaciones de materiales por renglón, según se solicitan en el Reglamento del FHA:

Tabla I. **Especificaciones de materiales por renglón, requisitos FHA**

<b>No.</b>	<b>Renglón</b>	<b>Especificación</b>
1	Excavación	Tipo de terreno y carga que admite el terreno en Kg/cm <sup>2</sup>
2	Cimientos	Especificaciones (f'c, fy)
3	Muros	Especificaciones (Resist. mampostería, f'c)
4	Tabiques	Especificación según la descripción
5	Entrepisos y techos	Especificaciones (f'c, fy) aislante (mezclón) impermeabilizante
6	Drenajes aguas negras	Especificaciones (psi, f'c)
7	Drenajes aguas pluviales	Especificaciones (psi, f'c)
8	Fosa séptica	Especificaciones (capacidad)
9	Pozo de absorción	Especificaciones (material)
10	Red agua fría	Especificaciones (psi)
11	Pisos	Asentados con sobre base de zócalo
12	Incluidos	Especificación
13	Pintura	Especificaciones (color)
14	Puertas	Chapas tipo
15	Ventanas	Especificaciones (tipo de ventanas)

Continuación de la tabla I.

16	Instalación eléctrica	Ductos, conductores, calibre de conductores, tomacorrientes, interruptores plafoneras, tableros, timbre (No. de circuitos y marca)
17	Artefactos sanitarios	Mezcladora para baños, lavatrastos, mezcladora para lavatrastos
18	Pila	Especificación (material y volumen)
19	Closets	Especificación (tamaño y material)
20	Gabinetes	Especificación (dimensiones)
21	Módulos de gradas	Especificaciones acabado huella y contrahuella
22	Garaje	Cimientos muros y estructura techos pisos puertas
23	Pavimentos	Aceras carrileras patios
24	Muros perimetrales	Especificación (materiales)
25	Jardines	Especificación (descriptiva)

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, los requisitos del FHA apuntan directamente a la descripción detallada de todos y cada uno de los materiales utilizados en la construcción de la vivienda; si este no cumple con todos los requisitos, la solicitud es rechazada.

### **1.3. Generalidades de mampostería**

Existe una necesidad de contar con una guía clara sobre la manera correcta de construir e inspeccionar mamposterías estructurales y no estructurales, para que sirva de material de formación y de consulta.

Dado que la mampostería, como sistema constructivo, aporta funciones de resistencia y distribución de carga, divisoria y también aporta inmensas ventajas en los acabados, debido a que sus materiales poseen características particulares que los diferencian de otros materiales que se utilizan para elaborar otras tipo de mamposterías estructurales y no estructurales, es necesario que la persona que construya tenga claridad sobre dichas propiedades de los procesos que se deben seguir.

Lo anterior se menciona puesto que, dada la escasez de capacitación sobre algunos temas de la construcción, y la mayor velocidad exigida a la construcción de proyectos, es frecuente que se incurra en imprecisiones o se omitan detalles y controles que, aunque no ponen en peligro la estructura de mampostería, sí determinan su calidad y generan perjuicios para el usuario. Esto ha sido causa, en muchas ocasiones, de pérdida de imagen del sistema; pero la realidad es que, con el debido estudio y cuidado, dichos problemas se pueden evitar.

### **1.3.1. Definición de mampostería**

Sistema tradicional de construcción que consiste en erigir muros y paramentos mediante la colocación manual de los materiales que, por lo general son: ladrillo, block de cemento prefabricado, piedra tallada, cuyas dimensiones son pequeñas comparadas con las del elemento que se va a construir y cuyo peso y tamaño depende del sistema de manejo que se vaya a emplear (manual, equipo mecánico, equipo motorizado, entre otros.).

Según el tipo de junta, la mampostería puede ser: al tope, cuando no tiene ningún elemento de unión en las juntas entre las unidades; y pegada, cuando existe una capa de mortero en las superficies o puntos de contacto entre las unidades, o sea en las juntas.

La mampostería puede ser estructural, cuando los muros que conforma deben soportar tanto su propio peso, como las cargas horizontales y verticales actuantes sobre sus planos; y no estructural, cuando los muros deben soportar tan solo su propio peso y servir como división (partición) entre dos espacios. La mampostería estructural, también sirve como divisoria.

Ambos tipos de mampostería de concreto se pueden elaborar con unidades perforadas verticalmente (bloques) o macizas (ladrillos). Los principios de fabricación, calidad, construcción y desempeño, aplican de igual manera para ambos. En el presente documento, las unidades de mampostería a las que se hace referencia, a no ser que se indique lo contrario, serán unidades perforadas verticalmente (bloques) de concreto.

En las últimas décadas se ha desarrollado el concepto de mampostería arquitectónica, o sea la elaborada con unidades con acabados arquitectónicos, independientemente de su función estructural.

Dichos acabados son las superficies diferentes a la moldeada plana, como las esgrafiadas, ranuradas, estriadas, partidas, cortadas, pulidas o recubiertas. Estos acabados o superficies pueden tener tanto en ladrillos como en bloques o chapas.

#### **1.4. Consideraciones de diseño**

Son aquellos criterios que se deben tomar en cuenta con el propósito de lograr un buen diseño estructural y arquitectónico.

##### **1.4.1. Diseño estructural**

Un buen diseño de mampostería de concreto se fundamenta en la coordinación entre el diseño estructural y el arquitectónico, para lo cual se formulan las siguientes consideraciones:

- Seleccionar, desde la concepción de los diseños, el tipo (dimensiones) de las unidades a utilizar, para poder modular los muros según su longitud, espesor y altura.
- Hacer coincidir los ejes arquitectónicos con los estructurales, evitando el manejo de ejes múltiples, para mayor facilidad constructiva y seguridad estructural.

- Diseñar y dibujar completa en planta la primera hilada de los muros, con el fin de establecer las cantidades y características de las unidades que se van a utilizar en la obra y poder ofrecer una guía precisa para su construcción.
- Dibujar la alzada de los muros con el fin de verificar la modulación de las unidades a las necesidades de las alturas de puertas y ventanas, total del piso y las dimensiones de los vanos.
- Demarcar en los planos las celdas que van a llevar refuerzo, las que se van a inyectar con mortero y las que tienen ductos para instalaciones, para tener toda la información al alcance de todos los que participan en la construcción y así poder evitar errores.

#### **1.4.1.1. Diseño arquitectónico**

La mampostería de concreto brinda una gran ventaja a la construcción de edificios dada la posibilidad de obtener excelentes acabados de los muros exteriores e interiores, conservando la función estructural del muro y sin tener que recurrir al uso de materiales de revestimiento.

- La colocación de unidades según diferentes aparejos: trabado, de petaca que puede observarse en la figura 1.

Figura 1. **Block trabado**



Fuente: biblioteca propia del Programa AutoCAD, 2010.

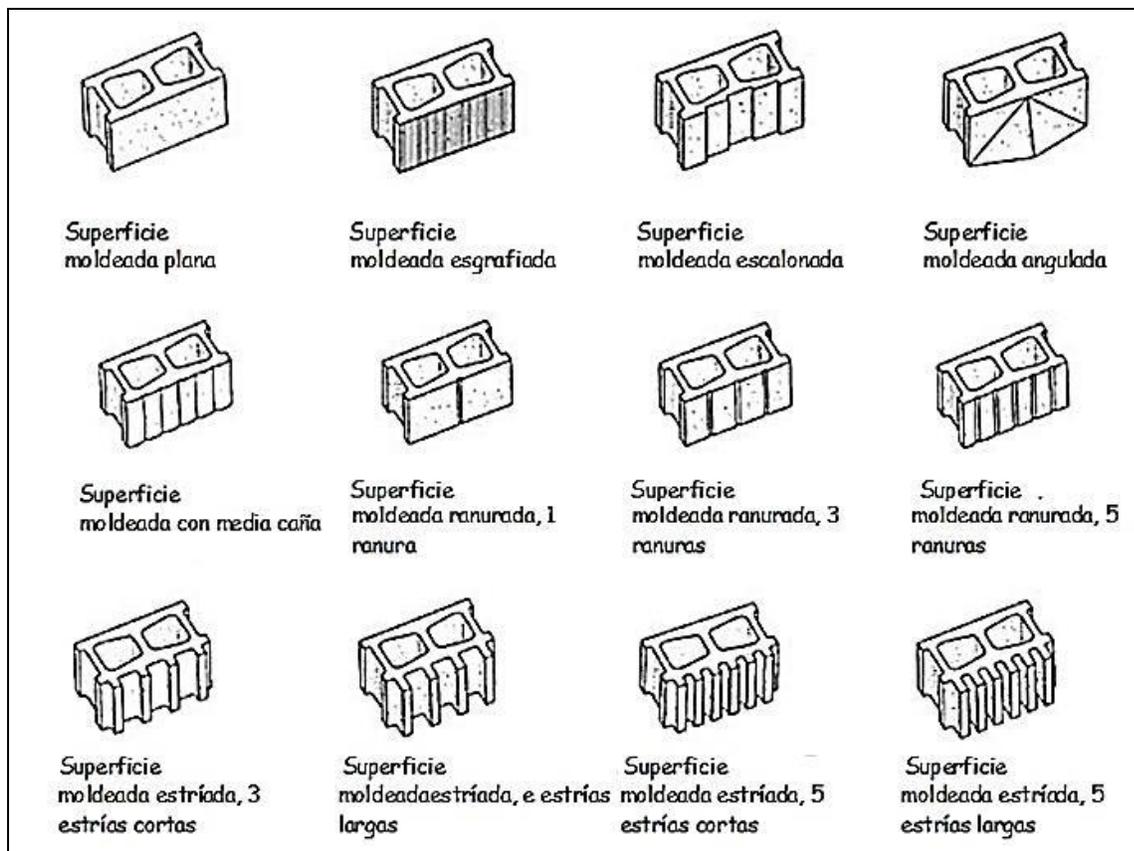
Figura 2. **Block de petaca**



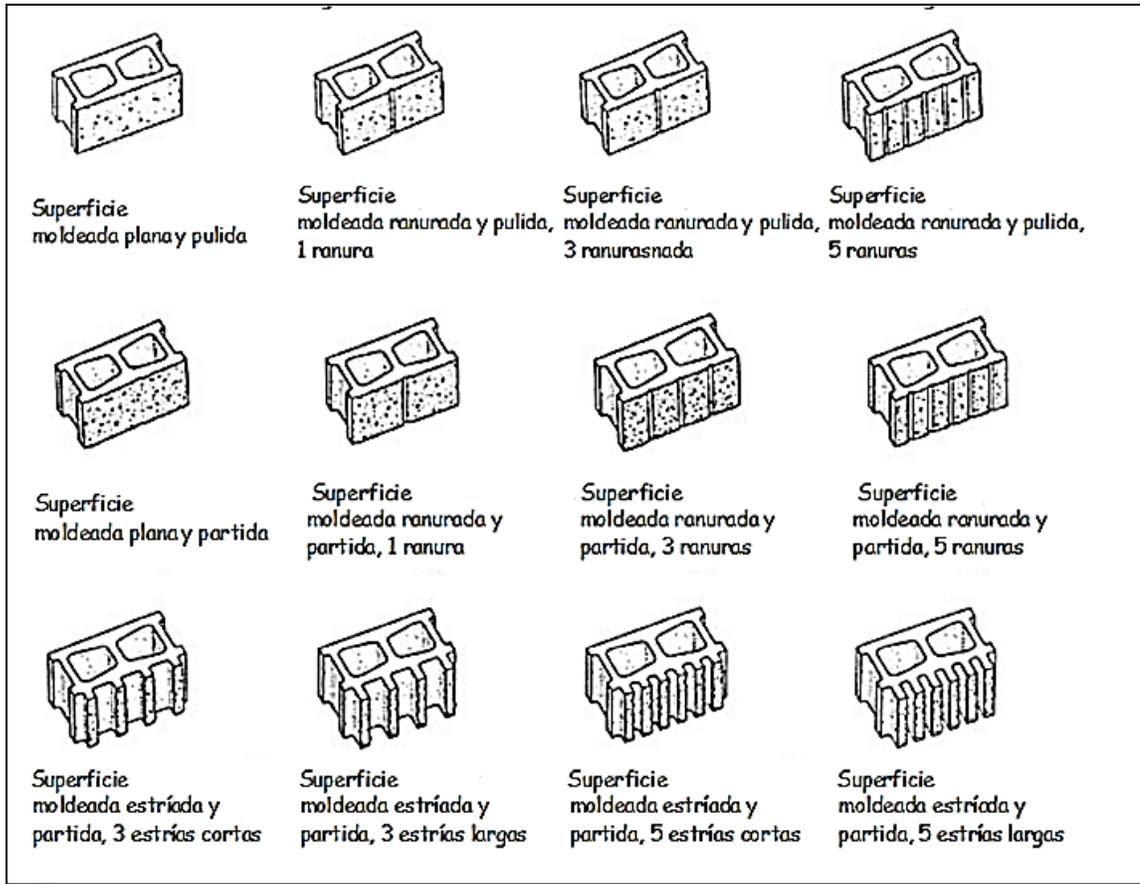
Fuente: biblioteca propia del Programa AutoCAD, 2010.

- El uso de unidades con diferentes acabados, estándar o arquitectónico, lo que le brinda un universo de combinaciones de texturas y colores. Dentro de los acabados se pueden tener texturas lisas, abiertas o cerradas, obtenidas mediante diferentes dosificaciones y grados de compactación del concreto de las unidades; y texturas ásperas, obtenidas, generalmente por partido. las texturas abiertas o ásperas, también facilitan la adherencia del revoque, estuco, pintura u otros recubrimientos. Ver figura 3.

Figura 3. **Diferentes tipos de acabados**



Continuación de la figura 3.



Fuente: Imágenes de buscador Google: [santafe-art.com/.../MANUAL%20ICPC%20-%20MAMPOSTERIA.pdf](http://santafe-art.com/.../MANUAL%20ICPC%20-%20MAMPOSTERIA.pdf). Consulta: mayo de 2013.

La amplia utilización de la mampostería parte, principalmente de las ventajas que posee con respecto a otros materiales para la construcción de muros, que se traducen en facilidad de empleo tanto para soluciones constructivas simples (particiones y aplicaciones menores), como para las estructurales (edificios de baja y gran altura, muros de contención entre otros).

### **1.4.2. Inspección**

Una buena obra de mampostería de concreto se debe diseñar y construir bien. Para ello es fundamental tener un alto grado de inspección, con los controles necesarios para garantizar la calidad de los aspectos más importantes de dicho proceso. Por lo anterior es necesario que exista una supervisión profesional e independiente de la empresa y del personal de la construcción, la cual debe efectuar un seguimiento ordenado y escrito de los parámetros y los procesos constructivos, con el fin de evitar que se presenten problemas durante la ejecución de etapas posteriores.

Entre los parámetros y procesos a supervisar se destacan los siguientes:

- Recepción, almacenamiento, manejo y calidad de las unidades (bloques y ladrillos).
- Elaboración o recepción, almacenamiento, distribución, colocación y calidad de los morteros de pega y de inyección.
- Recepción, almacenamiento, corte, figurado, colocación y calidad del refuerzo, con énfasis es la disposición del esfuerzo vertical en las celdas.
- Tolerancias dimensionales (alineamiento, vertical, regularidad, etc.) de los muros y por ende, de la mano de obra.

La inspección se realiza con el fin de auditar de forma precisa todos y cada uno de los materiales que serán utilizados en la obra y de la misma manera, supervisar que se realicen todos y cada uno de los pasos para la construcción de la vivienda.

### **1.4.3. Coordinación modular**

Otro aspecto importante a resaltar de la mampostería es que se puede y se debe construir teniendo en cuenta los principios de la coordinación modular.

Esto se logra gracias a que el sistema se basa en un módulo con submódulos (unidades enteras, medias, cuartos, entre otros) que minimizan los cortes y ajustes en la obra.

La mampostería estructural con bloques de concreto se trabaja por lo general con un módulo de 200 milímetros y una unidad módulo de 200 milímetros de espesor x 200 milímetros de altura x 400 milímetros de longitud. Alternativamente también se trabaja con el módulo de 150 milímetros (unidades de 150 x 150 x 300 milímetros).

### **1.5. Materiales utilizados**

La mayoría de los materiales comunes en la construcción que se consiguen por elementos individuales, se pueden utilizar para levantar la mampostería, los más comunes en mampostería son: ladrillo, piedra, mármol, granito, travertinos, piedra caliza, bloques de concreto, bloques y baldosas.

La mampostería, en general es una forma de construcción muy duradera. Los materiales utilizados, las calidades del mortero, mano de obra, y el patrón cómo son colocadas las unidades, pueden influir en la durabilidad de una construcción hecha en mampostería.

### **1.5.1. Bloque**

El bloque o unidad de mampostería de perforación vertical, es un elemento prefabricado, de concreto, con forma de prisma recto y con una o más perforaciones verticales que superan el 25 por ciento de su área bruta. Se utiliza para elaborar mamposterías (por lo general muros), y es responsable, en muy buena medida, de las características mecánicas y estéticas de dichas mamposterías.

### **1.5.2. Agua de mezcla**

El agua de mezcla para el mortero de pega debe ser limpia, libre de materiales que afecten desfavorablemente cualquiera de las propiedades del mortero, incluyendo su color.

### **1.5.3. Cemento**

Los cementos utilizados para el mortero de pega pueden ser Portland tipo I, II, III, IV.

### **1.5.4. Cal**

La utilización de cal hidratada en los morteros de pega les proporciona mayor plasticidad, impermeabilidad, mejor adherencia y baja contracción.

### **1.5.5. Arena**

La arena para el mortero de pega puede ser natural o triturada (procesada). Debe estar libre de materiales contaminantes o deleznable, impurezas orgánicas o arcilla; además de ser bien gradada, ya que de esto depende, en buena medida, que el mortero sea trabajable y adherente.

Si la arena es muy fina, se obtienen morteros frágiles y permeables; si es muy gruesa, se disminuye la trabajabilidad.

La salinidad de las arenas marinas puede causar corrosión al refuerzo y la aparición de eflorescencias en el muro terminado, por lo cual no se permite su utilización en mampostería estructural.

### **1.5.6. Aditivos**

Para el mortero de pega se recomienda el uso de un retenedor de humedad, pues las unidades de concreto para mampostería se colocan secas y succionan humedad del mortero. Si este no retiene su humedad, se seca en la vecindad de las unidades y no se desarrolla la resistencia de la interface mortero-unidad, por lo cual se genera poca o nula adherencia y se desvirtúa el funcionamiento monolítico del muro.

### **1.5.7. Cemento blanco**

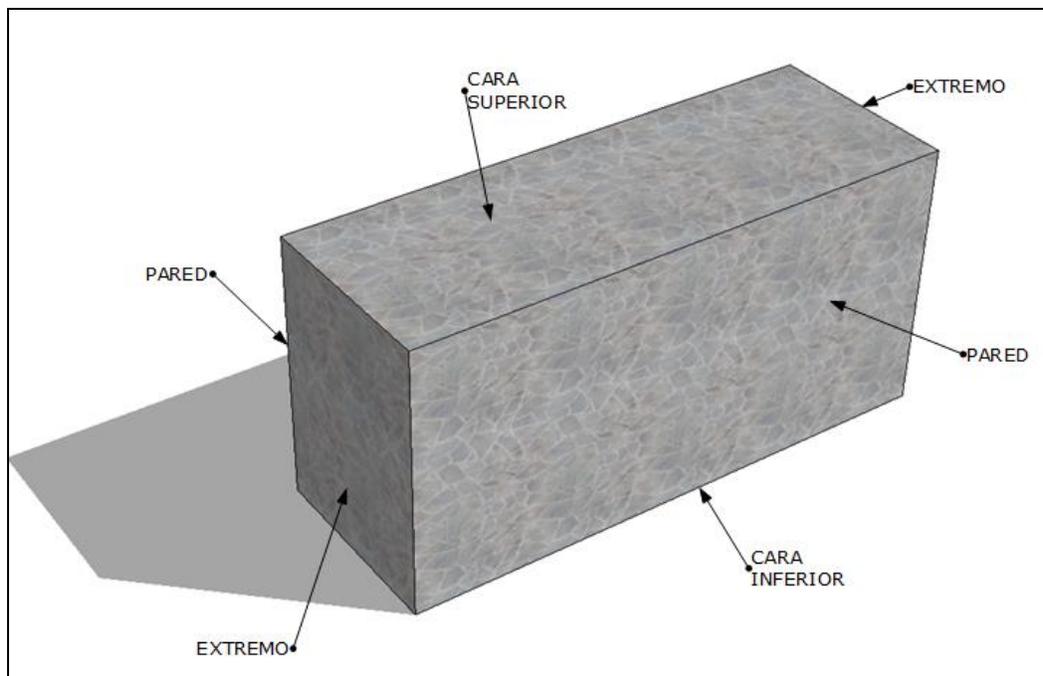
Dado que las unidades de mampostería se fabrican con una mezcla con una relación agua/cemento mucho menor que el mortero, su color, una vez se seca el muro, es más claro que el de los morteros de pega. Por eso, si se desea

uniformidad en el color de pega, así sea en muros grises, se aconseja reemplazar  $\frac{1}{4}$  parte del cemento gris del mortero por cemento blanco.

### 1.6. Partes de un bloque

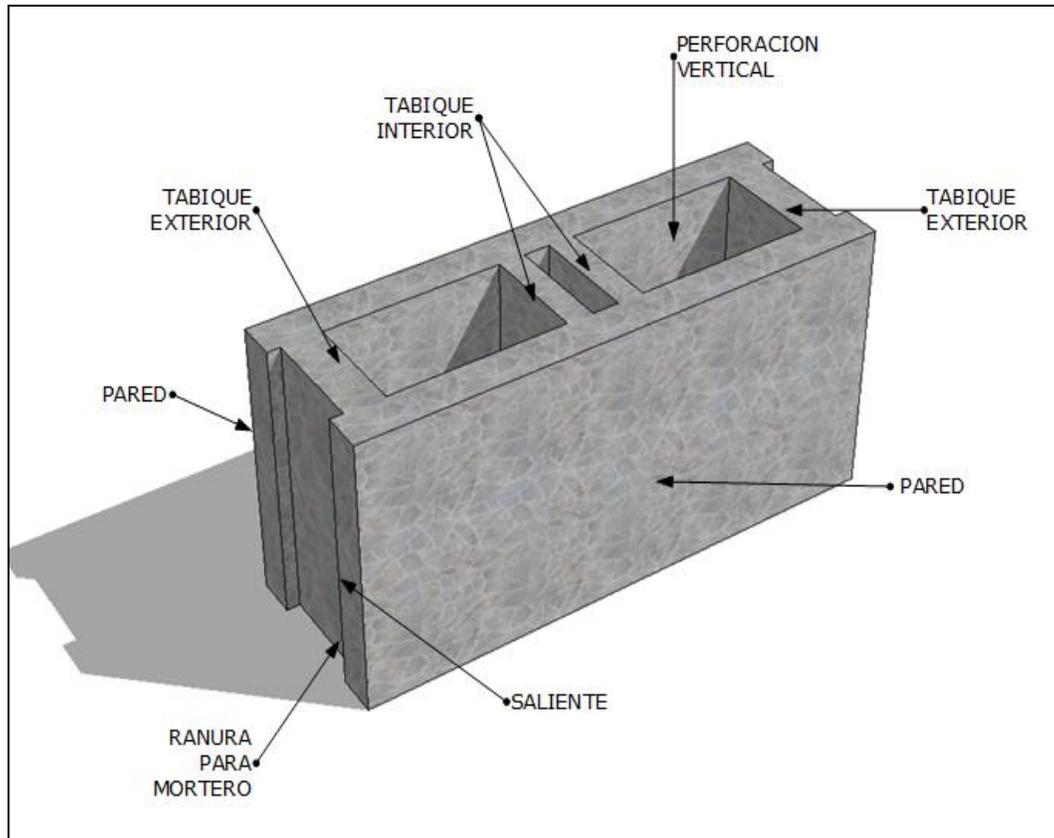
A cada parte del bloque se le ha dado un nombre para propósitos de normalización y escritura de textos académicos. Sin embargo, dichos nombres pueden diferir según el léxico que se utilice en cada lugar para la construcción.

Figura 4. Partes de un bloque sólido



Fuente: elaboración propia, con Google Skechup pro 8. Google Layout3.

Figura 5. Partes de un bloque con perforaciones

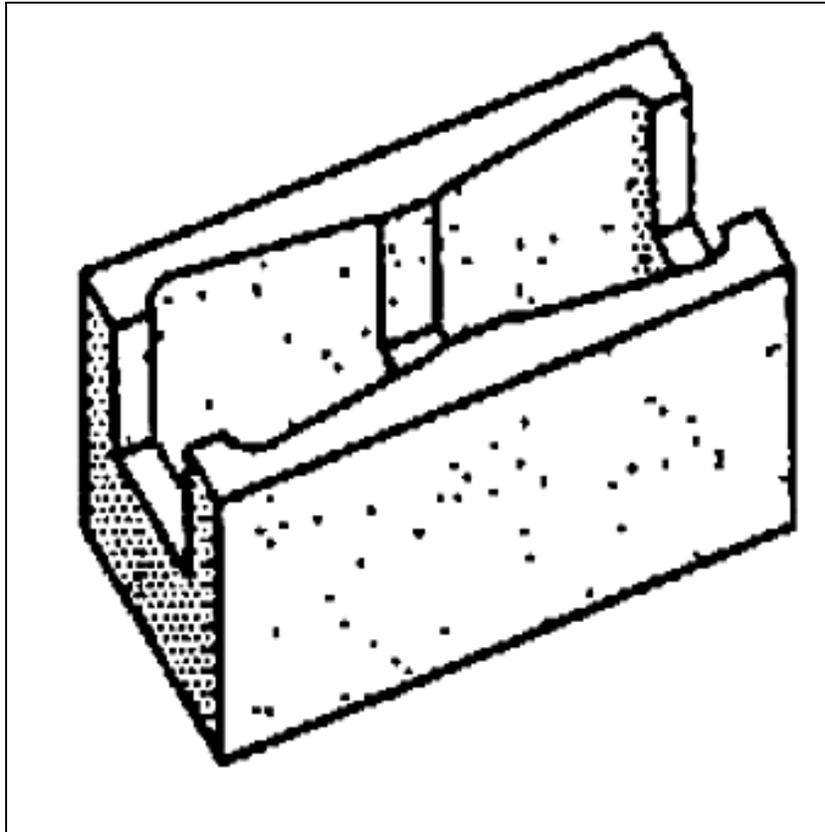


Fuente: elaboración propia, con Google Sketchup pro 8. Google Layout3.

### 1.6.1. Utilización

El bloque es la unidad por excelencia para la construcción de mampostería estructural debido a la posibilidad de reforzar el muro en ambos sentidos de su plano, colocando barras en las celdas que conforman las perforaciones, alambres en sus juntas o barras en vigas horizontales generadas con bloques de tabiques recortados.

Figura 6. **Bloque de tabiques recortados**



Fuente: elaboración propia, con Google Sketchup pro 8. Google Layout3.

### **1.6.2. Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión es la principal cualidad que deben tener las unidades de mampostería, y varía con el tipo de mampostería que con ellas se vaya a elaborar.

Tabla II. **Resistencia a los 28 días evaluada sobre el área neta promedio**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS EVALUADA SOBRE EL ÁREA NETA PROMEDIO, VALOR MÍNIMO**

<b>UNIDADES / MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL</b>		
<b>CLASE</b>	<b>PROMEDIO DE 5 UNIDADES</b>	<b>INDIVIDUAL</b>
<b>ALTA</b>	13	11
<b>BAJA</b>	8	7
<b>UNIDADES / MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL</b>		
<b>PROMEDIO DE 5 UNIDADES</b>		
	<b>PROMEDIO DE 5 UNIDADES</b>	<b>INDIVIDUAL</b>
	6	5

Fuente: elaboración propia.

Para mampostería estructural se tienen dos clases de unidades (resistencias): alta y baja. La alta es la de uso corriente para todo tipo de construcciones, incluyendo edificios. La baja se utiliza fundamentalmente, para construcciones de uno o dos niveles. La elección de una u otra dependerá solo de las necesidades estructurales, y no se establece diferenciación en cuanto al grado de exposición a la intemperie o el recubrimiento que vaya a tener la mampostería.

La resistencia a la compresión está especificada para ser alcanzada a los 28 días de producidas las unidades. Las unidades se pueden utilizar a edades menores cuando se tenga un registro sobre la evolución de la resistencia de unidades de iguales características, y este indique que ellas alcanzarán dicha resistencia, lo cual no exime de la verificación directa de la calidad de las unidades.

Se pueden especificar resistencias a la compresión mayores cuando lo requiera el diseño estructural, en cuyo caso se debe consultar a los proveedores locales por la disponibilidad de este tipo de unidades.

La resistencia a la compresión se determina mediante el ensayo correspondiente.

### **1.6.3. Absorción**

Es importante tener los menores niveles de absorción posibles, ya que a mayor absorción de las unidades, estas sustraen más agua del mortero de pega y de inyección, reduciendo o anulando la hidratación del cemento en la superficie que los une, con lo cual se pierde adherencia y se originan fisuras. Por el contrario, unidades totalmente impermeables evitan el intercambio de humedad y la creación de una superficie de adherencia, dando como resultado uniones de baja resistencia, que se manifiestan como fisuras y que son permeables al agua.

Una absorción baja reduce el ingreso de agua dentro de la masa de la unidad y, por ende, materiales contaminantes arrastrados por esta, por lo cual se convierte en un requisito de calidad para la durabilidad, como en el caso de las chapas.

Dado que la absorción está inversamente relacionada con la resistencia a la compresión, se permiten niveles mayores para las unidades de resistencia baja.

A las unidades para mampostería no estructural, se les pide una absorción igual a la de las unidades de resistencia baja para mampostería estructural, pues los niveles de resistencia son muy similares.

### 1.7. Mano de obra empleada

En la tabla III, se hará una comparación de los recursos humanos utilizados en la construcción de una vivienda unifamiliar en los dos métodos comparados: mampostería y concreto reforzado.

Tabla III. **Cuadrillas utilizadas en mampostería y en concreto reforzado**

<b>MAMPOSTERÍA</b>	<b>CONCRETO REFORZADO</b>
<b>Cuadrilla de albañiles:</b>	<b>Cuadrilla de técnicos:</b>
<b>1 maestro de obra</b>	1 supervisor
<b>1 ayudante</b>	3 peones
<b>2 peones</b>	1 encargado de fundición
	1 encargado de manejo de mezcladora

Fuente: elaboración propia.

En la tabla III se puede observar que el número de recurso humano utilizado en el sistema de mampostería, es menor (50 por ciento) al número de personas utilizadas para realizar el método del concreto reforzado; con esto podría entenderse que en el pago de servicios prestados por las cuadrillas, el método de mampostería es más económico.

## **1.8. Proceso constructivo**

Según el tipo de junta, la mampostería puede ser: al tope cuando no tiene ningún elemento de unión en las juntas entre las unidades y pegada, cuando existe una capa de mortero en las superficies o puntos de contacto entre unidades, o sea en las juntas.

Desde el punto de vista estructural, la mampostería puede ser estructural, cuando los muros que conforma deben soportar tanto su propio peso como las cargas horizontales y verticales actuantes sobre sus planos; y no estructural cuando los muros deben soportar tan solo su propio peso y servir como división (partición) entre dos espacios. La mampostería estructural, también sirve como divisoria.

Ambos tipos de mampostería de concreto se pueden elaborar con unidades perforadas verticalmente (bloques) o macizas (ladrillos). La fabricación y la calidad aplican de igual forma para ambos.

## **1.9. Calidad del sistema constructivo**

La calidad de un sistema es una herramienta básica para una propiedad inherente, que permite que esta sea comparada con el objetivo de observar si tiene la capacidad para satisfacer necesidades implícitas o explícitas.

### **1.9.1. Ventajas del sistema constructivo de mampostería**

Bajo condiciones adecuadas de diseño y construcción, el sistema de mampostería de bloques de concreto presenta grandes ventajas de orden económico y operativo:

- Dada la modulación y las estrictas tolerancias de fabricación de las unidades, se disminuyen los desperdicios de material de muros y de acabados, permitiendo aplicar directamente sobre los muros, recubrimiento delgado o aprovechar las texturas y colores naturales de las unidades corrientes o de las que tienen características arquitectónicas.
- Los elementos de cierre (fachada) pueden ser portantes, brindando la doble función estructural y arquitectónica.
- Dentro de las celdas verticales de los muros elaborados con bloques, se pueden colocar las conducciones eléctricas, hidrosanitarias y de telecomunicaciones.
- Además, se eliminan, en gran cantidad, las perforaciones de los muros. Las reparaciones y los desperdicios, lo que reduce mano de obra, fijaciones y materiales de reparación.
- Dado que el refuerzo vertical de la estructura se coloca dentro de las celdas o en recintos conformados por bloques, se elimina la formaleta y la obra falsa de la estructura vertical.

- Permite utilizar entrepisos total o parcialmente prefabricados, lo que da mayor velocidad al proceso constructivo y la disminución de costos por la reducción en la utilización de formaleta y obra falsa.
- En obras debidamente diseñadas se puede construir toda la estructura con un solo material (la mampostería), reduciendo el número de proveedores y el manejo de materiales y equipos.
- Al emplear mano de obra especializada y unidades modulares, se tiene una gran velocidad y eficiencia en la construcción de los muros, por lo cual, en muchos casos se reducen los costos por menos actividades, equipos y mano de obra.
- Como sistema constructivo genera daños secundarios menores, con sismos dentro del espectro de diseño y se pueden utilizar en todo rango de riesgo sísmico, con gran desempeño.
- Como sistema estructural y constructivo se puede emplear desde viviendas de bajo costo de uno o dos pisos, hasta edificios de gran altura y costo, pasando por los de uso industrial, comercial, hotelero, hospitalario, educativo, entre otras. Siempre con grandes beneficios económicos.
- La mampostería de concreto, por ser un sistema de muros portantes, facilita y hace económicas las estructuras regulares y repetitivas.

- Cuando se combinan las características estructurales y arquitectónicas de la mampostería, se obtienen estructuras duraderas, de muy bajo mantenimiento y de gran apariencia.
- Permite diseñar para un gran aislamiento térmico y acústico, ya que los bloques poseen perforaciones cercanas al 50 por ciento de su área bruta, brindando cámaras de aire aislantes para ambos factores, y que se pueden llenar con materiales de características adecuadas para tal fin.
- La mampostería se puede emplear no solo como sistema constructivo sino con el fin de brindar y reflejar una imagen de innovación, seguridad y solidez, según el manejo que se haga de su diseño arquitectónico y estructural.
- La producción de unidades de mampostería está en continua evolución, de manera que a cada momento se cuenta con nuevos productos en el mercado, que encajan dentro del sistema y le dan un nuevo rostro a cada proyecto.
- Potencialmente es un sistema adaptable a condiciones de producción y construcción de tecnología sencilla en lugares apartados, con un gran potencial social y económico sin sacrificar aspectos básicos de seguridad y durabilidad.

### **1.9.2. Desventajas del sistema constructivo de mampostería**

Como desventajas relativas del sistema de mampostería de concreto se pueden anotar las siguientes, algunas de las cuales se convierten en beneficio para el usuario.

- Por ser un sistema diferente al de pórticos y al de muros (incluyendo otros tipos de mampostería, es indispensable estudiarlo e identificar con sus características, para no incurrir en ligerezas en cuanto a funcionamiento de sus materiales [unidades, morteros, entre otros), con el fin de eliminar los defectos recurrentes.
- Requiere controles de calidad rigurosos y sistemáticos que, aunque especificados rara vez se ejecutan para otros sistemas constructivos.
- Requiere de un diseño arquitectónico con una rigurosa modulación de muros, tanto vertical como horizontal.
- Tiene un peso ligeramente mayor que el de los edificios de pórticos de concreto con particiones livianas o de mampostería de arcilla.
- Dado que todos los muros son, en principio, estructurales (portantes), no se pueden modificar indiscriminadamente los espacios interiores de los edificios, suprimiendo algunos de ellos total o parcialmente.
- Provee, al igual que los edificios de muros de concreto, muros de gran dureza que dificultan su modificación o que se perfora o se clave en ellos.
- Por ser un sistema de muros portantes, tiende a generar estructuras regulares y repetitivas, de apariencia pesada, con lo cual se debe trabajar para sacar provecho de los materiales y hacerlas más dinámicas, o aprovecharlas para edificaciones repetitivas.

Tabla IV. **Ventajas y desventajas de la mampostería**

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
El desperdicio de material es menor.	Tener mucho cuidado con no dañar los blocks al momento de trasladarlos a la obra y en bodega.
Los elementos de cierre pueden ser portantes.	Requiere de controles de calidad estrictos.
Dentro de las celdas verticales de los muros se pueden colocar las conducciones eléctricas hidrosanitarias y de telecomunicaciones.	El tiempo de levantado de muro es directamente proporcional a la cantidad de trabajadores es decir, para levantar un muro más rápido, se requieren mas trabajadores realizando dicha tarea.
Se reduce la mano de obra.	La resistencia de carga es aceptable, si se construye de 1 a 3 niveles, pero no es recomendable para construcciones altas de varios pisos, ya que será necesario construir una estructura adicional
la utilización de formaleta y obra falsa se disminuye.	Paredes frías y húmedas en tiempo de invierno
Para este tipo de construcción se reduce la utilización de equipos de bombeo.	En invierno aparece hongo en las partes expuestas a humedad
Como sistema constructivo, genera daños secundarios menores con sismos.	Por el espesor del muro de mampostería, se dice que se pierde espacio, ya que las paredes tendrán 15 cm de espesor, que es la medida del block
Se pueden realizar viviendas pequeñas y ser utilizado en viviendas con mayor metraje cuadrado.	Se debe dar acabados al muro.
Las estructuras son regulares y repetitivas, lo que las hace económicas.	La persona que levantará el muro, debe saber cómo hacerlo, para evitar problemas estéticos.
Permite diseñar un gran aislamiento térmico.	
Es un sistema adaptable a condiciones de producción y construcción de tecnología sencilla.	

Fuente: elaboración propia.



## **2. MÉTODO CONSTRUCTIVO DE CONCRETO REFORZADO**

Se define como método constructivo a un procedimiento que debe seguirse para ejecutar un proyecto, su tipo de construcción y materiales a utilizar.

### **2.1. Antecedentes del concreto reforzado**

La historia del cemento es la misma del hombre en la búsqueda de un espacio para vivir con la mayor comodidad, seguridad y protección posible. Desde que el ser humano superó la época de las cavernas, ha aplicado sus mayores esfuerzos a delimitar su espacio vital, satisfaciendo primero sus necesidades de vivienda y después levantando construcciones con requerimiento específicos.

Templos, palacios, museos son el resultado del esfuerzo que constituye las bases para el progreso de la humanidad.

El pueblo egipcio ya utilizaba un mortero (mezcla de arena con materia cementosa), para unir bloques y losas de piedra al elegir sus asombrosas construcciones.

La presente era, la invención del hormigón armado se suele atribuir al constructor William Wilkinson, quien solicitó en 1854 la patente de un sistema que incluía armaduras de hierro para: la mejora de la construcción de viviendas, almacenes y otros edificios resistentes al fuego. En 1855, Joseph-Louis Lambot publicó el libro. *Les béton sagglomerés appliqués á l'art de construire.*

(Aplicaciones del hormigón al arte de la construcción), en donde patentó su sistema de construcción mostrado en la exposición mundial en París, en 1854, el cual consistía en una lancha de remos fabricada de hormigón armado con alambres.

François Coignet, en 1861 ideó la aplicación en estructuras como techos, paredes, bóvedas y tubos. A su vez, el francés Joseph Monier patentó varios métodos en la década de 1860.

Las patentes fueron obtenidas por G.A. Wayss en 1866 de las empresas FreytagundHeidschuch y Martenstein, fundando una empresa de hormigón armado, en donde se realizaban pruebas para ver el comportamiento resistente del hormigón, asistiendo el arquitecto prusiano Matthias Koenen en estas pruebas, efectuando cálculos que fueron publicados en un folleto llamado: El sistema Monier, armazones de hierro cubiertos en cemento, que fue complementado en 1894, por EdmondCoignet y De Tédesco, método publicado en Francia, agregando el comportamiento de elasticidad del hormigón como factor en los ensayos, estos cálculos fueron confirmados por otros realizados por Eberhard G. Neumann en 1890.

Bauschinger y Bach comprobaron las propiedades del elemento frente al fuego y su resistencia logrando ocasionar un gran auge, por la seguridad del producto en Alemania. Fue François Hennebique quien ideó un sistema convincente de hormigón armado, patentado en 1892, que utilizó en la construcción de una fábrica de hilados en Tourcoing, Lille, en 1895.

En España, el hormigón armado penetra en Cataluña de la mano del ingeniero Francesc Macià con la patente del francés Joseph Monier. Pero la expansión de la nueva técnica se producirá por el empuje comercial de François

Hennebique, por medio de su concesionario en San Sebastián Miguel Salaverría y del ingeniero José Eugenio Ribera, entonces destinado en Asturias, que en 1898 construyó los forjados de la cárcel de Oviedo, el tablero del puente de Ciaño y el depósito de aguas de Llanes.

El primer edificio de entidad construido con hormigón armado es la fábrica de harinas La Ceres en Bilbao, de 1899-1900 (actualmente en pie y rehabilitada como viviendas) y el primer puente importante, con arcos de 35 metros de luz, el levantado sobre el Nervión-Ibaizabal en La Peña, para el paso del tranvía de Arratia entre Bilbao y Arrigorriaga (desaparecido en las riadas de 1983). Ninguna de las dos obras fue dirigida por Ribera, quien pronto se independizó de la tutela del empresario francés, sino por los jóvenes ingenieros Ramón Grotta y Gabriel Rebollo de la oficina madrileña de François Hennebique.

La técnica constructiva del concreto reforzado consiste en la utilización de hormigón reforzado con barras o mallas de acero, llamadas armaduras. También es posible armarlo con fibras, tales como plásticas, de vidrio, de acero o combinaciones de barras de acero con fibras dependiendo de los requerimientos a los que estará sometido.

El hormigón armado se utiliza en edificios de todo tipo, caminos, puentes, presas, túneles y obras industriales. La utilización de fibras es muy común en la aplicación de hormigón proyectado o shotcrete, especialmente en túneles y obras civiles en general.

### **2.1.1. Normas y reglamentos utilizados en el diseño de estructuras de hormigón armado**

Hennebique y sus contemporáneos basaban el diseño de sus patentes en resultados experimentales, mediante pruebas de carga; los primeros aportes teóricos los realizan prestigiosos investigadores alemanes, tales como: Wilhem Ritter, quien desarrolla en 1899 la teoría del Reticulado de Ritter-Mörsch. Los estudios teóricos fundamentales se gestan en el siglo XX.

Existen varias características responsables del éxito del hormigón armado:

- El coeficiente de dilatación del hormigón es similar al del acero, siendo depreciables las tensiones internas por cambios de temperatura.
- Cuando el hormigón fragua se contrae y presiona fuertemente las barras de acero, creando además fuerte adherencia química. Las barras, o fibras, suelen tener resaltes en su superficie, llamadas corrugas o trefilado, que favorecen la adherencia física con el hormigón.
- El pH alcalino del cemento produce la pasivación del acero, fenómeno que ayuda a protegerlo de la corrosión.
- El hormigón que rodea a las barras de acero genera un fenómeno de confinamiento que impide su pandeo, optimizando su empleo estructural.

### **2.1.1.1. AGIES**

Como se mencionó anteriormente, estas normas están diseñadas para ser utilizadas por ingenieros estructurales, diseñadores y constructores de edificaciones y obras, y son la elaboración de guías de utilización de las normas para facilitar la comprensión y lograr el correcto empleo de las mismas.

En la norma NSE 1 se han incluido los últimos datos de amenaza sísmica obtenidos por el proyecto RESIS II, los que sirvieron como base para la elaboración de los mapas sísmicos y los nuevos espectros de diseño sísmico a utilizarse. Se han incluido las normas para las cargas de viento y otros tipos de carga que no estaban desarrollados anteriormente, Los requerimientos geotécnicos, clasificación de suelos y efectos de sitio se han redefinido utilizando las nomenclaturas actuales.

Para las normas específicas de materiales y sistemas constructivos de la serie NSE 7 debe seguirse lo siguiente:

NSE 7.1- Concreto reforzado: la Norma actual NR 7 queda sin efecto. AGIES adoptará las Normas en ACI 318S-08, Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y su respectivo comentario del American Concrete Institute (ACI), pero está elaborando el documento con las excepciones y la guía de utilización. Si estos documentos no han sido publicados todavía por AGIES, deberá seguirse lo indicado por ACI 318S-08.

### **2.1.1.2. FHA**

El FHA tiene formularios y son requisitos para poder aplicar a una hipoteca para vivienda, donde se describen todos y cada uno de los materiales a utilizar en el proyecto.

Se acepta construir viviendas construidas, con concreto reforzado, siempre y cuando la planificación de la vivienda reúna todos y cada uno de los requisitos establecidos en la Ley y Reglamento del FHA.

### **2.1.2. Generalidades**

Las viviendas de concreto reforzado, como sistema constructivo, aporta no solo las funciones estructurales, también ventajas en acabados, tomando en cuenta que para la realización de una sola vivienda, es costoso y se debe tomar en cuenta que es necesario que quien vaya a usar este sistema constructivo tenga claridad, antes de iniciar el trabajo.

## **2.2. Materiales utilizados en el método de concreto reforzado**

Los materiales utilizados en la fabricación del concreto son: pasta de cemento Pórtland, agua y aire, que puede entrar de forma natural y dejar unas pequeñas cavidades o puede introducirse artificialmente en forma de burbujas, y materiales áridos o inertes, los cuales pueden dividirse en dos grupos: materiales finos, como puede ser arena, y materiales gruesos, como grava, piedras o escoria.

Se llaman materiales finos si sus partículas son iguales o más pequeños a 6,4 milímetros y bastos si son de una tamaño mayor. Según las dimensiones de la estructura que se va a construir, así varía el tamaño de los materiales bastos. En la construcción de estructuras y componentes de pequeño grosor se utilizan materiales con partículas pequeñas, de 6,4 milímetros. En construcciones, como puentes o presas, y muros de contención, se utilizan piedras de 15 centímetros de diámetro o más. El tamaño de los materiales gruesos no debe exceder la quinta parte de la dimensión más pequeña de la pieza de concreto que se vaya a construir.

Al mezclar el cemento Portland con agua, los compuestos del cemento reaccionan y forman una pasta aglutinadora. Si la mezcla está bien hecha, cada punto de arena y cada fragmento de pedrín o grava quedan envueltos por la pasta y todos los vacíos que existan entre ellos quedarán llenos. Cuando la pasta se seca y se endurece, todos estos materiales quedan ligados formando una masa compacta.

En condiciones normales el concreto se fortalece con el paso del tiempo. La reacción química entre el cemento y el agua, que produce el endurecimiento de la pasta y la compactación de los materiales que se introducen en ella, requiere tiempo. Esta reacciones rápida al principio, pero después es mucho más lenta.

Si hay humedad, el concreto sigue endureciéndose durante años. Por ejemplo, en condiciones ideales, la resistencia del concreto puede alcanzar 70 kilogramos por centímetro cuadrado (995 libras por pulgada cuadrada), al día siguiente de su fundición; 316 kilogramos por centímetro cuadrado (4,495 libras por pulgada cuadrada), una semana después; 420 kilogramos por centímetro cuadrado, (5,973 libras por pulgada cuadrada), a los 28 días y hasta 590

kilogramos por centímetro cuadrado (8,391 libras por pulgada cuadrada), pasados cinco años.

Las mezclas de concreto se describen como una relación entre los volúmenes de cemento, arena y pedrín que se utilizan. Por ejemplo, una mezcla 1:2:3 consiste en una parte por volumen de cemento, dos partes de arena y tres partes de pedrín u otros agregados sólidos.

Según su aplicación, estas proporciones se varían para conseguir cambios determinados en sus propiedades, específicamente cuando se quiere variar la resistencia y duración. Estas relaciones cambian de 1:2:3 a 1:2:4 y a 1:3:5. La cantidad de agua que se añade a estas mezclas varía de 1 a 1.5 veces el volumen de cemento.

Para lograr un concreto de alta resistencia la cantidad de agua utilizada debe ser baja, solo la necesaria para humedecer la mezcla. Por consiguiente, cuanto más agua se cargue a la mezcla, será más fácil trabajarla, pero menos resistente será el concreto cuando alcance su fraguado total.

El concreto se puede hacer totalmente hermético y utilizarse para contener agua o resistir la filtración hacia fuera o adentro de la estructura hecha de concreto. De igual forma, se puede utilizar para construir bases filtrantes, ya que se puede hacer poroso y muy permeable. Del mismo modo puede presentar una superficie lisa y pulida tan suave como el cristal.

Si se utilizan agregados pesados, como trozos de acero, se obtienen mezclas densas. También se puede hacer concretos ligeros empleando agregados ligeros especiales y espumas. Estos concretos ligeros inclusive pueden flotar en el agua.

Para pequeños trabajos o reparaciones, la mezcla del concreto se puede hacer a mano, pero solo las mezcladoras mecánicas garantizan una composición uniforme del concreto.

La proporción recomendada para la mayoría de usos a pequeña escala como pisos, aceras, calles, calzadas, patios y piscinas, es la mezcla 1:2:3, o sea una parte de cemento, dos partes de arena y tres partes de piedrín.

Cuando la superficie del concreto se ha endurecido necesita un tratamiento especial, ya sea humedeciéndola o cubriéndola con agua o con materiales que retengan la humedad, como: capas impermeables, capas plásticas, sacos húmedos o arena. También hay pulverizadores especiales. Cuanto más tiempo se mantenga húmedo el concreto, será más resistente y durará más.

Cuando hace calor, el concreto ya fundido, debe mantenerse húmedo por lo menos tres días, y en lugares muy fríos no se debe dejar congelar por lo menos, durante la fase inicial de endurecimiento. Para ello se cubre con una lona alquitranada o con otros productos que ayudan a mantener el calor.

### **2.3. Mano de obra empleada**

Para trabajar el concreto reforzado lo ideal es contar con mano de obra especializada, es decir, trabajadores de la construcción con cierto nivel mínimo de experiencia, ya que el concreto es un material que fácilmente se pueden llegar a cometer errores en el momento de trabajarlo o apisonarlo y esto provocaría la pérdida económica y riesgos en los elementos estructurales, producto de segregación causada por un mal manejo o una poca experiencia de parte del trabajador.

## **2.4. Proceso constructivo**

El proceso constructivo del concreto armado es prácticamente juntar dos materiales, el concreto y el acero.

### **2.4.1. Preparación del sitio de la obra**

Se debe tener un ambiente de trabajo limpio y libre de obstáculos, en el que se puedan movilizar libremente las personas y maquinarias que participarán en la obra. Este paso incluye la deforestación y remoción de cualquier capa vegetal que pudiera entorpecer el trabajo, la limpieza y explanación del terreno en caso de tratarse de una losa de fundación o la losa de la planta baja.

### **2.4.2. Preparación de materiales herramienta y maquinaria**

Al momento de iniciarse la obra se deben contar con los implementos que se van a necesitar al igual que tener los materiales a disposición para que el proceso no se vea interrumpido o paralizado por falta de alguno de los elementos anteriores.

A continuación se mencionan algunas de las herramientas, equipos y materiales comúnmente utilizados en la construcción de losas:

- Herramientas: serrucho, escuadra, martillo, marco de sierra con segueta, gancho para amarrar el acero, pala, pico, palustre, boquillera, dobladora de cabilla, hilo de nylon, lápiz, nivel, plomo.

- Equipo: mezcladora, andamio, escalera, baldes, banco para figurar el acero, carretilla, vibrador.
- Materiales: madera (tablas, largueros, tacos), clavos de 3", 2", 2 ½", acero de refuerzo, tuberías PVC sanitaria y eléctrica, alambre cocido no. 18, cemento, arena, piedra picada, agua, impermeabilizante y producto desmoldante para el encofrado, aditivos si se necesita.

### **2.4.3. Apuntalamiento y encofrado**

Se deben armar los encofrados para darle la forma deseada a la losa y apuntalarlos adecuadamente de manera que resistan las cargas durante la construcción hasta que se alcance la resistencia propia de cada elemento.

#### **2.4.3.1. El encofrado**

Es la estructura temporal que sirve para darle al concreto la forma definitiva. Su función principal es ofrecer la posibilidad de que el acero de refuerzo sea colocado en el sitio correcto, darle al concreto la forma y servirle de apoyo hasta que endurezca, está constituido por el molde y los puntales, que pueden ser metálicos o de madera.

Existen gran cantidad de tipos de encofrado, de distintos materiales y de distintas formas, cada uno es utilizado para un fin específico, y así como se explicó anteriormente, existen encofrados que no son removibles, es decir, que pasan a formar parte de la estructura después del vaciado. El material más usado es la madera, pero también los hay metálicos y de plástico.

### **2.4.3.2. Los tableros de madera**

Presentan la ventaja de que pueden ser cortados para darles la forma deseada, sin embargo, esto genera desperdicios de material que en ocasiones no se puede reutilizar. Para alargar la vida útil del encofrado y que se pueda reutilizar en distintas obras se le debe dar un cuidado especial como se indica:

- Limpiar retirando el concreto adherido inmediatamente después del desencofrado, con agua a presión y cepillo de cerdas plásticas blandas.
- Retirar todos los dispositivos flojos, las varillas de amarre, clavos, tornillos, residuos de lechada o polvo.

Una vez usados se deben limpiar y retirar clavos, tornillos, pasadores, abrazaderas, alambres, etc.

- Controlar el uso excesivo de martillo metálico durante el vaciado y el desencofrado pues el golpearlos con esta herramienta los deteriora.
- No deben almacenarse a la intemperie al sol y al agua, porque se tuercen y se deteriora su superficie.
- No debe abusarse del uso de clavos y tornillos, pues se debilita la madera.
- Pintar periódicamente con pinturas resistentes al agua para evitar cambios volumétricos por absorción de agua.

- No deben someterse a cargas y esfuerzos excesivos, ni emplearse para usos diferentes a los previstos, para evitar su deterioro y deformación.

#### **2.4.3.3. Los encofrados metálicos**

Presentan un desgaste mínimo con un manejo adecuado. Al igual que los de madera deben ser tratados de manera especial:

- Limpiar bien luego de usarlos, e impregnarlos con un producto desmoldante comercial: aceite, petróleo o gasoil con parafina al 50 por ciento, dependiendo del acabado que se quiera lograr.
- Evitar la oxidación protegiéndolos periódicamente con pintura anticorrosiva, sobre todo si van a estar mucho tiempo a la intemperie.
- Protegerse también de los rayos del sol y de la lluvia.
- Almacenar en sitios cubiertos y secos, debidamente codificados, colocado verticalmente o ligeramente inclinado cuando se recuesten sobre un muro y levantados del piso sobre zancos o tacos.
- Las piezas o componentes defectuosos se deben reparar o reemplazar debida y oportunamente.

#### **2.4.3.4. Encofrados plásticos**

Son los más usados para el vaciado de losas nervadas y reticulares, ya que vienen con formas y dimensiones predefinidas para tal fin. Su principal ventaja es que son fáciles de manipular y colocar en sitio debido a su ligereza.

Manipular con igual precaución que los encofrados de madera y metálicos para prolongar su vida útil. En Guatemala se le conoce con el nombre de casetones.

#### **2.4.3.5. Los puntales**

Son los elementos que le proporcionan soporte al encofrado hasta que el concreto fragüe y la estructura sea capaz de resistir las cargas debidas a su propio peso. Pueden ser de madera y metálicos, estos últimos tienen la ventaja de ser extensibles de manera que se pueden adaptar a las distintas alturas de entrepiso que pudieran tener las edificaciones. Los de madera simplemente son cercos que se cortan a la longitud deseada, en ocasiones se necesita completar la altura con pequeños tacos de madera.

Garantizar que los puntales queden firmemente anclados al encofrado y al piso del nivel inferior para evitar desplazamientos de los mismos antes, durante o después del vaciado.

#### **2.4.4. Colocación del acero de refuerzo interior**

Luego de haber encofrado y apuntalado correctamente la losa se procede a la colocación del acero de refuerzo de la misma. Es evidente que previamente se debió haber cortado y doblado las cabillas de acuerdo a los planos del despiece.

Es importante que las barras se fijen firmemente en su posición para evitar que se muevan cuando se esté vaciando el concreto, también respetar los recubrimientos que deben tener, si es necesario se pueden apoyar sobre tacos

de concreto que tengan una altura igual a la del recubrimiento y una resistencia mayor o igual a la del concreto que se vaciará en la losa.

Utilizar los amarres de alambre adecuados para fijar las barras ortogonales y los estribos en caso de que los haya. También se deben dejar los arranques de cabilla con longitudes adecuadas de los elementos que no serán vaciados junto con la losa.

#### **2.4.5. Colocación de las tuberías y conductos para instalaciones eléctricas e hidrosanitarias**

De acuerdo al uso de la edificación o del nivel que se esté por construir, se puede decidir entre embutir las tuberías y conductos en la losa o si colgarlos para que vayan debajo de la misma, quedando a la vista desde el nivel inferior. De cualquier manera se deben ubicar en su posición antes de vaciar el concreto. En el caso de las tuberías destinadas a las instalaciones eléctricas se recomienda pintarlas o etiquetarlas de manera que se puedan distinguir entre las tuberías de apagadores, tomacorrientes, entre otros.

Al igual que el acero, las tuberías se deben fijar para que no se muevan durante el vaciado del concreto.

Se debe tener especial precaución con la colocación de las tuberías y conductos que no afecte la resistencia debido a la pérdida de sección de la losa.

Cabe destacar que si se trata de la losa de planta baja, se debe tener precaución con la colocación de tuberías, como se mencionó anteriormente, ya que las mismas no llevan encofrado inferior haciendo el vaciado sobre una

capa de piedra picada que va sobre el terreno compactado. Las losas de planta baja suelen tener tanquillas para aguas de lluvia y aguas servidas las cuales se deben encofrar antes de vaciar el concreto.

#### **2.4.6. Vaciado**

Luego de tener todos los elementos de la losa ubicados en su sitio, se lleva a cabo el proceso de vaciado de concreto, el cual puede ser mezclado en obra o traído de una planta de premezclado.

El vaciado se puede realizar con la utilización de herramientas simples como baldes y carretillas si se trata de la planta baja o los niveles inferiores de la edificación (máximo hasta el segundo nivel) con la ayuda de un sistema de poleas. Para niveles superiores se puede realizar con la utilización de una grúa y un carretón, o mediante la utilización de bombas que lleven el concreto a través de tuberías.

Durante el vaciado se debe expandir el concreto por toda la losa con rastrillos metálicos y vibrar la mezcla para que se asiente uniformemente y adopte la forma del encofrado, evitando así que queden espacios vacíos dentro de la losa que pudieran perjudicar su comportamiento estructural o dejar al descubierto el acero de refuerzo o las tuberías.

No se debe exceder en el vibrado, porque causa la segregación del material, separando el agregado grueso del fino y quedando una lechada de concreto pobre en la parte superior de la losa. Una vez alcanzado el nivel superior de la losa se debe emparejar la superficie con regletas y palustres para que tenga un acabado liso.

#### **2.4.7. Curado del concreto**

El objetivo principal del curado es el de evitar que se evapore el agua de la mezcla, lo que podría producir grietas de retracción debido a la pérdida de humedad y alteraciones en la relación agua/cemento de la mezcla, lo que incide directamente en su resistencia. Para obtener mejores resultados, se recomienda humedecer el concreto durante los primeros 7 días de vaciado.

El proceso del curado empieza, incluso antes del vaciado del concreto, al mantener humectado el encofrado, para así evitar la pérdida del agua por la absorción de la madera.

Existen diversas técnicas para curar el concreto, además de la aplicación del agua por medio de mangueras o aspersores también se puede utilizar membranas impermeables que impiden la evaporación del agua, pero además de costosas, prolongan el tiempo de curado en casi el doble del tiempo.

En climas calurosos, como en Guatemala, se requiere de mayor cuidado en el proceso del curado, ya que es mucho más fácil que se evapore el agua. Entre alguna de las recomendaciones que se pueden hacer es la de dejar los encofrados por más tiempo de lo requerido, para evitar que el sol incida directamente sobre el concreto. Otra recomendación es la de colocar y humedecer las pacas de cemento ya utilizadas sobre la superficie de concreto.

En climas fríos, el curado no es un proceso tan crítico, pero el proceso se debe realizar por más tiempo, ya que el concreto se tarda más en alcanzar su resistencia.

Un curado mal hecho puede producir grietas por contracción en el fraguado y puede llegar a disminuir la resistencia del concreto a los 28 días en un 50 por ciento.

#### **2.4.8. Desapuntalamiento y desencofrado**

Una vez iniciado el fraguado del concreto se pueden comenzar a retirar los encofrados laterales de la losa y posteriormente se pueden retirar algunos puntales. El desapuntalamiento se debe ir haciendo en forma progresiva a medida que van pasando los días, hasta que se pueden retirar todos los puntales y el encofrado a los 21 días. En el capítulo 4 se puede ver una tabla que muestra los plazos mínimos para el desencofrado.

Al igual que en las etapas anteriores del análisis y diseño de losas, es importante resaltar que cada paso que se siga en el proceso constructivo debe cumplir con los requisitos establecidos.

#### **2.4.9. Ausencia de condiciones de agresividad**

En rigor esta situación no existe, por cuanto todo material está sujeto a la ley natural de evolución hacia las formas más simples y estables. Pero dentro del concepto de vida útil puede aceptarse que estructuras a cubierto del contacto atmósfera exterior y humedad, no están expuestas a corrosión del hormigón ni de la armadura.

La resistencia acusada por las probetas será el índice de la calidad del hormigón colocado en la estructura, siempre y cuando la mezcla haya cumplido la condición de aptitud de colocación, por su consistencia en relación a la geometría de los encofrados y del método de compactación.

#### **2.4.10. Condiciones de agresividad provocadas por acción climática exclusivamente**

Resultan del análisis de las condiciones del entorno a la estructura, siendo por consiguiente, del resorte del proyectista estructural. Estas condiciones son: exposición a la atmósfera exterior y características del clima.

#### **2.4.11. Condiciones de agresividad provocadas por contacto con agua o suelo húmedo, no agresivos**

Esta instancia requiere asesoramiento especializado del químico experto en corrosión. El material (suelo y agua) puede provenir de las muestras del estudio mecánico del suelo; como hoy, ya es práctica corriente realizar dicho estudio, el único trabajo adicional para el proyectista es remitir las muestras a un laboratorio donde se las analice químicamente.

Pero la ausencia de agresividad resulta de la no presencia de múltiples sustancias, no solamente de las más comunes como cloruros y sulfatos, panorama que puede faltar al analista no especializado. Por consiguiente, las muestras deben remitirse a un laboratorio que se ocupe habitualmente del tema.

#### **2.4.12. Condiciones de agresividad provocadas por contacto con sustancias corrosivas**

Toda sustancia (sólido, líquido o gas) que puede tener contacto con la estructura debe ser relevada para analizar su reactividad, concepto que alcanza a los suelos y aguas de contacto.

Con respecto a los diferentes productos industriales que podrán tener contacto con la estructura durante su vida útil, existen tablas que contienen, para cada producto que pueda ser agresivo, su efecto sobre el hormigón.

## **2.5. Calidad del sistema constructivo**

La calidad del sistema constructivo del concreto armado depende directamente de la mano de obra, y de una buena supervisión, tal y como se mencionó anteriormente.

Si existen estos dos elementos, el concreto armado presenta una alta calidad, ya que es un sistema seguro y se garantiza un adecuado comportamiento sísmico.

### 3. COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE MAMPOSTERÍA Y CONCRETO REFORZADO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES

A continuación se presenta la tabla V, en la que se puede comparar las ventajas y desventajas del concreto armado.

Tabla V. **Ventajas y desventajas del concreto armado**

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Es una material con aceptación universal, por la disponibilidad de los materiales que lo componen.	Las desventajas están asociadas al peso de los elementos que se requieren en las edificaciones por su gran altura, como ejemplo tenemos que si las edificaciones tienen grandes luces o volados grandes, las vigas y losas tendrían dimensiones grandes, esto llevaría a generar mayor costo en la construcción de la edificación.
Tiene una adaptabilidad de conseguir formas arquitectónicas.	Por otro lado, los elementos arquitectónicos que no tienen estructura, ya sean tabiques o muebles, pueden ser cargas gravitatorias ya que aumentarían la fuerza sísmica por su gran masa.
Tiene la característica de conseguir ductilidad.	La adaptabilidad al logro de formas diversas ha traído como consecuencia configuraciones arquitectónicas muy modernas e impactantes pero con deficiente comportamiento sísmico.
Posee alto grado de durabilidad.	Excesivo peso y volumen.
Posee alta resistencia al fuego (resistencia de 1 a 3 horas).	Necesita formaleas especialmente moduladas
Tiene la factibilidad de lograr diafragmas de rigidez horizontal (rigidez: capacidad que tiene una estructura para oponerse a la deformación de una fuerza o sistema de fuerzas).	Necesita ser bombeado
Capacidad resistente a los esfuerzos de compresión, flexión, corte y tracción.	Es necesario contratar a una empresa especializada en concreto premezclado
Requiere de muy poco mantenimiento.	

Fuente: elaboración propia.

Para el caso de que se ha escogido edificar con mampostería prefabricada de alta calidad, es necesario el análisis de las fortalezas y debilidades de este tipo de mampostería frente a las tradicionales, cubriendo aspectos tales como:

- Técnicos
- Económicos
- De mercadeo
- Culturales
- Geográficos (principalmente)

El diferenciar el producto del resto ofrecidos por los competidores es importante y efectivo. Por su naturaleza, el diseño de una vivienda, se presta para diferenciarse en cuanto a su funcionalidad, tamaño, belleza moda y también creatividad.

La construcción con bloques de hormigón presenta ventajas económicas en comparación con cualquier otro sistema constructivo tradicional, las cuales se ponen de manifiesto durante la ejecución de los trabajos y al finalizar la obra

Estas ventajas se originan en la rapidez, exactitud y uniformidad de las medidas de los bloques, resistencia y durabilidad, desperdicio casi nulo y sobre todo, por constituir un sistema modular. Esta circunstancia permite computar los materiales en la etapa de proyecto con gran certeza dichas cantidades se aproximarán a las realmente utilizadas en obra. Esto significa que es importante la programación y diagramación de todos los detalles, previamente a la iniciación de los trabajos.

### **3.1. Conclusiones comparativas**

Si se compara un muro de bloques de hormigón con otro de espesor equivalente, utilizando mampostería tradicional de ladrillo o bloque cerámico, se obtienen las siguientes conclusiones.

#### **3.1.1. Comparación de costo**

- Menor costo por metro cuadrado de pared, originado en la menor cantidad de mampuestos (12 ½ bloques por metro cuadrado), y al bajo precio por unidad menor cantidad de mortero de asiento.
- El costo para utilizar hormigón en una vivienda unifamiliar es elevado, si se toma en cuenta que será únicamente para una vivienda.

##### **3.1.1.1. Costo de mano de obra**

- Mayor rendimiento de la mano de obra del concreto reforzado debido a la menor cantidad de movimientos necesarios para levantar un metro cuadrado. Esto se traduce en una relación hora oficial y ayudante por metro cuadrado de pared, menor a la existente en la mampostería tradicional.
- En caso de aprovechar la triple función del bloque (cerramiento, textura y estructura) en la mampostería de hormigón reforzada, solo es necesario contar con un único rubro de mano de obra, es decir el oficial albañil, ya que las tareas de armado, colocación de los bloques y terminaciones, las puede realizar sin el auxilio de los oficiales carpinteros y armadores.

- Asimismo, el hecho de utilizar el bloque en su función estructural, agiliza los trabajos y posibilita una mayor rapidez constructiva, ya que no será necesario contar con los tiempos de encofrado y tiempos de espera para el desencofrado de columnas, vigas, encadenados, entre otros. típicos de la construcción tradicional de las alternativas de hormigón armado independiente.
- El armado de la mampostería reforzada es sencillo, ya que solo es necesario utilizar barras rectas sin ataduras de ningún tipo, siendo muy sencillo el empalme de las mismas por yuxtaposición

#### **3.1.1.2. Costo de materiales**

- Disminuye las cantidades de hormigón a colar en obra, ya que al utilizar el bloque como elemento integrante de la estructura, parte de ese hormigón ya viene fraguado de fábrica (el del propio bloque).
- Debido a la excelente terminación que presentan los bloques fabricados por vibro compresión, en equipos modernos de elevada potencia, es posible e inclusive recomendable, dejarlos a la vista, con el consiguiente ahorro en materiales y mano de obra correspondientes a las tareas de revoque y terminación.
- El paramento interior puede mejorar su terminación, aplicando directamente una capa de yeso. Esto se puede realizar debido a que el paramento del bloque es un excelente revoque grueso. Por la existencia de las canalizaciones verticales de los bloques huecos, es posible también programar y detallar las instalaciones de electricidad, sin necesidad de canaletear, rompiendo la mampostería existente, tal como

sucede con la mampostería tradicional de ladrillos de campo o bloques cerámicos. Esto implica una racionalización de estas tareas que redundan en una economía de materiales, mano de obra y rapidez constructiva, sin mencionar la prolijidad y presentación de la obra.

- La posibilidad de contar con bloques alivianados permite diseñar fundaciones y vigas porta muros menos robustas, lo que implica también mayor economía. Las excelentes propiedades contra el fuego que presentan los muros de bloques de hormigón, ayudan, en algunos casos, disminuir las primas de seguro contra incendio.
- La distribución de las cañerías de agua fría y caliente y la correspondiente a la instalación de gas, se realizan por fuera de la pared y disimuladas en doble tabique sanitario, muebles de cocina y baño, entrepisos e, inclusive, en algunos casos, se dejan directamente a la vista, facilitando su inspección periódica y fácil acceso, en caso de ser necesaria alguna reparación.

### **3.2. Comparación del proceso constructivos**

Nuevamente se enumeran la comparación del proceso entre las ventajas y desventajas de ambos procesos en la tabla VI.

Tabla VI. **Comparación entre procesos constructivos**

<b>MAMPOSTERÍA</b>	<b>CONCRETO ARMADO</b>
Es fácil cuantificar por lo tanto el desperdicio debe ser menor.	El desperdicio de materiales es mayor o en algunos casos puede necesitarse más material.
Los elementos de cierre pueden ser portantes.	Requiere de controles de calidad estrictos
Dentro de las celdas verticales de los muros se pueden colocar las conducciones eléctricas hidrosanitarias y de telecomunicaciones.	Su diseño arquitectónico debe tener una rigurosa modulación de muros, tanto vertical como horizontal.
Se reduce la mano de obra y la colocación es simple.	Se debe contar con vibradores para evitar segregación.
La utilización de formaleta y obra falsa se disminuye.	Se utiliza formaletas cuyo alquiler es elevado.
Para este tipo de construcción se reduce la utilización de equipos de bombeo.	Se requieren equipos de bombeo.
Como sistema constructivo genera daños secundarios menores con sismos.	Es mejor utilizarse para viviendas en serie.
Se pueden realizar viviendas pequeñas y ser utilizado en viviendas con mayor metraje cuadrado.	El costo del concreto premezclado es elevado dependiendo del lugar en donde se deba ir a fundir.
Las estructuras son regulares y repetitivas, lo que las hace económicas.	Es recomendable en urbanizaciones y grandes edificaciones.
Permite diseñar un gran aislamiento térmico.	
Es un sistema adaptable a condiciones de producción y construcción de tecnología sencilla.	

Fuente: elaboración propia.

### **3.2.1. Materiales y herramientas utilizados**

Los materiales que se utilizan para estos dos sistemas constructivos son los siguientes:

### **3.2.1.1. Mampostería**

- Block (diferentes medidas y resistencia)
- Sabieta (arena de río y cemento)
- Hierro
- Alambre de amarre
- Nivel de mano
- Plomada
- Tablas

### **3.2.1.2. Concreto armado**

- Cemento (de resistencia deseada)
- Arena
- Piedrín
- Agua
- Formaleta especialmente modulada
- Trickets
- Nivel de mano
- Plomada
- Hierro
- Alambre de amarre

### **3.2.2. Tiempo del proceso constructivo**

El tiempo es un factor importante en ambos métodos, se debe tomar en cuenta que el concreto reforzado es un proceso un poco más rápido si se tienen

la habilidad de modular con formaletas metálicas y si se tienen la capacidad de adquirir dichas formaletas.

De igual forma el método de mampostería es un poco más lento, especialmente si no se cuenta con el número adecuado de trabajadores o tienen poca habilidad.

### **3.3. Comparación de la calidad**

En cuestión de calidad, ambos métodos son muy buenos y cumplen con sus funciones. La calidad depende directamente de los materiales y de la mano de obra, ya que si los materiales cumplen con las especificaciones y el factor humano es calificado, se obtendrán resultados esperados en cuanto a la calidad.

#### **3.3.1. Periodo de vida útil**

El periodo de vida útil se refiere al tiempo en el cual conserva sus propiedades y este depende mucho de la calidad de los materiales, siempre y cuando estos cumplan con las normas de calidad y se construya adecuadamente con una supervisión responsable.

En el caso del concreto, se sabe que la vida útil es aproximadamente 30 a 40 años y el block es aproximadamente 25 a 35 años.

### **3.3.2. Diseño estructural**

El diseño estructural abarca el dimensionamiento y detallado de elementos estructurales, ya que este se hará de acuerdo con los criterios relativos a los estados límite de falla y de servicio establecidos.

Adicionalmente se diseñará las estructuras por durabilidad. Las fuerzas y momentos internos producidos por las acciones a que estarán sujetas las estructuras se determinarán de acuerdo con los criterios prescritos.

Según el criterio de estado límite de falla, las estructuras y elementos estructurales deben dimensionarse y detallarse de modo que la resistencia de diseño en cualquier sección sea, por lo menos cercana al valor de diseño de la fuerza o momento interno.

### **3.3.3. Propiedades termoacústicas**

La transmisión del calor dentro y fuera de una vivienda o sus partes puede disminuirse sustancialmente el calor y sonido mediante materiales que resistan el flujo térmico o mediante un tipo de construcción que logre ese propósito. Algunos materiales estructurales como la madera, la mampostería y el concreto ligero, tienen también buenas propiedades de aislamiento.

Pero en general, algunos materiales no estructurales ofrecen mayor resistencia al flujo de calor y sonido para un espesor dado y por tanto, pueden ser más económicos para muchas aplicaciones.

La mayor parte de los materiales aislantes emplean aire elástico como aislante. Algunos como el corcho, vidrio celular y las espumas plásticas,

encierran pequeñas partículas de aire en celdas. Los materiales granulados, como la piedra poma (block pómez), la vermiculita y la perlita, atrapan el aire en recintos relativamente grandes.

En la construcción, los muros con piezas huecas, se forma un espacio de aire muerto entre los muros, por esa razón el block que es hueco por dentro posee propiedades termo acústicas.

## **4. RESULTADOS ESPERADOS**

Los resultados provienen de las encuestas realizadas y estos se presentan a continuación.

### **4.1. Calidad de la construcción**

Al decir calidad de la construcción es referirse al diseño y a los materiales, ambos son de suma importancia para calificar la calidad.

La calidad es el criterio o fundamento que permite evaluar si se cumplen con las mínimas expectativas para la cual fue diseñada la construcción, en este caso a la vida útil, y la seguridad estructural, principalmente.

#### **4.1.1. Diseño**

Sin un diseño adecuado ninguno de los dos sistemas constructivos será eficiente, tomando en cuenta que el diseño es fundamental para que el sistema constructivo se comporte y responda adecuadamente.

#### **4.1.2. Materiales**

Los materiales a utilizar en el proceso constructivo de los dos sistemas son sumamente importantes en el momento de calificar la calidad de la construcción, ya que si estos no cumplen con las normas de calidad, es imposible que la construcción sea consistente, arriesgándose a que los materiales fallen por no cumplir las normas.

## **4.2. Reducción de recursos**

En toda obra los recursos son también un factor importante que se debe tomar en cuenta.

### **4.2.1. Financieros**

Al analizar recursos financieros son todos aquellos que tienen que ver con el dinero y el costo directo de la construcción.

Como se pudo analizar anteriormente, es más barato el sistema de mampostería que el sistema de concreto reforzado, si únicamente se desea construir un número pequeño de viviendas, de lo contrario es más económico el concreto reforzado, si se desean construir viviendas en masa y en serie.

### **4.2.2. Materiales**

Los materiales, también se pueden optimizar, con el objetivo de reducir recursos materiales, pero esto depende directamente de un cálculo exacto con el fin de no provocar desperdicios.

Tomar en cuenta que al decir reducción de recursos materiales no significa elegir materiales baratos de baja calidad, sino como se mencionó anteriormente, consiste en optimizar siempre y cuando los materiales sean de calidad y que cumplan con las normas y especificaciones técnicas.

#### **4.2.3. Tiempo**

El tiempo de cada sistema constructivo depende de la cantidad de viviendas que se desean construir. Como se mencionó anteriormente, si son en serie muchas viviendas, conviene hacerlas en serio de concreto reforzado, ya que en mampostería tardaría más tiempo.

#### **4.2.4. Humanos**

La reducción de recurso humano se puede observar en el sistema constructivo de concreto reforzado, ya que no se necesita mayor cantidad de mano de obra, que es lo opuesto en el sistema de mampostería, porque este sistema depende directamente de la cantidad de recurso humano.

### **4.3. Resultados de la encuesta**

Se realizaron 10 encuestas y se evaluaron los criterios de 5 empresas; proporcionándole boletas a empleados de MOTICSA, DVM construcciones, López Arquitectos, S. A., SPECTRUM y Grupo Macro.

#### **4.3.1. Cómo se realizó**

La encuesta contiene 5 preguntas básicas, cuyo objetivo es enfocarse en el criterio de los encuestados según la experiencia laboral y profesional.

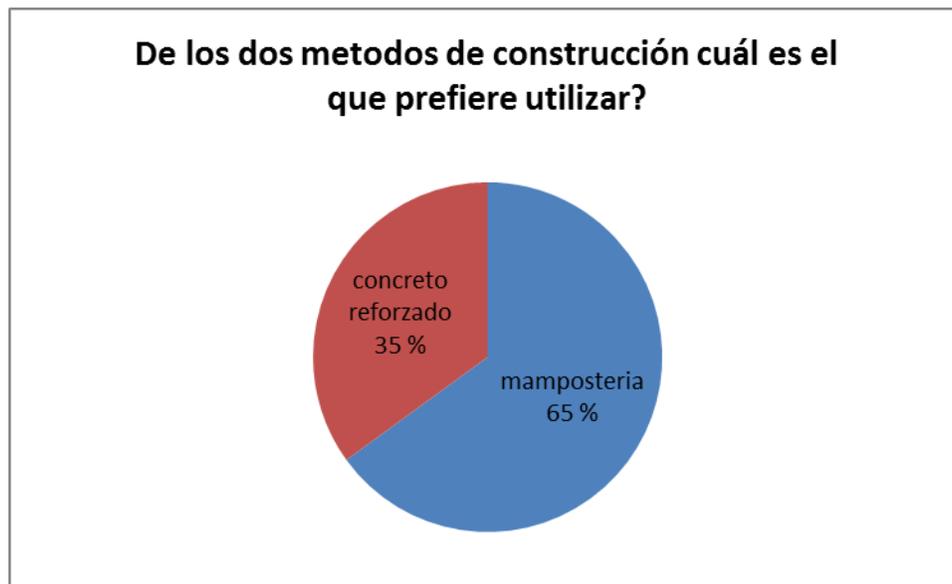
#### 4.3.2. A quiénes se realizó

La encuesta se realizó al gremio de la construcción, enfocándose principalmente a ingenieros civiles y arquitectos.

#### 4.3.3. Resultados

A continuación en las figuras 7, 8, 9, 10 y 11, se presentan las preguntas, las gráficas y su respectivo análisis.

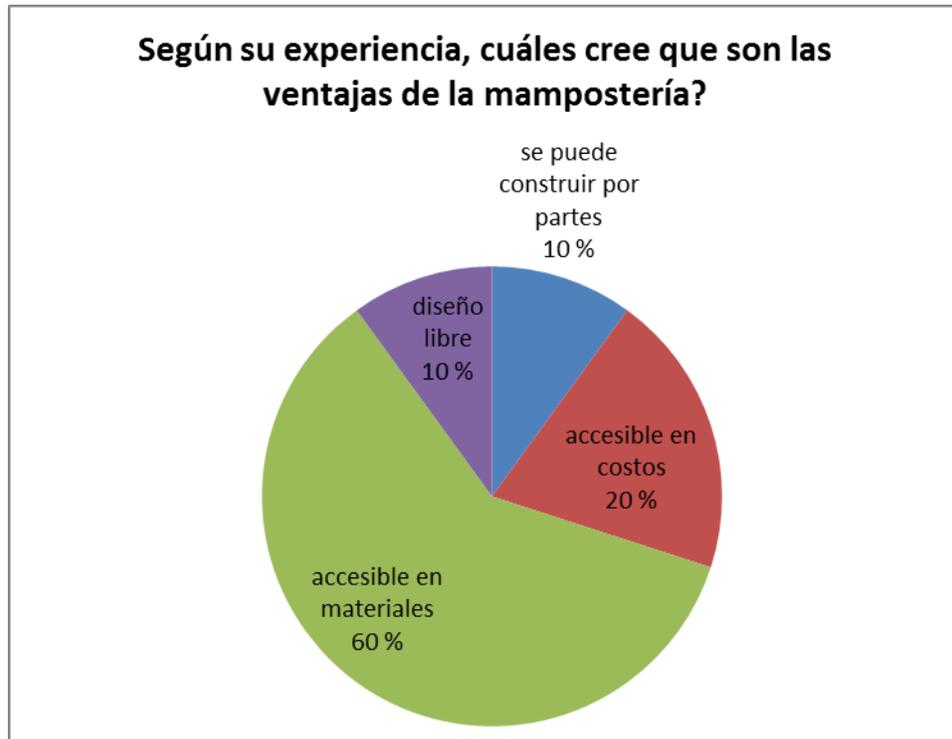
Figura 7. **Gráfica de pregunta 1**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la encuesta uno, el 65 por ciento de profesionales en la construcción encuestados prefieren la mampostería, mientras que el 35 por ciento prefieren concreto reforzado.

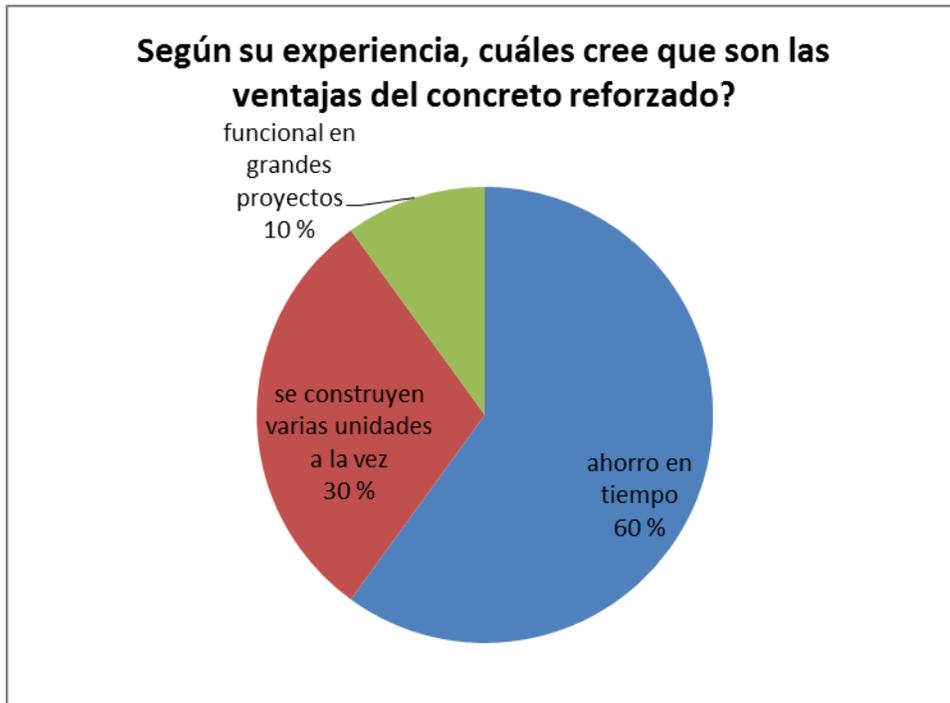
Figura 8. Gráfica de pregunta 2



Fuente: elaboración propia.

Al analizar la gráfica de la pregunta 2, se observa que el 60 por ciento de los encuestados creen que la principal ventaja por la cual prefieren la mampostería es el fácil acceso a los materiales, es decir, el block, la arena, cemento se encuentra en todos los lugares.

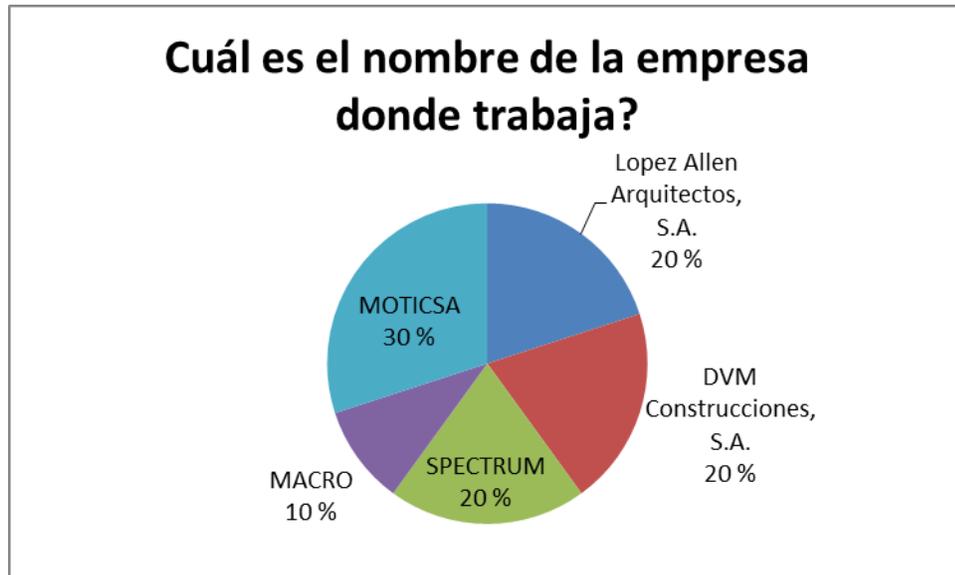
Figura 9. Gráfica de pregunta 3



Fuente: elaboración propia.

La experiencia de los profesionales que han trabajado con concreto reforzado indica que la principal ventaja es el ahorro de tiempo, estos datos se observan claramente en la gráfica de la pregunta 3.

Figura 10. Gráfica de pregunta 4



Fuente: elaboración propia.

La pregunta 4 indica las empresas de los profesionales encuestados.

Figura 11. Gráfica de pregunta 5



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar claramente en la gráfica de la pregunta 5, el 70 por ciento de los encuestados son ingenieros civiles y el 30 por ciento son arquitectos.

#### **4.3.4. Reflexión**

Como se observa en los resultados de la encuesta, en gran porcentaje del gremio de la construcción, aún prefieren el método de mampostería, ya que este les permite ejecutar proyectos que se adecúan a sus diseños y a sus necesidades, y cuenta con una mejor accesibilidad en cuanto a sus materiales.

El método de mampostería, generalmente es utilizado por profesionales individuales o pequeñas empresas que desarrollan proyectos de no más de 30 viviendas y aunque el porcentaje es mayor que el método de concreto reforzado no es de menospreciarlo, ya que según los resultados este está ganando mercado rápidamente, porque le es útil a los grandes inversionistas y empresas que buscan reponer rápidamente las necesidades habitacionales.

Para personas que desarrollan proyectos de viviendas en serie que contemplan más de 30 unidades, utilizan el método de concreto reforzado ya que esto les permite la sostenibilidad en costos de la formaleta porque la rapidez es notablemente superior al método de mampostería, permitiendo fundir un módulo completo diario.

En estratos medios y familias de escasos recursos económicos, así como en comunidades rurales y poblados lejanos de la República de Guatemala, prefieren la construcción tradicional, es decir el método constructivo de mampostería por el fácil acceso al mercado de materiales, así como en la facilidad de adquisición de mano de obra a precios menores.

En los proyectos individuales o de construcción de viviendas en el área rural, las personas que forman parte del núcleo familiar, se involucran en el

proceso constructivo, ya sea como ayudantes y hasta albañiles, lo que repercute en la reducción de costos en el rubro de mano de obra.

## CONCLUSIONES

1. Ambos métodos responden muy bien en los aspectos de resistencia, durabilidad, calidad y costo.
2. El método de mampostería es mayormente utilizado en proyectos pequeños de vivienda unifamiliar, y el método de concreto reforzado es más utilizado en proyectos de vivienda en serie, por la rapidez con la que se realiza, de esta manera los costos bajan.
3. En cuestión de calidad, ambos métodos son buenos y cumplen con sus funciones. En costo puede diferir, ya que el método de concreto reforzado es más barato al realizar proyectos en serie, y es más caro si solo se utiliza para la realización de una sola vivienda, porque el costo de alquiler de maquinaria de fundición utilizada en este método es alto. La durabilidad de ambos métodos dependerá del tipo de mantenimiento que se le dé posterior a la construcción.
4. En grandes proyectos urbanísticos es más utilizado el proceso constructivo de concreto reforzado, ya que reduce el tiempo y costos de construcción.
5. En el área rural y poblados lejanos de Guatemala se prefiere el sistema constructivo de mampostería, en virtud de que es más accesible la obtención de materiales y mano de obra.



## RECOMENDACIONES

1. Elegir el sistema constructivo según las características físicas y climáticas del área en donde se utilizará, para poder aplicar correctamente el método más apto.
2. Para proyectos pequeños, el método más aconsejable es el de mampostería, y para proyectos en serie es recomendable utilizar concreto reforzado, ambos métodos son buenos, siempre y cuando se cumplan con las normas y especificaciones técnicas establecidas para cada uno de ellos para su construcción.
3. Si se trabaja con el método del concreto reforzado, es aconsejable alquilar la maquinaria, y contar con personal capacitado para realizar esta tarea; en el caso del método de mampostería, normalmente se cuenta con cuadrillas de albañiles y el trabajo dependerá de la cantidad de personal con el que se trabaje.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. *Normas colombianas de construcción sismo-resistente*. Colombia: NSR-98, 2010. 75 p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la república de Guatemala. Guatemala: AGIES, 2010. 75 p.
3. Cámara Guatemalteca de la Construcción. Guatemala, 2013. [www.construguate.com/](http://www.construguate.com/)
4. GALLEGO H. William. *El bloque estructural en la construcción actual*. 3a ed. Guatemala: Piedra Santa, 2010. 80 p.
5. GARCÍA SOLOGAISTOA, Adolfo Bernabé. *Consideraciones generales sobre concreto reforzado*, Trabajo de graduación de Arquitecto, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura, 1994. 155 p.
6. HERRERA, Angélica María; MADRID Guillermo. *Manual de construcción de mampostería de concreto*. Instituto Colombiano de productores de concreto. Colombia: 1991. 165 p.
7. Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón. *Albañilerías armadas de bloques: diseño y construcción*. 2a ed. Santiago Ich Chile: 1991. 64 p.

8. Jürgenmattheiss. *Pichula de hormigón armado aligerado pretensado*. 3a ed. Alemania: Reverté S.A; 2010. 80 p.
  
9. SÁNCHEZ, Nestor Luis. *Proceso constructivo del concreto armado*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 64 p.