



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

TEMA: "IDENTIFICACIÓN DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCIÓN DE CASAS MODERNAS UTILIZANDO SISTEMAS Y ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN"

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos para optar por el título de Tecnólogo en Construcciones y Domótica

Profesor Guía
Arq. Daniel Puga Hermosa

Autor
Christian Santiago Acosta Hidalgo

Año
2016

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

Arq. Daniel Puga Hermosa

C. C. 1709777856

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

Christian Santiago Acosta Hidalgo
C. C.1707709406

AGRADECIMIENTOS

Mi profundo agradecimiento a mi esposa: Mónica Ruíz G., por su apoyo moral y económico.

Quiero manifestar mi agradecimiento también a la Universidad de las Américas, a su cuerpo administrativo y docente; en particular al Arquitecto Daniel Puga H. por sus valiosas aportaciones a este trabajo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi esposa, a mi madre (+) y a mi suegro (+), pilares fundamentales en mi formación personal y profesional.

RESUMEN

En el presente trabajo, se analizaron tres tipos de técnicas constructivas en las viviendas de una planta. Las técnicas a analizarse serán de tres tipos: Paneles prefabricados de hormigón, sistemas modulares de material Hormi-2 y la técnica de construcción convencional de estructuras de hormigón y mampostería de bloque.

Se estableció el análisis por dos métodos: investigación bibliográfica y visitas de campo, complementario a esto, se contactó a cuatro profesionales con experiencia en sistemas estructurales y técnicas de construcción:

- Ingeniero Pablo Borja Recalde: Consultor privado, especializado en estructuras de hormigón, acero y madera. 0995808794
- Arquitecto Julio Grijalva: Profesional constructor, actualmente ocupa el cargo de residente de obra en el conjunto “Villa florida”. 0993585009
- Arquitecta Ana de Vásquez: Gerente de producto “Casa Lista” de Mutualista Pichincha. 2395887.
- Arquitecto Luis Silva: Jefe de producción y armados “Casa Lista” de Mutualista Pichincha. 2395887.
- Arquitecto Fernando Castillo: Constructor, residente de obra en conjunto “Villa Fontana”: 0998369234

Por medio de la información proporcionada por cada uno de estos técnicos y de los resultados de la investigación teórica y práctica, se elaboraron los marcos conceptual y teórico respectivamente, en las observaciones de campo se obtuvo documentación fotográfica que respalda la explicación textual. Una vez finalizado el marco teórico, por el método de “cuadros comparativos” se extraen los datos más notables de cada una de las tres técnicas por dos tipos de análisis: Análisis cualitativo y análisis cuantitativo de donde se elaborarán las conclusiones más

importantes en los aspectos: estructural, ambiental, constructivo y de costos de construcción. En la parte de “anexos” se incluyó material que proporcionó información para el cálculo de costos.

ABSTRACT

In this paper, analyzed three types of construction techniques in the dwellings of a plant. Techniques to be tested will be of three types: prefabricated panels of concrete, material adhere-2 modular systems and conventional structures of concrete and masonry block construction technique.

The website was established by two methods: bibliographical research and visits by field, complementary to this, contacted four professionals with experience in structural systems and building techniques:

- Engineer Pablo Borja Recalde: Private consultant specialized in structures of concrete, steel and wood. 0995808794
- Architect Julio Grijalva: Professional Builder currently holds the position of resident work altogether "Villa Florida". 0993585009
- Architect Ana of Vasquez: officer of "Mutualista Pichincha", area of homes "Casa lista". 2395887.
- Architect Luis Silva: head of production and armed in the area of housing "Casa lista" of "Mutualista Pichincha". 2395887.
- Architect Fernando Castillo: Constructor, resident of work in joint "Villa Fontana": 0998369234

By means of the information provided by each one of these technical and of them results of it research theoretical and practice, is developed them frames conceptual and theoretical respectively, in the observations of field is obtained documentation photographic that supports the explanation textual. Completed once the theoretical framework, by the method of "comparative tables" most notable of each of the three techniques, data are extracted by two types of analysis: qualitative analysis and quantitative analysis of where the most important conclusions in the aspects will be developed: structural, environmental, construction and construction costs. The part of "attachments" included material that provided information for the calculation of costs.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Acero.- Aleación de hierro con porcentajes de carbono.

Adobe.- Material de construcción elaborado a base de una mezcla de barro y paja, generalmente en forma de ladrillo que ha sido anteriormente secada al sol, y que con ellos se construyen edificaciones, más que nada rurales e informales.

Agregado.- Material pétreo obtenido de las minas y con el cual se elabora el hormigón.

Arena.- Sedimentos de partículas pequeñas pertenecientes a las rocas, acumuladas en las orillas de ríos y mares empleadas en la elaboración de hormigón y mortero.

Bloque.- Material de construcción, generalmente de forma piramidal conformado por hormigón simple y que se emplea en la construcción de paredes y demás elementos de mampostería.

Cemento.- Material formado como resultado de la mezcla de caliza y arcilla básicamente, y posteriormente fundidas. Es un elemento ligante que tiene la particularidad de endurecerse significativamente al contacto con el agua, siendo este proceso de endurecimiento de carácter irreversible.

Encofrado.- Elementos tipo placa, generalmente de madera. Son de uso temporal, que cumplen con las funciones de albergar al hormigón en estado líquido hasta que haya completado el proceso de fraguado y de proporcionar al elemento estructural una forma determinada.

Hormigón.- Material de construcción conformado por agregados, agua y cemento en determinadas proporciones, que adquiere una contextura sólida y resistente.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	2
GENERALIDADES	2
1.1.- El Problema.....	2
1.2.- Idea a defender	4
1.3.- Objetivos	4
1.4.- Justificación del trabajo	5
CAPÍTULO II	6
FUNDAMENTACIÓN DEL TRABAJO	6
2.1.- Marco Conceptual.....	6
2.2. a .- Sistemas constructivos	6
2.3. b .- Factores básicos en la construcción	7
2.4.- Marco Teórico.....	9
2.4.1 Prefabricados de hormigón	12
2.4.1.1.- Descripción	14
2.4.1.2.- Procedimiento constructivo	20
2.4.2.- Sistemas de paneles modulares	32
2.4.2.1.- Descripción	33
2.4.2.2.- Procedimiento Constructivo	47
2.4.3.- Viviendas de Hormigón armado y mampostería de bloque.....	56
2.4.3.1.- Descripción	58
2.4.3.2.- Procedimiento constructivo	67
CAPÍTULO III.....	76
COMPARACIÓN DE TÉCNICAS.....	76

3.1.- Análisis cualitativo	76
3.1.1.- Análisis de factores de las técnicas estudiadas. Tabla 3.1.1.-	76
3.1.2.- Análisis de comportamientos mecánico-ambientales. Tabla 3.1.2	79
3.1.3.- Análisis de factores de construcción. Tabla 3.1.3	82
3.1.4.- Análisis de procedimientos constructivos. Tabla 3.1 4.....	83
3.2.- Análisis cuantitativo 3.2.1.- Análisis de costos. Tabla 3.2.1	83
3.3.- Metodología utilizada en el análisis de comparación	84
3.4.- Razones por las cuales se escogió la metodología.....	85
CAPÍTULO IV	86
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
REFERENCIAS	93
ANEXOS	96

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.2.1. a.- Losas de hormigón prefabricado.....	14
Figura 2.2.1 b.- Elaboración de elementos de hormigón prefabricado	20
Figura 2.2.1.c.- Mezclado de hormigón.....	20
Figura 2.2.1.d'.- Preparación de la base.	23
Figura 2.2.1 d''.- Colocación de piedra para cimiento de hormigón ciclópeo, estructuración sobre la cadena cuando el terreno no es bueno.....	23
Figura 2.2.1.e.- Construcción de la base. Apisonamiento del material.....	23
Figura 2.2.1.f.- Proceso de empedrado de la base.	22
Figura 2.2.1.g.- Impermeabilización de la base.....	22
Figura 2.2.1.h.- Colocación de la malla electro soldada.	23
Figura 2.2.1.i.- Colocación de la capa.....	24
Figura 2.2.1. j.- Plataforma terminada de hormigón.....	24
Figura 2.2.1.k.- Determinación de los ejes.....	20
Figura 2.2.1.l.- Colocación de los paneles con sus respectivos perfiles metálicos.	25

Figura 2.2.1.m.- Unión de paneles mediante perfiles metálicos. . .	26
Figura 2.2.1.n.- Colocación de las soleras.	27
Figura 2.2.1.o.- Armado de la estructura de la cubierta.....	27
Figura 2.2.1.p.- Detalle de la estructura de cubierta.....	30
Figura 2.2.1.q.- Estructuración de la vivienda (generalización)	30
Figura 2.2.1.r.- Instalaciones eléctricas (detalle).	31
Figura 2.2.1.s.- Instalaciones hidráulicas (detalle).	31
Figura 2.2.1.t'.-	32
Figura 2.2.1.w.- Proceso de estucado.....	32
Figura 2.2.2 a.- Construcción de vivienda de panel modular.....	34
Figura 2.2.2 b.- Detalle de una obra en base de paneles modulares en plena ejecución.	35
Figura 2. 2.2. c.- Detalle constructivo de paneles HORMI-2.....	40
Tabla 2.2.2 a.- Características térmicas de los tres tipos de Muros Estructurales.....	41
Figura 2. 2.2. d.- Panel simple estructural (detalle constructivo). . .	42
Figura 2. 2.2. e.- Panel estructural doble (detalle constructivo).....	43
Figura 2. 2.2. f.- Panel estructural nervado (detalle constructivo). . .	44
Tabla 2. 2.2. c.- Clasificación de las mallas de refuerzo para paneles Hormi -2.....	45

Figura 2. 2.2.g.- Malla de tipo angular para esquinas de paneles Hormi - 2.....	46
Figura 2. 2.2. h.- Cavado del terreno para el nivel de cimentación.	47
Figura 2. 2.2.i.- Acometida de agua servida.	48
Figura 2.2.2.j.- Construcción de cajas de revisión.....	48
Figura 2. 2.2. k.- Construcción de la base de la vivienda.....	49
Figura 2. 2.2. l.- Marcado de los ejes de los paneles.	50
Figura 2. 2.2 .m.- Clavado de chicotes.....	51
Figura 2. 2.2.n.- Traslape de mallas.....	51
Figura 2. 2.2.o.- Colocación de mallas mostrado en diferentes fases.	52
Figura 2. 2.2 .p.- Colocación de instalaciones.....	53
Figura 2. 2.2 .q.- Colocación de instalaciones. _.....	54
Figura 2. 2.2 q´.-Colocación de instalaciones.....	48
Figura 2. 2.2. r.- Enlucido de superficies.	54
Figura 2. 2.2.s.- Montaje de la losa.	55
Figura 2. 2.2.t.- Desarrollo de obra.	--
Figura 2.2.2 t.- Obra gris concluida.	56
Figura 2.2.3 a.- Excavación para la construcción de plintos.....	68
Figura 2.2.3 b.- Armado de la súper estructura (vigas y columnas)	69

Figura 2.2.3 c.- Estructura inmediatamente desencofrada.	69
Figura 2.2.3 d.- Armado de mampostería de bloque (detalle).	71
Figura 2.2.3 e.- Desarrollo de la construcción de mampostería de bloque.	71
Figura 2.2.3 f.- Encofrado de la losa y apuntalado del encofrado..	72
Figuras 2.2.3 g.- Detalle del proceso de armado y fundido de la losa de hormigón.	73
Figura 2.2.3 g.- Superficie alisada de la losa.	73
Figura 2.2.3 h .- Colocación de instalaciones.	74
Figura 2.2.3 i .- Detalle del avance de obra.	75
Figura 2.2.3 j .- “Obra gris” terminada.	75

INDICE DE TABLAS Y CUADROS

Tabla 2.2.2 a.- Características térmicas de los tres tipos de Muros Estructurales.	41
--	----

Tabla 2. 2.2. b.- Especificaciones del acero de refuerzo.....	44
Tabla 2.2.3 a.- Tipos de bloques huecos de hormigón y sus usos.	65
Tabla 2.2.3 c.- Resistencia a la compresión en bloques no soportantes.	66
Tabla 2.2.3 e.- Absorción en bloques de acuerdo a su clasificación por densidad.	67

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción ha ido evolucionando de manera notable, mostrando cada vez interesantes innovaciones en las técnicas empleadas para llevar a cabo la ejecución de proyectos de corta duración y que resulten económicos.

El problema de la vivienda en el Ecuador, y particularmente en la ciudad de Quito es un asunto que ha estado en permanente análisis y discusión. La extensión de la ciudad ha ido creciendo en los últimos diez años y continuará con una tendencia al alza de su expansión urbanística.

En lo referente a la vivienda de bajo costo, se ha discutido (y se está discutiendo) que técnicas constructivas son la más apropiadas para satisfacer la alta demanda de soluciones habitacionales de la población en la que siempre habrá un factor determinante para la elección de cual alternativa resulta más rentable: El costo. Últimamente se han difundido las técnicas de construcción con elementos modulares prefabricados que ofrecen un costo relativamente bajo con relación a la técnica de construcción convencional.

Por medio de este trabajo se buscará demostrar que efectivamente las alternativas de construcción en base a elementos prefabricados son una buena alternativa que ofrecerá al público comodidad, seguridad y economía, tres factores esenciales que debe ofrecer una solución habitacional.

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1.- El Problema

La industria de la construcción es una rama que evoluciona a la par de la tecnología, el crecimiento demográfico y las condiciones del ritmo de vida de los beneficiarios de esta.

Las características de toda obra dependen de múltiples factores encontrándose entre los más importantes las condiciones climatológicas, tipo de demanda, características del suelo, indicadores de costos, preferencias del usuario de acuerdo a los factores que le permitan adaptarse mejor al medio en el que le tocará desenvolverse para asegurar su subsistencia y la de su entorno familiar.

Para poder lograr este último objetivo es necesario, de acuerdo a las condiciones del suelo y de las cargas que la obra soportará durante todo el transcurso de su vida útil, incluyendo su propio peso y el de cada uno de sus componentes, obtener unos cálculos estructurales precisos, seguros y confiables, para en base a aquella información utilizar el material más apropiado que ofrezca tres beneficios importantes: economía, seguridad y calidad.

La vivienda, es un tipo de construcción al que no se le ha dedicado la correspondiente atención en el aspecto técnico, sobre todo en el entorno de la clase media - popular: Su construcción se la encarga a personal con una calificación informal y empírica, por lo general carente de los más elementales conceptos técnicos, basado en las experiencias adquiridas en construcciones pasadas. Como resultado, se obtiene la proliferación de barrios extensos conformados por viviendas que ofrecen poca seguridad a los usuarios. La condición de los mencionados inmuebles se debe más que nada a un factor muy significativo: la economía. Muchas veces por rebajar los costos que implica la ejecución de una obra en el aspecto material y logístico, el dueño de aquella

recurre al o los mecanismos más inmediatos que le permitan obtener su solución habitacional en el menor tiempo y al menor costo posible.

La vivienda es un sitio en el que se custodia el elemento más importante y valioso de la sociedad: la familia. Como tal, debe ofrecer la mayor seguridad posible, y para que este objetivo se cumpla, es necesario emplear las técnicas constructivas más adecuadas junto con los materiales apropiados, solamente así se logrará obtener unidades habitacionales seguras y confiables.

1.1.1.- Planteamiento del problema

Una vez que se ha identificado la base sustancial del problema - la construcción de la vivienda - se procederá a plantear el problema que constituirá el asunto medular de este trabajo:

Si la vivienda tiene como funciones principales el resguardo y la preservación del entorno familiar, esta debe ofrecer comodidad, estética y seguridad, siendo este último factor el más importante del cual se derivarán los otros dos restantes. Expresado de otro modo, la seguridad constituye el pilar fundamental de la construcción de unidades habitacionales y de toda obra civil.

Una vez que se ha identificado el factor principal de la calidad de los inmuebles habitacionales, es necesario hallar ahora los mecanismos disponibles para llevar a cabo la materialización de los proyectos de vivienda. Se analizará cada uno de ellos, y de acuerdo a los resultados obtenidos se determinarán los niveles de factibilidad que estos ofrezcan para de este modo poder obtener conclusiones lo más precisas y concretas posibles que permitan decidir cuál es el tipo más apropiado de construcción de unidades habitacionales.

1.1.2.- Delimitación del problema

El problema se centrará exclusivamente en tres tipos de técnicas constructivas:

- Prefabricados de hormigón.

- Sistemas de paneles modulares.
- Construcción tradicional (hormigón y bloque).

. Las unidades habitacionales serán de una planta.

Se investigará estos tres tipos de técnicas constructivas en la ciudad de Quito

1.1.3.- Formulación del problema

Una vez que ha sido enunciado, planteado y delimitado el problema de investigación concerniente a este trabajo de disertación, se plantea la siguiente interrogante:

¿Cuáles son los beneficios e inconvenientes que podrían ofrecer las tres técnicas constructivas mencionadas en el acápite anterior en la construcción de unidades habitacionales en el Distrito Metropolitano de Quito, siendo la alternativa de comparación, la técnica tradicional de hormigón y mampostería en bloque?

1.2.- Idea a defender

El principal aspecto a tomarse en cuenta en el desarrollo de este trabajo es el de encontrar las ventajas y desventajas presentes en cada una de las tres técnicas: sistemas integrales de paneles modulares (Hormi2) y elementos prefabricados de hormigón sobre el método de construcción tradicional.

1.3.- Objetivos

1.3.1.- Objetivo general

El objetivo que se persigue por medio de este trabajo es el de poder lograr la identificación precisa de técnicas alternativas a la tradicional de hormigón y mampostería de bloque, aplicadas en la construcción de unidades habitacionales de una planta en el Distrito Metropolitano de Quito.

1.3.2.- Objetivos específicos

1.3.2.1.- Determinar la fundamentación teórico-conceptual en relación con el tema a analizarse.

1.3.2.2.- Llegar a la identificación de técnicas alternativas de cimentación, construcción del sistema estructural hasta la conclusión de la obra en sí, para luego en base a ello proceder a comparar con la técnica tradicional de hormigón y mampostería de bloque.

1.3.2.3.- Estar en condiciones de identificar a las técnicas constructivas que permitan modificar el sistema actual trayendo como resultado un aporte significativo que permita la modificación de la eficiencia en los procesos.

1.3.2.4.- En base a los resultados obtenidos en la investigación, llegar a la elaboración de un análisis y determinar la técnica más favorable.

1.4.- Justificación del trabajo

1.4.1.- Justificación teórica

El presente trabajo se justifica en el aspecto teórico. Mediante su desarrollo se busca ofrecer una descripción y comparación entre dos técnicas alternativas con relación a la tradicional de cimentación, estructuración, con el empleo de paneles prefabricados.

1.4.2.- Justificación práctica

Por medio del presente trabajo se intentará ofrecer datos básicos que permitan el desarrollo práctico de la industria de la construcción mediante el empleo de técnicas alternativas que vayan en beneficio compartido tanto con los constructores como con la sociedad, principal beneficiaria de las soluciones habitacionales.

1.4.3.- Justificación metodológica

El presente trabajo se justificará en el ámbito metodológico, no necesariamente debido a la proposición de nuevos métodos o procesos constructivos, sino más que nada a la realización de la respectiva evaluación y comparación de técnicas de tipo alternativo y tradicional relacionadas con los diversos procesos constructivos.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN DEL TRABAJO

2.1.- Marco Conceptual

2.1. a .- Sistemas constructivos

2.1. a.1.- Sistema

Según la página virtual *Definición de...*, un sistema constructivo es un “*Conjunto ordenado de elementos que se encuentran inter relacionados y que actúan entre sí con un objetivo previamente establecido y determinado*”.(Definición de..., 2008)

2.1. a.2.- Sistema constructivo

Según la página virtual *Sistema constructivo*, “*Es un conjunto de elementos materiales, técnicas, herramientas, procedimientos y equipos, que son característicos para un tipo de edificación en particular*”.(Qué es un sistema constructivo, 2015)

Según la Universidad Tecnológica Nacional (U.T.N) de Buenos Aires: “*Conjunto integral de materiales y elementos constructivos combinados según determinadas reglas tecnológicas para conformar una obra completa*”.(Universidad Técnica Nacional de Buenos Aires, s.f, pág. 6)

Según Reyes Carlos:

“*Se entiende como sistema constructivo al conjunto de elementos y unidades de un edificio que forman una organización funcional con una misión constructiva común, sea esta de sostén (estructura), de definición y protección de espacios habitables (cerramientos), de obtención de confort (acondicionamiento), o de expresión de imagen y aspecto (decoración). Es decir, el sistema como conjunto articulado, más que el sistema como método*”.(Reyes, 2013, pág. 124)

2.1. a.2'.- Sistema constructivo estructural

Según el Ing. Pablo Borja:

“Es un conjunto de elementos interconectados entre sí para cumplir con la función de soportar y distribuir los pesos tanto de la propia construcción como las cargas externas que actúan sobre esta para proporcionar absoluta seguridad a sus usuarios y a su entorno circulante”.

2.1. a 2'.1.- Sistema constructivo de paneles estructurales

Según Reyes Carlos:

“Dentro de este sistema prima la utilización de paneles formados por dos mallas de acero vinculadas por tensores de alambre de acero galvanizado con una placa intermedia aislante térmica, a la que se le coloca una vez ubicados una mezcla de hormigón lanzado, para finalmente enlucir las capas interna y externa”.(Reyes, 2013, pág. 130)

2.1. a 2'.2.- Sistema constructivo de paneles prefabricados

Según Reyes Carlos:

“En este sistema se construyen módulos prefabricados en forma seriada y secuencial constituidos por paredes, piso y techo. Son módulos auto suficiente. Se utilizan siempre en dimensiones que faciliten su transporte y que puedan montarse en su lugar definitivo por medio de una grúa”.(Reyes, 2013, pág. 135)

2.1. a 2'. 3.- Sistema constructivo tradicional

Según la página virtual Sistema constructivo: *“Se entiende por sistema tradicional al que está compuesto por estructura de paredes portantes (ladrillo, piedra, bloques), u hormigón armado. Paredes de mampostería: ladrillo convencional o portante, bloques, piedra. Es un sistema de obra húmeda”.* (Qué es un sistema constructivo, 2015)

2.1. b .- Factores básicos en la construcción.

2.1. b 1.- Costo

Valor monetario que hay que cancelar por la realización de una obra material de acuerdo con sus diferentes fases de ejecución.

2.1.b 2.- Cuadrilla

Conjunto de obreros designados para llevar a cabo la ejecución de las respectivas fases de una obra.

2.1.b 3.- Elemento constructivo

Según Pyarq: *“Parte física que se integra en una obra de construcción y/o procedimiento directo empleado para conseguirla”*. (Pyarq Software libre para construcción, 2009-2011).

2.1.b 4.- Enlucido

Capa de mortero que se coloca sobre las superficies de elementos de mampostería.

2.1. b 5.- Mampostería

Sistema tradicional constructivo compuesto principalmente por muros y paramentos que cumplen diversas funciones, y que son erigidos por medio manual en la colocación de sus materiales constitutivos.

2.1. b 6.- Obra gris

Según el Ing. Pablo Borja: *“Obra que comprende la estructura del inmueble en sí (plintos, cadenas de amarre, vigas, columnas, losas)”*.

2.1. b 7.- Obra húmeda

Obra realizada a base de mezcla de hormigón por medio de bailejo y palas.

2.1.c .- Definiciones técnicas**2.1 c 1.- Cimentación**

Según el Ing. P. Borja:

“Miembro estructural que cumple con la función de receptor la carga proveniente de la edificación por medio de la columna, y distribuirla hacia su destino final, el suelo, de modo uniforme con el objetivo de no llegar a sobrepasar su resistencia final admisible”.

2.1 c 2.- Inercia

Según Timoshenko: *“La inercia en Física designa a la incapacidad de los cuerpos para salir del estado de reposo o de movimiento o variar las condiciones de ese movimiento, en forma independiente de una fuerza exterior”.* (Timoshenko, 1965, pág. 84).

2.1 c 3.- Losa

Según el Ing. P. Borja:

“Elemento estructural tipo placa que trabaja tanto a corte como a flexión, cuya función es la de soportar la carga actuante en un nivel determinado de la edificación y distribuirla a las vigas y por medio de estas a las columnas, o a las columnas directamente (en caso de que sea una losa sin vigas)”.

2.1 c 4.- Muro de corte

Según el Ing. P. Borja:

“Elemento estructural de configuración panelar que cumple con la función de resistir fuerzas horizontales derivadas de la carga cortante basal originada en la superficie terrestre por efecto de los movimientos sísmicos. Su refuerzo está en dirección perpendicular a la de la carga lateral, por lo que el panel trabajará absolutamente a corte, contrarrestando de manera efectiva los efectos de dicha carga”.

2.2.- Marco Teórico

Existen básicamente tres sistemas estructurales: Sistemas a compresión, sistemas a flexión y sistemas mixtos.

Los sistemas a compresión están condicionados de acuerdo a la altura que estos lleguen a desarrollar, pues a medida que estos ganan en altura pierden en resistencia, por lo tanto dichos sistemas son idóneos única y exclusivamente para construcciones de baja altura, por lo tanto el objeto de estudio del presente trabajo (viviendas de un solo piso) está dentro de dicho sistema.

Los sistemas a flexión y mixtos son idóneos para construcciones de altura considerable entre las cuales se encuentran los edificios y rascacielos respectivamente.

El sistema constructivo estructural está compuesto por cuatro elementos básicos:

- **Cimentación.-** Elemento estructural que cumple con la función de receptor las cargas provenientes de la edificación y transferirlas al suelo para luego distribuirlas sin que este llegue a colapsar.
- **Estructura vertical.-** Principal componente sustentable de la estructura en general y canalizador de las cargas hacia las cimentaciones. Está conformado por columnas que son su elemento principal y trabajan a tanto a flexión como a compresión.
- **Estructura horizontal.-** Componente de la estructura que recepta las cargas de la zona superficial de la misma para luego ser transferidas hacia las columnas. El elemento convencional que la conforma toma el nombre de “viga”, que recepta las cargas gravitatorias, mientras que otro elemento de importancia es el “muro de corte” que contrarresta los efectos de las fuerzas cortantes producidas por las acciones sísmicas a las que está sometida la estructura. La viga trabaja principalmente a flexión.

- **Superficie para albergar actividades.-** Componente de la estructura que constituye la región de la misma donde tienen lugar los diferentes desenvolvimientos para los cuales la edificación o inmueble están destinados. Su elemento principal toma el nombre de “losa” que es un elemento tipo placa que recepta cargas transversales a su propio plano, y debido a ello trabaja tanto a corte como a momento.

Según el criterio del Ing. Borja citado en 2.1 a 2', el sistema constructivo estructural es un conjunto de elementos que dispuestos de acuerdo a la geometría espacial del inmueble, cumplen con la función de proporcionar la debida resistencia equilibrando las cargas actuantes sobre el mismo constituidas por su propio peso, el de sus ocupantes y los elementos que alberga más las acciones de carácter sísmico – eólico, todo ello en función de un factor básico y preponderante: la gravedad.

Los sistemas de cálculo, fueren cuales fueren, están encaminados a dotar a los elementos integrantes de la estructura, de las dimensiones determinadas para que estos resistan debidamente las acciones de naturaleza gravitatoria, así como la cuantificación de material que se requiere para que en forma conjunta con la dimensión de los elementos se logre un sistema constructivo estructural óptimo y funcional que proporcione seguridad a sus beneficiarios.

Una adecuada interconexión de los elementos logrará un sistema constructivo estructural óptimo y eficiente en el que todos sus miembros trabajen en forma conjunta contrarrestando los efectos tanto de las cargas estáticas (carga permanente) como de las dinámicas (solicitaciones sísmicas). Uno de los objetivos de este trabajo será el de establecer cuál o cuáles de los tres sistemas constructivos son los más idóneos para resistir las referidas solicitaciones.

De acuerdo a lo anterior, se deberán establecer los elementos que son comunes a los tres sistemas y cuáles son los que los diferencian entre sí. Es justamente en estos elementos en donde radica la diferencia comparativa en tres factores que determinarán el tipo de construcción de vivienda que sea de mejor conveniencia: costo, calidad de la vivienda y el tiempo de ejecución de la misma. En cada uno de estos tres factores jugarán un papel importante dos aspectos: Los procesos de construcción que pueden ser de tipo artesanal, semi - industrial e industrial; y el tipo de calidad de fabricación tanto en planta industrial como en el sitio mismo de la obra. Estos aspectos serán de fundamental importancia para determinar el grado de influencia de dichos factores que permitirán llegar a una conclusión definitiva sobre el tipo de solución habitacional más conveniente, pero cabe aclarar que la última palabra la tendrá el beneficiario o propietario al que bajo ningún modo se le deberá imponer tipo de vivienda alguno.

En este subcapítulo se van a establecer tres técnicas constructivas: Técnica de elementos prefabricados de hormigón, paneles estructurales "Hormi-2", y la técnica tradicional de hormigón y mampostería de bloque del mismo material.

Cada técnica tendrá una breve explicación introductoria, a continuación se subdividirá en dos acápites: En el primero se realizará una descripción de los detalles más importantes de cada uno de ellos mientras que en el segundo se expondrá su correspondiente método constructivo en el cual en el tercer capítulo se identificarán cuatro parámetros: Materiales, mano de obra, tiempo de ejecución y costo.

2.2.1 Prefabricados de hormigón

Como se mencionó en 1.1, la vivienda es un tipo de edificación al que se le debe conceder toda la importancia en el aspecto técnico-constructivo sin llegar a subestimar su categoría, debido a que cumple la misión más importante de todas, proporcionar y garantizar el bienestar humano y familiar del entorno social. De acuerdo a lo anterior, la responsabilidad de quienes integran la rama profesional

en ingeniería, arquitectura y construcción es sumamente alta y comprometida, trayendo como resultado la constante actualización en conocimientos de las más variadas técnicas constructivas que permitan tanto diseñar como construir unidades de solución habitacional seguras, económicas y estéticas.

Los objetivos que se persiguen en la construcción de viviendas empleando la técnica de elementos prefabricados de hormigón son los siguientes:

- Economizar el elemento humano (mano de obra).
- Minimizar el tiempo de ejecución de la obra.
- Optimizar el costo de los materiales de construcción.
- Garantizar la continuidad de la ejecución del número de viviendas proyectadas.
- Obtener mayor índice de seguridad en las unidades habitacionales.
- Facilitar el incremento de la plusvalía en la vivienda.

De acuerdo entonces a los objetivos anteriormente mencionados, la aplicación de la técnica de elementos de hormigón prefabricado pretende introducir una nueva alternativa que facilite la opción de una adecuada solución habitacional que responda a los más importantes requerimientos que demande el bienestar del núcleo familiar.

Además de lo anterior, se pretende facilitar, reducir y optimizar el proceso constructivo simplificándolo de forma considerable hasta convertirlo en un proceso de “ensamblaje” que además de rápido y económico proporciona dos aspectos importantes: orden y salubridad que disminuirán significativamente el impacto ambiental que toda obra trae consigo.

Otro aspecto importante a tomar en consideración es el de que como los elementos de hormigón prefabricado al ser elaborados en planta industrial, bajo estrictas normas de calidad, garantizarán la seguridad de la obra y por ende la de sus ocupantes, cumpliendo así la vivienda con su principal función de resguardar a sus beneficiarios.

Los elementos prefabricados de hormigón, son elementos constructivos constituidos por hormigón ya sea simple o armado que son elaborados en planta industrial para luego ser transportados directamente a la obra.



Figura 2.2.1. a.- Losas de hormigón Prefabricado.



Figura 2.2.1 b.- Elaboración de elementos de hormigón

2.2.1 a: Tomada de: (Gilva S.a, s.f)

2.2.1 b: Tomada de: (Mi casa prefabricada de Hormigón, s.f)

Los prefabricados de hormigón son elementos que tienen una aplicación cada vez mayor en la conformación de los sistemas estructurales, especialmente en las regiones donde el riesgo sísmico es alto.

Entre los elementos estructurales de mayor relevancia elaborados en base a hormigón prefabricado se pueden citar entre los más importantes: paneles de muros estructurales, paneles de techo y pisos, sistemas duales muro – marco.

2.2.1.1.- Descripción

2.2.1.1.1- Principales características del hormigón prefabricado

Según Fortun Macarena, entre las características más sobresalientes de los elementos de hormigón prefabricado se pueden mencionar las siguientes:

- Gran compatibilidad de adherencia con el hormigón fabricado in situ, lo que hace que ambos elementos coaccionen perfectamente dando como resultado un buen comportamiento del sistema estructural.
 - Los elementos son rápidos y fáciles de montar en obra.
 - Son buenos aislantes acústicos y térmicos.
 - Debido a su característica de ser elementos constituidos por hormigón armado o simple, son de uso apropiado en cualquier región, sin importar las condiciones ambientales que esta ofrezca.
 - Su período de vida útil es considerablemente prolongado, debido a las características que ofrecen los materiales constitutivos del hormigón.
 - Son elaborados de tal forma que dentro de ellos puedan colocarse las instalaciones correspondientes a los sistemas hidro-sanitarios y eléctricos.
- (Fortun, 2013, pág. 134)

2.2.1.1.2.- Criterios de diseño en elementos prefabricados de hormigón

2.2.1.1.2. a.- Criterios estructurales:

Según entrevista con el Ing. P. Borja:

* Se deben determinar con la mayor precisión posible las cargas de servicio que va a soportar el inmueble en el transcurso de su vida útil.

* Los elementos deben ser diseñados tomando en cuenta las cargas de manipulación y transporte a las que los elementos serán sometidos durante el traslado de la fábrica a la obra y durante la etapa de construcción.

* Se debe poner especial atención en el proceso de empalme de los paneles entre si y al tipo de perfiles metálicos que conformarán una especie de “junta mecánica” entre ellos, puesto que es debido al grado de adherencia entre paneles y el tipo de perfil que conformen las mencionadas juntas, el funcionamiento de estas y en consecuencia el buen desempeño del sistema estructural.

* Hay que procurar que los muros y paredes sean elementos reforzados con varillas de acero, pues de este modo, los muros o paredes actuarán como “líneas de defensa” que proporcionarán al inmueble la debida resistencia para no colapsar como consecuencia de la acción de eventos sísmicos o eólicos.

* Se deben tomar en cuenta en el diseño de los encofrados y los moldes, su forma, y la influencia que estos tendrán en la contextura de los elementos de hormigón prefabricado.

2.2.1.1.2. b.- Criterios arquitectónicos:

Según entrevista con el arquitecto Julio Grijalva, el autor elaboró lo siguiente:

* El empalme entre muros, a más de ser un criterio de tipo estructural, también entra en consideración en el aspecto arquitectónico, ya que de su buen funcionamiento dependerá la configuración estética de la unidad habitacional. Una unión adecuada entre paneles garantizará el buen funcionamiento del mecanismo estructural y en consecuencia la vivienda ofrecerá seguridad y funcionalidad.

* Los elementos correspondientes a las paredes, deben ser elaborados de tal forma que el área correspondiente a las ventanas sea de unas dimensiones adecuadamente optimizadas con la finalidad de que penetre a la vivienda la mayor cantidad de luz y calor posible, proporcionando a sus habitantes condiciones confortables de desenvolvimiento y bienestar humano.

* Además de los criterios expuestos anteriormente, se deben optimizar las dimensiones de los paneles de modo tal que permitan un adecuado almacenamiento y distribución del calor. El grosor debe tener dimensiones apropiadas para que de esta forma los paneles puedan cumplir con la función de restringir la intensidad de las ondas acústicas, ofrecer resistencia a la acción del fuego, elementos corrosivos entre otros factores externos.

* El acabado final de la superficie de hormigón debe presentar un aspecto agradable, en lo posible lo más semejante al aspecto de los paneles de muestra.

2.2.1.1.3.- Especificaciones del hormigón prefabricado

Se entiende como “especificaciones” a un cierto conjunto de normativas técnicas propias de una determinada obra que garantizarán en un alto grado su calidad y eficiencia durante el transcurso de la vida útil de la misma. Vienen siendo un complemento del diseño estructural y arquitectónico de un proyecto específico que permitirán definir determinadas características particulares del mismo.

Según Fortun Macarena, entre las más importantes pueden citarse las siguientes:

2.2.1.1.3 a.- Manipulación y transporte de las piezas.- Es un aspecto muy importante a tomarse en cuenta en la ejecución de las obras. Se deben determinar y seleccionar los mecanismos apropiados que permitan un modo de transporte seguro y económico con grados de riesgo nulos, así como una correcta forma de manipulación, disposición y almacenaje de los elementos. De este modo se evitarán en lo posible pérdidas materiales, además de accidentes que pongan en riesgo la seguridad de los obreros, el presupuesto y el cronograma de ejecución del proyecto.

2.2.1.1.3 b.- Tolerancias de moldeado.- La forma de las piezas debe ser lo más optimizada posible, pues debido a lo que se mencionó en 2.2.1.2.b, las dimensiones deben ser de tal medida que permitan en lo mejor posible dotar a la vivienda de la mayor claridad de luz natural, calor solar y aislar tanto el calor como el sonido para de esta forma obtener un buen ambiente de desenvolvimiento de los ocupantes del inmueble.

(Fortun, 2013, pág. 143)

Según entrevista con el Ing. P. Borja, el autor elaboró lo siguiente:

2.2.1.1.3 c.- Diseño de la resistencia del hormigón.- Es la especificación más importante, puesto que de la resistencia del material hormigón dependerá la

estabilidad y seguridad del inmueble y en consecuencia la de sus ocupantes. La resistencia del hormigón se la determina en base a un parámetro llamado “trabajabilidad” que es el grado de facilidad de mezclado de los agregados en la lechada de agua y cemento. Esto se logra mediante la aplicación del método del “Cono de Abrahms” que consiste en obtener el asentamiento que determinará la resistencia requerida colocando en una probeta de forma cónica de 30 cm. de altura una parte de la mezcla de hormigón elaborada en el laboratorio (la fábrica en este caso). Se tomará como nivel de referencia la parte superior del cono, en ella se coloca una varilla paralela al suelo y el asentamiento se lo medirá desde la varilla hasta la superficie de mezcla que se asentó una vez retirado el cono. Si se obtiene la medida aproximada a lo que establece la normativa, el hormigón tendrá la resistencia requerida y se autorizará la respectiva fabricación.

2.2.1.1.3 d.- Tipo y calidad de los materiales constitutivos del hormigón.-

Este parámetro tendrá relación directa en buena medida con la especificación citada en el literal anterior. El material del que estará influenciada la resistencia del hormigón constitutivo de los elementos prefabricados será el agregado grueso seguido por el cemento y en menor grado el agregado fino: El agregado grueso es la parte constitutiva del hormigón que le proporciona rigidez y en consecuencia su respectivo nivel de resistencia, el cemento cumple el papel de elemento ligante entre los agregados, mientras que el agregado fino se encarga de llenar los espacios vacíos existentes entre los elementos de agregado grueso. El tamaño adecuado del agregado se lo determinará por los ensayos de granulometría y su resistencia mediante el ensayo de abrasión.

2.2.1.1.3 e.- Métodos y técnicas de fabricación.- Los elementos prefabricados de hormigón serán elaborados de acuerdo a las normas de construcción y calidad establecidas. Seguirán un estricto orden de fabricación de acuerdo a las distintas normativas y especificaciones impuestas para lograr un material eficiente, resistente y duradero que cumpla con todos los estándares de

calidad y en consecuencia garanticen la eficiencia y seguridad de la unidad habitacional.

Según entrevista con la Arq. Ana de Vásquez, el autor elaboró:

2.2.1.1.3 f.- Acabados.- La obra antes de ser entregada deberá estar limpia, sus superficies guardarán en lo posible un buen aspecto, tratando de estar a la par con los paneles de muestra. Las uniones deberán acoplarse perfectamente con los elementos que enlaza (vigas y columnas) para de este modo conformar un mecanismo dúctil que proporcione de estabilidad y seguridad al sistema estructural, y en consecuencia garantice seguridad y confianza a los usuarios de la misma.

2.2.1.1.4.-Proceso de elaboración de prefabricados de hormigón

En este subcapítulo se describirán con el mayor detalle posible los pasos a seguirse en la elaboración de concreto para los elementos prefabricados de hormigón armado con una resistencia óptima para un buen funcionamiento estructural.

2.2.1.1.4. a .- Propiedades del hormigón

De acuerdo a investigación bibliográfica, en base a Nilson Arthur:

2.2.1.1.4. a'- Plasticidad.- El hormigón es un material caracterizado por ser inicialmente plástico para finalmente llegar a un estado sólido de extremo grado de dureza y resistencia. Este proceso de evolución de estado a estado es conocido con el nombre de “fraguado del hormigón”. Gracias a esta propiedad, el hormigón al inicio de su fabricación tiene un cierto grado de fluidez, lo que le permite ser moldeado en diversas formas, siendo esta la razón de que pueda ser aprovechado en varios tipos de elementos estructurales.



Figura 2.2.1.c.- Mezclado de hormigón

Tomada de:(Alvarado, 2015)

2.2.1.1.4 a”.- Trabajabilidad.- Se conoce como “trabajabilidad” a la propiedad del hormigón en el estado de fluidez. Esta propiedad permite determinar tanto el grado de facilidad como de homogeneidad para moldear, mezclar y compactar el hormigón para llegar a la forma deseada.

2.2.1.1.4 a”’.- Durabilidad.- Se conoce como “durabilidad” a la capacidad que posee el hormigón para resistir los efectos tanto ambientales como derivados por las características de sus elementos componentes, y al trabajo que este realiza en el transcurso de su vida útil.

(Nilson, 1999, pág. 55)

2.2.1.2.- Procedimiento constructivo

Según entrevista con la Arq. Ana de Vásquez:

En el terreno que se va a llevar a cabo la ejecución del proyecto, si es que este es llano, se debe remover la capa vegetal, para posteriormente nivelar el área por medio del apisonamiento de la tierra floja, al contrario, si el sitio está ubicado en una pendiente, se debe nivelarlo por medio de la construcción de un muro longitudinal a base de hormigón ciclópeo, una vez construido el muro, en su

interior se debe colocar un relleno a base de tierra conformado por capas apisonadas de un grosor de 10 cm.



Figura 2.2.1.d'.- Preparación de la base.

Figura 2.2.1.d''

Figura 2.2.1 d''.- Colocación de piedra para cimiento de hormigón ciclópeo, estructuración sobre la cadena cuando el terreno no es bueno.

Tomadas de: (Mutualista Pichincha, s.f)



Figura 2.2.1.e.- Construcción de la base. Apisonamiento del material.

Tomada de: (Mutualista Pichincha, sf)

Luego de efectuarse la nivelación respectiva, para ambos casos (terrenos llano e inclinado), se procede a levantar la base empedrada colocando una capa de “piedra bola” de 12 cm de espesor para luego rellenar los vacíos existentes entre

el material pétreo por medio de arena y una vez que se ha cumplido este paso se vierte una pequeña capa de ese material sobre toda la superficie que cumplirá la función de “acolchonar” a la misma.



Figura 2.2.1.f.- Proceso de empedrado de la base.

Tomada de: (Mutualista Pichincha, s.f)

Una vez conformada la base, se lleva a cabo su proceso de “impermeabilización” por medio de la colocación de láminas de polietileno, en donde sus uniones deberán ser traslapadas a lo largo de 40 cm en todos sus lados. No se aceptarán plásticos destruidos, si alguno sufre severos deterioros debe reemplazárselo inmediatamente.



Figura 2.2.1.g.- Impermeabilización de la base.

Tomada de: (Mutualista Pichincha, s.f)

Luego de haberse realizado el proceso de impermeabilización, se colocará malla electro soldada (especificación R-84) con el objeto de que durante el proceso de fraguado y curado del hormigón que será vertido posteriormente, no se presenten fisuramientos causados por estas acciones.



Figura 2.2.1.h.- Colocación de la malla electro soldada.

Tomada de: (Mutualista Pichincha, s.f)

El hormigón que conformará la base de la obra deberá tener las siguientes especificaciones:

- Resistencia a la compresión: 210 Kg/cm^2
- El espesor será de 8 cm.
- Dosificación: 1 saco de cemento, 4 partes de agregado grueso (ripio) y 2 de agregado fino (arena).

En el instante del vertido del hormigón de fundición, se controlará la estabilidad de la malla procurando que esté situada en el centro de la capa de hormigón para un buen desempeño de su función de refuerzo de “temperatura”.

La plataforma constituyente de la base de la obra, deberá garantizar una correcta nivelación y un acabado paletado perfecto. La altura apropiada para que la plataforma sobresalga del terreno es de 20 cm.

Se traza el área donde se colocarán las paredes. A este proceso se lo conoce como “timbrado”, por medio del cual se determinan los ejes del inmueble tanto interiores como exteriores.



**Figura 2.2.1.i.- Colocación de la
Capa terminada**



**Figura 2.2.1. j.- Plataforma
de hormigón.**

Tomada de.- (Mutualista Pichincha, s.f)



Figura 2.2.1.k.- Determinación de los ejes.

Tomada de.- (Mutualista Pichincha, s.f)

Para iniciar con el proceso de armado, lo mejor es hacerlo desde los exteriores hacia los interiores. Se toma un perfil metálico “L”, y se colocan los paneles a ambos lados de este con su respectiva nivelación. Se continúa con el mismo proceso de confinamiento de paneles en los perfiles hasta que se llegue al “encajonamiento” del inmueble.



Figura 2.2.1.I.- Colocación de los paneles con sus respectivos Perfiles metálicos.

Tomada de.- (Mutualista Pichincha, s.f)

En este punto es necesario hacer una pausa para explicar con mayor detalle acerca de los perfiles metálicos.

Según entrevista con el Ing. P. Borja, el autor el autor expresa:

Estos elementos están fabricados en base a una aleación compuesta por aluminio y tol galvanizado que recibe el nombre de “galvalumme” y tienen un espesor de 0,45 mm. La composición del tol galvanizado es de 43,4% de zinc; 1,6% de silicio, mientras que el aluminio está en una proporción del 55%. La conformación del perfil en base a esta aleación tiene como objetivo fundamental el de dotarlo de un alto grado de resistencia a las acciones corrosivas consecuentes de las condiciones ambientales. La ventaja principal que ofrecen estos elementos constructivos, es la de que los paneles de hormigón que confluyen en su interior quedan en cierto modo “embebidos” llegando así a conformar una estructura

sólida uniforme que proporcionará al inmueble de seguridad y solidez. El aluminio del que están elaborados los perfiles debe cumplir con las normas ASTM A-792-M, AC-250 y AZ 150, normas que de acuerdo a la geometría ofrecen una adecuada resistencia a las fuerzas de interacción de los elementos que conforman el ensamblaje. Las tolerancias permitidas para estos elementos son de +/- 2mm en sentido longitudinal y +/- 1mm en sentido angular respectivamente.



Según entrevista con la Arquitecta Ana de Vásquez:

Una vez conformada la estructura “cajón”, se procede a la construcción de la cubierta. Se comienza conformando su estructura por medio de la colocación de elementos ya sean de acero o de madera, sobre las paredes, con el objetivo esencial de proporcionar soporte a las planchas de fibrocemento o de cualquier otro material que conforme el techo de la unidad habitacional. Luego de este paso, se arriostran los paneles mediante la colocación sobre sus bordes superiores de “soleras” conformadas por perfiles metálicos “U” con las mismas características de los perfiles “L”.



Figura 2.2.1.n.- Colocación de las soleras.

Tomada de.- (Mutualista Pichincha, s.f)

Luego de efectuarse el arriostramiento de los paneles de hormigón, se colocan las respectivas correas y cerchas que conformarán el sistema estructural de la cubierta.



Figura 2.2.1.o.- Armado de la estructura de la cubierta.

Tomada de: (Mutualista Pichincha, s.f)



Figura 2.2.1.p.- Detalle de la estructura de cubierta.

Tomada de: (Mutualista Pichincha, s.f)



Figura 2.2.1.q.- Estructuración de la vivienda (generalización)

Tomada de.- (Mutualista Pichincha, sf)

Luego de montada la estructura, se colocan las respectivas planchas de cubierta verificando que coincidan las ondas de las mismas una a una. Posteriormente se colocarán los marcos de las puertas y ventanas y se tratará las superficies de madera para su posterior lacado. De forma simultánea se pintarán los paneles de hormigón prefabricado.

En lo que respecta a la instalación del sistema eléctrico, se procede de la siguiente forma:

Se colocarán los cables eléctricos utilizando en lo posible cemento de contacto y procurando que estén junto a los perfiles metálicos encargados de enlazar los paneles. El material eléctrico deberá ser de un material sólido (el plásti plomo por ejemplo), luego de colocado, se lo asegurará con grapas metálicas y tornillos.

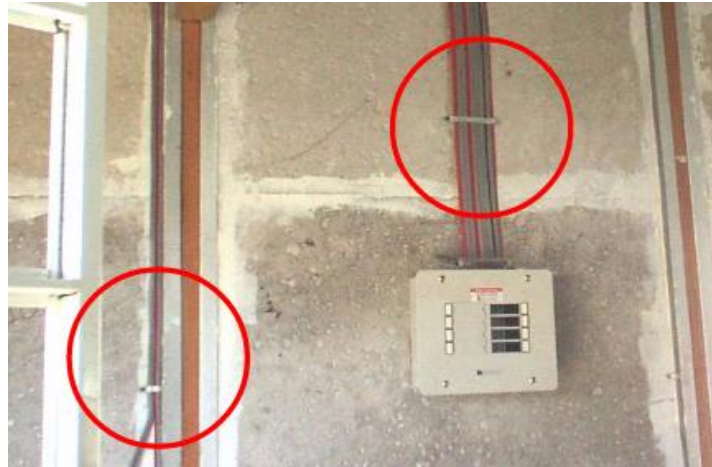


Figura 2.2.1.r.- Instalaciones eléctricas (detalle).

Tomada de.- (Mutualista Pichincha, s.f)

Para las instalaciones de agua potable:



Figura 2.2.1.s.- Instalaciones hidráulicas (detalle).

Tomada de.- (Mutualista Pichincha, s.f)

- La tubería de conexión con la red abastecedora se la colocará exterior y perimetralmente.
- Se recomienda el empleo de tuberías de cobre o de PVC.
- La tubería correspondiente a las duchas se instalará en lo posible en las esquinas de las tinas.

Para los acabados de los techos:

- Por lo general se instala “Gypsum”, fijado ya sea con estuco o fibra mineral. El “estuco” es una pasta que se obtiene como el resultado de mezclar cemento blanco, resina, calcio y agua. El proceso de “estucado” puede realizarse por medio de dos o tres capas (las que mejor convengan). Su objetivo principal es el de volver invisibles las ranuras existentes entre las uniones de las planchas.
- Las superficies de las correas de madera bien pueden quedar ocultas o expuestas.
- Las uniones entre las planchas de Gypsum se efectúan por medio de cintas epóxicas y masilla.



Figura 2.2.1.t'.- Abertura en los techos Figura 2.2.1.t''.- Relleno de las aberturas

Tomada de.- (Mutualista Pichincha, s.f)

El proceso de “estucado”, se lo realiza igual en las superficies interiores de las paredes con el mismo número de capas indicado en el enlucido de cubiertas de los techos.

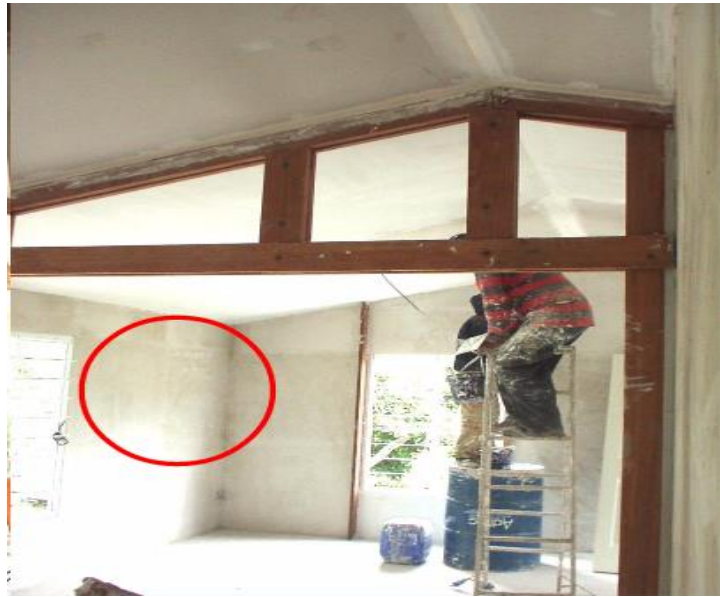


Figura 2.2.1.w.- Proceso de estucado.

Tomada de.- (Mutualista Pichincha, s.f)

Para el resto de acabados, se puede resumir lo siguiente:

En las paredes exteriores se invisibilizan las uniones entre paneles por medio de la técnica del estucado. Solo que para diferenciarla de los techos y las paredes interiores se la denomina “chafado”.

Con el objetivo de obtener una buena distribución y concentración del calor ambiental en el interior de la vivienda, se pueden forrar las superficies de las paredes interiores con paneles de poli estireno o Gypsum, siendo este último material más económico.

2.2.2.- Sistemas de paneles modulares

El conjunto de paneles modulares es un sistema constructivo pre industrializado. Se encuentra clasificado dentro de la categoría de materiales livianos de montaje “en seco” que ofrece importantes ventajas constructivas, por

lo que constituye otra buena opción en lo que respecta a la construcción de unidades habitacionales.

Según entrevista con el Ingeniero Pablo Borja, el autor elaboró los criterios siguientes:

Este sistema consiste principalmente en un conjunto de láminas plegadas que transmiten uniformemente la carga que actúa sobre la estructura hacia el suelo en donde este se encuentra instalado. Es básicamente en los pliegues de la estructura en donde radica su comportamiento con su consiguiente funcionalidad y eficiencia: Trabajando conjuntamente llegan a conformar un sistema “en cadena” en donde los pliegues constituyen los “eslabones” que distribuirán uniformemente las cargas a lo largo de este, llegando de esta forma a ser un sistema óptimo en el que todos los elementos trabajarán proporcionalmente, logrando así su completa funcionalidad y trabajabilidad con la consiguiente garantía de seguridad para sus usuarios.

2.2.2.1.- Descripción

Según Ulcuango Melissa, el autor opina: El panel estructural es un elemento que se encuentra dentro de la categoría de material de tipo “modular”. Está conformado básicamente por tiras de polietileno expandido con la principal característica de ser un material “auto extingible”. Su refuerzo está conformado en base de dos mallas de alambre de acero bidireccionales y transversales enlazadas entre sí mediante tensores de alambre de acero galvanizado que tienen como función principal la de actuar como elementos conectores entre las placas teniéndose así una junta mecánica que le llega a dotar a la estructura de un buen grado de rigidez con su consiguiente ligereza en el peso.

Finalmente el panel alberga en su interior una placa de poliestireno expandido que le otorga al panel la condición de material térmico-aislante.

(Ulcuango, 2014)

Las construcciones de panel modular trabajan como una “caja estructural”, constituyéndose así en mecanismos dotados de un alto nivel de resistencia ante las acciones de carácter sísmico o eólico. Este tipo de material además de lo anterior, ofrece la ventaja principal de facilitar el tiempo de ejecución de la entrega de proyectos, por todo ello, este sistema constructivo ha sido empleado durante más de 30 años a nivel mundial.



Figura 2.2.2 a.- Construcción de vivienda de panel modular.

Fuente.- Fotos del autor en el sitio de la obra*



Figura 2.2.2 b.- Detalle de una obra en base de paneles modulares en plena ejecución.

Fuente.- Fotos del autor en el sitio de la obra*

2.2.2.1.1- Principales características del sistema de paneles modulares

Según Ulcuango Melissa, el autor expone, entre las principales características de este sistema constructivo se encuentra las siguientes:

- El panel es un material compuesto básicamente por planchas de poliestireno expandido que conforman el núcleo del mismo. Sus caras están conformadas por mallas electro soldadas de acero galvanizado altamente resistente. Este elemento constructivo es ideal para paredes, modulares divisorios, tabiques, cubiertas en estructuras ya sean de tipo civil o industrial. Es generalmente empleado como elemento estructural portante en edificaciones de hasta 6 pisos de altura.
- El sistema de paneles modulares tiene como objetivos principales: economizar tiempo de ejecución y costos de mano de obra, así como obtener un sistema estructural unificado en el que todos sus elementos componentes trabajen de forma conjunta creando de esta forma un mecanismo de “líneas de

defensa” que doten al inmueble de un buen grado de resistencia ante las acciones de tipo sísmicas o eólicas a las que muy probablemente estará sometido durante el transcurso de su vida útil.

- Debido a la asombrosa facilidad en el proceso de armado y fabricación de los paneles, así como por su ventajoso comportamiento mecánico (su principal característica), este material constituye una muy buena alternativa para la ejecución de proyectos ubicados en zonas de severas condiciones geológicas, ambientales y climáticas, además de que los materiales constitutivos de estos elementos estructurales (polietileno y poliestireno) son los responsables de sus características de material de alta durabilidad y muy poco mantenimiento. De acuerdo con lo anterior entonces, este material ofrece un conjunto de múltiples ventajas. Entre las principales pueden mencionarse las siguientes :

- Constituye un excelente aislante acústico.
- Su período de vida útil es prolongado.
- Es un material incorruptible, debido a ello resiste a las altas inclemencias del medio ambiental en donde se halle ubicado el inmueble.
- Resiste al ataque de insectos, roedores y aire salino.
- Ofrece una excelente adaptabilidad dimensional.
- Es un muy buen aislante térmico en lo que respecta a los efectos que puede causar la emisión y circulación del vapor de agua.
- Debido a los materiales de recubrimiento de los cuales se hallan constituidos los paneles, estos se convierten en un aislante eléctrico, puesto que las mallas de acero galvanizado se encuentran herméticamente confinadas, resultando así nulo el riesgo de conductividad eléctrica.

- Ofrece total facilidad para desarmado y recuperación.
- Sus superficies ofrecen una calidad de acabado tal, que no requieren de repintado.
- Sus superficies son anticorrosivas.
- Debido a los materiales por los cuales los paneles se hallan constituidos, estos poseen un peso significativamente liviano: Una estructura de 36 metros de superficie llegará a pesar aproximadamente unos 700 Kilos, en vista de lo cual no se requiere recurrir al uso de maquinaria pesada para el transporte e instalación.
- Por su bajo peso y la reducida cantidad de materia prima que conforma los paneles modulares, se simplifica de forma muy significativa su proceso de armado, sin llegarse a requerir de herramientas especiales ni maquinaria pesada ni compleja.
- Los costos de inversión y construcción se reducen de forma considerable.
- Este material brinda un buen aspecto estético al inmueble construido en base de aquel, tanto en interiores como en exteriores.
- Este sistema constructivo ofrece una gran versatilidad : A más de soluciones habitacionales se lo puede emplear en inmuebles tales como aulas, hospitales de campaña o dispensarios médicos, oficinas provisionales montadas en campamentos de obra, invernaderos, hosterías, puestos de socorro, entre las aplicaciones más importantes.

(Ulcuango, 2014)

2.2.2.1.2.- Componentes básicos del sistema de paneles modulares

2.2.2.1.2 a.- Paneles Interiores

Baño.- Está conformado por los siguientes elementos: Lavamanos moldeado, botiquín, inodoro con sus respectivas cañerías de agua y desagües, la bañera está moldeada en el mismo panel.

Cocina.- Este panel está conformado por: La mesada, el mueble correspondiente a la mesada anterior, y la alacena.

Panel sanitario.- Este panel se encarga de albergar las instalaciones hidro-sanitarias y eléctricas. Actúa como intermediario entre el baño y la cocina.

2.2.2.1.2 b.- Paneles Exteriores

Panel puerta.- Este panel cumple con la función de albergar el marco tallado con el mismo material y su respectiva puerta.

Panel muro.- Este panel está conformado por plástico reforzado en fibra de vidrio en ambas caras, con el correspondiente núcleo de poliestireno. Están conformados por dos nervaduras laterales que cumplen con la función de conector entre paneles.

Panel techo.- Está conformado por dos láminas de plástico reforzado en fibra de vidrio. El sistema estructural responsable de su resistencia está configurado en base de nervios interiores con su correspondiente núcleo de poliestireno expandido. Este elemento se acopla con el panel muro, obteniéndose de este modo una unidad sismo resistente.

- **Panel tímpano.-** Este elemento actúa como una especie de cerramiento lateral entre los paneles techo y muro.

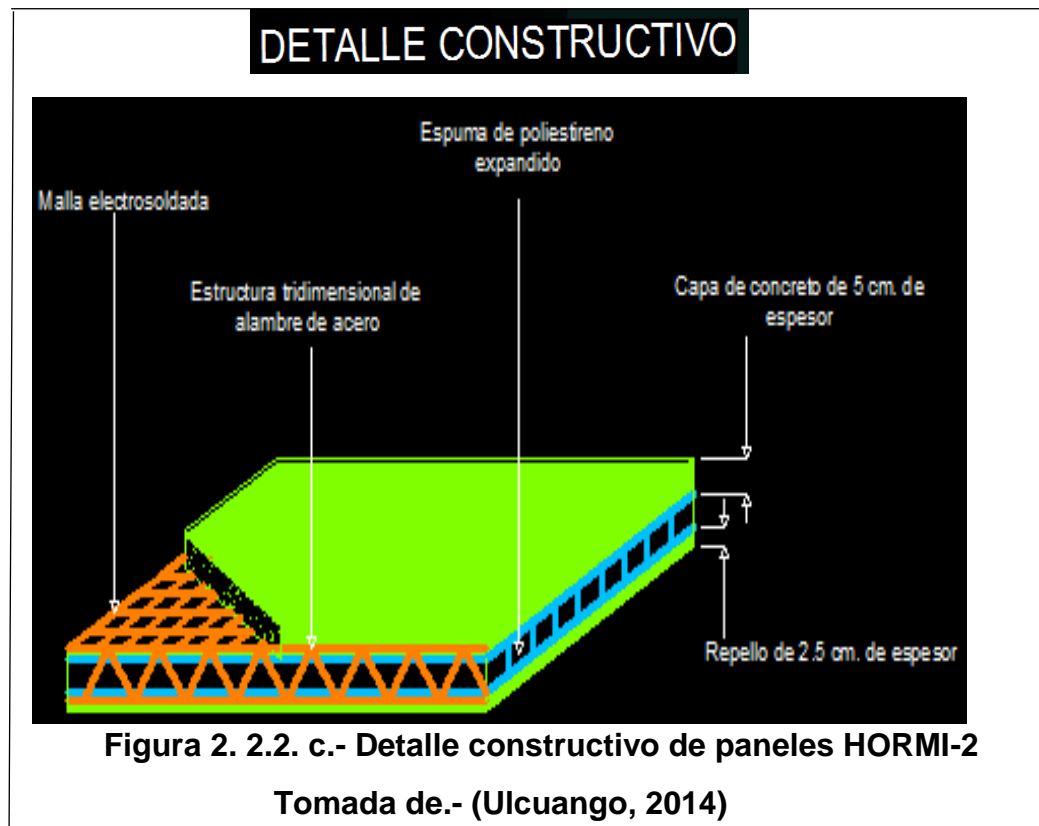
- **Panel ventana.-** Este elemento es análogo al panel muro, con la diferencia de que tiene discontinuidad en su área para poder permitir la entrada de luz y calor en el inmueble.

2.2.2.1.3.- Paneles modulares “HORMI – 2”

Este tipo de panel modular tiene similares características al convencional. El principal detalle que lo particulariza, es el de que lleva incorporado un recubrimiento compuesto por dos capas de hormigón simple: una exterior de 5 cm. y una interior de 2,5 cm. Este doble recubrimiento, además de constituir un buen aislante térmico acústico, le proporciona refuerzo estructural a la placa, y en consecuencia a todo el inmueble construido con este material.

Esta opción técnico-constructiva puede ser aplicada como solución estructural, en la construcción de viviendas de hasta dos pisos de altura, teniendo además la ventaja de poder conformar estructuras mixtas.

Otra de las características sobresalientes de este material, es la de que la tecnología y maquinaria empleada en su proceso de fabricación son reconocidas y aceptadas a nivel mundial, debido a ello, el certificado de calidad ISO9001 es otorgado a todas las fábricas que lo producen .



Para que el hormigón que constituye los recubrimientos de los paneles cumpla satisfactoriamente sus funciones y le otorgue calidad a las planchas, debe cumplir con las siguientes especificaciones:

Según Ulcuango Melissa, el autor expone:

- La relación agua / cemento en peso no deberá superar el valor absoluto de 0,52. Se incluye la humedad libre de la arena.
- La mezcla debe tener un volumen de agua relativamente bajo.
- La relación volumétrica cemento/arena deberá oscilar entre los valores absolutos de 3,5 y 4,5.

Se utilizará en calidad de aditivo, un producto plastificante que cumpla con la función de agente reductor de agua en la mezcla de acuerdo a las proporciones establecidas en el diseño.

(Ulcuango, 2014)

2.2.2.1.3 a.- Clasificación de los paneles HORMI-2

Según Hormi- 2, el autor expone los siguientes criterios:

2.2.2.1.3 a 1.- Panel simple para muro estructural.- Este panel está conformado por una doble malla de acero electro soldado, situándose entre ellas un núcleo de poliestireno expandido con un espesor que puede fluctuar desde los 4 hasta los 28 cm. junto con sus respectivos recubrimientos de hormigón simple de 5 y 2,5 cm.

Los paneles estructurales son comercializados en tres tipos de categorías. Esta clasificación es el resultado de diferentes ensayos de laboratorio encaminados a establecer rigurosos estándares de calidad en lo que respecta a comportamiento estructural, térmico y acústico.

Los tipos de paneles estructurales son tres como se muestra en la tabla que se presenta a continuación, con sus respectivas características térmicas acústicas:

Tabla 2.2.2 a.- Características térmicas de los tres tipos de Muros Estructurales.

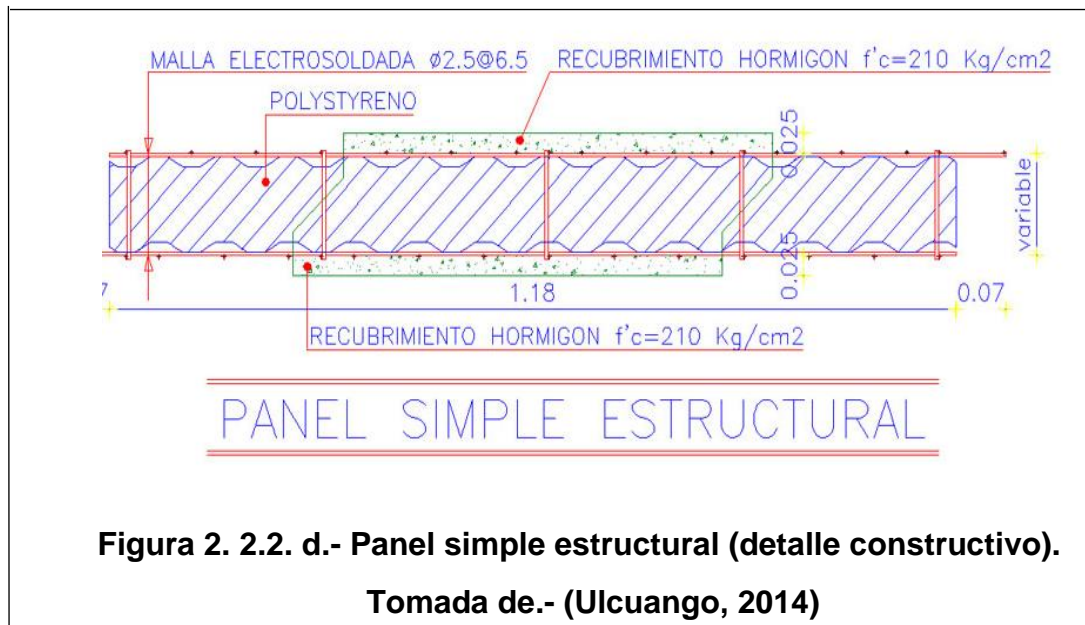
Tipo de panel	Espesor de la pared terminada (cm.)	Transmitancia (W/m^2)	Resistencia al fuego REI	Índice de aislamiento acústico (dB)
PSME 80	15	0,489	120*	45
PSME 100	17	0,360	120*	45
PSME 120	19	0,300	120*	45

Tomada de.- EMMEDUE. Memoria técnica, Sistema constructivo M2

**El CSI de Milano certifica la resistencia al fuego por 120 minutos.*

Para el caso de construcciones en las que su altura supere los seis pisos, las dos primeras plantas se construirán con el panel PSME80 y un recubrimiento de hormigón de 4cm por cara.

A continuación se muestra el esquema del detalle constructivo del panel estructural simple:



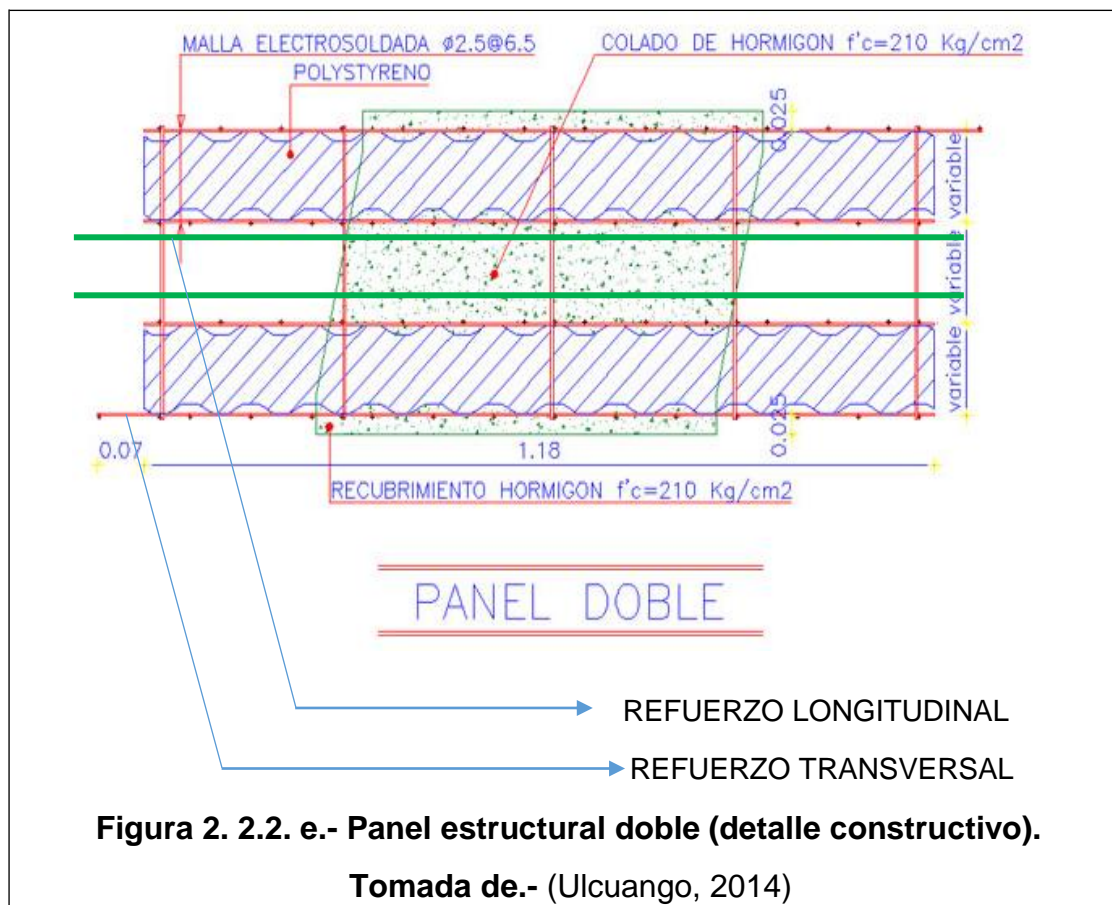
Una vez que se ha llevado a cabo el montaje de los paneles, se completará el acabado con dos capas exteriores de mortero. El objetivo de este paso es el de llegar a la obtención de paredes de tipo portante con un buen funcionamiento estructural, acústico y térmico el cual es proporcionado por las mallas electro soldadas y las capas de poliestireno, llegando a ser los recubrimientos de hormigón un refuerzo complementario que dotará de una reserva adicional de consolidación a la estructura.

La capa complementaria de mortero deberá tener una resistencia a la compresión de 210 Kg/cm^2 , y un espesor que no deberá ser menor a los 30 mm.

2.2.2.1.3 a 2.- Panel doble para muro estructural.- Es un elemento conformado por el acoplamiento de dos paneles simples a través de conectores horizontales dobles, los mismos que conforman un núcleo central en forma de cámara interior. Este núcleo se encuentra conformado por refuerzos de tipo longitudinal y transversal (los conectores), material encargado de proporcionar al

panel de un grado de resistencia superior, siendo este de mucha utilidad en regiones donde la acción sísmica es considerable.

A continuación se muestra el esquema del detalle constructivo del panel estructural doble:



Las especificaciones del acero de refuerzo son las siguientes:

Tabla 2. 2.2.b.- Especificaciones del acero de refuerzo.

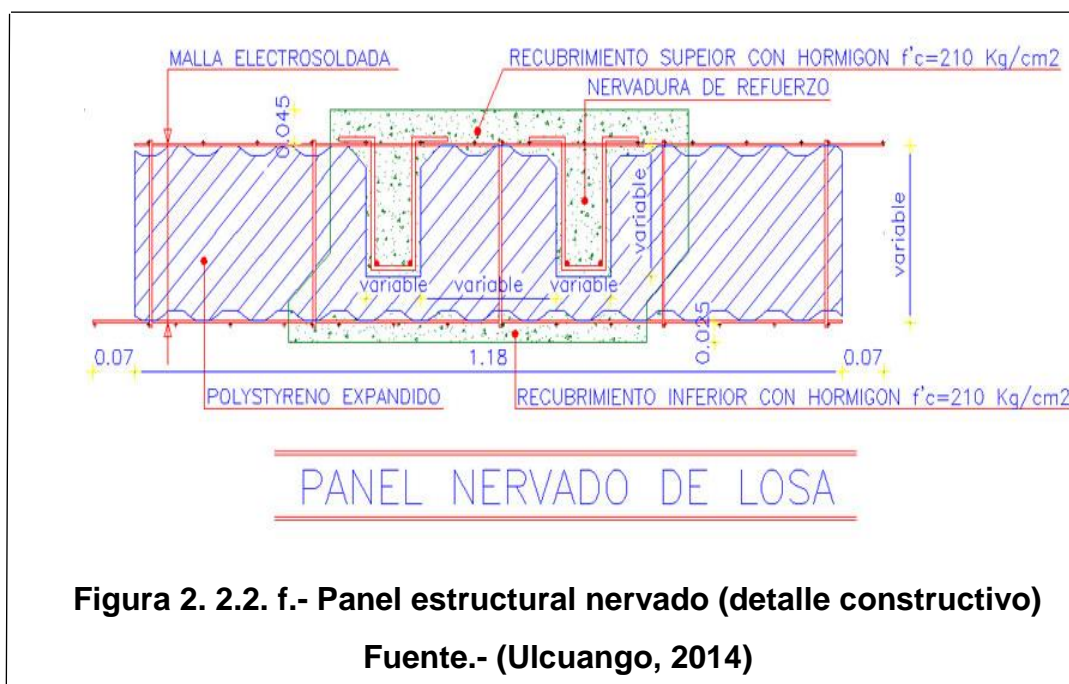
MALLA DE ACERO GALVANIZADO	
Acero Longitudinal	ϕ 2,50 @ 6,5 mm
Acero Transversal	ϕ 2,50 @ 6,5 mm
REFUERZO DEL NÚCLEO	
Conectores transversales	ϕ 3,00 @ 260 mm
Acero Longitudinal	ϕ 5,00 @ 100 mm
Acero Transversal	ϕ 5,00 @ 260 mm

Tensión característica de fluencia	$f_y > 600 \text{ N/m}^2$
Tensión característica de rotura	$f_y > 680 \text{ N/m}^2$

Tomada de.- (Ulcuango, 2014)

2.2.2.1.3 a 3.- Paneles nervados reforzados.- Son aplicados comúnmente en la construcción de techos o cubiertas de inmuebles con el objetivo fundamental de alivianar el peso que soporte la estructura. Así como en las losas nervadas de hormigón armado, que se hayan constituidas de cuatro viguetas de hormigón perpendiculares entre sí llamadas “nervios” delimitando un espacio libre pudiendo este quedar vacío, también puede ser relleno con bloques de hormigón o de espuma- Flex, cumpliendo el elemento perfectamente la función de una losa nervada convencional. Este tipo de paneles son encargados a la respectiva fábrica bajo pedido de acuerdo a los requerimientos particulares del solicitante. Una vez en obra, las aberturas adyacentes a los nervios son reforzadas en forma adecuada para luego de cumplida esta operación proceder a rellenar el espacio delimitado por los elementos nervados con lechada de mortero.

A continuación se muestra el esquema del detalle constructivo del panel nervado reforzado:



2.2.2.1.3 b.- Tipos de Mallas de refuerzo.- En este acápite se centrarán detalladamente las diferentes clasificaciones de aceros que refuerzan a los paneles de HORMI-2.

Las mencionadas clasificaciones con su respectiva función pueden resumirse en el siguiente cuadro:

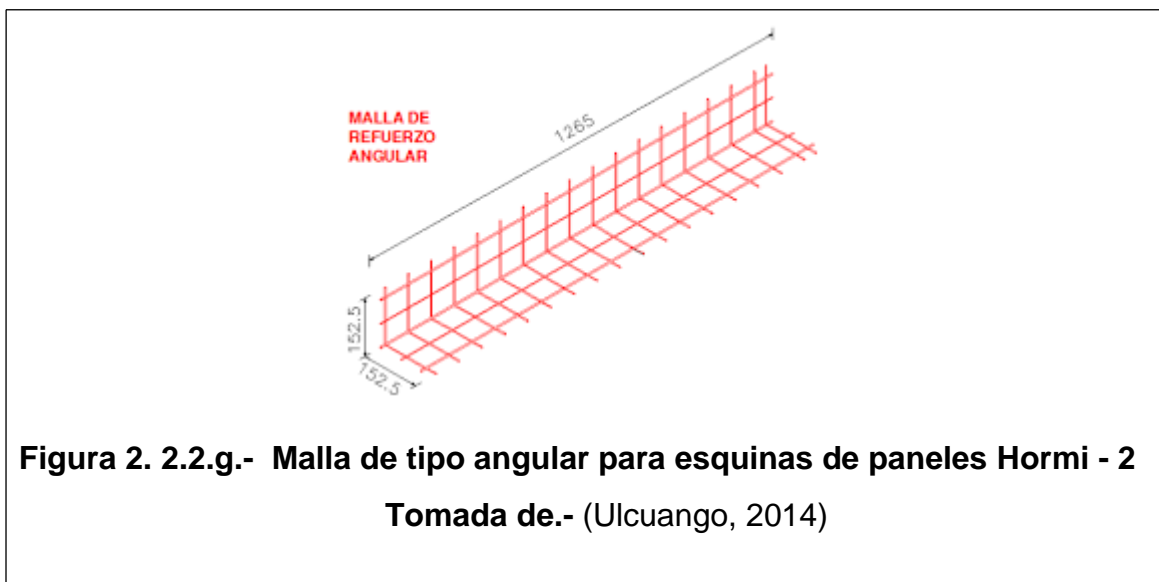
Tabla 2. 2.2. c.- Clasificación de las mallas de refuerzo para paneles Hormi-2

TIPO DE MALLA	CLASIFICACIÓN	FUNCIÓN
Angular	MA-15	Proporciona reforzamiento en las juntas “muro-losas” y “muro-muro”.
Angular	MA-25	Proporciona reforzamiento en las juntas “muro – losas”.
Plana	MAP-40	Proporciona reforzamiento en las juntas horizontales. Sirve de complemento en juntas adicionales.
Plana	MAP-25	Proporciona refuerzo en los vértices de los marcos de puertas y ventanas.
Entera	MAE-240	Proporciona reforzamiento adicional en losas.
“U” (opcional)	MAU	Asegura continuidad en los paneles en la transición entre estos y los marcos de las puertas y ventanas.

Según “EMMEDUE”: *“Las mallas son de acero galvanizado de alta resistencia, con tensión última de 700 MPa. Están conformadas por barras de diámetro 2,5 mm con una separación media de 6,5 por 6,5 cm en la dirección secundaria”.*

(EMMEDUE, 2013, pág. 5)

Las mallas sobresalen de los paneles con una longitud de 50 mm con el objetivo de que los paneles se traslapen entre sí conformando una estructura continua y sólida, con la ventaja de que no es necesario colocar elementos conectores complementarios. Para la conformación de aristas en las esquinas, se utiliza malla de tipo angular, como se muestra en la figura 2.2.2 g.



Según Ulcuango Melissa, el autor expone: En lo que respecta a la fabricación del hormigón y los morteros, el agregado grueso deberá tener una granulometría de hasta 5 mm, el cemento debe ser “Portland” de buena calidad. En cuanto a los plastificantes, estos tienen que entrar en la categoría de compuesto acelerante del proceso de fraguado, deben ser elementos hidrófugos que no interfieran en el proceso de adherencia entre las capas de aplicación entre la unión mortero-hormigón. Las proporciones de dosificación entre agregado grueso, agua y cemento, serán determinadas en función de las condiciones de los servicios que ofrecerá el inmueble, así como de su entorno natural.

También es necesario tomar en cuenta el proceso de curado tanto del hormigón como del mortero. Este proceso consiste esencialmente en crear condiciones en el hormigón que permitan su fase de fraguado con pérdidas de agua en porcentajes lo más bajos posibles durante un lapso de 24 horas posteriores de colocado.

(Ulcuango, 2014)

2.2.2.2.- Procedimiento Constructivo

Según entrevista con el arquitecto Julio Grijalva, el autor expone lo siguiente:

Una vez que el terreno ha sido delimitado y sometido a su debido proceso de limpieza, se efectúa la construcción de los cimientos que pueden ser de plinto aislado, corrido, de viga o pilote. El tipo de cimentación será de acuerdo al tipo de suelo y las cargas portantes que la estructura ejerza sobre este. Los anclajes se instalarán con anterioridad al proceso de fraguado de las cimentaciones.



Figura 2. 2.2. h.- Cavado del terreno para el nivel de cimentación.

Tomada de.- (Briceño, 2011)

Luego de construidas las cimentaciones, se efectuará la construcción de los sistemas sanitarios conectados a las respectivas acometidas de agua potable y alcantarillado.



Luego de efectuadas las obras ya citadas, se llevará a cabo la construcción de la base del inmueble, en un procedimiento semejante al de las viviendas de prefabricados de hormigón.



**Figura 2. 2.2. k.- Construcción de la base de la vivienda.
Tomada de.- (Briceño, 2011)**

Obtenida la base, se procede a trasladar los paneles con su respectivo refuerzo desde la fábrica hasta la obra. Para facilidad en el proceso de montaje, la fábrica “HORMI – 2” ha editado un catálogo codificado por colores según el tipo de panel y su respectivo espesor.

En el área de la base de la vivienda ya sea por timbrado o de forma manual, se marcan los ejes por donde irán los paneles. Estos serán de doble línea de acuerdo al espesor del panel correspondiente.



**Figura 2. 2.2. I.- Marcado de los ejes de los paneles.
Tomada de.- (Hormi-2, 2013)**

A lo largo de los ejes se clavan varillas de acero denominadas “chicotes” a una distancia de 10 cm y de forma alternada, para luego continuar con el mismo proceso de clavado a distancias más amplias (30 a 40 cm, dependiendo del diámetro de varilla a utilizarse). Los “chicotes” (anclajes) alcanzarán alturas que fluctuarán entre los 7 a 10 cm, su función es la afirmar los paneles y se fijarán a estos por medio de un pegamento epóxico utilizado especialmente en la construcción.



Figura 2. 2.2 .m.- Clavado de chicotes.

Figura 2.2.2 m'.- Detalle

Tomada de.- (Hormi-2, 2013)

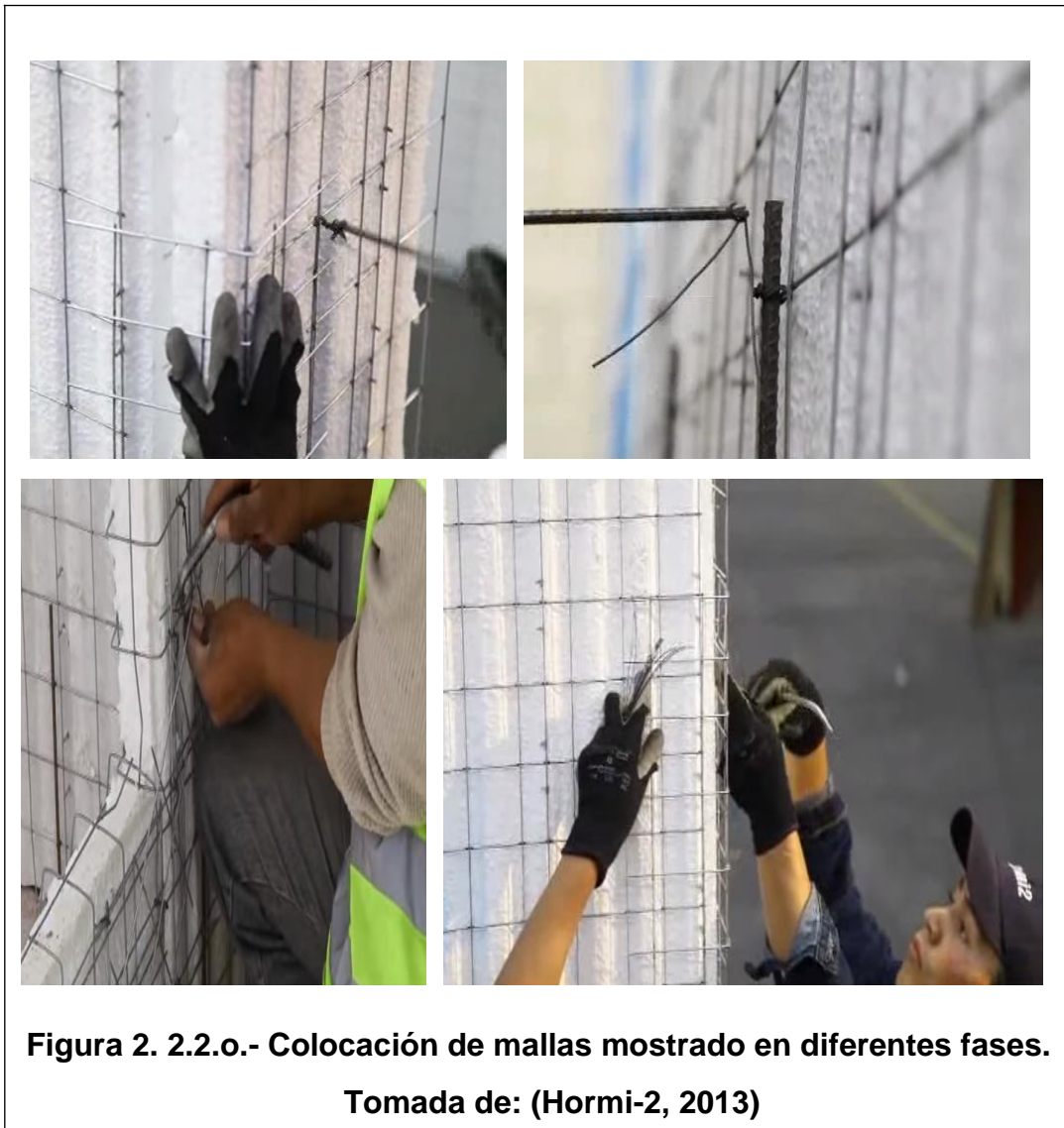
Al tiempo que se efectúa la colocación de los paneles, se traslapan los demás para ir conformando la configuración del inmueble de forma continua.



Figura 2. 2.2.n.- Traslape de mallas.

Tomada de.- (Hormi-2, 2013)

Se continúa con el desarrollo de la obra, amarrando los apoyos entre sí, efectuándose el proceso de amarre con alambre recocado. En las esquinas de las paredes se colocará refuerzo angular, realizando su ajuste cada cuatro cuadros, mientras que en las esquinas de los paneles discontinuos (donde irán las puertas y ventanas) se colocan mallas de refuerzo planas a 45° de inclinación.



Se continuarán con estos procesos hasta obtener la estructura final, para luego de ello efectuarse la instalación de los sistemas hidráulico, sanitario, eléctrico, y de conexión a internet. Para ello, se cortará la malla por medio de una sierra para metal conocida con el nombre de “cizalla” practicando las respectivas ubicaciones

de los elementos que conformarán las diversas instalaciones anteriormente mencionadas. Por medio del uso de una pistola de aire caliente se abren ranuras que vendrán siendo los conductos de las tuberías de los distintos sistemas.



**Figura 2. 2.2 .p.- Colocación de instalaciones.
Tomada de.- (Hormi-2, 2013)**



Figura 2. 2.2 .q.- Colocación de instalaciones. Figura 2. 2.2 q´.- Colocación de instalaciones

Fuente: Fotos del autor en el sitio de la obra*

Luego de colocadas las instalaciones, se efectúa el proceso de enlucido en interiores y exteriores, vertiendo hormigón lanzado en dos capas: la primera se vierte con el objetivo de cubrir la malla, mientras que la segunda se la distribuye tres horas después hasta lograr un espesor de 2,5 cm . Este hormigón se lo fabrica con agregado fino.



Figura 2. 2.2. r.- Enlucido de superficies.

Tomada de.- (Hormi-2, 2013)

Una vez concluido este paso, se procede al revoque de las superficies externas con el posterior montaje de la losa para luego hormigonarla con una capa de 5cm. Esta operación se la realiza apuntalando las losas por seguridad.



Figura 2. 2.2. s.- Montaje de la losa. Figura 2.2.2. s’.- Revoque de Losas.

Tomada de.- (Hormi-2, 2013)

Luego de que se han enlucido las losas, se retiran los apuntalamientos dándole a la losa un acabado complementario de 3 cm de espesor. Luego de efectuado este paso, se tiene la “obra gris”, y vienen los acabados estéticos, obteniéndose finalmente y en corto tiempo la vivienda terminada.



Figura 2. 2.2.t.- Desarrollo de obra.

Fuente.- Foto del autor en el sitio de la obra*.



Figura 2.2.2 t.- Obra gris concluida.

Fuente.- Foto del autor en el sitio de la obra*.

* Obra visitada: “Conjunto Villa Florida”

Dirección del Proyecto: Calle Marquesa de Solanda E5-17 y Av. Abdón Calderón a seiscientos metros antes del Colegio La Salle, vía Amaguaña.

2.2.3.- Viviendas de Hormigón armado y mampostería de bloque

El hormigón ha sido por más de 50 años el material más idóneo para llevar a cabo una gran mayoría de obras civiles garantizando durabilidad, seguridad y plusvalía en el uso de las mismas.

En lo que respecta a la construcción de viviendas, antes del hormigón, el adobe era el material tradicional para llevar a cabo su ejecución. El mencionado material constituía en una mezcla de arcilla y paja. Debido a su constitución, el adobe ofrecía un comportamiento mecánico significativamente limitado, siendo sus construcciones en consecuencia de considerable vulnerabilidad ante las acciones sísmicas y las condiciones externas del ambiente.

Con la aparición del hormigón, la construcción de viviendas resultó al comienzo una opción de alto costo que sin embargo se fue popularizando de forma paulatina hasta llegar a imponerse sobre todo en el medio urbano. Gracias a esta técnica empezó a llevarse a cabo el surgimiento de urbanizaciones y condominios que entre muchas ventajas ofrecían cómodas facilidades de pago para los compradores y una garantía confiable de la calidad del medio habitacional.

Con el correr de los años, esta técnica fue cobrando cada vez mayor aceptación, sin embargo con las sucesivas crisis económicas que se fueron dando en Sudamérica, el acero de construcción sufrió consecuentes alzas vertiginosas en su precio adquisitivo, siendo este un factor principal para impulsar investigaciones respecto al empleo de técnicas alternativo constructivas por medio de materiales que ofrezcan propiedades de resistencia al comportamiento mecánico equivalentes a las del hormigón convencional, y sobre todo, que reduzcan de forma significativa el empleo de mano de obra, otro factor que influye negativamente en el costo de construcción.

Pese a lo anterior, el hormigón y la mampostería de bloque constituyen actualmente la técnica con mayor prevalencia en la construcción, aunque en la actualidad está cobrando cada vez mayor tendencia la construcción mixta: la combinación entre estructuras metálicas y de hormigón armado que tratan de

optimizar tanto tiempo como costos de construcción, a la vez de ofrecer un aspecto estético agradable.

2.2.3.1.- Descripción

Según entrevista con el Ing. Pablo Borja, el autor elaboró lo siguiente: El hormigón simple es definido como una “roca artificial” que otorga a las estructuras solidez y resistencia ante la acción de las cargas a las que estas son sometidas durante el transcurso de su vida útil.

El hormigón es un material constituido por una mezcla debidamente proporcionada a base de cemento, agregado grueso (ripió), agregado fino (arena) y agua. Esta mezcla tiene la particularidad de volverse sólida y dura después de un determinado tiempo de haber sido preparada con la correspondiente dosificación de cada uno de sus materiales componentes.

El hormigón simple tiene un buen comportamiento ante las acciones de compresión mas no a las de tensión que es significativamente limitada. Para compensar esta desventaja, al hormigón simple se lo refuerza por medio de acero que es un material de excelente comportamiento a la tensión y que ofrece una buena adherencia con el hormigón. El acero llamado “de refuerzo”, actuará en las zonas donde se localicen acciones mecánicas de tracción, reduciendo los agrietamientos que llegarán a producirse a consecuencia de dichas acciones, facultando a la vez al hormigón a que trabaje en forma directamente proporcional a su capacidad de resistencia a los esfuerzos tensores. De acuerdo a lo anterior, se busca que todo el material en conjunto trabaje de forma satisfactoria sin que ninguno de sus componentes quede en estado pasivo.

El acero de refuerzo se lo puede emplear además en zonas de compresión de los elementos de hormigón con los siguientes objetivos: que estos adquieran una mayor reserva de resistencia a los esfuerzos en la mencionada zona, proporcionarlos de confinamiento lateral que por consiguiente aumentará su resistencia a los esfuerzos cortantes, y reducir de forma considerable las deformaciones consecuentes de la acción de las cargas permanentes.

2.2.3.1.1.- Materiales que conforman el hormigón simple

Según entrevista con el Ing. Pablo Borja, el autor expone:

Los materiales constitutivos del hormigón simple se clasifican en dos categorías: elementos activos y elementos inertes. Los elementos “activos”, constituyen el agua de mezclado y el cemento: La combinación de estos elementos dará como resultado una reacción química responsable del proceso de fraguado y endurecimiento de la mezcla de acuerdo a la resistencia requerida en el diseño.

El agua de mezclado debe ser limpia y clara, debe ser un agua blanda libre de silicatos y sustancias ferrosas.

El cemento, como se mencionó en 2.2.1.1.3 d es un material ligante entre los agregados gruesos entre sí, y entre los agregados gruesos y los finos. Existen cinco tipos de cemento que toma el nombre de “*Portland*”. En la construcción de viviendas de una planta (el caso de esta tesis), se utiliza el cemento “portland” tipo I, que es de uso general.

Los elementos “inertes”, más conocidos como “componentes agregados”, vienen siendo el “mecanismo de funcionamiento” del hormigón en sí: Como se mencionó en 2.2.1.1.3 d, el agregado grueso (comúnmente conocido como “ripio”) le proporciona el debido grado de resistencia, mientras que el agregado fino (arena) se encarga de llenar los espacios vacíos existentes entre los componentes del agregado anterior. Estos materiales, además de ser el eje del comportamiento mecánico del hormigón, conforman la mayor parte del mismo lo que da como resultado un producto relativamente barato en el cual estos logran una significativa disminución de los efectos de las reacciones químicas en el proceso de fraguado como son: el desprendimiento de energía calórica y la contracción de la lechada de hormigón al ir solidificándose su contextura de manera paulatina.

En el proceso de reacción cemento-agua, esta reacciona en aproximadamente un 35% del volumen total, llegando a disminuir en forma inversamente

proporcional a la resistencia que va adquiriendo el hormigón. Dicho en otras palabras, el mayor porcentaje de agua se encamina a dotar al hormigón fresco de un alto grado de fluidez y trabajabilidad para de este modo lograr adquirir la forma definitiva en la estructura.

La resistencia del hormigón es directamente proporcional a la relación agua-cemento: Si esta se mantiene constante, la resistencia consecuentemente se mantendrá constante, para que esto sea posible, los materiales de los que estará constituida la mezcla de hormigón deben ser limpios, consolidados, con un grado de dureza aceptable. De lo anterior se puede concluir que para lograr la resistencia requerida, se debe establecer una relación agua-cemento adecuada. Para lograr una fácil manejabilidad del hormigón en obra con una buena optimización en su costo, la granulometría de los compuestos agregados debe ser adecuadamente definida.

2.2.3.1.2.- Propiedades físico-químicas del hormigón.

A continuación se mencionarán y describirán las principales propiedades del hormigón con el objetivo de encontrar los aspectos principales que influyen en su complejidad, tiempo de ejecución y costo y en base a ello sintetizar los factores comparativos con las técnicas de paneles prefabricados de hormigón y el sistema de paneles modulares de poliestireno.

2.2.3.1.2 a.- Fraguado.- De acuerdo a la investigación bibliográfica efectuada, de acuerdo con el libro de Arthur Nilson, el autor de este trabajo, extrajo los siguientes criterios: Se conoce con el nombre de “fraguado”, a la fase en la cual la mezcla de hormigón va perdiendo su maleabilidad en forma paulatina. Este fenómeno se lleva a cabo por el contacto entre el cemento y el agua de mezclado que llega a producir una reacción química de carácter exotérmico. Como parte del proceso de “fraguado” de la mezcla de hormigón, en su fase inicial esta se va tornando cada vez menos maleable hasta llegar a un estado de endurecimiento definitivo e irreversible al concluir todas las etapas de evolución de este proceso. El lapso transcurrido a lo largo de este cambio de fases toma el nombre de

“tiempo de fraguado” que no tiene un valor fijo de precisión establecido. Pese a lo anterior, se han podido determinar tiempos estimados: La primera fase del tiempo de fraguado se la lleva a cabo en un lapso de aproximadamente 45 a 60 minutos, mientras la fase final se completa en aproximadamente un lapso de 10 horas. Cabe mencionar que es posible retrasar el proceso de fraguado del hormigón cuando existan circunstancias que lo ameriten. El retraso del tiempo de fraguado se lo puede lograr por medio del uso de aditivos “retardantes” de la mezcla de concreto, así como también se lo puede acelerar por medio del uso de aditivos “acelerantes”.

2.2.3.1.2 b.- Endurecimiento.- Es la fase inmediata a la de fraguado, está en relación directa con la solidificación de la lechada de agua y cemento en donde se produce una reacción química con la consiguiente formación de coloides semejantes a un “gel”, producto de la hidratación de los elementos constitutivos del cemento. El endurecimiento es un fenómeno muy lento, que trae como consecuencia la evaporación de un importante porcentaje de agua, descompensando de forma considerable la hidratación del cemento derivándose en una importante disminución de la resistencia final del hormigón. Para contrarrestar este problema, es necesario compensar la pérdida de agua manteniendo húmedo al hormigón mientras transcurre el proceso de endurecimiento del mismo. A este proceso de hidratación del hormigón se lo conoce con el nombre de “curado”, que se lo puede llevar a cabo por medio de riego constante de agua o la aplicación de aditivos que cumplan con la función de normalizar la hidratación.

2.2.3.1.2. c.- Permeabilidad.- Los vacíos existentes entre los agregados gruesos en ocasiones no llegan a ser completamente ocupados por el material fino ni por la lechada agua-cemento, a más de que el agua de mezclado del hormigón llega a evaporarse inevitablemente. A consecuencia de este fenómeno se forma una gran cantidad de huecos que merman la resistencia que requiere el

hormigón. Se puede entonces afirmar que es necesario disminuir la permeabilidad del hormigón existiendo varios procedimientos para lograr este objetivo entre los cuales pueden mencionarse los más importantes: Emplear agregado grueso cuya granulometría tenga un grado de compacidad tal que permita reducir el número de vacíos en el hormigón; distribuir la mezcla de hormigón mediante el empleo de vibradores con la finalidad de que distribuya equitativamente el material y compacte la mezcla en forma simultánea consiguiendo de este modo eliminar las burbujas de aire en un porcentaje significativo; fabricar el hormigón procurando proporcionar el agua y cemento adecuadamente de forma tal que su relación sea considerablemente baja para de esta forma disminuir el número de espacios vacíos entre elementos agregados y así obtener la resistencia requerida. De lo anteriormente expuesto, se puede concluir que la permeabilidad del hormigón es inversamente proporcional a la resistencia del mismo: la resistencia aumenta a medida que la permeabilidad disminuye.

(Nilson, 1999, págs. 72-78)

2.2.3.1.3.- Ventajas del hormigón

Según entrevista con el Ing. Pablo Borja, entre las múltiples ventajas que ofrece este material pueden citarse las siguientes:

- * El hormigón en su estado inicial, es un elemento que tiene un alto grado de fluidez, lo que le permite moldearse a las más diversas formas arquitectónicas.
- * Tiene un alto índice de durabilidad.
- * Su período de vida útil es prolongado.
- * Es un material que ofrece alta resistencia a las acciones del fuego (puede resistir hasta los 600°C).
- * Ofrece un alto grado de resistencia a los esfuerzos de sollicitación de carácter mecánico.
- * No requiere de mantenimiento permanente.

2.2.3.1.4.- Desventajas del hormigón.-

- * Es un material pesado (2400 Kg/m^3).

* Los elementos arquitectónicos no estructurales llegan a constituir una carga estructural adicional que en caso de suscitarse un sismo, la estructura llegaría a adquirir una alta tendencia inercial siendo altamente propensa a colapsar.

* El tiempo que tarda en adquirir la resistencia requerida es relativamente largo: 28 días.

* Su proceso de construcción es largo y complejo.

2.2.3.1.5.- Bloques de hormigón

Se define como “bloque” a una pieza constructiva hueca en forma de paralelepípedo prefabricada destinada a la construcción de mampostería. Sus componentes básicos son: cemento, áridos gruesos y finos; los mismos que debidamente mezclados son vibro apisonados y están en el molde por segundos durante el tiempo que dura la vibración de la máquina.

Las dimensiones exteriores de un bloque convencional de hormigón son de 20x20x40 cm y sus densidades están comprendidas entre 1700 Kg/m³ y 2200 Kg/m³. Los bloques de las medidas citadas anteriormente son empleados de forma general en la construcción de paredes exteriores e interiores de viviendas.

Los agujeros de los bloques tienen como objetivo facilitar la formación de conductos por donde irán los elementos constitutivos de las instalaciones eléctricas e hidro-sanitarias y para el confinamiento de columnas.

2.2.3.1.5 a.- Ventajas de los bloques de hormigón

Según el Arq. Julio Grijalva, entre las ventajas que ofrece este material se puede mencionar las siguientes:

- Construir mamposterías con el uso de bloques de hormigón, proporciona facilidades relativamente económicas por la aceptable brevedad en su transporte, almacenamiento y trabajo; sus medidas son relativamente exactas y uniformes, son de aceptable resistencia y durabilidad, su desperdicio tiende a cifras menores y generalmente es ocasionado por descuido en el transporte y manipulación de los mismos.

- Se pueden encontrar fácilmente en cualquier punto de acopio en la ciudad.
- Se economiza el volumen del mortero de asiento.
- Los espacios vacíos de los bloques permiten que estos sean rellenos con material aislante que puede llegar a contrarrestar significativamente los efectos acústicos.
- Se emplean menos unidades por metro cuadrado que el ladrillo convencional.
- A las mamposterías de bloque se les da poco mantenimiento, son elementos durables y resistentes a las condiciones ambientales.
- Las cavidades de los bloques se pueden aprovechar para alojar en ellas las instalaciones eléctricas e hidro sanitarias. Su existencia facilita en buena medida la instalación de los mencionados sistemas a diferencia del ladrillo donde se debe picar.
- Es un material de gran versatilidad: Se puede emplear tanto en la construcción de viviendas de bajo como de alto costo, edificios de mediana y gran altura, estructuras industriales, comerciales, etc.
- En zonas de clima cálido, refresca el ambiente en forma considerable.

2.2.3.1.5 b.- Desventajas

Así como en todo material, los bloques de hormigón también presentan algunos inconvenientes entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- La construcción de mampostería estructural armada, genera la formación de placas portantes que dificultan cualquier procedimiento de modificación alterando los factores tiempo y economía.

- La construcción de paneles de mampostería de bloque reforzados, requiere un estricto y sistemático control fiscalizador ante otros sistemas constructivos.
- Si no se le saca el mayor provecho a la modulación horizontal y vertical, se producen consecuentes en los aspectos estéticos, y se altera el tiempo de finalización de la obra con modificaciones en el costo de la misma.
- Las mamposterías de bloque de hormigón son elementos pesados que crearán un factor de inercia alto que incidirá en el comportamiento estructural del inmueble.

2.2.3.1.5 c.- Tipos de bloques huecos de hormigón

Según la norma técnica INEN 638, los bloques se clasifican en los siguientes tipos con su respectivo uso:

Tabla 2.2.3 a.- Tipos de bloques huecos de hormigón y sus usos.

Tomada de: (INEN, 1993)

TIPO DE BLOQUE	USO
<i>A</i>	<i>Paredes exteriores de carga, sin revestimiento.</i>
<i>B</i>	<i>Paredes exteriores de carga, con revestimiento. Paredes interiores de carga, con o sin revestimiento.</i>
<i>C</i>	<i>Paredes divisorias exteriores, sin revestimiento</i>
TIPO DE BLOQUE	USO
<i>D</i>	<i>Paredes divisorias exteriores, con revestimiento. Paredes divisorias interiores, con o sin revestimiento.</i>

2.2.3.1.5 d.- Dimensiones de los bloques huecos de hormigón

Según la norma técnica INEN 638, los bloques deben tener las dimensiones que se indican en la tabla:

Tabla 2.2.3 b.- Dimensiones nominales y reales de los bloques huecos de hormigón.

	DIMENSIONES NOMINALES	DIMENSIONES REALES
--	------------------------------	---------------------------

	<i>largo</i>	<i>ancho</i>	<i>alto</i>	<i>largo</i>	<i>ancho</i>	<i>alto</i>
A,B	40	20,15,10	20	39	19,14,9	19
C,D	40	10,15,20	20	39	9,14,19	19
E	40	10,15,25	20	39	9,14,24	20

Tomada de: (INEN, 1993)

2.2.3.1.5 e.- Especificaciones de los bloques de hormigón (INEN 643)

- Los bloques deben ser elementos macizos, libres de grietas, fisuras y demás detalles defectuosos que influyan negativamente en la construcción de elementos de mampostería trayendo como consecuencia directa de ello disminuciones significativas en su resistencia. Sin embargo, se aceptarán bloques huecos que presenten pequeñas fisuras ya bien sea como resultado del proceso de fabricación o de la manipulación originada en el transporte, almacenaje y distribución de los mismos.
- En obra, solo el 50 % del lote de bloques despachado a ella podrán presentar pequeñas fallas de fisuramientos, las mismas que no llegarán a superar los 25 mm de longitud en cualquier sentido.
- Los bloques entregados en obra deberán cumplir con las resistencias a la compresión establecidas en las tablas que se muestran a continuación:

Tabla 2.2.3 c.- Resistencia a la compresión en bloques no soportantes.

<i>Descripción</i>	<i>Resistencia a la compresión (MPa*)</i>
<i>Promedio de 3 bloques</i>	4,00
<i>Bloque individual</i>	3,50
1 MPa = 10,2 Kg/cm ²	

Tomada de.-
(INEN
,
2014)

Tabla 2.2.3 d.- Resistencia a la compresión en bloques soportantes.

Tomada de.- (INEN, 2014)

Descripción	Resistencia a la compresión (MPa*)
<i>Promedio de 3 bloques</i>	6,00
<i>Bloque individual</i>	5,00
1 MPa = 10,2 Kg/cm²	

Los índices de absorción de agua admisible en los bloques de hormigón son los que se indican a continuación:

Tabla 2.2.3 e.- Absorción en bloques de acuerdo a su clasificación por densidad.

Tomada de.- (INEN, 2014)

Tipo	Densidad (Kg/m³)	Absorción de agua (Kg/m³)
<i>Liviano</i>	< 1680	290
<i>Medio</i>	1680 hasta 2000	240
<i>Normal</i>	>2000	210

2.2.3.2.- Procedimiento constructivo

Según entrevista con el Arq. Fernando Castillo, el autor expone:

Al igual que en las técnicas anteriores, se procede con la respectiva limpieza del terreno para el correspondiente trazado de los ejes de referencia. Para el proceso de replanteo se toman dos ejes ortogonales entre sí y a partir de ellos se toman las medidas correspondientes en el plano.

Una vez cumplido este paso, se procede a realizar la delimitación de los ejes.

Luego de definir los ejes, siguiendo su dirección y tomando como nivel de referencia la superficie del terreno, se cavan zanjas a la profundidad determinada en el estudio de suelos, que es donde irá la sub estructura de la vivienda.

Se levantará el refuerzo de la sub estructura (cimentaciones), anclándose a los plintos las varillas de acero correspondiente al refuerzo de las columnas.



Figura 2.2.3 a.- Excavación para la construcción de plintos.

Fuente.- Foto del autor en el sitio de la obra*.

Una vez hormigonada y conformada la sub estructura, se colocará en ellas una capa de mezcla conformada por mortero y un aditivo llamado “hidrófugo” con el fin de impermeabilizar tanto la sub como la súper estructura (vigas-columnas) de las acciones de los fenómenos osmóticos de absorción de la humedad del suelo. A ras del nivel del terreno se armarán las cadenas de amarre para posteriormente fundirlas y permeabilizarlas también.

Luego de la sub estructura se arma la súper estructura y se la funde.



Figura 2.2.3 b.- Armado de la súper estructura (vigas y columnas)

Fuente.- Foto del autor en el sitio de la obra*.



Figura 2.2.3 c.- Estructura inmediatamente desencofrada.

Fuente.- Foto del autor en el sitio de la obra*.

Para el proceso de construcción de mamposterías, las cadenas de amarre deben ser totalmente estables: Su anchura tendrá que ser mínimo dos veces la del bloque.

Se realizará el replanteo de los muros por medio del procedimiento conocido como “hilada en seco”. Esto se efectúa colocando los bloques (sin mezcla de mortero todavía) separados uno del otro la distancia de 1 cm (3/8 pulg.) que será

la que ocupe posteriormente la mezcla de mortero. Una vez conformado este “pre-muro”, se trazará una línea a cada lado como ejes de referencia.

Una vez que se haya referenciado la planta en su totalidad, se desmontarán las hiladas en seco y se preparará la mezcla de mortero respectiva, luego de ello, se humedece un tramo la superficie delimitada con agua para luego extender sobre ella una capa de mortero de 1 pulgada (2,54 cm), aplicar en la capa de mortero con la punta del bailejo en forma de “V” con la finalidad de lograr una distribución uniforme del mortero sobre la superficie.

Luego de que se haya conformado la hilada de base, con la ayuda de un hilo guía se coloca la mezcla de mortero únicamente en los bordes longitudinales del bloque conformando así un par tanto de fajas horizontales como verticales sobre la cara del bloque con el objeto de enlazarse al bloque contiguo para de este modo reducir en cierta forma los efectos de la reacción exotérmica producida en el proceso de fraguado de la mezcla.

Se repetirá este paso en todos los bloques de la hilera, ajustando los bloques, cortando en lo posible el exceso de mezcla sobrante.



Figura 2.2.3 d.- Armado de mampostería de bloque (detalle).

Fuente.- Foto del autor en el sitio de la obra*.

En la colocación de la hilera siguiente, se debe aplicar una capa de mortero de una pulgada de grosor a lo largo de la parte superior de la hilera matriz.

Siempre guiándose con el hilo, se continúa armando la pared hasta su acabado final.



Figura 2.2.3 e.- Desarrollo de la construcción de mampostería de bloque.

Fuente.- Foto del autor en el sitio de la obra*.

Luego de que se han conformado las estructuras y se han confinado los paneles, se procede al armado de la losa. Primeramente se debe conformar el encofrado con su respectivo apuntalamiento.



Figura 2.2.3 f.- Encofrado de la losa y apuntalamo del encofrado.

Fuente.- Foto del autor en el sitio de la obra*.

Se procede al armado del refuerzo de la losa y a su posterior fundición. En las figuras 2.2.3 g, se muestran detalles del proceso de armado.



Figuras 2.2.3 g.- Detalle del proceso de armado y fundido de la losa de hormigón.



Figuras 2.2.3 g.- Detalle del proceso de armado y fundido de la losa de hormigón.

Fuente.- Foto del autor en el sitio de la obra.**



Figura 2.2.3 g.- Superficie alisada de la losa.

Fuente.- Foto del autor en el sitio de la obra*.

Se procede a colocar las instalaciones eléctricas e hidro sanitarias.



Figura 2.2.3 h .- Colocación de instalaciones



Figura 2.2.3 i .- Detalle del avance de obra.



Figura 2.2.3 j .- “Obra gris” terminada.

Fuente.- Foto del autor en el sitio de la obra*

* Obra visitada: Proyecto “Villa Fontana”

Ubicación: Carcelén, Calle Cordero y José Ordoñez, tras el Colegio Einstein.

** Conjunto habitacional Monte Sol

Dirección: Uruguay y Pastaza Cayambe

Contacto: Arq. Daniel Chávez, Teléfono: 0995351005

CAPÍTULO III
COMPARACIÓN DE TÉCNICAS

3.1.- Análisis cualitativo

3.1.1.- Análisis de factores de las técnicas estudiadas. Tabla 3.1.1.-

DETALLE	TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS			
	TRADICIONAL	HORMI-2	PREFABRICADO	OBSERVACIONES
Cimentación	Vigas, columnas, nervios, plinto aislado, cadena de amarre, viga de cimentación, pilotes o zunchos.	Base uniforme : Losa de cimentación, la misma que se extiende en el área de ocupación del inmueble	Base uniforme: Losa de cimentación, idéntica a la de la técnica de "Hormi-2".	Para los tres sistemas se requiere el correspondiente estudio de suelos.
Sistema estructural	Mecanismo viga-columna	Paneles conformados por láminas de poliestireno confinadas por malla de acero electro soldado, unidos mediante la misma malla.	Paneles prefabricados de hormigón unidos mediante perfiles metálicos.	Los paneles se encuentran enlazados mediante perfiles metálicos.

DETALLE	TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS																																																																			
	TRADICIONAL	HORMI-2	PREFABRICADO	OBSERVACIONES																																																																
Mampostería	<p>Paneles de bloque o ladrillo, unidos con mezcla de mortero.</p> <p>Dimensiones del panel: 15, 20, 25 cm (ancho de los bloques que lo conforman, ver tabla A2) por 1cm de recubrimiento de mortero en ambos lados.</p>	<p>Paneles de malla electro soldada con capa de poliestireno entre las dos parrillas y capas de recubrimiento de hormigón simple.</p> <p>Dimensiones del panel: 6 m (largo); 120 cm (ancho); 50 -140 mm (espesor de la plancha de poliestireno; 30 mm (recubrimiento de hormigón por lado).</p> <p>Fuente.- Información proporcionada por Arq. Julio Grijalva.</p>	<p>Paneles de hormigón armado fabricado en Planta. Sus dimensiones son:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>PANEL</th> <th>LARGO CM</th> <th>ANCHO CM</th> <th>GROSOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A97</td><td>97</td><td>97</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>A72</td><td>97</td><td>72</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>A48</td><td>97</td><td>48</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>A24</td><td>97</td><td>24</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>A2</td><td>24</td><td>24</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>A4</td><td>48</td><td>24</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>A5</td><td>72</td><td>48</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>A7</td><td>72</td><td>24</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>A8</td><td>72</td><td>72</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>A9</td><td>48</td><td>48</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>C3</td><td>97</td><td>48</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>C48</td><td>97</td><td>24</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>C72</td><td>72</td><td>48</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>D36</td><td>97</td><td>36</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>D72</td><td>72</td><td>36</td><td>3,2</td></tr> </tbody> </table> <p>Tomada de .- (Mutualista Pichincha, s.f)</p>	PANEL	LARGO CM	ANCHO CM	GROSOR	A97	97	97	3,2	A72	97	72	3,2	A48	97	48	3,2	A24	97	24	3,2	A2	24	24	3,2	A4	48	24	3,2	A5	72	48	3,2	A7	72	24	3,2	A8	72	72	3,2	A9	48	48	3,2	C3	97	48	3,2	C48	97	24	3,2	C72	72	48	3,2	D36	97	36	3,2	D72	72	36	3,2	<p>En este trabajo se particulariza con el uso de bloques de hormigón, sin embargo, se puede optar por los ladrillos.</p>
PANEL	LARGO CM	ANCHO CM	GROSOR																																																																	
A97	97	97	3,2																																																																	
A72	97	72	3,2																																																																	
A48	97	48	3,2																																																																	
A24	97	24	3,2																																																																	
A2	24	24	3,2																																																																	
A4	48	24	3,2																																																																	
A5	72	48	3,2																																																																	
A7	72	24	3,2																																																																	
A8	72	72	3,2																																																																	
A9	48	48	3,2																																																																	
C3	97	48	3,2																																																																	
C48	97	24	3,2																																																																	
C72	72	48	3,2																																																																	
D36	97	36	3,2																																																																	
D72	72	36	3,2																																																																	
Instalaciones eléctricas e hidro sanitarias.	<p>Se deben practicar ranuras en paredes. (Ver figura 2.2.3 h).</p>	<p>Se deben practicar ranuras en paneles. (Ver figuras 2.2.2 p, 2.2.2q y 2.2.2 q').</p>	<p>Van fijas a las juntas entre paneles. (Ver figuras 2.2.1 r y 2.2.1 s)</p>	<p>En el sistema “prefabricado”, las instalaciones hidráulicas van en forma exterior y perimetral.</p>																																																																

DETALLE	TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS			
	TRADICIONAL	HORMI-2	PREFABRICADO	OBSERVACIONES
Cubiertas	Losa de hormigón, poliuretano o madera.	Cubiertas de paneles "Hormi-2" (poliestireno expandido).	Poliuretano, estructura metálica o madera.	La madera puede ser un material opcional: Es un material el cual hay que seleccionar el tipo de madera, previo su respectivo secado y tratamiento, luego solicitar sus dimensiones y cortar las piezas, por lo que es todo un proceso complejo.

3.1.2.- Análisis de comportamientos mecánico-ambientales. Tabla 3.1.2

DETALLE	TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS			
	TRADICIONAL	HORMI-2	PREFABRICADO	OBSERVACIONES
Comportamiento estructural	Sistema aporticado viga-columna, mecanismo de funcionamiento aceptable	Sistema cerrado conformado por "muros de corte" revestidos por capas de hormigón que rigidizan el conjunto estructural.	Sistema cerrado que al igual que en la técnica de "Hormi-2" los paneles conforman un sistema de muros de corte que aseguran la estabilidad estructural ante las acciones sísmicas	En el sistema tradicional, el comportamiento depende en buena medida del diseño de las conexiones viga-columna.

DETALLE	TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS			
	TRADICIONAL	HORMI-2	PREFABRICADO	OBSERVACIONES
Resistencia a la acción del fuego	El hormigón resiste hasta los 600°C de temperatura.	Por el recubrimiento de hormigón, presenta un buen grado de resistencia.	Por su material constitutivo principal que es el hormigón, por lo tanto presenta una excelente resistencia al fuego.	En el sistema tradicional, se recomienda escoger una buena calidad de bloque que reforzará la seguridad a las acciones pirógenas
Comportamiento térmico	Los tres sistemas están conformados por hormigón que viene siendo un material que contrarresta significativamente los efectos del calor ambiental.			Este comportamiento es apropiado para regiones de clima cálido.
Comportamiento acústico	Los tres sistemas constructivos están constituidos por materiales que presentan un buen grado de resistencia ante la propagación de las ondas acústicas: El hormigón y el poliestireno.			—
Comportamiento ante la acción de la humedad	El hormigón presenta un alto índice de absorción, que constituye el factor primordial para que se lleve a cabo el proceso de “fraguado” y endurecimiento del mismo, por lo tanto su comportamiento ante las acciones de la humedad es considerablemente vulnerable.			Para eliminar la vulnerabilidad, se debe agregar al hormigón de recubrimiento (o de enlucido), aditivos “hidrófugos” en una proporción adecuada.

DETALLE	TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS			OBSERVACIONES
	TRADICIONAL	HORMI-2	PREFABRICADO	
Fabricación	Técnico/empírica: La técnica constructiva es aprendida por los obreros, ya sea en obra o en cursos técnicos de albañilería. Esto se da para los tres tipos de técnicas constructivas.			En la técnica “tradicional”, el tipo de fabricación es mayoritariamente empírico en el sector popular en viviendas particulares.
Material de construcción	Cemento, ripio, arena, agua, aditivos, bloque (o ladrillo), acero, madera de encofrado, alambre de acero.	Paneles, alambre recocido, ripio, arena, agua, aditivos, aspersor de mezcla.	Paneles prefabricados, ripio, agua, arena, aditivo, perfiles metálicos.	Los materiales eléctricos e hidro sanitarios son similares para los tres SSCC.
Uniones	Juntas mecánicas viga – columna.	Junta panel-panel por medio de malla sobresaliente entre bordes.	Junta panel-panel por medio de perfiles metálicos.	En el sistema “tradicional”, el diseño de las uniones influye en el comportamiento estructural.
Mano de obra.	Calificada/empírica	Calificada/empírica	Calificada/empírica	Los ayudantes pueden ser personal no calificado.
Partes	Fabricadas in situ.	Fabricadas en planta industrial.	Fabricadas en planta industrial.	En el sistema tradicional, los bloques son fabricados en planta.
Tiempo de ejecución	El proceso de fundido y fraguado del hormigón alarga su duración.	Medianamente Corto* El proceso de armado es breve.	Medianamente Corto* El proceso de armado tiene poca duración.	* La construcción de la base de cimentación prolonga un poco la obra.
Procedimiento constructivo	Limpieza, nivelación, cavado, cimentado, encofrado, hormigonado, Instalado eléctrico, sanitario	Limpieza, nivelación, cimentado, armado, instalado eléctrico, hidro sanitario.		—

3.1.3.- Análisis de factores de construcción. Tabla 3.1.3

DETALLE	TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS			
	TRADICIONAL	HORMI-2	PREFABRICADOS	OBSERVACIONES
Cimentación	Construcción de plintos aislados o vigas de cimentación.	Construcción de losa de cimentación		En los tres ssc las cimentaciones son de hormigón armado.
Sistema estructural	Encofrado, hormigonado, fraguado, curado del hormigón, desencofrado.	Montaje interpanelar, empalme muro con muro por medio de acero electro soldado del canto de los paneles.	Montaje interpanelar, traslapado de paneles por medio de perfiles metálicos.	En "Hormi-2" y "prefabricados", el procedimiento se limita a realizar una unión inter panelar.
Mampostería	Determinar número de bloques, preparar mortero, armar la mampostería mediante "hilo guía", optimizar bloques y mezcla de mortero, controlar nivel de bloques.	Paneles prefabricados de láminas de poliestireno y mallas electro soldadas con recubrimiento de hormigón.	Paneles prefabricados de hormigón simple o armado.	El material de composición de los bloques y de los paneles prefabricados son el hormigón simple y armado respectivamente, mientras que en los paneles "Hormi-2" es el poliestireno y el acero electro soldado.
Instalaciones eléctricas e hidro sanitarias	Instalaciones en el interior de las mamposterías.	Instalaciones en el interior de los paneles.	Instalaciones perimetrales.	En el sistema "tradicional", se debe "picar" la mampostería.
Cubiertas	Encofrado (hormigón), soldadura (estructura metálica)	Soldadura (estructura metálica), hormigón lanzado (paneles)	Soldadura (estructura metálica), losa de panel	Depende del sistema de estructura de cubierta que se elija

3.1.4.- Análisis de procedimientos constructivos. Tabla 3.1 4

3.2.- Análisis cuantitativo 3.2.1.- Análisis de costos. Tabla 3.2.1

DETALLE	TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS			
	TRADICIONAL	HORMI-2	PREFABRICADOS	OBSERVACIONES
Construcción	* Área : 53 m ² Costo total aproximado:\$15900	** Área :53 m ² : C.T.A:\$15169,27	*** Área : 53 m ² C.T.A : \$10432,5	* Ver fuentes de ** Consulta. ***
Mano de obra	Área : 53 m ² Albañiles: 4 Peones : 2 Albañil : Costo horario: \$ 3,30 Horas reglamentarias: 8 Jornal diario : \$26,4 Costo 4 albañiles = \$105,6 Peón : Costo horario : \$ 3,26 Horas reglamentarias : 8 Jornal Diario : \$ 26,08 Costo 2 peones : \$ 52,16 Duración de la obra (aprox.) : 15 días Costo total aproximado: \$ 2366,4	Albañiles: 2 Peón : 1 Albañil: Costo horario: \$3,30 Horas reglamentarias: 8 Jornal diario: \$26,4 Costo 2 albañiles: \$52,8 Peón: Costo horario: \$3,26 Horas reglamentarias: 8 Jornal diario: \$26,08 Costo 1 peón: \$26,08 Duración de la obra (aprox.) : 8 días Costo total aproximado: \$ 631,04	Albañiles: 2 Peón: 2 Albañil: Costo horario: \$3,30 Horas reglamentarias: 8 Jornal diario: \$26,4 Costo 2 albañiles: \$52,8 Peón: Costo horario: \$3,26 Horas reglamentarias: 8 Jornal diario:\$26,08 Costo 2 peones: \$52,16 Duración de la obra (aprox.): 8 días Costo total aproximado: \$ 839,68	Las cuadrillas y los tiempos de duración de obra son estimados. Los aranceles remunerativos corresponden a la CAMICÓN para el presente año.
Honorarios	\$795 (aprox.)*	\$758,46 (aprox.)*	\$521,63 (aprox.)*	* Ver el cálculo del valor en "anexos".

* **Fuente 1.-** <http://www.constructorareivax.com/blog/2013/11/29/costos-de-la-construcción-de-una-vivienda/>

** **Fuente 2.- Arquitecto** Julio Grijalva (Viviendas de “Hormi-2”)

*****Fuente 3.-** <http://es.slideshare.net/FernandoEnriquez1/cotizaciones-modelo-principal-mariana-de-jesus-14349403>

3.2.- Metodología utilizada en el análisis de comparación

El análisis de comparación de técnicas constructivas de viviendas de una planta, se lo efectuó por medio del método de “cuadros comparativos”.

Para el correspondiente análisis en cada “cuadro” que viene en forma de tabla, en la parte superior izquierda se ubica el parámetro al cual va a referirse el análisis en sí y debajo se menciona cada uno de ellos. Por la derecha se subdivide el cuadro comparativo en los tres sistemas constructivos que son objeto del presente estudio mientras que el último de los casilleros estará destinado a las observaciones concernientes a los detalles más importantes de cada uno de los parámetros analizados.

El análisis es de forma breve y concisa, destacando la o las características que definen en esencia determinado parámetro en los tres sistemas constructivos. En las observaciones se han aclarado o justificado, (siendo necesario en la mayoría de las veces) las razones que han llevado a optar por determinada calificación a cierto parámetro en su correspondiente sistema constructivo.

El análisis se los sub dividió en dos categorías: análisis cualitativo y análisis cuantitativo. En la primera se extrajeron los principales factores de las técnicas, comportamientos mecánicos ante las acciones de tipo sísmico y ambiental, las características más destacadas en los factores que conforman la obra en sí y los procedimientos constructivos en cada sistema. En la segunda (que tiene un

solo numeral), se enfocó en el análisis de costos en los que sus parámetros esenciales vienen siendo el costo de construcción, pago por mano de obra y costo de honorarios del profesional responsable de la ejecución del proyecto de vivienda.

De los resultados obtenidos en los análisis, se sacarán las correspondientes conclusiones y recomendaciones del presente estudio.

3.3.- Razones por las cuales se escogió la metodología

Se escogió la metodología de “cuadros comparativos” por las siguientes razones:

- Este método simplifica de forma considerable los dos análisis, volviendo más sencillo el procedimiento de extracción de datos informativos.
- El método permite organizar la información de forma más simple y concisa con un menor número de palabras siendo en consecuencia de lectura breve y comprensiva.
- Facilita en buena medida resumir de forma concreta las características más relevantes de cada parámetro.
- Se pueden establecer de manera más rápida y fácil las semejanzas y diferencias existentes en los parámetros de los citados sistemas constructivos.
- Se tendrá una mayor fluidez a la hora de establecer las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al finalizar el correspondiente trabajo de disertación de tesis con el debido y cuidadoso análisis en cada uno de sus tres capítulos por medio de la técnica metodológica de “cuadros comparativos”, se expondrán a continuación las conclusiones más importantes de cada sistema constructivo.

4.1.- Comportamiento estructural:

4.1.1.- Las viviendas elaboradas mediante los sistemas constructivos “Hormi – 2” y paneles prefabricados de hormigón, debido a que su estructura tendrá una configuración de paneles interconectados entre sí formando de esta manera una especie de “cajón” en la que la acción conjunta de todos sus elementos creará un mecanismo de “líneas de defensa” que trabajan en forma de “circuito cerrado” sin dar lugar a la acción descoordinada entre los paneles, lo que ocasionaría precisamente las fallas del inmueble y en los casos más extremos una alta probabilidad de que se produzcan colapsos del mecanismo estructural del mismo. En el sistema constructivo convencional, el desempeño estructural está directamente influenciado en el funcionamiento de las juntas viga – columna.

4.1.2.- Las viviendas tanto de paneles de hormigón prefabricado como de modulares “Hormi-2”, al estar conformadas por elementos relativamente livianos resultan ser de un peso significativamente menor al de una de construcción convencional, lo que disminuirá considerablemente su inercia y por ende su grado de susceptibilidad a los efectos las fuerzas cortantes en la corteza terrestre producidas por las acciones sísmicas de la misma.

4.1.3.- De acuerdo a las conclusiones anteriores y según criterios proporcionados por el Ing. P. Borja, se ha razonado lo siguiente:

El mecanismo estructural conformado por paneles portantes interconectados, es un sistema equivalente al convencional de “pórticos” en donde absolutamente todos sus miembros (los paneles) trabajan en forma conjunta y equitativa, lo que no ocurre en los sistemas apórticados:

En un sistema de pórticos, el mecanismo estructural básico está conformado por vigas, columnas, losas y cimentaciones: Las vigas cumplen la función de receptor las cargas actuantes en un nivel de la estructura y transferirlas hacia las columnas, elementos que transmiten las cargas hacia las cimentaciones y que resistirán las fuerzas inducidas por acciones sísmicas. Entonces, de acuerdo a esto, las columnas tienen que ser elementos más resistentes que las vigas, por lo que estas son elementos generalmente “débiles” y las columnas los elementos “fuertes”.

4.1.4.- Según información proporcionada por el Arq. Luis Silva, se concluye lo siguiente:

Para los sistemas constructivos de paneles de hormigón prefabricado, la cimentación es de tipo superficial y uniforme: es una “losa de cimentación”, pues debido a que al no existir columnas, la carga se transmitirá al suelo de manera uniformemente distribuida, no así en el caso de estructuras convencionales en que las columnas (principales transmisoras de la carga al suelo), al ser elementos de un área menor en relación a la del suelo, crean una carga puntual que para ser transferida a este es necesario expandirla y disiparla con el objeto de evitar la inducción de esfuerzos de punzonamiento que llegarán a desarrollar valores mayores a los admisibles que ocasionarán el desnivel de la estructura, ocasionando de esta forma daños severos a la misma. En los tres tipos de sistemas constructivos, las cimentaciones serán construidas a base de hormigón armado, siendo para los sistemas de paneles

prefabricados de hormigón y de “Hormi-2” los rubros que aumentan su costo de construcción.

4.2.- Comportamiento ambiental

4.2.1.- Debido a las características de los materiales constitutivos: el hormigón y el poliestireno; los tres sistemas constructivos ofrecen un buen aislamiento acústico, dotando a la vivienda de dos factores que son de primordial importancia para sus ocupantes: la privacidad y la discreción.

4.2.2.- El hormigón, al resistir temperaturas hasta los 600°C, le proporcionará a la vivienda un muy importante grado de invulnerabilidad a las acciones del fuego en el caso de que se suscite un incendio, otorgando de esta forma a sus habitantes el tiempo necesario para evacuarla y poder sofocar el fuego. Este aspecto se da en los tres tipos de sistemas constructivos.

4.2.3.- Además de la ventajosa característica expuesta en el numeral anterior, el hormigón debido a las propiedades de sus materiales constitutivos ofrece a la vivienda la facultad de atenuar la elevada temperatura ambiental, proporcionando de esta forma un ambiente fresco que beneficiará a sus usuarios. Sin embargo, en zonas de clima frío, es recomendable el uso de elementos que ayuden a mantener una cierta temperatura que mantenga abrigado el ambiente y no afecte a los ocupantes del inmueble.

4.2.4.- En los tres sistemas constructivos, los efectos ocasionados por los fenómenos de carácter osmótico (absorción de la humedad del suelo) afectan en igual medida a la vivienda, debido a que en todos ellos está involucrado el material hormigón como principal elemento constitutivo de los mismos. En consecuencia, en todos los sistemas constructivos, se les debe dar tratamiento a las cimentaciones, muros y demás componentes estructurales de hormigón en contacto inmediato con el suelo y la sub estructura en base de mezclas de mortero y aditivo hidrófugo en proporciones adecuadas.

4.3.- Procedimiento constructivo

4.31.- De acuerdo a observaciones de campo en conjunto con el Ing. P. Borja y el autor, se ha podido concluir lo que se cita a continuación:

En el sistema constructivo convencional, se invierte una mayor cantidad de tiempo de ejecución, debido más que nada a que los procesos constructivos de todos y cada uno de los elementos estructurales y mampostería tienen lugar en la misma obra mientras que en los sistemas de hormigón prefabricado y “Hormi-2”, los elementos (con excepción de las cimentaciones) son elaborados en plantas industriales por lo que el proceso constructivo se reduce a una acción de “ensamblaje” de la vivienda. En consecuencia, se reducen significativamente las cuadrillas de obreros y el tiempo de ejecución.

4.3.2.- Según información proporcionada por: Arq. Julio Grijalva (Hormi-2) en el sitio de la obra, Arq. Ana de Vásquez (Paneles prefabricados de hormigón) e Ing. P. Borja (construcción convencional):

En lo que respecta al montaje de las instalaciones eléctricas e hidráulicas sanitarias, en el sistema convencional se tiene la gran desventaja de que para practicar las ranuras por donde irán los conductos es indispensable “picar” los muros de mampostería creando de esta forma un cierto margen de debilitamiento de los mismos. Esta misma desventaja se presenta en el sistema de “Hormi-2” en donde se abren las ranuras quemando el material de poliestireno, pero en este caso los muros no se “debilitarán” porque el principal material que le proporciona resistencia, el acero de refuerzo electro soldado, es reemplazado por una nueva pieza en sus mismas dimensiones (el tamaño de la ranura). El material a utilizar para el reemplazo es una malla Armex de hueco 10x10, y recubierto con la mezcla de hormigón tendrá una buena resistencia a las acciones de carácter sísmico. En el sistema de paneles de hormigón

prefabricado en cambio, los conductos de las instalaciones irán de forma perimetral en las esquinas de las uniones inter panelares siendo cubiertas mediante mortero o algún otro material ligante que los vuelva invisibles dando con ello estética a la vivienda.

4.3.3.- En el sistema constructivo tradicional, el techo puede ser de losa de hormigón armado o bien, por ser de un piso (que es el alcance de este trabajo), se puede optar por cubiertas de poliuretano, montadas sobre la estructura debidamente conformada ya sea de acero o de madera, mientras que en los sistemas de paneles prefabricados y “Hormi-2” se prescinde de la losa de hormigón armado.

4.4.- Costos de construcción

4.4.1.- El costo de construcción de una casa de $53 m^2$ de una sola planta en base a la técnica convencional es más alto que las elaboradas mediante las técnicas constructivas de hormigón prefabricado y “Hormi-2” respectivamente. Se pudo observar además que el costo en obra gris de una unidad habitacional de hormi-2 es más alto que la de una unidad construida en base a hormigón prefabricado. Este factor puede deberse a que la referida técnica es de mayor popularidad que la de paneles de hormigón prefabricado cuyo precio es más bajo seguramente para recuperar su nivel de aceptación: a menor precio, mayor demanda.

4.4.2.- En lo que respecta a los honorarios que percibirá el profesional contratista de la ejecución de los proyectos de vivienda, se puede observar que la ganancia será un poco mayor con la técnica de construcción convencional antes que con las de panel de hormigón prefabricado y hormi-2. En lo referente a los costos por mano de obra, estos se reducirán sustancialmente en las técnicas de Hormi-2 y panel prefabricado pudiendo llegar a deducirse que en la técnica convencional el profesional contratista percibirá una mayor ganancia

pero un mayor gasto en mano de obra mientras que en las técnicas alternativas de panel prefabricado y Hormi-2 se percibirán honorarios menores sin embargo los gastos en mano de obra igual se reducen de forma significativa.

De acuerdo con las conclusiones anteriores, se puede dictaminar que una buena opción en cuanto a seguridad, plusvalía y economía son las viviendas prefabricadas, constituyendo estas una buena solución habitacional en la ciudad de Quito.

4.5.- Recomendaciones

4.5.1.- Consultar con un profesional de confianza.- Si el usuario opta por construir su casa, es aconsejable que pida asesoría de un profesional calificado en lo que respecta a qué tipo de técnica constructiva le conviene, que proformas de material son las que mejor se adaptan a sus ingresos económicos, documentos y planos necesarios para obtener el permiso de construcción, entre los factores más importantes.

4.5.2.- Visitar frecuentemente la obra.- No es necesario hacerlo todos los días ni estar presente todo el tiempo que dura una jornada diaria de construcción. Con realizar inspecciones esporádicas ya sea durante la construcción o bien luego de finalizada la jornada se tendrá una buena información acerca de los avances logrados que permitirán detectar fallas, si es que las hubiese, y corregirlas con prontitud.

4.5.3.- Exponer criterios propios.- Una vez que se ha solicitado la asesoría apropiada por medio del profesional, el interesado deberá exigirle a este toda la información que crea necesaria para tomar una decisión que satisfaga por completo sus necesidades. El profesional estará en la absoluta obligación de proporcionar información verídica, exacta y en un contexto que tenga la mayor legibilidad posible para que el cliente la entienda, la asimile y esté en condiciones de sacar conclusiones que le permitan establecer sus

propios criterios que lo faculten para tomar una decisión definitiva en lo que respecta al tipo de solución habitacional que mejor convenga a sus necesidades y gustos.

4.5.4.- Disponer de personal calificado.- Una vez que se ha decidido la técnica constructiva que se empleará en la construcción de la unidad habitacional, se hayan acordado las formas de pago además de haberse fijado las respectivas fechas de inicio y terminación de la obra, el profesional responsable de esta, escogerá el personal de albañilería para llevar a cabo la ejecución del proyecto en el plazo acordado. Este personal o “cuadrilla”, con excepción de los peones, debe estar conformado en lo posible por gente calificada en el oficio con su correspondiente nivel de experiencia que garanticen la correspondiente funcionalidad y calidad de la obra.

REFERENCIAS

- Alvarado. (2015). *Tecnología del concreto*. Obtenido de <http://teccto.blogspot.com/2015/06/semana-8.html>
- Arqhys Arquitectura. (2016). <http://www.arqhys.com/arquitectura/adobe.html>.
- Arroyo Moran, C. (2002). *La vivienda en el desarrollo*. Quito: Casa de la Cultura Ecuatoriana.
- Briceño. (1 de febrero de 2011). *Construcción con paneles de micro-hormigón*. wmv. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=r_dzgfAhr_Y
- Canal Construcción. (2016). Obtenido de <http://canalconstruccion.com/aditivos-hormigon.html>.
- Carlos, R. (2013). *Sistemas estructurales y constructivos*. Barquisimeto Venezuela: Instituto Universitario de Tecnología "Antonio José de Sucre".
- Carrión, R. (1985). *Sistemas Tradicionales de Construcción en el Ecuador*. Quito: AID.
- Constructora REIVAX. (29 de Noviembre de 2013). <http://www.constructorareivax.com/blog/2013/11/29/costos-de-la-construccion-de-una-vivienda/>.
- Contraloría General del Estado. (15 de Diciembre de 2015). <http://www.hormypol.com/precios-de-construccion-costos-materiales-prefabricados-hormigon-quito-guayaquil-cuenca-loja-ecuador.php>.
- Diario "La Hora" (Versión Digital). (10 de Marzo de 2011). <http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101107056#.V6iwWlvhDI> V.
- EMMEDUE. (2013). *Memoria Técnica Sistema Constructivo M2*.
- Fernando, E. (20 de Septiembre de 2012). <http://es.slideshare.net/FernandoEnriquez1/cotizaciones-modelo-principal-mariana-de-jesus-14349403>.

- Fortun. (2013). *Sistemas de Hormigón Prefabricado*. Concepción: Universidad de Concepción.
- Gilva S.a. (s.f). *Gilva S. A. Prefabricados de Hormigón*. Obtenido de http://www.gilva.com/categoria3-obra_civil_e_hidraulica.html
- Hormi-2. (18 de 11 de 2013). *Hormi2- Procedimiento Constructivo*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=gpzQkSohNZY>
- INEN. (1993). *Norma técnica INEN 0638 para bloques huecos de hormigon*. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0638.1993.pdf>
- INEN. (2014). *Norma técnica INEN 643*. Obtenido de http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/nte_inen_643.pdf
- Ingeniería real.com*. (2016). Obtenido de <http://ingenieriareal.com/calculo-bloques-mortero-paredes/>
- Macarena, F. (2013). *Sistemas de Hormigón Prefabricado*. Concepción : Universidad de Concepción.
- Más tipos de... (22 de Noviembre de 2015). http://www.mastiposde.com/definicion_de_acero.html.
- Mi casa prefabricada de Hormigón. (s.f). *Mi casa prefabricada de hormigón*. Obtenido de <http://www.micasaprefabricadadehormigon.com/otros-prefabricados-hormigon.php>
- Mutualista Pichincha. (s.f). *Casa Lista: Proceso Constructivo*. Obtenido de <https://www.dropbox.com/s/a8askammuunky5s/PROCESO%20CONSTRUCTIVO%20CASA%20LISTA.ppt?dl=0>
- Mutualista Pichincha. (s.f). *Manual práctico del sistema "Casa Lista"*. Obtenido de <https://www.dropbox.com/s/knzhn35kgwiv9pw/Manual%20Pr%C3%A1ctico.doc?dl=0>
- Mutualista Pichincha. (sf). *Manual Práctico del Sistema "Casa Lista"*. Obtenido de

<https://www.dropbox.com/s/knzhn35kgwiv9pw/Manual%20Pr%C3%A1ctico.doc?dl=0>

Nilson. (1999). *Diseño de estructuras de concreto, 12 edición*. New York: Mc. Graw Hill.

Pyarq Software libre para construcción. (2009-2011).
http://pyarq.obraencurso.es/elementos_constructivos.

Qué es un sistema constructivo. (26 de Julio de 2015).
<http://sistemaconstructivo.blogspot.com/>.

Reyes, C. (2013). *Sistemas Estructurales y constructivos*. Barquisimeto Venezuela: Instituto Universitario de Tecnología "Antonio José de Sucre".

Slideshare.net. (05 de Septiembre de 2012).
<http://es.slideshare.net/fredyteran/sistemas-constructivos-14184659>.

Soria, L. (29 de Noviembre de 2013).
<http://www.constructorareivax.com/blog/2013/11/29/costos-de-la-construccion-de-una-vivienda/>.

Timoshenko. (1965). *Mecánica de Materiales*. Moscú: Editorial MIR.

Ulcuango. (2014). <http://hormi2.blogspot.com/>.

Universidad de Concepción. (Mayo de 2013).
<http://slideplayer.es/slide/1110727/#.V3vZ5FRodLA.facebook>.

Universidad Técnica Nacional de Buenos Aires. (s.f).
<http://www.civil.frba.utn.edu.ar/Materias/tecnologiadelaconstruccion/tecnicas-constructivas.pdf>.

Vivienda Económica. (s.f.). *Viviendas de Bajo costo*. Bogotá.

ANEXOS

Anexo I

Costos de construcción en el sistema constructivo tradicional

Según Constructora REIVAX, en lo referente a costos de construcción en el sistema constructivo tradicional:

“En construcciones tradicionales, es decir de hormigón armado, la obra gris (estructura con columnas y losas alivianadas), mampostería de bloque y enlucidos. El precio fluctúa entre 250 y 350 dólares cada metro cuadrado. Estos valores pueden variar dependiendo el tipo de administración que se realice durante la etapa de construcción”.

(Constructora REIVAX, 2013)

Entonces, de acuerdo a lo anteriormente citado, se calculó un promedio entre los límites del rango estimado correspondiente a obra gris:

- Obra gris: $(\$250 + \$350) / 2 = \$ 300$ (por metro cuadrado)
→ Costo = $\$300 \times 53 \text{ m}^2 = \15900

Anexo II

Determinación de costos de honorarios en los tres sistemas constructivos

Según Constructora REIVAX:

*“Es importante mencionar que el Colegio Nacional de Arquitectos cuenta con un Reglamento de Aranceles que rige para todo el país y que ayuda al cálculo de los **honorarios que deben percibir los Arquitectos** por el ejercicio de su profesión”.*

“En el Reglamento Nacional de Aranceles del Colegio Nacional de Arquitectos del Ecuador, en la reforma y codificación aprobada mediante consulta ad-referéndum por los miembros principales del directorio ejecutivo

nacional el 19 de noviembre de 2010 y publicado en el registro oficial No. 446 del 12 de mayo de 2011, se encuentra la siguiente tabla”:

Tabla A.1.- Tabla para calcular honorarios de Ingenieros y Arquitectos en ejercicio de su profesión.

Tomada de.- (Soria, Costos de Construcción de una vivienda (Constructora Reivax), 2013)

Costo de la obra		Honorario sobre la fracción básica en USD.	Honorario sobre la fracción excedente en %
Fracción básica	Exceso hasta		
0,0	20000	0,0	5,0%
20001	40000	\$1000	4,6%
40001	80000	\$1840	4,2%
80001	120000	\$3360	3,8%
120001	200000	\$4560	3,4%
200001	500000	\$6800	3,0%
500001	1000000	\$15000	2,6%
1000001	En adelante	\$26000	2,2%

(Constructora REIVAX, 2013)

Entonces, para determinar los costos por honorarios que p... profesional responsable de la ejecución de la obra de la unidad habit... base a la tabla A.1, se procederá como sigue:

- **Sistema tradicional**

Si el costo (aproximado) de construcción de una vivienda de una planta de 53 m² se estimó en \$15900, entonces:

- \$15900 se encuentra en el rango correspondiente entre 0,00 hasta 20000.
- El honorario sobre la fracción básica (20000) corresponde al valor de \$0,00.
- Entonces, el honorario sobre la fracción excedente se lo calcula del siguiente modo:

$$\$15900 - \$0,00 = \$15900$$

$$\rightarrow \$15900 \times 5,0\% = \$795$$

$$\rightarrow \text{Valor a pagar} = \$0,00 + \$795 = \$795$$

Se procede del mismo modo para las dos técnicas constructivas siguientes:

- **Sistema Hormi-2**

Costo de construcción de una unidad habitacional de 53 m^2 de una planta sin acabados: \$631,04, entonces:

Rango: 0,0 hasta 20000

H.S.F.B: \$0,0

$$\rightarrow \text{H.S.F.E: } \$15169,27 - \$0,0 = \$15169,27$$

$$\rightarrow \$15169,27 \times 0,05 = \$758,46$$

$$\rightarrow \text{Valor a pagar} = \$0,0 + \$758,46 = \$758,46$$

- **Sistema de paneles de hormigón prefabricado**

Costo de construcción de una unidad habitacional de 53 m^2 de una planta sin acabados: \$9598*.

* Este precio fue calculado en base a información consultada en la página "Slide Share". Como la referida página ha sido editada en septiembre del año 2012, debido a los factores consecuentes de la crisis económica que han afectado de forma considerable los precios en todos los sectores, se asumió que los precios de construcción de viviendas de hormigón prefabricado que se muestran en el cuadro A.1 han aumentado en un 25%.

Cuadro A.1.- Precios de viviendas

Tomada de:
2012)

(Enriquez,

Área [m ²]	Costo total de la vivienda (USD)
36	5370
42	6225
48	7119
56	8346
63	9421
81	12076
130	19327

Ubicando en la tabla un área lo más cercana a 53 m², en este caso 56 m², se ubica su precio referencial: \$8346, luego, como se asumió que los precios de costo de construcción han aumentado aproximadamente en un 25%, entonces:

$$25\% \times \frac{\$ 8346}{100 \%} = \$2086,5$$

$$\rightarrow \$2086,5 + \$ 8346 = \$10432,5$$

Y se procede del mismo modo que en las dos técnicas anteriores:

Rango: 0,0 hasta \$20000

H.S.F.B: \$0,0

$$\rightarrow \text{H.S.F.E: } \$10432,5 - \$ 0,0 = \$10432,5$$

$$\rightarrow \$ 10432,5 \times 0,05 = \$ 521,63$$

Anexo III

Cálculos para determinar el número de bloques y mortero en mamposterías
 En el siguiente anexo, se explicará cómo determinar de una forma sencilla y práctica el número de bloques y el volumen de mortero necesario para levantar un muro de mampostería de bloque de 1 m^2 , y luego en base a los resultados calcular cuántos bloques y mezcla se emplearán para una pared de distintas dimensiones.

Según Ingeniería real.com, se tiene la siguiente tabla con las dimensiones típicas de bloques de hormigón con sus respectivos pesos unitarios, esto último es más un dato informativo:

Tabla A.2.- Dimensiones de bloques de hormigón y pesos unitarios.
Tomada de.- (Ingeniería real.com, 2016)

<i>Dimensiones del Bloque (cm.)</i>			<i>Peso Unitario (Kg.)</i>
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	
20	40	10	8
20	40	15	10
20	40	20	12
20	40	25	14

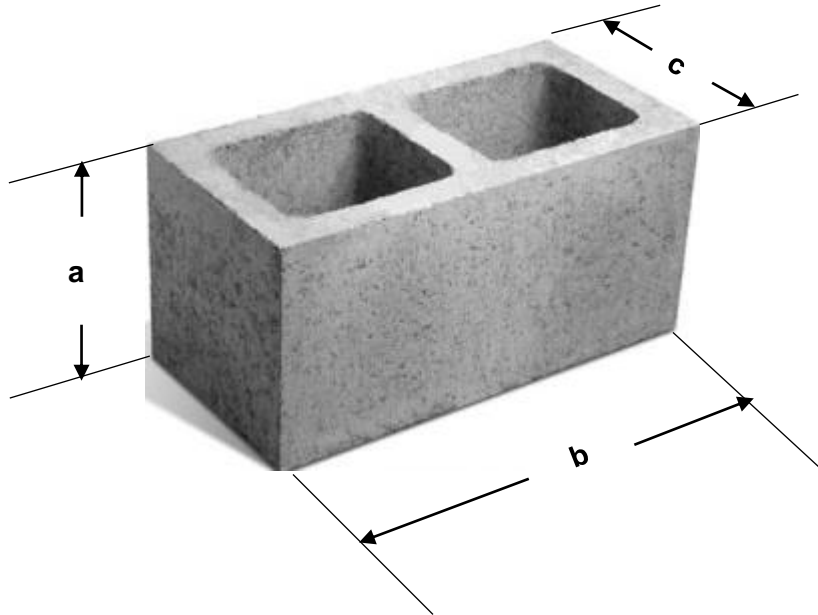
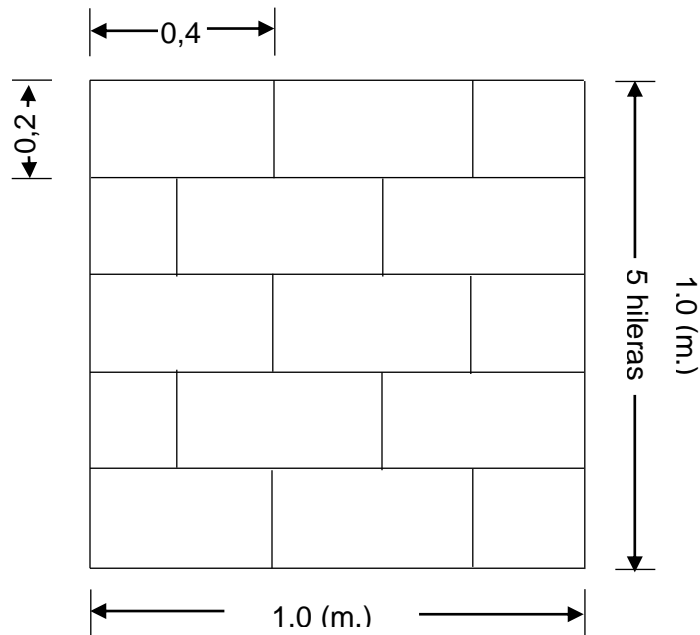


Figura A.1.- Prototipo de un bloque de hormigón con sus dimensiones.

Tomada de.- (Ingeniería real.com, 2016)

Entonces, para el caso de un bloque de dimensiones a: 20 cm, b: 40 cm, c: 15 cm, para levantar un muro de 1 m^2 , se tiene la siguiente disposición:



Entonces, para una pared de mampostería de 1 m de superficie que se va a levantar con bloques de 20 x 40 x 15 (cm), se van a tener 12 bloques más una mitad, o sea 12,5 bloques sin importar el espesor.

Para determinar el volumen de mortero, se puede emplear la siguiente fórmula:

$$\underline{Volumen\ de\ mortero = (a + b) * c * (espesor\ de\ sisa) * (\#\ de\ bloques)}$$

Donde la “sisa” es el espacio de mortero entre dos bloques tanto en orientación horizontal como vertical que por lo general mide 1 cm entonces, como “a”, “b” y la sisa son siempre de 20, 40 y 1 cm respectivamente , entonces se puede sacar un factor constante : $k = (a + b) * (espesor\ de\ sisa) = (0,2 + 0,4) * 0,01 = 0,006\ m^2$, luego:

Para $c = 10\ cm$: $V.d.m = 0,006\ m^2 \times 0,1\ m \times 12,5\ bloques = 0,0075\ m^3/1m^2$ de mampostería

Para $c = 15$ cm: $V.d.m = 0,006 \text{ m}^2 \times 0,15 \text{ m} \times 12,5 \text{ bloques} = 0,01125 \text{ m}^3/1\text{m}^2$
de mampostería

Para $c = 20$ cm: $V.d.m = 0,006 \text{ m}^2 \times 0,20 \text{ m} \times 12,5 \text{ bloques} = 0,015 \text{ m}^3/1\text{m}^2$ de mampostería.

Para $c = 25$ cm: $V.d.m = 0,006 \text{ m}^2 \times 0,25 \text{ m} \times 12,5 \text{ bloques} = 0,01875 \text{ m}^3/1\text{m}^2$ de mampostería.

Entonces, una vez obtenidos estos resultados para una unidad de superficie, se hace proporción directa con las dimensiones reales y se obtiene tanto el número de bloques como el volumen de mortero necesario para levantar dicho muro de mampostería, sin embargo es recomendable añadir tanto al número de bloques como al volumen de mortero un 5% que compensarán las pérdidas por posibles roturas de bloques como mortero desperdiciado en acumulación de depósitos que luego tienden a fraguarse.