



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de  
Ingeniero Civil**

**Análisis Comparativo para Vivienda Unifamiliar en la Ciudad de Quito, de  
Sistemas Constructivos: Pórticos de Hormigón Armado, Paredes  
Portantes y Emmedue.**

**Autor: Héctor Torres B.**

**Tutor: Ing. Juan Carlos Moya Mg. Sc.**

**Quito, marzo del 2013**



## APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ingeniero Juan Carlos Moya Mg. Sc., tutor designado por la Universidad Internacional del Ecuador UIDE para revisar el Trabajo de Titulación con el tema: "ANÁLISIS COMPARATIVO PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LA CIUDAD DE QUITO, DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS: PÓRTICOS DE HORMIGÓN ARMADO, PAREDES PORTANTES Y EMMEDUE" del estudiante **Héctor Aníbal Torres Beltrán**, alumno de Ingeniería Civil, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos de fondo y los méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Comité Examinador designado por la Universidad.

Quito, noviembre 20 del 2012

EL TUTOR



Ing. Juan Carlos Moya Mg. Sc.

C.I.: 171091908-3

## AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Héctor Aníbal Torres Beltrán, declaro bajo juramento que el trabajo de titulación denominado: ANÁLISIS COMPARATIVO PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LA CIUDAD DE QUITO, DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS: PÓRTICOS DE HORMIGÓN ARMADO, PAREDES PORTANTES Y EMMEDUE, es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, es original, de mi autoría y exclusiva responsabilidad legal y académica, habiéndose citado las fuentes correspondientes, y en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, sin restricción de ningún género o especial.

Quito, febrero 1 del 2013

EL AUTOR



Héctor Torres Beltrán

C.I.: 170801835-1

## DEDICATORIA

*A mi familia.*

*Ely, Salomé y Mateo por ser la inspiración de mi esfuerzo y el pilar fundamental de todo lo que me propongo, por su incondicional apoyo a través del tiempo.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A mis maestros.*

*Ing. Juan Carlos Moya por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional y para la elaboración de este trabajo de titulación; a la Ing. Verónica Cevallos por su gran apoyo y motivación para continuar con nuestros estudios profesionales, al Ing. Galo Ponce por apoyarnos en su momento.*

*A mi amigo y compañero.*

*Que nos apoyamos mutuamente a lo largo de nuestra extensa formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos y colegas: Luis Fernando C.*

# ÍNDICE DEL CONTENIDO

<u>Descripción</u>	<u>Página</u>
<b>Resumen</b>	x
<b>Abstrct</b>	xi
<b>Introducción</b>	xii
<b>CAPÍTULO I</b>	
1. EL PROBLEMA	1
1.1. EL OBJETO DE INVESTIGACIÓN	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.4. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.5. OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICO	4
1.5.1. Objetivo General	4
1.5.2. Objetivos Específicos	4
1.6. JUSTIFICACIÓN	5
1.6.1. Justificación Teórica	5
1.6.2. Justificación Práctica	6
1.6.3. Justificación Relevancia Social	7
1.7. IDEAS A DEFENDER	8
1.7.1. Ideas a defender	8
1.7.2. Variable Independiente	9
1.7.3. Variable Dependiente	9
<b>CAPÍTULO II</b>	
2. SISTEMAS ESTRUCTURALES DE CONSTRUCCIÓN	10
2.1. SISTEMA APORTICADO DE HORMIGÓN ARMADO	10
2.1.1. Proceso de construcción para casa unifamiliar en el Sistema Constructivo Tradicional Aporticado	11
2.1.1.1. Cimentación	12
2.1.1.2. Columnas	13
2.1.1.3. Viga	15
2.1.1.4. Losa	16
2.2. SISTEMA DE PAREDES PORTANTES DE HORMIGÓN	17
2.2.1. Procesos de construcción para casa unifamiliar en el Sistema Constructivo de Paredes Portantes	18
2.2.1.1. Cimentación	27
2.2.1.2. Paredes Portantes	28

2.2.1.3. Losa de Cubierta	30
2.3. SISTEMA CONSTRUCTIVO EMMEDUE	31
2.3.1. Procesos de Construcción para Casa Unifamiliar en el Sistema Constructivo Emmedue	33
2.3.2. El panel Emmedue	41
2.3.3. El panel Terminado en Obra	41

### **CAPÍTULO III**

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN UTILIZADA EN EL ANÁLISIS COMPARATIVO	43
Antecedentes.	
3.1. TIPOS DE INVESTIGACIÓN REALIZADA	45
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN	45
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	49
3.3.1. Encuesta	49
3.3.2. Entrevista	50
3.4. PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	52
3.4.1. Análisis e Interpretación de Resultados de Encuesta	52
3.4.1.1 Tabulación de Resultados de Encuesta	52
3.4.1.2. Interpretación de Resultados de Encuesta	54
3.5. VERIFICACIÓN DE LAS IDEAS A DEFENDER	61

### **CAPÍTULO IV**

4. ANÁLISIS COMPARATIVO SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	64
4.1. COMPARATIVO DE FASES DE CONSTRUCCIÓN ENTRE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS ANALIZADOS	65
4.2. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS ANALIZADOS	68
4.2.1. Presupuesto de Construcción para Casa Unifamiliar con el Sistema Constructivo Tradicional Aporticado	68
4.2.2. Presupuesto de Construcción para Casa Unifamiliar con el Sistema Constructivo de Paredes Portantes	69
4.2.3. Presupuesto de Construcción para Casa Unifamiliar con el Sistema Constructivo Emmedue	70
4.2.4. Comparativo de Costos de Construcción para Casa Unifamiliar con los Sistemas Constructivos Analizados	71
4.3. CRONOGRAMAS Y TIEMPOS DE EJECUCIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS ANALIZADOS	74
4.3.1. Cronograma de Ejecución para Casa Unifamiliar con el Sistema Constructivo Tradicional Aporticado	77



4.3.2. Cronograma de Ejecución para Casa Unifamiliar con el Sistema Constructivo de Paredes Portantes	78
4.3.3. Cronograma de Ejecución para Casa Unifamiliar con el Sistema Constructivo Emmedue	79
4.4. CRONOGRAMAS VALORADOS DE EJECUCIÓN PARA LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS ANALIZADOS	80
4.4.1. Cronograma Valorado de Ejecución para Casa Unifamiliar Sistema Constructivo Tradicional Aporticado	81
4.4.2. Cronograma Valorado de Ejecución para Casa Unifamiliar Sistema Constructivo de Paredes Portantes	82
4.4.3. Cronograma Valorado de Ejecución para Casa Unifamiliar Sistema Constructivo Emmedue	83
4.5. CURVAS VALORADAS DE INVERSIÓN DE OBRA PARA SISTEMAS CONSTRUCTIVOS ANALIZADOS	84
4.5.1. Curva Valorada Sistema Tradicional Aporticado	88
4.5.2. Curva Valorada Sistema de Paredes Portantes	88
4.5.3. Curva Valorada Sistema Emmedue	89

## **CAPÍTULO V**

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
5.2. CONCLUSIONES	90
5.3. RECOMENDACIONES	94

## **CUADROS Y GRÁFICOS**

Gráfico 2.3.1: Diagrama de Procesos Sistema Constructivo Emmedue	34
Cuadro Nº 1: Población a ser investigada	48
Cuadro Nº 2: Zona de investigación delimitada	49
Cuadro Nº 3: Cuestionario planteado	51
Cuadro Nº 4: Tabulación de cuestionario realizado	53
Cuadro 4.1.: Esquema Comparativo de Fases y Actividades de Construcción de Sistemas Constructivos	66
Cuadro 4.2.1.: Presupuesto de Construcción Sistema Tradicional Aporticado	69
Cuadro 4.2.2.: Presupuesto de Construcción Sistema de Paredes Portantes	70
Cuadro 4.2.3.: Presupuesto de Construcción Sistema Emmedue	71
Cuadro 4.2.4.: Resumen de Costos Obtenidos	
Gráfico 4.3.1.: Cronograma de Ejecución para Casa Unifamiliar con el Sistema Constructivo Tradicional Aporticado	74 77
Gráfico 4.3.2.: Cronograma de Ejecución para Casa Unifamiliar con el Sistema Constructivo de Paredes Portantes	
Gráfico 4.3.3.: Cronograma de Ejecución para Casa Unifamiliar con	78

	el Sistema Constructivo Emmedue	
Gráfico 4.4.1.:	Cronograma Valorado de Ejecución para Casa Unifamiliar Sistema Constructivo Tradicional Aporticado.	79
Gráfico 4.4.2.:	Cronograma Valorado de Ejecución para Casa Unifamiliar Sistema Constructivo de Paredes Portantes	81
Gráfico 4.4.3.:	Cronograma Valorado de Ejecución para Casa Unifamiliar Sistema Constructivo Emmedue	82
Cuadro 4.5.:	Inversión Diaria para Construcción de Vivienda en los Sistemas Constructivos Tradicional Aporticado, Paredes Portantes y Emmedue	83
Cuadro 4.5a.:	Curvas de Inversión para Construcción de Vivienda en los Sistemas Constructivos Tradicional Aporticado, Paredes Portantes y Emmedue.	86
Gráfico 4.5.1.:	Curva Valorada Sistema Tradicional Aporticado	87
Gráfico 4.5.2.:	Curva Valorada Sistema de Paredes Portantes	
Gráfico 4.5.3.:	Curva Valorada Sistema Emmedue	
		88
		88
		89

## **ANEXOS**

ANEXO 1: PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y PLANOS ESTRUCTURALES	96
ANEXO 2: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	121
ANEXO 3: SIMULACION DE PROGRAMACION	166

## **Resumen**

Se analizaron tres diferentes alternativas de sistemas constructivos para la ejecución de una vivienda unifamiliar tipo, a manera de guía práctica, para el constructor y promotor inmobiliario, teniendo en cuenta las actividades necesarias. El documento hace una revisión técnica de los procesos involucrados, costos de inversión y tiempos de ejecución a nivel de obra gris para la construcción de la vivienda. Así este análisis arroja luces sobre qué sistema constructivo adoptar para la ejecución de proyectos de vivienda en la ciudad de Quito.

**Palabras Clave:** Análisis comparativo, Sistemas constructivos, Tradicional aporricado, Pórticos de hormigón armado, Paredes portantes, Emmedue.

## **Abstract**

We analyzed three different alternative construction systems for the implementation of such a house, as a practical guide for the builder and developer, taking into account the activities required. The document makes a technical review of the processes involved, investment costs and runtimes gray-level work for the construction of housing. So this analysis sheds light on which system to adopt constructive implementation of housing projects in the city of Quito.

**Keywords:** Comparison, Construction Systems, Traditional aporticado, reinforced concrete frames, structural walls, Emmedue.

## **Introducción**

El sistema constructivo tradicional aporticado de hormigón armado es el más conocido y de mejor aceptación en nuestro medio por parte de los constructores, pero existen también otros sistemas como: el de paredes portantes y Emmedue, los cuales, pueden tener una mejor respuesta y aceptación para la ejecución de viviendas en Quito, siempre y cuando sean construidos de acuerdo a sus especificaciones técnicas.

El presente trabajo contiene 5 capítulos divididos de la siguiente forma:

En el primer capítulo se encuentran las generalidades, planteamiento del problema, objetivos generales y específicos, justificación e ideas a defender.

El capítulo dos contiene el comportamiento de los elementos estructurales que comprenden los sistemas constructivos analizados: aporticado de hormigón armado, paredes portantes y Emmedue.

En el capítulo tres se presenta la metodología de investigación utilizada, población y muestra investigada, así como las técnicas e instrumentos hacia la recolección de información para el procesamiento de datos obtenidos y análisis de resultados; finalizando este capítulo con la verificación de las ideas a defender planteadas.

El capítulo cuatro contiene los análisis comparativos de los sistemas constructivos planteados, sus fases de construcción, presupuestos de obra, cronogramas de barras, cronogramas valorados y curvas de inversión para la casa tipo planteada.

Como quinto y último capítulo se entregan las conclusiones y recomendaciones generadas en base a la elaboración del trabajo presentado.

En los anexos adjuntos, se presentan los planos arquitectónicos de la vivienda tipo, así como también los análisis de precios unitarios de cada uno de los rubros contemplados en los sistemas constructivos propuestos.

# **CAPÍTULO I**

## **1. EL PROBLEMA**

La Industria de la Construcción en los últimos años, ha experimentado la utilización de nuevos métodos, técnicas y procesos constructivos, incorporando además materiales no tradicionales en la ejecución y desarrollo de los proyectos de vivienda, con la finalidad de obtener casas a bajo costo y en el menor tiempo posible de ejecución, sin mermar la calidad, y cumpliendo parámetros reglamentados por normas de diseño y confort, para satisfacer la necesidad latente de vivienda en el Distrito Metropolitano de Quito.

Los constructores y promotores inmobiliarios que desarrollan viviendas unifamiliares en Quito, acogen como propia la ejecución del sistema constructivo de pórticos de hormigón armado, siendo el de mayor aceptación en el mercado. Pero: ¿Qué les motiva y determina utilizar en sus proyectos el sistema constructivo adoptado?

En el presente trabajo, se ha planteado una vivienda tipo, para la cual se realizarán los análisis comparativos en cada uno de los sistemas propuestos, a fin de determinar los costos y presupuestos, mediante los análisis de precios unitarios de las actividades que se involucran en cada sistema, cronograma de ejecución, curvas de inversión, diferencias y semejanzas de los rubros de construcción.

### **1.1 EL OBJETO DE INVESTIGACIÓN**

Actualmente en Quito, se desarrollan proyectos de vivienda con sistemas constructivos diferentes al sistema de pórticos de hormigón armado, motivo por el cual se desarrollará un análisis comparativo, tomando en cuenta el costo, tiempo de ejecución, materiales utilizados, metodologías planteadas, ventajas y desventajas contemplados en cada uno de los sistemas constructivos siguientes:

- Sistema constructivo pórticos de hormigón armado.
- Sistema constructivo de paredes portantes.
- Sistema constructivo Emmedue.

Se desarrollará y analizará una comparación de estos sistemas constructivos en la ciudad de Quito, en una “Vivienda Tipo” planteada, con lo que se determinará una guía de evaluación de utilidad para el constructor y promotor inmobiliario, a fin de que estos, puedan tomar decisiones sobre el uso y adopción de uno de los sistemas constructivos planteados, determinando cuál de estos sistemas es de conveniencia propia a la hora de desarrollar sus proyectos de vivienda.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente la tecnología constructiva ha evolucionado, incorporando materiales alternativos en la construcción de viviendas, estos nuevos elementos agregados, son utilizados en la ejecución de una gran cantidad de proyectos habitacionales.

Tomando en cuenta la economía de nuestra sociedad, los habitantes buscan la manera de que sus viviendas se construyan con el menor costo posible, sean seguras y puedan soportar los ataques de agentes naturales.

Los proyectos de vivienda en nuestra ciudad, y específicamente las viviendas unifamiliares construidas para la clase económicamente media, han sido construidos por lo general con la metodología del sistema de pórticos de hormigón armado.

La falta de conocimiento por parte del constructor, la poca difusión de otros sistemas constructivos por parte de las industrias que impulsan el uso, y aplicación de nuevas tecnologías y productos en la construcción de viviendas, pueden ser determinantes a la hora de decidir adoptar el sistema constructivo más conveniente para el promotor o constructor de viviendas.

Las nuevas alternativas existentes de construcción son aplicadas por algunos constructores de proyectos inmobiliarios, con lo cual nos surge el siguiente cuestionamiento: ¿Qué determina al constructor y al promotor inmobiliario, el uso e implementación de uno de los sistemas constructivos propuestos para la ejecución y construcción de viviendas en Quito?

### **1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Durante muchos años en la industria de la construcción, se ha desarrollado y promocionado el sistema constructivo de pórticos de hormigón armado.

Este sistema se viene utilizando en la mayoría de construcciones formales e informales, así como también por los constructores de viviendas en Quito, como el único sistema disponible y existente, ya sea por la aparente facilidad de ejecución, el poco adiestramiento necesario del personal de obra que lo ejecuta, o cualquier otro motivo que el constructor haya analizado como determinante para desarrollar y ejecutar la construcción de sus proyectos de vivienda.

Cualquiera que sea el caso, el cual lleve al constructor a elaborar sus proyectos con el sistema de construcción que estime más adecuado, y conveniente para sus propios intereses, será, sin contar con un análisis técnico comparativo, respecto a otros sistemas constructivos diferentes al sistema aporticado de hormigón armado.

Es de importancia para el constructor, promotor y ejecutor de proyectos de vivienda en Quito, disponer de una guía y análisis comparativo de los sistemas constructivos más utilizados actualmente, con lo cual podrá determinar y tomar la decisión adecuada de uso y adopción de uno o varios de los sistemas constructivos planteados, no únicamente acogiendo el sistema aporticado de hormigón armado para desarrollar sus proyectos, por el hecho de no disponer de información técnica adecuada, que sustente en forma analítica, los



parámetros necesarios, con los cuales le lleven a tomar como alternativa viable en la ejecución de proyectos de vivienda en Quito.

Una vez que se disponga del análisis comparativo planteado, el constructor o promotor de viviendas en Quito, tendrá las herramientas y elementos de juicio necesarios para adoptar y utilizar la metodología o el sistema constructivo que mejor convenga, y se adapte a sus intereses propios para la construcción de viviendas, lo cual permita reducir el costo final del inmueble, a la vez que satisface la necesidad de vivienda en nuestra ciudad.

#### **1.4 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

¿En el costo de construcción de una vivienda unifamiliar en Quito, incide el tipo de sistema constructivo con el cual se ejecuta la construcción?

¿Al establecer el tiempo de ejecución de la construcción de una vivienda unifamiliar en Quito, estará determinado por los materiales involucrados en la construcción de la misma?

#### **1.5 OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICO**

##### **1.5.1 Objetivo General**

Realizar un estudio comparativo del costo de construcción y tiempo de ejecución, entre los sistemas constructivos: pórticos de hormigón armado, paredes portantes y Emmedue.

##### **1.5.2 Objetivos Específicos**

1. Comparar las ventajas y desventajas para los sistemas de pórticos de hormigón armado, paredes portantes y Emmedue, en una vivienda

unifamiliar, denominada “Casa Tipo”.

2. Describir los procesos constructivos que se requieren para cada uno de los sistemas constructivos planteados en el análisis.
3. Obtener costos y análisis de precios unitarios de los rubros contemplados en cada uno de los sistemas constructivos, en referencia a la Vivienda Tipo planteada, y obtener el presupuesto de construcción de los sistemas constructivos analizados, sin tomar en cuenta los acabados, solo se consideran: cimentación, estructura y albañilería.
4. Establecer el tiempo de ejecución, diagrama de barras y curva de inversión valorada para cada sistema constructivo analizado.
5. Plantear conclusiones y recomendaciones, en las cuales se establezcan debilidades y fortalezas de cada uno de los sistemas constructivos analizados.

## **1.6 JUSTIFICACIÓN**

### **1.6.1 Justificación Teórica**

La construcción fue considerada por mucho tiempo como una actividad artesanal, donde el constructor era el proyectista, el que toma la decisión del uso de los tipos de materiales, el que los recibía en la obra y el que resolvía como se iba a construir. Con el crecimiento de la industria de la construcción y con la creación de nuevos materiales, nuevas tecnologías constructivas y equipamientos, aplicables a estos materiales, esas funciones se han ido dividiendo entre un número mayor de profesionales integrados en la ejecución de los proyectos de construcción.

A diferencia de otras industrias, que sí precisan de una dirección clara de cómo fabricar los productos, la construcción civil ha sido una actividad que fabrica su producto (edificaciones) sin una definición clara de cómo producirlo y consecuentemente, se han generado desperdicios en obra, gastos adicionales, repetición de procesos, calidad deficiente y una pobre productividad.

En los últimos años se ha visto la necesidad de reducir los costos, la eliminación de los trabajos innecesarios y la creación de una interacción entre las fases de concepción – proyecto, y la ejecución de obras, como medio para lograr mayor competitividad; consecuencia de ello es que en muchas empresas constructoras han integrado las áreas de: gestión - proyectos - obras.

La manera tradicional de proyectar una obra es, que cada etapa del proceso continua al término de otra y así sucesivamente, originando una secuencia de actividades y una falta de integración y retroalimentación de dicho proceso. El gran fracaso de esta mera forma de proyectar es la falta de comunicación y coordinación de las actividades.

Los nuevos sistemas de construcción diferentes al sistema aporricado de hormigón armado, resuelven en parte la consecución de actividades para obtener el producto final, o lo resuelven en gran porcentaje de este, en menor tiempo.

Por tal motivo es de importancia determinar y analizar las comparaciones necesarias de estos sistemas, para aseverar o negar el planteamiento propuesto, el cual es defendido por los constructores que aplican estos nuevos sistemas de construcción en la ejecución de viviendas en Quito.

## **1.6.2 Justificación Práctica**

Las empresas constructoras hoy en día disputan mercados cada vez más exigentes, lo cual las obliga a diferenciarse e innovar con nuevos productos; los clientes cada vez son más importantes en la decisión de las características del

producto que adquieren, los proveedores son fundamentales para mantener la calidad de los materiales y servicios suministrados.

El proyecto valoriza la integración entre los agentes de un proceso, para que al final el producto vivienda, satisfaga las necesidades de los clientes y genere una rentabilidad y utilidad mayor para el constructor.

El investigador tratará de sugerir parámetros y plantear soluciones apropiadas que contribuyan a tomar decisiones respecto al sistema constructivo más apropiado, para que el constructor aplique y adapte a sus proyectos de vivienda, a fin de que el profesional pueda escoger el más adecuado a la hora de implementar un sistema en sus proyectos.

Por otro lado, se deberá tomar en cuenta la permanencia y evolución incesante de la industria de la construcción, en los procesos y procedimientos aplicables constructivamente hablando, que determinen la evolución al cambio, promoviendo innovaciones, el uso de nuevos elementos y materiales, frente a las realidades existentes de la ciudad y el país.

La educación, capacitación, el análisis práctico y el conocimiento de nuevas técnicas constructivas y materiales aplicables, en definitiva, deberá promover el progreso humano de la sociedad, y en particular el de la industria de la construcción, al perfeccionar a los individuos involucrados en el desarrollo y el quehacer constructivo, perfecciona también al grupo que lo integra, mejorando la calidad humana y social de nuestra ciudad y por ende, de nuestro país, garantizando una sociedad justa, equilibrada y óptima.

### **1.6.3 Justificación Relevancia Social**

La finalidad principal de ejecutar proyectos de vivienda para el constructor o promotor inmobiliario, es la de obtener rentabilidad y utilidad, al comercializar el producto final (vivienda), a la vez que satisface una necesidad, disminuyendo el déficit de vivienda en el país.

Tomando en cuenta que para el inversionista y constructor es importante la rentabilidad y utilidad que se obtienen de la gestión de ejecutar viviendas, será de importancia también haber tomado en cuenta que esa rentabilidad puede ser mayor al ejecutar los proyectos de vivienda con el menor costo de producción, y en el menor tiempo posible, a fin de comercializar el producto terminado en el mínimo plazo y a un costo competitivo en el mercado.

Para el usuario o cliente de la vivienda en cuestión, la finalidad primordial es obtener un bien inmueble que satisfaga sus necesidades básicas de seguridad, confort, comodidad, y poseer un techo para la familia, que sirva de protección y cobijo, contemplando directamente las limitaciones de costo en función a un área de vivienda, sin tomar en cuenta los elementos, materiales y técnicas constructivas aplicadas en la ejecución de la vivienda que adquiere, salvo algunos individuos, que por tradición o falta de conocimiento, se plantean la adquisición de una vivienda construida con el sistema de pórticos de hormigón armado, desmereciendo las viviendas construidas con otros sistemas.

## **1.7 IDEAS A DEFENDER**

### **1.7.1 Ideas a defender**

1. Al realizar el análisis comparativo de los sistemas constructivos planteados, el constructor y promotor de vivienda unifamiliar en Quito, adoptará la ejecución de sus proyectos de vivienda con otro sistema constructivo diferente al sistema de construcción de pórticos de hormigón armado.
2. Si la ejecución de proyectos de vivienda unifamiliar en Quito, edificados con el sistema constructivo de pórticos de hormigón armado, fuera más económica que otros sistemas constructivos, entonces las viviendas ejecutadas con otros sistemas constructivos diferentes al aporticado tienen mayor costo de ejecución.

3. Los sistemas constructivos de paredes portantes y Emmedue, se ejecutan en menor tiempo que el sistema constructivo aporticado de hormigón armado, en la construcción de viviendas en Quito.

### **1.7.2 Variable Independiente**

La información importante de los sistemas constructivos más desarrollados y de mejor aceptación, y el análisis técnico comparativo de estos sistemas constructivos, es determinante para el constructor y promotor inmobiliario, al decidir el desarrollo y ejecución de un proyecto de vivienda con el sistema aporticado de hormigón armado, e incide negativamente en la adopción y uso de otros sistemas constructivos diferentes a este.

Por lo tanto, esta determinación y uso de uno de los sistemas constructivos, de los planteados y propuestos en el análisis, constituye la variable independiente.

### **1.7.3 Variable Dependiente**

La alta demanda de vivienda en la ciudad de Quito, contribuye al constructor y promotor inmobiliario a ejecutar más proyectos de vivienda, en el menor tiempo posible de ejecución, y bajo costo de construcción. El valor de ejecución del proyecto, incide en la rentabilidad que el constructor y promotor inmobiliario obtiene al desarrollar los proyectos de vivienda unifamiliar en Quito.

Por lo tanto, la adopción de uno de los sistemas constructivos propuestos, estará directamente ligado a las variables dependientes: costo de construcción y tiempo de ejecución de la vivienda tipo en cuestión.

## **CAPÍTULO II**

### **SISTEMAS ESTRUCTURALES DE CONSTRUCCIÓN**

De los sistemas estructurales de construcción en nuestro medio; el sistema constructivo de hormigón armado aporricado, es el más conocido y de mejor aceptación para la ejecución de viviendas, pero además existen otros sistemas de construcción, que son utilizados con muy buena respuesta estructural y facilidad de ejecución, los mismos que no tienen mucha difusión para su uso masivo en viviendas unifamiliares.

Para determinar el sistema constructivo a utilizar en la ejecución de un proyecto de vivienda unifamiliar, se debe analizar el sistema que mejor se adapte a la arquitectura del mismo, a la distribución de espacios, número de viviendas a construir, tiempo de ejecución y flujo de capital asignado para la construcción del proyecto.

#### **2.1 SISTEMA APORTICADO DE HORMIGÓN ARMADO**

Constituido por pórticos conformados de vigas y columnas de hormigón armado, elementos horizontales y verticales, tales que al acoplarse forman nudos rígidos en las uniones de los mismos, estas uniones disponen a los elementos vigas y columnas generalmente en forma ortogonal, (ver foto 2.1). Estos pórticos serán ensamblados a una cimentación, la cual se determina dependiendo del tipo de suelo y las cargas que deba soportar la estructura.

Los pórticos de hormigón armado cimentados, serán capaces de soportar las cargas que sean transmitidas e ellos, sean estas cargas por la acción de agentes naturales o las cargas propias de los elementos construidos para conformar los ambientes de la vivienda y la cubierta necesaria para la misma.

Para el ejemplo planteado se considera una vivienda con un área de

construcción de 84,15 m<sup>2</sup>, según se puede observar en los planos del Anexo 1.



Foto 2.1: Sistema aporticado de hormigón armado.

### **2.1.1 Proceso de construcción para casa unifamiliar en el sistema constructivo tradicional aporticado**

En este sistema constructivo, el cual en nuestro medio es el más utilizado, se basa en la construcción de elementos verticales llamados columnas, y elementos horizontales conocidos como vigas y losas.

Luego de la conformación de los pórticos estructurales, se procede a la elaboración de las mamposterías, las mismas que se consideran elementos no estructurales y constituyen un relleno arquitectónico para conformación de los diferentes ambientes de la vivienda; en las mamposterías conformadas, es necesario realizar el enlucido, para darles el acabado que requiere cada ambiente arquitectónico conformado.

---

<sup>1</sup> Foto archivo personal investigador.



El proceso constructivo se inicia con la ejecución de la cimentación, para luego continuar con los demás elementos estructurales como: columnas, vigas y losas, los cuales se encuentran conformadas por: hormigón y acero de refuerzo en forma de varillas corrugadas en diferentes diámetros, de conformidad a lo indicado en el diseño y cálculo estructural.

En el sistema aporticado de hormigón armado, podemos identificar los siguientes elementos estructurales que conforman este sistema de construcción: cimentación, columnas, vigas y losa.

### **2.1.1.1 Cimentación**

La cimentación, constituyen los elementos capaces de transmitir las cargas actuantes de la superestructura<sup>2</sup> hacia el suelo. El suelo es el material más heterogéneo e impredecible en su comportamiento físico, el cual puede sufrir cambios y alteraciones propias al ser sometido a cargas. Uno de estos cambios es la compresión que sufren los suelos, en mayor o menor grado, generando asentamientos<sup>3</sup> de la cimentación, asentamientos que también afectan y son transmitidos hacia los elementos de la estructura construida sobre ellos.

Existirán diferentes soluciones técnicas de cimentación, cuantos tipos de suelos consten, y ejemplares formas y géneros de estructura sean planteadas.

Para la presente investigación se ha considerado una cimentación con plintos aislados (ver foto 2.1.1.1).

La importancia de que la solución técnica planteada para la cimentación sea la más adecuada, radica en que la cimentación constituye un elemento que será muy difícil de reparar y con menos probabilidades de hacerlo, en caso de

---

<sup>2</sup> Parte superior de un conjunto estructural.

<sup>3</sup> Desplazamiento vertical de un elemento estructural, debido a la compresión del material bajo este, que lo soporta.

producirse un daño o falla estructural<sup>4</sup> de este elemento. Falla que puede producirse principalmente por los asentamientos.



Foto 2.1.1.1: Plinto del sistema aporcado de hormigón armado.

### 2.1.1.2 Columnas

Son elementos estructurales verticales que transmiten las cargas en forma longitudinal, de la superestructura hacia la cimentación. Las columnas pueden ser de diferente forma, dependiendo del diseñador estructural, de entre las formas más utilizadas en este sistema de construcción están: rectangulares,

---

<sup>4</sup> Falla estructural se da cuando el elemento está sometido a acciones mecánicas mayores a las que tiene como límite para funcionar en las condiciones de diseño calculadas.

<sup>5</sup> Foto archivo personal investigador.

cuadradas y circulares.

Para la investigación propuesta se tiene considerado columnas cuadradas de sección 30 x 30 centímetros (ver foto 2.1.1.2).



**Foto 2.1.1.2: Columnas del sistema aporticado de hormigón armado.**

La adecuada selección de la forma, dimensiones y espaciamiento entre columnas que conforman una estructura, influyen directamente en la capacidad de carga que puede alcanzar la columna diseñada.

Las columnas están sometidas principalmente a carga de compresión y trabajan a carga axial<sup>7</sup>; son elementos sujetos a aplastamiento. Por lo tanto su diseño se basa principalmente en la fuerza interna, también son diseñadas para flexión, denominándose esta combinación generada como flexo compresión.

---

<sup>6</sup> Foto archivo personal investigador.

<sup>7</sup> Fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un miembro estructural, aplicada al centroide de la sección transversal del mismo, produciendo un esfuerzo uniforme. También llamada fuerza axial.

Otro de los parámetros que es importante considerar y que influye en la forma de la columna, es el efecto geométrico de la esbeltez<sup>8</sup>, el cual determina el tipo de falla de la columna. Para la columna con poca esbeltez, la falla es por aplastamiento, este tipo de falla se denomina columna corta; en los elementos más esbeltos, denominados columna larga, la falla es por pandeo<sup>9</sup>.

### 2.1.1.3 Viga

Elemento estructural constructivo de soporte horizontal, de sección longitudinal superior a la transversal, utilizada estructuralmente y diseñada para resistir las cargas tributarias entregadas por la losa y transmitir las hacia las columnas, sin producir excesiva deflexión<sup>10</sup> en el elemento.



**Foto 2.1.1.3: Vigas y losa del sistema aporticado de hormigón armado.**

<sup>8</sup> Relación entre el tamaño de la sección transversal y la longitud del elemento.

<sup>9</sup> Fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos, se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes perpendiculares a la dirección de la carga principal de compresión.

<sup>10</sup> Grado en el que un elemento estructural se desplaza bajo la aplicación de una fuerza o carga.

<sup>11</sup> Foto archivo personal investigador.

Las vigas trabajan principalmente a flexión<sup>12</sup>, este esfuerzo genera tensiones de tracción o estiramiento en las fibras inferiores de la viga, y compresión o aplastamiento en las fibras superiores. Cuando la viga se encuentra en el perímetro exterior de un forjado, posiblemente también se produzcan tensiones por torsión.

Las vigas consiguen asumir igual dimensión en alto que las losas, lo cual las determina como vigas banda, y al fundirlas monolíticamente con la losa son determinadas como viga T; pueden tener diferente dimensión en altura que la losa, denominándose como vigas descolgadas, las cuales se pueden diseñar generalmente con sección cuadrada o rectangular. La condición de vigas descolgadas en una estructura aporticada, puede generar mayor costo en el proceso de encofrado.

#### **2.1.1.4 Losa**

Elemento estructural plano horizontal, que puede separar dos niveles de una edificación, o también servir como cubierta de la edificación, en cuyo caso puede tener una inclinación.

La geometría común de una losa, se verifica porque dos de sus dimensiones predominan sobre la tercera (espesor), formando un elemento plano.

En la mayoría de los casos las cargas son normales al plano de las losas, encontrándose solicitadas predominantemente por esfuerzos de flexión.

La función de una losa en una estructura, es la de recibir las cargas y transmitir las hacia sus apoyos (vigas). De acuerdo a la forma de transmitir las cargas hacia los apoyos las podemos clasificar en dos tipos: losas armadas en una dirección, y losas armadas en dos direcciones.

---

<sup>12</sup> Deformación que presenta un elemento estructural alargado en dirección perpendicular a su eje longitudinal.

Para el caso del sistema constructivo aporticado de hormigón armado, las losas pueden ser macizas o alivianadas. En nuestro país, y principalmente en Quito, las losas alivianadas, construidas con el sistema aporticado, son las de mejor aceptación y uso en las edificaciones para vivienda.

## **2.2 SISTEMA DE PAREDES PORTANTES DE HORMIGÓN**

Las viviendas elaboradas con paredes de hormigón y reforzados con malla electro soldada, se encuentran catalogados dentro de los sistemas estructurales de muros portantes o paredes portantes.

Este sistema de construcción se ha venido utilizando en la última década en nuestra ciudad con una gran intensidad y mejor grado de aceptación respecto al sistema aporticado de hormigón armado.

La característica principal del sistema de construcción de paredes portantes de hormigón, radica en la alta resistencia que adquiere debido a la significativa cantidad de área de muros estructurales acoplados.

Las características adicionales de este tipo de estructuras son las siguientes:

- Arquitectura simple.
- Relación de aspecto<sup>13</sup> baja.
- Densidad de muros alta
- Luces de vanos pequeñas, menores a 6 m.
- Alturas de entrepiso entre 2,30 m y 3,00 m.
- No posee dinteles.
- Estructuras cimentadas generalmente sobre plataformas de hormigón armado.

Desde el punto de vista funcional y estético, constituye un sistema constructivo muy versátil, que se puede acoplar a cualquier diseño

---

<sup>13</sup> La relación de aspecto es la proporción entre su ancho y su altura. Se calcula dividiendo el ancho por la altura.

arquitectónico planteado, con el que se obtienen losas y muros de buena calidad de acabado, que permiten recibir cualquier tipo de textura o recubrimiento como acabado final.

Para la construcción de viviendas con este sistema, se utiliza una serie de paneles, formaletas<sup>14</sup> o encofrados modulares, que pueden ser de hierro, madera o aluminio, adicionando una gama de accesorios que permiten el acoplamiento perfecto de los elementos de encofrado que conforman el equipo del sistema.

El tipo de acoplamiento que permite el equipo de encofrado, admite vaciar el hormigón, de tal forma que se obtiene un elemento monolítico en muros y losas, formando una estructura resistente y eficiente frente a cualquier requerimiento sísmico, o de agentes naturales como: viento, granizo, deslaves, etc.

### **2.2.1 Procesos de construcción para casa unifamiliar en el sistema constructivo de paredes portantes**

Para el inicio de una construcción con este proceso constructivo, se debe realizar primero la cimentación, siendo esta para el ejemplo planteado una losa de cimentación (ver foto 2.2.1), sobre la cual, se procede a colocar los chicotes de varilla como anclajes para las paredes de la vivienda (ver foto 2.2.1a). Posteriormente se arman las paredes con malla electro soldada como refuerzo, en los lugares establecidos y replanteados (ver foto 2.2.1b), para luego encofrar las paredes y losa que conforman la vivienda; se arma la losa y se procede a la fundición monolítica de las paredes y losa.

---

<sup>14</sup> Tablas o tablonces muy largos, muy anchos, pero de poco grosor, las cuales se utilizan solamente para construir los moldes o encofrados, en donde se vierte concreto u hormigón para crear una estructura o forma en particular en una construcción.



15

**Foto 2.2.1: Losa de cimentación sistema de paredes portantes.**



16

**Foto 2.2.1a: Chicotes de varilla como anclajes en losa de cimentación sistema de paredes portantes.**

<sup>15</sup> Foto archivo personal investigador.

<sup>16</sup> Foto archivo personal investigador.



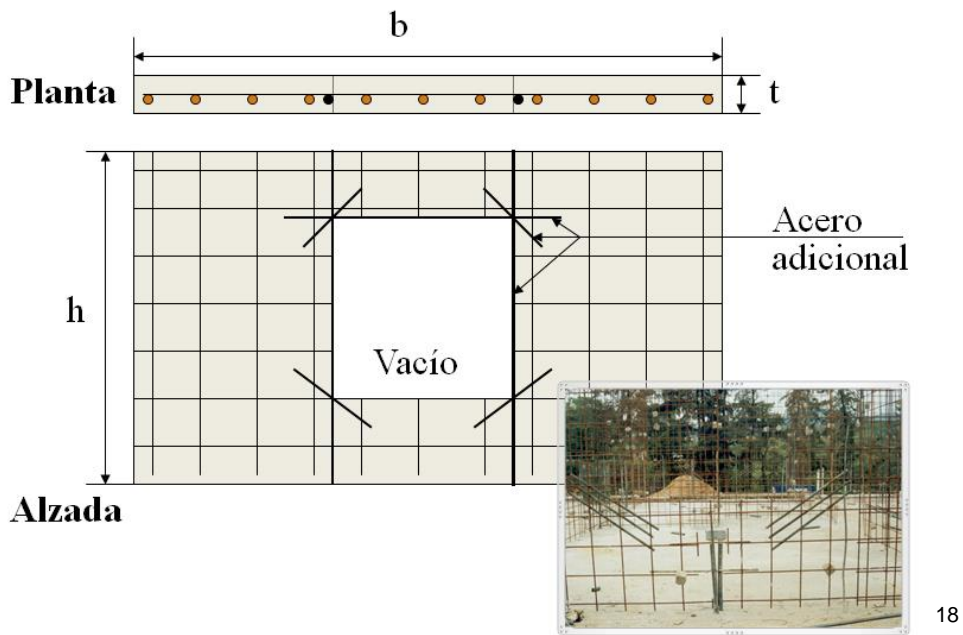


**Foto 2.2.1b: Replanteo de paredes en sistema de paredes portantes.**

Las paredes de este sistema constructivo, están constituidas por: malla electro soldada, hormigón y refuerzos adicionales de acero en los sitios donde se generan mayores concentraciones de esfuerzos (ver foto 2.2.1c), estos esfuerzos generalmente se presentan en los contornos de las vacíos dejados para las puertas y ventanas; entre las mallas electro soldadas y el encofrado de las paredes, se colocan separadores de acero, los cuales aseguran el recubrimiento de hormigón necesario en las mallas, en la superficie de la cimentación fundida se colocan pequeños chicotes de acero para evitar que el encofrado se mueva en su base y asegurar el espesor de fundición de los elementos.

---

<sup>17</sup> Foto archivo personal investigador.



**Foto 2.2.1c: Refuerzos adicionales en paredes de sistema paredes portantes.**

La losa se encuentra conformada por: hormigón, malla electro soldada como refuerzo inferior y como refuerzo superior se coloca acero de refuerzo en varillas corrugadas, en diámetros de acuerdo con el diseño estructural.

Una vez conformados los elementos paredes y losa, se procede a encofrarlos, para luego recibir el hormigón (ver foto 2.2.1d).

<sup>18</sup> Foto tomada de Presentación Sistema Forsa – Solarte y Cía. Ingenieros.



**Foto 2.2.1d: Encofrado de paredes en sistema de paredes portantes.**



**Foto 2.2.1d: Encofrado de paredes y losa en sistema de paredes portantes.**

<sup>19</sup> Foto archivo personal investigador.

<sup>20</sup> Foto archivo personal investigador.

El hormigón que se utiliza en este sistema constructivo, está elaborado con grava triturada, conocida como chispa, con una granulometría no mayor de 3/8 de pulgada; se adiciona al hormigón aditivos plastificantes y acelerantes, los cuales permitirán la trabajabilidad del hormigón durante su colocación, debido que los espesores de fundición son de 10 centímetros, y los acelerantes por su lado permiten que los elementos fundidos puedan ser desencofrados en menor tiempo y los encofrados se utilicen nuevamente más rápido.

Se recomienda que el hormigón llegue a obra sin aditivo y con un asentamiento máximo de 13 centímetros, no se debe incorporar agua al hormigón, ya que se altera la dosificación, cambiando la relación agua cemento y por consiguiente disminuyendo la resistencia especificada de diseño.

A las 24 horas de la fundición, se puede realizar el desencofrado de elementos verticales; los encofrados limpios se trasladan al sitio de uso de la siguiente vivienda; es de importancia anotar que al desencofrar la losa, esta se debe dejar apuntalada para evitar deflexiones, y no debe ser sometida a cargas con elementos de encofrado dejados sobre ella.

Se deberá realizar el curado del hormigón convenientemente, a fin de alcanzar la resistencia final de diseño.

Las viviendas construidas con el sistema de paredes portantes no se enlucen, su terminado es de buena calidad y es suficiente, sobre esta superficie se puede directamente pintar o realizar el estucado; previamente rellenar los orificios dejados por las platinas o corbatas utilizadas en el encofrado, también es necesario retirar los excesos y rebabas de hormigón que se acumulan en las uniones de los tableros de encofrado, tanto en las paredes como en la losa.

El encofrado o formaleas necesarias para este tipo de sistema constructivo es especial, para su adquisición se debe realizar una inversión alta, esta inversión se la tiene que amortizar y pagar con el número de veces que sean utilizados estos encofrados.

Las formaletas pueden ser de diversos materiales, tales como: metal – madera, plástico, fibra de vidrio, aluminio; la diferencia radica en el peso que cada encofrado tiene, pero el principio de uso es el mismo para todos, el de constituir piezas individuales, de bajo peso, transportables fácilmente, y que se ensamblen con ayuda de accesorios que conforman una sola unidad de encofrado para las paredes y losa de la vivienda.

Los elementos que conforman los encofrados para el sistema de paredes portantes, reciben su nombre específico, dependiendo de la empresa fabricante, tales como: formaletas de muro, formaletas de losa, tapas, unión muro losa lisa, unión muro losa moldurada, pasadores, cuñas, corbatas.

Para el presente trabajo se utilizan los valores referenciales de la empresa Forsa, que ofrece al mercado un encofrado metálico de aluminio, cuyas especificaciones técnicas son: panel Forsa está fabricado en aluminio estructural con perfiles de 3.2 mm de espesor y resistencias mecánicas del orden de 27 Kg-f/mm<sup>2</sup>; compuesta de perfiles extrudidos de 15 cm de ancho, unidos y tratados térmicamente en forma de canal, separados a 30 cm y con ejes en dirección horizontal. Los perfiles de refuerzo están unidos a la placa mediante líneas de soldadura (ver foto 2.2.1e).

Las formaletas de muro y las formaletas de losa, se las utiliza exclusivamente en el lugar que indica su nombre; para los laterales y remates de muros son necesarios los elementos conocidos como: tapas en aluminio. En las uniones superiores de muros con la losa, se pueden utilizar dos opciones, dependiendo de la forma y terminado que se desee dar a esta unión, así tenemos: unión muro losa lisa y unión muro losa moldurada (ver foto 2.2.1f).



21

Foto 2.2.1e: Conformación de panel de encofrado metálico Forsa.



22

Foto 2.2.1f: Partes del sistema de encofrado metálico Forsa.

<sup>21</sup> Tomado de Presentación Forsa Ecuador.

<sup>22</sup> Tomado de Presentación Forsa Ecuador.

Como accesorios básicos para complementar y armar este sistema de encofrado, son necesarios los siguientes elementos: pasadores, los cuales se utilizan para unir dos tableros y se los coloca transversalmente entre ellos, para luego a través del orificio que posee el pasador, colocar la cuña, que será la que mantiene trabado al pasador para evitar que el tablero o formaleta se abra durante la fundición.

Finalmente las corbatas, que son elementos de platina de acero, las que se colocan a través del muro y servirán de soporte de la formaleta para mantener el espesor de fundición del muro, las cuales se retiran una vez que se ha realizado la fundición y se procede al desencofrado. Las corbatas previamente se las debe envolver en aislante, que puede ser plástico o papel, para evitar que se adhiera el hormigón en la fundición y poder sacarlas con más facilidad y reutilizarlas en otra etapa de fundición (ver foto 2.2.1g).



Foto 2.2.1f: Equipo de accesorios y herramientas del sistema de encofrado Forsa.

<sup>23</sup> Tomado de Presentación Forsa Ecuador.

El sistema de paredes portantes como conjunto estructural, está compuesto por los siguientes elementos: cimentación, pared portante, losa de cubierta, los cuales se describen a continuación.

### **2.2.1.1 Cimentación**

La cimentación en este sistema constructivo, es la encargada de transmitir las cargas al suelo, y estará diseñada y construida en función al tipo de suelo en donde se construirá la vivienda.

Para el análisis propuesto, se ha determinado una cimentación superficial, conformada por una losa de cimentación, en la cual se dejarán convenientemente ubicados, según las paredes de la disposición arquitectónica, los chicotes embebidos en esta losa, que posteriormente serán utilizados para ubicar las mallas electro soldadas que conforman el refuerzo de las paredes portantes de la vivienda (ver foto 2.2.1.1).



24

**Foto 2.2.1.1: Cimentación superficial sistema de paredes portantes.**

---

<sup>24</sup> Tomado de manual técnico Forsa. <http://forsa.com.co/es/sistema-forsa/documentos/>



### 2.2.1.2 Paredes portantes

Constituyen todos los elementos divisorios que conforman los diferentes ambientes de la vivienda. Estas paredes, se encuentran estructuralmente conformadas por muros de hormigón con refuerzo de malla electro soldada.

Para la construcción y fundición de los muros o paredes portantes, se deberá conformar y colocar el encofrado necesario, que confinará el hormigón y determinará la forma y dimensiones finales de la vivienda.

En el interior del confinamiento o encofrado de las paredes, se deberán colocar todas las tuberías necesarias para instalaciones eléctricas e instalaciones hidrosanitarias (ver foto 2.2.1.2), así también se deberán ubicar todos aquellos elementos que sean obligatorios situar, como ductos y pasantes. No está permitido picar o romper las paredes de hormigón para poner posteriormente estos elementos.



25

**Foto 2.2.1.2: Instalaciones eléctricas y sanitarias embebidas.**

<sup>25</sup> Tomado de manual técnico Forsa. <http://forsa.com.co/es/sistema-forsa/documentos/>

La función primordial de las paredes portantes en este sistema constructivo, se puede dividir en dos tipos: paredes de carga y paredes de rigidez.

Las paredes de carga.- Reciben la carga proveniente de la losa, esto es: peso propio de la estructura más la carga de acabados y recubrimientos, y la carga paralela a su eje.

Las paredes de rigidez.- Absorben la carga de sismo paralela a su eje. En el caso de que la carga de sismo actúe en dirección diferente a los ejes principales de la estructura, por ejemplo a 45°, los muros actuarán simultáneamente como un conjunto.

La industrialización para ejecutar la construcción de viviendas con el sistema de paredes portantes de hormigón, ha permitido que importantes empresas desarrollen tecnologías a fin de facilitar el proceso de encofrado, y por consiguiente el proceso de fabricación de las paredes portantes.

Es así que la empresa Forsa S. A. desarrolló el sistema de paneles de aluminio Forsa. Esta empresa cimentada sobre bases de excelencia, innovación y tecnología, se encuentra revolucionando la industrialización de la vivienda, con su exclusivo sistema de formaletas en aluminio para fundición de paredes en hormigón.

El sistema de paneles Forsa, está fabricado en aluminio estructural, con perfiles de gran resistencia y peso liviano, estos paneles se ensamblan entre sí de manera ágil (ver foto 2.2.1.2a).



26

**Foto 2.2.1.2a: Montaje panel**

La resistencia de los paneles del sistema Forsa, pueden soportar las condiciones más adversa de trabajo, pudiendo ser utilizadas por encima de 1500 veces<sup>27</sup>, con un adecuado mantenimiento. La gran versatilidad de estos paneles, permite adaptarse a las necesidades y condiciones arquitectónicas del proyecto de vivienda planteado, evitando las limitaciones de creatividad y diseño.

### **2.2.1.3 Losa de Cubierta**

Elemento plano horizontal, macizo, de espesor reducido, que puede tener inclinación, conformado por hormigón con refuerzo de malla electro soldada y acero de refuerzo en forma de varillas corrugadas, dependiendo de la solución estructural que se plantee y de las cargas que soporte.

---

<sup>26</sup> Manual técnico Forsa. <http://forsa.com.co/es/sistema-forsa/documentos/>

<sup>27</sup> Manual técnico Forsa. Página 72. <http://forsa.com.co/es/sistema-forsa/documentos/>

La losa que compone este sistema constructivo, se funde en forma monolítica con las paredes portantes, apoyándose sobre estas paredes en las dos direcciones, de tal forma que su rigidez y resistencia se incrementa notablemente ante cargas laterales.

La función de los elementos horizontales estructurales del sistema de paredes portantes, como son las losas, es transmitir las cargas verticales hacia los apoyos, los mismos que están conformados por las paredes portantes, las cuales a su vez transmiten la carga hacia la cimentación.

La losa cumple además la importante función de conectar los elementos verticales (paredes portantes) y distribuir entre estos elementos las cargas horizontales, para lo cual forma un diafragma con alta rigidez en su plano.

Al igual que en las paredes portantes que conforman este sistema constructivo, las tuberías hidráulicas, eléctricas y todo aquel elemento necesario para instalaciones, debe ir colocado previo a la función.

### **2.3 SISTEMA CONSTRUCTIVO EMMEDUE**

El sistema constructivo Emmedue se desarrolla partiendo de la utilización de paneles de poliestireno<sup>28</sup> expandido ondulado, con armadura básica adosada en sus caras como refuerzo estructural, conformada por mallas de acero galvanizado de alta resistencia, unidas entre sí por conectores de acero electro soldados (ver esquema 2.3).

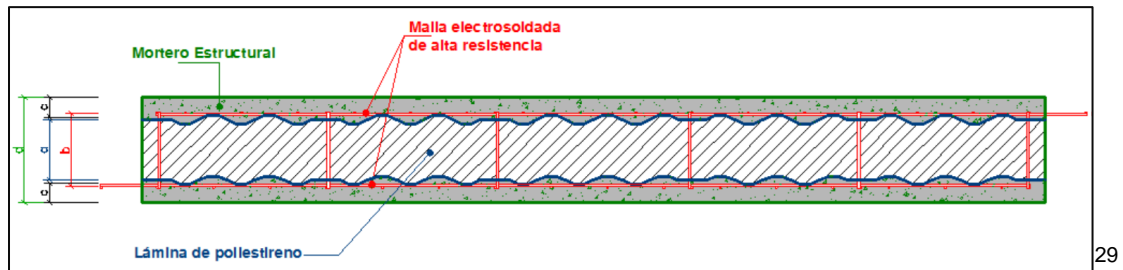
La forma de los paneles de este sistema, está planteada para adherir mortero o enlucido estructural en obra, mediante procesos mecánicos o manuales (ver esquema 2.3a).

El objetivo es proveer un sistema constructivo conformado por paneles modulares pre elaborados, que ahorra tiempo de construcción y disminuye la

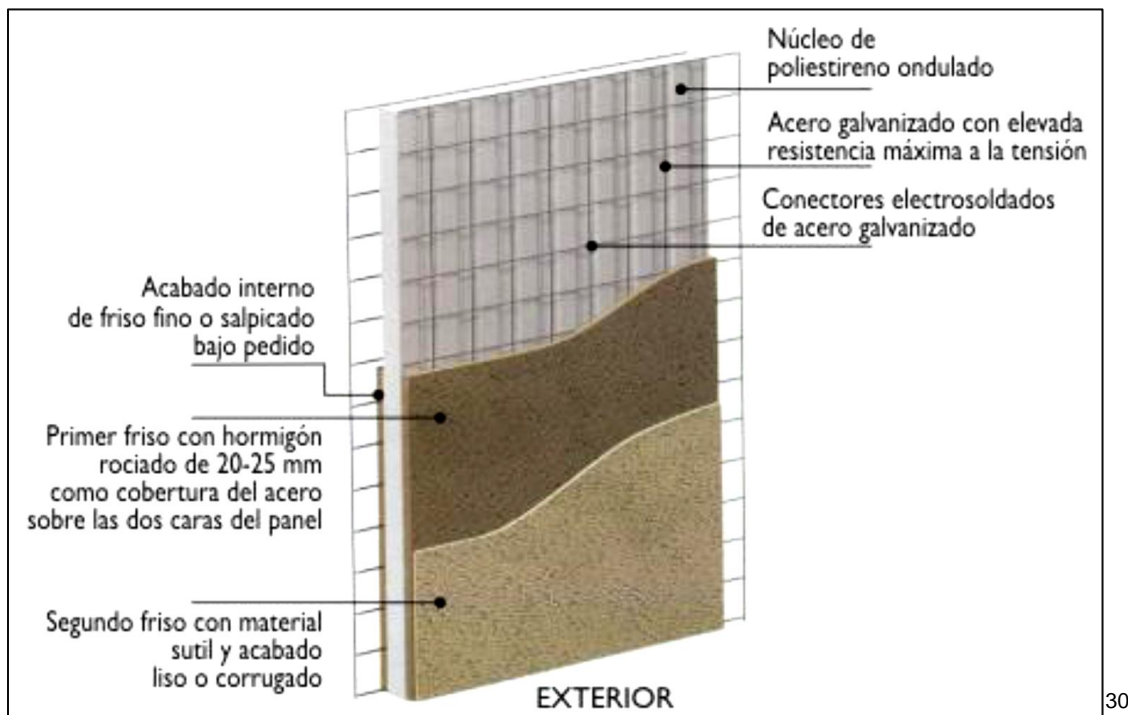
---

<sup>28</sup> Polímero plástico, muy ligero, deformable, que se derrite cuando se calienta, se obtiene de la agrupación química entre sí del estireno o hidrocarburo aromático.

mano de obra necesaria, logrando obtener en un solo elemento las funciones estructurales y auto portantes, facilitando su confección, entregando un elemento con propiedades y coeficientes térmicos y acústicos elevados, así como también variedad de formas y acabados que se pueden dar en obra.



Esquema 2.3: Panel Emmedue.



Esquema 2.3a: Sistema Emmedue con recubrimiento.

<sup>29</sup> Manual técnico Emmedue.

<sup>30</sup> Manual técnico Emmedue.

Este sistema de construcción favorece una absoluta flexibilidad de proyección arquitectónica, por tratarse de un sistema modular; además se lo puede integrar con otros sistemas constructivos con gran facilidad de adaptación. La facilidad y simplicidad de montaje del panel que lo compone, la ligereza y manipulación del mismo, permiten la ejecución de cualquier tipo de construcción, aún en condiciones dificultosas de operación o condiciones adversas.

### **2.3.1 Procesos de construcción para casa unifamiliar en el sistema constructivo Emmedue**

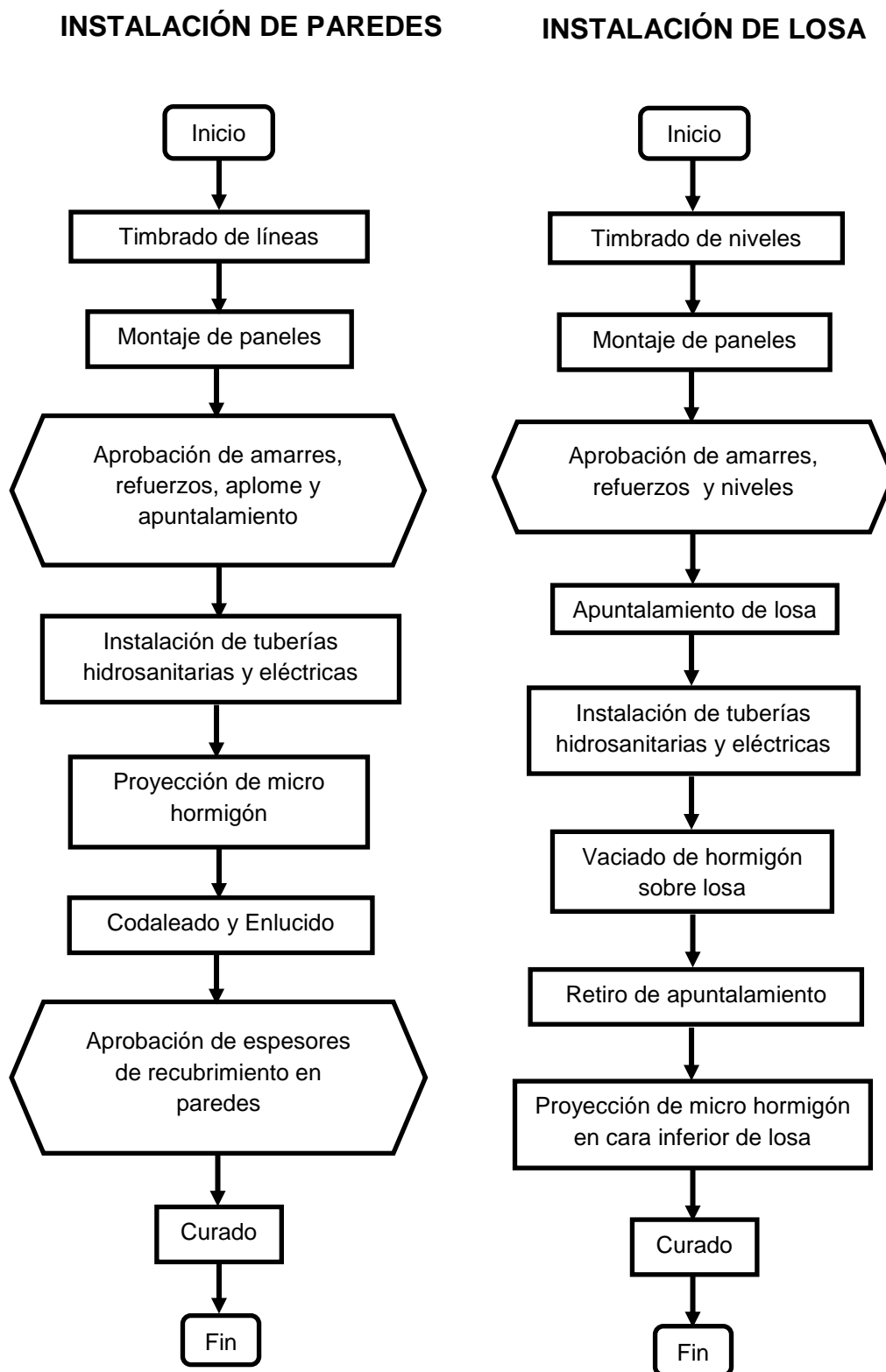
Los elementos estructurales que conforman este sistema constructivo, pueden ser realizados y elaborados de manera simple y rápida, sin que sea necesaria de mano de obra ni herramienta especializada.

En general el método constructivo para este sistema, puede ser descrito como la secuencia de procesos específicos que se componen de las mismas y similares actividades que en el sistema tradicional de construcción.

Las diferentes etapas que componen este sistema constructivo, pueden ser representadas mediante el diagrama de procesos del gráfico 2.3.1.

En el diagrama se puede observar la serie sucesiva de procesos para la construcción de una vivienda, así como dos procesos necesarios referentes a las instalaciones hidrosanitarias y eléctricas.

Gráfico 2.3.1: Diagrama de procesos sistema constructivo Emmedue



A continuación se tiene una descripción de las actividades que conforman los diferentes procesos involucrados en el sistema constructivo Emmedue para la construcción de una vivienda.

Conformada la cimentación de la vivienda, la cual deberá ser definida por el ingeniero calculista, contemplando el tipo de suelo existente y considerando que la transmisión de esfuerzos al suelo se da a través de elementos lineales y no puntuales. Este tipo de transmisiones de esfuerzo se solucionan con vigas corridas o losas de cimentación. Para el ejemplo analizado, se contempla una losa de cimentación (ver foto 2.3.1).



31

**Foto 2.3.1: Losa de cimentación sistema Emmedue.**

Sobre la cimentación establecida, se realiza el trazado y timbrado de acuerdo con la disposición arquitectónica de las paredes de la vivienda (ver foto 2.3.1a), sobre este trazado, en el cual se identifican las líneas que corresponden a las caras exteriores de terminado de pared y las líneas donde será ubicado el panel, sobre las líneas de ubicación del panel, se procede a perforar con broca, y colocar los chicotes de varilla de acero de 6 mm de

---

<sup>31</sup> [http://www.grupoisotex.com/fotos\\_galeria.php?oid=24#](http://www.grupoisotex.com/fotos_galeria.php?oid=24#)

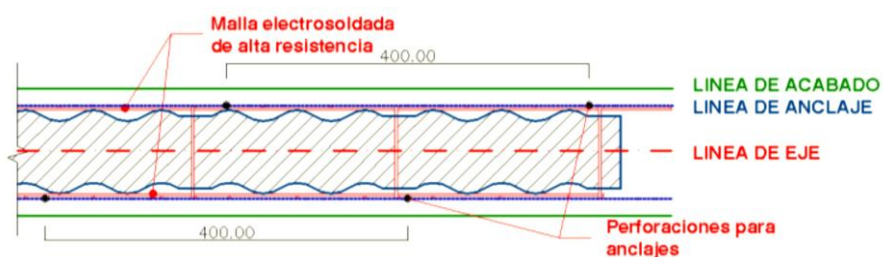


diámetro, estas varillas serán ancladas y fijadas con epóxico para adherencia de hormigón – acero.



Foto 2.3.1a: Trazado y timbrado para paredes sistema Emmedue.

Los chicotes de acero tienen una longitud mínima de 50 cm, los cuales se colocan en los dos lados o caras donde se ubica el panel, la separación entre chicotes será máximo de 40 cm. (ver esquema 2.3.1b).



32

Esquema 2.3.1b: Ubicación de chicotes sistema Emmedue.

<sup>32</sup> Manual técnico Emmedue.

Colocados los chicotes en la cimentación, se procede al montaje de paneles, estos paneles deberán amarrarse a las varillas previamente aferradas a la cimentación, con el objeto de garantizar el anclaje de los paneles hacia la cimentación. Luego de colocar los paneles, se procede a realizar el apuntalamiento y verificación de su verticalidad y ubicación (ver foto 2.3.1c).



33

**Foto 2.3.1c: Instalación de panel sistema Emmedue.**

Conformadas las paredes de la vivienda, se realiza la colocación de las tuberías para instalaciones hidrosanitarias y eléctricas que pasen por el interior de los paneles (ver foto 2.3.1d). Terminada la colocación de tuberías, se procede a la instalación de mallas de refuerzo en los lugares de requerimiento estructural, estas mallas pueden ser planas, angulares y tipo U según el caso.

---

<sup>33</sup> [http://www.grupoisotex.com/fotos\\_galeria.php?oid=24#](http://www.grupoisotex.com/fotos_galeria.php?oid=24#)



**Foto 2.3.1d: Colocación de tuberías hidrosanitarias y eléctricas sistema Emmedue.**

Para la fijación de carpintería, esta deberá ser ubicada de acuerdo al tipo de carpintería a ser instalada, colocándola de la manera más apropiada, en forma previa al proyectado del micro hormigón sobre los paneles (ver foto 2.3.1e).

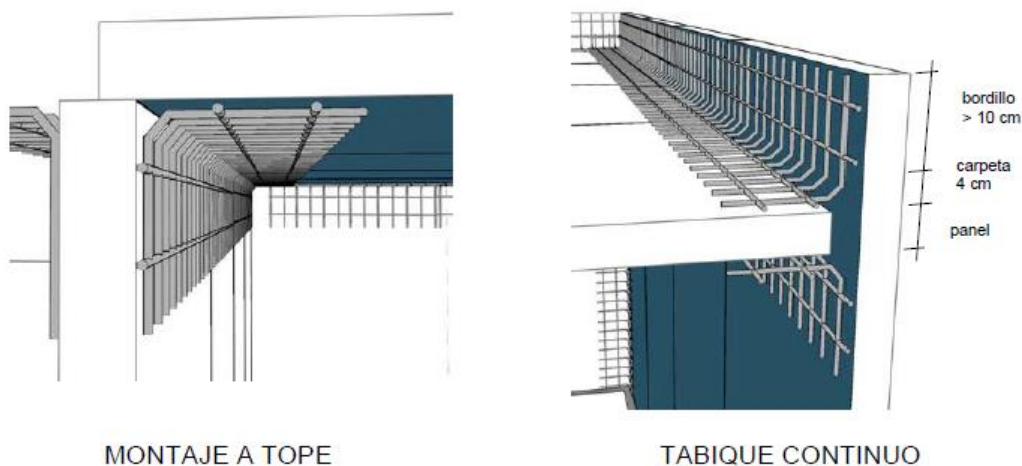


**Foto 2.3.1e: Fijación de carpintería sistema Emmedue.**

<sup>34</sup> Manual técnico Emmedue.

<sup>35</sup> Manual técnico Emmedue.

Para el montaje de los paneles en la losa, se deben colocar las mallas angulares sujetas a los paneles verticales de pared, dejando espacio sobre estos, de acuerdo al espesor de los paneles de losa para que el ensamblaje sea perfecto (ver dibujos A y B).



36

**Dibujo A y B: Malla para montaje panel losa sistema Emmedue.**

Se procede a colocar los paneles de losa, para luego instalar la armadura de refuerzo superior especificada en el diseño estructural. Por la parte inferior de la losa, se coloca el apuntalamiento necesario en forma transversal a la longitud más larga de los paneles de losa.

Sobre los paneles de losa es importante colocar caminería de madera para que los trabajadores circulen por la misma, a fin de no dañar los paneles instalados cuando se realizan las faenas de colocación de las tuberías para instalaciones, y también al realizar el vaciado del hormigón sobre la losa en el momento de fundición.

Terminada la colocación y apuntalamiento de paneles de paredes y losa, se procede a realizar la primera proyección de micro hormigón sobre los paneles de paredes (ver foto 2.3.1c), y bajo los paneles de losa; sobre los paneles de

<sup>36</sup> Manual técnico Emmedue.

pared, es importante realizar la proyección de micro hormigón desde abajo hacia arriba para obtener mayor fijación del micro hormigón proyectado.



37

**Foto 2.3.1c: Proyección micro hormigón sobre panel sistema Emmedue.**

Concluida la proyección de la primera capa de micro hormigón, al siguiente día se realiza la proyección de la segunda capa de micro hormigón, para finalmente realizar el paleteado fino y terminar con la estructura de la vivienda. Adicional al paleteado de paredes, se realizará el enlucido de fillos y fajas de ventanas y aberturas.

Terminados los trabajos de paleteado y enlucido de paredes y losa, se realizará el curado del micro hormigón, el cual constituye de suma importancia para evitar fisuras por pérdida de humedad y alcanzar la resistencia de diseño en los elementos que conforman este sistema.

---

<sup>37</sup> Manual técnico Emmedue.

### **2.3.2 El panel Emmedue**

El panel integrante del sistema constructivo Emmedue, el cual constituye el elemento básico, se encuentra compuesto por dos elementos: a) núcleo central de poliestireno expandido, autoextinguible<sup>38</sup>, inerte químicamente, con densidad, dimensiones y forma variables según el modelo de panel; b) malla electro soldada de acero trefilado<sup>39</sup> y galvanizado<sup>40</sup>, la cual se encuentra dispuesta en las dos caras del panel, y unidas entre sí por conectores de similar material y características que la malla.

El diámetro de los alambres que componen la malla, depende del modelo de panel, así como también de la dirección horizontal o vertical de la disposición de la malla en el panel.

### **2.3.3. El panel terminado en obra**

Finalmente para complementar el sistema constructivo, se realizará el revoque de los paneles, mediante mortero estructural o micro hormigón, el cual obedecerá a un diseño establecido, según las condiciones y el tipo de agregados utilizados.

El espesor de mortero que se debe colocar adherido al panel, está establecido en aproximadamente 3 centímetros, el cual se lo colocará en tres capas, mediante procesos manuales o procesos mecánicos, siendo estos últimos, los más adecuados y recomendados a fin de obtener un alto rendimiento de ejecución con el uso de este sistema en la construcción de viviendas.

---

<sup>38</sup> Debe cumplir la norma ASTM 4986, donde se especifica que debe tener un retardante de flama en su fórmula de composición.

<sup>39</sup> Operación de conformación en frío, que consiste en reducir la sección de un alambre haciéndolo pasar a través de un orificio cónico, practicado en una herramienta llamada hilera o dado.

<sup>40</sup> Dar un baño de cinc fundido a una superficie metálica, para que no se oxide. Según la Real Academia Española.

Para soporte y sostenimiento de los paneles, se debe realizar un apuntalamiento previo, con el objeto de que los paneles puedan soportar el revoque, sin que estos se muevan o descuadren, guardando alineación y se mantengan aplomados, a fin de obtener paredes totalmente verticales y alineadas, según las características geométricas del proyecto.

Es importante realizar el correspondiente curado de las paredes y losas de hormigón, en forma continua por lo menos 7 días después de haber terminado el revoque, este proceso se lo realizará humedeciendo las paredes con la utilización de manguera de jardín o el uso de fumigadoras, manteniendo totalmente húmedas las superficies terminadas del sistema, con lo que se logrará evitar que se realicen posibles micro fisuras en los hormigones proyectados.

Debido a los cambios bruscos de temperatura, se deberá impermeabilizar la losa de cubierta. En el mercado nacional se encuentra una gran variedad de materiales y procesos para realizar esta impermeabilización, materiales que deberán ser escogidos y planificados de acuerdo a las condiciones y economía del proyecto.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN UTILIZADA EN EL ANÁLISIS COMPARATIVO**

#### **Antecedentes.-**

Para determinar la zona de investigación, se ha tomado en cuenta las características del modelo planteado y propuesto como “casa tipo”, el cual es sujeto de análisis comparativo en la presente investigación.

Considerando que este tipo de vivienda está arquitectónicamente propuesta para la población de clase media, se puede definir que la construcción de este modelo de vivienda, puede ser edificado en cualquier sector de la ciudad de Quito.

Estas zonas posibles de ubicación en las que se puede proyectar la construcción de esta tipo de vivienda, se encuentran principalmente en el norte y en el sur de la ciudad. En el norte de la ciudad en sectores como: Calderón, Llano Grande, Llano Chico y Carapungo; en el sur de la ciudad: Guajalo, Guamaní, Beaterio, La Ecuatoriana y Quitumbe.

Estas zonas del norte y sur de la ciudad, por su condición y entorno poseen áreas extensas, en las cuales se puede construir conjuntos habitacionales que alberguen una cantidad representativa de viviendas.

Se ha realizado un recorrido de observación en los sectores mencionados, tanto del norte como del sur de la ciudad; se pudo verificar que en el sur de la ciudad, específicamente en la zona de Quitumbe, existen conjuntos habitacionales con viviendas ya construidas, y también viviendas en plena ejecución de construcción.

En las viviendas encontradas en este sector, se puede verificar además que



se han utilizado los sistemas constructivos de paredes portantes, Emmedue y el sistema aporticado de hormigón armado, los cuales están propuestos para el presente análisis comparativo.

De la observación realizada en el norte de la ciudad, en los sectores mencionados, no se evidencia la presencia de construcciones edificadas con sistemas diferentes al sistema tradicional aporticado de hormigón armado, el cual prevalece en las construcciones de toda la zona observada.

Adicionalmente, se ha realizado un recorrido por la zona del Valle de Los Chillos, en donde se pudo observar la presencia de un conjunto habitacional ejecutado con Emmedue, que corresponde a la Mutualista Pichincha, denominado con el nombre de Orión, y se encuentra cercano a la vía hacia El Tingo.

Tomando en cuenta, que al obtener una muestra en este sector, en el que se evidencia la inexistencia de construcciones con el sistema de paredes portantes, y se presenta una gran mayoría de construcciones realizadas con el sistema aporticado de hormigón como viviendas individuales, la muestra no sería representativa, por lo tanto este sector no se considera en el muestreo planteado.

En la zona en la cual nos centraremos para la presente investigación, por las características encontradas, será en el sur de la ciudad de Quito, específicamente en el sector de Quitumbe, en donde se han encontrado varias viviendas ejecutadas con la utilización de los sistemas de construcción planteados para el análisis, y determina que es una zona representativa, en la que se pueden realizar las encuestas y entrevistas necesarias, de conformidad con el objetivo de la investigación.

### **3.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN REALIZADA**

En función a los criterios de investigación utilizados en el desarrollo del presente trabajo de análisis, podemos anotar que obedece a una investigación explorativa, tomando en cuenta la profundidad del análisis planteado, su estudio establece el diagnóstico de una situación actual.

Considerando la injerencia del investigador, se define como observacional, debido a que únicamente se miran las variables sin alterarlas, no se las manipula, ni se cambian para ver resultados que se pueden obtener con estas modificaciones o cambios.

De acuerdo al comportamiento de las variables entre sí, se trata de una investigación correlacional.

### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN**

Para determinar la población y muestra a ser investigada, se ha delimitado la zona de intervención observada, en la que actualmente se encuentran proyectos de viviendas ejecutadas o en proceso de construcción, la misma que nos permite obtener resultados y desarrollar las encuestas y entrevistas necesarias para la presente investigación.

A lo largo de la calle Rumichaca, en el sur de la ciudad, en Quitumbe, entre las avenidas Cóndor Ñan y Amaru Ñan, se pueden observar varios proyectos habitacionales, algunos de los cuales ya se encuentran habitados, y otros se encuentran en proceso de construcción. En estas construcciones, se verifica que se ha utilizado en su ejecución los sistemas constructivos propuestos en este análisis comparativo (ver fotos 3.2a, 3.2b, 3.2c, 3.2d).

Los proyectos de vivienda en ejecución y construidos en esta avenida, son menos de diez, estos son edificados por constructores, los cuales desarrollan

sus proyectos en base a un sistema constructivo, del cual tienen pleno conocimiento y experiencia en su ejecución.



41

**Foto 3.2a: Obra en ejecución con sistema tradicional aporticado calle Rumichaca.**



42

**Foto 3.2b: Obra ejecutada con sistema de paredes portantes calle Rumichaca.**

<sup>41</sup> Foto archivo personal investigador.

<sup>42</sup> Foto archivo personal investigador.



43

**Foto 3.2c: Obra en ejecución con sistema de paredes portantes calle Rumichaca.**



**Foto 3.2d: Obra en ejecución con sistema Emmedue calle Rumichaca.**

En el cuadro número 1, se puede observar el resumen de la población a ser investigada, de conformidad con la delimitación anteriormente determinada.

---

<sup>43</sup> Foto archivo personal investigador.

## Cuadro N° 1

### Población a ser investigada

Población	Cantidad	Porcentaje
Constructores de la zona investigada	10	63%
Constructor Docente Universitario	1	6%
Profesionales constructores fuera de la zona	5	31%
Total población investigada	16	100%

A fin de obtener datos adicionales, se realiza encuestas a profesionales constructores, de los cuales en base a su experiencia profesional, han utilizado uno o varios de los sistemas constructivos planteados en el presente análisis.

Estos constructores considerados dentro del grupo de encuestados, pienso de importancia incluir en la población de muestra.

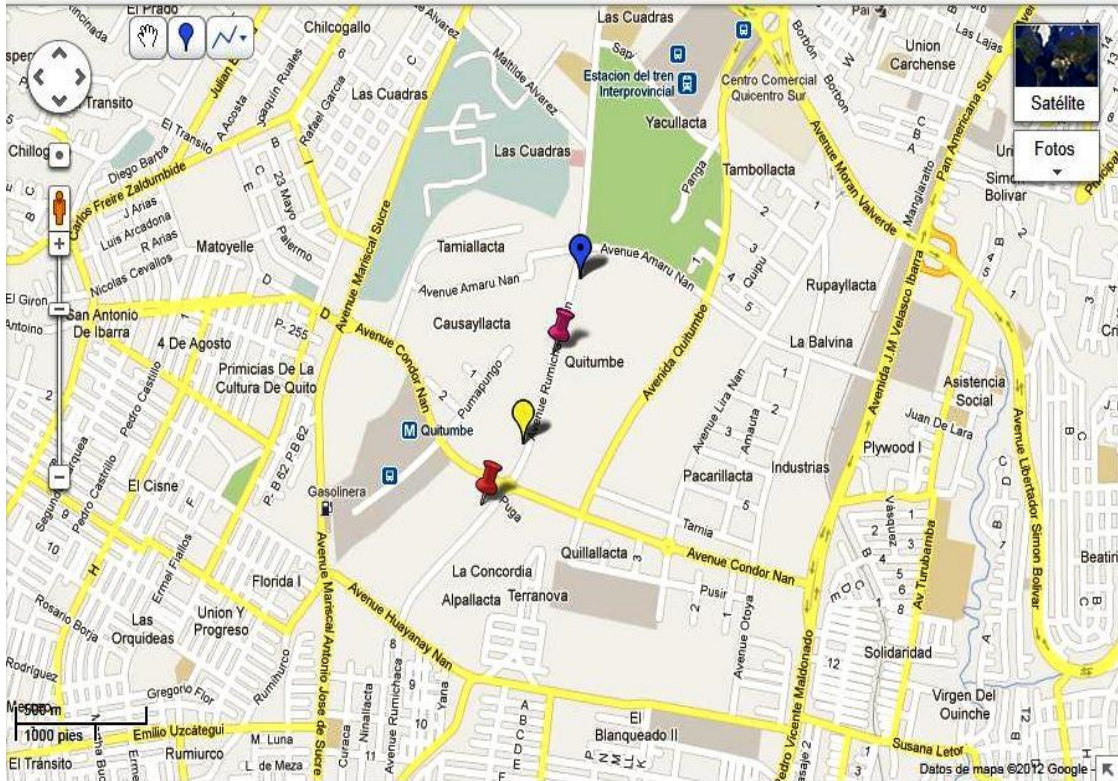
En la población a ser investigada, se toma en cuenta también a un representante constructor docente, el cual puede aportar con datos adicionales dentro de la investigación planteada, y que no necesariamente se encuentra construyendo en la zona delimitada para investigación. Este profesional también será sujeto de entrevista y encuesta.

Ninguna población investigada pasa de cien elementos, por lo tanto, se trabajará con todo el universo, sin que sea necesario sacar muestras representativas para el análisis comparativo propuesto.

En el cuadro 2, se observa la delimitación de la zona investigada para la realización de las encuestas y las correspondientes entrevistas a los constructores de estos proyectos en ejecución.

## Cuadro N° 2:

### Zona de Investigación delimitada.



### 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

#### 3.3.1 Encuesta

La Encuesta planteada, está dirigida a los profesionales constructores o promotores inmobiliarios de los proyectos ya ejecutados, así como también de los proyectos que actualmente se encuentran en construcción en el sector delimitado.

El instrumento utilizado para este propósito, será el cuestionario, el cual ha sido elaborado con preguntas cerradas, orientadas a recabar información sobre las variables de estudio y sobre las ideas a defender.

Las preguntas planteadas en la encuesta se encuentran detalladas en el cuadro N° 3.

### **3.3.2 Entrevista**

La entrevista utilizada, está planteada para ser desarrollada con los constructores o promotores inmobiliarios que ejecutan proyectos de vivienda, sin importar el tipo de sistema constructivo que hayan utilizado en la construcción de sus proyectos de construcción habitacional.

En la entrevista, se tratarán los temas relacionados con respecto al sistema constructivo utilizado por el constructor entrevistado, adicionando temas de otros sistemas constructivos, a fin de obtener el aporte de ideas y datos importantes.

El desarrollo de la entrevista se lleva a cabo a manera de conversación no estructurada con preguntas específicas, más bien se conversa sobre los temas de importancia respecto al sistema constructivo desarrollado por el entrevistado.

**Cuadro N° 3:**

**Cuestionario Planteado**

<b>1</b>	¿Qué sistema constructivo es el aplicado en la ejecución del actual proyecto de vivienda?	Sistema tradicional aporticado		Muros o paredes portantes		Emmedue o M2		Otro. Especifique	
<b>2</b>	¿Qué otro sistema constructivo diferente al aplicado en la actual construcción conoce?	Sistema tradicional aporticado		Muros o paredes portantes		Emmedue o M2		Otro. Especifique	
<b>3</b>	¿Para realizar la construcción del proyecto, realiza un análisis comparativo de costos entre varias opciones?	Si		No					
<b>4</b>	¿Cuáles son las razones más importantes que analiza para tomar la decisión de construir con el sistema empleado?	Costo		Tiempo de ejecución		Facilidad de ejecución		Uso de mano de obra no calificada	
<b>5</b>	¿El tipo de vivienda que actualmente construye es accesible a qué estrato económico de población?	Alta		Media		Baja			
<b>6</b>	Tomado en cuenta la zona sísmica del Ecuador, ¿Cuál sistema constructivo considera el más apropiado?	Sistema tradicional aporticado		Muros o paredes portantes		Emmedue o M2		Otro. Especifique	
<b>7</b>	¿Con qué sistema constructivo considera que se obtiene menor desperdicio de materiales?	Sistema tradicional aporticado		Muros o paredes portantes		Emmedue o M2		Otro. Especifique	
<b>8</b>	Tomando en cuenta el impacto ambiental, ¿Qué sistema constructivo considera de menor incidencia ambiental?	Sistema tradicional aporticado		Muros o paredes portantes		Emmedue o M2		Otro. Especifique	



Dentro de los principales temas a conversar en la entrevista están los siguientes:

- Ventajas y desventajas del sistema constructivo, que actualmente se encuentre en ejecución.
- Aportes importantes sobre las bondades del sistema constructivo utilizado.
- Orientación del proyecto hacia el estrato económico de población.
- Impacto ambiental que tiene el sistema constructivo empleado.
- Desperdicio de materiales en la ejecución del proyecto con el sistema constructivo de ejecución.
- Optimización de la mano de obra para la ejecución de los proyectos con el sistema constructivo adoptado.

### **3.4 PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

Con los datos obtenidos de las encuestas y entrevistas realizadas, procedemos a la tabulación de resultados y posterior análisis de resultados de cada una de las preguntas realizadas en la encuesta.

Los resultados obtenidos de las entrevistas realizadas, son de importancia para el desarrollo de recomendaciones y conclusiones.

#### **3.4.1 Análisis e interpretación de resultados de encuesta.**

##### **3.4.1.1 Tabulación de resultados de encuesta.**

La tabulación de los resultados de las encuestas realizadas se resume en el cuadro N° 4, con las respuestas obtenidas.

**Cuadro N° 4:**

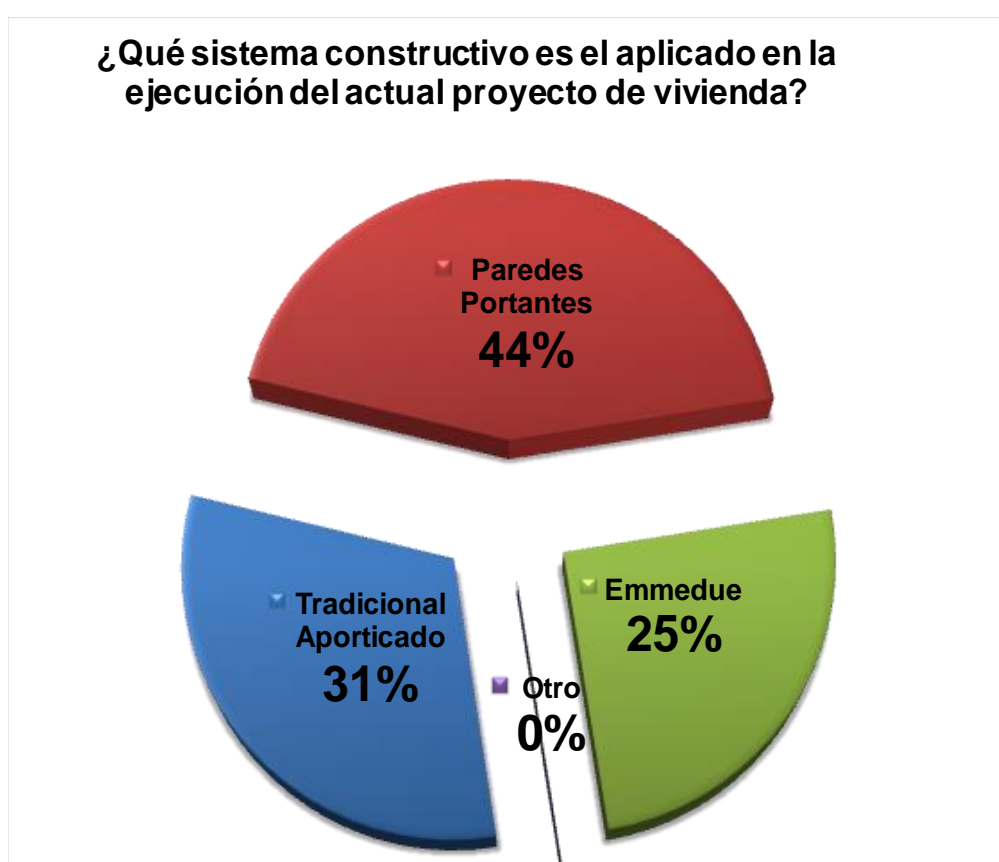
**Tabulación de Cuestionario Realizado**

<b>1</b>	¿Qué sistema constructivo es el aplicado en la ejecución del actual proyecto de vivienda?	Sistema tradicional aporticado	5	31%	Muros o paredes portantes	7	44%	Emmedue o M2	4	25%	Otro. Especifique	0%
<b>2</b>	¿Qué otro sistema constructivo diferente al aplicado en la actual construcción conoce?	Sistema tradicional aporticado	8	50%	Muros o paredes portantes	5	31%	Emmedue o M2	3	19%	Otro. Especifique	0%
<b>3</b>	¿Para realizar la construcción del proyecto, realiza un análisis comparativo de costos entre varias opciones?	Si	5	31%	No	11	69%					
<b>4</b>	¿Cuáles son las razones más importantes que analiza para tomar la decisión de construir con el sistema empleado?	Costo	6	37%	Tiempo de ejecución	10	63%	Facilidad de ejecución		0%	Uso de mano de obra no calificada	0%
<b>5</b>	¿El tipo de vivienda que actualmente construye es accesible a qué estrato económico de población?	Alta		0%	Media	16	100%	Baja		0%		
<b>6</b>	Tomado en cuenta la zona sísmica del Ecuador, ¿Cuál sistema constructivo considera el más apropiado?	Sistema tradicional aporticado	5	31%	Muros o paredes portantes	7	44%	Emmedue o M2	4	25%	Otro. Especifique	0%
<b>7</b>	¿Con qué sistema constructivo considera que se obtiene menor desperdicio de materiales?	Sistema tradicional aporticado	2	12%	Muros o paredes portantes	10	63%	Emmedue o M2	4	25%	Otro. Especifique	0%
<b>8</b>	Tomando en cuenta el impacto ambiental, ¿Qué sistema constructivo considera de menor incidencia ambiental?	Sistema tradicional aporticado	2	12%	Muros o paredes portantes	10	63%	Emmedue o M2	4	25%	Otro. Especifique	0%

### 3.4.1.2. Interpretación de Resultados de Encuesta

Conforme a la zona de investigación detallada en el acápite 3.2., se interpretan los resultados de la encuesta realizada, para las preguntas que nos pueden aportar datos significativos en la investigación, las cuales son las siguientes:

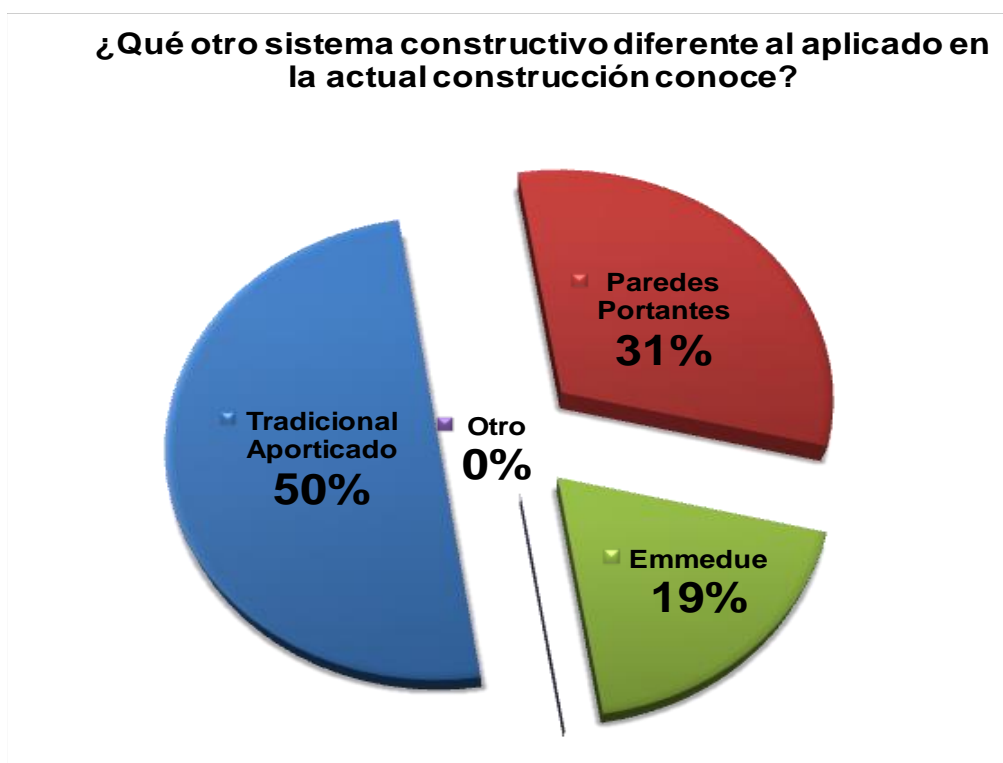
Pregunta 1:



De las respuestas obtenidas en la pregunta uno planteada en la encuesta, se puede verificar que en la zona delimitada para la presente investigación el 44% de los constructores encuestados, se encuentra utilizando en la actual construcción el sistema de paredes portantes. En este porcentaje también intervienen las construcciones actualmente terminadas, en las cuales también se utilizó el sistema de paredes portantes.

Por los resultados obtenidos podemos determinar que existe una mayor acogida para el uso del sistema de paredes portantes en la ejecución de proyectos de vivienda en la zona delimitada para investigación.

Pregunta 2:

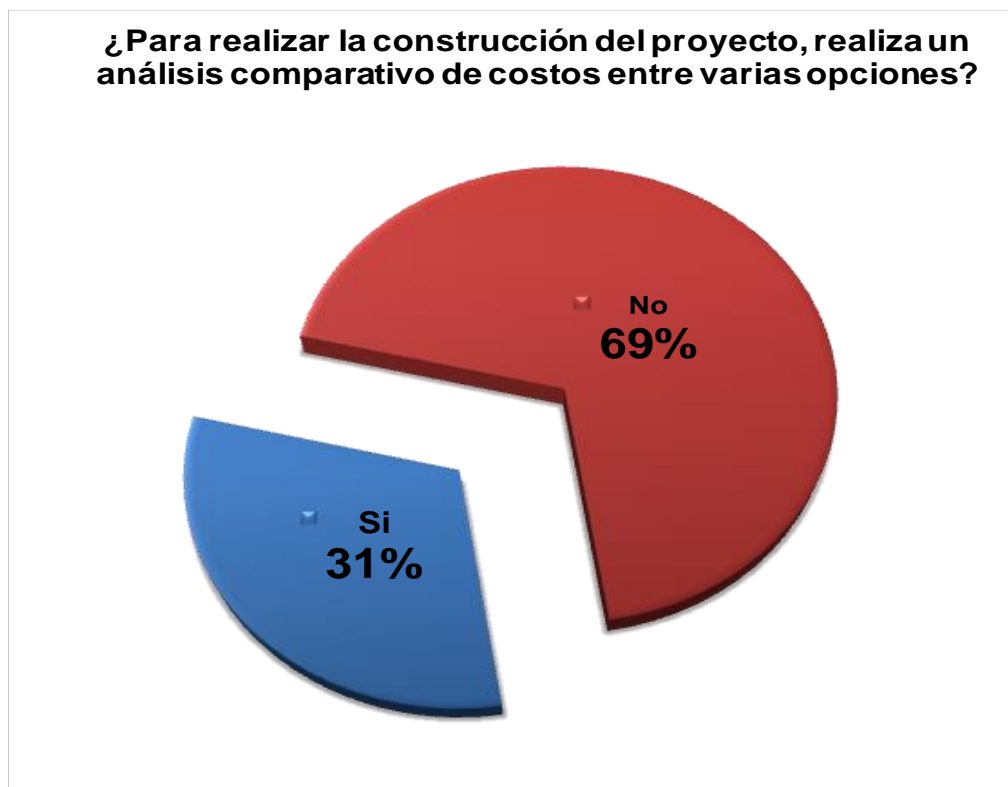


El 50% de los constructores encuestados en la zona delimitada para investigación, han respondido que: además del sistema de construcción que actualmente se encuentra utilizando en la ejecución de su proyecto de vivienda, tiene también conocimiento del sistema aporticado tradicional.

Este porcentaje obtenido, nos determina que los constructores encuestados, dentro de su conocimiento y experiencia en el quehacer constructivo, posiblemente desarrollaron como alternativa inicial en sus proyectos de vivienda el uso del sistema tradicional aporticado, posteriormente, luego de adquirir el conocimiento y experiencia necesarios con otros sistemas constructivos diferente al sistema tradicional aporticado, cambiaron de uso de sistema constructivo por el sistema de paredes portantes y Emmedue.

El porcentaje obtenido, respecto al conocimiento del sistema tradicional, se debe a que este sistema es de mayor difusión y de mayor estudio.

Pregunta 3:



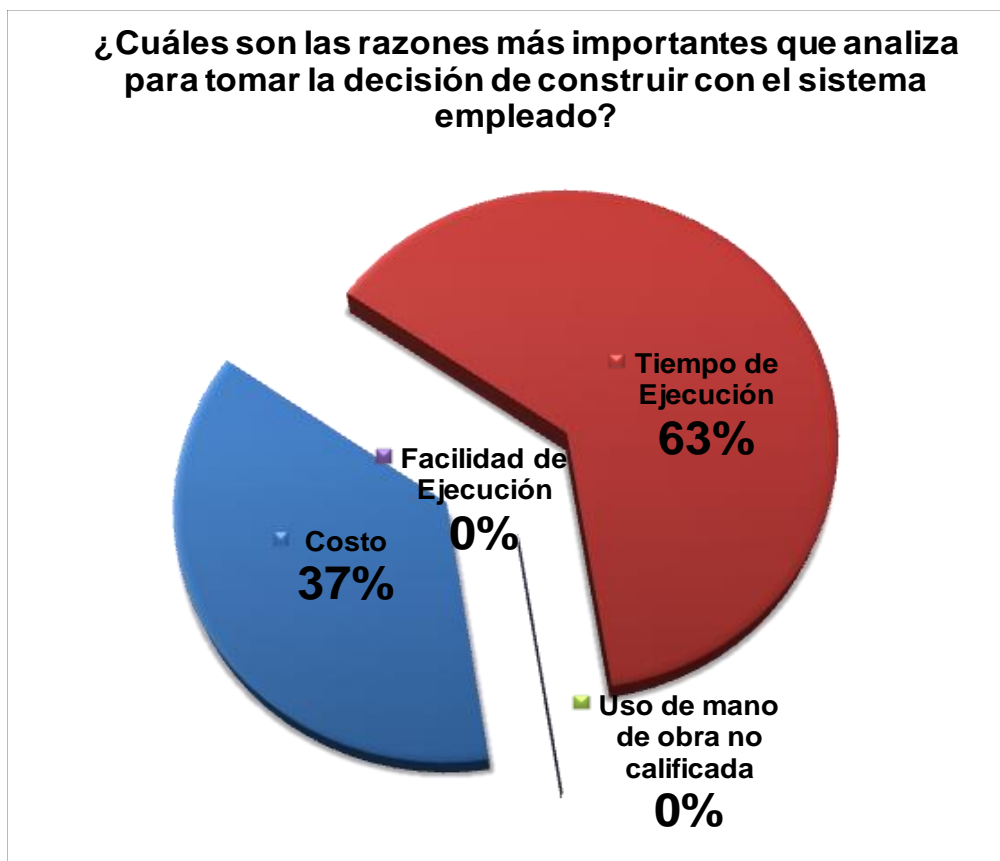
Con un 69% de respuestas negativas, los encuestados indican que no realizan un análisis previo comparativo de costos para contrastar con los costos de otros sistemas constructivos.

Por el porcentaje obtenido en esta pregunta, podemos indicar que los constructores encuestados tienen pleno control de costos del actual sistema constructivo que vienen utilizando, y que estos costos de ejecución les representan suficiente herramienta para decidir desarrollar la construcción de los proyectos con el sistema constructivo de preferencia.

Este alto porcentaje, nos lleva a pensar que los constructores encuestados, confían plenamente en el sistema que actualmente tienen en la ejecución de sus proyectos de vivienda, y que los costos finales de las viviendas para

comercializarlas, se encuentran dentro de los parámetros de la demanda en el mercado.

Pregunta 4:

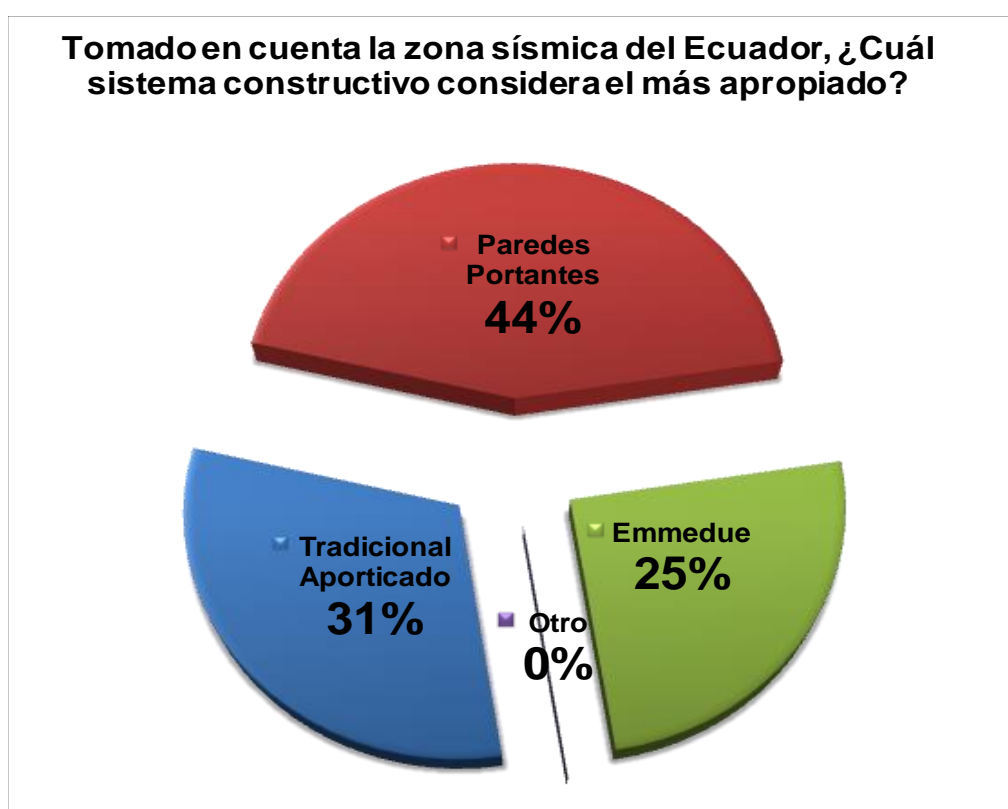


El tiempo de ejecución representa el factor determinante más importante para el constructor encuestado, el cual es considerado de relevancia a la hora de la ejecución del proyecto de construcción de vivienda.

Este período de ejecución, está directamente relacionado con el costo de construcción, ya que a mayor tiempo de ejecución mayor costo de inversión, por lo tanto el constructor encuestado determina que el sistema constructivo actualmente utilizado tiene un período de ejecución que no le significa mayores costos de ejecución, y que considera este tiempo de ejecución dentro de los períodos normales para construcción de viviendas.

Si tomamos en cuenta que el mayor porcentaje de los constructores encuestados, utiliza el sistema de paredes portantes en la construcción de sus proyectos de vivienda, podemos anotar que: en el sistema de paredes portantes se tiene el menor tiempo de ejecución.

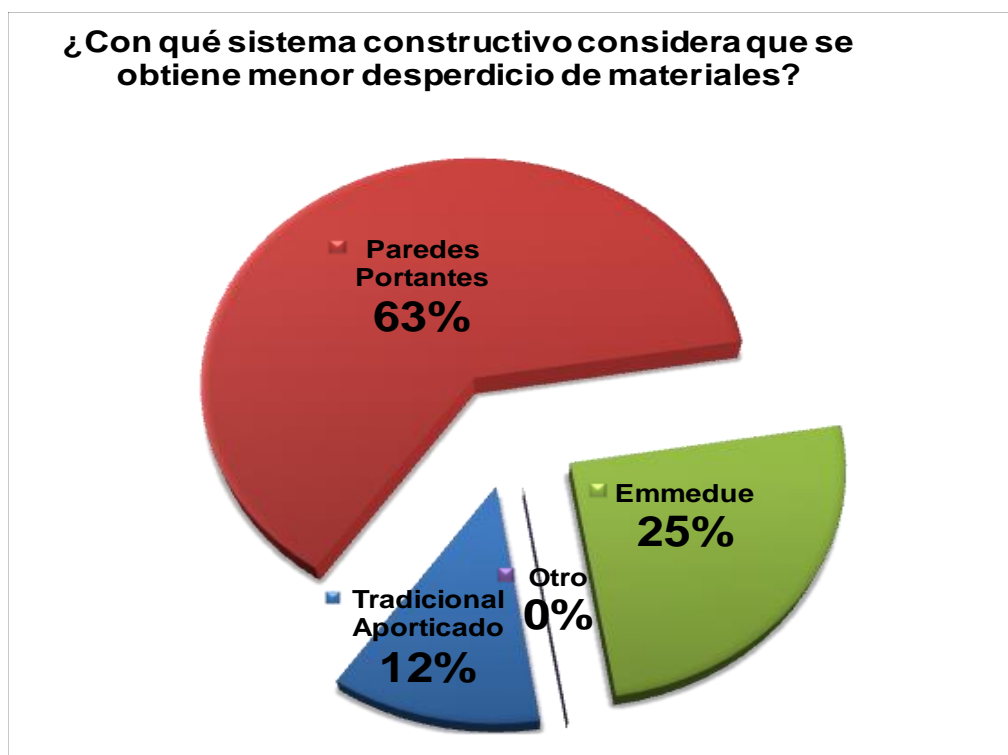
Pregunta 6:



El 44% de los constructores encuestados, indica que el sistema de paredes portantes es el más apropiado para nuestra zona sísmica en Ecuador.

Las respuestas obtenidas para esta pregunta, nos reflejan una coincidencia con la pregunta uno, con lo que se puede definir lo siguiente: cada uno de los constructores encuestados, defiende el sistema constructivo actual utilizado, como el más apropiado para la zona sísmica del Ecuador; lo extraño sería lo contrario, que el constructor encuestado defina como sistema más apropiado otro sistema que no se encuentre utilizando en su construcción.

Pregunta 7:



El 63% de los encuestados coincide en que el menor desperdicio de materiales se obtiene en el sistema de muros portantes.

Si tomamos en cuenta la cantidad de materiales que se utiliza en el sistema de paredes portantes, respecto a los materiales utilizados en el sistema tradicional aporticado, en el sistema de paredes portantes, se tiene solo tres materiales principales de uso, estos son: encofrado pre establecido, acero de refuerzo y hormigón.

Con estos tres elementos queda totalmente conformada la estructura y las paredes de las viviendas; no así con los materiales utilizados en el sistema tradicional aporticado, en el cual se utilizan mucho más materiales y por lo tanto se tiene mayor desperdicio de los mismos.

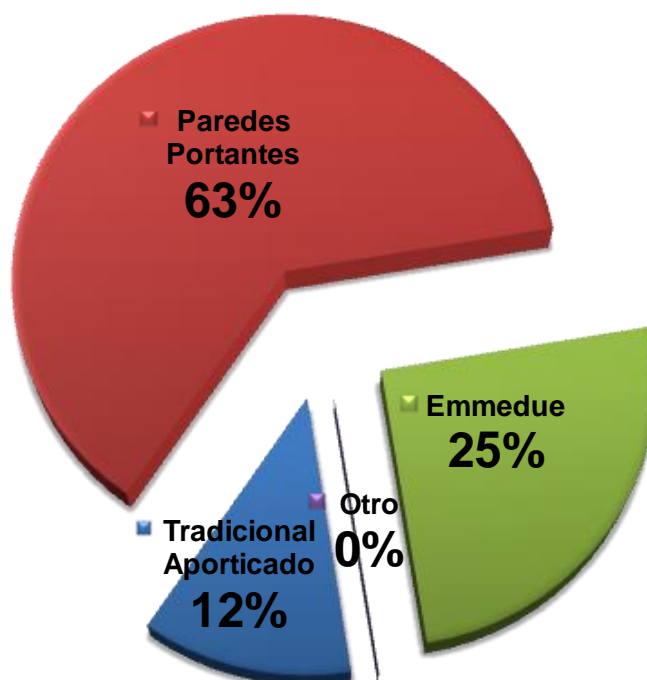


En el sistema Emmedue, se tienen dos elementos principales en uso, estos son: paneles Emmedue y micro hormigón. Dentro de los paneles Emmedue, es necesario el uso de algunos elementos metálicos de refuerzo, teniendo ahí una cantidad de desperdicio de materiales, tanto en el panel como en los refuerzos metálicos utilizados.

En la faena de colocación de micro hormigón en las paredes conformadas por los paneles, se realiza la proyección de este material mediante elementos mecánicos o manuales, en la cual se tiene que gran cantidad de micro hormigón no se adhiere fácilmente al panel conformado, consecuencia de lo cual se tiene alto desperdicio de este material, el mismo que se lo recoge para ser proyectado nuevamente, pero perdiendo características propias del micro hormigón y contaminado con otros materiales si no se tiene las debidas precauciones.

Pregunta 8:

**Tomando en cuenta el impacto ambiental, ¿Qué sistema constructivo considera de menor incidencia ambiental?**



El sistema constructivo que los encuestados considera de menor incidencia ambiental, con el 63%, indican los constructores que es el de paredes portantes.

Los procesos constructivos involucrados en el sistema de paredes portantes, así como los pocos elementos que intervienen en su ejecución, determinan la menor incidencia y ataque contra el medio ambiente, el uso de encofrados metálicos que se los puede utilizar muchas veces más, respecto a los encofrados utilizados en las construcciones con sistema tradicional aporticado, donde existe mayor demanda de uso de maderas y otros materiales metálicos que se los utiliza pocas veces, o una sola vez.

Comparando el sistema de paredes portantes con el sistema Emmedue, en el cual los procesos industrializados para fabricación de paneles, en donde se utilizan varios elementos químicos, puede ser contaminante y alterar el medio ambiente, según lo expresado por los encuestados.

### **3.5 VERIFICACIÓN DE LAS IDEAS A DEFENDER**

La idea a defender planteada como: “al realizar el análisis comparativo de los sistemas constructivos planteados, el constructor y promotor de vivienda unifamiliar en Quito, adoptará la ejecución de sus proyectos de vivienda con otro sistema constructivo diferente al sistema de construcción de pórticos de hormigón armado”.

Poniendo en conocimiento del constructor un documento en el cual pueda comparar las ventajas y costos de los sistemas constructivos de paredes portantes y Emmedue, respecto al sistema tradicional aporticado, se pretende difundir y dar a conocer las tecnologías constructivas de estos sistemas, a fin de que el constructor pueda acogerlas y decidir ejecutar sus proyectos de vivienda con el uso de estos sistemas constructivos.

Con los resultados obtenidos en la pregunta tres, en donde se obtiene que el 69% de los encuestados ha respondido que no realiza un análisis comparativo de costos con otros sistemas constructivos, esto me lleva a pensar que al realizar el análisis comparativo de los sistemas constructivos planteados para investigación, los constructores no cambiarán su idea y posición de construir con el sistema constructivo tradicional aporticado, con el cual vienen desarrollando sus proyectos de construcción.

La posibilidad que cambien de idea y se interesen por otro sistema constructivo diferente, no radica necesariamente en el costo, se ven involucrados otros elementos en los cuales se deben enfocar las nuevas tecnologías de construcción, a tal forma de ingresar con mayor empuje y plantear las ventajas de los sistemas constructivos diferentes al sistema tradicional aporticado, para que de esta forma los profesionales se inclinen a utilizar estas nuevas tecnologías de construcción.

De la idea a defender: “si la ejecución de proyectos de vivienda unifamiliar en Quito edificados con el sistema constructivo de pórticos de hormigón armado, fuera más económica que otros sistemas constructivos, entonces las viviendas ejecutadas con otros sistemas constructivos diferentes al hormigón armado tienen mayor costo de ejecución”.

Todos los constructores encuestados concuerdan en que el tipo de vivienda construida, o en proceso de ejecución, está orientado a la población económicamente media; por lo cual el costo de la construcción terminada necesariamente debe ser accesible a este estrato de población, según lo indicado.

De las entrevistas realizadas, los constructores que realizan sus proyectos con el sistemas de paredes portantes, han indicado que si realizan un análisis comparativo de costos con otros sistemas constructivos diferentes al utilizado, contraria a esta posición de los constructores encuestados, los cuales indicaron que no realizan el comparativo de costos con otros sistemas constructivos.

Este análisis que realizan, indican los entrevistados, determina un menor costo de ejecución con el sistema de paredes portantes, debido a que las actividades involucradas en la ejecución de viviendas con este sistema son menores respecto a los otros sistemas.

Adicionalmente, los entrevistados indican que el costo de inversión inicial para el sistema de paredes portantes es alto, ya que se debe invertir en la adquisición de los encofrados necesarios, los cuales vienen dimensionados y estructurados de conformidad con cada proyecto. Esta inversión se deberá amortizar de acuerdo al tiempo y la cantidad de viviendas proyectadas, a fin de obtener una rentabilidad en la comercialización de las viviendas, y que las mismas sean accesibles a la clase económicamente media.

Para la idea a defender que indica: “los sistemas constructivos de paredes portantes y Emmedue, se ejecutan en menor tiempo que el sistema constructivo aporricado de hormigón armado, en la construcción de viviendas en Quito”.

Las afirmaciones obtenidas en las encuestas, y especialmente en la pregunta cuatro, en donde se indica que es de importancia para los constructores el tiempo de ejecución en sus proyectos de vivienda, esta aseveración se corrobora adicionalmente con las respuestas obtenidas en las entrevistas, en donde los entrevistados determinan que los menores tiempos de ejecución se obtienen en los sistemas constructivos de paredes portantes y Emmedue.

Con lo anotado anteriormente, esta idea a defender se confirma y es aceptada por los constructores encuestados y entrevistados.

En el capítulo cuatro de esta investigación, se presentan los cronogramas de ejecución de cada uno de los sistemas constructivos planteados, en donde se determinan los tiempos de ejecución de cada sistema, ahí se puede observar la afirmación de esta idea a defender.

## **CAPITULO IV**

### **ANÁLISIS COMPARATIVO SISTEMAS CONSTRUCTIVOS**

Entendiéndose por sistema constructivo, al empleo de un proceso secuencial para la realización de una obra de construcción, con el objeto de realizarla en el menor tiempo posible y al menor costo.

Con el objeto de reducir los tiempos de ejecución en los procesos de construcción de los diferentes sistemas, se pueden utilizar productos químicos, conocidos como acelerantes, los cuales se pueden anexar al hormigón y a las mezclas de mortero o micro hormigón, para de esta forma obtener mayores resistencias de los elementos estructurales, en menor tiempo.

Este menor tiempo que se puede obtener al usar productos químicos y anexarlos al hormigón en los elementos estructurales involucrados, determina un mayor costo en la preparación de los hormigones necesarios, pero también implica un menor tiempo de ejecución, al desencofrarlos más rápido, lo cual conlleva a un menor costo en la totalidad del proyecto.

Para los sistemas constructivos propuestos: tradicional aporricado, paredes portantes y Emmedue, los procesos constructivos incluidos en cada uno de ellos son muy diferentes, lo cual se ve reflejado en los rubros, materiales y equipos necesarios para su ejecución.

La mano de obra requerida y el tiempo de ejecución de la obra, también tiene sus diferencias para cada sistema constructivo.

Todas estas diferencias podrán observarse en el ejemplo que se presenta para una vivienda unifamiliar de una planta.

En este capítulo, se presentan los rubros necesarios para la ejecución de la vivienda en los tres sistemas constructivos planteados para el análisis del

presente trabajo.

También se elaboran los presupuestos de construcción con los costos unitarios de cada una de las actividades necesarios para la ejecución de la vivienda analizada.

Finalmente se tienen los cronogramas valorados y las curvas de inversión para cada uno de los sistemas constructivos.

#### **4.1 COMPARATIVO DE FASES DE CONSTRUCCIÓN ENTRE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS ANALIZADOS.**

En el cuadro 4.1., se puede observar el esquema comparativo de las diferentes fases y actividades involucradas en la construcción para una vivienda unifamiliar.

En cada uno de los sistemas constructivos comparados, se observan las actividades necesarias en las etapas de construcción de: cimentación, estructura y albañilería.

Con el sistema de paredes portantes para la ejecución de una vivienda observamos que involucra menos acciones y actividades, lo cual se ve directamente relacionado con menor tiempo de ejecución y consecuentemente menor costo, tal como se verificará en los siguientes análisis comparativos presentados.

**Cuadro 4.1.: Esquema comparativo de fases y actividades de construcción de sistemas constructivos.**

	<b>Tradicional Aporticado</b>	<b>Paredes Portantes</b>	<b>Emmedue</b>
<b>Cimentación</b>	Limpieza manual de terreno	Limpieza manual de terreno	Limpieza manual de terreno
	Replanteo y nivelación para edificaciones	Replanteo y nivelación para edificaciones	Replanteo y nivelación para edificaciones
	Excavación manual para plintos y cimientos	Replantillo	Replantillo
	Replantillo	Acero de refuerzo cimentación	Acero de refuerzo cimentación
	Acero de refuerzo cimentación	Chicotes y anclajes de acero para paredes	* Colocación de tuberías y ductos para instalaciones
	Hormigón en plintos	* Colocación de tuberías y ductos para instalaciones	Hormigón en cimentación
	Encofrado para columnas	Hormigón en losa de cimentación	
	Hormigón en columnas	Alisado de piso en fresco	
	Desencofrado de columnas		
	Relleno compactado suelo natural		
	Hormigón ciclópeo para cimientos		
	Acero de refuerzo para cadenas de amarre		
	Encofrado para cadenas		
	Hormigón en cadenas		
	Desencofrado de cadenas		

	<b>Tradicional Aporticado</b>	<b>Paredes Portantes</b>	<b>Emmedue</b>
<b>Estructura</b>	Acero de refuerzo para columnas	Trazado y timbrado para paredes portantes	Trazado y timbrado para paredes portantes
	Encofrado para columnas	Malla y acero de refuerzo para paredes	Colocación de chicotes para paredes
	Hormigón en columnas	* Colocación de tuberías y ductos para instalaciones	Corte y conformación de panel para paredes
	Desencofrado de columnas	Encofrado para paredes	Colocación y montaje de paneles de paredes
	Encofrado para vigas	Encofrado para losa	Apuntalamiento de paneles de paredes
	Encofrado para losa	Malla y acero de refuerzo para losa	* Colocación de tuberías y ductos para instalaciones
	Acero de refuerzo para vigas	* Colocación de tuberías y ductos para instalaciones	Colocación de refuerzos en paredes
	Acero de refuerzo para losa	Hormigón en paredes y losa	Corte y conformación de panel para losa
	Malla de temperatura en losa	Desencofrado de paredes y losa	Colocación y montaje de paneles para losa
	Hormigón en vigas y losa		Apuntalamiento de paneles de losa
	Desencofrado de vigas y losa		Colocación de acero de refuerzo en losa
	Contrapiso de hormigón		

Finalmente en la etapa de albañilería, en el sistema de paredes portantes, se tienen dos actividades por realizar, ya que en este sistema, en la ejecución de la estructura, las paredes prácticamente resultan quedar terminadas, evitando el enlucido de las mismas, solo siendo necesario el resane de las posibles porosidades dejadas en la fundición de estos elementos, y los resanes de juntas por las corbatas utilizadas en el encofrado. Con estos resanes, las paredes pueden recibir el acabado final.



	<b>Tradicional Aporticado</b>	<b>Paredes Portantes</b>	<b>Emmedue</b>
<b>Albañilería</b>	Mampostería de bloque	Resane de paredes, fillos y fajas	Colocación de maestras para micro hormigón
	Dinteles de hormigón armado	Resane de tumbados	Proyección vertical primera capa micro hormigón
	* Colocación de tuberías y ductos para instalaciones		Proyección vertical segunda capa micro hormigón
	Picado para instalaciones		Paletado fino y enlucido para acabado final paredes interior y exterior
	Enlucido vertical interior y exterior		Enlucido de fillos y fajas
	Enlucido de fillos y fajas		Colocación de hormigón sobre losa
	Enlucido horizontal		Paletado de losa en fresco
	Masillado de piso		Proyección horizontal primera capa en tumbados
			Proyección horizontal segunda capa en tumbados
			Paletado fino para acabado final de tumbados

#### **4.2. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS ANALIZADOS**

##### **4.2.1 Presupuesto de construcción para casa unifamiliar con el sistema constructivo tradicional aporticado**

Los costos obtenidos para el presupuesto de construcción de vivienda unifamiliar de ejemplo, con la utilización del sistema tradicional aporticado, se resumen en el cuadro 4.2.1., donde se toma en cuenta los rubros que involucran la ejecución en este sistema constructivo.

### Cuadro 4.2.1.: Presupuesto de Construcción Sistema Tradicional Aporticado

RUBRO / DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO MATERIAL	PRECIO UNITARIO MANO DE OBRA	PRECIO UNITARIO EQUIPO Y HERRAMIENTA	PRECIO TOTAL
<b>1 TRABAJOS PRELIMINARES</b>					<b>1,24%</b>	<b>215,87</b>
1.1 LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	m <sup>2</sup>	90,00	-	0,90	0,05	85,34
1.2 REPLANTEO Y NIVELACION PARA EDIFICACIONES	m <sup>2</sup>	84,15	0,07	0,97	0,51	130,53
<b>2 MOVIMIENTO DE TIERRAS Y RELLENOS</b>					<b>1,03%</b>	<b>179,95</b>
2.1 EXCAVACION MANUAL PARA PLINTOS Y CIMENTOS	m <sup>3</sup>	14,68	-	7,69	0,38	118,44
2.2 RELLENO SUELO NATURAL COMPACTADO	m <sup>3</sup>	6,59	0,30	5,55	3,48	61,51
<b>3 ESTRUCTURA</b>					<b>65,82%</b>	<b>11.461,28</b>
3.1 REPLANTILLO HORMIGON SIMPLE f <sub>c</sub> = 140 Kg/cm <sup>2</sup> (h = 5 cm.)	m <sup>3</sup>	0,60	67,88	27,79	4,03	59,82
3.2 HORMIGON EN PLINTOS f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	3,84	91,29	12,90	1,42	405,55
3.3 HORMIGON CICLOPEO PARA CIMENTACION CORRIDA (50 % H.S. f <sub>c</sub> = 210 Kg/cm <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	5,68	44,81	32,15	6,33	473,06
3.4 HORMIGON PREMEZCLADO f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup> EN CADENAS 20 X 20 cm. (Incluye encofrado)	m <sup>3</sup>	7,10	166,92	46,62	3,16	1.538,62
3.5 HORMIGON PREMEZCLADO f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup> EN COLUMNAS 20 X 30 cm. (Incluye encofrado)	m <sup>3</sup>	3,54	218,89	32,89	3,30	903,00
3.6 HORMIGON PREMEZCLADO EN VIGAS Y LOSA MACIZA f <sub>c</sub> = 210 Kg/cm <sup>2</sup> (Incluye encofrado)	m <sup>3</sup>	12,64	193,59	25,28	2,93	2.803,53
3.7 ACERO DE REFUERZO	Kg.	1.619,96	1,19	0,21	0,03	2.302,22
3.8 MALLA ELECTRO SOLDADA Ø 4 mm @15 cm. EN CONTRAPISO	m <sup>2</sup>	82,00	2,15	0,46	0,02	215,91
3.9 MALLA ELECTRO SOLDADA TEMPERATURA LOSA Ø 5,5 mm @15 cm.	m <sup>2</sup>	74,92	3,90	0,43	0,02	325,74
3.10 MALLA ELECTRO SOLDADA EN LOSA Ø 6 mm @15 cm.	m <sup>2</sup>	90,37	4,28	0,43	0,02	428,04
3.11 MALLA ELECTRO SOLDADA EN LOSA Ø 8 mm @15 cm.	m <sup>2</sup>	90,37	8,16	0,47	0,02	782,19
3.12 CONTRAPISO H. PREMEZCLADO, f <sub>c</sub> = 180 Kg/cm <sup>2</sup> H. S. 6 cm. + 15 cm. P. Bola (Sin malla)	m <sup>2</sup>	82,00	7,29	6,37	1,26	1.223,61
<b>4 TRABAJOS DE ALBANILERIA</b>					<b>31,91%</b>	<b>5.556,13</b>
4.1 DINTEL 10 X 20 X 100 cm.	m	19,75	7,44	2,73	0,89	218,49
4.2 PICADO DE PARED PARA INSTALACIONES	m	39,80	-	1,36	0,07	56,80
4.3 MAMPOSTERIA BLOQUE DE CARGA 15 X 20 X 40 cm. (Mortero 1:5)	m <sup>2</sup>	147,32	7,51	4,60	0,32	1.833,12
4.4 ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR PALETEADO FINO (Mortero 1:4)	m <sup>2</sup>	147,32	1,78	4,46	0,30	962,58
4.5 ENLUCIDO VERTICAL LISO EXTERIOR (Mortero 1:4)	m <sup>2</sup>	147,32	2,01	5,20	0,36	1.114,74
4.6 ENLUCIDO HORIZONTAL INTERIOR PALETEADO FINO (Mortero 1:4)	m <sup>2</sup>	96,53	1,80	6,24	0,51	825,65
4.7 ENLUCIDO DE FILOS Y FAJAS EN VENTANAS	m	95,50	0,30	1,58	0,08	187,22
4.8 MASILLADO DE PISO (Mortero 1:3)	m <sup>2</sup>	82,00	2,35	1,91	0,10	357,52

Costo Total :	17.413,24
---------------	-----------

Area de construcción :	84,15 m <sup>2</sup>
------------------------	----------------------

Costo por m <sup>2</sup> :	206,93 \$/m <sup>2</sup>
----------------------------	--------------------------

### 4.2.2 Presupuesto de construcción para casa unifamiliar con el sistema constructivo de paredes portantes

Los costos que se obtienen para el presupuesto de construcción de una vivienda unifamiliar de ejemplo, con el uso del sistema de paredes portantes, se encuentran en el cuadro 4.2.2., donde se han tomado en cuenta los rubros que involucran la ejecución en este sistema constructivo.

**Cuadro 4.2.2.: Presupuesto de construcción sistema de paredes portantes.**

RUBRO / DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO MATERIAL	PRECIO UNITARIO MANO DE OBRA	PRECIO UNITARIO EQUIPO Y HERRAMIENTA	PRECIO TOTAL
<b>1 TRABAJOS PRELIMINARES</b>					<b>1,73%</b>	<b>215,87</b>
1.1 LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	m <sup>2</sup>	90,00	-	0,90	0,05	85,34
1.2 REPLANTEO Y NIVELACIÓN PARA EDIFICACIONES	m <sup>2</sup>	84,15	0,07	0,97	0,51	130,53
<b>2 ESTRUCTURA</b>					<b>89,55%</b>	<b>11.184,79</b>
2.1 EXCAVACIÓN MANUAL PARA VIGAS CIMENTACIÓN	m <sup>3</sup>	4,04	-	7,69	0,38	32,60
2.2 REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f'c = 140 Kg/cm <sup>2</sup> (h = 5 cm.)	m <sup>3</sup>	4,59	67,88	27,79	4,03	457,47
2.3 HORMIGÓN PREMEZCLADO EN LOSA DE CIMENTACIÓN. (Incluye encofrado lateral)	m <sup>3</sup>	14,11	92,91	28,50	3,25	1.759,00
2.4 HORMIGÓN PREMEZCLADO EN LOSA f'c = 210 Kg/cm <sup>2</sup> (Incluye encofrado)	m <sup>3</sup>	10,84	193,59	25,28	2,93	2.404,29
2.5 HORMIGÓN PREMEZCLADO EN MUROS f'c = 210 Kg/cm <sup>2</sup> (Incluye encofrado)	m <sup>3</sup>	14,55	98,11	32,98	4,02	1.965,81
2.6 ACERO DE REFUERZO	Kg	1.030,42	1,19	0,21	0,03	1.464,39
2.7 MALLA ELECTROSOLDADA EN LOSA CIMENTACIÓN Ø 6 mm @10 cm.	m <sup>2</sup>	168,30	6,63	0,43	0,02	1.192,47
2.8 MALLA ELECTROSOLDADA EN PAREDES Ø 5.5 mm @15 cm.	m <sup>2</sup>	160,66	3,90	0,43	0,02	698,52
2.9 MALLA ELECTROSOLDADA EN LOSA Ø 6 mm @15 cm.	m <sup>2</sup>	90,37	4,28	0,43	0,02	428,04
2.10 MALLA ELECTROSOLDADA EN LOSA Ø 8 mm @15 cm.	m <sup>2</sup>	90,37	8,16	0,47	0,02	782,19
<b>3 TRABAJOS DE ALBANILERIA</b>					<b>8,72%</b>	<b>1.088,78</b>
3.1 RESANADO DE MUROS, FILOS Y FAJAS	m <sup>2</sup>	291,00	0,29	1,56	0,10	570,07
3.2 RESANADO DE TUMBADOS	m <sup>2</sup>	108,40	1,32	2,08	0,14	383,86
3.3 ALISADO DE PISO EN FRESCO	m <sup>2</sup>	84,15	0,40	0,74	0,46	134,86

**Costo Total : 12.489,44**

Área de construcción : 84,15 m<sup>2</sup>

**Costo por m<sup>2</sup> : 148,42 \$/m<sup>2</sup>**

**4.2.3 Presupuesto de construcción para casa unifamiliar con el sistema constructivo Emmedue**

Los costos que se obtienen para el presupuesto de construcción de una vivienda unifamiliar de ejemplo, con el uso del sistema Emmedue, se encuentran en el cuadro 4.2.3., donde se han tomado en cuenta los rubros que involucran la ejecución en este sistema constructivo.

**Cuadro 4.2.3.: Presupuesto de construcción sistema Emmedue.**

	RUBRO / DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO MATERIAL	PRECIO UNITARIO MANO DE OBRA	PRECIO UNITARIO EQUIPO Y HERRAMIENTA	PRECIO TOTAL
<b>1</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					<b>0,99%</b>	<b>215,87</b>
1.1	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	m <sup>2</sup>	90,00	-	0,90	0,05	85,34
1.2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN PARA EDIFICACIONES	m <sup>2</sup>	84,15	0,07	0,97	0,51	130,53
<b>2</b>	<b>ESTRUCTURA</b>					<b>81,22%</b>	<b>17.757,20</b>
2.1	EXCAVACION MANUAL PARA CIMENTACION	m <sup>2</sup>	4,04	-	7,69	0,38	32,60
2.2	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f <sub>c</sub> = 140 Kg/cm <sup>2</sup> (h = 5 cm.)	m <sup>2</sup>	4,59	67,88	27,79	4,03	457,47
2.3	HORMIGÓN PREMEZCLADO EN LOSA DE CIMENTACIÓN. (Incluye encofrado lateral)	m <sup>2</sup>	14,11	92,91	28,50	3,25	1.759,00
2.4	ACERO DE REFUERZO	Kg	1.527,98	1,19	0,21	0,03	2.171,50
2.5	MALLA ELECTROSOLDADA EN LOSA CIMENTACION Ø 6 mm @10 cm.	m <sup>2</sup>	168,30	6,63	0,43	0,02	1.192,47
2.6	TIMBRADO Y CHICOTEADO PAREDES	m	148,38	0,67	0,74	0,34	259,08
2.7	CORTE Y CONFORMACION DE PANEL EMMEDUE EN PAREDES	m <sup>2</sup>	160,66	15,04	0,39	0,02	2.482,08
2.8	MONTAJE DE PANELES EN PAREDES	m <sup>2</sup>	160,66	0,79	0,61	0,03	228,79
2.9	MICRO HORMIGÓN f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	12,35	66,32	25,80	4,60	1.194,56
2.10	PROYECCIÓN NEUMÁTICA MICRO HORMIGÓN PRIMERA CAPA	m <sup>2</sup>	411,69	-	0,84	0,63	606,27
2.11	PROYECCIÓN NEUMÁTICA MICRO HORMIGÓN SEGUNDA CAPA	m <sup>2</sup>	411,69	-	3,72	1,96	2.341,26
2.12	APUNTALAMIENTO EN PAREDES	m <sup>2</sup>	160,66	0,68	0,33	0,02	166,15
2.13	COLOCACION DE MALLAS DE REFUERZO EN PAREDES Y LOSA	u	192,79	2,68	0,50	0,03	620,42
2.14	CORTE Y CONFORMACION DE PANEL EMMEDUE PARA LOSA	m <sup>2</sup>	90,37	14,32	0,35	0,02	1.327,50
2.15	MONTAJE DE PANELES EN LOSA	m <sup>2</sup>	90,37	0,71	0,83	0,04	142,18
2.16	APUNTALAMIENTO DE LOSA	m <sup>2</sup>	90,37	1,18	2,52	0,13	346,17
2.17	CURADO DE PAREDES Y LOSA	m <sup>2</sup>	502,06	0,02	0,05	0,01	36,76
2.18	MALLA ELECTROSOLDADA EN LOSA Ø 6 mm @15 cm.	m <sup>2</sup>	90,37	4,28	0,43	0,02	428,04
2.19	MALLA ELECTROSOLDADA EN LOSA Ø 8 mm @15 cm.	m <sup>2</sup>	90,37	8,16	0,47	0,02	782,19
2.20	HORMIGÓN PREMEZCLADO f <sub>c</sub> = 210 Kg/cm <sup>2</sup> EN LOSA EMMEDUE	m <sup>2</sup>	10,84	92,19	14,52	2,40	1.182,70
<b>3</b>	<b>TRABAJOS DE ALBANILERIA</b>					<b>17,79%</b>	<b>3.888,77</b>
3.1	ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR PALETEADO FINO (Mortero 1:4)	m <sup>2</sup>	320,88	1,78	4,46	0,30	2.096,62
3.2	ENLUCIDO VERTICAL LISO EXTERIOR (Mortero 1:4)	m <sup>2</sup>	90,81	2,01	5,20	0,36	687,14
3.3	ENLUCIDO HORIZONTAL INTERIOR PALETEADO FINO (Mortero 1:4)	m <sup>2</sup>	90,37	1,80	6,24	0,51	772,96
3.4	ENLUCIDO DE FILOS Y FAJAS EN VENTANAS	m	95,50	0,30	1,58	0,08	187,22
3.5	PALETEADO DE LOSA EN FRESCO	m <sup>2</sup>	90,37	0,40	0,74	0,46	144,83

Costo Total : 21.861,85

Area de construcción : 84,15 m<sup>2</sup>

Costo por m<sup>2</sup> : 259,80 \$/m<sup>2</sup>

#### 4.2.4 Comparativo de costos de construcción para casa unifamiliar con los sistemas constructivos analizados

En el análisis de costos realizado y en los presupuestos de vivienda obtenidos, se ha considerado únicamente los rubros y actividades de las etapas correspondientes a: cimentación, movimiento de tierras, estructura y albanilería; ya que en las etapas de acabados, instalaciones eléctricas e instalaciones hidrosanitarias, se utilizan los mismos materiales y elementos en

la vivienda construida, sin importar el tipo de sistema de construcción utilizado.

La diferencia de costos radica únicamente en las etapas previas, hasta llegar a completar la obra gris de la vivienda, en estas etapas se tiene diferentes actividades de ejecución para cada uno de los sistemas constructivos propuestos en el análisis.

Las cantidades de los rubros contemplados en los presupuestos, se han obtenido de los planos del Anexo 1. Los planos de diseño estructural, se han tomado del trabajo de titulación: “Calcular y diseñar la solución estructural de una casa tipo planteada para el sistema constructivo de paredes portantes”.<sup>44</sup>

De acuerdo a los presupuestos obtenidos para construcción de la vivienda unifamiliar de ejemplo, en las etapas ya indicadas, se tiene que los costos con el sistema de paredes portantes es menor respecto a los presupuestos obtenidos de los otros dos sistemas.

Por los resultados obtenidos, se demuestra que la construcción de la vivienda unifamiliar de ejemplo, tiene un costo menor con el uso del sistema de paredes portantes.

Es de importancia señalar que en los costos de encofrado de losa y muros en el sistema de paredes portantes, se analiza el precio unitario amortizando el costo de adquisición de los encofrados, esto es según lo indicado por el fabricante, el cual garantiza una reutilización de encofrados por lo menos mil quinientos usos<sup>45</sup> con el mantenimiento preventivo correctamente realizado, y las revisiones periódicas indicadas.

El promedio de inversión diaria obtenido en el sistema tradicional aperticado

---

<sup>44</sup> Trabajo de titulación de Luis Fernando Caguante Paredes. Universidad Internacional Del Ecuador. Año 2013.

<sup>45</sup> Indicado en Manual Técnico Forsa. Página 77.

es el menor de los tres sistemas analizados, el cual no sobrepasa los 405 dólares por día. Valor que se verifica de los costos de inversión diaria del cuadro 4.4.1.

El promedio de inversión más alto de entre los tres sistemas constructivos analizados se obtuvo en el sistema de paredes portantes, llegando a un valor cercano a 660 dólares de inversión promedio diaria; valor que se confirma de los costos del cuadro 4.4.2.

El resumen de los datos y costos promedios obtenidos del análisis realizado se encuentran en el cuadro 4.2.4.

El sistema constructivo de paredes portantes permite una construcción sistematizada, en la que se optimizan los recursos materiales, recursos humanos y tiempo de ejecución, por lo tanto reduce los costos de producción para una construcción en donde el equipo de encofrado tenga su máximo número de usos y permita recuperar la inversión realizada en este equipo.

**Cuadro 4.2.4: Resumen de costos obtenidos.**

Detalle	Tradicional aporticado	Paredes portantes	Emmedue
Presupuesto de construcción	\$ 17.413,24	\$ 12.489,44	\$ 21.861,85
Costo por m <sup>2</sup>	206,93 \$/m <sup>2</sup>	148,42 \$/m <sup>2</sup>	259,80 \$/m <sup>2</sup>
Tiempo de ejecución	43 días	19 días	34 días
Inversión promedio diaria	404,96 \$/día	657,34 \$/día	643,00 \$/día
Costo adicional comparado con paredes portantes	39,42%		75,04%
Inversión adicional comparado con paredes portantes	\$ 4.923,80		\$ 9.372,41
Tiempo adicional de ejecución comparado con paredes portantes	24 días		15 días
Rendimiento de construcción comparado con paredes portantes	2,3	1	1,8

### **4.3. CRONOGRAMAS Y TIEMPOS DE EJECUCIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS ANALIZADOS**

Para la elaboración de los cronogramas de ejecución de la construcción de la vivienda de ejemplo, nuevamente es necesarios anotar que se ha considerado únicamente los rubros y actividades de las etapas correspondientes a: cimentación, movimiento de tierras, estructura y albañilería.

En cada uno de los cronogramas elaborados, se han considerado los tiempos de ejecución en función de los rendimientos de mano de obra

propuestos en los análisis de precios unitarios, los cuales se los puede ver en los anexos adjuntos.

Los tiempos de ejecución propuestos, también se basan en la experiencia propia del investigador, ya que ha realizado la construcción de obras con la utilización de los tres sistemas constructivos analizados.

En la construcción de la vivienda con el sistema de paredes portantes, es importante señalar que es necesario realizar todas las actividades de colocación de ductos y tuberías para los sistemas hidrosanitarios y eléctricos, ya que es obligatorio ejecutarlos previa a la fundición de las paredes portantes y la losa.

Todas las instalaciones de los ductos deben quedar embebidas en las paredes y losa, sin que sea necesario posteriormente realizar el picado de las paredes para empotrar los ductos de instalaciones.

El proceso de picado se utiliza en el sistema tradicional aporticado, en donde es necesario formar un canal en las mamposterías una vez que estas se encuentran terminadas, a fin de colocar todos los ductos y tuberías obligatorios para las instalaciones hidrosanitarias y eléctricas, para luego realizar el corchado de estos canales, donde los ductos y tuberías fueron colocados, de tal forma que queden perdidas al momento de realizar los enlucidos de paredes.

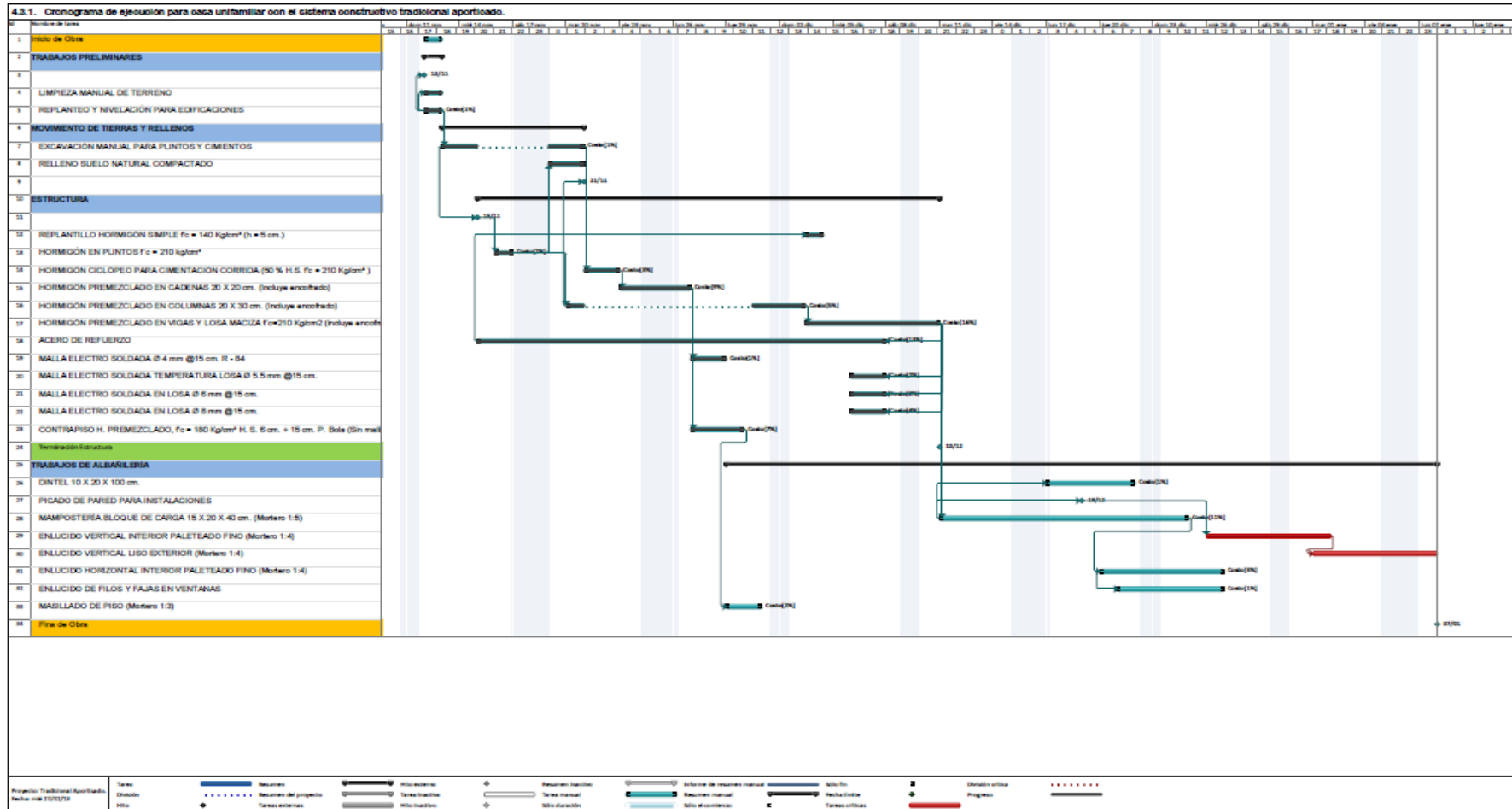
Las actividades necesarias en la etapa de cimentación, son iguales para los sistemas constructivos de paredes portantes y Emmedue, no así para el sistema tradicional aporticado, en donde las actividades involucradas en esta etapa de construcción resultan ser más extensas.

En la etapa de estructura, las actividades involucradas en el sistema constructivo de paredes portantes son menores que las actividades de los sistemas Emmedue y tradicional aporticado.

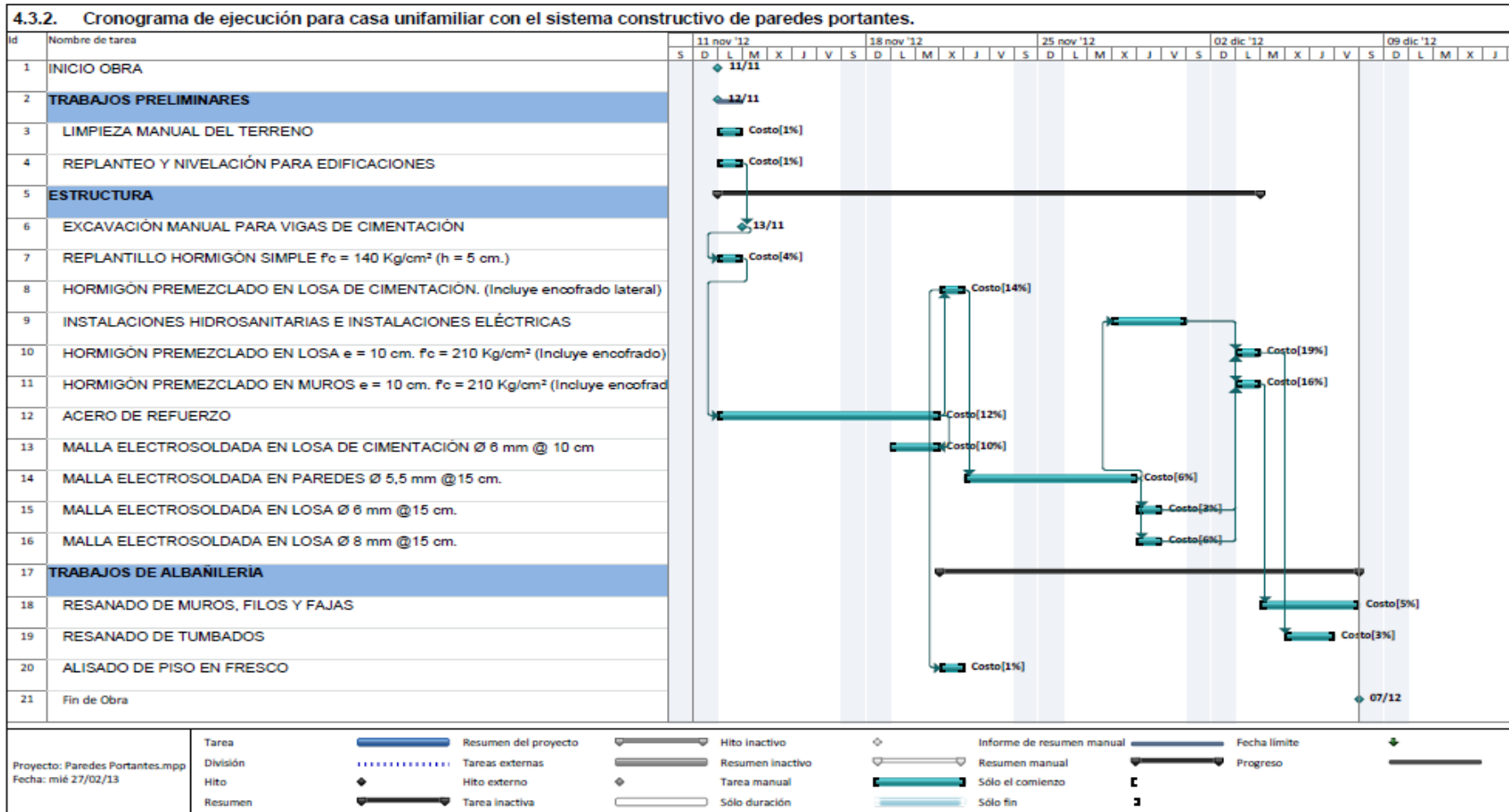


De acuerdo con los cronogramas de ejecución elaborados para la construcción de la vivienda unifamiliar del ejemplo desarrollado en cada uno de los sistemas constructivos propuestos para análisis, podemos determinar que el tiempo de ejecución menor se tiene con el sistema de paredes portantes, lo contrario sucede en el sistema tradicional aporticado con el mayor tiempo de cumplimiento.

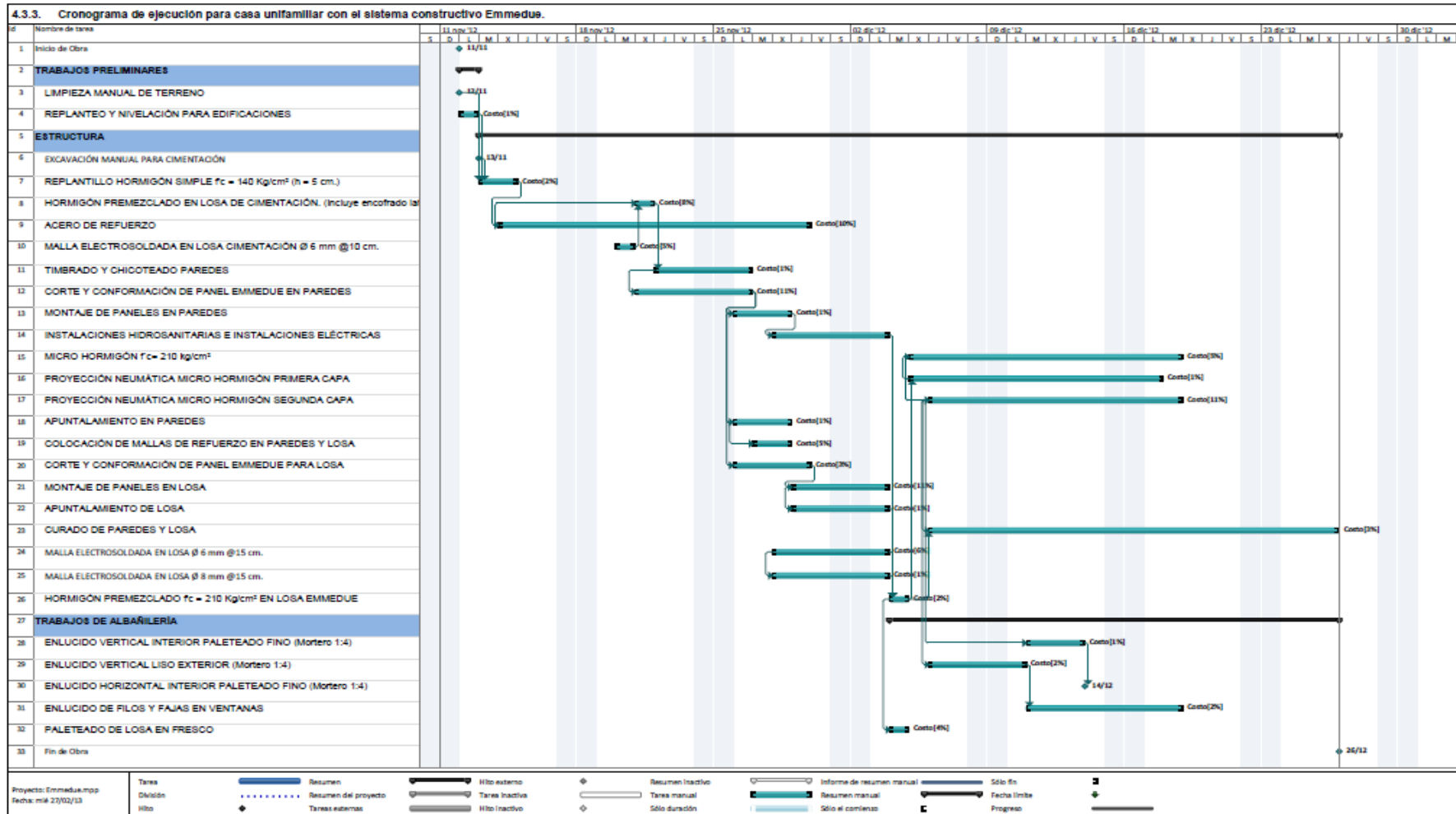
### 4.3.1 Cronograma de ejecución para casa unifamiliar con el sistema constructivo tradicional aporticado.



### 4.3.2 Cronograma de ejecución para casa unifamiliar con el sistema constructivo de paredes portantes.



### 4.3.3 Cronograma de ejecución para casa unifamiliar con el sistema constructivo Emmedue.



#### **4.4 CRONOGRAMAS VALORADOS DE EJECUCIÓN PARA LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS ANALIZADOS**

Una vez que se han obtenido los presupuestos de obra y los cronogramas de ejecución para la construcción de la vivienda unifamiliar en cada uno de los sistemas constructivos analizados, procedemos a combinar estas dos herramientas con la finalidad de obtener el cronograma valorado en el tiempo de duración de la construcción de la vivienda de ejemplo planteada.

En el cronograma valorado obtenido, se puede observar que en cada día de ejecución se encuentran determinados los costos de inversión que se realizará diariamente, expresando el valor de inversión en dólares y el porcentaje que comprende este valor, respecto al valor de la inversión total.

Se puede observar también que se obtiene una inversión diaria acumulada con el correspondiente porcentaje de inversión acumulada.

## 4.4.1 Cronograma valorado de ejecución para casa unifamiliar sistema constructivo tradicional aporticado.

Cuadro 4.4.1.: Cronograma valorado de construcción con sistema tradicional aporticado

No.	RUBRO	PRECIO TOTAL	CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJOS CONSTRUCCIÓN SISTEMA TRADICIONAL APORTICADO (US Dólares)																																																	
			TEMPO DE EJECUCIÓN EN DÍAS																																																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44						
<b>1 TRABAJOS PRELIMINARES</b>																																																				
1.1	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	85,34	85,34																																																	
1.2	REPLANTEO Y NIVELACION PARA EDIFICACIONES	130,50	130,50																																																	
<b>2 MOVIMIENTO DE TIERRAS Y RELLENOS</b>																																																				
2.1	EXCAVACION MANUAL PARA PLINTOS Y CIMENTOS	118,44	59,22		59,22																																															
2.2	RELLENO SUELO NATURAL COMPACTADO	61,51					61,51		61,51																																											
<b>3 ESTRUCTURA</b>																																																				
3.1	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE (fc = 140 Kg/cm²) (h = 5 cm.)	50,62	50,62																																																	
3.2	HORMIGÓN EN PLINTOS Fc = 210 Kg/cm²	408,55	408,55																																																	
3.3	HORMIGÓN CICLOPEO PARA CIMENTACION CORRIDA (50 % H. S. Fc = 210 Kg/cm²)	473,08			473,08		473,08																																													
3.4	HORMIGÓN PREMEZCLADO Fc=210 Kg/cm² EN CADENAS 20 X 20 cm. (Incluye encofrado)	1.530,62					1.530,62		1.530,62																																											
3.5	HORMIGÓN PREMEZCLADO Fc=210 Kg/cm² EN COLUMNAS 20 X 30 cm. (Incluye encofrado)	903,00					903,00		903,00																																											
3.6	HORMIGÓN PREMEZCLADO EN VIGAS Y LOSA MACIZA Fc = 210 Kg/cm² (Incluye encofrado)	2.803,53					2.803,53		2.803,53																																											
3.7	ACERO DE REFUERZO	2.302,22					2.302,22		2.302,22																																											
3.8	MALLA ELECTRO SOLDADA Ø 4 mm @ 15 cm. EN CONTRAPISO	215,91					215,91		215,91																																											
3.9	MALLA ELECTRO SOLDADA TEMPERATURA LOSA Ø 5.5 mm @ 15 cm.	325,74					325,74		325,74																																											
3.10	MALLA ELECTRO SOLDADA EN LOSA Ø 6 mm @ 15 cm.	428,04					428,04		428,04																																											
3.11	MALLA ELECTRO SOLDADA EN LOSA Ø 8 mm @ 15 cm.	782,19					782,19		782,19																																											
3.12	CONTRAPISO H. PREMEZCLADO, Fc = 180 Kg/cm² H. S. 6 cm. + 15 cm. P. Bata (Sin malla)	1.223,61					1.223,61		1.223,61																																											
<b>4 TRABAJOS DE ALBAÑILERIA</b>																																																				
4.1	DINTEL 10 X 20 X 100 cm.	218,46					218,46		218,46																																											
4.2	PICADO DE PARED PARA INSTALACIONES	56,80					56,80		56,80																																											
4.3	MAPOSTERIA BLOQUE DE CARGA 15 X 20 X 40 cm. (Mortero 1:5)	1.833,12					1.833,12		1.833,12																																											
4.4	ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR PALETADO FINO (Mortero 1:4)	962,56					962,56		962,56																																											
4.5	ENLUCIDO VERTICAL LISO EXTERIOR (Mortero 1:4)	1.114,74					1.114,74		1.114,74																																											
4.6	ENLUCIDO HORIZONTAL INTERIOR PALETADO FINO (Mortero 1:4)	625,65					625,65		625,65																																											
4.7	ENLUCIDO DE FILOS Y FAJAS EN VENTANAS	167,32					167,32		167,32																																											
4.8	MASILLADO DE PISO (Mortero 1:3)	357,52					357,52		357,52																																											
<b>TOTAL COSTO DE CONSTRUCCIÓN :</b>		<b>17.413,24</b>																																																		
<b>INVERSION DIARIA</b>																																																				
<b>AVANCE PARCIAL EN %</b>																																																				
<b>INVERSION ACUMULADA</b>																																																				
<b>AVANCE ACUMULADO %</b>																																																				
<b>INVERSION PROMEDIO DIARIA :</b>		<b>\$ 404,96</b>																																																		
<b>TOTAL DIAS DE EJECUCION :</b>		<b>43</b>																																																		

### 4.4.2 Cronograma valorado de ejecución para casa unifamiliar sistema constructivo de paredes portantes.

Cuadro 4.4.2.: Cronograma valorado de construcción con sistema de paredes portantes

CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJOS CONSTRUCCIÓN SISTEMA PAREDES PORTANTES (US Dolares)																					
No	RUBRO	PRECIO TOTAL	TIEMPO DE EJECUCIÓN EN DIAS																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<b>1 TRABAJOS PRELIMINARES</b>																					
1.1	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO	85,34	85,34																		
			0,00%																		
1.2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN PARA EDIFICACIONES	130,53	130,53																		
			1,00%																		
<b>2 ESTRUCTURA</b>																					
2.1	EXCAVACIÓN MANUAL PARA VIGAS CIMENTACIÓN	32,60	32,60																		
			0,26%																		
2.2	REPLANTILLO HORMIGÓN SIMPLE f <sub>c</sub> = 140 Kg/cm <sup>2</sup> (h = 5 cm.)	457,47	457,47																		
			3,96%																		
2.3	HORMIGÓN PREMEZCLADO EN LOSA DE CIMENTACIÓN. (Incluye encofrado lateral)	1.759,00							1.759,00												
									14,00%												
2.4	HORMIGÓN PREMEZCLADO EN LOSA f <sub>c</sub> = 210 Kg/cm <sup>2</sup> (Incluye encofrado)	2.404,29														1202,15	1202,15				
																5,03%	5,03%				
2.5	HORMIGÓN PREMEZCLADO EN MUROS f <sub>c</sub> = 210 Kg/cm <sup>2</sup> (Incluye encofrado)	1.965,81														491,45	491,45	491,45	491,45		
																3,00%	3,00%	3,00%	3,00%		
2.6	ACERO DE REFUERZO	1.454,39		396,10	396,10	396,10	396,10														
				2,80%	2,80%	2,80%	2,80%														
2.7	MALLA ELECTRODOLADA EN LOSA CIMENTACIÓN Ø 6 mm @10 cm.	1.192,47					596,23	596,23													
							4,77%	4,77%													
2.8	MALLA ELECTRODOLADA EN PAREDES Ø 5.5 mm @15 cm.	696,52								232,84	232,84	232,84									
										1,86%	1,86%	1,86%									
2.9	MALLA ELECTRODOLADA EN LOSA Ø 6 mm @15 cm.	428,04												214,02	214,02						
														1,71%	1,71%						
2.10	MALLA ELECTRODOLADA EN LOSA Ø 6 mm @15 cm.	762,19													381,10	381,10					
														3,13%	3,13%						
<b>3 TRABAJOS DE ALBAÑILERÍA</b>																					
3.1	RESANADO DE MUROS, FILOS Y FAJAS	570,07																	190,02	190,02	190,02
																1,82%	1,82%	1,82%			
3.2	RESANADO DE TUMBADOS	303,00																		191,93	191,93
																				1,54%	1,54%
3.3	ALISADO DE PISO EN FRESCO	134,00								134,00											
										1,00%											
<b>TOTAL COSTO DE CONSTRUCCION :</b>		<b>12.489,44</b>																			
INVERSION DIARIA:			215,87	490,07	396,10	396,10	962,33	962,33	1.593,96	232,84	232,84	232,84	605,11	605,11	491,45	491,45	1.693,00	1.693,00	190,02	391,95	391,95
AVANCE PARCIAL EN %:			1,73%	3,92%	2,93%	2,93%	7,71%	7,71%	15,16%	1,86%	1,86%	1,86%	4,85%	4,85%	3,93%	3,93%	13,56%	13,56%	1,52%	3,06%	3,06%
INVERSION ACUMULADA:			215	706	1.072	1.438	2.400	3.363	5.287	5.490	5.722	5.955	6.560	7.165	7.657	8.148	9.842	11.536	11.726	12.107	12.489
AVANCE ACUMULADO %:			2%	6%	9%	12%	19%	27%	42%	44%	46%	48%	53%	57%	61%	65%	79%	82%	94%	97%	100%

INVERSION PROMEDIO DIARIA : \$ 657,34  
 TOTAL DIAS DE EJECUCION : 19

### 4.4.3 Cronograma valorado de ejecución para casa unifamiliar sistema constructivo Emmedue.

Cuadro 4.4.3.: Cronograma valorado de construcción con sistema Emmedue

CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJOS CONSTRUCCIÓN SISTEMA EMMEDUE (US Dolares)			TIEMPO DE EJECUCIÓN EN DÍAS																																				
NO.	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
1	TRABAJOS PRELIMINARES																																						
1.1	LIMPIEZA GENERAL DE TERRENO	85.34	85.34																																				
1.2	EMPLANTO Y FUNDACIONES PARA ESTRUCTURAS	148.00																																					
2	ESTRUCTURA																																						
2.1	REGULACIÓN GENERAL PARA CONSTRUCCIÓN	33.00	33.00																																				
2.2	EMPLANTO Y HORNOSECO EMPLE P <sub>1</sub> = 140 Kg/m <sup>3</sup> (h = 6 cm)	407.07																																					
2.3	HORNOSCO PARMASCOLO EN LOCA DE CONSTRUCCIÓN (junta en medio vano)	178.00																																					
2.4	ACERO DE REFUERZO	2175.80																																					
2.5	MALLA ELECTRODINAMICA EN LOCA CONSTRUCCIÓN 24 mm @ 10 cm	1102.07																																					
2.6	TERMINO Y CASQUETADO PAREDES	280.00																																					
2.7	CORTE Y COMPOSICIÓN DE PAVES, EMPLANTE EN PAREDES	1400.00																																					
2.8	MONTAJE DE PAVES EN PAREDES	228.76																																					
	INSTALACIONES HIDROMECANICAS E INSTALACIONES ELÉCTRICAS																																						
2.9	MEDIO HORNOSECO (h = 20 Kg/m <sup>3</sup> )	1100.00																																					
2.10	PROTECCIÓN HELMÉTICA MEDIO HORNOSECO SISTEMA CANA	490.07																																					
2.11	PROTECCIÓN HELMÉTICA MEDIO HORNOSECO SISTEMA CANA	1340.28																																					
2.12	APUNTALAMIENTO EN PAREDES	180.00																																					
2.13	COLACIÓN DE MALLAS DE REFUERZO EN PAREDES Y LOBA	600.00																																					
2.14	CORTE Y COMPOSICIÓN DE PAVES, EMPLANTE PARA LOBA	1107.80																																					
2.15	MONTAJE DE PAVES EN LOBA	140.00																																					
2.16	APUNTALAMIENTO DE LOBA	340.07																																					
2.17	CURADO DE PAREDES Y LOBA	80.00																																					
2.18	MALLA ELECTRODINAMICA EN LOBA @ 8 mm @ 10 cm	420.00																																					
2.19	MALLA ELECTRODINAMICA EN LOBA @ 8 mm @ 10 cm	780.00																																					
2.20	HORNOSCO PARMASCOLO P <sub>1</sub> = 210 Kg/m <sup>3</sup> EN LOBA EMPLANTE	1140.75																																					
3	TRABAJOS DE PAVESADO																																						
3.1	RELLENO VERTICAL INTERIOR PAVESADO FINO (h = 140 mm)	1200.00																																					
3.2	RELLENO VERTICAL LISO RETENED (h = 140 mm)	407.14																																					
3.3	RELLENO HORIZONTAL INTERIOR PAVESADO FINO (h = 140 mm)	770.00																																					
3.4	RELLENO DE PISO Y PAVES EN VENTANAS	140.00																																					
3.5	PAVESADO DE LOBA EN PAREDES	140.00																																					
<b>TOTAL COSTO DE CONSTRUCCIÓN :</b>			<b>21.801.85</b>																																				
INVERSIÓN PROMEDIO DIARIA :			\$ 643,00																																				
TOTAL DÍAS DE EJECUCIÓN :			34																																				



#### **4.5 CURVAS VALORADAS DE INVERSIÓN DE OBRA PARA LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS ANALIZADOS.**

Partiendo del cronograma valorado planteado, se pueden obtener las diferentes curvas de inversión para cada uno de los sistemas constructivos analizados.

En el cuadro 4.5 se pueden observar los tres diagramas de inversión diaria en cada uno de los sistemas constructivos propuestos.

Para los tres sistemas constructivos analizados, la inversión en el primer día de ejecución no sobrepasa los 500 dólares, en estos días las actividades programadas resultan ser casi similares, sin demandar mucha inversión.

La inversión que se tiene entre los dos y seis días para el sistema constructivo de paredes portantes se encuentra entre 500 y 1.000 dólares, debido a que en este período se tiene el rubro de acero de refuerzo para la losa de cimentación de la estructura.

En el período, entre dos y seis días, para los sistemas tradicional aporticado, la inversión diaria no sobrepasa los 550 dólares, debido a que se contempla únicamente el acero de refuerzo para los plintos.

Entre los siete y nueve días se tiene una alta inversión para los sistemas de paredes portantes y Emmedue, debido a que se ven involucradas actividades de acero de refuerzo y hormigón para la losa de cimentación.

Luego, entre los ocho y catorce días para el sistema de paredes portantes, la inversión diaria baja sin pasar los 610 dólares ya que la inversión es únicamente en malla electro soldada para las paredes y losa.

Posteriormente, a partir del día quince, se tiene nuevamente una inversión

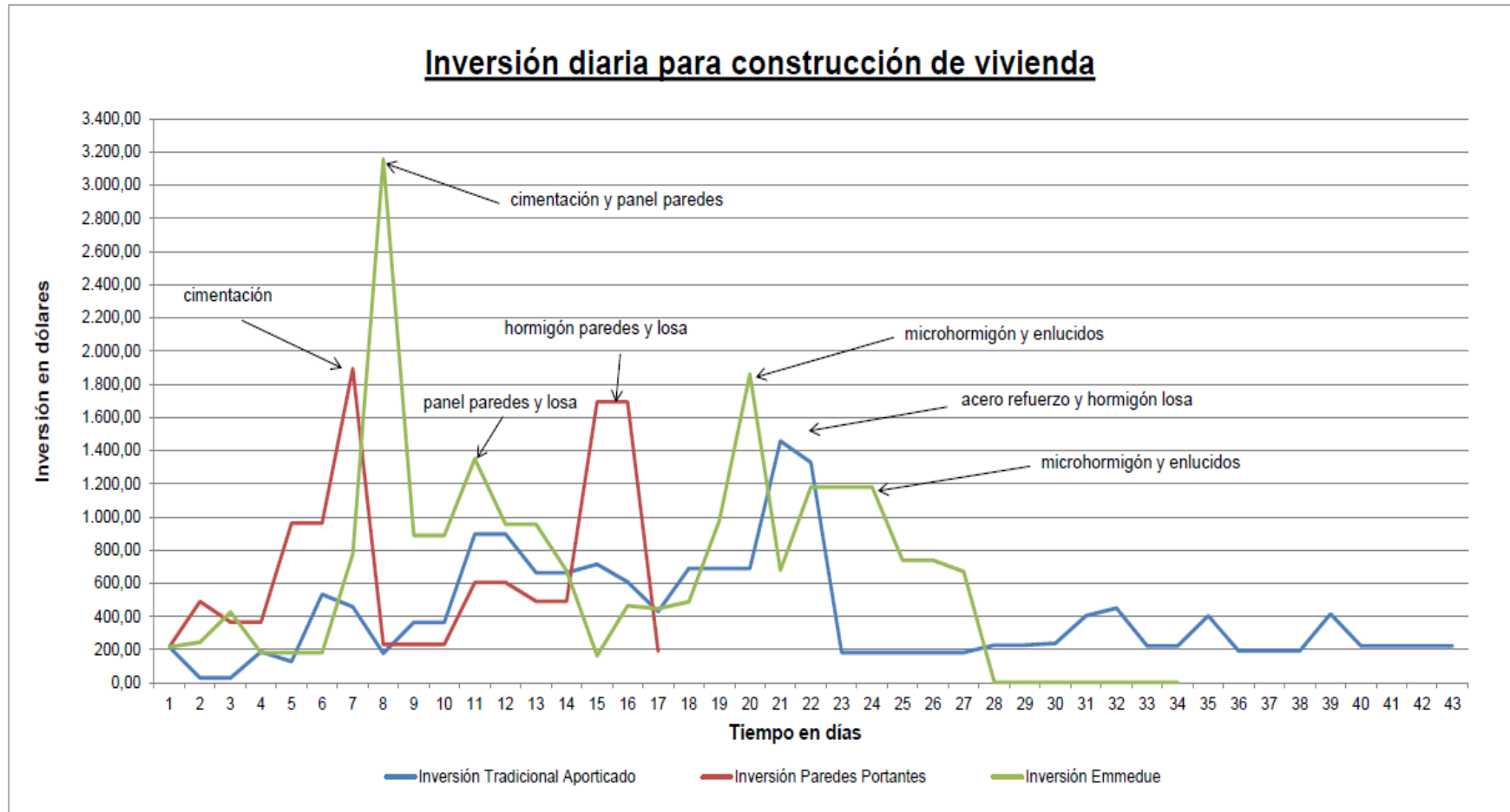
alta en el sistema de paredes portantes, debido que en este período se realiza el encofrado de todas las paredes y losa, el hormigonado de toda la estructura, y de esta forma queda solo una inversión mínima en los días posteriores, donde se ha terminado con la ejecución de la obra gris de la vivienda en este sistema.

La inversión que sigue a partir del día trece en el sistema Emmedue, se mantiene con tendencia a disminuir, debido a que en este período se tienen las actividades de corte, conformación y montaje de paneles.

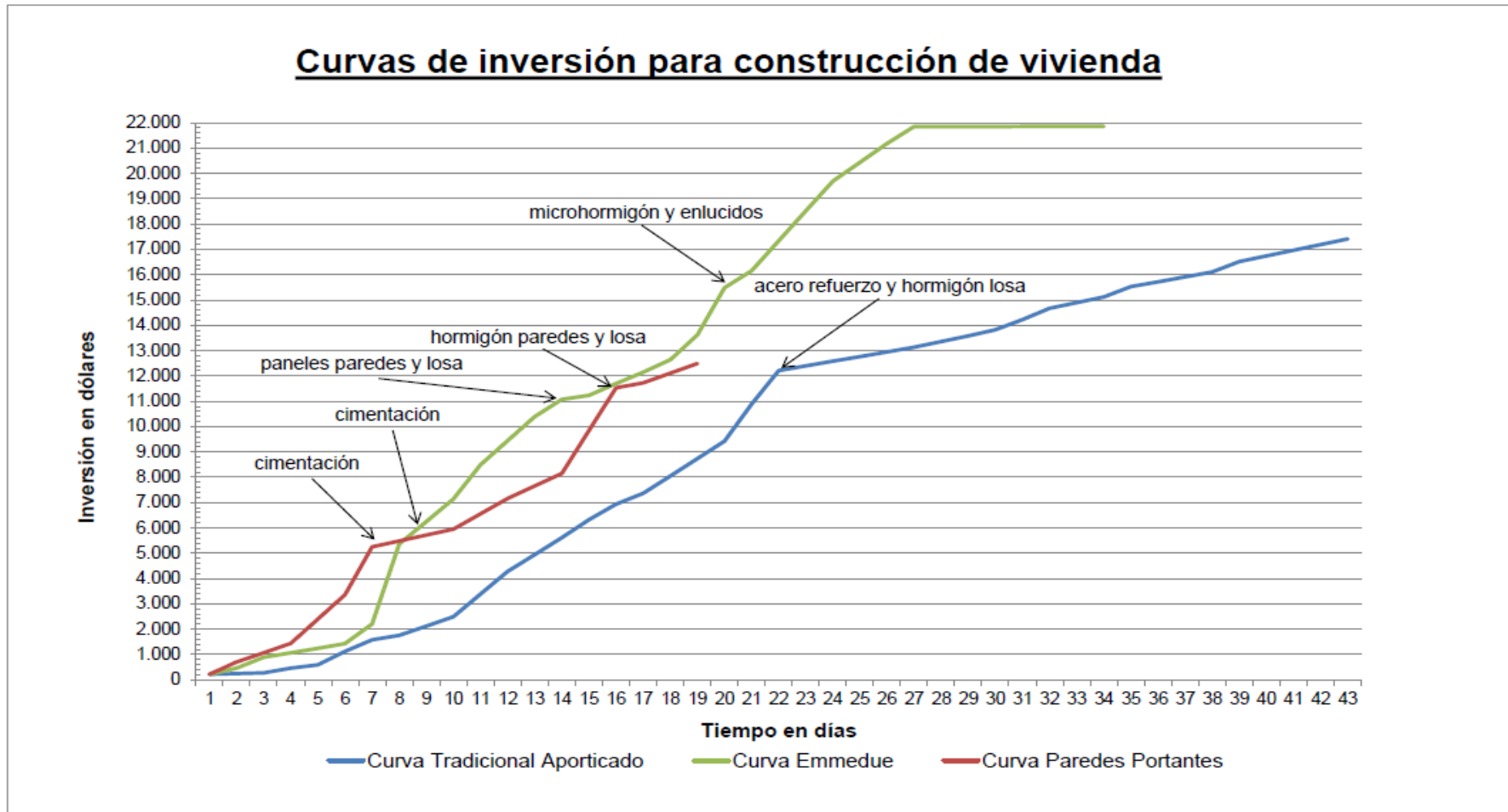
A partir de día dieciocho para el sistema Emmedue existe un incremento en la inversión diaria, debido a que en este período se contemplan las actividades de proyección de primera y segunda capa de micro hormigón, seguido de los enlucidos y terminados de la estructura.

En la gráfica del Cuadro 4.5., en la curva correspondiente a la inversión diaria para la construcción de la vivienda en el sistema aporcado, se puede observar una inversión diaria uniforme, la cual no sobrepasa de los 1.500 dólares por día, con una tendencia uniforme a lo largo de todo el período de ejecución de la obra.

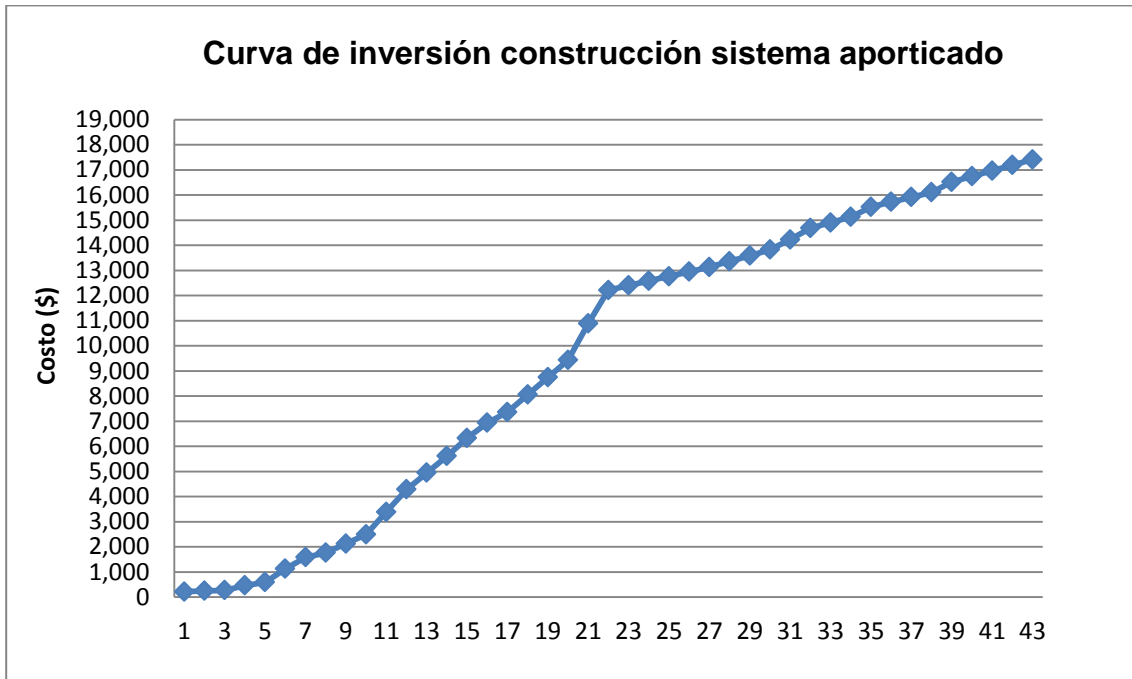
**Cuadro 4.5.: Inversión diaria para construcción de vivienda en los sistemas constructivos tradicional aporticado, paredes portantes y Emmedue.**



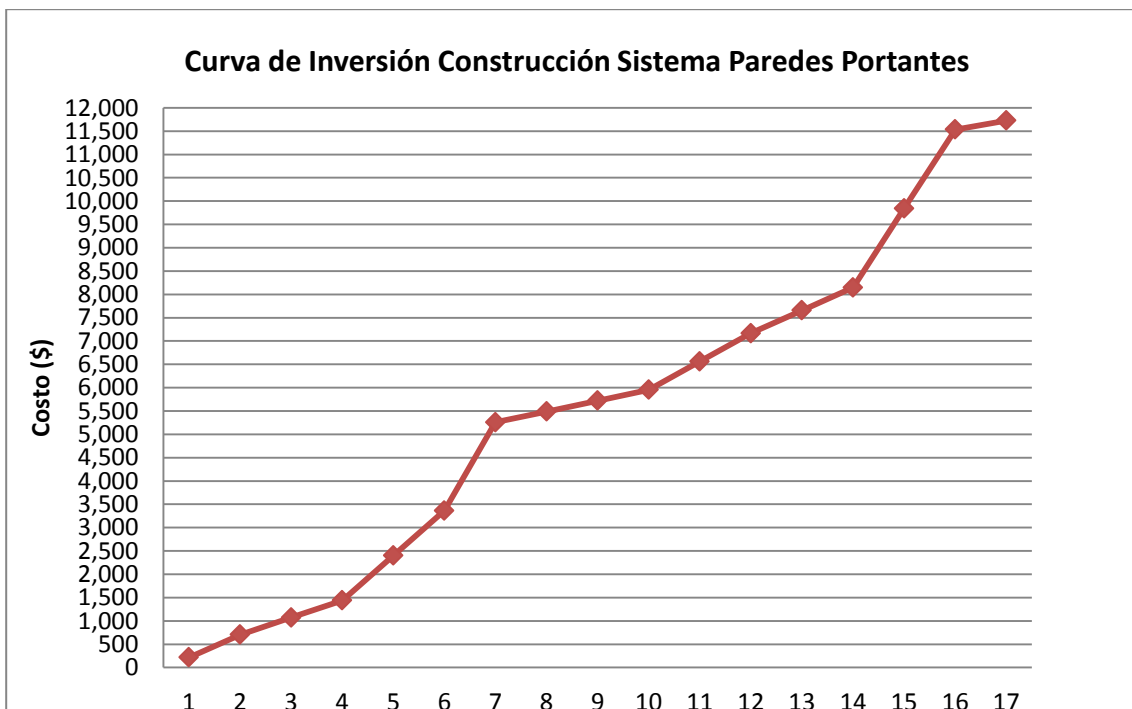
**Cuadro 4.5a.: Curvas de inversión para construcción de vivienda en los sistemas constructivos tradicional aporticado, paredes portantes y Emmedue.**



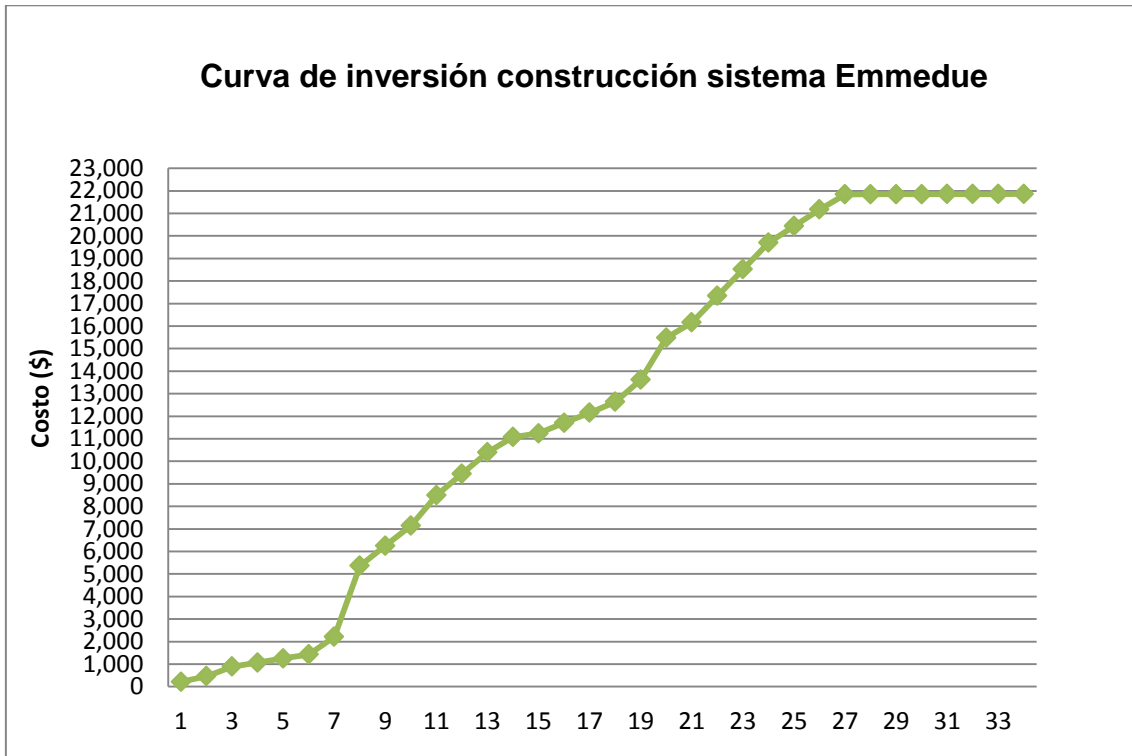
#### 4.5.1 Curva valorada sistema tradicional aporticado.



#### 4.5.2 Curva valorada sistema de paredes portantes.



### 4.5.3 Curva valorada sistema Emmedue.



## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

Las conclusiones basadas en el desarrollo y realización del presente trabajo son las siguientes:

1. Los resultados de los estudios de campo realizados, nos determinan que el sistema mayormente utilizado por los constructores es el tradicional aporticado, siendo también de muy buena aceptación el de paredes portantes, que cada vez va ganando aprobación por los constructores y promotores inmobiliarios. El sistema Emmedue aún no llega a posicionarse en el mercado y tiene aceptación baja dentro de los constructores, siendo únicamente utilizado por Mutualista Pichincha, o por los constructores contratados por esta entidad, debido a que la empresa que desarrolla este sistema es anexa a la misma.
2. La ventaja más importante del sistema de paredes portantes, radica en un menor tiempo de ejecución respecto a los otros sistemas constructivos analizados, este menor tiempo necesariamente se ve manifestado por la optimización de recursos y por la menor cantidad de actividades involucradas, las cuales disminuyen notablemente los costos de ejecución.
3. La desventaja del sistema de paredes portantes, se ve reflejada en el alto costo de inversión inicial que se debe hacer para la adquisición de los encofrados necesarios en la elaboración de las paredes y losa, esta inversión se deberá recuperar con la ejecución de viviendas en serie y por consiguiente con la mayor utilización del encofrado adquirido. El

fabricante de encofrados Forsa garantiza que puede durar más de los 1.500 usos ofrecidos.

4. Tomando en cuenta que la inversión para adquirir los encofrados para construir la casa de ejemplo con el sistema de paredes portantes es de 402.39 \$/m<sup>2</sup>, y son necesarios 90.37 m<sup>2</sup> en losa y 321.32 m<sup>2</sup> en paredes, la inversión en encofrado Forsa para una casa es de 165,659.94 dólares. Según los tiempos de ejecución planteados, se pueden reutilizar los encofrados cada semana, por lo tanto en un año se realizarán 52 casas; teniendo una amortización mensual de 13,805 dólares, período en el cual se construyen 4.33 casas, obteniendo finalmente una amortización de encofrado por casa de 3,185.77 dólares.
5. En el sistema tradicional aporticado se tiene un tiempo de ejecución mayor de entre los tres sistemas analizados, corroborando una de las ideas a defender planteada; con el plazo de construcción mayor los costos son repartidos en el período de tal forma que la inversión no se ve afectada con incrementos que puedan alterar el flujo de caja uniforme, el mismo que se mantiene así a lo largo de toda la ejecución de la construcción; esto no sucede con los sistemas de paredes portantes y Emmedue, en donde existen inversiones altas específicas que se deben hacer y esto reconoce un desequilibrio en el flujo de caja.
6. La ejecución de proyectos de vivienda unifamiliar en Quito, edificados con el sistema constructivo aporticado no es más económica, comparada con el de paredes portantes, por lo tanto, una de las ideas a defender queda sin fundamento, desvirtuando que el sistema aporticado es más económico. Los presupuestos obtenidos para cada uno de los sistemas constructivos analizados, nos permiten determinar el costo de construcción por metro cuadrado para la vivienda tipo de ejemplo, con lo cual el constructor puede rápidamente proyectar los costos para el proyecto que desee. Los costos por metro cuadrado de construcción obtenidos son los siguientes:



Tradicional aporticado	= 206.93 \$/m <sup>2</sup>
Paredes portantes	= 148.42 \$/m <sup>2</sup>
Emmedue	= 259.80 \$/m <sup>2</sup>

7. La mano de obra utilizada en la ejecución de viviendas con el sistema tradicional aporticado no necesita tener un conocimiento adicional del que ya poseen, en vista de que las actividades realizadas en este sistema son desarrolladas por simple comprensión y las vienen ejecutando por muchos años; no así con los sistemas de paredes portantes y Emmedue, en donde es necesario adiestramiento adicional para la utilización de estos sistemas.
8. El grado de aceptación por parte de los constructores y promotores inmobiliarios para el sistema de paredes portantes es alto, y se ve reflejado en el mayor número de viviendas que actualmente se construyen en la zona sur de Quito con este proceso.
9. Para la construcción de la vivienda unifamiliar de una sola planta analizada, el porcentaje de costo adicional que se obtiene al ejecutar la vivienda con el sistema tradicional aporticado es del 39.42 % respecto al de paredes portantes; y con respecto al Emmedue es del 75.04 %. Datos que se pueden verificar con los presupuestos obtenidos.
10. El rendimiento de construcción de la vivienda, tomando en cuenta el tiempo de ejecución con el sistema de paredes portantes, está en relación 2.3 a 1 con respecto a la vivienda ejecutada con el proceso tradicional aporticado; y con respecto al Emmedue está en relación 1.8 a 1.
11. Con los resultados obtenidos en el desarrollo del presente trabajo, el constructor y promotor inmobiliario tiene una herramienta con la cual puede analizar el sistema constructivo que conviene a sus intereses, y

de esta forma adoptar uno de los procesos planteados para ejecutar las viviendas, tomando en cuenta el tiempo, costo y ventajas del mismo.

12. Los rendimientos de mano de obra en la elaboración de la estructura, son mayores en el sistema de paredes portantes, respecto al aporticado. Esto se debe a que la estructura queda conformada una vez que se realizan la fundición de las paredes y losa del sistema, concluyendo así la estructura y obra gris.
13. Para el sistema aporticado, los rendimientos de mano de obra son menores en la conformación de la obra gris, respecto al sistema de paredes portantes; las actividades que se deben desarrollar para conformar las paredes son repetitivas y demandan recursos que se desperdician, es así que una vez conformadas las paredes se deben realizar las instalaciones hidrosanitarias y eléctricas, adicionando mayor tiempo y recursos para realizar los canales y luego corchar los mismos una vez colocadas las instalaciones, y finalmente enlucir para terminar con la obra gris.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones basadas en la realización del presente trabajo son las siguientes:

1. Para la concepción de todo proyecto de construcción, son necesarios la elaboración de los diagramas de barras, cronogramas valorados y curvas de inversión, herramientas con las cuales se tiene una real visualización global y concepción del proyecto en las etapas involucradas.
2. Es importante que todos los procesos en la construcción, con el uso de los diferentes sistemas constructivos, sean desarrollados estrictamente, a fin de obtener un producto de excelente calidad estructural, cumpliendo lo solicitado y especificado en los códigos y normas de construcción vigentes en el país.
3. La mano de obra necesaria y utilizada en la construcción de los diferentes sistemas constructivos, debe ser calificada y estar permanentemente sujeta a control del profesional a cargo del proyecto para que se cumplan los requerimientos especificados.
4. Es significativo destacar que el sistema constructivo de paredes portantes está propuesto para construcción de viviendas en serie, en donde la cantidad de viviendas construidas permita recuperar la inversión realizada en la adquisición de los encofrados para las paredes y losa, esta inversión no se justifica para la ejecución de una sola vivienda. El tiempo mínimo que debe el constructor plantearse la amortización de la inversión en encofrados, es de un año, tiempo en el que se construirán 52 viviendas como mínimo. De ahí la importancia de optimizar los tiempos y recursos para obtener un mejor rendimiento de utilización de encofrados.

5. La aplicación del sistema tradicional aporticado es común para la construcción de viviendas en nuestro país, y principalmente en Quito, sin embargo el sistema de paredes portantes determina la masificación de viviendas, optimizando sus procesos, logrando en menor costo y tiempo de ejecución satisfacer esta necesidad; y tomando en cuenta que la vivienda se la puede ejecutar con este sistema en cualquier sector de la ciudad por la versatilidad y manejo mínimo de materiales involucrados.
6. Para lograr innovación en las técnicas de construcción, y especialmente con los nuevos sistemas, se debe implementar un conocimiento actualizado de estos procesos e impartirlos en las entidades de enseñanza, a fin de lograr un mejor panorama de utilización, optimización de materiales y recursos, para lograr mejores alternativas de vivienda.
7. La capacitación constante de la mano de obra utilizada en los procesos de construcción es de importancia, ya que con las nuevas técnicas y materiales involucrados en la ejecución de viviendas, se puede lograr la optimización del recurso humano y facilitar los procesos de construcción.
8. El ahorro económico en la construcción de viviendas es importante para el constructor, pero también es substancial analizar las ventajas técnicas que nos pueden aportar determinados procesos en la construcción, con el uso de un explícito sistema técnicamente desarrollado, en el cual se vea involucrado el menor daño ambiental.