



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**FERROCEMENTO COMO MATERIAL ALTERNATIVO DE CONSTRUCCIÓN  
PARA VIVIENDAS.**

**TUTOR**

**PHD. CALERO AMORES MARCIAL SEBASTIAN**

**AUTORES**

**NICOLA ZAMBRANO DERIAN JORKAEFF**

**TORRES ORTEGA VERÓNICA CAROLINA**

**GUAYAQUIL**

**2022**

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>	
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS</b>	
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b> Ferrocemento como material alternativo de construcción para viviendas.	
<b>AUTOR/ES:</b> Torres Ortega Verónica Carolina Nicola Zambrano Derian Jorkaeff	<b>REVISORES O TUTORES:</b> PhD. Calero Amores Marcial Sebastián
<b>INSTITUCIÓN:</b> <b>Universidad Laica Vicente Roca fuerte de Guayaquil</b>	<b>Grado obtenido:</b> Ingeniero Civil.
<b>FACULTAD:</b> INGENIERIA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	<b>CARRERA:</b> INGENIERIA CIVIL
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b> 2022	<b>N. DE PAGS:</b> 88
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b> Arquitectura y Construcción	
<b>PALABRAS CLAVE:</b> Ferrocemento, Hormigón, Vivienda, Sistema constructivo	
<b>RESUMEN:</b>  En Ecuador existe una alta demanda de vivienda asequible, país donde se desarrolló la investigación. Uno de los actuales retos sociales, es el bienestar y mejora de las condiciones de vida de todos los habitantes de la ciudad. Aunque suene ambicioso o utópico, al desarrollar la presente investigación es contribuir al estudio de un nuevo sistema constructivo como es el ferrocemento para la construcción de viviendas.	

El objetivo del estudio es analizar y proponer el uso del ferrocemento como un sistema de construcción de vivienda social de bajo costo que constituya una alternativa válida, viable, resistente y seguro, y así facilitar el acceso a una buena vivienda en el país. Además, se recopila información empírica a través de una encuesta validada a profesionales de la construcción que busca información fáctica sobre el uso y conocimiento del ferrocemento.

Los resultados de la encuesta y de los ensayos son de mayor relevancia, se encontró que una casa de interés social construida con paredes de ferrocemento es aproximadamente un 15% más económica que una casa construida con materiales tradicionales (hormigón), así como resistencia a compresión simple es igual.

<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>  Torres Ortega Carolina  Nicola Zambrano Derian	<b>Teléfono:</b>  0978927792  0988200148	<b>E-mail:</b>  vtorreso@ulvr.edu.ec  dnicolaz@ulvr.edu.ec
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	Andrade Laborde Milton (Decano) <b>Teléfono:</b> (04) 2596500 Ext. 241 <b>E-mail:</b> mandradel@ulvr.edu.ec Valle Benítez Alex (director de Carrera) <b>Teléfono:</b> (04) 2596500 Ext. 242 <b>E-mail:</b> <a href="mailto:avalleb@ulvr.edu.ec">avalleb@ulvr.edu.ec</a>	

# CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA

Ferrocemento como material alternativo para la construcción de viviendas.

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>6%</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>6%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>0%</b> PUBLICACIONES	<b>1%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.unj.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>dspace.ucacue.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>www.primicias.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.ulvr.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>www.chryso.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.unjfsc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

Excluir citas      Activo  
Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias      < 1%

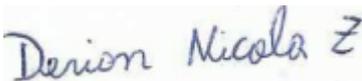


## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados Nicola Zambrano Derian Jorkaeff y Torres Ortega Verónica Carolina declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, Ferrocemento como material alternativo de construcción para viviendas corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores

Firma:   
DERIAN JORKAEFF NICOLA ZAMBRANO

C.I: 1206542266

Firma:   
VERÓNICA CAROLINA TORRES ORTEGA

C.I: 0706597747

## CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación Ferrocemento como material alternativo de construcción para viviendas, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### **CERTIFICO:**

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: Ferrocemento como material alternativo de construcción para vivienda, presentado por los estudiantes Nicola Zambrano Derian Jorkaeff y Torres Ortega Verónica Carolina como requisito previo, para optar al Título de Ingeniero Civil, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



PhD. Calero Amores Marcial Sebastián

C.C.

## AGRADECIMIENTO

*Primeramente, le agradezco a mi Padre Celestial que me ha dado la oportunidad de crecer en las cosas temporales para subsistir en esta tierra. Agradezco también a mi madre Elsa Zambrano que desde niño me motivó a ser una persona profesional y autosuficiente en la vida, me enseñó valores que me ayudaron a lo largo de mi carrera.*

*Además, le agradezco por su esfuerzo económico y familiar y diligencia en ayudarme y por hacer que crea en mí. Agradezco también a mi padrastro Enrique Rodríguez que en ciertos momentos me ayudó económicamente y me inculcó consejos y valores para terminar mi carrera, ser un buen profesional, pero sobre todo una buena persona.*

*De igual manera agradezco a mi compañera y mejor amiga, Carolina Torres, que me apoyo en todo momento, tanto en mi vida diaria como en el transcurso de la carrera.*

*Derian Jorkaeff Nicola Zambrano*

## AGRADECIMIENTO

*En primero lugar agradezco a Dios por brindarme salud y fortaleza. A mi madre Rosa Ortega que siempre me ha dicho que la mejor herencia que me puede dejar son los estudios y lo ha cumplido, pero me siento más agradecida por que ella ha sido un pilar fundamental en todo este proceso, así mismo a mi hermano Jilson Torres que junto a mi madre me han apoyado incondicionalmente, aunque ellos no estuvieran cerca de mí, les agradezco infinitamente esas llamadas y palabras en la que me decían “tú puedes con eso y mucho más”.*

*De igual manera agradezco a mi compañero y amigo de carrera y ahora compañero profesionalmente Derian Nicola que gracias a él, el estar lejos de mi familia no fue tan duro ya que el me brindo esa familiaridad con su cariño y apoyo.*

*Gracias mamita, hermano y amigo a ustedes les dedico este trabajo de titulación.*

*Verónica Carolina Torres Ortega*

## **DEDICATORIA**

*Quiero de dedicar este proyecto primeramente a Dios Todo poderoso quien me ha dado fuerzas en el ámbito espiritual y me fortalece cada día de mi vida.*

*También este logro se lo dedico a mi madre que ha estado siempre apoyándome y sintiéndose orgullosa por ver a su hijo estudiar una carrera universitaria. Me apoyo y me dio muchos consejos para la vida. Así también a mi padrastro que también ha sido una guía en mi vida diaria y se convirtió en mi ayuda idónea.*

*Derian Jorkaeff Nicola Zambrano*

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo de investigación a mi madre por ser ese apoyo incondicional e importante para mi formación profesional, por demostrarme su cariño, darme fuerza para alcanzar mis objetivos a pesar de la distancia que nos separa. A mi hermano Jilson que siempre ha estado ahí conmigo dándome ánimo para que continúe y llegue a mi meta anhelada.*

*Verónica Carolina Torres Ortega*

# INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPITULO 1</b> .....	3
<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	3
1.1. Tema.....	3
1.2. Planteamiento del Problema.....	3
1.3. Formulación del Problema .....	4
1.4. Objetivo General .....	4
1.5. Objetivos Específicos .....	4
1.6. Idea a Defender .....	4
1.7. Hipótesis.....	4
1.8. Variable Dependiente.....	4
1.9. Variable Independiente .....	5
1.10. Línea de Investigación Institucional / Facultad.....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	6
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	6
2.1. Antecedentes .....	6
2.2. Déficit Habitacional .....	7
2.3. Materiales .....	8
2.3.1. Mortero Hidráulico .....	8
2.3.2. Cemento .....	9
2.3.3. Agregados .....	9
2.3.4. Agua.....	10
2.3.5. Aditivos.....	11
2.3.6. Malla de Refuerzo.....	12
2.3.7. Acero de Refuerzo .....	13
2.4. Concreto Armado .....	14
2.5. Hormigón Tradicional .....	15
2.6. Hormigón Armado .....	16
2.7. Ferrocemento.....	16
2.8. Aplicaciones del ferrocemento.....	18
2.8.1. Viviendas de Ferrocemento .....	18
2.8.2. Embarcaciones con ferrocemento .....	21

2.8.3.	Cubiertas con ferrocemento .....	22
2.8.4.	Obras hidráulicas y reparaciones con ferrocemento .....	22
2.8.5.	Ejemplos de estructuras con ferrocemento .....	24
2.9.	Requerimientos de construcción .....	25
2.9.1.	Calidad del mortero.....	25
2.10.	Marco legal .....	26
2.10.1.	CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR Registro Oficial No. 449, 20 de octubre del 2008 .....	26
2.10.2.	NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN .....	26
<b>CAPITULO III</b>	.....	<b>28</b>
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	.....	<b>28</b>
3.1.	Enfoque de la investigación .....	28
3.2.	Alcance de la investigación.....	28
3.3.	Técnica e instrumentos para obtener los datos.....	28
3.4.	Población y Muestra.....	30
3.4.1.	Población.....	30
3.4.1.1.	Población encuesta de opinión a personas que arriendan viviendas. ....	30
3.4.1.2.	Población Encuesta a personas dedicadas a la construcción.....	31
3.4.2.	Muestra .....	31
3.4.2.1.	Muestra de encuesta de opinión a personas que arriendan viviendas. ....	31
3.4.2.2.	Muestra de encuesta de opinión a personas dedicadas a la construcción.....	32
3.5.	Presentación y análisis de resultados .....	33
3.5.1.	Encuesta .....	33
3.5.1.1.	Encuestas a personas que arriendan viviendas. ....	33
3.5.1.2.	Encuesta a personas dedicadas a la construcción.....	38
3.5.2.	Ensayo de laboratorio .....	42
3.5.2.1.	Dosificación Materiales.....	42
3.5.2.2.	Elaboración de material para los cilindros de ensayo .....	46
3.5.2.3.	Resultados de las Roturas de los cilindros de ensayo .....	54
3.5.2.4.	Evaluación técnica y económica referencial .....	60
3.5.2.5.	Evaluación económica referencial .....	61
<b>CONCLUSIONES</b>	.....	<b>62</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	.....	<b>63</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	.....	<b>64</b>
<b>ANEXOS</b>	.....	<b>66</b>

1.	ANEXO ENCUESTAS .....	66
1.1.	Encuesta que adquieren viviendas .....	66
1.2.	Encuesta a personas relacionadas con la construcción .....	68
2.	ANEXO RESULTADOS DE LABORATORIO .....	70
2.1.	Resultado de laboratorio hormigón tradicional .....	70
2.2.	Resultados de laboratorio ferrocemento .....	71

## INDICE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Fuente Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo. ....	8
<b>Figura 2:</b> Rango límites deseables del tamaño del agregado. ....	10
<b>Figura 3:</b> Mallas de refuerzo. ....	12
<b>Figura 4:</b> Tipos y tamaños de mallas de acero (ACI 549) ....	13
<b>Figura 5:</b> Acero de Armazón ....	14
<b>Figura 6:</b> Paneles Prefabricados ....	19
<b>Figura 7:</b> Casa básica de Ferrocemento ....	20
<b>Figura 8:</b> Casas de diferentes formas. ....	20
<b>Figura 9:</b> Casas de alto estándar. ....	21
<b>Figura 10:</b> Barcos construidos con ferrocemento. ....	22
<b>Figura 11:</b> Cubierta de ferrocemento ....	22
<b>Figura 12:</b> Tanques de agua con ferrocemento.....	23
<b>Figura 13:</b> El Salón de exposiciones de Turín. ....	24
<b>Figura 14:</b> Palacio de deporte en Rom.....	24
<b>Figura 15:</b> Máquina Universal ....	29
<b>Figura 16:</b> Cilindros de ensayo ....	30
<b>Figura 17:</b> Características del hogar INEC ....	30
<b>Figura 18:</b> Fórmula de muestra.....	31
<b>Figura 19:</b> Fórmula muestra ....	32
<b>Figura 20:</b> Cemento ....	43
<b>Figura 21:</b> Agua ....	44
<b>Figura 22:</b> Piedra ....	44
<b>Figura 23:</b> Arena ....	45
<b>Figura 24:</b> Malla ....	46
<b>Figura 25:</b> Arena ....	46
<b>Figura 26:</b> Cemento ....	47
<b>Figura 27:</b> Piedra ....	47
<b>Figura 28:</b> Malla ....	48
<b>Figura 29:</b> Engrasado de Cilindros ....	48
<b>Figura 30:</b> Arena para elaboración de la mezcla. ....	49
<b>Figura 31:</b> Agregado de piedra encima de la arena. ....	49
<b>Figura 32:</b> Agua en la mezcla de arena y piedra.....	50
<b>Figura 33:</b> Cemento agregado a la mezcla de arena, piedra y agua.....	50
<b>Figura 34:</b> Mezcla de los materiales. ....	51
<b>Figura 35:</b> Llenado del cilindro con hormigón. ....	52
<b>Figura 36:</b> Vibrado del Hormigón. ....	52
<b>Figura 37:</b> Golpes con martillo de goma ....	53
<b>Figura 38:</b> Cilindros.....	53
<b>Figura 39:</b> Curado por inmersión.....	54
<b>Figura 40:</b> Rotura a los 7 días. ....	55
<b>Figura 41:</b> Rotura a los 14 días. ....	55
<b>Figura 42:</b> Rotura a los 21 días ....	56
<b>Figura 43:</b> Rotura a los 28 días ....	56
<b>Figura 44:</b> Rotura a los 7 días Ferrocemento.....	58
<b>Figura 45:</b> Rotura a los 14 días Ferrocemento.....	58

<b>Figura 46:</b> Rotura 21 días Ferrocemento .....	59
<b>Figura 47:</b> Rotura a los 28 días Ferrocemento.....	59

## INDICE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Línea de Investigación Institucional.....	5
<b>Tabla 2:</b> Granulometría.....	10
<b>Tabla 3:</b> Tabla técnicas e instrumentos.....	29
<b>Tabla 4:</b> Vivienda.....	33
<b>Tabla 5:</b> Tipo de material de construcción.....	34
<b>Tabla 6:</b> Tiempo de entrega.....	35
<b>Tabla 7:</b> Materiales alternativos.....	36
<b>Tabla 8:</b> Ferrocemento.....	37
<b>Tabla 9:</b> Conocimiento sobre el ferrocemento.....	38
<b>Tabla 10:</b> Construcción de vivienda con ferrocemento.....	39
<b>Tabla 11:</b> Costos sobre el ferrocemento.....	40
<b>Tabla 12:</b> Ferrocemento y el medio ambiente.....	41
<b>Tabla 13:</b> Cilindro de Ensayo.....	42
<b>Tabla 14:</b> Cantidad de material.....	43
<b>Tabla 15:</b> Dosificación Cemento.....	43
<b>Tabla 16:</b> Dosificación Agua.....	43
<b>Tabla 17:</b> Dosificación Piedra.....	44
<b>Tabla 18:</b> Dosificación Arena.....	45
<b>Tabla 19:</b> Malla.....	45
<b>Tabla 20:</b> Resultados Hormigón Tradicional.....	54
<b>Tabla 21:</b> Resultados Ferrocemento.....	57

## INDICES ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1:</b> Encuesta de vivienda y construcción en Guayaquil.....	34
<b>Ilustración 2:</b> Encuesta de vivienda y construcción en Guayaquil.....	35
<b>Ilustración 3:</b> Encuesta de vivienda y construcción en Guayaquil.....	36
<b>Ilustración 4:</b> Encuesta de vivienda y construcción en Guayaquil.....	37
<b>Ilustración 5:</b> Encuesta de vivienda y construcción en Guayaquil.....	38
<b>Ilustración 6:</b> Encuesta a personas relacionadas con la construcción. ....	39
<b>Ilustración 7:</b> Encuesta a personas relacionadas con la construcción. ....	40
<b>Ilustración 8:</b> Encuesta a personas relacionadas con la construcción. ....	41
<b>Ilustración 9:</b> Encuesta a personas relacionadas con la construcción. ....	42
<b>Ilustración 10:</b> Resistencia Hormigón Tradicional .....	57
<b>Ilustración 11:</b> Resultados Ferrocemento.....	60
<b>Ilustración 12:</b> Evaluación técnica .....	61

## INTRODUCCIÒN

La ingeniería civil está en un proceso de avances, así como avanza la tecnología, esta carrera tiene el deber de innovar y proponer nuevas soluciones para el ámbito del cual abarca, como se sabe la ingeniería civil tiene un rol principal para el crecimiento y desarrollo de la economía de un país, por ende, está en busca de soluciones más económicas, pero que a su vez se siga cumpliendo con los requerimientos y normativas vigentes.

En la búsqueda de encontrar materiales nuevos e innovadores que aporten a la problemática de escasez de vivienda se encontró que el ferrocemento tiene grandes características estructurales y mecánicas ante los diferentes esfuerzos a que se someten estas estructuras como los sismos, además de ser un material de bajo costo El hormigón hasta hoy en día sigue siendo el material que se utiliza más en la construcción.

El ferrocemento es un hormigón armado de pared delgada, densa y continua de malla de alambre lechada con mortero de cemento hidráulico. La malla de refuerzo puede estar hecha de metal u otro material adecuado. La tecnología de ferrocemento ofrece una construcción liviana, de bajo costo y de alta velocidad y es más popular que las estructuras tradicionales de concreto reforzado para viviendas de bajo costo. Sin embargo, también es de suma importancia que la estructura de ferrocemento también realice las funciones deseadas de resistencia y mantenibilidad.

La disponibilidad de materiales y el hecho de que su uso requiere pocos conocimientos técnicos ha dado al ferrocemento un gran potencial para los pedidos en los países en desarrollo. A menudo delgados y livianos, pero igualmente fuertes y estéticamente agradables, los materiales de ferrocemento ofrecen una amplia gama de soluciones de construcción, especialmente para sistemas de techado y construcción de muros.

Debido a la delgadez de la lámina y la placa de ferrocemento, la superficie exterior siempre es propensa a agrietarse. Sin embargo, el espesor de la fisura del ferrocemento suele ser 1 o 2 órdenes de magnitud menor que el de las estructuras tradicionales de hormigón armado. El ancho de estas grietas está estabilizado y controlado por la acción combinada de las capas de malla. Estas micro fisuras no afectan la resistencia general, pero pueden afectar la durabilidad del panel de ferrocemento. En un ambiente húmedo y lluvioso, el agua puede filtrarse a través de estas grietas, provocando la corrosión de la malla de las barras de refuerzo

y luego afectando el desempeño de la estructura de ferrocemento esto se puede controlar utilizando mallas galvanizadas.

# CAPITULO 1

## DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### **1.1. Tema**

Ferrocemento como material alternativo para la construcción de viviendas.

### **1.2. Planteamiento del Problema**

A partir de que el ser humano se instaló en la tierra como cazador y recolector, ha buscado y construido un refugio para vivir y la naturaleza se lo ha proporcionado. Mezclar tierra y agua, cohesionar, endurecer; de ese aprendizaje surge la creación de edificar todo tipo de viviendas y la vez se convierte en algo esencial para el hombre

La obra de construcciones ya sean de cualquier tipo conforman una de las ramas primordiales en el desarrollo de un territorio, debido a que con base a ellas se da el aumento de la renta nacional, el incremento de la economía, así como el mejoramiento de las condiciones de trabajo y generalmente de la vida poblacional.

Los países en desarrollo como es Ecuador presentan un déficit habitacional en gran parte de su territorio, debido a que no hay resoluciones idóneas de materiales de bajo precio con un buen manejo estructural. La demanda de una vivienda de bajo precio promueve a la construcción informal generando el crecimiento a la vulnerabilidad de las precarias estructuras desarrolladas, mayormente de mala calidad.

El ferrocemento es una alternativo al hormigón armado, ya que este está formado por una mezcla de malla de acero y mortero, compuesto de láminas delgadas la que se distribuye por todo el cemento, previniendo grietas y así obteniendo una buena resistencia al impacto y a la fatiga; a diferencia del hormigón armado el ferrocemento es un material flexible con alta resistencia tanto a la compresión como a la tracción.

Este sistema constructivo es de menor conductividad térmica, es impermeable y al poseer menos fisuras obtiene resistencia a la corrosión de la armadura y por ende tiene una facilidad de construcción y reparación. El motivo de este proyecto de investigación es que los estudios que se realizaran den un sistema constructivo alternativo para la edificación de viviendas, evaluando al ferrocemento como un material más liviano, pero cumpliendo los requisitos para la construcción de viviendas.

### **1.3. Formulación del Problema**

¿Cuál sería una nueva alternativa para la construcción de viviendas?

### **1.4. Objetivo General**

Analizar el Ferrocemento como material alternativo de construcción para viviendas.

### **1.5. Objetivos Específicos**

- Describir sistemas constructivos de viviendas.
- Identificar el ferrocemento como material alternativo de construcción.
- Evaluar el ferrocemento con el hormigón tradicional.

### **1.6. Idea a Defender**

La demanda de vivienda de bajo costo se ha elevado en estos tiempos según lo publicado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) indica que más de dos millones de hogares padece de déficit habitacional, el cual el 21% pertenece a áreas urbanas y 38% en áreas rurales (Telégrafo, 2021).

El MIDUVI clasifica al déficit habitacional en viviendas irrecuperables y recuperables y se ha identificado que en la región Costa es donde se encuentra que existe más necesidad de reparación de viviendas. Debido a esta demanda de viviendas el ferrocemento es una alternativa eficaz, ya que ofrece viviendas de buena calidad con un sistema constructivo viable y duradero.

Esta combinación de calidad y durabilidad que posee el ferrocemento lo hace una solución adecuada para sociedades en desarrollo que buscan soluciones de viviendas de bajo costo y a su vez generación de empleo. El ferrocemento ha tenido diferentes aplicaciones en la generación de viviendas de bajo costo y se ha identificado en cuatro sistemas constructivos: modulares prefabricados, paneles prefabricados, construcción de casas móviles y construcción en sitio.

### **1.7. Hipótesis**

¿El ferrocemento es un sistema de construcción alternativo para la construcción de viviendas?

### **1.8. Variable Dependiente**

Sistemas constructivos de viviendas.

### 1.9. Variable Independiente

El Ferrocemento como sistema constructivo.

### 1.10. Línea de Investigación Institucional / Facultad

**Tabla 1:** Línea de Investigación Institucional

<i>Campo de Conocimiento</i>	<i>Línea de Investigación</i>	<i>Sub – Línea de Investigación</i>
<i>Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción, eco amigable, industria y desarrollo de energías renovables</i>	Territorio	Ordenamiento territorial.

**Fuente:** Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil (2019)

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

La construcción a nivel global es parte del crecimiento y desarrollo de la sociedad proporcionando materiales, sistemas y servicios que buscan satisfacer las necesidades de la sociedad alrededor del mundo con infraestructuras tales como: carreteras, hospitales, puentes, viviendas, planta de tratamiento de agua potable, unidades educativas, etc., que ayudan a la generación de valor agregado y creación de fuentes de trabajo.

El desarrollo de la construcción de viviendas a lo largo de la historia se refleja en aspectos espaciales sobre los diversos métodos de construcción que se han desarrollado con la aparición de nuevas actividades, todas a partir de las necesidades de los usuarios. Esta evolución es diferente en todas partes del planeta, debido a factores como el clima, los valores sociales, el estilo de vida, las creencias, etc. Todas juntas determinan la forma, el color y el tamaño de las casas.

La peculiaridad de la vivienda depende del lugar, materiales, métodos de construcción y elementos simbólicos como los recursos sociales o económicos. El hombre en su desarrollo personal va desde la primera etapa donde el concepto de apartamento se concibe como un lugar o espacio en el que cumple su función, lo más importante es proteger el medio ambiente, los animales y otras personas. La integración de sí mismo con el medio en que vive, a la segunda etapa, al desarrollarse las primeras ideas y herramientas que le permitieron construir edificaciones formales, estos edificios y otras formas de adecuación son el equilibrio que permite la adaptación al medio físico natural a través de las formas no dañinas. Sin embargo, en esta segunda etapa, la evolución humana permitió el desarrollo de nuevos materiales, nuevos métodos y formas de construcción, el proceso de diseño y construcción de una casa siempre está cambiando.

Los primeros signos de soluciones espaciales y habitacionales a lo largo de la historia, condujo a lo que ahora se conoce como la arquitectura Vernácula, se caracteriza por el uso de materiales locales, se relaciona directamente con este tipo de arquitectura para la construcción de viviendas, materiales y métodos de construcción de cada región; Algunas de estas técnicas

y métodos de construcción que han sobrevivido hasta nuestros días; en lugares tibios y calurosos, la tierra cruda se puede utilizar para producir adobes y tapiales más conocido como ladrillos.

Adobe es uno de los mejores materiales resistentes al calor para la estructura, está hecha de arcilla y paja y se seca al sol. El tapial se expande con encofrado de madera para su posterior relleno (arenisca en la mayoría de los casos) y compactada, capa por capa humedecida, lo que siga agregando hasta obtener la altura deseada de las paredes.

Otros materiales de construcción vernácula es la cal, se usaba para construir y revestir muros, pero ahora es utilizada como ligante en la composición de morteros y como uno de los revestimientos impermeables más utilizados.

Los desarrollos de viviendas también ofrecen características adaptativas al entorno físico en el que se construyeron y se pueden utilizar hasta el día de hoy. La mayoría de las casas se pueden construir por encima o por debajo del suelo, los edificios residenciales modernos están situados en un nivel superior del suelo, a veces en sótanos parcialmente enterrados, especialmente durante períodos frío.

Los materiales utilizados, como tierra, madera, ladrillo, piedra, el hierro y el hormigón, especialmente en las zonas urbanas, crean parte del proceso de desarrollo de la vivienda. Los materiales más populares compatibles entre sí, la elección del tipo de carcasa y la forma depende del diseño de arquitectura, gustos del cliente, servicio y sobre todo costo material.

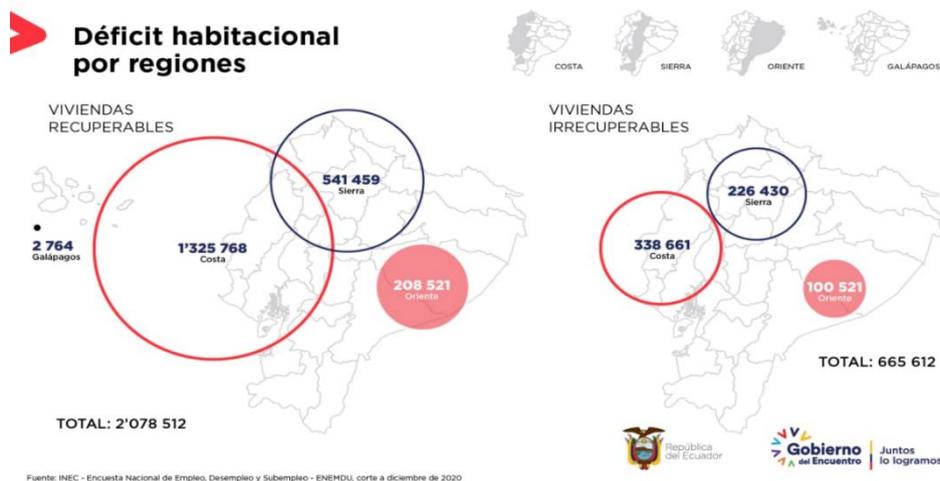
La historia de la construcción de viviendas ha sido, es y será un aspecto importante del desarrollo y evolución humana, las formas de construir o edificar están cambiando permanente, pero el propósito es el mismo. Mucha gente está buscando formas de encontrar alternativas que puedan permitir que la vivienda no sea un bien que escasee en la sociedad y, por lo tanto, facilitar su desarrollo.

## **2.2. Déficit Habitacional**

El déficit habitacional indica y mide las carencias y condiciones en las que habita la población, en este caso la ecuatoriana. Aunque en Ecuador hay 4,7 millones de viviendas construidas, más de 2,7 millones de hogares sufren de déficit habitacional, según un diagnóstico del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

El MIDUVI clasifica al déficit habitacional en dos categorías que son las viviendas recuperables alcanzando los 2 millones, es decir, solo es necesario un mejoramiento, mientras que las viviendas irrecuperables llegan a 665 mil, las cuales necesitan de una reconstrucción completamente. En estas cifras del déficit habitacional no se considera al número de familias que no cuentan con una vivienda propia. Según los informes del MIDUVI, de las viviendas recuperables, cerca de 1,37 millones se encuentran en zonas urbanas, y en las zonas rurales cerca de 703 mil viviendas. Mientras que las viviendas que son irrecuperables, el 56,92% se encuentran en zonas rurales, y el porcentaje restante en zonas urbanas (Torres , 2021).

Actualmente la región Costa cuenta con mayor necesidad de vivienda. Con 1.325.768 viviendas recuperables las cuales necesitan reparación y otras 338.661 viviendas que ya son irrecuperables. Como podemos apreciar en la siguiente imagen:



**Nota:** Déficit habitacional regido por regiones en el país de Ecuador.

**Figura 1:** Fuente Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo.

**Fuente:** (INEC, Ecuador - Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo - Diciembre 2011, RONDA XXXIV-12-2011, 2011)

## 2.3. Materiales

### 2.3.1. Mortero Hidráulico

El mortero hidráulico es un agregado de cemento, arena y agua; además puede incluir aditivos. La dosis del mortero hidráulico se puede determinar por el peso y el tipo de cuerpo. Lo recomendado va desde 1 parte de cemento hasta 1,5 a 2 partes de arena y 0,3 partes de agua (Jaramillo Carvallo & Jaramillo Carvallo, 2010).

### **2.3.2. Cemento**

Es un material con propiedades adhesivas y cohesivas, teniendo la capacidad de adherir otros materiales y así actuando como un solo material sólido y compacto. En la construcción al cemento se lo entiende como material que aglutina a otros materiales tales como: piedras, bloques, grava, arena y agua.

La utilización del cemento se ha dado desde la época de los egipcios, griegos y romanos, ellos mezclaron cal con agua, arena y piedra triturada a esto se lo conoce como el primer concreto en la historia, actualmente se utiliza ahora el cemento Portland para la adherencia con los otros materiales. El cemento se logra obtener mezclando materiales calcáreos y arcillosos, así como de otros materiales que contengan sílice, aluminio y óxidos de fierro (López, 2017).

### **2.3.3. Agregados**

Los agregados como áridos ya sean gruesos o finos constituyen del 60 al 80 por ciento del volumen del concreto, se puede emplear grava, arenas que pueden ser procedentes de la trituración de piedra, esto depende de las características que exija el diseño del concreto.

Es inconveniente usar agregados hechos de piedra caliza blanda, porque se disuelven y agrietan fácilmente cuando entran en contacto con el agua; los feldespatos, por ser rocas cristalinas de color blanco o rosa que se descomponen lentamente bajo la acción del agua, convirtiéndose en el suelo; parches porque son solubles en agua; piritita como roca escamosa propensa a agrietarse; rocas sueltas, ya que son rocas fisuradas que tienden a desmoronarse; y sin roca porosa debido a la baja resistencia (Alvaro & Quintana, 2016).

Para (Ramirez, 2013) los requisitos para los agregados son los siguientes:

- a) Arena de granos minerales duros, densos y duraderos para elaborar el ferrocemento.
- b) No debe contener sustancias que lleguen afectar tanto en la hidratación como la adherencia en el cemento.
- c) No se debe utilizar materiales finos debido a que afecta la adherencia de la arena en el mortero.

El agregado para la elaboración del mortero de ferrocemento debe contener las siguientes características:

- i. Duros, compactados, resistentes libres de sustancias como el polvo, sales que afecten tanto en la hidratación como en el fraguado del cemento.

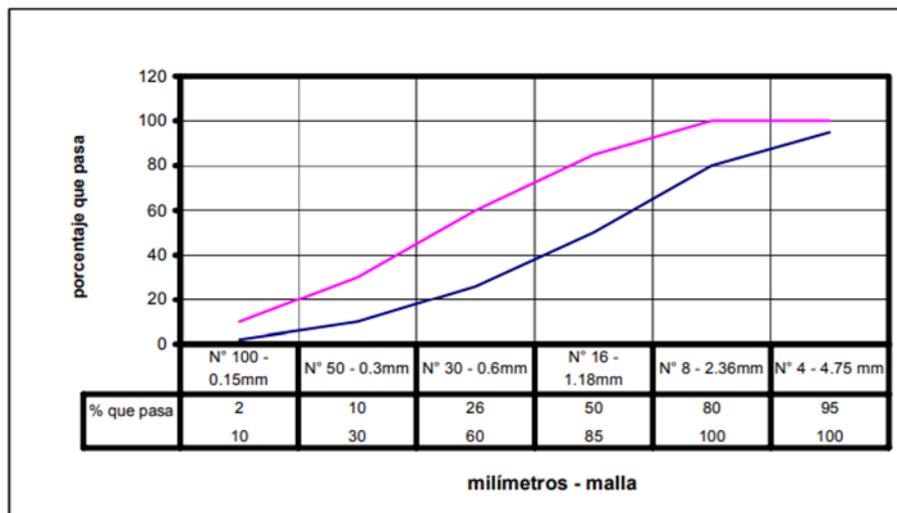
- ii. Debe ser manipulable y tener una penetrar en las mallas.
- iii. La norma c33-86 de la ASTM dicta granulometría que debe poseer las partículas de arena.

**Tabla 2:** Granulometría

Tamiz	% que pasa
3/8" (9,50mm)	■ a 100
#4 (4,75mm)	95 a 100
#8 (2,36mm)	80 a 100
#16 (1,18mm)	50 a 85
#30 (0,6mm)	25 a 60
#50 (0,3mm)	10 a 30
#100 (0,15mm)	2 a 10
#200 (0,075mm)	0 a 0

**Fuente:** (Jaramillo Carvallo & Jaramillo Carvallo, 2010)

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Porcentaje de agregados según la granulometría de la norma ASTM C33-86.

**Figura 2:** Rango límites deseables del tamaño del agregado.

**Fuente:** (Jaramillo Carvallo & Jaramillo Carvallo, 2010).

### 2.3.4. Agua

Debe ser fresco y limpio, nunca usar agua de mar ni nada por el estilo, la calidad del agua de amasado es muy importante para la fermentación dura, los contaminantes en el agua

pueden interferir con el fraguado del cemento y afectar negativamente la resistencia o causar la decoloración en la superficie del cemento, provocando el encanecimiento y también la corrosión del refuerzo.

El agua doméstica se considera suficiente y no requiere tratamiento adicional. También es importante notar que la fuerza de una solución es inversamente proporcional a agua - cemento; por lo tanto, la relación de peso recomendada para estructuras tales como tanques de hormigón armado de reserva es de 0,3 a 0,4, es decir, lo más bajo posible para darle calidad y rendimiento (Alvaro & Quintana, 2016).

Para (Ramirez, 2013) los requisitos para los agregados son los siguientes:

- a) Para el curado del hormigón el agua debe estar libre de sustancias tóxicas que podrían llegar a afectar las propiedades del hormigón.
- b) El agua que no es potable cumplirá los siguientes requisitos:
  - Agua limpia y no contener sustancias tóxicas que lleguen a afectar a los elementos del hormigón.
  - Lo que se prepare con agua no potable deberá regirse a la norma ASTM C-109, la cual menciona que deberán llegar a una resistencia a la compresión de 90%.
- c) Bajo ningún concepto se utilizará agua de mar para endurecer el mortero.

### **2.3.5. Aditivos**

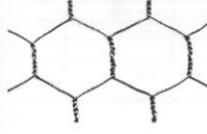
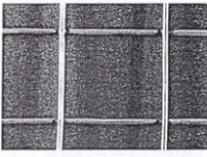
Los aditivos se añaden a la mezcla del mortero con el objetivo de alterar las características físico-químicas, para así mejorar la trabajabilidad, corrosión e impermeabilidad. Para (Jaramillo Carvallo & Jaramillo Carvallo, 2010) los aditivos que más son utilizados en el ferrocemento son:

1. Aditivos reductores de agua Tipo A: ASTM C494-71.
2. Aditivos retardantes Tipo B: ASTM C494-71.
3. Aditivos reductores de agua y retardantes tipo D: ASTM C494 – 71.
4. Aditivos reductores de agua y acelerantes tipo E: ASTM C494-71.

Estos aditivos en la mezcla significan el 1% del peso del cemento.

### 2.3.6. Malla de Refuerzo

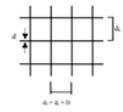
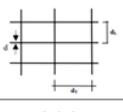
La malla de alambre fino es uno de los principales elementos del Ferrocemento y puede ser soldada, entretejida o perforada (malla expandida). El comportamiento mecánico del hierro y el acero depende principalmente del tipo, cantidad, orientación y características de resistencia de mallas y barras de refuerzo. Deben tener la flexibilidad necesaria para poder doblarse cuando sea necesario. La intercalación del metal asegura la ductilidad y la distribución uniforme en toda la sección transversal (Herrera, 2018).

Tipos		Norma	Descripción
Hexagonal de alambre (malla de gallinero)			Fácil de manejar, se forma por el trenzado de alambres galvanizados, se fabrica con alambre estirado en frío.
Malla electro-soldada		ASTM A185	Está formada por alambres rectilíneos de acero, dispuestos de manera que forman cuadrados o rectángulo, soldados entre sí, en los puntos de contacto.
Malla cuadrada tejida		ASTM E2016-99	Es una malla tejida, en la que los alambres están simplemente entrelazados, formando una malla cuadrada o rectangular, los alambres no están perfectamente derechos y existe un cierto grado de ondulación, según pruebas estas mallas se comportan tan bien o mejor que la malla hexagonal o cuadrada soldada.
Malla de metal expandido		ASTM C 847	Se forma cortando una hoja delgada de metal desplegado para hacer aberturas en forma de diamante. La desventaja de este material es que tiende a abrirse debido a la acción de "tijera" de la malla en forma de diamante; obviamente existe un límite en cuanto al tamaño y peso de este material para evitar la acción de "tijera".

**Nota:** Tipos de mallas para la elaboración del ferrocemento con sus descripciones.

**Figura 3:** Mallas de refuerzo.

**Fuente:** (Jaramillo Carvallo & Jaramillo Carvallo, 2010)

Tipo	Forma		Fabricación	Denominación, medida	Espaciamiento de alambre		Diámetro del alambre o espesor de la malla	
	Configuración	Empalmes			in	mm	in	mm
					De alambre	Cuadrada		Tejida o soldada
½	13	0,0410	1,00					
Rectangular		Soldada	2 x 1 N° 14	2 x 1		50 x 25	0,0800	2,00
				Hexagonal			Retorcida	1 N° 18 1 N° 20 ½ N° 22
De metal expandido o desplegado	Diamante		Cortando una hoja delgada de metal desplegado para hacer aberturas en forma de diamante	3,4 lb/yd <sup>2</sup> Gage N° 18 Gage N° 20			0,0230 0,0400 0,0300	0,58 1,00 0,76

**Nota:** Descripción de los tipos de malla según su forma.

**Figura 4:** Tipos y tamaños de mallas de acero (ACI 549)

**Fuente:** (Jaramillo Carvallo & Jaramillo Carvallo, 2010).

### 2.3.7. Acero de Refuerzo

Las varillas de refuerzo, también conocidas varillas de hierro, se fabrican a partir de lingotes de acero en diferentes grados, también se pueden fabricar volviendo a laminar rieles viejos, este proceso se puede realizar tanto en frío como en caliente. Las varillas de hierro cuentan con diferentes numeraciones, las más utilizadas varían del #2 al #12 las cuales cuentan con diámetros de ¼” a 1 ½”. A excepción de la varilla de ¼” todas las varillas cuentan con corrugaciones (Alvaro & Quintana, 2016).

Las corrugaciones se crean al momento de laminar y estas se forman en la superficie de las varillas, este proceso aumenta la adherencia entre el concreto y el acero. Dependiendo del fabricante, la forma de las corrugaciones puede llegar a variar.

Denominación	Tipo	Diámetro (mm)	Peso/metro (gr/m)
Barras de acero (fierro de construcción)	6,3 mm	6,35	250
	5,0 mm	5,0	160
	4,2 mm	4,2	108
	3,4 mm	3,4	71
Alambre de acero ovalado	3,3 x 2,7 mm	3,0	57
	3,0 x 2,4 mm	2,7	44
	2,7 x 2,2 mm	2,4	37
Alambre (BWG)	14	2,10	27,2
	16	1,65	16,8
	18	1,25	9,6
	20	0,89	4,9
	22	0,71	3,1
	24	0,56	1,9

**Nota:** Tipos de acero de refuerzo con sus características.

**Figura 5:** Acero de Armazón

**Fuente:** (Jaramillo Carvallo & Jaramillo Carvallo, 2010).

#### 2.4. Concreto Armado

El concreto armado es cuando al concreto se le mezcla con una estructura metálica de forma que concreto y hierro actúan juntos para resistir los esfuerzos, a esto también se lo conoce como hormigón armado. La principal función del concreto es resistir los esfuerzos de compresión de la edificación, en conjunto con el hierro o acero la cual proporciona la resistencia necesaria para soportar los esfuerzos de tensión, tracción o fuerzas longitudinales.

El hierro o acero que trabaja en conjunto con el concreto sabe ser una malla de alambre o barras de hierro, en que en su mayoría son lisas o corrugadas. Los componentes del concreto reforzado es importante que haya adherencia, actuando, así como solo uno solo. Los esfuerzos de adherencia suelen presentarse cuando hay una diferencia de tensión entre dos secciones de una varilla de refuerzo, como se sabe la adherencia es la resistencia al deslizamiento del refuerzo y se puede dar por los siguientes factores:

- Fricción entre la varilla y el concreto.
- Adhesión de naturaleza química entre el acero y el concreto.
- Apoyo directo de las corrugaciones de las varillas

Los dos primeros factores se dan solo en las varillas lisas, y debido a eso no es muy recomendable el uso de estas, ya que se tienden a romper por adhesión. Cuando se incrementa los esfuerzos de tensión en el hierro de refuerzo hace que se la longitud del área que cubre el deslizamiento sea más grande la cual a su vez se va deteriorando la adherencia entre ambos

materiales, por eso la fricción desempeña un rol importante ya que habrá mayor adherencia entre la varilla y el concreto; por eso se recomienda utilizar varillas de hierro corrugadas, ya que, si tiende a fallar será por fractura del concreto y ya no por la varilla (Alvaro & Quintana, 2016).

### **2.5. Hormigón Tradicional**

El hormigón es actualmente uno de los materiales de construcción más utilizados en el mundo. Es una combinación de varios materiales, como cemento, agua, piedra y arena, constituyéndolo como un elemento de alta resistencia a la compresión. Uno de los principales componentes de la mezcla de hormigón es el cemento. Puede ser usado cualquier cemento que cumpla con los requisitos de la mezcla de concreto tradicional, siempre que pueda proporcionar propiedades de diseño para el hormigón.

En nuestro país, la norma que se aplica al cemento hidráulico es la norma técnica del Ecuador, que hace énfasis en el cemento portland en la norma INEN 152. El agua es otro componente básico de la mezcla, que debe cumplir unos requisitos mínimos para la producción de concreto convencional, se presta atención a cualquier factor que pueda afectar la mezcla. Cabe señalar que la relación agua/cemento tiene un efecto directo sobre la resistencia a la compresión del hormigón. Los agregados para mezclas de concreto deben cumplir con los requisitos de composición, resistencia, durabilidad y sin sustancias nocivas, también deben ser de un tamaño y forma determinados adecuado para su uso en la mezcla de hormigón.

Una de las principales propiedades mecánicas del hormigón es su resistencia a la compresión, se define como la capacidad de carga por unidad de área, basado en el esfuerzo. En nuestro país se utiliza la norma INEN 1573 para determinar la resistencia a la compresión, por ensayos de ruptura en especímenes cilíndricos, son muestras tomadas de la mezcla de concreto.

Por otro lado, existen elementos que actúan como refuerzos para mejorar ciertas características de mezcla de concreto, un ejemplo de ello son las fibras de acero, que son elementos añadidos en la mezcla para ayudar a reducir el agrietamiento, aumentar la durabilidad o aumentar resistencia a la tracción, entre otros.

## **2.6. Hormigón Armado**

El hormigón armado esta desde mediados del siglo XIX, es un sistema estructural macizo y macizo, muy utilizado para todo tipo de pórticos, pisos y otros, así como tuberías, estructuras, etc. Utilizado en estructuras de alta resistencia a la tracción, está formado por la mezcla de dos materiales como es el acero y hormigón. Por definición, es un material en el que se ha añadido armadura metálica para obtener un hormigón de este tipo.

Por otro lado, el hormigón es un material que resiste muy bien la compresión, pero no soporta la tracción mientras que el acero resiste tanto la tensión como la compresión. La combinación de los dos materiales permite que el hormigón armado resista las fuerzas de compresión y tracción.

## **2.7. Ferrocemento**

En la actualidad la tendencia de la construcción está dada en el desarrollo del trabajo activo para mejorar los indicadores de técnico – económico, así mismo con la implementación de nuevos elementos y sistemas constructivos las cuales se diferencian por menor gasto de materiales, tiene mayor facilidad en la industria, seguridad y durabilidad.

El ferrocemento se conoce desde hace más de cien años, desde 1852 para ser exactos, pero en las últimas décadas se han realizado en el mundo una serie de estudios teóricos y principalmente experimentales para estudiar sus propiedades de este material, así como sus usos potenciales. Se han diseñado e implementado diversos tipos de estructuras, aunque hay que reconocer que históricamente este material se ha utilizado mayormente en el ámbito naval, principalmente a partir de la Primera Guerra Mundial, aunque también se utilizan tanto en la construcción social e industrial, como, por ejemplo, en la agricultura, en la construcción de casas, depósitos, puentes, piscinas, etc. Este material es más adecuado para los países en desarrollo, debido a la disponibilidad de recursos naturales y la facilidad de adquirir las habilidades necesarias para la construcción.

En Ecuador, este método se usa muy raramente en la construcción, con solo unas pocas casas construidas durante varias décadas donde el ferrocemento está presente principalmente a través de paneles para aislar otros espacios. Por lo tanto, existe la necesidad de implementar y expandir el uso de este material, lo que requiere recomendaciones tanto en el diseño como en la fabricación de elementos estructurales, que permitan considerar al ferrocemento como una alternativa real a los desarrollos en el campo de la ingeniería y la construcción

El ferrocemento se diferencia del hormigón armado convencional principalmente en la disposición de los elementos que componen el refuerzo del elemento y su disposición. Por lo general, aparece como una capa delgada de concreto flexible (mortero) que tiene una serie de mallas de alambre de pequeño diámetro distribuidas uniformemente sobre la sección transversal y la sección longitudinal del elemento. El mortero que se utiliza debe ser rico en cemento ya que le confiere un excelente comportamiento en varios aspectos mecánicos (Ramírez, El ferrocemento como una alternativa de construcción viable, 2013).

El ferrocemento puede reemplazar algunos materiales utilizados en la construcción en varias aplicaciones específicas. La tecnología del Ferrocemento se ha desarrollado de forma calculada y se han implementado diseños con este material tanto para viviendas, barcos y similares. El peso neto de una estructura de Ferrocemento puede llegar a ser hasta un 70% inferior al de una estructura de hormigón, lo que supone un ahorro de material y una reducción del peso.

Se lo denomina como un material compuesto, está estructurado de una capa de mortero de cemento y en su interior cuenta con un refuerzo de capas de mallas continuas de barras con pequeño diámetro, estas se distribuyen en toda la sección transversal uniformemente, internamente se encuentra ligado para así poder crear una estructura rígida, la cual funciona igual que una membrana, de tal manera que todos los esfuerzos se distribuyen uniformemente. El refuerzo en las estructuras de Ferrocemento consiste en una malla de alambre electrosoldada con un pequeño diámetro.

El ferrocemento ofrece las siguientes ventajas técnicas (Opazo, 2004)

- Mediante modulación las piezas y partes son livianas y de fácil transporte.
- Los componentes están basados en unidades estandarizadas.
- El ferrocemento se puede utilizar con otros materiales y se puede hacer un sistema mixto.
- Satisface en general las normas y estándares nacionales e internacionales.
- Permite la prefabricación y la industrialización por medios avanzados.
- No necesita prácticamente mantenimiento alguno, salvo la de agentes externos que ocasionen daños a los recubrimientos, tales como las pinturas.
- Facilidad de mantenimiento a bajo costo, sin mano de obra calificada.
- Buena resistencia al agrietamiento, lo que aumenta su impermeabilidad y resistencia a la corrosión.

- Buena resistencia a agentes mecánicos.
- Presenta excelentes condiciones de habitabilidad y comodidad, considerando su buen aislamiento térmico, acústico, resistencia al impacto, al fuego, a la abrasión e infiltración.
- Permite la incorporación de elementos estructurales tensados disminuyendo secciones en los elementos mixtos.

El ferrocemento analizado desde el punto de vista de los desastres, una cubierta basada en materiales ligeros de ferrocemento ayuda y da una protección a la vivienda frente a posibles fuertes vientos, así mismo, en zonas sísmicas gracias a sus ventajas sobre otros materiales como son el uso, aprovechamientos de las propiedades geométricas y el bajo consumo de los materiales.

## **2.8. Aplicaciones del ferrocemento**

### ***2.8.1. Viviendas de Ferrocemento***

Las viviendas construidas de ferrocemento su principal característica es el poco peso frente a otra construcción viviendas tales como ladrillos, bloques. Las ventajas de estas casas es que son de fácil construcción ya que se hace mediante paneles prefabricados, además no requiere de mucho mantenimiento.



**Nota:** Montaje de paneles prefabricados de ferrocemento.

**Figura 6:** Paneles Prefabricados

**Fuente:** (Jaramillo Carvallo & Jaramillo Carvallo, 2010).

Estas viviendas construidas de ferrocemento cumplen con el comportamiento acústico, fuego, térmico, etc. Además, gracias a su manejabilidad se puede construir casas de diferentes formas.



**Nota:** Vivienda elaborada a base de paneles de ferrocemento.

**Figura 7:** Casa básica de Ferrocemento

**Fuente:** (Jaramillo Carvallo & Jaramillo Carvallo, 2010).



**Nota:** Viviendas construidas de ferrocemento con diseños curvos.

**Figura 8:** Casas de diferentes formas.

**Fuente:** (Jaramillo Carvallo & Jaramillo Carvallo, 2010).



**Nota:** Vivienda elaborada a base de paneles de ferrocemento.

**Figura 9:** Casas de alto estándar.

**Fuente:** (Jaramillo Carvallo & Jaramillo Carvallo, 2010).

Para las personas las casas diseñadas en una construcción de ferrocemento es una alternativa viable, ya que se construye en un menor plazo de entrega, para los constructores estas casas también son una solución industrializada, debido a que este sistema no requiere de una mano de obra calificada y el montaje de los paneles de ferrocemento es corto en comparación a otros materiales.

### ***2.8.2. Embarcaciones con ferrocemento***

Las embarcaciones de ferrocemento han sido de apoyo para el desarrollo de algunos países que poseen en la industria naval, la construcción tales como: yates, gabarras, muelles, etc. Las ventajas de la utilización de este material en la construcción de estas embarcaciones son debido a sus componentes y facilidad de adquisición en la industria de los materiales requeridos (arena, cemento, malla de alambre galvanizado), además no se requiere una mano de obra calificada como es el caso de construir con acero, ni de moldes de plástico gracias a su flexibilidad.



**Nota:** Barcos elaborados con el sistema de constructivo ferrocemento.

**Figura 10:** Barcos construidos con ferrocemento.

**Fuente:** (Jaramillo Carvallo & Jaramillo Carvallo, 2010)

### ***2.8.3. Cubiertas con ferrocemento***

En la construcción de cubiertas con ferrocemento es una técnica más económica y funcional, como en las anteriores construcciones no se requiere de mano de obra calificada ni de herramientas sofisticadas, en el caso de las cubiertas también se puede trabajar en piezas prefabricadas con procedimientos en serio o a pie de obra.



**Nota:** Elaboración de cubiertas para casas con ferrocemento.

**Figura 11:** Cubierta de ferrocemento

**Fuente:** (Jaramillo Carvallo & Jaramillo Carvallo, 2010).

### ***2.8.4. Obras hidráulicas y reparaciones con ferrocemento***

En la construcción el ferrocemento también ha estado presente en las obras hidráulicas tales como, los tanques de agua, piscinas, fosas sépticas, recipientes sanitarios, etc.



**Nota:** Tanque de agua a base de ferrocemento.

**Figura 12:** Tanques de agua con ferrocemento

**Fuente:** (Jaramillo Carvallo & Jaramillo Carvallo, 2010).

Además de construir tanques de agua, el ferrocemento tiene la capacidad de reparar tanques de metal de gran capacidad que se utilizan para el almacenamiento de agua y miel en las fábricas de azúcar, y se encuentran en una posición estructural deplorable debido a su avanzado estado corrosivo en sus placas metálicas, lo que implica la necesidad sustituirlos. Con la ayuda del Ferrocemento se puede reparar estos tanques que poseen una gran capacidad (800 a 5000m<sup>3</sup>).

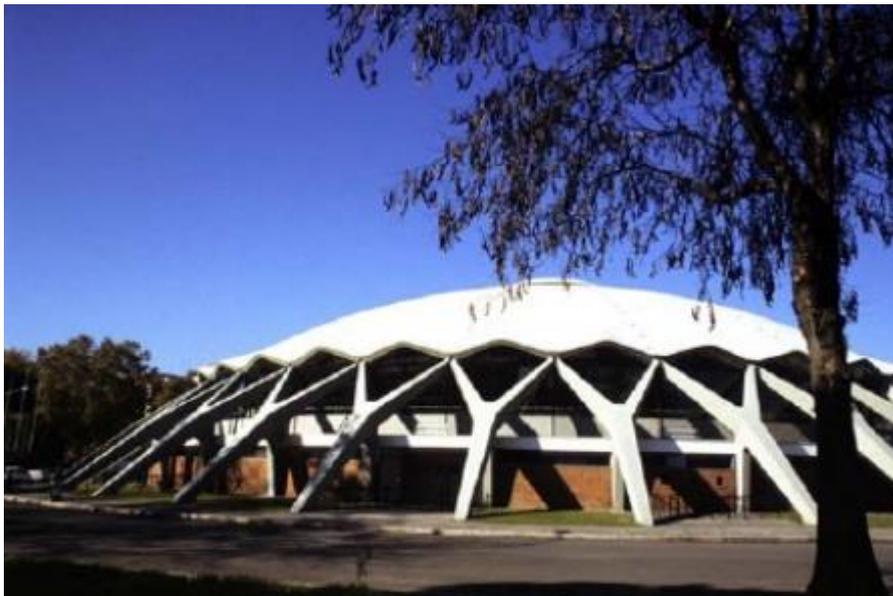
### 2.8.5. Ejemplos de estructuras con ferrocemento



**Nota:** Elaboración de la cubierta con diseño curvo con ferrocemento.

**Figura 13:** El Salón de exposiciones de Turín.

**Fuente:** (Jaramillo Carvallo & Jaramillo Carvallo, 2010).



**Nota:** Elaboración de la cubierta con diseño curvo con ferrocemento.

**Figura 14:** Palacio de deporte en Rom

**Fuente:** (Jaramillo Carvallo & Jaramillo Carvallo, 2010).

## **2.9. Requerimientos de construcción**

### **2.9.1. Calidad del mortero**

#### **2.9.1.1. Requerimientos generales.**

Es necesario tener un control de los materiales tanto dosificación, métodos, preparación y curado para obtener las resistencias a la compresión, impermeabilidad y durabilidad de diseño adecuada.

#### **2.9.1.2. Propiedades del mortero.**

Como lo mencionaron (Jaramillo Carvallo & Jaramillo Carvallo, 2010) la densidad de un mortero usando dos mallas es 2.400kg/m<sup>3</sup> y se incrementará 50kg/m<sup>3</sup> por cada malla adicional que se utilice.

#### **2.9.1.3. Valores de la resistencia de diseño $f'c$ .**

La resistencia específica a la compresión mínima en las estructuras de ferrocemento, ensayadas a los 28 días de curado:

$F'c \geq 2400\text{kg/cm}^2$  en cilindros de volumen de 0.00552300m<sup>3</sup>

#### **2.9.1.4. Selección de la proporción del mortero**

En la elaboración de mortero los materiales están regidos por el peso, el cual deben cumplir en los ensayos con la resistencia del diseño calculado, cumpliendo con los siguientes rangos mencionados en (Jaramillo Carvallo & Jaramillo Carvallo, 2010)

- Relación agregado / cemento: 1,5 a 2, refiriéndose a una dosificación en peso de cemento de 1,5 por dos partes de arena.
- Relación agua / cemento: 0,35 a 0,5 se puede variar entre:  
0,4 si la arena está bien graduada y se vibra.  
0,5 se coloca a mano y la arena es angulosa.

Entre la relación agua cemento a/c se debe conservar en una proporción más baja, para así darle al material una buena calidad y trabajabilidad, y se recomienda trabajar con una relación  $a/c \leq 0,45$ .

## **2.10. Marco legal**

### ***2.10.1. CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR Registro Oficial No. 449, 20 de octubre del 2008***

**Art. 15.-** El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto (Oficial, 2008).

**Art. 52.-** Las personas tienen derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características (Oficial, 2008).

**Art. 54.-** Las personas o que produzcan o comercialicen bienes de consumo, serán responsables civil y penalmente por la calidad defectuosa del producto, o cuando sus condiciones no estén de acuerdo con la publicidad efectuada o con la descripción que incorpore (Oficial, 2008).

**Art. 66, numeral 15.-** El derecho a desarrollar actividades económicas, en forma individual o colectiva, conforme a los principios de solidaridad, responsabilidad social y ambiental (Oficial, 2008).

**Art. 74.-** Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir (Oficial, 2008).

**Art. 385, numeral 3.-** El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía (Oficial, 2008).

### ***2.10.2. NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN***

Las normas ecuatorianas de la construcción brindan las especificaciones y reglamentos respecto a los agregados y mezcla de hormigón, con el fin de obtener y garantizar la calidad.

El cemento utilizado deberá estar en condiciones adecuadas para su uso y deberá ser del tipo y grado especificado en la dosificación de la preparación del hormigón y mortero. Se deben cumplir los requisitos en los siguientes criterios: • Cemento hidráulico: NTE INEN 0152 (ASTM C150), NTE INEN 0490 (ASTM C595) y NTE INEN 2380 (ASTM C1157) (NEC).

El agregado de lechada deberá cumplir con la norma ASTM C404 y estar libre de contaminantes que puedan afectar las propiedades del yeso. El tamaño máximo de agregado no debe exceder los 10 mm cuando el hormigón llena huecos con un tamaño de al menos 50 mm o cuando el traslape de las armaduras es de 15 mm a 25 mm. No debe tener un tamaño superior a 20 mm cuando el hormigón llena huecos de un tamaño mínimo de 100 mm o cuando la capa de refuerzo tiene un tamaño mínimo de 25 mm (NEC).

El agua utilizada para preparar el revoque debe estar libre de componentes nocivos, como aceites, ácidos, alcoholes, sales, materia orgánica u otras sustancias nocivas para el mortero o la armadura de acero prefabricada (NEC).

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Enfoque de la investigación**

El proyecto presentado se sustenta en el enfoque cualitativo por lo cual se efectuará un estudio del tema a investigar con la finalidad de proponer soluciones a la problemática planteada, además, así mismo se enfoca cuantitativamente ya que se realizará un ensayo experimental entre el sistema constructivo tradicional y el ferrocemento, para obtener los resultados de las investigaciones pertinentes evaluados con los parámetros de factibilidad.

La finalidad de esta investigación se basa en la objetividad los datos obtenidos en esta investigación son numéricos y permite entrelazar causas en las diferentes características del fenómeno a estudiado.

#### **3.2. Alcance de la investigación**

El alcance de la investigación es correlacional, ya que se comparará el hormigón tradicional con el ferrocemento, que permite fijar el rango de dos variables a comparar, además, permite observar mediante el uso de métodos estadísticos si la relación entre estas dos variables será positivos o negativos. La investigación experimental tiene el propósito de establecer confiablemente las relaciones, la cual se evidencia a comportamientos y estímulos experimentales y resultantes.

En base a los resultados de los ensayos correspondientes a los 7, 14, 21 y 28 días, se estimaron los costos referenciales.

#### **3.3. Técnica e instrumentos para obtener los datos**

Las técnicas e instrumentos de investigación a emplear en la investigación presentada es la observación y la encuesta. Como lo dijo (Arias, 2020) en su libro la observación no participante, el investigador está alejado de la situación a estudiar, no se relaciona con el evento ni los transforma, tratando así de mantener el campo de estudio tal como es, sin influenciar lo que observa. Esta técnica es utilizada en investigaciones tanto experimentales como no experimentales de acuerdo al alcance de la investigación es correlacional con un diseño experimental y en el cual se puede aplicar esta técnica.

La encuesta es una técnica la cual se puede obtener resultados cuantitativos o cualitativos la cual se centra en preguntas ya preestablecidas obteniendo así respuestas en datos

numéricos mayormente. La encuesta como técnica en una investigación en la cual posibilita la recolección de datos a través de la interrogación.

La técnica a emplear en el presente proyecto será la encuesta de opinión donde se realizará una encuesta a personas dedicadas a la construcción tales como, ingenieros, arquitectos, estudiantes de ingeniería, etc. Así mismo se efectuará otra encuesta la cual estará enfocada en las personas que potencialmente aspiran adquirir viviendas obteniendo así una recopilación de la información del ferrocemento.

**Tabla 3:** Tabla técnicas e instrumentos.

<i>Técnicas</i>	<i>Instrumentos</i>
<i>Encuesta</i>	Cuestionario
<i>Ensayos de Laboratorio</i>	Cilindros de Ensayos
<i>Ensayos de Roturas</i>	Máquina Universal

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Máquina de ensayo para medir la resistencia a la compresión.

**Figura 15:** Máquina Universal

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022)



**Nota:** Molde para hacer la muestra para la máquina de ensayo.

**Figura 16:** Cilindros de ensayo

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022)

### 3.4. Población y Muestra

#### 3.4.1. Población

##### 3.4.1.1. Población encuesta de opinión a personas que arriendan viviendas.

La población referencial corresponde a la Provincia del Guayas que es el sector objetivo de la investigación, la cual el censo de población y vivienda realizado por el INEC del año 2010 cuenta con una tendencia de vivienda arrendada de 170.020 con un porcentaje del 17,7%.

La población a atender es 170,020 hogares que arriendan la cual viene a ser el universo de referencia.

Tenencia de vivienda 2010	Hogares	%
Propia y totalmente pagada	490.958	51,2%
Arrendada	170.020	17,7%
Propia (regalada, donada, heredada o por posesión)	107.478	11,2%
Prestada o cedida (no pagada)	105.933	11,0%
Propia y la está pagando	73.532	7,7%
Por servicios	9.533	1,0%
Anticresis	1.511	0,2%
Total	958.965	100%

**Nota:** Resultados de la tendencia de hogares en Ecuador.

**Figura 17:** Características del hogar INEC

**Fuente:** (INEC, Fascículo provincial del Guayas, 2010).

### 3.4.1.2. *Población Encuesta a personas dedicadas a la construcción*

La población referencial corresponde a los ingenieros civiles dedicados a la construcción y que de acuerdo a la cámara de construcción se calcula en 391 ingenieros civiles en Guayas. La población referencial para aplicar el instrumento de investigación es de 391 ingenieros civiles.

### 3.4.2. *Muestra*

#### 3.4.2.1. *Muestra de encuesta de opinión a personas que arriendan viviendas.*

En el caso de la población referencial para la encuesta de opinión a hogares que arriendan viviendas es de 170.020 hogares.

$$n = \frac{Z^2 P(1 - P)N}{E^2(N - 1) + Z^2 P(1 - P)}$$

**Nota:** Fórmula general para el cálculo de la muestra.

**Figura 18:** Fórmula de muestra

**Fuente:** (Soto, 2018)

Donde:

n = Tamaño de la muestra

Z<sup>2</sup> = Nivel de confianza.

e<sup>2</sup> = % de error.

p = 0.5

1 - P = 1 - 0.5

q = 50%

N = Población

El nivel de confianza hay que expresarlo en valor de Z.

90% de confianza = 1.65 (valor Z).

95% de confianza = 1.96 (valor Z).

99% de confianza = 2.58 (valor Z).

El nivel de confianza que se utilizo fue el de 90% equivalente a 1,65.

Para el universo referencial de 170,020 la muestra será:

$$n = \frac{(1,65)^2 * 0.50 (1 - 0.50)170.020}{0.1^2 (170.020 - 1) + (1,65)^2 (1 - 0.5)}$$

$n = 68 \text{ hogares}$

**Nota:** De los análisis de las encuestas y por negatividad a contestar en algunas respuestas y el alcance de la investigación se validaron 50 encuestas. El anexo 1 describe el prototipo del instrumento desarrollado.

#### **3.4.2.2. Muestra de encuesta de opinión a personas dedicadas a la construcción.**

En el caso de la población referencial para la encuesta de opinión a personas dedicadas a la construcción, la fórmula a utilizar es la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 P(1 - P)N}{E^2(N - 1) + Z^2 P(1 - P)}$$

**Nota:** Fórmula general para el cálculo de la muestra.

**Figura 19:** Fórmula muestra

**Fuente:** (Soto, 2018)

Donde:

n = Tamaño de la muestra

$Z^2$  = Nivel de confianza.

$e^2$  = % de error.

p = 0.5

1 - P = 1 - 0.5

q = 50%

N = Población

El nivel de confianza hay que expresarlo en valor de Z.

90% de confianza = 1.65 (valor Z).

95% de confianza = 1.96 (valor Z).

99% de confianza = 2.58 (valor Z).

El nivel de confianza que se utilizó fue el de 90% equivalente a 1,65.

Considerando el universo objetivo que son los ingenieros civiles dedicados a la construcción, de acuerdo a la cámara de construcción de Guayaquil la población es de 391 profesionales y la muestra es:

$$n = \frac{(1,65)^2 * 0.50 (1 - 0.50) 391}{0.1^2 (391 - 1) + (1,65)^2 (1 - 0.5)}$$

$$n = 50 \text{ personas}$$

### 3.5. Presentación y análisis de resultados

#### 3.5.1. Encuesta

Con la finalidad de mostrar de manera ordenada y fácil los resultados de la pertinente encuesta se utilizó el programa Microsoft Excel, para así indicar a través de graficas los resultados.

#### 3.5.1.1. Encuestas a personas que arriendan viviendas.

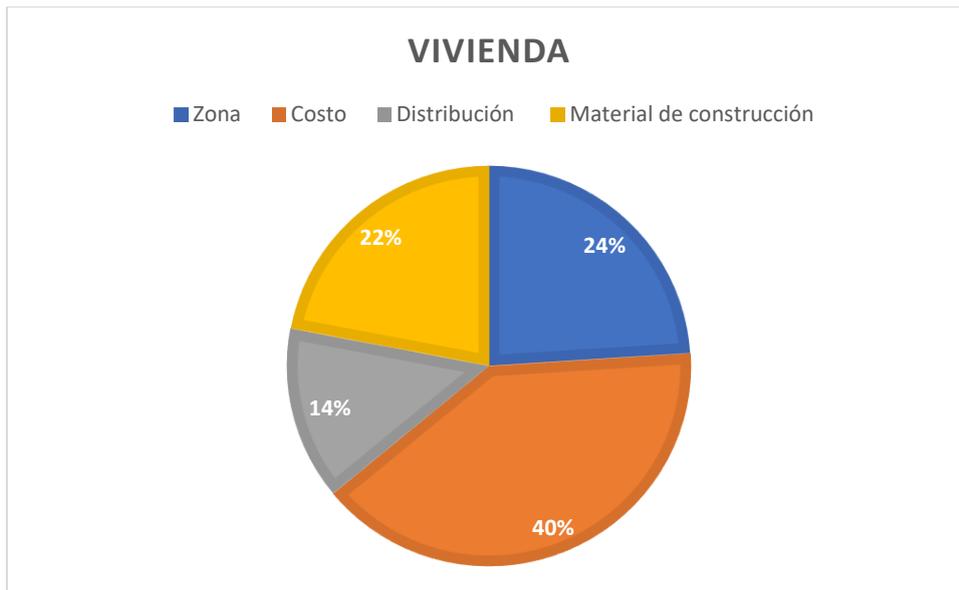
#### Pregunta No 1

¿Qué es lo primero que considera para adquirir una casa?

**Tabla 4:** Vivienda

<i>OPCIONES</i>	<i>FRECUENCIA</i>	<i>PORCENTAJE</i>
<i>Zona</i>	12	24
<i>Costo</i>	20	40
<i>Distribución</i>	7	14
<i>Material de construcción</i>	11	22
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022)



**Ilustración 1:** Encuesta de vivienda y construcción en Guayaquil

**Elaborado por:** (Nicola & Torres,2022).

En la encuesta realizada se refleja que el material más conocido por la gente de Guayaquil es el bloque con un porcentaje de 52%, dando una tendencia que el bloque es el material que más se utiliza para la construcción de viviendas.

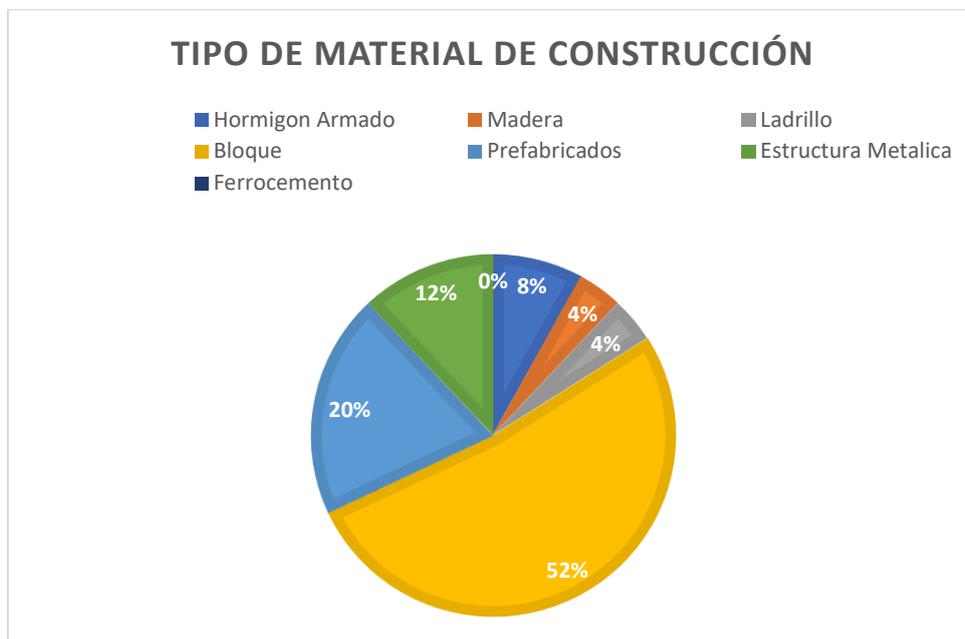
### Pregunta No 2

¿Cuál es el material que conoce y sabe utiliza más en la construcción de viviendas?

**Tabla 5:** Tipo de material de construcción

<i>OPCIONES</i>	<i>FRECUENCIA</i>	<i>PORCENTAJE</i>
<i>Hormigón Armado</i>	4	8
<i>Madera</i>	2	4
<i>Ladrillo</i>	2	4
<i>Bloque</i>	26	52
<i>Prefabricado</i>	10	20
<i>Estructura Metálica</i>	6	12
<i>Ferrocemento</i>	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022)



**Ilustración 2:** Encuesta de vivienda y construcción en Guayaquil

**Elaborado por:** (Nicola & Torres,2022).

En la encuesta realizada se refleja que el tiempo que la gente de Guayaquil requiere para la entrega de una vivienda es de 50 días con un porcentaje de 34%.

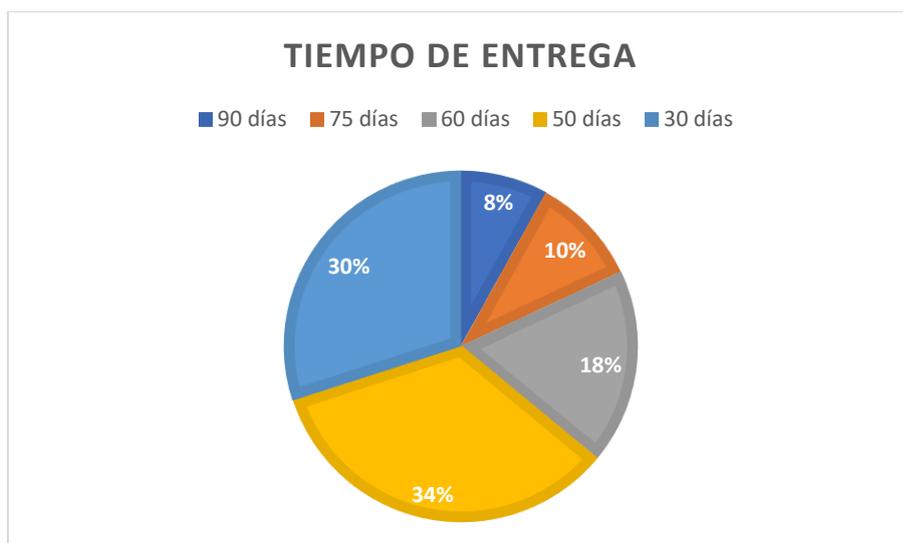
**Pregunta No 3**

¿Qué tiempo estima usted considera que una vivienda debería ser entregada?

**Tabla 6:** Tiempo de entrega

<i>OPCIONES</i>	<i>FRECUENCIA</i>	<i>PORCENTAJE</i>
90 días	4	8
75 días	5	10
60 días	9	18
50 días	17	34
30 días	15	30
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022)



**Ilustración 3:** Encuesta de vivienda y construcción en Guayaquil

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022)

En la encuesta realizada se refleja que la gente encuestada de Guayaquil desconoce sobre los materiales alternativos existentes para la construcción de viviendas con una tendencia de 35 personas correspondiente a un 70%.

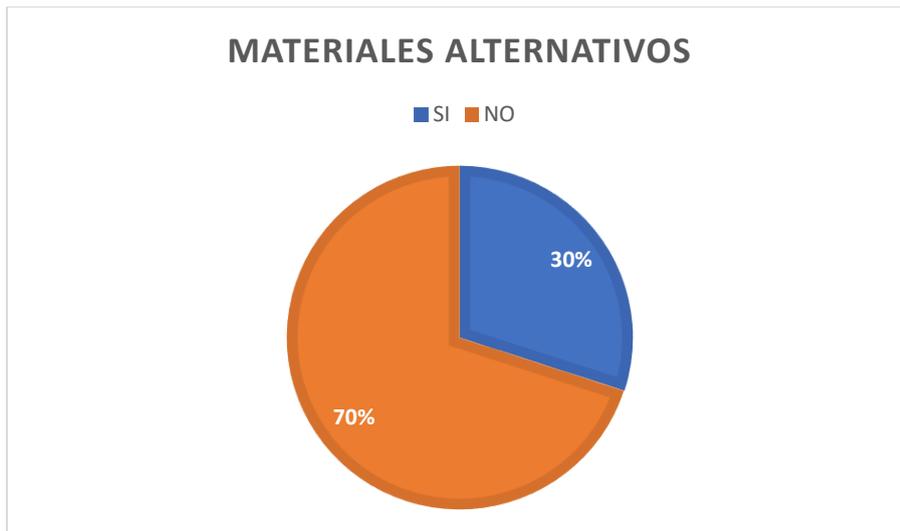
**Pregunta No 4**

¿Conoce o ha escuchado materiales alternativos de construcción para viviendas?

**Tabla 7:** Materiales alternativos.

<i>OPCIONES</i>	<i>FRECUENCIA</i>	<i>PORCENTAJE</i>
<i>SI</i>	15	30
<i>NO</i>	35	70
<b><i>TOTAL</i></b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022)



**Ilustración 4:** Encuesta de vivienda y construcción en Guayaquil

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

En la encuesta realizada se refleja que la gente encuestada de Guayaquil desconoce sobre el material Ferrocemento y que solo un 6% de los encuestados tiene una idea de ese sistema constructivo y el 94% lo desconoce totalmente.

**Pregunta No 5**

¿Ha escuchado sobre el ferrocemento como sistema constructivo en viviendas?

**Tabla 8:** Ferrocemento

<i>OPCIONES</i>	<i>FRECUENCIA</i>	<i>PORCENTAJE</i>
<i>SI</i>	3	6
<i>NO</i>	48	94
<b><i>TOTAL</i></b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Ilustración 5:** Encuesta de vivienda y construcción en Guayaquil.

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022)

En la encuesta realizada se refleja que la gente encuestada de Guayaquil desconoce sobre el ferrocemento como un nuevo sistema constructivo dando una tendencia de 94%.

**3.5.1.2. Encuesta a personas dedicadas a la construcción**

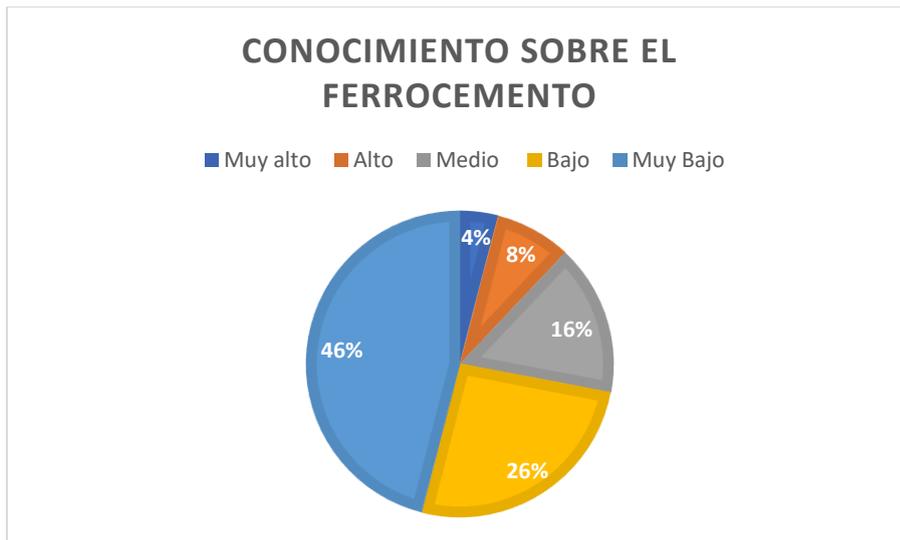
**Pregunta No 1**

¿Tiene conocimientos sobre el ferrocemento como alternativa de construcción de vivienda?

**Tabla 9:** Conocimiento sobre el ferrocemento.

<i>OPCIONES</i>	<i>FRECUENCIA</i>	<i>PORCENTAJE</i>
<i>Muy alto</i>	2	4
<i>Alto</i>	4	8
<i>Medio</i>	8	16
<i>Bajo</i>	13	26
<i>Muy Bajo</i>	23	46
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022)



**Ilustración 6:** Encuesta a personas relacionadas con la construcción.

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022)

La muestra de las personas encuestadas que tienen relación con la construcción, da como evidencia que hay un elevado porcentaje que tiene un poco conocimiento sobre el ferrocemento como alternativa para la construcción de vivienda.

**Pregunta No 2**

¿Han construido viviendas con ferrocemento?

**Tabla 10:** Construcción de vivienda con ferrocemento.

<i>OPCIONES</i>	<i>FRECUENCIA</i>	<i>PORCENTAJE</i>
<i>Mucho</i>	0	0
<i>Poco</i>	0	0
<i>Nada</i>	50	100
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022)



**Ilustración 7:** Encuesta a personas relacionadas con la construcción.

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022)

En los resultados presentados se puede observar que los encuestados tienen poco conocimiento sobre el costo de los materiales en la construcción del ferrocemento.

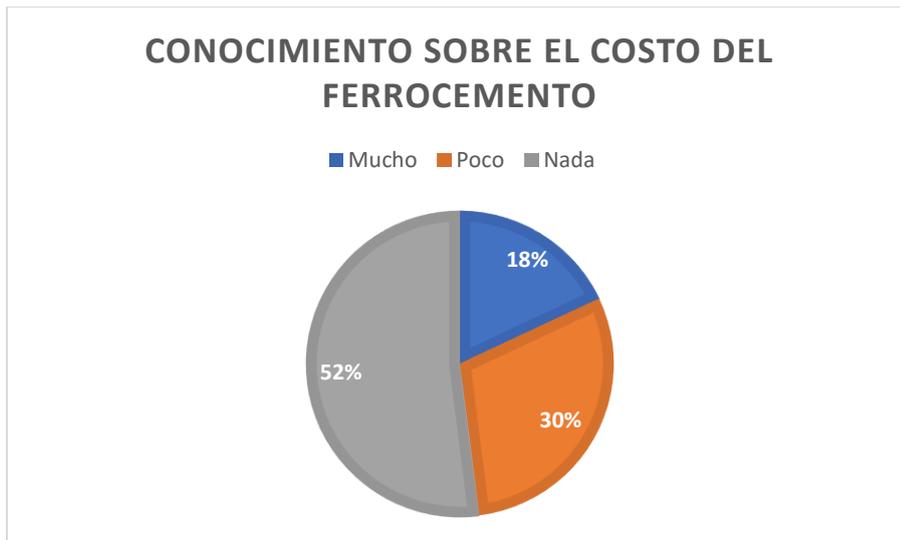
### Pregunta No 3

¿Tiene conocimiento sobre los costos de materiales que se utiliza en el ferrocemento?

**Tabla 11:** Costos sobre el ferrocemento.

<i>OPCIONES</i>	<i>FRECUENCIA</i>	<i>PORCENTAJE</i>
<i>Mucho</i>	9	18
<i>Poco</i>	15	30
<i>Nada</i>	21	52
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022)



**Ilustración 8:** Encuesta a personas relacionadas con la construcción.

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

De acuerdo a la gráfica se puede observar que los encuestados al hablar de cemento y hormigón se tiene la percepción de ser contaminante.

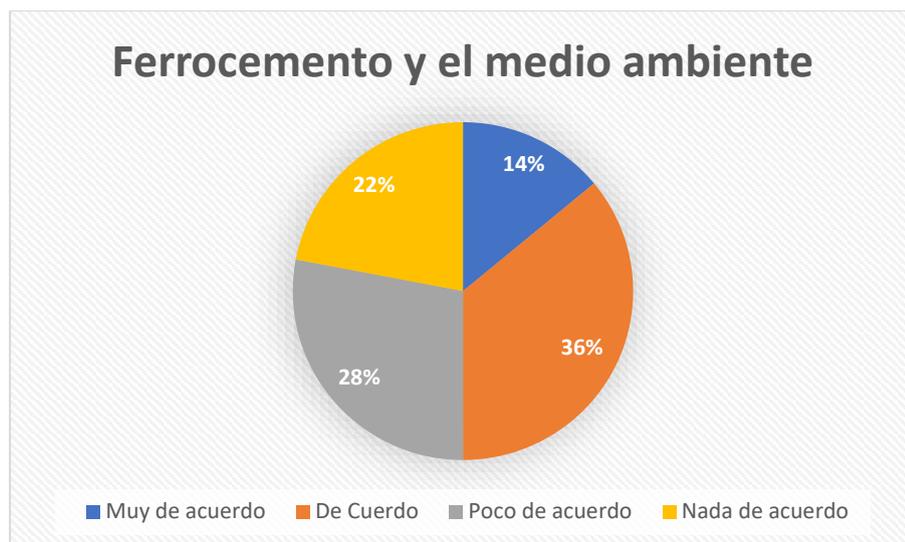
#### Pregunta No 4

¿Está de acuerdo que el ferrocemento contribuye a la protección del medio ambiente?

**Tabla 12:** Ferrocemento y el medio ambiente.

<i>OPCIONES</i>	<i>FRECUENCIA</i>	<i>PORCENTAJE</i>
<i>Muy de acuerdo</i>	7	14
<i>De Cuerdo</i>	14	22
<i>Poco de acuerdo</i>	21	42
<i>Nada de acuerdo</i>	11	22
<b><i>TOTAL</i></b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Ilustración 9:** Encuesta a personas relacionadas con la construcción.

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

En la gráfica presentada se puede observar claramente que los profesionales no han construido viviendas con ferrocemento.

### 3.5.2. *Ensayo de laboratorio*

Para el ensayo realizado se utilizó cilindros de 10cm por 30cm de altura para un  $f'c=225$  con una relación  $a/c \leq 0,45$

#### 3.5.2.1. *Dosificación Materiales.*

**Tabla 13:** Cilindro de Ensayo

# Cilindro	Volumen (m3)	Volumen Mayorado (5%)
8	0.044184	0.0683409

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

**Tabla 14:** Cantidad de material

	<i>Pesos para 1m3</i>	<i>Pesos para 0.05729490m3</i>
<i>Cemento</i>	457.41 kg	26.21 kg
<i>Agua</i>	228.7 lts	13.10 lts
<i>Piedra</i>	863.41 kg	49.47 kg
<i>Arena</i>	676.94 kg	38.79 kg

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

Para encontrar los pesos para el volumen de 0.05729490m3 de los materiales se utilizó la regla de 3 como se describe a continuación:

**Tabla 15:** Dosificación Cemento

<i>Volumen (m3)</i>	<i>Peso (kg)</i>	<i>Peso encontrado</i>
<i>l</i>	457.41 kg	
0.0683409	x	31.25kg

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Cemento para elaboración de las muestras.

**Figura 20:** Cemento

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

**Tabla 16:** Dosificación Agua

<i>Volumen (m3)</i>	<i>Peso (lts)</i>	<i>Peso encontrado</i>
<i>l</i>	228.70 lts	
0.0683409	x	15.62 lts

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022)



**Nota:** Agua para elaboración de las muestras.

**Figura 21:** Agua

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

**Tabla 17:** Dosificación Piedra

<i>Volumen (m3)</i>	<i>Peso (kg)</i>	<i>Peso encontrado</i>
<i>I</i> 0.0683409	863.41 kg x	59.00kg

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Agregado grueso para elaboración de las muestras.

**Figura 22:** Piedra

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

**Tabla 18:** Dosificación Arena

<i>Volumen (m3)</i>	<i>Peso (kg)</i>	<i>Peso encontrado</i>
<i>I</i>	676.94	
0.0683409	x	46.26kg

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Agregado fino para elaboración de las muestras.

**Figura 23:** Arena

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

Para el proyecto estudiado en el ensayo de laboratorio también se implementó malla de alambre, la cual es para la comparación entre el hormigón tradicional y el ferrocemento, en este caso se utilizó dos mallas para cada cilindro de ensayo. La malla que se utilizó fue:

**Tabla 19:** Malla

<i>Tipo</i>	<i>Forma</i>	<i>Fabricación</i>	<i>Espaciamiento de alambre (mm)</i>	<i>Espesor de la malla (mm)</i>
<i>De alambre</i>	Cuadrada	Soldada	25,00	2,00

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Material para la elaboración del ferrocemento.

**Figura 24:** Malla

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

### 3.5.2.2. *Elaboración de material para los cilindros de ensayo*

**Primero:** Pesar los materiales



**Nota:** Se peso el agregado fino según las dosificaciones sacadas para las muestras.

**Figura 25:** Arena

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Se peso el cemento según las dosificaciones sacadas para las muestras.

**Figura 26:** Cemento

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Se peso el agregado grueso según las dosificaciones sacadas para las muestras.

**Figura 27:** Piedra

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Material para la elaboración del ferrocemento.

**Figura 28:** Malla

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

**Segundo:** a los cilindros de ensayo se les engrasa para que al momento de retirar la muestra no se dificulte.



**Nota:** Engrasamiento de los moldes.

**Figura 29:** Engrasado de Cilindros

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

**Tercero:** en un lugar limpio se empezó a esparcir la arena, luego se colocó la piedra y se colocó un poco de agua, a continuación, se agregó el cemento y se lo esparció para que se

mezcle con los otros materiales y se finalmente se colocó toda el agua y se empezó a batir para que los materiales se mezclen homogéneamente.



**Nota:** Se vertió el agregado fino y se esparció sobre la superficie.

**Figura 30:** Arena para elaboración de la mezcla.

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Se vertió el agregado grueso encima del agregado fino.

**Figura 31:** Agregado de piedra encima de la arena.

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Se vertió agua en cantidades pequeñas sobre la mezcla.

**Figura 32:** Agua en la mezcla de arena y piedra.

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Se vertió el cemento sobre el agregado grueso.

**Figura 33:** Cemento agregado a la mezcla de arena, piedra y agua.

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Respectiva mezcla de los materiales para unificación de los mismos.

**Figura 34:** Mezcla de los materiales.

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

**Cuarto:** Se empezó a llenar los cilindros con el hormigón, se fue agregando poco a poco, mientras se iba agregando el hormigón se hacía el vibrado para así lograr que las burbujas asciendan dentro de la mezcla del hormigón fresco y así mismo se dio unos pequeños golpes con un martillo de goma para una mejor homogenización. Para el caso del estudio en el ferrocemento se utilizó el mismo procedimiento de aplicación del hormigón, en este caso solo cambio que al cilindro en el interior se le coloco dos mallas a lo vertical.



**Nota:** Colocación del material en el molde.

**Figura 35:** Llenado del cilindro con hormigón.

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Se vibro con una varilla de 8”

**Figura 36:** Vibrado del Hormigón.

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Se martillo al molde con el material para una mejor penetración y homogeneidad.

**Figura 37:** Golpes con martillo de goma

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Se utilizo la varilla de 8 para retirar excedentes del molde con el material y así obtener una superficie lisa.

**Figura 38:** Cilindros.

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

**Quinto:** Después de tener los 6 cilindros con la mezcla y mallas se dejó en un sitio plano y no se los movió hasta el día siguiente donde pasaron a un tanque de agua para el proceso de curado por inmersión.



**Nota:** Se utilizó un tanque con agua para el curado de las muestras.

**Figura 39:** Curado por inmersión.

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

### 3.5.2.3. *Resultados de las Roturas de los cilindros de ensayo*

Resultados de ensayos de resistencia a compresión de cilindros de hormigón tradicional ASTM C873.

**Tabla 20:** Resultados Hormigón Tradicional.

<i>Elemento</i>	<i>Fecha Muestra</i>	<i>Fecha Rotura</i>	<i>Días</i>	<i>Carga Max. (kg)</i>	<i>Esfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>%</i>
<i>Cilindro</i>	20/06/22	27/06/22	7	27560	151,43	63
<i>Cilindro</i>	20/06/22	4/07/22	14	36045	198,05	83
<i>Cilindro</i>	20/06/22	11/07/22	21	40327	221,58	92
<i>Cilindro</i>	20/06/22	18/07/22	28	43652	239,85	100

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Rotura a los 7 días la cual se observa una pequeña fisura a lo vertical.

**Figura 40:** Rotura a los 7 días.

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Rotura a los 14 días la cual se observa una pequeña fisura a lo vertical.

**Figura 41:** Rotura a los 14 días.

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Rotura a los 21 días la cual se observa una pequeña fisura a lo vertical.

**Figura 42:** Rotura a los 21 días

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

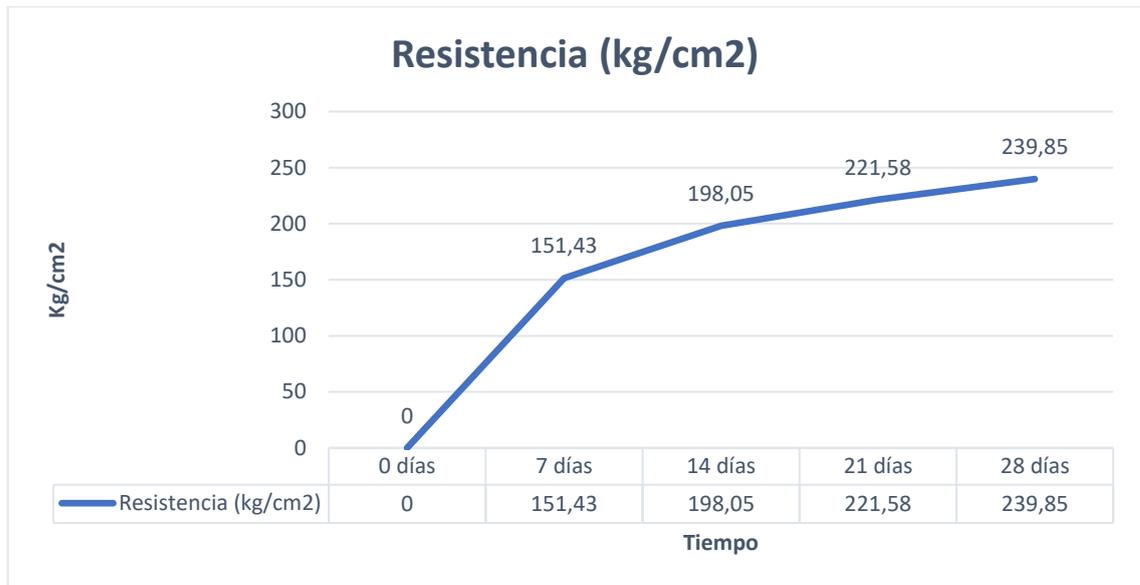


**Nota:** Rotura a los 28 días la cual se fisuro a lo vertical.

**Figura 43:** Rotura a los 28 días

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

El modelo gráfico y analítico de las pruebas realizadas se describen en la ilustración 10.



**Ilustración 10:** Resistencia Hormigón Tradicional

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

Resultados de ensayos de resistencia a compresión de cilindros de ferrocemento con dos mallas.

**Tabla 21:** Resultados Ferrocemento.

<i>Elemento</i>	<i>Fecha Muestra</i>	<i>Fecha Rotura</i>	<i>Días</i>	<i>Carga Max. (kg)</i>	<i>Esfuerzo (kg/cm2)</i>	<i>%</i>
<i>Cilindro</i>	20/06/22	27/06/22	7	26812	147,32	61
<i>Cilindro</i>	20/06/22	4/07/22	14	35981	197,70	82
<i>Cilindro</i>	20/06/222	11/07/22	21	39859	219,01	91
<i>Cilindro</i>	20/06/222	18/07/22	28	41895	230,19	96

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Muestra a los 7 días donde se presentó una fisura en la parte inferior.

**Figura 44:** Rotura a los 7 días Ferrocemento.

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Rotura de la muestra a los 14 días donde se observa una fisura a lo vertical.

**Figura 45:** Rotura a los 14 días Ferrocemento.

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).



**Nota:** Se aprecia una pequeña fisura en la muestra de ferrocemento.

**Figura 46:** Rotura 21 días Ferrocemento

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

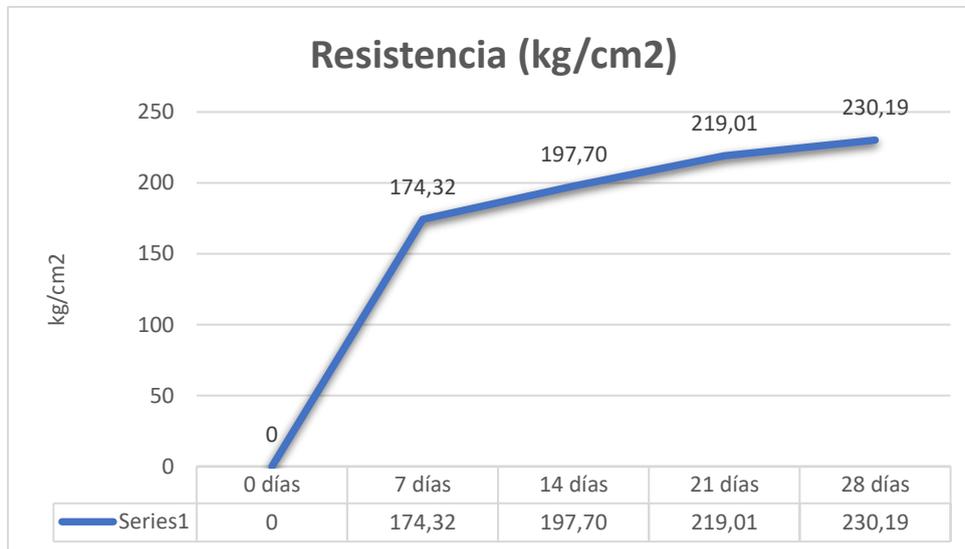


**Nota:** Rotura a los 28 días la cual se fisuro a lo vertical por toda la muestra de ferrocemento.

**Figura 47:** Rotura a los 28 días Ferrocemento

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

Los resultados de los registros para el ferrocemento se describen en la ilustración 11 de manera gráfica y analítica.

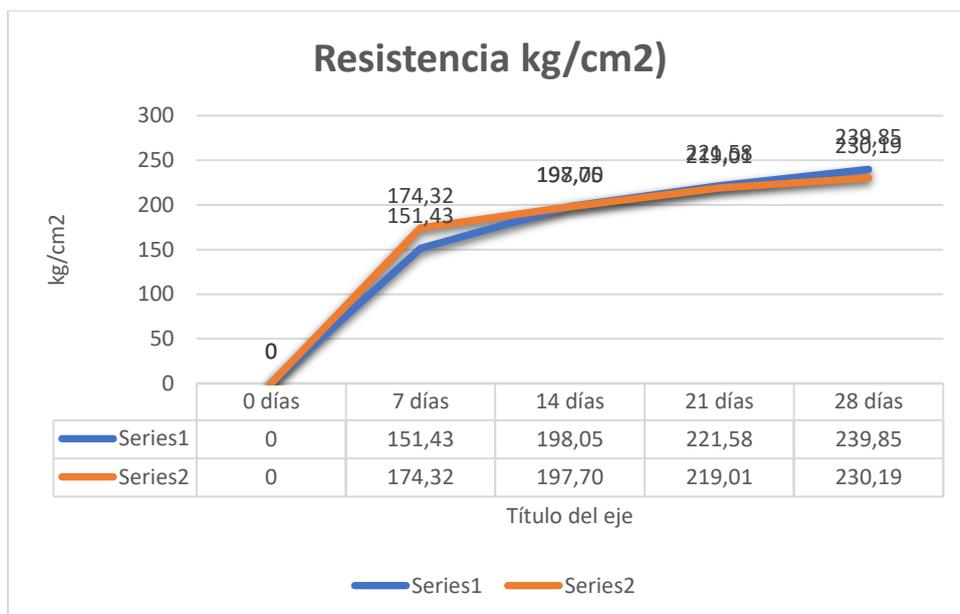


**Ilustración 11:** Resultados Ferrocemento.

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022).

#### 3.5.2.4. *Evaluación técnica y económica referencial*

De acuerdo a la metodología para la investigación se determina que la comparación de las resistencias a compresión simple del hormigón tradicional con el ferrocemento es casi similar con una aproximación del 96% con respecto al hormigón tradicional.



**Ilustración 12:** Evaluación técnica

**Elaborado por:** (Nicola & Torres, 2022)

### 3.5.2.5. *Evaluación económica referencial*

En una vivienda de interés social de aproximadamente 60 m<sup>2</sup> de superficie, incluyendo cocina-comedor, 1 a 2 recamaras, 1 baño y todos los servicios básicos, con el sistema constructivo tradicional (Hormigón) se estima un costo de 315,46 dólares estadounidenses por metro cuadrado, dando un total de 18.927,6 dólares estadounidenses aproximadamente.

Con el sistema constructivo Ferrocemento tiene un costo estimado de 268,14 dólares estadounidenses por metro cuadrado, dando un total de 16.088,4 dólares estadounidenses aproximadamente.

El Ferrocemento en comparación con el hormigón, evidencia un costo más bajo, entre 15% a 20%

## CONCLUSIONES

Los resultados técnicos y económicos determinan que el ferrocemento es un buen material alternativo de construcción, con una resistencia similar al hormigón tradicional (95%), pero con un costo menor en cuanto a la elaboración del mismo (15%).

El ferrocemento es un material cuya característica básica es su versatilidad de usos y formas. Por otro lado, el ferrocemento requiere mano de obra con las características disponibles en nuestro país, que es barata, abundante y no necesita estar calificada.

Una ventaja competitiva del ferrocemento deriva de que es posible construir partes, piezas y módulos livianos, fáciles de transportar, en donde no se requiere grúas ni equipos especiales, junto con el hecho de que sus componentes se basan en unidades estandarizadas factibles de prefabricar.

Las encuestas aplicadas a los sectores de arrendatarios de viviendas y de ingenieros civiles, determinó que el ferrocemento es un material desconocido en un 90% en el marco teórico y económico.

Las estructuras de ferrocemento operativamente son de rápido y fácil montaje, generando ahorro de tiempo, lo que se traduce también a costos.

## **RECOMENDACIONES**

Debido al tiempo que se tuvo para poder realizar las investigaciones y ensayos, se recomienda seguir realizando más investigaciones, ya que el ferrocemento igual que el hormigón se puede realizar diferentes dosificaciones para poder tener un mejor rendimiento dependiendo del tipo de estructura que necesitemos construir, también así el ferrocemento cuenta con diferentes armados, ya sea con diferentes tipos de mallas de acero como mallas de poliestireno

Se podría variar la cantidad de mallas que se utilizaría, también realizar diferentes ensayos con todas estas dosificaciones para así poder tener más datos y formas de emplear el ferrocemento en nuestra estructura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvaro , J., & Quintana, I. (2016). *Analisis comparativo entre el ferrocemento y el hormigon armado como sistema constructiva para proyecto de vivienda de interes prioritario en colombia.* Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/2398/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arias, J. L. (2020). *Técnicas e instrumentos de investigación científica* (ENFONQUES CONSULTING EIRL ed.). doi:ISBN: 978-612-48444-0-9
- Committee. ACI. (2016). *American Concrete Institute, Committee 549.* USA: Farmington Hills.
- Herrera, R. (2018). *Diseño de vivienda con ferrocemento y comparativa de costos con concreto armado.* Oxaca. Obtenido de [http://jupiter.utm.mx/~tesis\\_dig/13432.pdf](http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/13432.pdf)
- INEC. (2010). *Fascículo provincial del Guayas.* Guayas. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/guayas.pdf>
- INEC. (2011). *Ecuador - Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo - Diciembre 2011, RONDA XXXIV-12-2011.* Obtenido de <https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/269/variable/V194>
- Jaramillo Carvallo, A., & Jaramillo Carvallo, M. (2010). *Diseño y seguimientos de un taque de ferrocemento de 50m<sup>3</sup>.* Cuenca.
- López, C. (2017). *Estudio y análisis comparativo entre el sistema constructivo tradicional en hormigon armado con el sistema de construcción liviana aplicado a viviendas de interés social del sector rural de la zona 8 provincia de Guayas.* Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/2102>
- NEC. (s.f.). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN Mamposteria estructural.* Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-MP.pdf>
- Oficial, R. (2008). *CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR.* Obtenido de [https://www.emov.gob.ec/sites/default/files/transparencia\\_2018/a2.1.pdf](https://www.emov.gob.ec/sites/default/files/transparencia_2018/a2.1.pdf)
- Opazo, C. (2004). *Diseño en ferrocemento de un edificio destinado a vivienda social. Tesis de Grado.* Universidad de Chile.
- Ramirez, C. (2013). *El ferrocemento como una alternativa de construcción viable.* Mexico. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/22737/1/ferrocemento.pdf>
- Ruiz, B. (2005). *Tesis Doctoral: Estudio de resistencia y vulnerabilidad Sísmicas de viviendas de bajo costo estructuradas con ferrocemento.* Barcelona, España: Universidad Politécnica de Catalunya.

- Soto, A. (2018). *¿Qué tipo de muestreo se debe realizar en una tesis?* TESISCIENCIA. Obtenido de <https://tesis-ciencia.com/2018/08/29/muestreo-muestra-tesis/>
- Telégrafo. (17 de Enero de 2021). *El déficit de vivienda en Ecuador, no es solo un problema numérico sino de calidad.* Obtenido de <https://ecuadorwillana.com/2021/01/17/deficit-de-vivienda-en-ecuador/>
- Torres , W. (22 de Junio de 2021). *PRIMICIAS.* Obtenido de El déficit de vivienda alcanza a 2,7 millones de unidades, según MIDUVI: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/miduvi-deficit-vivienda-ecuador/>

## ANEXOS

### 1. ANEXO ENCUESTAS

#### 1.1. Encuesta que adquieren viviendas



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA INGENIERIA CIVIL



**Orientaciones:** El presente documento tiene como finalidad saber si las personas tienen conocimiento sobre “**FERROCEMENTO COMO MATERIAL ALTERNATIVO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS**”

Por favor sírvase marcar con un visto en el ítem, que usted considere adecuado.

#### 1. ¿Qué es lo primero que considera ara adquirir una casa?

Zona	
Costo	
Distribución	
Material de construcción	

#### 2. ¿Cuál es el material que conoce y sabe que se utiliza en la construcción de viviendas?

Hormigón Armado	
Madera	
Ladrillo	
Bloquee	
Prefabricado	
Estructura Metálica	
Ferrocemento	

**3. ¿Qué tiempo estima usted que una vivienda debería ser entregada?**

90 días	
75 días	
60 días	
50 días	
30 días	

**4. ¿conoce o ha escuchado materiales alternativos de construcción para las viviendas?**

SI	
NO	

**5. ¿ha escuchado sobre el ferrocemento como sistema constructivo en viviendas?**

SI	
NO	

## 1.2. Encuesta a personas relacionadas con la construcción



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA INGENIERIA CIVIL



**Orientaciones:** El presente documento tiene como finalidad saber si las personas relacionadas con la construcción tienen conocimiento sobre **“FERROCEMENTO COMO MATERIAL ALTERNATIVO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS”**

Por favor sírvase marcar con un visto en el ítem, que usted considere adecuado.

### 1. ¿Tiene conocimiento sobre el ferrocemento como alternativa de construcción de vivienda?

Muy alto	
Alto	
Medio	
Bajo	
Muy bajo	

### 2. ¿Ha construido viviendas con ferrocemento?

Mucho	
Poco	
Nada	

### 3. ¿Tiene conocimiento o estima sobre los costos de materiales que se utiliza en el ferrocemento?

Mucho	
Poco	
Nada	

**4. ¿Está de acuerdo que el ferrocemento contribuye a la protección del medio ambiente?**

Muy de acuerdo	
De acuerdo	
Poco de acuerdo	
Nada de acuerdo	

## 2. ANEXO RESULTADOS DE LABORATORIO

### 2.1. Resultado de laboratorio hormigón tradicional

<b>FREDY H. BANEGAS BUSTAMANTE</b>						
ING. CIVIL REG. PROF. 09 - 5230						
URBANOR MZ. L1 - V. 38 ; TELF: 23315971 - 0994340172						
<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO ASTM C 873</b>						
PROYECTO:	Tesis de grado					
RESISTENCIA REQUERIDA:	240	Kg/cm <sup>2</sup>	ÁREA DE CILINDRO:	182,41	cm <sup>2</sup>	
Hormigón Tradicional						
ELEMENTO	Fecha Toma de Muestra	Fecha de Rotura	Días	Carga Máxima Kg.	Esfuerzo Kg/cm2	%
Cilindros	20/6/2022	27/6/2022	7	27560	151,43	63
	20/6/2022	4/7/2022	14	36045	198,05	83
	20/6/2022	11/7/2022	21	40327	221,58	92
	20/6/2022	18/7/2022	28	43652	239,85	100
<b>PARÁMETROS</b>						
TIEMPO (DÍAS)	% RESISTENCIA					
7	62%-72%					
14	73%-82%					
21	83%-92%					
28	100% O MÁS					

## 2.2. Resultados de laboratorio ferrocemento

**FREDY H. BANEGAS BUSTAMANTE**

ING. CIVIL REG. PROF. 09 - 5230

URBANOR MZ. L1 - V. 38 ; TELF: 23315971 - 0994340172



### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO ASTM C 873

PROYECTO: Tesis de grado

RESISTENCIA REQUERIDA: 240 Kg/cm<sup>2</sup>      ÁREA DE CILINDRO: 182,41 cm<sup>2</sup>

#### Ferrocemento

ELEMENTO	Fecha Toma de Muestra	Fecha de Rotura	Dias	Carga Máxima Kg.	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>	%
Cilindros	20/6/2022	27/6/2022	7	26812	147,32	61
	20/6/2022	4/7/2022	14	35981	197,70	82
	20/6/2022	11/7/2022	21	39859	219,01	91
	20/6/2022	18/7/2022	28	41895	230,19	96

#### PARÁMETROS

TIEMPO (DÍAS)	% RESISTENCIA
7	62%-72%
14	73%-82%
21	83%-92%
28	100% O MÁS