

**Universidad Latina de Costa Rica  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Escuela de Ingeniería Civil**

*Propuesta de trabajo final de graduación para optar por el grado académico  
de Licenciado en Ingeniería Civil.*

**Modalidad Tesis**

**Factibilidad económica de la implementación del sistema constructivo con bloques  
ICF (*Insulated Concrete Forms*) en Costa Rica para viviendas unifamiliares,  
comparado con el método de bloques de concreto prefabricado**

**Sustentante  
Vicente Guerrero**

**Tutor**

**José Joaquín Rodríguez**

**Lector 1: Jorge Eduardo Miranda Zamora**

**Lector 2: Erick Cruz Padilla**

**San Pedro, Montes de Oca  
Diciembre, 2021**



**UNIVERSIDAD LATINA  
DE COSTA RICA**

POWERED BY **Arizona State University**

## **TRIBUNAL EXAMINADOR**

Este proyecto titulado: Factibilidad económica de la implementación del sistema constructivo con bloques ICF (*Insulated Concrete Forms*) en Costa Rica para viviendas unifamiliares, comparado con el método de bloques de concreto prefabricado, por el (la) estudiante: Vicente Guerrero, fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Latina, Sede San Pedro, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil:

---

José Joaquín Rodríguez

Tutor

---

Jorge Eduardo Miranda Zamora

Lector

---

Erick Cruz Padilla

Representante



**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL TUTOR  
DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

San José, 20 de diciembre, de 2021

Señores

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Factibilidad económica de la implementación del sistema constructivo con bloques ICF (*Insulated Concrete Forms*) en Costa Rica para viviendas unifamiliares, comparado con el método de bloques de concreto prefabricado, elaborado por el (los) estudiante(s): Vicente Guerrero como requisito para que el (los) citado(s) estudiante(s) puedan optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,

**Ing. José J. Rodríguez R**



**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL LECTOR  
DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

San José, 20 de diciembre, de 2021

Señores

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Factibilidad económica de la implementación del sistema constructivo con bloques ICF (*Insulated Concrete Forms*) en Costa Rica para viviendas unifamiliares, comparado con el método de bloques de concreto prefabricado, elaborado por el (los) estudiante(s): Vicente Guerrero como requisito para que el (los) citado(s) estudiante(s) puedan optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Ing. Jorge E. Miranda Z



CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL LECTOR  
DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

San José, 20 de diciembre, de 2021

Señores

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Factibilidad económica de la implementación del sistema constructivo con bloques ICF (*Insulated Concrete Forms*) en Costa Rica para viviendas unifamiliares, comparado con el método de bloques de concreto prefabricado, elaborado por el (los) estudiante(s): Vicente Guerrero como requisito para que el (los) citado(s) estudiante(s) puedan optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,

Ing. Erick G. Cruz P

Cedula: 111090078

## DECLARACIÓN JURADA

Yo, Vicente Guerrero estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy Autor Intelectual del proyecto de graduación de modalidad Tesis titulado: Factibilidad económica de la implementación del sistema constructivo con bloques ICF (*Insulated Concrete Forms*) en Costa Rica para viviendas unifamiliares, comparado con el método de bloques de concreto prefabricado

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Firmo en San José, 20 de diciembre de 2021

A handwritten signature in black ink, consisting of several vertical and horizontal strokes, positioned over a horizontal line.

Vicente Guerrero

**Licencia De Distribución No Exclusiva (carta de la persona autora para uso didáctico) Universidad Latina de Costa Rica**

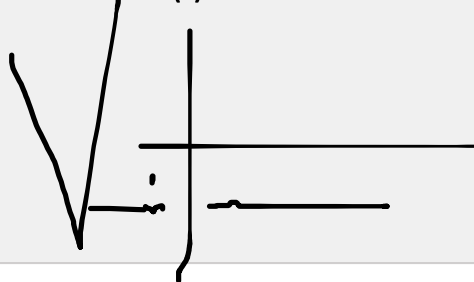
<b>Yo (Nosotros):</b>	Vicente Guerrero
<b>De la Carrera / Programa:</b>	Ingeniería Civil
<b>Modalidad de TFG:</b>	Tesis.
<b>Titulado:</b>	Factibilidad económica de la implementación del sistema constructivo con bloques ICF ( <i>Insulated Concrete Forms</i> ) en Costa Rica para viviendas unifamiliares, comparado con el método de bloques de concreto prefabricado

Al firmar y enviar esta licencia, usted, el autor (es) y/o propietario (en adelante el "**AUTOR**"), declara lo siguiente: **PRIMERO:** Ser titular de todos los derechos patrimoniales de autor, o contar con todas las autorizaciones pertinentes de los titulares de los derechos patrimoniales de autor, en su caso, necesarias para la cesión del trabajo original del presente TFG (en adelante la "**OBRA**"). **SEGUNDO:** El **AUTOR** autoriza y cede a favor de la **UNIVERSIDAD U LATINA S.R.L.** concédula jurídica número 3-102-177510 (en adelante la "**UNIVERSIDAD**"), quien adquiere la totalidad de los derechos patrimoniales de la **OBRA** necesarios para usar y reusar, publicar y republicar y modificar o alterar la **OBRA** con el propósito de divulgar de manera digital, de forma perpetua en la comunidad universitaria. **TERCERO:** El **AUTOR** acepta que la cesión se realiza a título gratuito, por lo que la **UNIVERSIDAD** no deberá abonar al autor retribución económica y/o patrimonial de ninguna especie. **CUARTO:** El **AUTOR** garantiza la originalidad de la **OBRA**, así como el hecho de que goza de la libre disponibilidad de los derechos que cede. En caso de impugnación de los derechos autorales o reclamaciones instadas por terceros relacionadas con el contenido o la autoría de la **OBRA**, la responsabilidad que pudiera derivarse será exclusivamente de cargo del **AUTOR** y este garantiza mantener indemne a la **UNIVERSIDAD** ante cualquier reclamo de algún tercero. **QUINTO:** El **AUTOR** se compromete a guardar confidencialidad sobre los alcances de la presente cesión, incluyendo todos aquellos temas que sean de orden meramente institucional o de organización interna de la **UNIVERSIDAD**. **SEXTO:** La presente autorización y cesión se regirá por las leyes de la República de Costa Rica. Todas las controversias, diferencias, disputas o reclamos que pudieran derivarse de la presente cesión y la materia a la que este se refiere, su ejecución, incumplimiento, liquidación, interpretación o validez, se resolverán por medio de los Tribunales de Justicia de la República de Costa Rica, a cuyas normas se someten el **AUTOR** y la **UNIVERSIDAD**, en forma voluntaria e incondicional. **SÉPTIMO:** El **AUTOR** acepta que la **UNIVERSIDAD**, no se hace responsable del uso, reproducciones, venta y distribuciones de todo tipo de fotografías, audios, imágenes, grabaciones, o cualquier otro tipo de

presentación relacionado con la **OBRA**, y el **AUTOR**, está consciente de que no recibirá ningún tipo de compensación económica por parte de la **UNIVERSIDAD**, por lo que el **AUTOR** haya realizado antes de la firma de la presente autorización y cesión. **OCTAVO:** El **AUTOR** concede a **UNIVERSIDAD.**, el derecho no exclusivo de reproducción, traducción y/o distribuir su envío (incluyendo el resumen) en todo el mundo en formato impreso y electrónico y en cualquier medio, incluyendo, pero no limitado a audio o video. El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD.** puede, sin cambiar el contenido, traducir la **OBRA** a cualquier lenguaje, medio o formato con fines de conservación. **NOVENO:** El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD** puede conservar más de unacopia de este envío de la **OBRA** por fines de seguridad, respaldo y preservación. El **AUTOR** declara que el envío de la **OBRA** es su trabajo original y que tiene el derecho a otorgar los derechos contenidos en esta licencia. **DÉCIMO:** El **AUTOR** manifiesta que la **OBRA** y/o trabajo original no infringe derechos de autor de cualquier persona. Si el envío de la **OBRA** contiene material del que no posee los derechos de autor, el **AUTOR** declara que ha obtenido el permiso irrestricto del propietario de los derechos de autor para otorgar a **UNIVERSIDAD** los derechos requeridos por esta licencia, y que dicho material de propiedad de terceros está claramente identificado y reconocido dentro del texto o contenido de la presentación. Asimismo, el **AUTOR** autoriza a que en caso de que no sea posible, en algunos casos la **UNIVERSIDAD** utiliza la **OBRA** sin incluir algunos o todos los derechos morales de autor de esta. **SI AL ENVÍO DE LA OBRA SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA U ORGANIZACIÓN QUE NO SEA UNIVERSIDAD U LATINA, S.R.L., EL AUTOR DECLARA QUE HA CUMPLIDO CUALQUIER DERECHO DE REVISIÓN U OTRAS OBLIGACIONES REQUERIDAS POR DICHO CONTRATO O ACUERDO.**  
La presente

autorización se extiende el día 20 de diciembre de 2021 a las 3:00 PM

Firma del estudiante(s):





## DEDICATORIA

A mi familia.

## RESUMEN

Con el propósito de analizar la factibilidad económica de la implementación del sistema constructivo con bloques ICF (*Insulated Concrete Forms*) en Costa Rica para viviendas unifamiliares, comparado con el método de bloques de concreto prefabricado, se realizó la presente investigación descriptiva de carácter cuali-cuantitativo y naturaleza comparativa.

En el procesamiento de los datos obtenidos se utilizó Excel, para comparar en términos económicos, una construcción convencional y una construcción con el sistema ICF tomando en cuenta los rendimientos de cada material. Para ello el bloque utilizado fue el PROFORM, de la empresa ECOTEC y el rendimiento fue estimado con base en *Man Hour Rates* (MHR) propuesta por la empresa FOXBLOCKS.

Los resultados obtenidos sobre los costos directos e indirectos en relación con costos de material, costos de mano de obra y tiempo de ejecución, evidencian que los materiales del sistema ICF resultan altamente eficientes, para obras sencillas y de poca complejidad, debido a su costo, si bien es mayor que los materiales de mampostería logran diferenciarse en la reducción del tiempo de ejecución. En lo que respecta a mano de obra, el sistema ICF es considerablemente más económica y requiere menor tiempo de ejecución con respecto a la mampostería. Por lo que se concluye que el sistema ICF, representa una verdadera alternativa, factible económicamente y con ventajas constructivas como sustentabilidad, eficiencia energética y la reducción considerable en los gastos operacionales.

**Palabras claves:** sistema ICF, mampostería, factibilidad económica, rendimiento,

## **ABSTRACT**

In order to analyze the economic feasibility of the implementation of the ICF (Insulated Concrete Forms) block construction system in Costa Rica for single-family houses, compared to the precast concrete block method, this descriptive, qualitative-quantitative, and comparative research was carried out.

In the processing of the data obtained Excel was used to compare, in economic terms, a conventional construction and a construction with the ICF system taking into account the performance of each material. The block used was PROFORM, from ECOTEC, and the performance was estimated based on Man Hour Rates (MHR) proposed by FOXBLOCKS.

The results obtained on direct and indirect costs in relation to material costs, labor costs, and execution time show that the ICF system materials are highly efficient for simple works of little complexity due to their cost. Although it is higher than masonry materials, they manage to differentiate themselves in the reduction of execution time. In terms of labor the ICF system is considerably more economical and requires less execution time than masonry. Therefore, it is concluded that the ICF system represents a real alternative, economically feasible, and with constructive advantages such as sustainability, energy efficiency, and a considerable reduction in operational costs.

## TABLA DE CONTENIDO

### **CAPITULO I PROBLEMA Y PROPOSITO**

1.2 Planteamiento del problema	
1.2.1 Enunciado del problema	6
1.2.2 Formulación del problema	6
1.3 Justificación	7
1.4 Objetivos	8
1.4.1 Objetivo general	8
1.4.2 Objetivos específicos	8
1.5 Alcance y limitaciones	9
1.5.1 Alcance	9
1.5.2 Limitaciones	9
1.6 Delimitaciones	9
1.6.1 Delimitación espacial	9
1.6.2 Delimitación temporal	9

### **CAPITULO II FUNDAMENTACION TEORICA**

2.1 Poliestireno	11
2.1.1 Poliestireno expandido ( EPS)	13
2.1.2 Densidad	14
2.1.3 Aislamiento	14
2.1.4 Estabilidad dimensional	14
2.2 Usos del poliestireno	15
2.2.1 Cubiertas	15
2.2.2 Paredes o fachadas	15
2.2.3 Concreto liviano	16
2.2.4 Formaleta perdida	16
2.3 Bloques EPS	20
2.3.1 Propiedades	21
2.3.2 Dimensiones	22
2.4 Concreto prefabricado	23
2.4.1 Elementos	24
2.4.1.1 Concreto presforzado	25
2.4.1.2 Pretensado	26
2.4.1.2 Postensado	26
2.5 Bloques de concreto prefabricado	26
2.5.1 Propiedades	26
2.5.2 Dimensiones	27
2.6 Sistema estructural	28
2.6.1 Muros	28
2.7 Análisis tiempos de construcción	29
2.8 Análisis costos de construcción	29
2.8.1 Etapas	30

2.8.2	Costos directos	30
2.8.3	Costos indirectos	30
<b>CAPITULO III MARCO METODOLOGICO</b>		
3.1	Definición de enfoque y método de investigación	32
3.2	Sujetos y fuentes de información	34
3.2.1	Sujetos de investigación	34
3.2.2	Fuentes de información	35
3.3	Definición conceptual y operativa de las variables	35
3.4	Instrumentos y técnicas de recolección de datos	35
3.5	Sustentación de confiabilidad y validez de instrumentos	35
<b>CAPITULO IV RESULTADOS</b>		
4.1	Presupuesto mampostería	39
4.1.1	Estructural mampostería	40
4.1.2	Mano de obra mampostería	42
4.2	Presupuesto ICF	56
4.2.1	Estructural ICF	57
4.2.2	Mano de obra ICF	61
<b>CAPITULO V ANALISIS DE RESULTADOS</b>		
5.1	Costos directos	66
5.1.1	Análisis de costo de material	67
5.1.1.1	Materiales de mampostería	68
5.1.1.2	Materiales ICF	70
5.1.2	Análisis de mano de obra	72
5.1.2.1	Mano de obra de mampostería	73
5.1.2.2	Mano de obra ICF	73
5.2	Costos indirectos	74
5.2.1	Costos indirectos mampostería	75
5.2.2	Costos indirectos ICF	78
5.3	Comparativa de costos ICF y mampostería	79
5.4	Tiempos de ejecución	79
<b>CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		
6.1	Conclusiones	83
6.2	Recomendaciones	84
<b>REFERENCIAS</b>		85
<b>ANEXOS</b>		
	Planta arquitectónica	88
	Planta estructural de columnas	89
	Planta de losa flotante de vigas y de cimentación	89

## ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1.** Etapas y actividades de la investigación
- Tabla 2.** Sujetos de investigación
- Tabla 3.** Matriz de fuentes de información
- Tabla 4.** Operacionalización de las variables
- Tabla 5.** Herramientas de cálculo
- Tabla 6.** Rendimiento horas/hombre
- Tabla 7.** Cantidades y costos de fundaciones de mampostería
- Tabla 8.** Costo total de fundaciones de mampostería
- Tabla 9.** Cantidades y costos de muros
- Tabla 10.** Costo total de muros
- Tabla 11.** Cantidad y costos de tapicheles
- Tabla 12.** Costo total de tapicheles
- Tabla 13.** Cantidad y costos de columnas
- Tabla 14.** Costo total de columnas
- Tabla 15.** Cantidad y costos de vigas
- Tabla 16.** Costo total de vigas
- Tabla 17.** Cantidades y costos de extras
- Tabla 18.** Costo total de extras
- Tabla 19.** Resumen costos de materiales de mampostería
- Tabla 20.** Mano de obra de mampostería
- Tabla 21.** Rendimientos
- Tabla 22.** Personal disponible para obra de mampostería
- Tabla 23.** Resumen de costos de mano de obra
- Tabla 24.** Cantidades y costos de fundaciones en ICF
- Tabla 25.** Costo total de fundaciones en ICF
- Tabla 26.** Cantidades y costos de muros en ICF
- Tabla 27.** Costo total de muros en ICF
- Tabla 28.** Cantidades y costos de tapicheles en ICF
- Tabla 29.** Costo total de tapicheles en ICF
- Tabla 30.** Resumen de costos materiales sistema ICF
- Tabla 31.** Mano de obra ICF
- Tabla 32.** Resumen costos mano de obra en ICF
- Tabla 33.** Costos indirectos en obra mampostería
- Tabla 34.** Costos indirectos en sistema ICF
- Tabla 35.** Materiales y mano de obra de mampostería y en el sistema ICF
- Tabla 36.** Resumen de materiales de mampostería
- Tabla 37.** Resumen de materiales ICF
- Tabla 38.** Cuadrilla de trabajadores
- Tabla 39.** Rendimiento de personal según trabajo
- Tabla 40.** Resultados de mano de obra
- Tabla 41.** Rendimiento de personal ICF

- Tabla 42.** Resumen resultado de mano de obra
- Tabla 43.** Planilla administrativa mampostería
- Tabla 44.** Cálculo utilidades para herramientas de mampostería
- Tabla 45.** Costos totales equipos de mampostería
- Tabla 46.** Resumen de totales en mampostería
- Tabla 47.** Planilla administrativa ICF
- Tabla 48.** Cálculo utilidades para herramientas ICF
- Tabla 49.** Costos totales equipos ICF
- Tabla 50.** Resumen ICF
- Tabla 51.** Comparativa costos ICF y mampostería.
- Tabla 52.** Planeamiento ICF
- Tabla 53.** Planeamiento mampostería

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Detalle del sistema ICF
- Figura 2.** Comparación del sistema constructivo ICF con sistemas tradicionales en Estados Unidos.
- Figura 3.** Poliestireno expandido (EPS)
- Figura 4.** Cubierta de techo aislada con poliestireno expandido (EPS)
- Figura 5.** Pared Sándwich de poliestireno expandido.
- Figura 6.** Muestra de concreto liviano
- Figura 7.** Bloque EPS o formaleta perdida
- Figura 8.** Detalle de muro EPS
- Figura 9.** Dimensiones Bloques EPS
- Figura 10.** Comparación de satisfacción del sistema constructivo ICF con sistemas tradicionales en Estados Unidos
- Figura 11.** Sistema de presforzado de concreto
- Figura 12.** Dimensiones bloques prefabricados concreto.
- Figura 13.** Diagrama de Gantt en Excel
- Figura 14.** Ejemplo de presupuesto de compras
- Figura 15.** Fundaciones de mampostería
- Figura 16.** Muros de mampostería
- Figura 17.** Trapichel de mampostería
- Figura 18.** Columnas de mampostería
- Figura 19.** Vigas de mampostería
- Figura 20.** Fundaciones ICF
- Figura 21.** Muro ICF
- Figura 22.** Conexión entre paredes ICF
- Figura 23.** Detalle de traslape de varillas
- Figura 24.** Planta estructural de fundaciones
- Figura 25.** Detalle estructural de cimentación
- Figura 26.** Detalle estructural de conexión de pared a pared.
- Figura 27.** Diagrama de Gantt ICF
- Figura 28.** Diagrama de Gantt mampostería



**CAPÍTULO I**  
**PROBLEMA Y PROPÓSITO**

## CAPITULO

### PROBLEMA Y PROPOSITO

#### 1.1 Antecedentes del problema de investigación.

Las construcciones de viviendas unifamiliares en bloques prefabricados de concreto son muy comunes en la actualidad, no obstante, existen alternativas que mejoran las cualidades del bloque tradicional, agilizando los procesos de construcción y una de esas opciones son sistemas constructivos alternativos, como el *Insulated Concrete Forms*, (ICF), cuya traducción significa encofrados aislantes para hormigón. Se trata de un nuevo concepto de construcción a partir del cual se conforman las paredes, mediante la utilización de una pieza moldeada de poliestireno expandido, que consta de dos paneles unidos entre sí por unos conectores que dejan un espacio vacío entre ambos

El sistema de paneles de hormigón armado construidos con moldajes de poliestireno expandido de alta densidad, es un sistema relativamente nuevo, poco convencional que cuenta con gran experiencia de uso en los Estados Unidos y ha experimentado un fuerte crecimiento en Europa, no obstante en Latinoamérica, su posicionamiento ha sido diferente en cada país por diversos factores, tales como el desconocimiento, y cierta desconfianza en el consumidor, lo que dificulta su aceptación e implementación a gran escala.

En Costa Rica, cuando se requiere construir una vivienda se opta por métodos tradicionales como el block PC, el súper block o las baldosas prefabricadas, por lo que existen pocos por no decir ningún registro de construcción con el sistema ICF y los bloques de poliestireno expandido, a pesar de que el peso y forma de este material, lo hacen un método sencillo de trabajar. En el pasado reciente la utilidad del poliestireno expandido se limitaba a tabiques para dividir espacios en oficinas y locales, no obstante, su uso se fue ampliando para entresijos, e incluso tabiques que conforman sistemas de carga. Esteves y Gelardi, (2006).

La necesidad permanente de espacios comerciales, habitacionales o de esparcimiento, obliga a tomar en cuenta el desarrollo de técnicas de construcción que permitan obtener el mejor rendimiento de los recursos materiales, de equipos y recursos humanos, así como la reducción del tiempo de construcción. De allí, la importancia del sistema de encofrado de hormigón aislado, *Insulated concrete forms*, (ICF), porque permite un ahorro considerable de dinero y tiempo en el trabajo constructivo, ya que opera con piezas ligeras y fáciles de usar, no necesita de mano de obra calificada o de algún tipo de capacitación específica, ya que la construcción con este sistema de bloques es muy semejante a la albañilería confinada. Corrales, (2019).

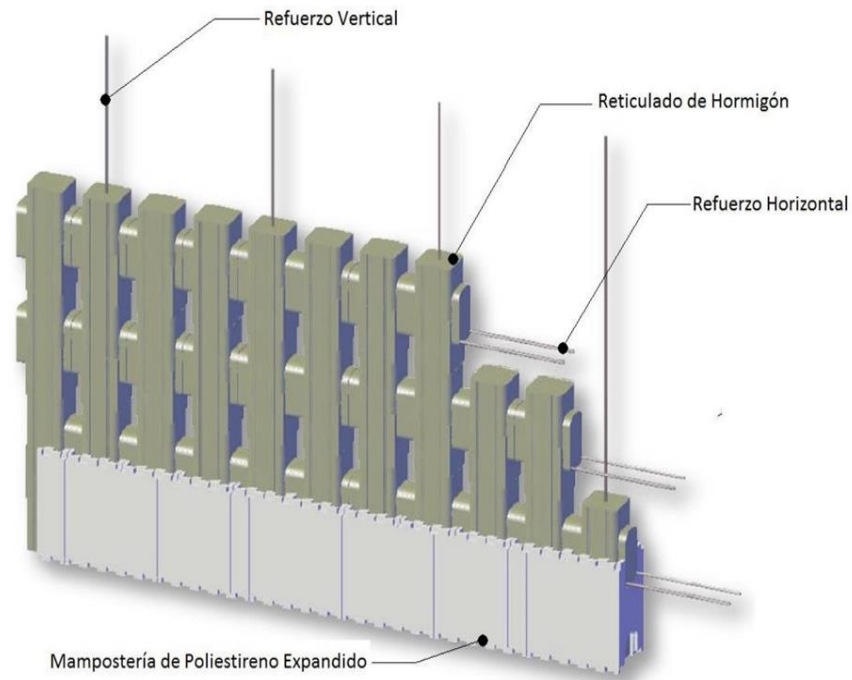
Cabe destacar en cuanto a características estructurales, que los muros ICF tienen propiedades que permiten construir en zonas sísmicas, sin la exigencia de acudir a elementos complementarios, como muros de hormigón armado o pilares metálicos. Es decir que con este sistema se logra una estructura monolítica sin necesidad de elementos externos al material. Otras propiedades por las que destacan también, es su excelente aislamiento térmico y acústico, además de tener muy buena resistencia al fuego, por lo que representa un excelente sistema para construir todo tipo de edificaciones, sobre todo de instituciones gubernamentales o sociales. Corrales, (2019).

Actualmente la construcción de viviendas en Costa Rica se realiza con el sistema de bloques con concreto prefabricado (Bloques CP), también existe el sistema llamado “Superbloque” que consiste en un sistema integral de mampostería apilada prefabricados en concreto que cuenta con una metodología de trabajo parecida a la del bloque CP tradicional. Lo que se plantea con el sistema constructivo *Insulated concrete forms* (ICF), es mejorar las características del bloque convencional, disminuyendo los costos de mano de obra, proporcionando un sistema integral de mampostería apilada que no requiere ningún tipo de mortero para la unión de los bloques.

Galindo, (2010), describe este sistema como bloques huecos de poliestireno expandido de dimensiones estándar, que se ensamblan a presión como un juego de Lego, donde no hay necesidad de utilizar mortero, lo que agiliza el proceso de construcción. En este sistema se colocan varillas de acero horizontales y verticales de acuerdo con lo especificado por el ingeniero estructural y finalmente los bloques se rellenan con concreto, formando una estructura dentro del volumen formado por los huecos de los bloques, esta malla o retícula de hormigón con acero se forma con 0,13 metros cúbicos de concreto por cada metro cuadrado de muro de 0,25 m de espesor, lo que da la resistencia necesaria a los muros.

Al respecto de las propiedades térmicas del sistema ICF, en España, el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc), en sus ensayos de resistencia al fuego de las estructuras y elementos de construcción, señala a que los paneles deben, estar constituidos con una capa de recubrimiento de 50 mm de hormigón en la capa superior y 30 mm en la capa inferior con un espesor de enlucido en yeso de 10 mm. Por otra parte, los paneles de muros, con recubrimientos de hormigón proyectado de 30 mm en ambas caras y un enlucido de yeso de 10 mm en ambas caras, permiten obtener unos resultados de estabilidad al fuego mayor de 60 minutos, estanquidad al fuego y no emisión de gases inflamables. Méndez, (2014).

La construcción a la que se hace referencia con el sistema ICF, representa una real alternativa de construcción, por su sustentabilidad, eficiencia energética y la reducción considerable en los gastos operacionales. Este sistema se basa en una estructura modular con refuerzos de acero verticales y horizontales rellena de concreto como se demuestra en la siguiente figura:



**Figura 1.** Detalle del sistema ICF

**Fuente:** Svrcek Matias, *Proyecto Integrador profesional*, (2016)

El sistema ICF sirve como sustrato en interiores y exteriores, tanto para paredes, suelos y techos. En la construcción de una pared, se separan dos capas de aislamiento rígido, separadas a su vez con bandas de polipropileno reciclado para crear un bloque ICF. Estos bloques huecos se entrelazan y las bandas ubican y sostienen el acero de refuerzo antes de la construcción, posteriormente se rellenan las cavidades del sistema ICF.

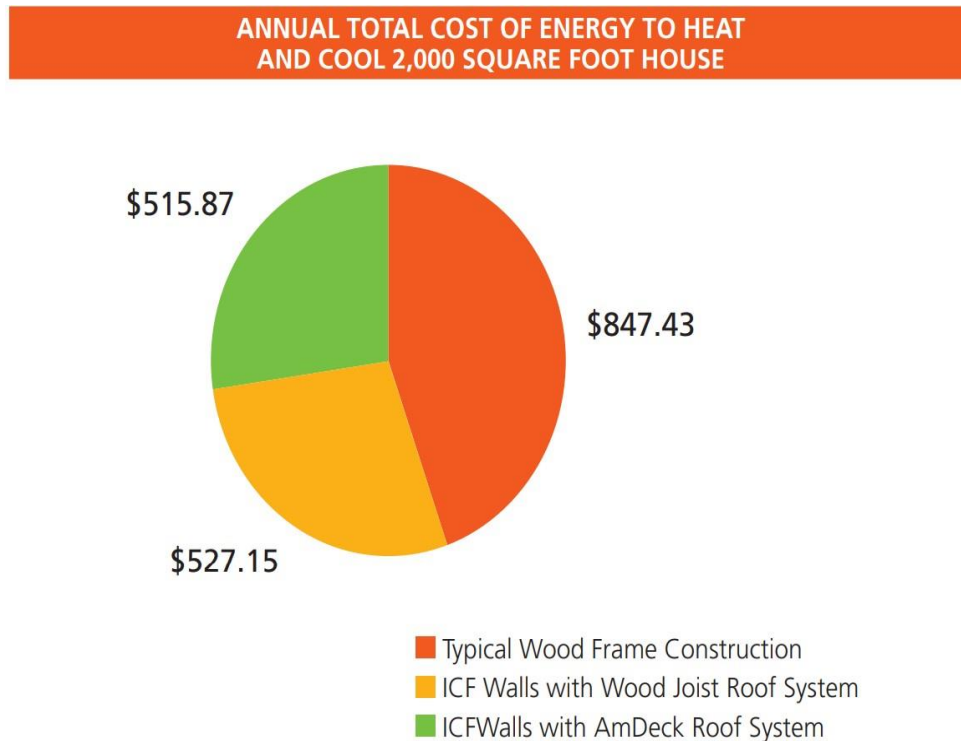
El resultado final es un muro de hormigón reforzado en el centro, revestido con una barrera de aislamiento a cada lado. Los materiales trabajan como un equipo, con el hormigón y las barras de refuerzo proporcionando un muro de carga ideal, que soporta cargas verticales y resiste las cargas laterales del viento y los movimientos sísmicos. Por otra parte, el conjunto del muro ICF con todas las capas combinadas, crea una envoltura segura y hermética con buenas propiedades acústicas. En la Universidad de Bolonia, Italia, para el caso del sistema ICF, se ha desarrollado un método de cálculo específico para los muros de apoyo, de acuerdo con las nuevas normas técnicas de construcción. De esta manera, en casos

normales, la incidencia media de hierro contenida dentro de las paredes de las estructuras ICF se reduce a 6-8 kg/m<sup>2</sup>, mientras que en las paredes tradicionales de hormigón armado puede superar los 12-14 kg/m<sup>2</sup>. ICF Italia, (2020).

La ligereza y la naturaleza del sistema de encofrado de hormigón aislado, presenta una serie de ahorro de costos durante una construcción típica, ya que reduce la necesidad de equipos pesados que se pueden tornar peligrosos, esto implica también menor riesgo de lesiones lo que se traduce en menores costos de seguro. Por otra parte, el sistema ICF, genera un mínimo de residuos y una obra más limpia. La protección del hormigón con ICF contra la congelación extiende la temporada de construcción y elimina necesidad de calefacción y lonas adicionales. Así mismo, la aceleración de los plazos de finalización de los proyectos reduce los costos de los préstamos y acelera las ganancias de ocupación. AMVIC building systems, (2019).

El sistema de encofrado de hormigón aislado (ICF), ofrece las mejores propiedades del mercado ya que tiene la resistencia y la durabilidad del hormigón armado y la eficiencia de la energía del aislamiento rígido de poliestireno expandido. Se trata claramente de una asociación sinérgica, que produce un efecto combinado que es mayor que la suma de los beneficios de cada producto de construcción. AMVIC building systems, (2019).

Otro aspecto que destaca también de este sistema es su flexibilidad para adaptarse a cualquier diseño, siendo una solución versátil para edificios desde de una sola planta hasta estructuras de varios pisos. Las aplicaciones típicas de ICF incluyen residencias unifamiliares o multifamiliares, hospitales edificios de oficinas, instalaciones gubernamentales, escuelas, hoteles, teatros, sobre todo por sus cualidades superiores de reducción del ruido, así como el costo anual de enfriamiento y calefacción. Al respecto por ejemplo en una casa de 185 metros cuadrados, se ve una clara diferencia en el sistema tradicional utilizado en Estados Unidos conocido como “Wood Framing” como lo demuestra la siguiente ilustración.



**Figura 2.** Comparación del sistema constructivo ICF con sistemas tradicionales en Estados Unidos

**Fuente:** (AMVIC building system. *Achieving disaster resilience with ICF Construction*, (2016)

Los bloques ICF tienen dimensiones similares a los bloques convencionales, por lo que cualquier tipo de estructura y arquitectura puede llegar a realizarse sin mayores inconvenientes y la construcción con dicho material se ve facilitada por la simplicidad de su colocación. Se debe tomar en cuenta también, que su composición hace que los bloques sean livianos, permitiendo el transporte a lugares remotos, facilitando la tarea de llevar soluciones habitacionales a poblaciones aisladas, como lo son las comunidades indígenas, logrando proveer un sistema constructivo seguro y eficiente.

Al respecto del impacto en el acarreo e impacto vial, resalta la experiencia descrita por la empresa MECO, señalada por Bustos, (2015), con el uso de bloques de poliestireno expandido, cuando para transportar 40 mt<sup>3</sup> que es el volumen

aproximado de un furgón convencional, se necesitarían 10 viajes para transportar el mismo volumen, pero de material convencional.

El uso del material ICF PROFORM fue estudiado en la Universidad tecnológica de Panamá a través de diferentes ensayos de flexión tanto en el plano como fuera del plano y obtuvieron excelentes resultados que avalan el uso de este material siempre y cuando se cuente con la supervisión de un profesional en ingeniería civil que se encargue de verificar cuantías de acero y detalles constructivos para poder cumplir con las normas estipuladas. Por otra parte, resalta el comportamiento del muro de PROFORM, concluyendo que se puede comparar con el comportamiento estructural del muro de mampostería, por lo que recomiendan hacer el análisis del material ICF acorde a lo estipulado en el *American Concrete Institute* y su norma ACI 318, que presenta en el capítulo 14, sección 5 las ecuaciones pertinentes para el diseño de elementos en concreto reforzado y sus especificaciones. UTP, (2013)

## **1.2 Planteamiento del problema**

### **1.2.1 Enunciado del Problema**

Las construcciones en bloques prefabricados frecuentemente utilizado en Costa Rica para viviendas unifamiliares, suele representar un proceso engorroso, por una parte, porque la instalación de los bloques requiere de un personal calificado en cuanto a albañilería y por otra parte, resulta más costosa en términos de mano de obra y tiempo si se compara con el sistema ICF, por lo que este último representa una gran alternativa cuando de reducir costos se trata y se agregan además ventajas como el aislamiento acústico y térmico, lo que genera un ahorro energético en cuanto a enfriamiento de la vivienda o calefacción, implicando esto un mayor rendimiento ecológico de las viviendas.

El uso del sistema ICF, se ha visto incrementado en Latinoamérica, en países por ejemplo como Puerto Rico, por ser un país con temporadas de huracanes, ubicado en lo que se denomina zona 5 que significan vientos de más de 250



kilómetros por hora, propenso a grandes daños, han optado por sistemas constructivos alternativos, como el sistema ICF, el cual ha ganado popularidad por su eficiencia energética y sus cualidades estructurales. Otro país que ha optado por construir con este sistema ha sido Chile, que tiene gran cantidad de actividad sísmica y atiende y sigue un código estructural impecable.

En Costa Rica no se cuenta en la actualidad con una fábrica de este sistema alternativo de construcción, sin embargo dichos materiales podrían adquirirse importados desde Panamá, no obstante es significativa la falta de estudios y análisis sobre este sistema para tener información concluyente respecto al mismo, de allí que las limitaciones en cuanto a su uso derivan también del desconocimiento en cuanto a sus alcances, ventajas, además de las implicaciones económicas y ambientales de su utilización.

### **1.2.2 Formulación del problema**

Con base en lo mencionado anteriormente y tomando en cuenta las particularidades del método constructivo ICF se pretende responder la siguiente pregunta: ¿Es factible económicamente implementar el sistema constructivo ICF para viviendas unifamiliares en costa rica?

### **1.3 Justificación**

Este proyecto de investigación es de suma importancia, ya que el sistema constructivo planteado pretende modernizar la forma en que se construye actualmente, proporcionando ventajas significativas en la reducción de tiempos en obra, lo que se relaciona directamente con el costo final de la construcción.

Este trabajo encuentra justificación también en el hecho de que no existen estudios que se enfoquen específicamente en el sistema ICF en Costa Rica, de allí el interés de estudiar este tipo de sistema alternativo de construcción, cuyo material ha sido avalado en estudios previos en la Universidad Tecnológica de Panamá y establecer la viabilidad de uso en Cota Rica, clarificando las razones por las que no es frecuentemente usada en construcción a nivel local.

Se espera con los resultados, mantener en el debate la importancia de considerar sistemas alternativos en los procesos de construcción y que la información sea de utilidad para ingenieros de obras, proyectistas, constructores y supervisores, dadas sus ventajas no solo en costos, sino por sus características estructurales (sísmicas) y de la aislación térmica y acústica.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Establecer la factibilidad económica de la implementación del sistema constructivo con bloques ICF (*Insulated Concrete Forms*) en Costa Rica para viviendas unifamiliares, comparándolo con el método de bloques de concreto prefabricado

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

Caracterizar el sistema constructivo conocido como *Insulated concrete forms* (ICF), estableciendo las ventajas y desventajas del mismo.

Identificar las condiciones de factibilidad económica del sistema ICF en Costa Rica, con énfasis en las variables costo/plazos.

Comparar en términos económicos, una construcción convencional de una casa unifamiliar de una planta con el sistema constructivo tradicional CP con respecto al sistema ICF.

## **1.5 Alcances y Limitaciones**

### **1.5.1 Alcances**

El propósito de esta investigación es establecer si este sistema constructivo alternativo es factible aplicarlo en la construcción de viviendas unifamiliares en

Costa Rica, y compararlo con el sistema constructivo convencional, con énfasis en los aspectos de tipo económico.

No se pretende desarrollar detalles constructivos para la implementación del sistema ICF, sino el análisis de la viabilidad de su uso, tomando en cuenta las variables costos/plazos en su implementación en Costa Rica. Los resultados serán aplicables solo a Costa Rica, pues los análisis están dados en base a las características de ubicación, y socioeconómicas propias de Costa Rica y no de otro país.

Esta investigación y sus resultados, esperan ser de utilidad para ingenieros, arquitectos y responsables de proyectos, para considerar entre las alternativas de construcción, un sistema que facilita la reducción de los costos, de los plazos de ejecución, de residuos producto del sistema constructivo y propicia un importante ahorro energético.

### **1.5.2 Limitaciones**

No se cuentan con investigaciones locales sobre la experiencia constructiva con el uso de este sistema, por lo que no hay muchas referencias sobre el tema, al menos en Costa Rica. Se pueden conseguir algunos señalamientos sobre el poliestireno expandido, como material, pero no propiamente sobre el sistema ICF.

La otra limitante importante, se debe a los costos elevados para la realización de pruebas o ensayos y la imposibilidad de acceder a una construcción real con este sistema, para el momento de la realización de esta investigación.

## **1.6 Delimitaciones**

### **1.6.1 Delimitación Espacial**

Esta investigación se desarrolla en Costa Rica, según sus leyes, reglamentos y normas de construcción. Así mismo se toman en cuenta las indicaciones sobre los

procesos constructivos del Ministerio de Ambiente y Energía y consideraciones sobre aspectos de importación a cargo del Ministerio de Comercio de la República de Costa Rica, así como el Tratado de Libre Comercio y de Intercambio Preferencial entre las Repúblicas de Panamá y Costa Rica.

### **1.6.2 Delimitación Temporal**

Esta investigación se desarrolla entre el segundo y tercer cuatrimestre del año 2021, en un contexto según la Cámara Costarricense de la Construcción, de recuperación económica y como un periodo de crecimiento de 2,1% para la construcción.

**CAPITULO II**  
**FUNDAMENTACION TEORICA**

## **CAPITULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

En este capítulo se presentan todos los aspectos relativos al tema en investigación, referido al sistema constructivo, como el conjunto de técnicas y procedimientos que caracterizan una obra o proyecto en particular, con diferentes funcionamientos estructurales y materiales.

El sistema alternativo de construcción que se propone, objeto de estudio y comparación en esta investigación es el sistema de ICF, el cual es un sistema constructivo de muros estructurales, el cual constituye un método de construcción sostenible de colada de hormigón dentro los encofrados de poliestireno expandido que llega a formar una estructura. Se construye con extrema flexibilidad, con gran eficiencia energética, y una importante reducción de los costos comparando con los métodos tradicionales de construcción. San Martin, (2019).

A continuación, se describen en detalle los elementos y materiales involucrados.

#### **2.1 Poliestireno**

El poliestireno es un material derivado del petróleo, familia del plástico, por lo cual es muy versátil. Es usado para fabricar una amplia variedad de productos de consumo diario, y dado que es un plástico duro y sólido, se usa frecuentemente en productos transparentes, con el fin de imitar bases tipo vidrio con propiedades más resistentes o también equipos de laboratorio. Este material cuando se combina con varios colorantes, aditivos u otros plásticos, es usado para hacer electrodomésticos, piezas electrónicas y repuestos para todo tipo de industrias. El poliestireno también se fabrica en forma de material espumoso llamado poliestireno expandido, que es al que se hace referencia en este proyecto por sus ventajas en el ámbito constructivo.

### 2.1.1 Poliestireno expandido (EPS)

El poliestireno expandido es un material que parte del plástico celular y entre sus características físicas resalta que son sólidos fabricados a partir de un moldeo conocido como perlas preexpandidas, estas perlas son el resultado de la expansión del poliestireno por sus cualidades térmicas que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire. Este material es conocido en inglés como EPS, (*Expanded PolyStyrene*) y en el resto de Latinoamérica se lo conoce como estereofón o Telgopor. A continuación, se presenta una imagen de dicho material.



**Figura 3.** Poliestireno expandido (EPS)  
**Fuente:** (Tecnopol, Perla Pre expandida, febrero 2020)

### **2.1.2 Densidad**

Los productos de poliestireno expandido están caracterizados por ser extraordinariamente ligeros y a su vez muy resistentes. Sin embargo, el material tiene una densidad que va desde los  $10\text{Kg}/\text{m}^3$  hasta  $35\text{Kg}/\text{m}^3$ , esto quiere decir que es un material de densidades bajas que le permite tener un gran rendimiento. La densidad también se relaciona con la resistencia mecánica.

### **2.1.3 Aislamiento**

Los materiales de poliestireno expandido presentan una excelente capacidad de aislamiento térmico y acústico por lo que la mayor parte de sus aplicaciones se relacionan directamente con esta propiedad. En el caso que nos ocupa, el material a utilizar es un bloque de concreto que tiene como función aislar térmica y acústicamente el bien construido, otro uso que se le ha dado es como material aislante de envase y embalaje de alimentos frescos.

La propiedad de aislamiento de este material se explica por el aire encapsulado dentro de una estructura celular que se encuentra conformada por el poliestireno, de allí que la composición se da en un aproximado de 98% volumen de aire y 2% en poliestireno, a esto se debe el rendimiento térmico que presenta el material.

### **2.1.4. Estabilidad dimensional**

Todos los materiales están sometidos a cambios en sus dimensiones por factores externos. En lo que respecta a los productos poliestireno expandido, están sometidos a variaciones dimensionales por influencia térmica. Dichas variaciones se evalúan a través del coeficiente de dilatación térmica, que es el proceso en donde los cuerpos aumentan su volumen debido a su temperatura, es decir se expanden. El EPS, es independiente de la densidad y tiene un rango de valor que va desde los 0.05mm a los 0.07mm por metro de longitud y grado kelvin.



El material se puede usar con toda seguridad en temperaturas bajas ya que no se ven afectadas sus propiedades dimensionales, sin embargo, cuando se lo somete a temperaturas altas alrededor de los 100°C se puede utilizar solamente por periodos cortos ya que pierde sus dimensiones. La temperatura más recomendable es por debajo de los 80°C para acciones continuas y con una carga sometida de 20kPa.

## **2.2 Usos del poliestireno Expandido.**

En la construcción, el plástico de poliestireno expandido se utiliza principalmente como elementos termoaislantes, sin embargo, ofrece facilidad para trabajar con fachaletas o estructuras estéticas que les permite tener menor peso, por lo que directamente se relaciona con mejor trabajabilidad. También aportan soluciones económicas en la fabricación de módulos y productos acabados, como los materiales ligeros utilizados en la ingeniería de cimentaciones y plataformas.

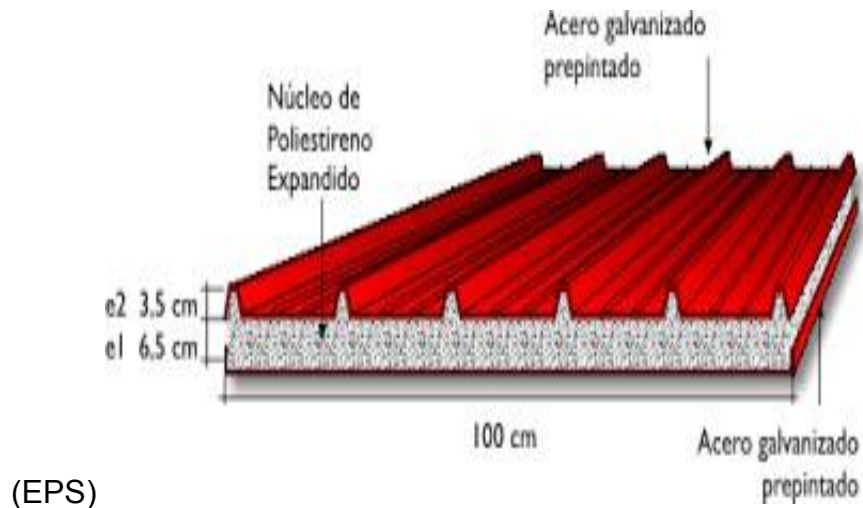
Las áreas en que más se utilizan este tipo de materiales se presentan continuación:

### **2.2.1 Cubiertas**

Las cubiertas de techo son la parte de la estructura que está más expuesta a los esfuerzos por exposición a los cambios climáticos, tanto como la temperatura o la corrosión, causando cambios constantes en la estructura. De allí la importancia de considerar en cualquier diseño de proyecto, los materiales a utilizar para las cubiertas, ya que estas deben cumplir la función de proteger la estructura y adaptarse a las condiciones de diseño.

Las formas de uso pueden ser variadas, se puede alternar con las capas aislantes tal y como membranas impermeabilizantes, bandas de sujeción inferior, tuberías para bajantes y otros elementos que se encuentran en el mercado. En la siguiente imagen se aprecia la cubierta de techo aislada por un núcleo de

poliestireno expandido que mejora ampliamente las condiciones de temperatura dentro de la estructura y aislar el ruido exterior.



**Figura 4.** Cubierta de techo aislada con poliestireno expandido  
**Fuente:** Aislo, Termopanel en techos, (2021)

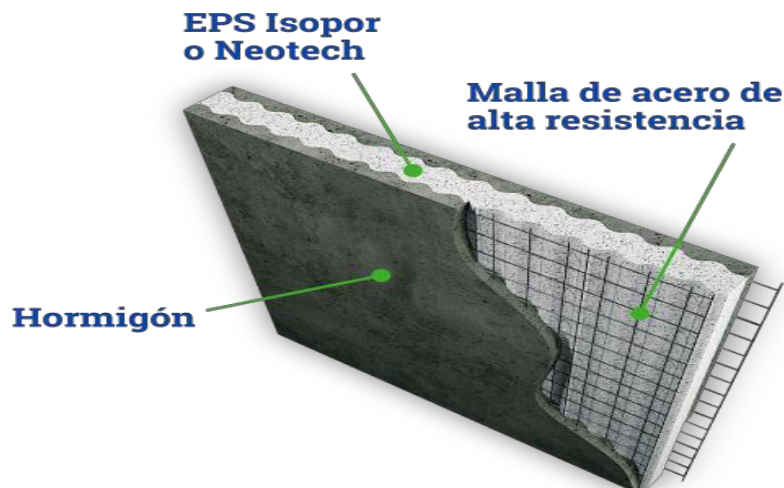
### 2.2.2 Paredes o Fachadas

Las paredes representan un elemento constructivo que se encarga de soportar carga y de proteger la estructura. A su vez, se encarga también de separar a los habitantes de la estructura de las condiciones externas como las temperaturas, clima y otras eventualidades que se pueden presentar. Así mismo, las paredes también se encargan de aislar el sonido por lo que siempre se busca la mayor hermeticidad tanto acústica como térmica. Hoy en día, la función del aislamiento térmico la asumen los materiales aislantes modernos, como el poliestireno expandido.

Un tipo de construcción muy eficaz de aislamiento en Costa Rica que también es de amplia utilización en Europa, son las paredes de poliestireno expandido y recubrimiento a base de concreto armado con una malla. El sistema consiste en fijar las planchas aislantes, con un mortero adhesivo a el ladrillo de poliestireno

expandido. Un ejemplo de este tipo de construcción se encuentra en el residencial Los Sueños, en Herradura, Provincia de Puntarenas.

El sistema característico de la zona lo podemos observar en la siguiente imagen donde se aprecia la estructura compuesta por el núcleo de EPS forrado por una malla de acero. Cabe destacar que este método es susceptible a los movimientos sísmicos por lo que presenta microgrietas a lo largo de toda la estructura debido a su falta de rigidez, sin embargo, estas pequeñas grietas no son de carácter estructural y no afectan las propiedades de la pared, constituyen un problema meramente estético.



**Figura 5.** Pared Sándwich de poliestireno expandido  
**Fuente:** Concrehaus, Pared sándwich, agosto, (2020)

### 2.2.3 Concreto liviano

Las partículas expandidas de poliestireno sirven para la fabricación de hormigones ligeros, lo que quiere decir que el poliestireno toma el espacio de los agregados gruesos permitiendo así rellenar vacíos. La diferencia, es el peso del agregado ya que el poliestireno tiene un peso de 10 kg por metro cúbico y en cuanto a la piedra, esta pesa de 2.5 a 3 toneladas por metro cubico.

Cabe mencionar que el poliestireno no agrega agua a la mezcla por lo que lo hace más fácil de trabajar en todo momento. En la organización BASF se investigaron las posibilidades técnicas de aplicación del hormigón con poliestireno expandido como material constructivo, y se analizaron distintas dosificaciones para diferentes densidades y características del hormigón, obteniendo como resultado un hormigón de alta calidad, un producto ecoeficiente y que respeta los estándares normativos de cada país.

Desde el punto de vista constructivo de la protección térmica, así como de la elaboración económica, el hormigón de poliestireno expandido es de particular interés, sobre todo en el campo de las densidades bajas y muy ligeras que hace del mismo un material muy atractivo y de fácil manipulación.



**Figura 6.** Muestra de concreto liviano

**Fuente:** Plastex, *Hormigón aliviado*, (2021)

#### **2.2.4 Formaleta perdida**

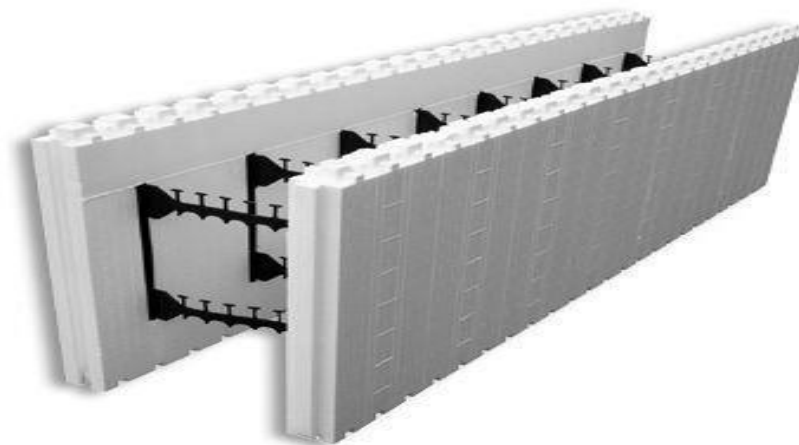
La formaleta perdida es un elemento de encofrado que no se retira de la estructura si no que se adhiere como un todo y queda compuesto con la misma. Se aplican los encofrados a base de poliestireno expandido, según las necesidades, luego estos encofrados se cortan del bloque o se obtienen como elementos

moldeados. Un método comúnmente utilizado es el sistema de bloques tipo LEGO que se aplica en gran parte de Europa y Estados Unidos.

Los encofrados para pared y techo de poliestireno expandido se obtienen mediante la introducción de los bloques en una estructura formada por una malla de acero galvanizado, después del montaje de los elementos de encofrado se rellenan los huecos con concreto, posteriormente y a continuación, se repella o se reviste el encofrado aislante con lo cual se consiguen, a través de la malla de acero, exteriores con un perfecto anclaje.

En Costa Rica este sistema no es frecuente y las estructuras presentes son de relleno, no cuentan con propiedades estructurales, sin embargo, está demostrado que los bloques de EPS tienen grandes propiedades de aislamiento y se utilizan como separación de ambientes complementados por un sistema tradicional tipo marco, sin embargo, el concreto chorreado se puede analizar tipo muro, por lo que hace que el material sea factible para la construcción de casas de 1 y 2 niveles según el código Sísmico.

En la imagen a continuación podemos observar el sistema constructivo con detalle.

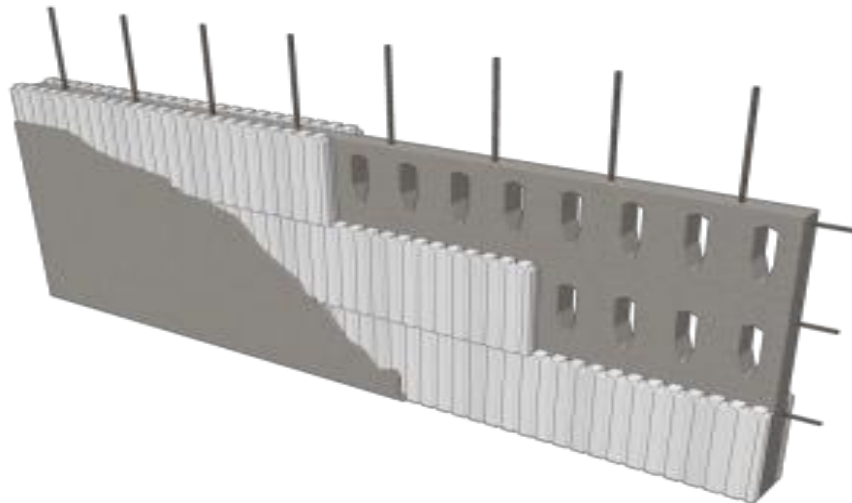


**Figura 7.** Bloque EPS o formaleta perdida  
**Fuente:** (Flexxblock, Bloque EPS, 2021)

### 2.3 Bloques EPS

Los paneles EPS, son bloques de poliestireno expandido huecos que se apilan en la forma de las paredes exteriores e interiores de una estructura, las cuales se encuentran reforzadas con acero transversal y horizontal lo que genera un muro de concreto con una formaleta perdida. Esto le permite alcanzar luces más amplias sin necesidad de apoyos cada 6 metros el sistema esta comparado al juego infantil LEGO, ya que la aplicación es la misma y consiste en el mismo proceso. Una vez que la estructura está completa se llena con hormigón el espacio hueco de los bloques. El resultado es un sistema de construcción muro/pared como se menciona anteriormente.

Las ventajas observadas, sobre las paredes tradicionales, están dadas por la eficiencia energética, fuerza y reducción de ruido. Los bloques de EPS han ganado popularidad por su rapidez en la construcción y eficiencia, lo que se traduce en menor costo de mano de obra, menos riesgos a la hora de construir, además de la facilidad de transporte.



**Figura 8.** Detalle de muro EPS  
**Fuente:** Ecotec Panamá, Detalle de muro EPS, (2018)

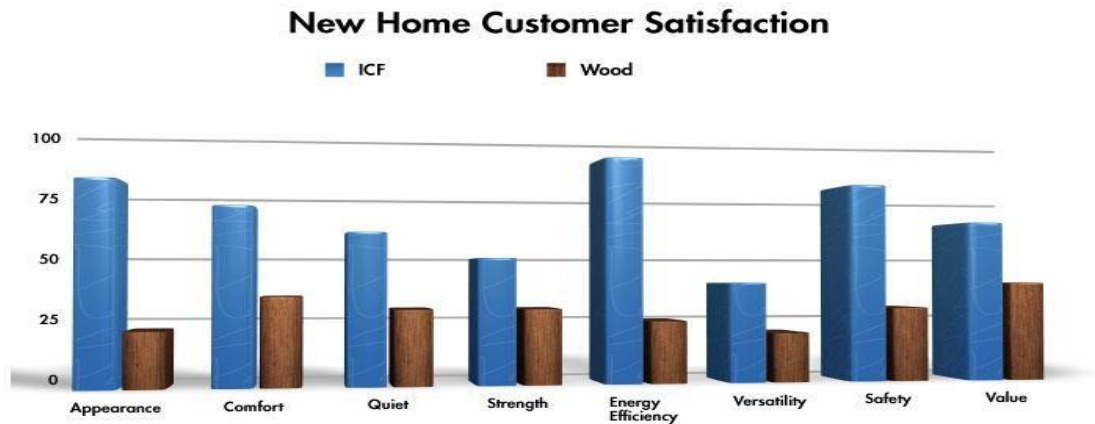
### 2.3.1 Propiedades

El modelo en la figura 8, muestra el producto final de cómo se verá una pared terminada de una construcción. El proceso constructivo de los bloques es sencillo se apilan hasta la altura requerida y se colocan los refuerzos, luego se chorrea el concreto y por último se dan los acabados al gusto del cliente. Las tuberías quedan por dentro y recubiertas en concreto protegiéndolas de cualquier factor externo que las pueda perjudicar.

El material cuenta con una gran cantidad de propiedades que lo diferencia de la competencia como:

- Resistente a Tornado, huracán y a terremotos
- 30-70% de ahorro en mano de obra y costos de materiales
- Los paneles de poliestireno expandido se pueden utilizar para construir prácticamente cualquier plan de vivienda, utilizando cualquier acabado de revestimiento.
- Reducción del 75% en la infiltración de aire exterior
- Cinco veces más silencioso que una casa con estructura de madera.

A continuación, se presenta una imagen del rendimiento de satisfacción de los clientes, en comparación con las casas de madera prefabricadas en estados unidos, donde analizan, las apariencias, comodidad, resistencia, eficiencia energética, versatilidad, seguridad, y valor de la casa en comparación con el sistema EPS.

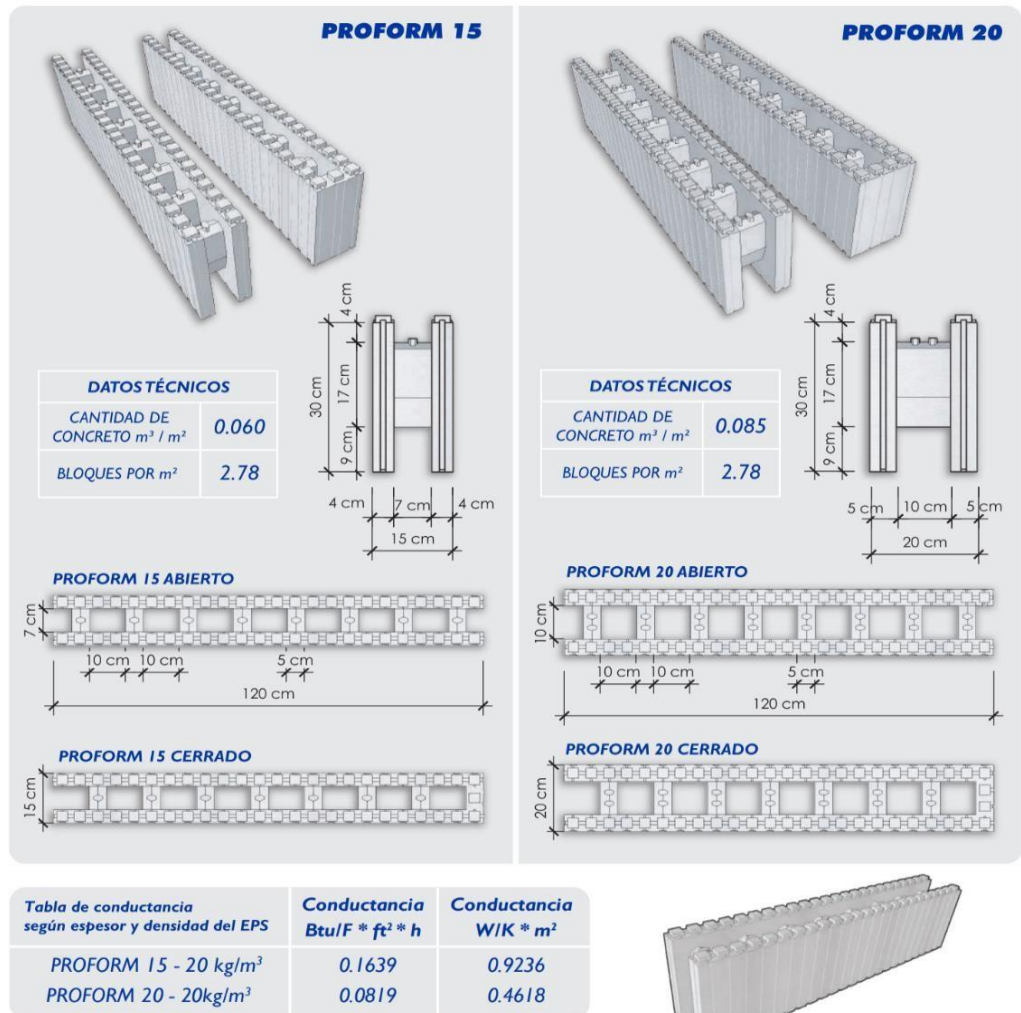


**Figura 9.** Comparación de satisfacción del sistema constructivo ICF con sistemas tradicionales en Estados Unidos.  
**Fuente:** BB Build Block, building systems, (2016)

### 2.3.2 Dimensiones

Los bloques pueden tener diferentes dimensiones, no obstante, a los efectos de este proyecto se tomarán en cuenta los bloques PROFORM proporcionados por ECOTEC, ya que por su ubicación en Panamá es la más próxima a Costa Rica y los que tiene ingreso al país actualmente. Los bloques de interés para el proyecto son de dos tipos, de 15 y 20 cm de espesor con una altura de 30 cm y 120 cm de largo, como lo estipula la ficha técnica presentada a continuación.





**Figura 10. Dimensiones Bloques EPS**  
**Fuente: Ecotec, Panamá (,2020)**

## 2.4 Concreto Prefabricado

Se le llama concreto prefabricado al concreto producido en plantas industriales, ya que en las mismas se pueden establecer a conveniencia los factores necesarios para el curado del concreto. Entre algunos de los factores a tomar en cuenta se

encuentran los factores ambientales que influyen en los vacíos, así como también la calidad de los agregados, agua y aditivos.

El concreto prefabricado es un material constructivo que se obtiene del mezclado, vaciado y curado del concreto en moldes reusables. El material que resulte de dichos moldes es transportado al sitio de construcción, para así comenzar con la obra siguiendo las pautas estipuladas por los ingenieros y cumpliendo el código sísmico y así conformar una estructura. Gracias a la producción industrializada del concreto se obtiene un material constructivo de calidad que posee mejor resistencia mecánica, resistencia a la corrosión, una superficie de acabado superior y mayor adherencia.

#### **2.4.1 Elementos**

El concreto prefabricado se puede construir de distintas formas como las piezas de concreto reforzado que llevan elementos adicionales con armadura de acero o con fibras metálicas, sintéticas o naturales o también de concreto presforzado. A su vez, estas piezas pueden tratarse de elementos estructurales o no estructurales. Esto quiere decir que los elementos prefabricados en situaciones específicas no aportan resistencia a la estructura. Los principales elementos estructurales de concreto prefabricado que se elaboran son: vigas, columnas, losas, paneles de muros de carga, pilotes, cabezas de pilotes y vigueta.

En Costa Rica, los materiales más utilizados en prefabricado son los bloques de mampostería, los cuales están avalados por el código sísmico y el Colegio de Ingenieros y Arquitectos, por otra parte, las baldosas cuentan con una gran popularidad, por su costo y su facilidad constructiva. Cabe destacar también que estéticamente los bloques tienen mejores propiedades, pero su colocación requiere de una mano de obra calificada y por otra parte, el precio es mayor que los otros sistemas mencionados anteriormente.

### 2.4.1.1. Concreto presforzado

Se entiende como concreto presforzado, la creación de esfuerzos internos permanentes en un estructura o sistema con el objetivo de mejor su desempeño. Cabe mencionar que, a un concreto al que se ha incorporado mecánicamente esfuerzos internos con el fin de reducir su debilidad a los esfuerzos de tracción provocados por las cargas, puede presentar problemas si no se encuentra en un ambiente controlado por lo que se recomienda que se realice en plantas industriales.

Para presforzar al concreto se utilizan técnicas de pretensado y de postensado, En estas técnicas se usan cables de acero para inducir esfuerzos internos en el material, como lo muestra la figura.



**Figura 11.** Sistema de presforzado de concreto

**Fuente:** ARGOS 360, Presforzado, (2019)

### 2.4.1.2 Pretensado

En este proceso los refuerzos de acero son instalados antes de que se cole el elemento, previo a esto se debe tensar a cierta magnitud los tendones. Una vez colado el concreto, se debe esperar a obtener la resistencia requerida para poder liberar la muestra y transportarla al sitio de construcción

### **2.4.1.3 Postensado**

En cuanto al postensado dichos tendones son esforzados a una magnitud dada cuando el concreto se ha endurecido en el molde de prefabricación. Esto quiere decir que los refuerzos son instalados previamente a la colada, por lo que los tendones se colocan a través de unos ductos que atraviesan los moldes. Y diferencia del otro sistema, cuando el elemento alcanza la resistencia deseada, la tensión en los tendones se mantiene durante toda la vida del elemento

## **2.5 Bloques de concreto prefabricado.**

Los bloques de concreto prefabricado tienen una forma de prisma rectangular con dos celdas verticales. Requieren de un diseño de mampostería previo a su instalación y de mano de obra calificada. Este sistema es un sistema complejo a la hora de construir, ya que tiene ciertos requisitos para su manipulación y su ejecución en obra. Estos bloques deben cumplir con la norma ITE 06-03-01 y esta norma tiene como objetivo, establecer los requisitos de las unidades de mampostería hueca y de concreto para uso estructural.

### **2.5.1 Propiedades**

La ventaja de este tipo de bloques es que las propiedades son constantes y facilita el diseño estructural al ser un sistema de mampostería integrada mucho más factible para el diseño de viviendas unifamiliares. Algunas de las propiedades más importantes que debemos conocer de los bloques de concreto prefabricado son las siguientes:

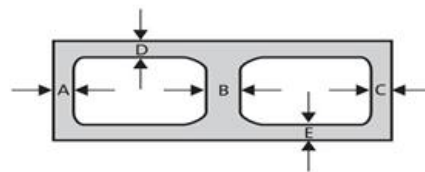
- Resistencia a la compresión: 133 kg/cm<sup>2</sup>.
- Valor mínimo individual: 121 kg/cm<sup>2</sup>.
- Absorción: 10% y en valor máximo individual 11%.
- Tolerancia dimensional: las medidas tienen tolerancia de +/- 3mm.

## 2.5.2 Dimensiones

En cuanto a las dimensiones el bloque tradicional de concreto prefabricado cuenta con 3 tipos de medidas. El primero consta de un bloque más delgado de dimensiones de 12x20x40 que es utilizado en donde las cargas son bajas ya sea como para separar espacios o de linderos. Por otro lado, está el bloque más utilizado que es de 15x20x40, en este bloque se realizan la mayoría de los estudios ya que cumple con los requisitos mínimos estipulados en el código sísmico en cuanto a la construcción de casas y por último el bloque de 20x20x40, que es utilizado con fines más estructurales y tiene un mejor desempeño bajo carga ya que la superficie es mayor.



En todos los casos, se necesitan 12.5 bloques/m<sup>2</sup> de pared.



**Figura 12.** Dimensiones bloques prefabricados concreto.  
Fuente: (Productos de concreto, 2018)

## **2.6. Sistema Estructural**

Se denomina un sistema estructural, al conjunto de elementos vinculados entre sí, que logran resistir su propio peso. Estos se encargan de transmitir las cargas de las edificaciones a los apoyos con el fin de lograr equilibrio, estabilidad y sin sufrir deformaciones. A los fines de esta investigación, el sistema de interés es tipo muro ya que el material funciona como un medio de contención para el concreto. En otras palabras, al funcionar el bloque de poliestireno expandido como formaleta perdida, permite calcular el muro como un material por si solo y con los refuerzos requeridos estipulados en el capítulo 4 del Código sísmico, que especifica los requisitos básicos para proteger la vida de los ocupantes y transeúntes y se debe minimizar la ocurrencia de daños en la estructura y los sistemas capaces de interrumpir los servicios o funciones del edificio.

### **2.6.1 Muro**

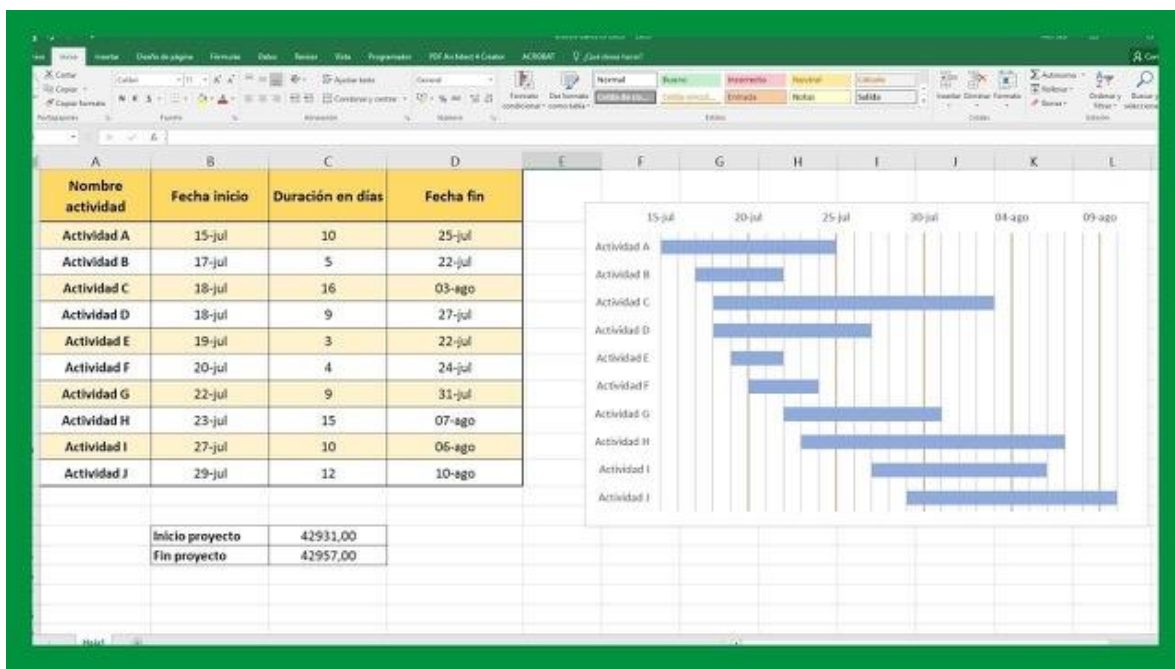
Las estructuras con muros portantes incluyen un tipo de estructuras donde los elementos verticales resistentes son los muros, y no los pilares como en el caso de las estructuras de hormigón armado; es decir que el elemento que recibe las cargas posee una de sus dimensiones de un grosor muy inferior a la longitud y permiten soportar tramos más largos de carga.

Según el Código sísmico CSC-2010, se incluye en la clasificación de estructura con muros, edificaciones que resisten las fuerzas sísmicas por medio de sistemas sismorresistentes constituidos por marcos arriostrados de concreto reforzado, acero o madera, muros de concreto, mampostería reforzada, o la combinación de sistemas sismorresistentes vinculados o no por medio de un sistema horizontal o entrepiso de concreto reforzado, acero u otros, en cada nivel.

## 2.7 Análisis de tiempos de construcción

El análisis de tiempo de construcción, es una de las técnicas más utilizadas para elevar la productividad de los trabajadores de una empresa. Esto funciona como una revisión sistemática de los métodos para realizar las actividades con el fin de mejorar la utilización de los recursos y establecer las normas de rendimiento más acorde para la actividad que se desea realizar. Esta actividad implica establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada con base a una medición del trabajo.

Para poder hacer uso eficaz de los análisis de tiempo de construcción y facilitar un cronograma de obra en el que se lleve el diagrama de manera clara y puntal se utilizan programas de computación como lo es el Project, que se encarga de manejar las tareas de cualquier trabajo requerido según su tiempo, pero también se puede realizar a través de un diagrama de Gantt a través de Excel



**Figura 13. Diagrama de Gantt en Excel**  
**Fuente: Elaboración propia**

## **2.8 Análisis de Costos de construcción**

El análisis de costo de una construcción, está basado en un presupuesto según el rendimiento de una cuadrilla establecida, para lo cual se toman en cuenta, los materiales, el tiempo de obra y los gastos adicionales que pueden aparecer sobre la marcha. Para efectos de costos, es necesario resaltar que los márgenes de error pueden variar dependiendo del método utilizado para el cálculo del costo de la obra. Por otra parte, para fines comparativos se usan los datos brindados por el INA sobre rendimientos de operarios con el fin de disminuir el margen de error.

### **2.8.1 Etapas**

Las etapas para realizar un presupuesto pueden variar dependiendo del sistema que se utilice por lo general existen cinco pasos de mayor importancia en cuanto a lo que es construcción que se deben tener en cuenta como los mencionados a continuación.

- Analizar calendario de disponibilidad para la presentación de la propuesta.
- Lista de materiales a utilizar.
- Análisis de las bases de la licitación.
- Analizar las condiciones de la obra
- Proveer de un listado de precios actualizados de mano de obra y materiales

### **2.8.2 Costos directos**

Los costos directos son los costos necesarios para realizar cada actividad. Estos están conformados por tres secciones dependiendo del tipo de ítem y actividad que se desea realizar. Las secciones se refieren a la mano de obra involucrada en cada ítem de la actividad, los materiales puestos en obra, y la maquinaria o herramientas que se utilicen en dichas actividades. El presupuesto debe incluir un detalle de cada



uno de los elementos compuestos por la obra y es de suma importancia para poder evitar errores de presupuesto a futuro.

A continuación de adjunta una imagen de un presupuesto detallado donde se analizan los costos de materiales de una sección de la obra.

Políticas de la empresa				% participación de Ventas	
Costo de Venta	35%			Matriz	70%
Inventario de seguridad	1500			Sucursal	30%
Politica de compras	50%	del CV del mes siguiente			

Unidades a Vender Anual	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Matriz	\$ 12,504.10	\$ 10,645.60	\$ 7,161.00	\$ 9,580.20	\$ 8,752.80	\$ 7,861.70	\$ 10,222.80
Sucursal	\$ 5,358.90	\$ 4,562.40	\$ 3,069.00	\$ 4,105.80	\$ 3,751.20	\$ 3,369.30	\$ 4,381.20
<b>Total de Ventas</b>	<b>\$ 17,863.00</b>	<b>\$ 15,208.00</b>	<b>\$ 10,230.00</b>	<b>\$ 13,686.00</b>	<b>\$ 12,504.00</b>	<b>\$ 11,231.00</b>	<b>\$ 14,604.00</b>

Presupuesto de Compras							
Unidades a Vender Anual	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Inventario Final	\$ 4,161.40	\$ 3,290.25	\$ 3,895.05	\$ 3,688.20	\$ 3,465.43	\$ 4,055.70	
Costo de ventas (CV)	\$ 6,252.05	\$ 5,322.80	\$ 3,580.50	\$ 4,790.10	\$ 4,376.40	\$ 3,930.85	\$ 5,111.40
<b>Total Necesario</b>	<b>\$ 10,413.45</b>	<b>\$ 8,613.05</b>	<b>\$ 7,475.55</b>	<b>\$ 8,478.30</b>	<b>\$ 7,841.83</b>	<b>\$ 7,986.55</b>	<b>\$ 5,111.40</b>
- Inventario Inicial	\$ 4,626.03	\$ 4,161.40	\$ 3,290.25	\$ 3,895.05	\$ 3,688.20	\$ 3,465.43	
<b>Total de Compras</b>	<b>\$ 5,787.43</b>	<b>\$ 4,451.65</b>	<b>\$ 4,185.30</b>	<b>\$ 4,583.25</b>	<b>\$ 4,153.63</b>	<b>\$ 4,521.13</b>	

**Figura 14. Ejemplo de presupuesto de compras**  
**Fuente: Mil formatos, Presupuesto de compras, (2018)**

### 2.8.3 Costos indirectos

Son los gastos generales que permiten la ejecución de los trabajos que atañen al proyecto de obra civil. Se refiere a los gastos de administración, dirección técnica, organización, vigilancia, transporte de maquinarias, equipos de construcción, construcción de instalaciones generales más los costos operativos en general.

**CAPITULO III**  
**MARCO METODOLOGICO**

## CAPITULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Definición del enfoque y método de investigación

Se trata de una investigación descriptiva de carácter cuali- cuantitativo y naturaleza comparativa. Se define como descriptiva porque se busca especificar los componentes, dimensiones y propiedades importantes de un fenómeno objeto de análisis, en este caso procesos constructivos. Así mismo, se describe como mixta porque se tomarán en cuenta datos tanto cualitativos como cuantitativos, para establecer una comparación entre un sistema convencional de construcción y uno alternativo.

Este trabajo de investigación, se plantea en cuatro etapas. Una primera, que consiste en la revisión teórica de la ventajas y desventajas de cada uno de los métodos de construcción propuestos, así como la experiencia de construcción con el sistema ICF en otros países y de esa forma generar un análisis crítico desde el punto de vista estructural. En la segunda etapa, se realiza un presupuesto detallado para establecer la diferencia de precio en lo que respecta a la parte estructural de una construcción de bloques convencionales y los bloques del sistema PROFORM, en tal sentido se analizan los costos directos e indirectos y el cronograma de obra para comparar costos por m<sup>2</sup>. En la tercera etapa, el cronograma de obra, permite establecer las diferencias en tiempos de ejecución, utilizando Excel, mediante el diagrama de Gantt y se analiza rendimiento también. En la cuarta y última etapa, con la totalidad de la información obtenida se genera un análisis, por medio del cual se compara en términos económicos, una construcción convencional y una construcción con el sistema ICF, estableciendo la factibilidad económica de esta última en Costa Rica.

A continuación, se describen las etapas mencionadas, indicando algunas actividades y los instrumento o recursos a utilizar.

**Tabla 1.** Etapas y actividades de la investigación

<b>Etapa</b>	<b>Actividades</b>	<b>Instrumentos o recursos</b>
Etapa I	Revisión y análisis de ventajas y desventajas de cada método de construcción, con base a lo descrito en fichas técnicas e investigaciones previas	Fuentes bibliográficas, documentos, tesis, fichas técnicas
Etapa II	Consultas varias Precios unitarios materiales Determinación de actividades constructivas en cada sistema Determinación de las cantidades de obra en cada sistema Análisis precio unitario para cada actividad constructiva. Análisis costos directos- indirectos Rendimiento Presupuesto general	Excel - Diagrama Gantt
Etapa III	Comparación de los plazos de ejecución	Diagrama Gantt Excel
Etapa IV	Establecimiento de la factibilidad económica del sistema ICF en Costa Rica.	Excel - documentos, tesis, fichas técnicas

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.2 Sujetos y fuentes de información

Este trabajo de investigación está basado en diversas fuentes de información, donde resaltan investigaciones y trabajos de tesis de varios países latinoamericanos con experiencia en el sistema. Así mismo entrevistas con expertos en el sistema ICF. Por otra parte, también se tomaron en cuenta las fichas técnicas de los diferentes materiales.

#### 3.2.1 Sujetos de investigación

**Tabla 2.** Sujetos de investigación

Empresa	Especialidad	Tema de colaboración
Grupo ISOTEX (ECOTEC)	Equipo industrial dedicado a la producción de materiales y componentes de poliestireno expandido (EPS), para la industria de la construcción.	Sobre el bloque PROFORM. (Sistema de encofrado perdido para paredes y muros portantes, fabricado con EPS de alta densidad, que permite construir muros de concreto armado e forma rápida y sencilla.

Empresa	Especialidad	Tema de colaboración
FOXBLOCKS	Especialistas en encofrados de hormigón aislado, diseñados en diferentes combinaciones garantizando integridad estructural para diferentes necesidades en construcción.	Variables como <i>Man Hour Rates</i> (MHR) y lo relativo a rendimiento.

**Fuente:** *Elaboración Propia*

### 3.2.2 Fuentes de información

**Tabla 3.** Matriz de fuentes de información

Titulo	Autor	Año	País	Resumen
ACI 318-19	American Concrete Institute	2019	Estados Unidos	El código proporciona requisitos mínimos para la construcción de estructuras y a su vez proporciona los métodos para el desarrollo

Construcción de vivienda social mediante sistemas de paneles ICF tipo bloque	Camila Andrea San Martin Gonzales	2019	Chile	Tiene como objetivo comparar los sistemas constructivos mediante paneles ICF y de albañilería en proyecto de viviendas sociales evaluando las variables costo/plazo para comprobar que la construcción con paneles ICF
Comparativa en efectividad del sistema de construcción convencional	Manuel Claudio Rodríguez	O. 2014	Puerto Rico	Utiliza análisis comparativo de costo y rendimiento para la selección de un sistema de construcción de residencias verdes (RV) apropiado a los parámetros de construcción
Sistemas constructivos y estructurales aplicados al desarrollo habitacional	Yubely Aleida Perea Rentería	2012	Colombia	Tiene por objeto dar a conocer el uso de diversos sistemas constructivos y estructurales existentes, mostrando la producción masiva de viviendas de bajo costo como un modelo base para el diseño y ejecución.

**Fuente:** *Elaboración Propia*

### 3.3 Definición de variables

A continuación, se definen a los fines de esta investigación las definiciones conceptual y operativa de las variables involucradas.

**Tabla 4.** Operacionalización de las variables

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operativa</b>
Cronograma de obra	Documento donde se define el calendario de ejecución de un conjunto de actividades previstas. Se puede hacer en función de meses y partidas o por días y conceptos.	Se refiere tanto a la fecha de inicio como el plazo de ejecución y describe la programación de cada una de las partes que la componen para así determinar los plazos estimados de la ejecución de la obra
Presupuesto	Es el cálculo monetario que se estima para la construcción de un proyecto. Está compuesto por una composición cualitativa y cuantitativa de todo lo que se necesitará, los precios de cada elemento y valor aproximado.	A los fines de este estudio, el presupuesto toma en cuenta los costos de totales de la construcción y esto abarca los costos directos e indirectos
Costos directos	Son todos los gastos que estén directamente relacionados con la obra de construcción	Se refiere a los costos de la construcción de la obra, adquisición de tierra, servicios, incluyen sanitarios y alcantarillado pluvial, líneas de agua, de gas y eléctrico, nivelación del sitio, control de erosión y sedimentación, pavimento de las calles, bordillos, cunetas y aceras, etc.
Costos indirectos	Son los gastos generales que permiten la ejecución de los trabajos que atañen al proyecto de obra civil.	Se refiere a los gastos de administración, dirección técnica, organización, vigilancia, transporte de maquinarias, , equipos de construcción, construcción de instalaciones generales más los costos operativos en general.

Rendimientos	Es la actividad ejecutada al 100% en la que participa una cuadrilla, compuesta por uno o varios operarios de una o más especialidades, dependiendo del tipo de trabajo.	El rendimiento de la obra depende del tiempo que demoren los operarios en sacar la tarea definida. Es decir, la cantidad de trabajo que desarrolla el personal que interviene directamente en la ejecución del concepto de trabajo por jornada de ocho horas.
--------------	---	---

***Fuente: Elaboración Propia***

### **3.4 Instrumentos y técnicas utilizadas en la recolección de los datos**

De acuerdo a la naturaleza de la investigación y los recursos disponibles, la técnica de recolección de datos utilizadas, fueron el análisis documental y la observación no experimental, para lo cual se llevó un control de registro de datos. La recolección de datos, se complementó también con entrevistas no estructuradas con expertos en el área, específicamente del grupo ISOTEX.

### **3.5 Sustentación de la confiabilidad y validez de los instrumentos de la investigación**

En razón del tipo de investigación, no se requirió aplicar ni encuestas o cuestionarios, por lo que los datos obtenidos derivan de cálculos de presupuestos reales, en este caso para vivienda unifamiliar, tanto bajo el sistema ICF, como en sistema convencional de bloque prefabricado. Los precios del material ICF serán los especificados por ISOTEC e incluirán todos los costos de impuestos para ingresar a Costa Rica y el precio de transporte hasta la frontera con Panamá.



**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS**

## RESULTADOS

A continuación, se presentan tablas y figuras, sobre los aspectos estructurales tales como fundaciones, muros, tapicheles, columnas, vigas y extras, así como también lo relativo a la mano de obra y rendimiento tanto del sistema ICF como en mampostería.

A tal fin se muestran algunas herramientas de cálculo, como la de Acero Abono agro, bajo las normas de fabricación ASTM A-615 Grado 40 y ASTM A-706 Grado 60.

**Tabla 5.** Herramientas de cálculo de Varilla deformada

VARILLA DEFORMADA					
Numero Varilla	Diametro Pulgadas	Diametro Nominal mm	Peso Nominal Kg/m		
3	3/8	9,52	0,560		
4	1/2	12,70	0,993		
5	5/8	15,88	1,552		
6	3/4	19,05	2,235		
7	7/8	22,22	3,042		
8	1	25,40	3,973		
9	1 1/8	28,65	5,060		
10	1 1/4	32,26	6,403		
11	1 3/8	35,81	7,900		

Disponibilidad del Producto					
Norma ASTM A 615			Norma ASTM A 706		
Grado 40 6m	Grado 40 9m	Grado 40 12m	Grado 60W 6m	Grado 60W 9m	Grado 60W 12m
●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●
●	●	●	●	●	●
			●	●	●
			●	●	●
			●	●	●
			●	●	●
			●	●	●

**Fuente:** Acero Abono Agro

Cabe destacar otra importante herramienta como el cálculo de rendimiento horas hombre de Foxblocks, que se muestra a continuación.

**Tabla 6.** Rendimiento horas /hombre

	MRH	JOB TYPE
1	1 .055 or less	Very efficient crew building a simple job with less than six
2	2 .06 .065 .07	Corners, less than four openings and few or no embeds. Average job with less than eight corners, less than eight openings, and less than eight embeds.
2	3 .075 .08 .085	Most common MHR for new crews on moderate or large jobs. This covers complex residential jobs with 12 or less corners. This MHR area also works with large commercial jobs with basic 16" o/c rebar and few openings.
4	4 .085 .095 .10 .105	Very complex residential jobs with 12 or more corners and many openings and embeds. Also includes commercial jobs with many openings and embeds or more than 3 levels in height.
5	5 .11 and over	Jobs with at least three of the following: More than 8 short corners (30" or less), high seismic rebar design, more than 20 openings, many embeds, extreme weather, using the wrong scaffold for wall height, over 3 levels in height.

**Fuente:** Foxblocks.com

**Formula:**  $(m^2(MHR) = \text{Horas Hombre para completar el trabajo})$

## PRESUPUESTO MAMPOSTERIA

### Estructural Mampostería

**Tabla 7.** Cantidad y costos de fundaciones

FUNDACIONES			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	U	COSTO DE MATERIAL
Concreto Losa de Fundación y vigas Nervadura	13,0	m3	€ 83 000,00
Formaleta	34,3	m	€ 6 000,00
Varilla #3	15,00	un	€ 2 430,00
Varilla #2	21,00	un	€ 1 500,00
Malla electrosoldada	7,00	un	€ 26 000,00
Alambre Negro	5,00	kg	€ 1 000,00
Rellenos de lastre	30,10	m3	€ 16 000,00

**Fuente:** Elaboración propia

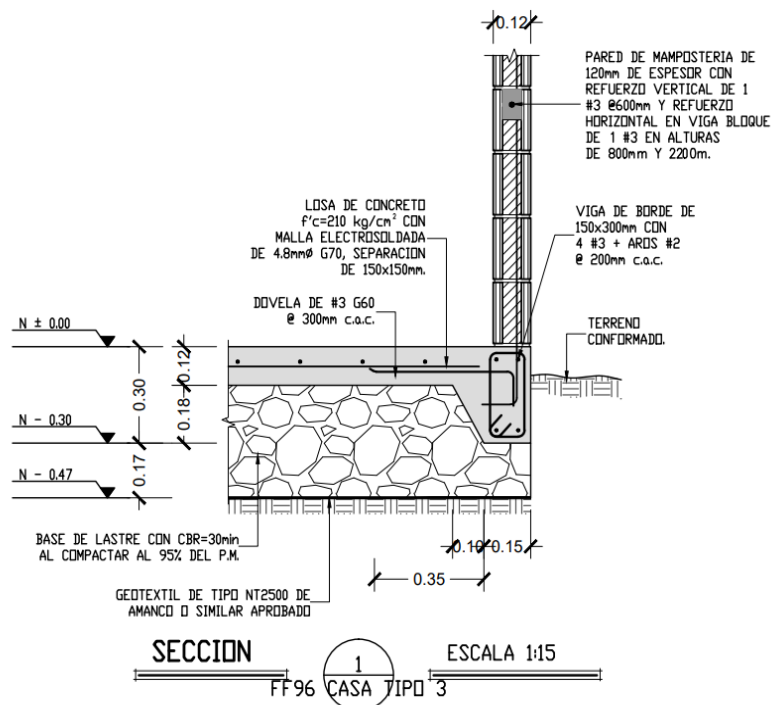


Figura 15. Fundaciones

Tabla 8. Costo total fundaciones

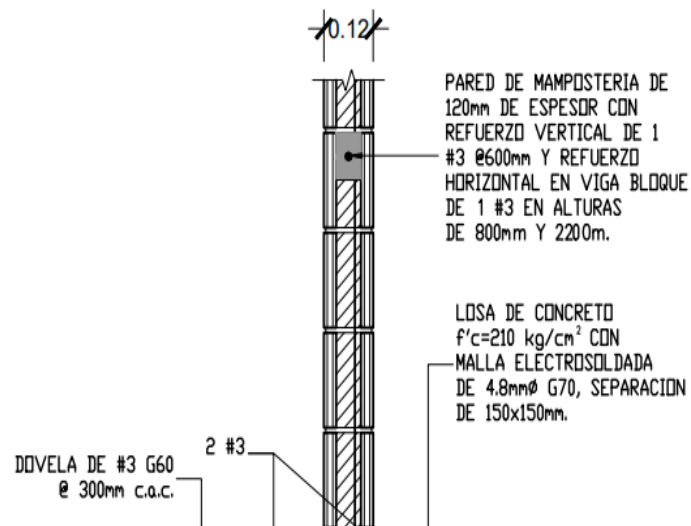
TOTALES FUNDACIONES	
TOTAL MATERIAL	
	¢ 1 082 975,95
	¢ 205 500,00
	¢ 36 450,00
	¢ 31 500,00
	¢ 182 000,00
	¢ 5 000,00
	¢ 481 622,40
	<b>¢ 2 025 048,35</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 9.** Cantidad y costos de muros

<b>MUROS</b>			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	U	COSTO DE MATERIAL
Bloques de 12 x 20 x 40 cm	1 404,00	un	¢ 435,00
Codales	10,12	Var	¢ 700,00
Varilla #3	62,00	un	¢ 2 430,00
Alambre negro	11,00	kg	¢ 1 000,00
Concreto de relleno $f_c=180\text{kg/cm}^2$ (incluye 10% desperdicio)	12,13	m <sup>3</sup>	¢ 78 000,00
Pegablock tipo M (8 bloques por saco)	176,00	un	¢ 3 300,00

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 16.** Muros

**Tabla 10.** Costo total muros

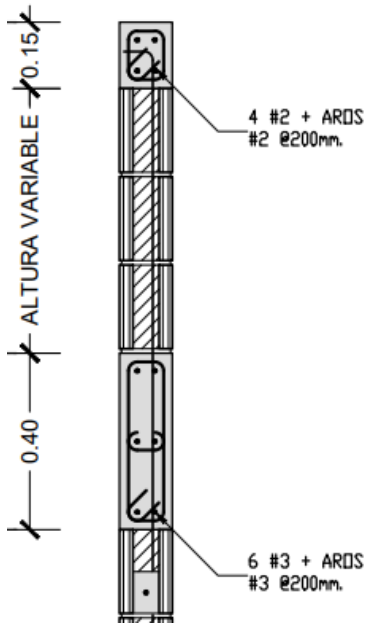
<b>TOTALES MUROS</b>	
<b>TOTAL MATERIAL</b>	
	¢ 610 740,00
	¢ 7 084,34
	¢ 150 660,00
	¢ 11 000,00
	¢ 946 183,68
	¢ 580 800,00
	<b>¢ 2 306 468,02</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 11.** Cantidad y costos de tapicheles

<b>TAPICHEL</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>U</b>	<b>COSTO DE MATERIAL</b>
Bloques de 12 x 20 x 40 cm	202,50	un	¢ 435,00
Codales	10,12	m2	¢ 700,00
Varilla #3	6,00	un	¢ 2 430,00
Alambre negro	2,00	kg	¢ 1 000,00
Concreto de relleno fc=180kg/cm2 (incluye 10% desperdicio)	1,75	m3	¢ 78 000,00
Pegablock tipo M (8 bloques por saco)	26,00	un	¢ 3 300,00

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 17.** Tapichel

**Tabla 12.** Costo total tapicheles

TOTAL MATERIAL	
	¢ 88 087,50
	¢ 7 084,34
	¢ 14 580,00
	¢ 2 000,00
	¢ 136 468,80
	¢ 85 800,00
	<b>¢ 334 020,64</b>

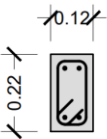
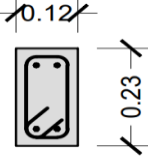
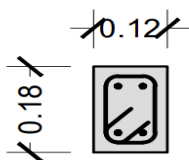
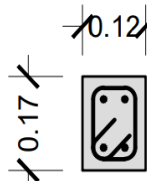
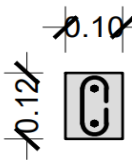
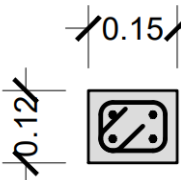
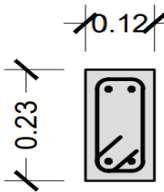
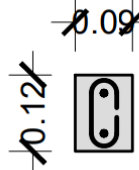
**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 13.** Cantidad y costos de columnas

<b>COLUMNAS</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>U</b>	<b>COSTO DE MATERIAL</b>
Columna C1			
	2		
Concreto	0,1	m3	¢ 83 000,00
Formaleta	2,0	m2	¢ 1 500,00
Varilla #2	4,00	un	¢ 1 500,00
Varilla #3	4,00	un	¢ 2 430,00
Alambre Negro	1,00	kg	¢ 1 000,00
Columna C2			
	1		
Concreto	0,1	m3	¢ 83 000,00
Formaleta	1,0	m2	¢ 1 500,00
Varilla #2	2,00	un	¢ 1 500,00
Varilla #3	2,00	un	¢ 2 430,00
Alambre Negro	1,00	kg	¢ 1 000,00
Columna C3			
	1		
Concreto	0,05	m3	¢ 83 000,00
Formaleta	1,0	m2	¢ 1 500,00
Varilla #2	2,00	un	¢ 1 500,00
Varilla #3	2,00	un	¢ 2 430,00
Alambre Negro	1,00	kg	¢ 1 000,00
Columna C4			
	1		
Concreto	0,04	m3	¢ 83 000,00
Formaleta	1,00	m2	¢ 1 500,00
Varilla #2	1,00	un	¢ 1 500,00
Varilla #3	2,00	un	¢ 2 430,00
Alambre Negro	1,00	kg	¢ 1 000,00
Columna C5			
	1		
Concreto	0,03	m3	¢ 0,00
Formaleta	1,0	m2	¢ 0,00
Varilla #2	2,00	un	¢ 0,00
Alambre Negro	1,00	kg	¢ 0,00
Columna C6			
	1		
Concreto	0,04	m3	¢ 83 000,00
Formaleta	1,0	m2	¢ 1 500,00
Varilla #2	1,00	un	¢ 1 500,00
Varilla #3	2,00	un	¢ 2 430,00
Alambre Negro	1,00	kg	¢ 1 000,00
Columna C7			
	1		
Concreto	0,06	m3	¢ 83 000,00
Formaleta	1,0	m2	¢ 1 500,00
Varilla #2	2,00	un	¢ 1 500,00
Varilla #3	2,00	un	¢ 2 430,00
Alambre Negro	1,00	kg	¢ 1 000,00
Columna C8			
	1		
Concreto	0,03	m3	¢ 83 000,00
Formaleta	1,0	m2	¢ 1 500,00
Varilla #2	2,00	un	¢ 1 500,00
Alambre Negro	1,00	kg	¢ 1 000,00

**Fuente:** Elaboración propia



 <p>4 #3 + ARDS #2 @ 150mm. COLUMNNA C1</p>	 <p>4 #3 + ARDS #2 @ 150mm. COLUMNNA C2</p>
 <p>4 #3 + ARDS #2 @ 150mm. COLUMNNA C3</p>	 <p>4 #3 + ARDS #2 @ 150mm. COLUMNNA C4</p>
 <p>2 #2 + GANCHOS #2 @ 100mm. COLUMNNA C5</p>	 <p>4 #3 + ARDS #2 @ 150mm. COLUMNNA C6</p>
 <p>4 #3 + ARDS #2 @ 150mm. COLUMNNA C7</p>	 <p>2 #2 + GANCHOS #2 @ 100mm. COLUMNNA C8</p>

**Figura 18. Columnas**

<b>TOTAL MATERIAL</b>	
	¢ 9 203,04 ¢ 3 000,00 ¢ 6 000,00 ¢ 9 720,00 ¢ 1 000,00
	¢ 4 810,68 ¢ 1 500,00 ¢ 3 000,00 ¢ 4 860,00 ¢ 1 000,00
	¢ 3 764,88 ¢ 1 500,00 ¢ 3 000,00 ¢ 4 860,00 ¢ 1 000,00
	¢ 3 555,72 ¢ 1 500,00 ¢ 1 500,00 ¢ 4 860,00 ¢ 1 000,00
	¢ 0,00 ¢ 0,00 ¢ 0,00 ¢ 0,00
	¢ 3 137,40 ¢ 1 500,00 ¢ 1 500,00 ¢ 4 860,00 ¢ 1 000,00
	¢ 4 810,68 ¢ 1 500,00 ¢ 3 000,00 ¢ 4 860,00 ¢ 1 000,00
	¢ 2 091,60 ¢ 1 500,00 ¢ 3 000,00 ¢ 1 000,00
	<b>¢ 105 394,00</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 15. Cantidad y costos de vigas**

<b>VIGAS</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>U</b>	<b>COSTO DE MATERIAL</b>
Viga 1			
Concreto	0,4	m3	€ 83 000,00
Formaleta	3,1	m2	€ 1 500,00
Varilla #2	7,00	un	€ 1 500,00
Varilla #3	13,00	un	€ 2 430,00
Alambre Negro	3,00	kg	€ 1 000,00
Viga 2			
Concreto	0,4	m3	€ 83 000,00
Formaleta	7,0	m2	€ 1 500,00
Varilla #3	15,00	un	€ 1 500,00
Alambre Negro	3,00	kg	€ 2 430,00
Viga 3			
Concreto	0,7	m3	€ 83 000,00
Formaleta	16,1	m2	€ 1 500,00
Varilla #2	19,00	un	€ 1 500,00
Varilla #3	36,00	un	€ 2 430,00
Alambre Negro	8,00	kg	€ 1 000,00
Viga 4			
Concreto	0,1	m3	€ 83 000,00
Formaleta	2,0	m2	€ 1 500,00
Varilla #2	2,00	un	€ 1 500,00
Varilla #3	3,00	un	€ 2 430,00
Alambre Negro	1,00	kg	€ 1 000,00
Viga 5			
Concreto	1,4	m3	€ 83 000,00
Formaleta	22,8	m2	€ 1 500,00
Varilla #2	22,00	un	€ 1 500,00
Varilla #3	41,00	un	€ 2 430,00
Alambre Negro	9,00	kg	€ 1 000,00
Viga 6			
Concreto	0,3	m3	€ 83 000,00
Formaleta	2,0	m2	€ 1 500,00
Varilla #2	5,00	un	€ 1 500,00
Varilla #3	11,00	un	€ 2 430,00
Alambre Negro	3,00	kg	€ 1 000,00

**Fuente:** Elaboración propia

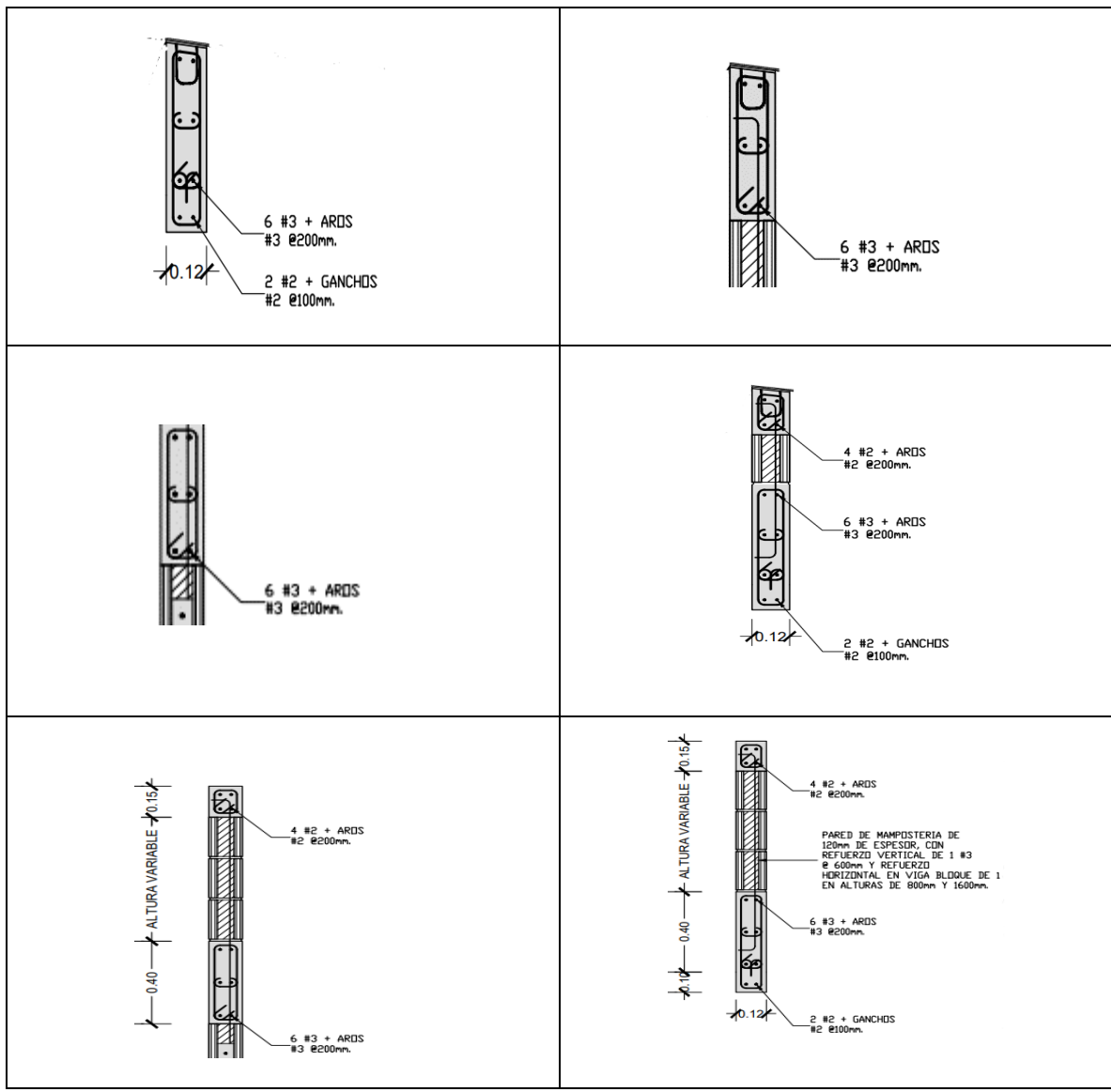


Figura 19. Vigas

Tabla 16. Costo total de vigas

<b>TOTALES VIGAS</b>	
<b>TOTAL MATERIAL</b>	
	¢ 31 025,40 ¢ 4 672,50 ¢ 10 500,00 ¢ 31 590,00 ¢ 3 000,00
	¢ 34 939,68 ¢ 10 560,00 ¢ 22 500,00 ¢ 7 290,00
	¢ 62 205,18 ¢ 24 090,00 ¢ 28 500,00 ¢ 87 480,00 ¢ 8 000,00
	¢ 7 340,52 ¢ 3 000,00 ¢ 3 000,00 ¢ 7 290,00 ¢ 1 000,00
	¢ 116 824,82 ¢ 34 254,00 ¢ 33 000,00 ¢ 99 630,00 ¢ 9 000,00
	¢ 21 364,20 ¢ 2 925,00 ¢ 7 500,00 ¢ 26 730,00 ¢ 3 000,00
	<b>¢ 742 211,30</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 17.** Cantidad y costos de extras

<b>EXTRAS</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>U</b>	<b>COSTO DE MATERIAL</b>
Codales	10,00	un	€ 700,00
Clavos	10,00	un	€ 4 000,00

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 18.** Costo total material extra

<b>TOTAL MATERIAL</b>
€ 7 000,00
€ 40 000,00
<b>€ 47 000,00</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 19.** Resumen de materiales en mampostería

<b>TABLA RESUMEN</b>	
<b>MATERIALES</b>	<b>€ 5 560 142,31</b>

*Fuente: Elaboración propia*

## MANO DE OBRA MAMPOSTERIA

**Tabla 20.** Mano de obra en cimentaciones, muros, columnas y vigas.

CIMENTACIONES									
Tareas	Personal	Precio/Hora	Num de P	Cantidad	U	Tiempo (h)	Dias	Precio Operario	TOTAL
Excavación	Peones	₡ 1 350,00	5	24	m3	17	2	₡ 169 008,22	₡ 169 008,22
Armadura	Operario	₡ 1 500,00	2	36	m	14	2	₡ 21 600,00	₡ 33 750,00
	Peones	₡ 1 350,00	3			9		₡ 12 150,00	
Colado de sello Pobre	Operario	₡ 1 500,00	2	6	m3	1	1	₡ 1 095,00	₡ 3 175,50
	Ayudante	₡ 1 500,00	2			1		₡ 1 095,00	
	Peones	₡ 1 350,00	3			8		₡ 985,50	
Colocación de armadura	Operario	₡ 1 500,00	2	2	m3	3	0	₡ 4 500,00	₡ 4 773,38
	Ayudante	₡ 1 350,00	2			0		₡ 273,38	
Colado de losa flotante	Operario	₡ 1 500,00	2	2	m3	2	1	₡ 2 625,00	₡ 10 527,00
	Peon	₡ 1 350,00	3			6		₡ 7 902,00	
TOTALES						61	6	₡ 316 364,76	

MUROS									
Tareas	Personal	Precio/Hora	Num de P	Cantidad	U	Tiempo (h)	Dias	Precio Operario	TOTAL
Paredes en blocks (12x20x40)	Operario	₡ 1 500,00	2	129	m2	64	12	₡ 192 780,00	₡ 539 784,00
	Peon	₡ 1 350,00	5	129		51		₡ 347 004,00	
Codales para iniciar una pared	Operario	₡ 1 500,00	2	11	U	3	0,5	₡ 9 240,00	₡ 17 556,00
	Peon	₡ 1 350,00	3	11		2		₡ 8 316,00	
TOTALES						121	12	₡ 796 996,20	

**Fuente:** Elaboración propia

COLUMNAS									
Tareas	Personal	Precio/ Hora	Num de P	Cantidad	U	Tiempo (h)	Dias	Precio Operario	TOTAL
Armadura Columnas	Operador	€ 1 500,00	2	19	m	9	1	€ 25 650,00	€ 48 735,00
	Ayudante	€ 1 350,00	3	19		6		€ 23 085,00	
Enconfrado de columnas	Operador	€ 1 500,00	2	19	m	14	2	€ 42 750,00	€ 79 942,50
	Peon	€ 1 350,00	5	19		6		€ 37 192,50	
Colado de Columnas	Operador	€ 1 500,00	2	0,4	m3	1	0,7	€ 1 803,06	€ 42 371,91
	Peon	€ 1 350,00	5	0,4		6		€ 40 568,85	
TOTALES						26	3	€ 244 600,66	

VIGAS									
Tareas	Personal	Precio/ Hora	Num de P	Cantidad	U	Tiempo (h)	Dias	Precio Operario	TOTAL
Viga Corona									
Armadura Vigas	Operador	€ 1 500,00	2	46	m	21	3	€ 61 870,50	€ 117 553,95
	Ayudante	€ 1 350,00	3	46		14		€ 55 683,45	
Enconfrado de Vigas	Operador	€ 1 500,00	2	46	m	34	5	€ 103 117,50	€ 192 829,73
	Peon	€ 1 350,00	5	46		13		€ 89 712,23	
Colado de Vigas	Operador	€ 1 500,00	2	2	m3	3	0,4	€ 8 249,40	€ 16 267,82
	Peon	€ 1 350,00	5	2		1		€ 8 018,42	
Vigas cargador									
Armadura Vigas	Operador	€ 1 500,00	2	6	m	3	0	€ 8 410,50	€ 15 979,95
	Ayudante	€ 1 350,00	3	6		2		€ 7 569,45	
Enconfrado de Vigas	Operador	€ 1 500,00	2	6	m	5	1	€ 15 886,50	€ 30 184,35
	Peon	€ 1 350,00	5	6		2		€ 14 297,85	
Colado de Vigas	Operador	€ 1 500,00	2	0,1	m3	0,1	0	€ 280,35	€ 552,85
	Peon	€ 1 350,00	5	0,1		0,0		€ 272,50	
Vigas Banquina									
Armadura Vigas	Operador	€ 1 500,00	2	4	m	2	0	€ 5 670,00	€ 10 773,00
	Ayudante	€ 1 350,00	3	4		1		€ 5 103,00	
Enconfrado de Vigas	Operador	€ 1 500,00	2	4	m	3	0	€ 7 560,00	€ 14 250,60
	Peon	€ 1 350,00	5	4		1		€ 6 690,60	
Colado de Vigas	Operador	€ 1 500,00	2	0,1	m3	0,1	0	€ 283,50	€ 559,06
	Peon	€ 1 350,00	5	0,1		0,04		€ 275,56	
TOTALES						105	10	€ 570 500,36	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 21. Rendimientos

RENDIMIENTOS INA MP															
Estructuras de Concreto	Unidad	Cuadrilla						Rendimiento (Horas / Hombre)							
		M.O	Alb	Carp	Arma	Font	Ayud	Peón	M.O	Alb	Carp	Arma	Font	Ayud	Peón
Excavación zanjas placa corrida	m <sup>3</sup>						1								3,54
Armadura de placa corrida -Vigas	m				1		1				0,8		0,75		
Colado de cimientos	m <sup>3</sup>	1					1	6,8							27,24
Colado de sello o cascote	m <sup>3</sup>	1					1	1,46					1,46		23,4
Confección de formaletas	m			1			1			0,3			0,25		
Colados de vigas/ fundación	m <sup>3</sup>	1	1				3	3,5	0,3						10,5
Colado de placas individuales	m <sup>3</sup>	1					1	1,75							8,78
Colocación de armadura	m <sup>3</sup>				1		1				3		0,25		
Colado de losa de entrepiso	m <sup>3</sup>	1	1				1	0,8	0,3				3,07		
Encofrado de muros	m <sup>2</sup>			1			1			0,3			1,54	1,54	
Colado de muro de concreto	m <sup>3</sup>	1					1	0,76					3,06		29,6
Colado de concreto en columnas	m <sup>3</sup>	1					5	3							15

Estructuras de Mampostería	Unidad	Cuadrilla						Rendimiento (Horas / Hombre)							
		M.O	Alb	Carp	Arma	Font	Ayud	Peón	M.O	Alb	Carp	Arma	Font	Ayud	Peón
Codales para iniciar una pared	UD			1				1			0,6				0,56
Paredes en blocks (12x20x40)	m <sup>2</sup>		1					1							2
Paredes en blocks (15x20x40)	m <sup>2</sup>		1					2	1,05						2,05
Paredes en blocks (20x20x40)	m <sup>2</sup>		1					2	1,15						2,15
Paredes en ladrillos de arcilla	m <sup>2</sup>		1					2	1,1						2,05
Repello fino	m <sup>2</sup>		1					1	1						0,75
Repello quemado	m <sup>2</sup>		1					1	1						0,5
Cizados	m <sup>2</sup>		1					1	1,25		3				0,5
Afinado	m <sup>2</sup>		1						0,8						
Paredes metálicas forradas	m <sup>2</sup>			1 soldador			2	3		0,75 soldador					0,75
Paredes de madera	m <sup>2</sup>			1							1,25		1,05		

Viagas de concreto Reforzado	Unidad	Cuadrilla						Rendimiento (Horas / Hombre)							
		M.O	Alb	Carp	Arma	Font	Ayud	Peón	M.O	Alb	Carp	Arma	Font	Ayud	Peón
Encofrado de viga corona	m			1			1			1,5			1,45		
Encofrado de viga cargador	m			1			1			1,7			1,7		
Encofrado de viga Banquina	m			1			1			1,2			1,18		
Encofrado de vigas de entrepiso	m			1			1			3,3			2,72		
Colocación de armaduras	m				1		1				0,5		0,5		
Colado de vigas	m <sup>3</sup>	1					3	2,5							0,9
Colocación de armaduras	m				1		1				0,9		0,9		
Colado de losas y vigas	m <sup>3</sup>	1					3	2,5					7,5		0,9
Armadura	m				1		1				0,9		0,9		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Personal disponible

Peones	3
Ayudantes	2
Albaniles	2
TOTAL	7

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23.** Resumen costos mano de obra

TABLA RESUMEN	
COSTO MANO DE OBRA	₡1 928 461,98
HORAS	313
DIAS	31

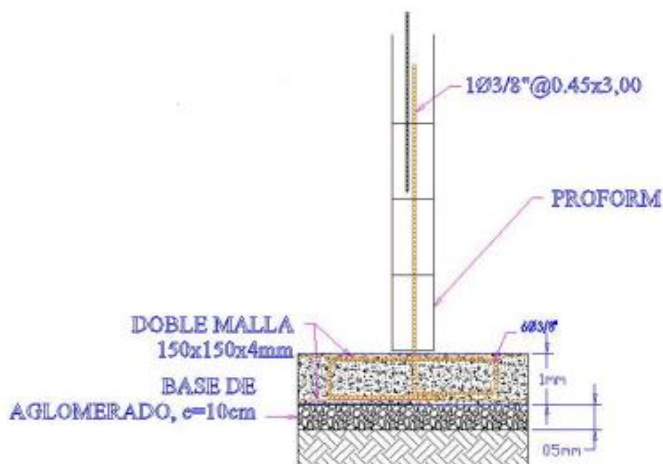
*Fuente: Elaboración propia*

**ESTRUCTURAL SISTEMA ICF  
PRESUPUESTO ICF**

**Tabla 24.** Cantidad y costos de fundaciones ICF

FUNDACIONES			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	U	COSTO DE MATERIAL
Concreto Losa de Fundación y vigas Nervadura	13,0	m3	₡83 000,00
Formaleta	34,3	m	₡6 000,00
Varilla #3	15,00	un	₡2 430,00
Varilla #2	21,00	un	₡1 500,00
Malla electrosoldada	7,00	un	₡26 000,00
Alambre Negro	5,00	kg	₡1 000,00
Rellenos de lastre	30,10	m3	₡16 000,00

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 20.** Fundación ICF

**Tabla 25.** Costo total de fundaciones ICF

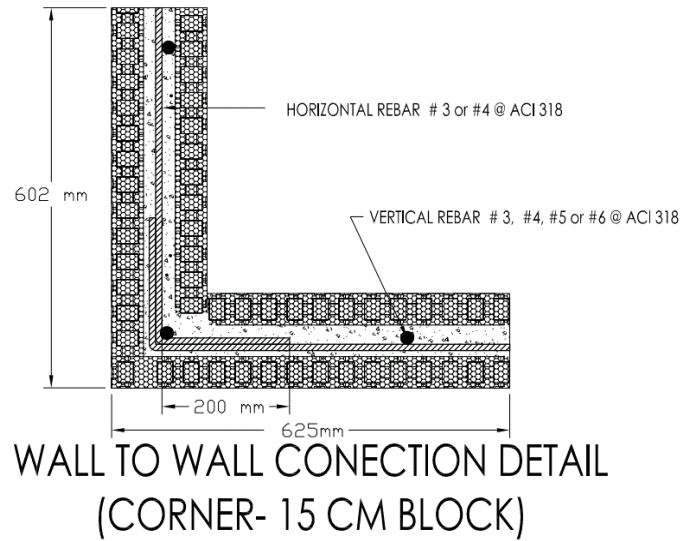
TOTAL MATERIAL
¢1 082 975,95
¢205 500,00
¢36 450,00
¢31 500,00
¢182 000,00
¢5 000,00
¢481 622,40
<b>¢2 025 048,35</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 26.** Cantidad y costos de Muros ICF

MUROS ICF			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	U	COSTO DE MATERIAL
Bloques ICF 120x30x15	332,00	un	¢4 779,59
Refuerzo verticales varilla #3	55,00	un	¢2 430,00
Refuerzo Horizontales varilla #3	36,00	kg	¢2 430,00
Concreto de relleno $f_c=210\text{kg/cm}^2$ (incluye 10% desperdicio)	21,91	m <sup>3</sup>	¢83 000,00
Pegablock tipo M (3 bloques por saco)	15,00	un	¢3 300,00

*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 21.** Muro ICF

**Tabla 27.** Costo total muros ICF

TOTALES MUROS ICF	
TOTAL MATERIAL	
	Ⱶ1 586 823,88
	Ⱶ133 650,00
	Ⱶ87 480,00
	Ⱶ1 818 696,00
	Ⱶ49 500,00
	<b>Ⱶ3 676 149,88</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 28.** Cantidad y costo de tapicheles ICF

TAPICHEL ICF			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	U	COSTO DE MATERIAL
Bloques de ICF 120x30x15	28,00	un	€4 779,59
Refuerzo verticales varilla #3	5,00	un	€2 340,00
Refuerzo Horizontales varilla #3	3,00	un	€2 340,00
Concreto de relleno $f_c=210\text{kg/cm}^2$ (incluye 10% desperdicio)	1,85	m <sup>3</sup>	€83 000,00
Pegablock tipo M (3 bloques por saco)	3,00	un	€3 300,00

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 22.** Conexión entre paredes ICF

**Tabla 29.** Costo total de tapicheles ICF

TOTALES TAPICHELES ICF	
<b>TOTAL MATERIAL</b>	
Ø	133 828,52
Ø	11 700,00
Ø	7 020,00
Ø	153 384,00
Ø	9 900,00
	<b>Ø315 832,52</b>

*Fuente: Elaboración propia*

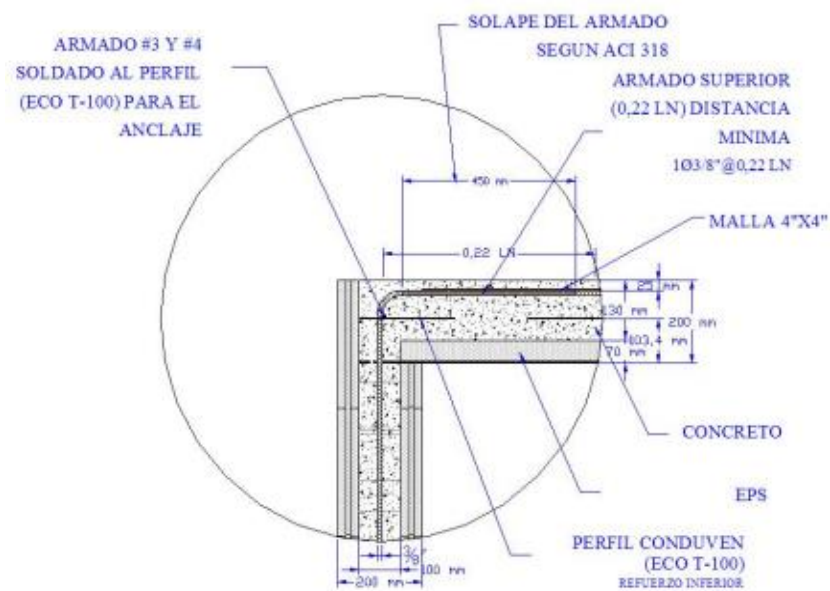
**Figura 23.** Detalle de traslape de varilla

Tabla 30. Resumen materiales sistema ICF

TABLA RESUMEN	
MATERIALES	€6 017 030,75

Fuente: Elaboración propia

### MANO DE OBRA ICF

Tabla 31. Mano de obra de cimentaciones, muros y tapicheles ICF

CIMENTACIONES									
Tareas	Personal	Precio/ Hora	Num de P	Cantidad	U	Tiempo (h)	Dias	Precio Operario	TOTAL
Excavación	Peones	€ 1 350,00	5	24	m3	17	2	€ 169 008,22	€ 169 008,22
Armadura	Operario	€ 1 500,00	2	36	m	14	2	€ 21 600,00	€ 33 750,00
	Peones	€ 1 350,00	3			9		€ 12 150,00	
Colado de sello Pobre	Operario	€ 1 500,00	2	6	m3	1	1	€ 1 095,00	€ 3 175,50
	Ayudante	€ 1 500,00	2			1		€ 1 095,00	
	Peones	€ 1 350,00	3			8		€ 985,50	
Colocación de armadura	Operario	€ 1 500,00	2	2	m3	3	0	€ 4 500,00	€ 4 773,38
	Ayudante	€ 1 350,00	2			0		€ 273,38	
Colado de losa flotante	Operario	€ 1 500,00	2	2	m3	2	1	€ 2 625,00	€ 10 527,00
	Peon	€ 1 350,00	3			6		€ 7 902,00	
TOTALES						61	6	€ 316 364,76	

MUROS									
Tareas	Personal	Precio/ Hora	Num de P	Cantidad	U	Tiempo (h)	Dias	Precio Operario	TOTAL
Paredes en blocks ICF	Operario	€ 1 750,00	3	1287	ft2	36	8	€ 191 367,07	€ 384 342,27
	Peon	€ 1 500,00	3	1287		43		€ 192 975,20	
TOTALES						79	8	€ 549 609,45	

TAPICHELES									
Tareas	Personal	Precio/ Hora	Num de P	Cantidad	U	Tiempo (h)	Dias	Precio Operario	TOTAL
Paredes en blocks (12x20x40)	Operario	€ 1 750,00	2	109	m2	5	1	€ 16 139,39	€ 32 414,41
	Peon	€ 1 500,00	5	109		2		€ 16 275,02	
TOTALES						7	1	€ 46 352,60	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Resumen costo mano de obra ICF

TABLA RESUMEN	
COSTO MANO DE OBRA	¢912 326,81
HORAS	147
DIAS	15

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Costos indirectos en mampostería

INDIRECTOS MAMPOSTERIA								
DESGLOSE DE COSTOS INDIRECTOS								
Descripción	Cantidades	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Totales	TOTAL
<b>PLANILLA ADMINISTRATIVA PROYECTO</b>								
Maestro de Obra	1	¢84 000,00	¢84 000,00	¢84 000,00	¢84 000,00	¢84 000,00	¢420 000,00	¢600 600,00
Cargas Sociales Planilla Administrativa (43%)		¢36 120,00	¢36 120,00	¢36 120,00	¢36 120,00	¢36 120,00	¢180 600,00	
<b>HERRAMIENTA</b>								
Taladro de 1/2 pulgada Dewalt	1	¢8 350,00	¢8 350,00	¢8 350,00	¢8 350,00	¢8 350,00	¢41 750,00	¢198 932,50
Esmerilador de 1 pulgada Emptop	1	¢2 866,50	¢2 866,50	¢2 866,50	¢2 866,50	¢2 866,50	¢14 332,50	
Sierra Circular 1 unidades Emptop	1	¢6 200,00	¢6 200,00	¢6 200,00	¢6 200,00	¢6 200,00	¢31 000,00	
Carretillo Espartaco	3	¢4 800,00	¢4 800,00	¢4 800,00	¢4 800,00	¢4 800,00	¢24 000,00	
Pala Carrilera	2	¢700,00	¢700,00	¢700,00	¢700,00	¢700,00	¢3 500,00	
Pico Zacho	2	¢1 300,00	¢1 300,00	¢1 300,00	¢1 300,00	¢1 300,00	¢6 500,00	
Macana	2	¢1 000,00	¢1 000,00	¢1 000,00	¢1 000,00	¢1 000,00	¢5 000,00	
Mazo 3 lb	2	¢900,00	¢900,00	¢900,00	¢900,00	¢900,00	¢4 500,00	
Mazo 2 lb	2	¢500,00	¢500,00	¢500,00	¢500,00	¢500,00	¢2 500,00	
Mazo 8 lb	1	¢750,00	¢750,00	¢750,00	¢750,00	¢750,00	¢3 750,00	
Nivel Corriente grande (48")	1	¢3 200,00	¢3 200,00	¢3 200,00	¢3 200,00	¢3 200,00	¢16 000,00	
Piquetas	4	¢420,00	¢420,00	¢420,00	¢420,00	¢420,00	¢2 100,00	
Cubetas	5	¢1 750,00	¢1 750,00	¢1 750,00	¢1 750,00	¢1 750,00	¢8 750,00	
Otras Herramientas Menudas	1	¢6 200,00	¢6 200,00	¢6 200,00	¢6 200,00	¢6 200,00	¢31 000,00	
Escobones y escobas	2	¢150,00	¢150,00	¢150,00	¢150,00	¢150,00	¢750,00	
Alicate y Tenazas	4	¢700,00	¢700,00	¢700,00	¢700,00	¢700,00	¢3 500,00	
<b>EQUIPO</b>								
Alquiler Batidora eléctrica	1	¢24 710,30	¢24 710,30	¢24 710,30	¢24 710,30	¢24 710,30	¢123 551,51	¢511 554,26
Alquiler Vibroapisonador	1	¢54 760,00	¢54 760,00				¢109 520,00	
Vibrador electrico	1	¢22 216,55	¢22 216,55	¢22 216,55	¢22 216,55	¢22 216,55	¢111 082,75	
Cabañas Sanitarias	1	¢33 480,00	¢33 480,00	¢33 480,00	¢33 480,00	¢33 480,00	¢167 400,00	
<b>EQUIPO DE SEGURIDAD</b>								
Equipo de Seguridad		¢134 400,00	¢3 360,00	¢3 360,00	¢3 360,00	¢3 360,00	¢147 840,00	¢197 840,00
Material de seguridad		¢10 000,00	¢10 000,00	¢10 000,00	¢10 000,00	¢10 000,00	¢50 000,00	
<b>FLETES</b>								
Fletes (1 por semana de 10000)		¢10 000,00	¢10 000,00	¢10 000,00	¢10 000,00	¢10 000,00	¢50 000,00	¢87 500,00
Botado de basura (2 por mes de 60 mil)		¢7 500,00	¢7 500,00	¢7 500,00	¢7 500,00	¢7 500,00	¢37 500,00	
<b>PÓLIZAS Y GASTOS LEGALES</b>								
Póliza INS		¢501 942,58	¢0,00	¢0,00	¢0,00	¢0,00	¢501 942,58	¢501 942,58
<b>TOTALES</b>								
Total		¢958 915,93	¢325 933,35	¢271 173,35	¢271 173,35	¢271 173,35	¢2 098 369,34	
Total Acumulado		¢958 915,93	¢1 284 849,28	¢1 556 022,63	¢1 827 195,99		¢2 098 369,34	

Fuente: Elaboración propia



Tabla 34. Costos indirectos en sistema ICF

INDIRECTOS ICF						
DESGLOSE DE COSTOS INDIRECTOS						
Descripción	Cantidad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Totales	TOTAL
<b>PLANILLA ADMINISTRATIVA PROYECTO</b>						
Maestro de Obra	1	¢84 000,00	¢84 000,00	¢84 000,00	¢252 000,00	¢360 360,00
Cargas Sociales Planilla Administrativa (43%)		¢36 120,00	¢36 120,00	¢36 120,00	¢108 360,00	
<b>HERRAMIENTA</b>						
Carretillo Espartaco	3	¢4 800,00	¢4 800,00	¢4 800,00	¢14 400,00	¢70 650,00
Pala Carrilera	2	¢700,00	¢700,00	¢700,00	¢2 100,00	
Pico Zacho	2	¢1 300,00	¢1 300,00	¢1 300,00	¢3 900,00	
Macana	2	¢1 000,00	¢1 000,00	¢1 000,00	¢3 000,00	
Mazo 3 lb	2	¢900,00	¢900,00	¢900,00	¢2 700,00	
Nivel Corriente grande (48")	1	¢3 200,00	¢3 200,00	¢3 200,00	¢9 600,00	
Alicate y Tenazas	4	¢700,00	¢700,00	¢700,00	¢2 100,00	
Cinta metrica	3	¢675,00	¢675,00	¢675,00	¢2 025,00	
SERRUCHO	3	¢975,00	¢975,00	¢975,00	¢2 925,00	
Cubetas	5	¢1 750,00	¢1 750,00	¢1 750,00	¢5 250,00	
Nylon	3	¢1 200,00	¢1 200,00	¢1 200,00	¢3 600,00	
Otras Herramientas Menudas	1	¢6 200,00	¢6 200,00	¢6 200,00	¢18 600,00	
Escobones y escobas	2	¢150,00	¢150,00	¢150,00	¢450,00	
<b>EQUIPO</b>						
Alquiler Batidora eléctrica	1	¢24 710,30	¢24 710,30	¢24 710,30	¢74 130,91	¢405 500,56
Alquiler Vibroapisonador	1	¢54 760,00	¢54 760,00	¢54 760,00	¢164 280,00	
Vibrador electrico	1	¢22 216,55	¢22 216,55	¢22 216,55	¢66 649,65	
Cabañas Sanitarias	1	¢33 480,00	¢33 480,00	¢33 480,00	¢100 440,00	
<b>EQUIPO DE SEGURIDAD</b>						
Equipo de Seguridad	7	¢134 400,00	¢13 440,00	¢13 440,00	¢161 280,00	¢191 280,00
Material de seguridad		¢10 000,00	¢10 000,00	¢10 000,00	¢30 000,00	
<b>FLETES</b>						
Fletes (1 por semana de 10000)	1	¢10 000,00	¢10 000,00	¢10 000,00	¢30 000,00	¢52 500,00
Botado de basura (Semanal)	1	¢7 500,00	¢7 500,00	¢7 500,00	¢22 500,00	
<b>OTROS INDIRECTOS</b>						
Otros Indirectos	0	¢0,00	¢0,00	¢0,00	¢0,00	¢0,00
<b>PÓLIZAS Y GASTOS LEGALES</b>						
Póliza INS		¢501 942,58	¢0,00	¢0,00	¢501 942,58	¢501 942,58
<b>TOTALES</b>						
Total		¢942 679,43	¢319 776,85	¢319 776,85	¢1 582 233,13	
Total Acumulado		¢942 679,43	¢1 262 456,28		¢1 582 233,13	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 35. Costos de materiales y mano obra en mampostería y sistema ICF.**

	<b>MAMPOSTERIA</b>	<b>SISTEMA ICF</b>
<b>Materiales</b>	₪ 5560142,31	₪ 6017030,75
<b>Mano de obra</b>	₪ 1928461,98	₪ 912326,81
<b>Total</b>	₪7488604,29	₪6929357,56

*Fuente: Elaboración propia*

**CAPITULO V**  
**ANALISIS DE RESULTADOS**

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este análisis se realiza una serie de comparaciones entre los resultados de los datos de la investigación, para determinar mediante la metodología propuesta si resulta factible la utilización del sistema ICF en el territorio nacional. Los análisis realizados corresponden a los costos directos e indirectos especificando los aspectos de costos de material, costos de mano de obra y tiempo de ejecución.

Respecto al análisis de costos del material del sistema tradicional comparado con el costo del PROFORM, cabe mencionar que los valores de este estudio pueden verse afectados por factores externos como la inflación, dificultad de transporte o disponibilidad, así como los cambios económicos y políticos del país pueden afectar el costo del material final, no obstante, la investigación se realizó en condiciones óptimas y dentro de las fechas estipuladas.

Con relación a los costos de mano de obra del material tradicional en comparación con los bloques PROFORM y el rendimiento de un material con respecto al otro, interesa resaltar el aporte obtenido de la empresa FOXBLOCKS que brinda el rendimiento Horas/Hombre según su experiencia en el mercado y dependiendo de la dificultad del proyecto. En este caso se utilizó un rendimiento recomendado por la empresa para personal sin experiencia de 0,085. El cálculo de horas estuvo dado por la siguiente fórmula que determina la cantidad de horas que tomó realizar la tarea y se multiplica por la cantidad de trabajo y el precio de la mano de obra. ( $m^2(MHR) = \text{Horas Hombre para completar el trabajo}$ )

Por último, se realizó una comparación de los tiempos de ejecución que demandan cada material, tomando en cuenta las horas calculadas y mencionadas con anterioridad, para así concluir con los resultados obtenidos y comparar cualidades. Es necesario señalar, que para el cálculo de tiempos de ejecución se contemplaron jornadas laborales de 55 horas semanales.

## **5.1 Costos directos**

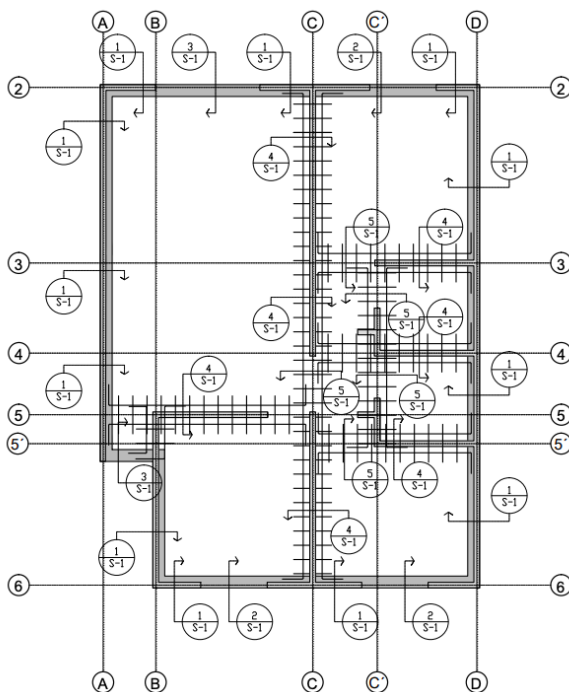
### **5.1.1 Análisis de costo del material**

En lo que respecta a costos directos y para el análisis de costo del material se realizó una comparación de la parte estructural de la obra, que contempla las fundaciones y los muros, mediante el estudio de los materiales. El estudio está realizado por un presupuesto por unidades de obra consistente en una estimación de costo de las diferentes unidades de obra, como los movimientos de tierra, cimientos, columnas, paredes, vigas, entre otros. Para efectos del estudio se realizaron las comparaciones de la parte estructural con precios unitarios del mercado, tomando como base los valores de Construplaza.

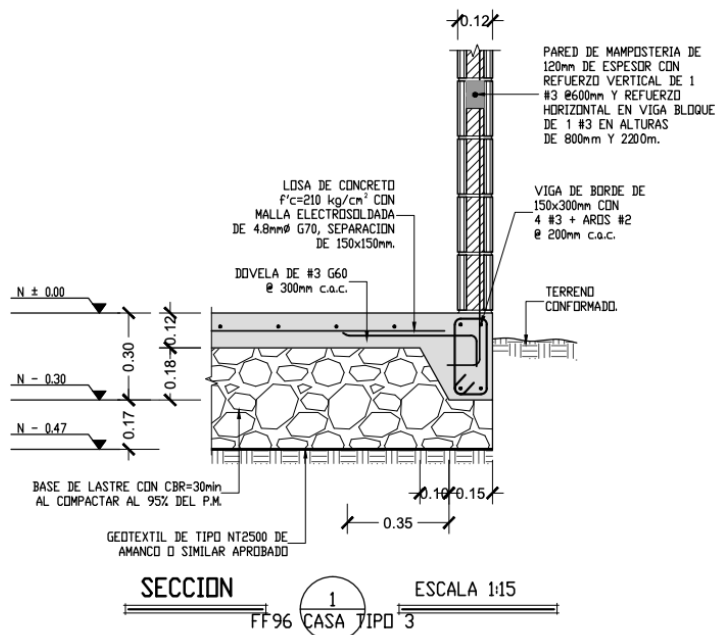
#### **5.1.1.1 Materiales Mampostería**

Los materiales fueron calculados con base en los planos estructurales presentados como se observa en la figura 24. Es importante resaltar que para el cálculo de materiales se contempló un 10% de desperdicio a lo largo de todas las cantidades de material.

Por otra parte, se puede observar en la figura 25, el detalle estructural de la losa utilizada para el proyecto. Este tipo de estructura se utilizó para el cálculo de los 2 tipos de materiales ya que no afecta en el desarrollo de la construcción.



**Figura 24: Planta Estructural de fundaciones**  
**Fuente: Planos**



**Figura 25: Detalle estructural de cimentación**  
**Fuente: Planos**

A continuación, se observa las cantidades de material calculado con respecto a los planos.

**Tabla 36.** Resumen de Materiales Mampostería.

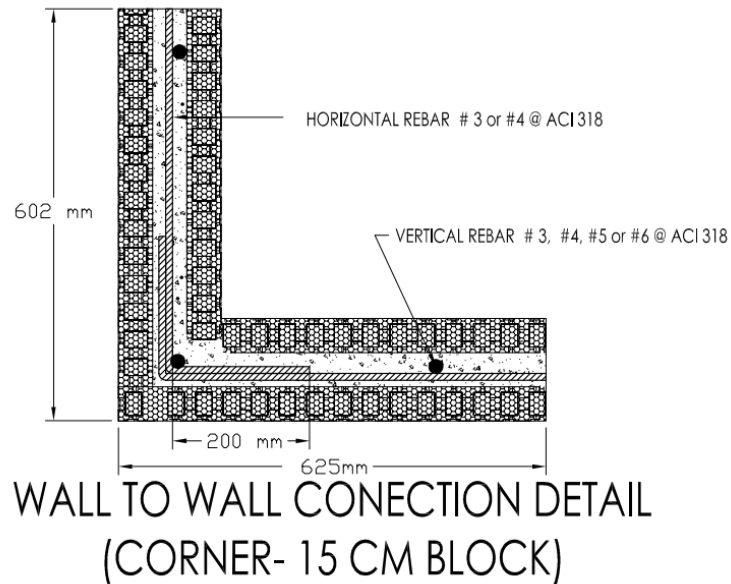
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	U
Concreto	30,59	m <sup>3</sup>
Formaleta	96,25	m
Varilla #2	91,00	Ud
Varilla #3	218,00	Ud
Alambre Negro	53,00	Kg
Bloques de 12	1607	Ud

*Fuente: Elaboración propia*

Con el cálculo de las cantidades de material para ejecutar el proyecto, podemos obtener los costos de los materiales totales para la estructura en mampostería que tiene como resultado ₡5.560.142,31

#### 5.1.1.2 Materiales ICF

Para realizar el cálculo de los materiales del sistema ICF se utilizó el manual de construcción proporcionado por la empresa ECOTEK, donde se recomienda que los refuerzos de aceros vertical deben estar compuestas por varillas #3 grado 60 ubicadas cada 45cm. En cuanto al acero horizontal, las varillas deben ser #3 y estar ubicadas cada 90cm. Para los buques de ventanas se recomienda que el acero sea mayor a varilla #2 grado 60, por lo que para efectos de este estudio se utilizó Varilla #3 grado 60 en toda la estructura. Es importante resaltar, que estas recomendaciones son en condiciones óptimas de suelos y sismos, lo que para efectos de la investigación no afectan los costos finales del material. A continuación, se presenta un detalle estructural de un muro de ICF.



**Figura 26.** Detalle estructural de conexión de pared a pared  
**Fuente:** Ecoteck Panamá

En el cálculo de los materiales se contempla un 10% de desperdicio como lo recomienda la empresa Ecoteck, aun así, se usa de referencia los planos originales de la vivienda para poder llegar a un estimado preciso de los materiales en comparación con los materiales de mampostería.

**Tabla 37.** Resumen de materiales ICF

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	U
Concreto	36,81	m3
Varilla #2	21,00	Ud
Varilla #3	114,00	Ud
Alambre Negro	20,73	Kg
Bloques de 15	360	Ud

**Fuente:** Elaboración propia.



Con el cálculo de las cantidades de material para ejecutar el proyecto, podemos obtener los costos de los materiales totales para la estructura en PROFORM que tiene como resultado ₡6.017.030,75 Esto hace que el costo del material sea más costoso, con una diferencia de ₡456.888,44.

### 5.1.2 Análisis de Mano de Obra

Para efectos de este proyecto, las cargas sociales están contempladas en un 43% del valor de la mano de obra. Los cálculos están basados en una cuadrilla de 7 personas que esta con puesta por:

**Tabla 38.** Cuadrilla de trabajadores

Peones	3
Ayudantes	2
Albaniles	2

*Fuente: Elaboración propia*

Esta cuadrilla fue alterada para el cálculo de mano de obra del ICF, ya que requiere de mano de obra más calificada.

#### 5.1.2.1 Mano de obra mampostería

El cálculo de la mano de obra para mampostería fue realizado con factores de rendimiento dados por el INA y algunos otros se han actualizado gracias a la información brindada por la empresa de construcción Quality de Costa Rica. A continuación, se presenta las tablas de rendimiento para estructuras de mampostería.

**Tabla 39.** Rendimientos de personal según trabajos

Estructuras de Mampostería	Unidad	Cuadrilla						Rendimiento (Horas / Hombre)							
		M.O	Alb	Carp	Arma	Font	Ayud	Peón	M.O	Alb	Carp	Arma	Font	Ayud	Peón
Codales para iniciar una pared	UD			1				1							0,56
Paredes en blocks (12x20x40)	m <sup>2</sup>		1					1							2
Paredes en blocks (15x20x40)	m <sup>2</sup>		1					2							2,05
Paredes en blocks (20x20x40)	m <sup>2</sup>		1					2							2,15
Paredes en ladrillos de arcilla	m <sup>2</sup>		1					2							2,05
Repello fino	m <sup>2</sup>		1					1							0,75
Repello quemado	m <sup>2</sup>		1					1							0,5
Cizados	m <sup>2</sup>		1					1			3				0,5
Afinado	m <sup>2</sup>		1							0,8					
Paredes metálicas forradas	m <sup>2</sup>			1 soldador				2	3		0,75 soldador				0,75
Paredes de madera	m <sup>2</sup>			1								1,25		1,05	

**Fuente:** Instituto Nacional del Aprendizaje (INA)

En los resultados de las cantidades de la mano de obra se observa un total de 313 horas para ejecutar el trabajo, lo que equivalen a 31 días hábiles y un costo de ₡1.928.461,98 colones ya con cargas sociales incluidas, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 40.** Resumen de resultados mano de obra

TABLA RESUMEN	
COSTO MANO DE OBRA	₡1.928.461,98
HORAS	313
DIAS	31

**Fuente:** Elaboración propia

### 5.1.2.3 Mano de obra ICF

Para efectos de mano de obra del ICF, los rendimientos son brindados por la empresa FOXBLOCKS y se presentan en la tabla 41. Se utilizaron 2 rendimientos para el cálculo de mano de obra, ya que esto puede variar según el desempeño y la capacidad del personal por lo que para operarios calificados se les asigna un 0,085 y ayudantes un 0,10

**Tabla 41.** Rendimientos de Personal ICF

Rendimientos de horas hombre	Tipo de trabajo
0,050	Un equipo muy eficiente que construye un trabajo sencillo con menos de seis esquinas, menos de cuatro aberturas y pocos o ningún empotramiento.
0,060	Trabajo medio con menos de ocho esquinas, menos de ocho aberturas y menos de ocho incrustaciones.
0,065	
0,070	
0,075	
0,080	El MHR más común para las nuevas cuadrillas en trabajos moderados o grandes. Cubre trabajos residenciales complejos con 12 esquinas o menos. Esta área de MHR también funciona con grandes trabajos comerciales con barras de refuerzo básicas de 16" o/c y pocas aberturas.
0,085	
0,085	
0,095	Trabajos residenciales muy complejos con 12 o más esquinas y muchas aberturas y empotramientos. También incluye trabajos comerciales con muchas aberturas y empotramientos o más de 3 niveles de altura.
0,100	
0,105	
0,110	Trabajos con al menos tres de los siguientes: Más de 8 esquinas cortas (30" o menos), diseño de barras de refuerzo altamente sísmicas, más de 20 aberturas, muchos empotramientos, clima extremo, uso de el andamio equivocado para la altura de la pared, más de 3 niveles de altura.

**Fuente:** FOXBLOCK

En los resultados de las cantidades de la mano de obra vemos como resultado un total de 147 horas para ejecutar el trabajo lo que equivalen a 15 días hábiles y un costo de ₡912.326,81 colones ya con cargas sociales incluidas, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 42.** Resumen de resultados mano de obra

TABLA RESUMEN	
COSTO MANO DE OBRA	₡912.326,81
HORAS	147
DIAS	15

**Fuente:** Elaboración propia

Se observa una diferencia en la mano de obra de ₡1.016.135,17 lo que hace que el material sea considerablemente más económico con respecto al material tradicional de mampostería a la hora de la ejecución del proyecto.

## 5.2 Costo Indirectos.

En los costos indirectos se analiza la planilla administrativa para proyecto, que contempla un maestro de obra con las cargas sociales, las herramientas, el equipo a utilizar, equipo de seguridad, fletes, y pólizas para cada comparación.

### 5.2.1 Costos indirectos mampostería.

El cálculo de los costos indirectos para mampostería se extiende durante un periodo de 5 semanas. Contemplando jornadas diarias de 10 horas. Esto afecta los costos en comparación con el material ICF.

La planilla administrativa contempla un maestro de obra con un salario base de 14 mil colones, por lo que, si el proyecto dura 5 semanas, tiene como resultado ₡600.600,00.

**Tabla 43.** Planilla administrativa mampostería

DESGLOSE DE COSTOS INDIRECTOS								
Descripción	C	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Totales	TOTAL
<b>PLANILLA ADMINISTRATIVA PROYECTO</b>								
Maestro de Obra	1	₡84.000,00	₡84.000,00	₡84.000,00	₡84.000,00	₡84.000,00	₡420.000,00	₡600.600,00
Cargas Sociales Planilla Administrativa (43%)		₡36.120,00	₡36.120,00	₡36.120,00	₡36.120,00	₡36.120,00	₡180.600,00	

**Fuente:** Elaboración propia

Para el cálculo de herramientas se usa un porcentaje de utilidad con respecto al valor total de la herramienta. En este caso se contempla un valor utilidad del 5% para herramientas eléctricas y un 2% para herramientas de uso manual. A

continuación, se presenta la tabla de utilidad dada por semanas contemplando las cantidades de cada equipo a utilizar. El valor obtenido durante el periodo pactado es de ₡198.932,50

**Tabla 44.** Calculo de utilidades para herramientas mampostería.

DESGLOSE DE COSTOS INDIRECTOS								
Descripción	C	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Totales	TOTAL
<b>HERRAMIENTA</b>								
Taladro de 1/2 pulgada Dewalt	1	₡8.350,00	₡8.350,00	₡8.350,00	₡8.350,00	₡8.350,00	₡41.750,00	₡198.932,50
Esmerilador de 1 pulgadas Emptop	1	₡2.866,50	₡2.866,50	₡2.866,50	₡2.866,50	₡2.866,50	₡14.332,50	
Sierra Circular 1 unidades Emptop	1	₡6.200,00	₡6.200,00	₡6.200,00	₡6.200,00	₡6.200,00	₡31.000,00	
Carretillo Espartaco	3	₡4.800,00	₡4.800,00	₡4.800,00	₡4.800,00	₡4.800,00	₡24.000,00	
Pala Carrilera	2	₡700,00	₡700,00	₡700,00	₡700,00	₡700,00	₡3.500,00	
Pico Zacho	2	₡1.300,00	₡1.300,00	₡1.300,00	₡1.300,00	₡1.300,00	₡6.500,00	
Macana	2	₡1.000,00	₡1.000,00	₡1.000,00	₡1.000,00	₡1.000,00	₡5.000,00	
Mazo 3 lb	2	₡900,00	₡900,00	₡900,00	₡900,00	₡900,00	₡4.500,00	
Mazo 2 lb	2	₡500,00	₡500,00	₡500,00	₡500,00	₡500,00	₡2.500,00	
Mazo 8 lb	1	₡750,00	₡750,00	₡750,00	₡750,00	₡750,00	₡3.750,00	
Nivel Corriente grande (48")	1	₡3.200,00	₡3.200,00	₡3.200,00	₡3.200,00	₡3.200,00	₡16.000,00	
Piquetas	4	₡420,00	₡420,00	₡420,00	₡420,00	₡420,00	₡2.100,00	
Cubetas	5	₡1.750,00	₡1.750,00	₡1.750,00	₡1.750,00	₡1.750,00	₡8.750,00	
Otras Herramientas Menudas	1	₡6.200,00	₡6.200,00	₡6.200,00	₡6.200,00	₡6.200,00	₡31.000,00	
Escobones y escobas	2	₡150,00	₡150,00	₡150,00	₡150,00	₡150,00	₡750,00	
Alicate y Tenazas	4	₡700,00	₡700,00	₡700,00	₡700,00	₡700,00	₡3.500,00	

**Fuente:** Elaboración propia

El equipo utilizado en este caso está dado por la dependencia de los trabajos a realizar y esta cotizado como maquinaria de alquiler los precios. Pueden variar según la demanda y la disponibilidad de los equipos. El equipo es rentado por semana y da como total ₡ 511.554,26

**Tabla 45.** Costos totales de Equipo mampostería.

DESGLOSE DE COSTOS INDIRECTOS								
Descripción	C	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Totales	TOTAL
<b>EQUIPO</b>								
Alquiler Batidora eléctrica	1	₡24.710,30	₡24.710,30	₡24.710,30	₡24.710,30	₡24.710,30	₡123.551,51	₡511.554,26
Alquiler Vibroapisonador	1	₡54.760,00	₡54.760,00				₡109.520,00	
Vibrador electrico	1	₡22.216,55	₡22.216,55	₡22.216,55	₡22.216,55	₡22.216,55	₡111.082,75	
Cabañas Sanitarias	1	₡33.480,00	₡33.480,00	₡33.480,00	₡33.480,00	₡33.480,00	₡167.400,00	

**Fuente:** Elaboración propia

Con respecto a las pólizas, la fórmula para calcular la misma está dada por el Instituto Nacional de Seguros (INS). Para ello, toma en cuenta el valor que asigna el colegio federado de ingenieros y arquitectos por la construcción del proyecto. Una vez obtenido la tasación, la póliza equivale al 35% del valor estimado por el colegio más un 3,75%. En este caso la tasación asignada para el proyecto es de ₡38.655.570,00 y la póliza para el proyecto es de ₡501.942,48.

A continuación, se puede observar el valor por metro cuadrado obtenido contemplando los costos indirectos, la mano de obra y previos con un total de ₡118.193,81

**Tabla 46.** Resumen de Totales Mampostería

DESCRIPCION	COSTOS
Promedio Semanal	₡419.673,87
Imprevistos (5%)	₡20.983,69
Subtotal Indirectos Semana	₡440.657,56
TIEMPO DE EJECUCIÓN	5
TOTAL INDIRECTOS	₡2.203.287,81
COSTO MATERIALES	₡5.560.142,31
COSTO MANO DE OBRA CON CARGAS	₡1.928.461,98
TOTAL COSTO DIRECTO	₡7.488.604,28
<b>TOTAL PROYECTO</b>	₡9.691.892,09
<b>FACTOR DE SOBRECOSTO</b>	<b>1,294</b>
<b>COSTO POR METRO CUADRADO</b>	<b>₡118.193,81</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

### 5.2.1 Costos indirectos ICF.

El cálculo de los costos indirectos para mampostería se extiende durante un periodo de 5 semanas. Contemplando jornadas diarias de 10 horas. Esto afecta los costos en comparación con el material ICF. La planilla administrativa contempla un maestro de obra con un salario base de 14 mil colones. Durante las 3 semanas que dura el proyecto, tiene como resultado ₡360.360,00.

**Tabla 47.** Planilla administrativa ICF

DESGLOSE DE COSTOS INDIRECTOS						
Descripción	C	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Totales	TOTAL
<b>PLANILLA ADMINISTRATIVA PROYECTO</b>						
Maestro de Obra	1	¢84.000,00	¢84.000,00	¢84.000,00	¢252.000,00	¢360.360,00
Cargas Sociales Planilla Administrativa (43%)		¢36.120,00	¢36.120,00	¢36.120,00	¢108.360,00	

**Fuente:** Elaboración propia

Para el cálculo de herramientas se usa un porcentaje de utilidad con respecto al valor total de la herramienta. En este caso se contempla un valor utilidad del 5% para herramientas eléctricas y un 2% para herramientas de uso manual. A continuación, se presenta la tabla de utilidad dada por semanas contemplando las cantidades de cada equipo a utilizar. Las herramientas a utilizar fueron recomendadas por la empresa de Ecotek. El valor obtenido durante el periodo pactado es de ¢70.650,50

**Tabla 48.** Calculo de utilidades para herramientas ICF

DESGLOSE DE COSTOS INDIRECTOS						
Descripción	C	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Totales	TOTAL
<b>HERRAMIENTA</b>						
Carretillo Espartaco	3	¢4.800,00	¢4.800,00	¢4.800,00	¢14.400,00	¢70.650,00
Pala Carrilera	2	¢700,00	¢700,00	¢700,00	¢2.100,00	
Pico Zacho	2	¢1.300,00	¢1.300,00	¢1.300,00	¢3.900,00	
Macana	2	¢1.000,00	¢1.000,00	¢1.000,00	¢3.000,00	
Mazo 3 lb	2	¢900,00	¢900,00	¢900,00	¢2.700,00	
Nivel Corriente grande (48")	1	¢3.200,00	¢3.200,00	¢3.200,00	¢9.600,00	
Alicate y Tenazas	4	¢700,00	¢700,00	¢700,00	¢2.100,00	
Cinta metrica	3	¢675,00	¢675,00	¢675,00	¢2.025,00	
Serrucho	3	¢975,00	¢975,00	¢975,00	¢2.925,00	
Cubetas	5	¢1.750,00	¢1.750,00	¢1.750,00	¢5.250,00	
Nylon	3	¢1.200,00	¢1.200,00	¢1.200,00	¢3.600,00	
Otras Herramientas Menudas	1	¢6.200,00	¢6.200,00	¢6.200,00	¢18.600,00	
Escobones y escobas	2	¢150,00	¢150,00	¢150,00	¢450,00	

**Fuente:** Elaboración propia

El equipo utilizado en este caso está dado por la dependencia de los trabajos a realizar y esta cotizado como maquinaria de alquiler los precios. Pueden variar según la demanda y la disponibilidad de los equipos. El equipo es rentado por semana y da como total ₡ 405.500,56

**Tabla 49.** Costos totales de Equipo. ICF

DESGLOSE DE COSTOS INDIRECTOS						
Descripción	C	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Totales	TOTAL
<b>EQUIPO</b>						
Alquiler Batidora eléctrica	1	₡24.710,30	₡24.710,30	₡24.710,30	₡74.130,91	₡405.500,56
Alquiler Vibroapisonador	1	₡54.760,00	₡54.760,00	₡54.760,00	₡164.280,00	
Vibrador electrico	1	₡22.216,55	₡22.216,55	₡22.216,55	₡66.649,65	
Cabañas Sanitarias	1	₡33.480,00	₡33.480,00	₡33.480,00	₡100.440,00	

**Fuente:** Elaboración propia

En la siguiente tabla se puede observar el valor por metro cuadrado obtenido contemplando los costos indirectos, la mano de obra y previos con un total de ₡ 101,387,95.

**Tabla 50.** Resumen ICF

DESCRIPCION	COSTOS
Promedio Semanal	₡527.411,04
Imprevistos (5%)	₡26.370,55
Subtotal Indirectos Semanal	₡553.781,60
TIEMPO DE EJECUCIÓN	2,5
TOTAL INDIRECTOS	₡1.384.453,99
COSTO MATERIALES	₡6.017.030,75
COSTO MANO DE OBRA CON CARGAS	₡912.326,81
TOTAL COSTO DIRECTO	₡6.929.357,56
TOTAL PROYECTO	₡8.313.811,55
FACTOR DE SOBRECOSTO	1,200
<b>COSTO POR METRO CUADRADO</b>	<b>₡101.387,95</b>

**Fuente:** Elaboración propia

### 5.3 Comparación costos mampostería y ICF

El análisis de costo realizado, evidencia la diferencia entre el valor del metro cuadrado de los bloques de mampostería con los bloques de ICF- PROFORM, ya



que resultan éstos, un 14% más económico que la mampostería convencional. Así mismo la construcción de muros presenta un 17% de ahorro en costos. Como se aprecia en la siguiente tabla:

**Tabla** Comparación de costos ICF vs. MP

ICF vs MP				
Descripción	MP		ICF	Total
Fundaciones	₡3.030.300,75	Vs	₡2.809.216,75	₡221.084,00
Paredes de Bloques	₡4.016.561,59	Vs	₡5.070.046,74	₡1.098.420,55
Columnas de Concreto	₡452.969,65			
Vigas de Concreto	₡1.698.936,06			
Tapicheles	₡432.295,77	Vs	₡434.548,06	-₡2.252,29
Extras	₡60.828,28	Vs	0	₡60.828,28
				₡1.378.080,54

*Fuente: Elaboración propia*

#### 5.4 Análisis de tiempo ICF

El análisis de duración del proyecto está calculado según el rendimiento del personal; en el caso del sistema PROFORM se utilizan los rendimientos descritos en la tabla 41. Para graficar se utiliza una fecha de inicio del proyecto hipotética en este caso el 17 de febrero, por lo que el desenlace del proyecto va de la mano con lo que dura la cuadrilla asignada de siete personas en realizar las tareas. A continuación, se presenta la tabla con las fechas estipuladas para cada trabajo.

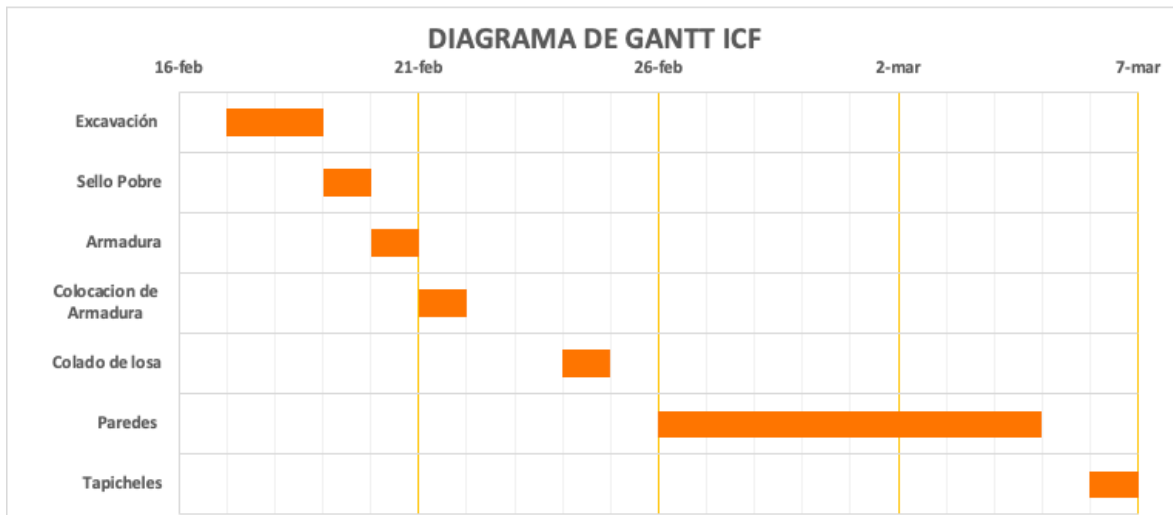
**Tabla 52.** Planeamiento ICF

TABLA PLANEAMIENTO DEL PROYECTO ICF			
ACTIVIDADES	FECHA INICIO	DURACIÓN (DÍAS)	FECHA FINAL
Excavación	17-feb	2	19-feb
Sello Pobre	19-feb	1	20-feb
Armadura	20-feb	1	21-feb
Colocacion de Armadura	21-feb	1	22-feb
Colado de losa	24-feb	1	25-feb
Paredes	26-feb	8	5-mar
Tapicheles	6-mar	1	7-mar

*Fuente: Elaboración propia*

Se puede observar que la fecha de finalización del proyecto es el 7 de marzo por lo que la construcción está proyectada para 15 días de duración. Esto quiere decir que la proyección para los bloques de PROFORM 44% es más rápida en su ejecución. Como evidencia a continuación en la figura 27, la colocación de muros es lo que más demora en la implementación, 8 días aproximadamente. Hay que destacar que no existen elementos externos a el PROFORM por lo que ayuda con el rendimiento al no tener columnas ni vigas su construcción, por lo que sus tiempos de ejecución son reducidos.

**Figura 27.** Diagrama de Gantt ICF



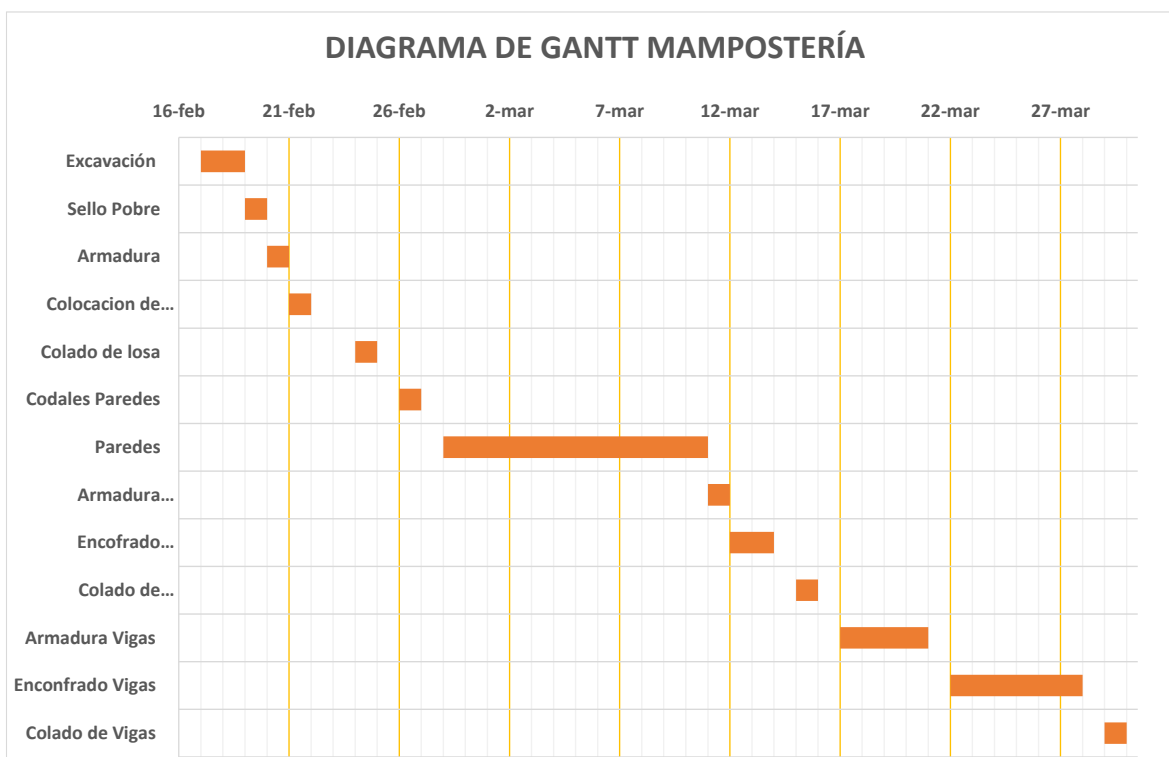
**Fuente:** Elaboración propia.

A continuación, se muestra la planeación y el Diagrama de Gantt para mampostería.

**Tabla 53.** Planeamiento Mampostería

TABLA PLANEAMIENTO DEL PROYECTO MAMPOSTERÍA			
ACTIVIDADES	FECHA INICIO	DURACIÓN (DÍAS)	FECHA FINAL
Excavación	17-feb	2	19-feb
Sello Pobre	19-feb	1	20-feb
Armadura	20-feb	1	21-feb
Colocacion de Armadura	21-feb	1	22-feb
Colado de losa	24-feb	1	25-feb
Codales Paredes	26-feb	1	27-feb
Paredes	28-feb	12	11-mar
Armadura Columnas	11-mar	1	12-mar
Encofrado Columnas	12-mar	2	14-mar
Colado de Columnas	15-mar	1	16-mar
Armadura Vigas	17-mar	4	21-mar
Encofrado Vigas	22-mar	6	28-mar
Colado de Vigas	29-mar	1	30-mar

**Figura 28.** Diagrama de Gantt Mampostería



**CAPITULO VI**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1 Conclusiones

Los materiales del sistema ICF resultan altamente eficientes, para obras sencillas y de poca complejidad, debido al costo de los mismos, ya que es mayor que los materiales de mampostería.

En lo que respecta a mano a obra, la del sistema ICF es considerablemente más económica con respecto al material tradicional de mampostería a la hora de la ejecución del proyecto.

El sistema ICF, requiere menos tiempo de ejecución en comparación con la mampostería.

La construcción con el sistema ICF, en términos de ventajas, representa una real alternativa de construcción, por su sustentabilidad, eficiencia energética y la reducción considerable en los gastos operacionales.

Se Caracterizo el sistema constructivo conocido como *Insulated concrete forms* (ICF), estableciendo las ventajas y desventajas del mismo.

Se comparo en términos económicos, una construcción convencional de una casa unifamiliar de una planta con el sistema constructivo tradicional CP con respecto al sistema ICF.

## 6.2 Recomendaciones

Profundizar en investigaciones del comportamiento estructural del PROFORM en comparación con la mampostería convencional a través de modelos analíticos en Costa Rica.

Analizar el impacto en el rendimiento económico del sistema ICF en construcciones complejas, es decir, de mayor cantidad de pisos e irregularidades en planta.

Investigar la eficiencia de la combinación de ambos sistemas en construcciones sencillas y complejas.

## Referencias

- AMVIC. (2019) .Amvic Insulated Concrete Forms (ICF). Disponible en:  
<https://www.amvicbuild.com/>
- AMVIC. (2016).Achieving disaster resilience with icf construction. Disponible en:  
<https://www.amvicsystem.com/wp-content/uploads/2018/07/ICF-Architect-Disaster-Resilience-training.pdf>
- American Concrete Institute. ACI CODE-318-19: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. Disponible en:  
<https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=318U19&Language=English>
- AISLO.(2021). Termopanel en techos. Disponible en:  
<https://www.aislo.com/termopanel-en-techos/>
- Bustos, R. (2015). Uso de rellenos sanitarios livianos para carreteras de Costa Rica.(Tesis de grado).Disponible en:  
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/6094/1/39130.pdf>
- Cámara Costarricense de construcción. CCC (2021) Informe Económico del sector construcción. Dirección de investigación y desarrollo técnico. Disponible en:  
<https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/10261>
- Corrales, G. (2019). Indicaciones de construcción de sede social autosustentable mediante sistema de muros ICF (tesis de pregrado). Universidad Mayor, Santiago de Chile. Recuperado de:  
<http://repositorio.umayor.cl/xmlui/handle/sibum/6858>
- Esteves, A; Gelardi, R. (2006). Técnicas constructivas y materiales de bajo costo energético en la arquitectura ´ sustentable. Caso proyecto y construcción de vivienda en centro-oeste de Argentina. Actas del XI Encuentro Nacional de Tecnología Ambiente Construido (ENTAC 2006). Recuperado de:  
<https://docplayer.es/12944051-Tecnicas-constructivas-y-materiales-de-bajo-costo-energetico-en-la-arquitectura-sustentable.html>
- Galindo, M. (2010). Estudio de un Sistema de bloques huecos de poliestireno para la construcción de viviendas. (Tesis de grado). Recuperado de:  
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103710>
- ICF Italia. (2020). Características Sistema ICF en Italia. Recuperado de:  
<https://www.icfitalia.eu/es/category/caratteristiche-sistema-icf-italia-es/>

Méndez, K. (2014). Paneles estructurales de poliestireno expandido: análisis energético en el clima tropical- húmedo de santo domingo y aplicado a la vivienda social (Caso sistema emmedue). Trabajo final para optar por el título de máster tecnología en la arquitectura construcción arquitectónica - innovación tecnológica.

[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/23017/KelvinMendez\\_TFM.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/23017/KelvinMendez_TFM.pdf)

Perea, Y. (2012). Sistemas constructivos y estructúrales aplicados al desarrollo habitacional. (trabajo de grado). Recuperado de:

<https://repository.udem.edu.co/handle/11407/359>

PLASTEX.( 2021). Hormigón Alivianado. Disponible en :

<https://www.plastex.com.ec/productos/hormigon-alivianado/>

Rodríguez, MC. (2014) .Comparativa en Efectividad de Sistema de Construcción Convencional y 100% Verde. Disponible en:

<https://prcrepository.org/xmlui/handle/20.500.12475/746>

San Martín, C. (2019). Construcción de vivienda social mediante sistemas de paneles ICF tipo bloque como alternativa sustentable comparada con albañilería. (Tesis de pregrado). Disponible en: <https://1library.co/document/z31ln8ey-construccion-vivienda-mediante-sistema-alternativa-sustentable-comparada-albanileria.html>

Tecnopol. (2020) Perlitas expandidas. Disponible en:

<https://tecnopol.mx/portfolio/perla-expandida/>

Universidad Tecnológica de Panamá.(2013) Estudio experimental y analítico del panel prefabricado Termopanel y formaleta proform. Industrias Ecotec Panamá. Informe No 04-2009-2011RS. Disponible en Pag Web de [www.utp.ac.pa](http://www.utp.ac.pa)



**ANEXOS**

