



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

**ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS
UTILIZANDO CONTENEDORES MARITIMOS DE 40 PIES Y VIVIENDAS DE
MAMPOSTERIA TRADICIONAL CON BLOQUES PÓMEZ**

Héctor Daniel de la Cruz Monterroso
Asesorado por el Ing.Yefry Valentín Rosales Juárez

Guatemala, julio de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS
UTILIZANDO CONTENEDORES MARTIMIMOS DE 40 PIES Y VIVIENDAS DE
MAMPOSTERIA TRADICIONAL CON BLOQUES PÓMEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HECTOR DANIEL DE LA CRUZ MONTERROSO
ASESORADO POR EL ING. YEFRY VALENTÍN ROSALES JUÁREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO A.I.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADORA	Inga. María del Mar Girón
EXAMINADOR	Ing. Marco Antonio García
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

ANALISIS COMPARATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS UTILIZANDO CONTENEDORES MARTIMIMOS DE 40 PIES Y VIVIENDAS DE MAMPOSTERIA TRADICIONAL CON BLOQUES PÓMEZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 3 de noviembre de 2021.

Hector Daniel de la Cruz Monterroso



Guatemala de La Asunción
14 de abril de 2023

Como catedrático Revisor del Trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS UTILIZANDO CONTENEDORES MARÍTIMOS DE 40 PIES Y VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA TRADICIONAL CON BLOQUES PÓMEZ**, presentado por el estudiante universitario Héctor Daniel de la Cruz Monterroso, con número de Registro Académico 2013-13970, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Yefry Valentín Rosales Juárez
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO 7177

Ing. Yefry Valentín Rosales Juárez
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Civil





Guatemala, 15 de junio de 2023
EIC-JP-022-1S-2023/jclc

Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Fuentes:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS UTILIZANDO CONTENEDORES MARITIMOS DE 40 PIES Y VIVIENDAS DE MAMPOSTERIA TRADICIONAL CON BLOQUES PÓMEZ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Héctor Daniel de la Cruz Monterroso, quien contó con la asesoría del Ingeniero Yefry Valentin Rosales Juárez.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Civil Juan Carlos Linares Cruz
Jefe Del Departamento de Planeamiento

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
PLANEAMIENTO
USAC

Cc: Estudiante Héctor Daniel de la Cruz Monterroso
Archivo





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS UTILIZANDO CONTENEDORES MARITIMOS DE 40 PIES Y VIVIENDAS DE MAMPOSTERIA TRADICIONAL CON BLOQUES PÓMEZ**, presentado por: **Héctor Daniel de la Cruz Monterroso**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. José Francisco Gómez Rivera

Decano a.i.



Guatemala, julio de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser una importante influencia en mi carrera.
Mi abuela	María Mateo. Por ser mi apoyo y la inspiración a culminar mi carrera.
Mis tías	Margarita, Candelaria y Delfina de la Cruz. Por ser apoyo fundamental en mi vida profesional
Mi tío	Roberto de la Cruz. Por impulsarme a seguir adelante y nunca darme por vencido.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la base fundamental en mi vida profesional.
Facultad de Ingeniería	Por convertirme en un profesional de éxito.
Mi asesor	Yefry Valentín Rosales Juárez. Por creer y confiar en mí.
Catedráticos	Por ser una importante influencia en mi carrera.
Amigos universitarios	A todos en general por el tiempo de apoyo y deseos de éxito.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	IX
OBJETIVOS	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Sistemas constructivos con bloques pómez	1
1.1.1. Características de los bloques de mampostería	1
1.1.2. Propiedades físicas	1
1.1.3. Dimensiones de bloques	2
1.1.4. Proceso de fabricación	2
1.1.5. Uso de mampostería en la construcción	3
1.1.6. Ventajas del uso de bloques pómez	3
1.2. Sistemas constructivos con contenedores marítimos	4
1.2.1. Tipos de contenedores marítimos	4
1.2.2. Manipulación y transporte de contenedores	8
1.2.3. Método constructivo para uso habitacional	8
1.2.4. Integración de cargas	10
1.2.5. Cimentación para contenedores	19
1.2.6. Apertura de vanos	20
1.2.7. Modulación de ambientes de vivienda	20

2.	DESARROLLO EXPERIMENTAL	23
2.1.	Diseño de vivienda con bloques pómez	23
2.1.1.	Método constructivo con bloques pómez	23
2.1.2.	Presupuesto vivienda con bloques pómez	24
2.1.3.	Cronograma de ejecución	25
2.2.	Diseño de vivienda con contenedores marítimos	28
2.2.1.	Método constructivo con contenedores	28
2.2.2.	Presupuesto vivienda con contenedores	29
2.2.3.	Cronograma de ejecución	30
3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	33
3.1.	Análisis de resultados de costo de viviendas	33
3.2.	Análisis de resultados de tiempo de ejecución de viviendas	33
	CONCLUSIONES	35
	RECOMENDACIONES	37
	REFERENCIAS	39

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Planta distribución de carga en contenedores	12
2.	Cargas en los contenedores	13
3.	Distribución de apoyos en contenedores	14
4.	Carga distribuida en panel lateral.....	15
5.	Carga distribuida en panel central.....	15
6.	Diagramas de reacciones en panel lateral	16
7.	Diagramas de corte en panel lateral	16
8.	Diagramas de momento en panel lateral.....	17
9.	Diagrama de reacciones en panel central	17
10.	Diagrama de corte en panel central	18
11.	Diagrama de momento en panel central	18
12.	Cargas en apoyos	19
13.	Refuerzo con tubo rectangular en vanos de puertas y ventanas	20

TABLAS

I.	Medidas de bloques de concreto.....	2
II.	Características del contenedor <i>Dry Van</i>	5
III.	Características del contenedor <i>High Cube</i>	5
IV.	Características del contenedor <i>Open Top</i>	5
V.	Características del contenedor <i>Bulk</i>	6
VI.	Características de la Plataforma Plegable	6
VII.	Características del contenedor <i>Open Side</i>	7

VIII.	Caracterisitcas del contenedor <i>Reefer</i>	7
IX.	Caracterisitcas del contenedor <i>Reefer High Cube</i>	7
X.	Contenedor ISO <i>Tank</i>	8
XI.	Resumen de tabla 3-1 AGIES NSE 2-10	11
XII.	Integración de cargar para contendor de 40 pies	13
XIII.	Presupuesto de vivienda con bloques pómez.....	24
XIV.	Cronograma de ejecución vivienda con bloques pómez.....	25
XV.	Presupuesto vivienda con contenedores	29
XVI.	Cronograma de ejecución vivienda con contenedores	31

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
Kg	Kilogramo
lb	Libras fuerza
m	Metro
m²	Metro cuadrado
'	Pie lineal
“	Pulgada

GLOSARIO

AGIES	Normativa guatemalteca de la Asociación guatemalteca de ingeniería estructural y sísmica.
Buque	Barco de grandes dimensiones y de porte superior a quinientas toneladas, con más de una cubierta.
Caliza	Troca sedimentaria formada por carbonato de calcio.
Carga	Fuerza que se aplica a un elemento estructural.
Granulometría	Define la medida del tamaño de las partículas, granos y rocas de los suelos.
Hormigón	Material de construcción formado por una mezcla de agregados, cemento, arena y agua.
ISO	Internacional Organization for Standardization, Organización Internacional de Estandarización.
LRFD	Load and Resistance Factor Design, Método de Carga y Resistencia.
Mampostería	Sistema constructivo en el que los muros están sobre puestos mediante bloques, ladrillos o piedras.

Marítimo	Del mar o que tiene relación con las actividades relaciones con él.
Módulo	Unidad convencional de medida para establecer las proporciones de las diversas partes de una unidad a definir, capaz de funcional independientemente.
Momento	Fuerza respecto a un punto o respecto a un eje, la tendencia de la fuerza a hacer girar el cuerpo alrededor de un eje.
Mortero	Mezcla de diversos materiales como cal o cemento, arena y agua utilizados en la construcción.
Panel	Plancha prefabricada de diversos materiales que se usa en construcción para dividir o separar verticalmente espacios.
Pómez	Roca muy porosa y ligera, de estructura esponjosa de baja densidad, frágil.
Vano	Espacio vacío en construcción para identificar donde irán ubicadas puertas y ventanas.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación consiste en el desarrollo, comparación y análisis de dos sistemas de construcción, en el cual se detallan los elementos que consiste cada uno de los sistemas que se deben tomar en cuenta para su correcta ejecución.

Para el análisis de ambos sistemas constructivos, es de importancia conocer y entender que son sistemas totalmente diferentes, siendo la mampostería en prolongarse más tiempo en relación la construcción con contenedores marítimos.

De lo anterior descrito se pretende tener un sistema óptimo de construcción, determinando un nivel justo en costo de proyecto y tiempo de ejecución, realizando las actividades con el mejor proceso posible para obtener una logística para lograr los resultados esperados.

Los resultados de una correcta construcción de viviendas, con una buena planificación garantiza un nivel óptimo de servicio para las personas que quieran vivir en cada una de las viviendas según sea el tipo, de mampostería o de contenedores marítimos reciclados.

OBJETIVOS

General

Realizar un análisis comparativo en la construcción de viviendas utilizando contenedores marítimos y bloques de mampostería pómez en los departamentos de Guatemala.

Específicos

1. Generar la documentación técnica necesaria que proporcione los criterios a utilizar para hacer comparaciones entre sistemas constructivos.
2. Comparar los costos de construcción de viviendas con bloques de mampostería pómez con las viviendas de contenedores marítimos reciclados.
3. Establecer un diseño estándar de vivienda económica y de fácil construcción.

INTRODUCCIÓN

La construcción de viviendas se ha vuelto en un sistema poco innovador y de largos plazos de tiempo para obtener resultados de la inversión de los recursos, el crecimiento de la población y el poco espacio físico que se presenta para la construcción limita los sistemas de construcción innovadores.

En Guatemala el sistema de construcción con contenedores marítimos reciclados está en proceso de convertirse en una opción alternativa de vivienda, a nivel departamental se tiene una mayor opción de convertirse en el nuevo sistema de viviendas por el tiempo de ejecución y más opciones de diseño a nivel visual y comodidad de las familias.

Se realizarán comparaciones entre ambos sistemas constructivos, mostrando ventajas, así como cronogramas de tiempo y proyecciones de costo. La casa fue construida con una visión a largo plazo para adaptarse a las necesidades de una joven familia cuyos requisitos cambian con el tiempo (Oliverio, 2020).

El objetivo principal de este trabajo es comparar el sistema constructivo tradicional con bloques pómez contra el sistema constructivo con contenedores marítimos reciclados como vivienda, permitirá conocer las ventajas de cada uno de los sistemas de construcción antes mencionados, el análisis que se desarrollará en diseños de vivienda para una familia de cuatro integrantes a nivel departamental.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Sistemas constructivos con bloques pómez

El uso del sistema constructivo con bloques pómez ha hecho posible, en algunas ocasiones, llevar a cabo diseños que en otra forma hubieran tenido que abandonarse por razones de peso.

1.1.1. Características de los bloques de mampostería

La mampostería es el recurso constructivo más antiguo de la albañilería humana, un bloque de hormigón es un mampuesto prefabricado elaborado con hormigones finos o morteros de cemento, utilizado principalmente para el levantado de edificaciones. Estos bloques tienen dimensiones normadas y suelen tener agujeros en la parte interior del mismo.

Las principales características de los bloques pómez:

- Formados de agregados piedra pómez y selecto.
- Uso estructural a la compresión 25 kg/cm^2 sobre área bruta.
- Uso estructural con mediana absorción de humedad.
- Elementos de concreto fabricado con maquinaria hidráulica especializada.

1.1.2. Propiedades físicas

- La cantidad total de terrones de arcilla y partículas friables no debe exceder de 2 % de masa seca.

- La granulometría debe establecerse de cargamentos sucesivos de agregadoliviano.

1.1.3. Dimensiones de bloques

Los bloques tienen forma prismática con dimensiones normadas y suelen ser esencialmente huecos. El área neta del elemento es de 50 % a un 75 % del área bruta del elemento.

Tabla I. **Medidas de bloques de concreto**

USO	Medidas principales nominales ó modulares (centímetros)			Medidas principales reales (centímetros)		
	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto	Largo
Bloque de muro	20	20	40	19	19	39
	15	20	40	14	19	39
Medio bloque de muro	20	20	20	19	19	19
	15	20	20	14	19	19
Bloque de tabique	10	20	40	9	19	39
Medio bloque de tabique	10	20	20	9	19	19

Fuente: Norma Técnica Guatemalteca NTG 41054. (2011). *Bloques huecos de concreto para muros.*

1.1.4. Proceso de fabricación

El proceso de fabricación de bloques es mediante vertimiento de mezcla de cemento, arena y agregados pétreos normalmente caliza en moldes metálicos en donde sufren un proceso de compactación manual o industrial. Por lo regular se utilizan aditivos en la mezcla para modificar las propiedades de resistencia textura y color.

1.1.5. Uso de mampostería en la construcción

La construcción de viviendas con bloques de concreto, es la más utilizada en la actualidad su facilidad en el manejo y rapidez en ejecución hacen de este tipo de construcciones la más común.

Los bloques de concreto liviano son de fácil manejo en la construcción, este tipo de material puede ser utilizado para muros interior debido a que no resisten al clima, el concreto utilizado emplea agregados livianos para reducir el peso, como la piedra pómez o escoria roja de origen volcánico.

1.1.6. Ventajas del uso de bloques pómez

Los bloques livianos tienen como principal ventaja la optimización del manejo de sus elementos debido a su bajo peso, lo cual permite transportar mayores volúmenes, cada bloque de concreto liviano es una combinación ideal de bajo peso para las estructuras a construir.

El rendimiento de material que representa el uso de los bloques livianos también es notorio en el menor desperdicio por rotura que produce en el transporte, su comportamiento sólido y de resistencia como aislante termico y acústico.

Por su forma geométrica permite un espesor constante de mortero de pega, con un mayor rendimiento de materiales y un decremento en factores de costo.

1.2. Sistemas constructivos con contenedores marítimos

Los contenedores son recipientes de carga para almacenar o transportar por vía terrestre, marítima o aérea diferentes tipos de materiales. Existen equipos de grandes dimensiones utilizados para transportar materiales pesados de gran volumen, por lo tanto, tienen características para resistir grandes cargas y resistir los cambios climáticos.

1.2.1. Tipos de contenedores marítimos

Los contenedores marítimos están fabricados según normas ISO, las principales relacionadas con los contenedores son las siguientes:

- ISO 668: contenedores de carga, serie 1, clasificación y dimensiones externas.
- ISO 496/1: contenedores de carga, serie 1, especificaciones y ensayos.
- ISO 6346: contenedores de carga, codificación, identificación y marcación.

Los contenedores marítimos debido a las diferentes cargas que se necesitan ser transportadas, existen diferentes tipos de contenedores:

- *Dry Van*: uso principal la carga seca, bolsas, cajas, maquinaria, muebles, entre otros

Tabla II. **Características del contenedor *Dry Van***

Contenedor	Carga útil kg	Dimensiones mm		
		Largo	Ancho	Alto
20 pies	21,800	5,902	2,350	2,392
40 pies	26,680	12,032	2,350	2,390

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

- *High Cube*: contenedor con mayor altura semejante al *Dry Van*, permite transportar mayor cantidad de elementos

Tabla III. **Características del contenedor *High Cube***

Contenedor	Carga útil kg	Dimensiones mm		
		Largo	Ancho	Alto
40 pies	26,580	12,033	2,350	2,695

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

- *Open Top*: su abertura es por la cubierta del contenedor, se utiliza principalmente cuando la carga no puede ingresar por la puerta lateral

Tabla IV. **Características del contenedor *Open Top***

Contenedor	Carga útil kg	Dimensiones mm		
		Largo	Ancho	Alto
20 pies	21,860	5,894	2,344	2,347
40 pies	26,780	12,027	2,344	2,347

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

- *Bulk*: contenedor utilizado para el transporte de granos, fertilizantes o plásticos. Poseen aberturas en el techo del contenedor

Tabla V. **Características del contenedor *Bulk***

Contenedor	Carga útil kg	Dimensiones mm		
		Largo	Ancho	Alto
40 pies	21,200	588	2,332	2,338

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

- *Plataforma Plegable*: este tipo de contenedor es utilizado para cargas de bobinas, perfiles metálicos y cargas de difícil manipulación, equipos que sobrepasan el ancho o alto de contenedores

Tabla VI. **Características de la Plataforma Plegable**

Contenedor	Carga útil kg	Dimensiones mm		
		Largo	Ancho	Alto
20 pies	22,320	5,988	2,398	2,231
40 pies	39,700	12,064	2,369	1,943

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

- *Open Side*: contenedor de características similares que el *Open Top* a diferencia que la abertura de este contenedor es en la parte lateral.

Tabla VII. **Características del contenedor *Open Side***

Contenedor	Carga útil kg	Dimensiones mm		
		Largo	Ancho	Alto
40 pies	22,470	5,896	2,310	2,255

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

- *Reefer*: este tipo de contenedores su principal función es de transportar productos perecederos, alimentos, frutas y verduras. Construido de aluminio con un interior de fibra de vidrio, posee un sistema de enfriamiento.

Tabla VIII. **Características del contenedor *Reefer***

Contenedor	Carga útil kg	Dimensiones mm		
		Largo	Ancho	Alto
20 pies	25,400	5,460	2,240	2,225
40 pies	32,500	11,550	2,250	2,215

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

- *Reefer High Cube*: contenedor de características similares al Reefer con mayor capacidad de volumen no así de peso.

Tabla IX. **Características del contenedor *Reefer High Cube***

Contenedor	Carga útil kg	Dimensiones mm		
		Largo	Ancho	Alto
20 pies	27,870	11,583	2,286	2,554

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

- ISO *Tank*: Contenedor para el transporte de material líquido industrial, material tóxico, corrosivo, combustibles o productos alimenticios líquidos.

Tabla X. **Contenedor ISO *Tank***

Contenedor	Carga útil kg	Dimensiones mm		
		Largo	Ancho	Alto
20 pies	27,870	5,902	2,350	2,392

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

1.2.2. Manipulación y transporte de contenedores

El medio de transporte de los contenedores marítimos sufre una serie de cambios progresivos en relación a la manipulación y la aparición de nuevas y sofisticadas unidades de buques portacontenedores.

En Guatemala los equipos más utilizados en las terminales de almacenaje de contenedores, levantamiento y montaje son: carretillas elevadas, grúas convencionales y carretillas apiladoras.

1.2.3. Método constructivo para uso habitacional

La vivienda de múltiples integrantes de dimensiones reducidas tiene un aumento debido a los factores como crecimiento de población en diversos sectores de la ciudad y el aumento del costo de terreno, generando un método constructivo más rentable en el espacio urbano.

Este método de construcción con contenedores marítimos reciclados está basado en los contenedores *Dry Van* de cuarenta pies, para realizar la

transformación en una casa, apartamento o cualquier uso comercial que se le requiera. Teniendo como parámetros el uso, localización, niveles de construcción, clima, transporte y viabilidad.

Los contenedores más utilizados son los estándares de 20 y 40 pies, con un volumen interno de 32.6 metros cúbicos. Las cargas máximas de estos equipos varían según el tipo de contenedor, el peso bruto máximo de los de 20 pies es de 20 toneladas, los de 40 pies tiene un peso máximo de 32 toneladas de cada contenedor pesa de 3.2 a 4.8 toneladas.

Las alternativas de uso de contenedores como vivienda se dan gracias a la adaptabilidad y flexibilidad que estos poseen, tienen la misma dimensión que una vivienda convencional y permite realizar diferentes combinaciones para el diseño y comodidad de las personas.

Teniendo en diseño o planta arquitectónica se procede a realizar el diseño estructural del proyecto y teniendo en cuenta los siguientes enunciados:

- Integración de cargas
- Cimentación
- Traslado y montaje de contenedores
- Refuerzos estructurales
- Unión de contenedores y apertura de vanos
- Instalaciones sanitarias y eléctricas
- Acabados finales en paredes y piso

1.2.4. Integración de cargas

Se utilizan cargas de diseño para elemento habitacional, contenedores marítimos de 40 pies, se utilizarán las cargas descritas en AGIES NSE 2 tabla 3-1, que definen valores de carga vivía 200 kg/cm² para entre pisos habitacionales.

Para el diseño estructural se utilizará el método por diseño por factores de carga y resistencia (LRFD), este método se base en diseñar los elementos de una estructura para que resistan cargas mayores a las de servicio de manera que se considera la resistencia o la condición de falla.

$$R_u \leq \phi R_n$$

Donde:

R_u =Carga factorizada

R_n =Resistencia nominal de los materiales

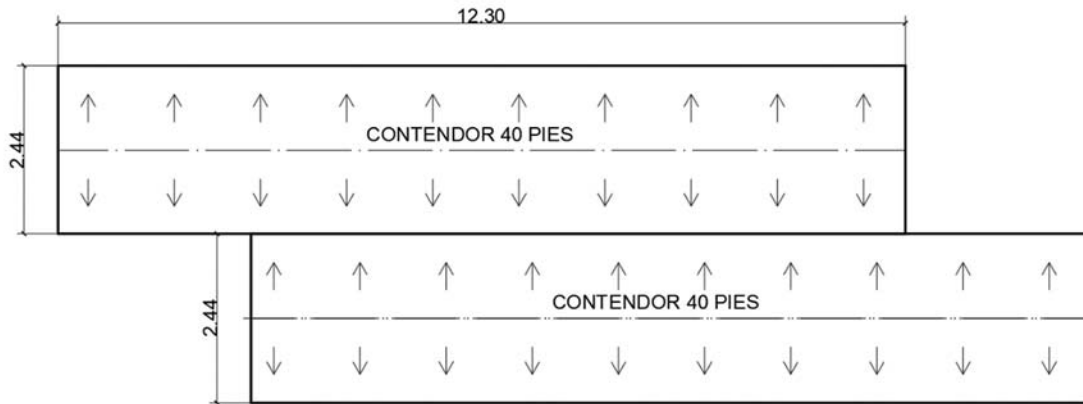
ϕ =es el factor de resistencia dado por especificaciones

Tabla XI. Resumen de tabla 3-1 AGIES NSE 2-10

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m ²)	Pv (kg)
Vivienda		
Balcones	500	
Habitaciones y pasillos	200	
Escaleras	300	
Oficina		
Pasillos y escaleras	300	
Oficinas	250	800
Áreas de cafetería	500	
Hospitales		
Pasillos	500	450
Clinicas y encamamiento	250	
Servicios médicos y laboratorio	350	800
Farmacia	500	
Escaleras	500	
Cafetería y cocina	500	
Hoteles		
Habitaciones	200	450
Servicios y áreas públicas	500	800
Educativos		
Aulas	200	400
Pasillos y escaleras	500	
Salones de Lectura de Biblioteca	200	400
Área de estanterías de Biblioteca	700	800
Reunión		
Escaleras privadas	300	Ver 3.3(d)
Escaleras públicas	500	Ver 3.3(d)
Balcones	500	
Vestibulos públicos	500	
Plazas a nivel de la calle	500	800
Salones con asiento fijo	300	
Salones sin asiento fijo	500	800
Escenarios y circulaciones	500	
Garajes		
Garajes para automóviles de pasajeros	250	Ver 3.3(c)
Garajes para vehículos de carga (2,000 Kg)	500	Ver 3.3(c)
Rampas de uso colectivo	750	Ver 3.3(c)
Corredores de circulación	500	Ver 3.3(c)
Servicio y reparación	500	Ver 3.3(c)

Fuente: Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala. (2002). *Demandas estructurales, condiciones de sitio y niveles de protección.*

Figura 1. **Planta distribución de carga en contenedores**



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Ambos contenedores del primer nivel tendrán el mismo uso habitacional se consideran las mismas cargas vivas, así como la distribución de carga sea C_u = carga última.

Tabla XII. Integración de carga para contenedor de 40 pies

Tipo	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m ²)
Contenedor 40 pies	2.44	12.30	30.01

	Área (m ²)	Factor (kg/m ²)	Carga (kg)
Carga viva	30.01	200.00	6002.40
Carga muerta (contenedor)	110.85	30.01	3326.83
Carga muerta (instalaciones)	30.01	15.00	450.18

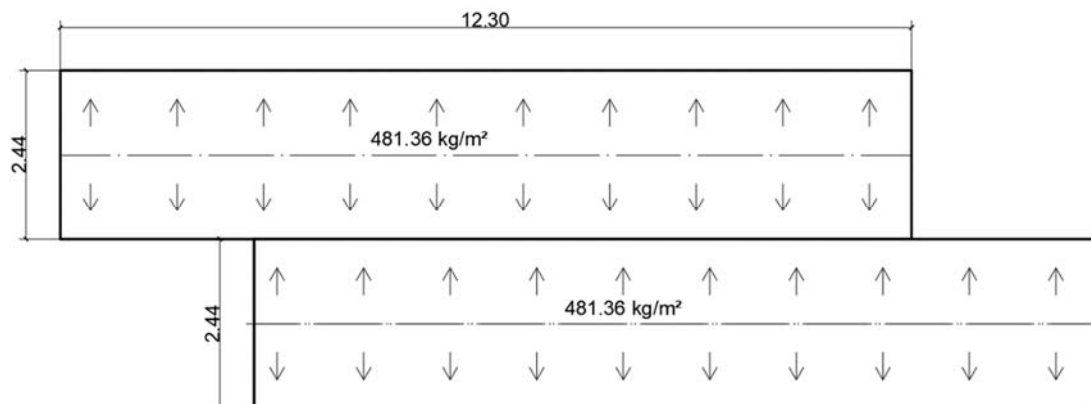
Total Carga viva (kg)	6002.40
Total Carga muerta (kg)	3777.01

Tipo de carga	kg	Factor	Sub total
Viva	6002.40	1.4	8403.36
Muerta	3777.01	1.6	6043.22
		Total (kg)	14446.58

Carga última	Carga total (kg)	Área (m ²)	Carga (kg/m ²)
Cu	14446.58	30.01	481.36

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

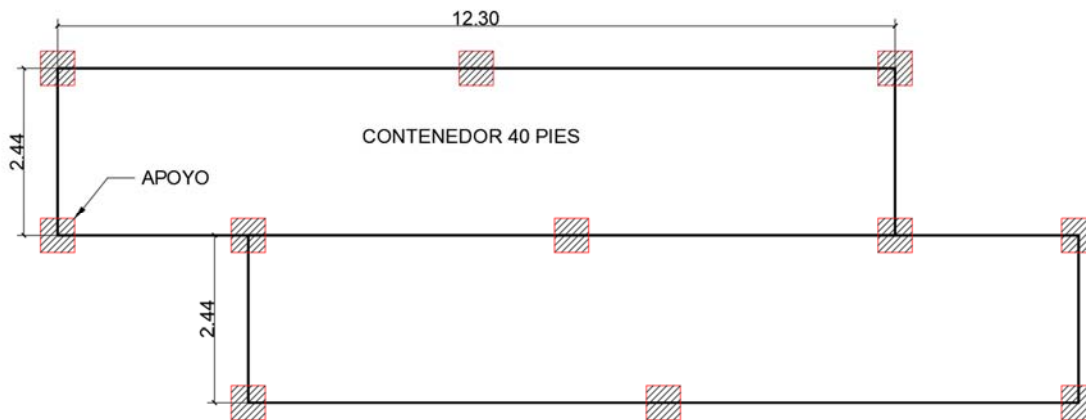
Figura 2. Cargas en los contenedores



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Por ser contenedores de 40 pies se recomienda colocar apoyo en los extremos del contenedor y en la parte central, así reducir la longitud como se muestra en la siguiente figura.

Figura 3. **Distribución de apoyos en contenedores**



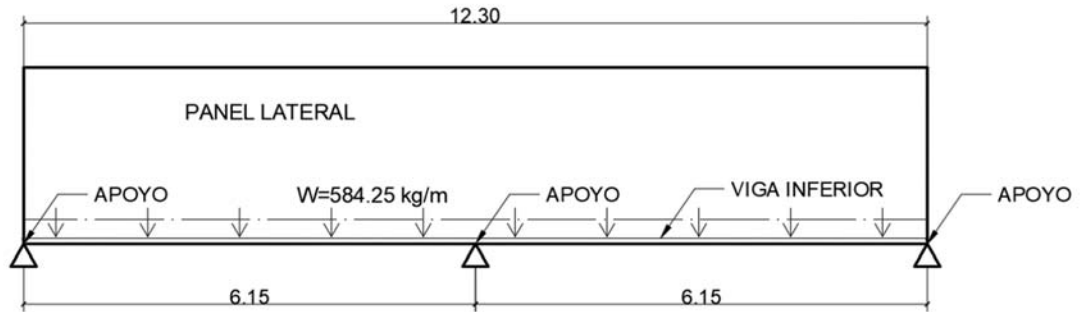
Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Se analiza la figura 00 la distribución del apoyo es de dos tipos, definidos en apoyos superior y apoyo central. La carga total se divide en dos en ambos paneles laterales. La carga se representa por $W=Cu \cdot Ancho/2$.

$$W=(481.36 \text{ kg/m}^2 \cdot 2.44) /2$$

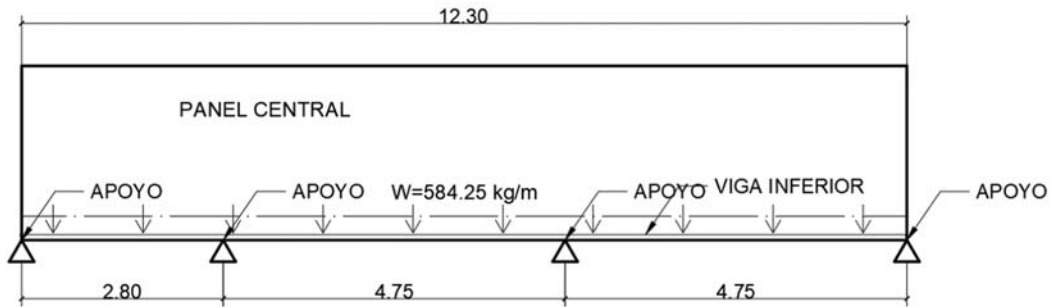
$$W=587.25 \text{ kg/m}$$

Figura 4. **Carga distribuida en panel lateral**



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD.

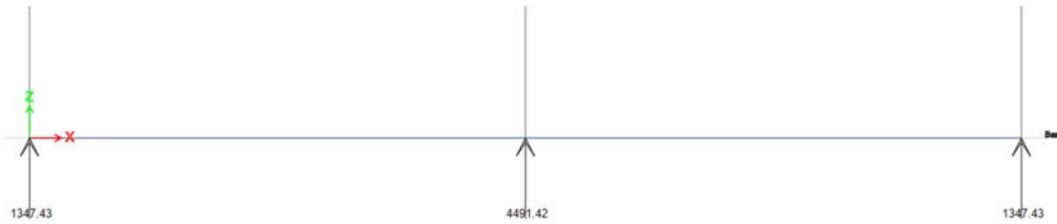
Figura 5. **Carga distribuida en panel central**



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD.

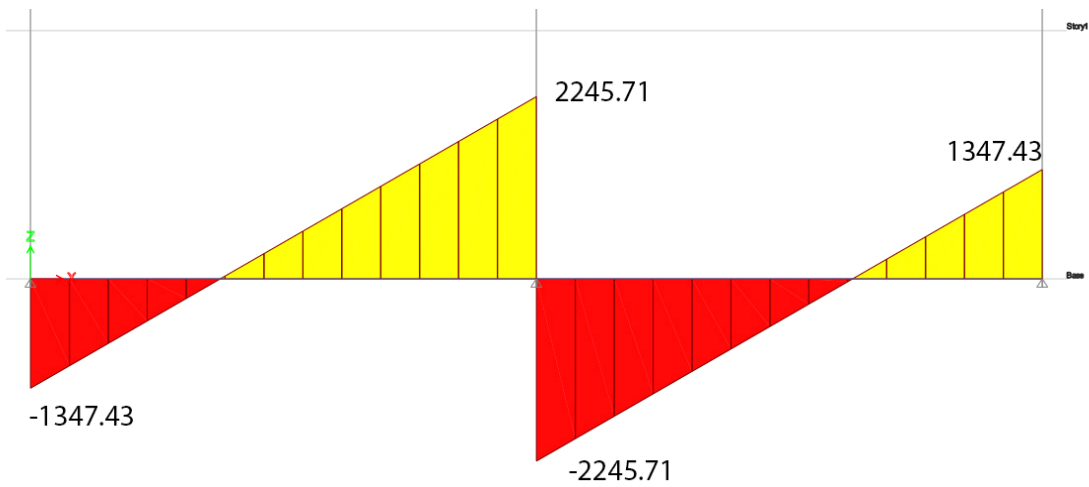
Los contendores son cubos rígidos que transmiten toda su carga a los esquineros o dados, estas partes sobresalen del contenedor. Se definen los siguientes diagramas.

Figura 6. **Diagramas de reacciones en panel lateral**



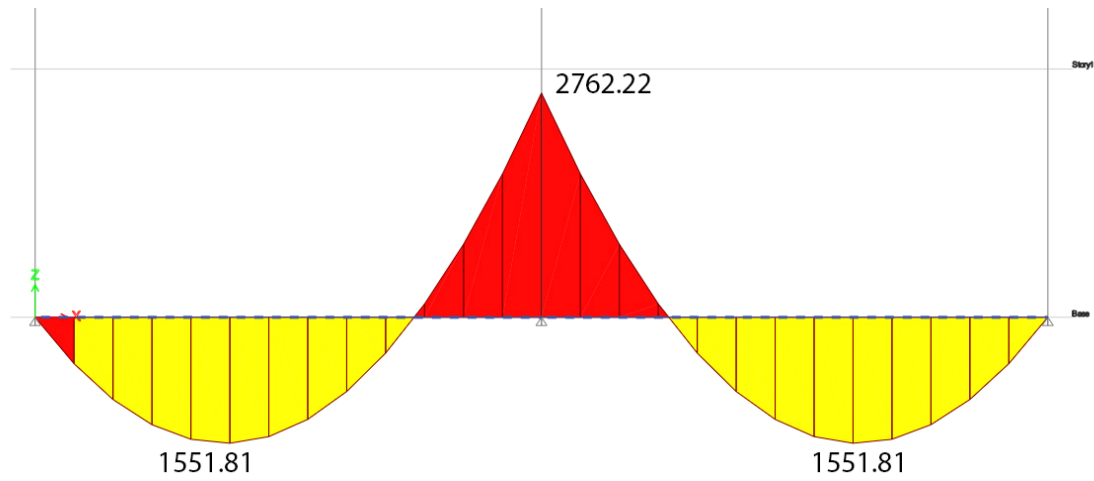
Fuente: elaboración propia, realizado con ETABS 19.

Figura 7. **Diagramas de corte en panel lateral**



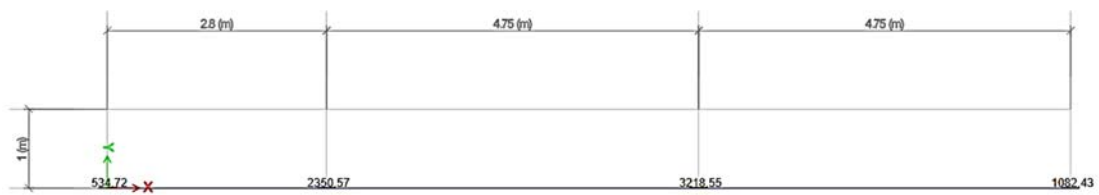
Fuente: elaboración propia, realizado con ETABS 19.

Figura 8. **Diagramas de momento en panel lateral**



Fuente: elaboración propia, realizado con ETABS 19.

Figura 9. **Diagrama de reacciones en panel central**



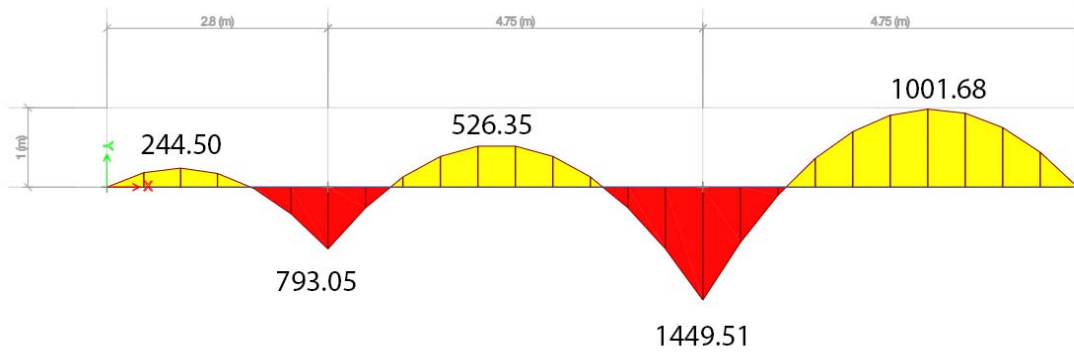
Fuente: elaboración propia, realizado con ETABS 19.

Figura 10. Diagrama de corte en panel central



Fuente: elaboración propia, realizado con ETABS 19.

Figura 11. Diagrama de momento en panel central



Fuente: elaboración propia, realizado con ETABS 19.

De la gráfica de momentos se tienen los máximos que soportara el contenedor, se tiene los momentos en el panel lateral $M_a = 1551.81 \text{ kg-m} = 1.55 \text{ ton-m}$ y cortante $V = 2245.71 \text{ kg} = 2.45 \text{ ton}$.

Con base en los resultados obtenidos se muestra las cargas transmitidas a los apoyos.

Figura 12. **Cargas en apoyos**



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD.

1.2.5. **Cimentación para contenedores**

La cimentación para un contenedor es un apoyo simple, debido a que el esquinero descansa sobre una base la cual no le transmite momentos. No se recomienda apoyar el contenedor directamente sobre el suelo ya que este produce asentamientos, además disminuye la vida útil del contenedor debido a la corrosión de las bases.

Es necesario determinar la capacidad soporte del suelo antes de realizar una cimentación para los contenedores. Los contenedores son elementos rígidos por lo tanto absorbe los momentos provocados por las cargas y a la base de cimentación se transmitirá las cargas puntuales.

1.2.6. Apertura de vanos

Cuando se realiza la apertura de vanos en los paneles laterales de los contenedores, tienden a perder rigidez por lo que es necesario colocar un perfil metálico en el perímetro del vano realizado para evitar deformaciones en el contenedor.

Los perfiles más utilizados y recomendados son de tubo rectangular de 2"x4" chapa 16 y reborde tipo "J" JB50 1/2"x10'.

Figura 13. **Refuerzo con tubo rectangular en vanos de puertas y ventanas**



Fuente: [Fotografía de Héctor de la Cruz]. (Empresa Cinco Tierras, Laguna del Pino. Barberena, Santa Rosa. 2022). Colección particular. Guatemala.

1.2.7. Modulación de ambientes de vivienda

El termino modulo hace referencia a una determinada pieza, patrón o elemento con determinada geometría, a los componentes de un conjunto y en la construcción objetos con un patrón de medida, en ingeniería se identifican varias

formas de modulación, con diseños armónicos de igual magnitud para ser replicados a gran escala con piezas ya definidas según su geometría.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

En este capítulo se muestran los análisis comparativos de los parámetros constructivos de tiempo y costo que desarrollan cada uno de los sistemas de construcción de manera individual.

2.1. Diseño de vivienda con bloques pómez

El diseño de viviendas con bloques pómez se realiza mediante un sistema constructivo tradicional de mampostería y una cubierta de lámina troquelada, instalaciones básicas de agua potable, drenajes y sistema eléctrico para una cómoda estancia en la vivienda.

Se diseñan los espacios mínimos para optimizar los espacios que se tienen del terreno establecido mediante el sistema FHA, el cual facilita la adquisición de viviendas a las familias a través del aseguramiento del crédito a largo plazo.

2.1.1. Método constructivo con bloques pómez

Este sistema constructivo es fundamental en la colocación de bloques de concreto reforzado en algunos puntos con acero estructural para completar las especificaciones de diseño de una vivienda de un nivel, mediante una cimentación en la cual se colocarán los bloques de manera vertical, siendo la base para una estructura metálica de cubierta de la vivienda.

2.1.2. Presupuesto vivienda con bloques pómez

En la siguiente tabla se detalla el presupuesto que se utiliza para la construcción de una vivienda con bloques pómez.

Tabla XIII. Presupuesto de vivienda con bloques pómez

Proyecto	Presupuesto vivienda con bloques pómez	Total Q	Q	301,232.03
Fecha	abr-23			

Presupuesto					
		Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Sub Total
I. Preliminares					
1	Chapeo y trazo de terreno	m2	Q 35.00	90.00	Q 3,150.00
II. Obra gris					
1	Excavación de cimiento corrido	m3	Q 250.00	6.00	Q 1,500.00
2	Cimiento corrido cc-1	ml	Q 450.00	70.00	Q 31,500.00
3	Solera de humedad	ml	Q 250.00	65.00	Q 16,250.00
4	Solera intermedia	ml	Q 250.00	65.00	Q 16,250.00
5	Solera final	ml	Q 250.00	65.00	Q 16,250.00
6	Levantado de block	m2	Q 225.00	196.00	Q 44,100.00
7	Columna tipo A	Unidad	Q 450.00	15.00	Q 6,750.00
8	Columna tipo B	Unidad	Q 350.00	10.00	Q 3,500.00
9	Columna tipo C	Unidad	Q 200.00	20.00	Q 4,000.00
III: Instalaciones Eléctricas					
1	Instalación Básica	Unidad	Q 2,532.02	1.00	Q 2,532.02
2	Tomacorriente 110 v	Unidad	Q 374.61	10.00	Q 3,746.05
3	Tomacorriente 220 v	Unidad	Q 450.30	2.00	Q 900.60
4	Apagador normal básico	Unidad	Q 337.63	10.00	Q 3,376.27
5	Salida para TV	Unidad	Q 371.19	3.00	Q 1,113.58
6	Lámpara led con plafonera	Unidad	Q 327.02	10.00	Q 3,270.19
7	Calentador de agua tipo ducha	Unidad	Q 916.08	2.00	Q 1,832.16
IV: Piso					
1	Piso cerámico nacional	m ²	Q 170.09	56.00	Q 9,525.09
2	Azulejo nacional	m ²	Q 208.60	21.00	Q 4,380.69
3	Zocalo de pvc color café oscuro	ml	Q 17.70	62.00	Q 1,097.39
V. Acabado pared					
1	Aplicación de repello + cernido en paredes	m ²	Q 180.00	245.00	Q 44,100.00
VI: Pintura					
1	Pintura interior	m ²	Q 29.58	145.00	Q 4,288.40
2	Pintura exterior	m ²	Q 37.28	100.00	Q 3,728.12
VII: Puertas y Ventanas					
1	Puerta con material de contendor 0.90x2.10m	Unidad	Q 1,736.15	1.00	Q 1,736.15
2	Puerta interior de pvc blanco y vidrio 0.90x2.10m	Unidad	Q 2,952.33	5.00	Q 14,761.63
3	Ventana de pvc blanco y vidrio 1.20x1.00m	Unidad	Q 1,475.73	5.00	Q 7,378.63
4	Ventana de pvc blanco y vidrio 0.60x0.40m	Unidad	Q 1,102.49	2.00	Q 2,204.97

Continuación de la tabla XIII.

VIII: Instalaciones hidrosanitarias

1	Inodoro	Unidad	Q 1,312.33	2.00	Q 2,624.66
2	Lavanamos	Unidad	Q 1,136.25	2.00	Q 2,272.49
3	Ducha	Unidad	Q 1,401.17	2.00	Q 2,802.34
4	Lavatrastos	Unidad	Q 1,800.08	1.00	Q 1,800.08
5	Conexion hidraulica y sanitaria	Unidad	Q 3,710.50	1.00	Q 3,710.50

IX: Techo de lamina

1	Estructura para techo de lamina	m2	Q 250.00	60.00	Q 15,000.00
2	Lamina para vivienda	m2	Q 240.00	60.00	Q 14,400.00
3	Techo de cielo falso tipo reticulado	m2	Q 90.00	60.00	Q 5,400.00

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

2.1.3. Cronograma de ejecución

En la siguiente tabla se presenta el cronograma de tiempo de ejecución de una vivienda con bloques pómez.

Tabla XIV. Cronograma de ejecución vivienda con bloques pómez

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN
Vivienda con bloques pómez

REGLON	Fecha de inicio	Fecha de finalización	03.07.2023	04.07.2023	05.07.2023	06.07.2023	07.07.2023	08.07.2023	09.07.2023	10.07.2023	11.07.2023	12.07.2023	13.07.2023	14.07.2023	15.07.2023	16.07.2023	17.07.2023	18.07.2023	19.07.2023	20.07.2023	21.07.2023	22.07.2023	23.07.2023	24.07.2023	25.07.2023	26.07.2023	27.07.2023	
			Chapeo y trazo de terreno	3/07/2023	4/07/2023																							
Excavación para cimiento	5/07/2023	8/07/2023																										
Armado y fundición de cimiento corrido	10/07/2023	21/07/2023																										
Armado y fundición de columnas	14/07/2023	21/07/2023																										
Levantado de muro cimiento	22/07/2023	26/07/2023																										
Armado y fundición de solera humedad	27/07/2023	4/08/2023																										
Levantado de muro general	14/08/2023	25/08/2023																										
Armando y fundición de solera intermedia	28/08/2023	8/09/2023																										
Levantado de muro	11/09/2023	29/09/2023																										
Armando y fundición de solera final	2/10/2023	14/10/2023																										
Armado de techo de lamina y colocación de lámina	16/10/2023	27/10/2023																										
Instalaciones eléctricas	14/10/2023	21/10/2023																										
Instalaciones drenaje y agua potable	22/07/2023	29/07/2023																										
Instalacion de piso en interior	27/10/2023	4/11/2023																										
Resanes y aplicación de repello general	27/10/2023	17/11/2023																										
Instalación de artefactos sanitarios	17/11/2023	18/11/2023																										
Instalacion de puertas y ventanas	17/11/2023	22/11/2023																										
Aplicación de pintura interior	22/11/2023	25/11/2023																										
Aplicación de pintura exterior	22/11/2023	25/11/2023																										
Instalación de zocalo	25/11/2023	25/11/2023																										
Limpieza general	27/11/2023	30/11/2023																										
Entrega de proyecto	1/12/2023	1/12/2023																										

Continuación de la tabla XIV.

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN
Vivienda con bloques pómez

RENGLON	Fecha de inicio	Fecha de finalización	28.07.2023	29.07.2023	30.07.2023	31.07.2023	01.08.2023	02.08.2023	03.08.2023	04.08.2023	05.08.2023	06.08.2023	07.08.2023	08.08.2023	09.08.2023	10.08.2023	11.08.2023	12.08.2023	13.08.2023	14.08.2023	15.08.2023	16.08.2023	17.08.2023	18.08.2023	19.08.2023	20.08.2023	21.08.2023	
			Chapeo y trazo de terreno	3/07/2023	4/07/2023																							
Excavación para cimiento	5/07/2023	8/07/2023																										
Armado y fundición de cimiento corrido	10/07/2023	21/07/2023																										
Armado y fundición de columnas	14/07/2023	21/07/2023																										
Levantado de muro cimiento	22/07/2023	26/07/2023																										
Armado y fundición de solera humedad	27/07/2023	4/08/2023																										
Levantado de muro general	14/08/2023	25/08/2023																										
Aramdo y fundición de solera intermedia	28/08/2023	8/09/2023																										
Levantado de muro	11/09/2023	29/09/2023																										
Aramdo y fundición de solera final	2/10/2023	14/10/2023																										
Armado de techo de lamina y colocación de lámina	16/10/2023	27/10/2023																										
Instalaciones eléctricas	14/10/2023	21/10/2023																										
Instalaciones drenaje y agua potable	22/07/2023	29/07/2023																										
Instalacion de piso en interior	27/10/2023	4/11/2023																										
Resanes y aplicación de repello general	27/10/2023	17/11/2023																										
Instalación de artefactos sanitarios	17/11/2023	18/11/2023																										
Instalacion de puertas y ventanas	17/11/2023	22/11/2023																										
Aplicación de pintura interior	22/11/2023	25/11/2023																										
Aplicación de pintura exterior	22/11/2023	25/11/2023																										
Instalación de zocalo	25/11/2023	25/11/2023																										
Limpieza general	27/11/2023	30/11/2023																										
Entrega de proyecto	1/12/2023	1/12/2023																										

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN
Vivienda con bloques pómez

RENGLON	Fecha de inicio	Fecha de finalización	22.08.2023	23.08.2023	24.08.2023	25.08.2023	26.08.2023	27.08.2023	28.08.2023	29.08.2023	30.08.2023	31.08.2023	01.09.2023	02.09.2023	03.09.2023	04.09.2023	05.09.2023	06.09.2023	07.09.2023	08.09.2023	09.09.2023	10.09.2023	11.09.2023	12.09.2023	13.09.2023	14.09.2023	15.09.2023	
			Chapeo y trazo de terreno	3/07/2023	4/07/2023																							
Excavación para cimiento	5/07/2023	8/07/2023																										
Armado y fundición de cimiento corrido	10/07/2023	21/07/2023																										
Armado y fundición de columnas	14/07/2023	21/07/2023																										
Levantado de muro cimiento	22/07/2023	26/07/2023																										
Armado y fundición de solera humedad	27/07/2023	4/08/2023																										
Levantado de muro general	14/08/2023	25/08/2023																										
Aramdo y fundición de solera intermedia	28/08/2023	8/09/2023																										
Levantado de muro	11/09/2023	29/09/2023																										
Aramdo y fundición de solera final	2/10/2023	14/10/2023																										
Armado de techo de lamina y colocación de lámina	16/10/2023	27/10/2023																										
Instalaciones eléctricas	14/10/2023	21/10/2023																										
Instalaciones drenaje y agua potable	22/07/2023	29/07/2023																										
Instalacion de piso en interior	27/10/2023	4/11/2023																										
Resanes y aplicación de repello general	27/10/2023	17/11/2023																										
Instalación de artefactos sanitarios	17/11/2023	18/11/2023																										
Instalacion de puertas y ventanas	17/11/2023	22/11/2023																										
Aplicación de pintura interior	22/11/2023	25/11/2023																										
Aplicación de pintura exterior	22/11/2023	25/11/2023																										
Instalación de zocalo	25/11/2023	25/11/2023																										
Limpieza general	27/11/2023	30/11/2023																										
Entrega de proyecto	1/12/2023	1/12/2023																										

Continuación de la tabla XIV.

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN
Vivienda con bloques pómez

REGLON	Fecha de inicio	Fecha de finalización	16.09.2023	17.09.2023	18.09.2023	19.09.2023	20.09.2023	21.09.2023	22.09.2023	23.09.2023	24.09.2023	25.09.2023	26.09.2023	27.09.2023	28.09.2023	29.09.2023	30.09.2023	01.10.2023	02.10.2023	03.10.2023	04.10.2023	05.10.2023	06.10.2023	07.10.2023	08.10.2023	09.10.2023	10.10.2023	
			Chapeo y trazo de terreno	3/07/2023	4/07/2023																							
Excavación para cimiento	5/07/2023	8/07/2023																										
Armado y fundición de cimiento corrido	10/07/2023	21/07/2023																										
Armado y fundición de columnas	14/07/2023	21/07/2023																										
Levantado de muro cimiento	22/07/2023	26/07/2023																										
Armado y fundición de solera humedad	27/07/2023	4/08/2023																										
Levantado de muro general	14/08/2023	25/08/2023																										
Armado y fundición de solera intermedia	28/08/2023	8/09/2023																										
Levantado de muro	11/09/2023	29/09/2023																										
Armado y fundición de solera final	2/10/2023	14/10/2023																										
Armado de techo de lamina y colocación de lámina	16/10/2023	27/10/2023																										
Instalaciones eléctricas	14/10/2023	21/10/2023																										
Instalaciones drenaje y agua potable	22/07/2023	29/07/2023																										
Instalación de piso en interior	27/10/2023	4/11/2023																										
Resanes y aplicación de repello general	27/10/2023	17/11/2023																										
Instalación de artefactos sanitarios	17/11/2023	18/11/2023																										
Instalación de puertas y ventanas	17/11/2023	22/11/2023																										
Aplicación de pintura interior	22/11/2023	25/11/2023																										
Aplicación de pintura exterior	22/11/2023	25/11/2023																										
Instalación de zocalo	25/11/2023	25/11/2023																										
Limpieza general	27/11/2023	30/11/2023																										
Entrega de proyecto	1/12/2023	1/12/2023																										

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN
Vivienda con bloques pómez

REGLON	Fecha de inicio	Fecha de finalización	11.10.2023	12.10.2023	13.10.2023	14.10.2023	15.10.2023	16.10.2023	17.10.2023	18.10.2023	19.10.2023	20.10.2023	21.10.2023	22.10.2023	23.10.2023	24.10.2023	25.10.2023	26.10.2023	27.10.2023	28.10.2023	29.10.2023	30.10.2023	31.10.2023	01.11.2023	02.11.2023	03.11.2023	04.11.2023	
			Chapeo y trazo de terreno	3/07/2023	4/07/2023																							
Excavación para cimiento	5/07/2023	8/07/2023																										
Armado y fundición de cimiento corrido	10/07/2023	21/07/2023																										
Armado y fundición de columnas	14/07/2023	21/07/2023																										
Levantado de muro cimiento	22/07/2023	26/07/2023																										
Armado y fundición de solera humedad	27/07/2023	4/08/2023																										
Levantado de muro general	14/08/2023	25/08/2023																										
Armado y fundición de solera intermedia	28/08/2023	8/09/2023																										
Levantado de muro	11/09/2023	29/09/2023																										
Armado y fundición de solera final	2/10/2023	14/10/2023																										
Armado de techo de lamina y colocación de lámina	16/10/2023	27/10/2023																										
Instalaciones eléctricas	14/10/2023	21/10/2023																										
Instalaciones drenaje y agua potable	22/07/2023	29/07/2023																										
Instalación de piso en interior	27/10/2023	4/11/2023																										
Resanes y aplicación de repello general	27/10/2023	17/11/2023																										
Instalación de artefactos sanitarios	17/11/2023	18/11/2023																										
Instalación de puertas y ventanas	17/11/2023	22/11/2023																										
Aplicación de pintura interior	22/11/2023	25/11/2023																										
Aplicación de pintura exterior	22/11/2023	25/11/2023																										
Instalación de zocalo	25/11/2023	25/11/2023																										
Limpieza general	27/11/2023	30/11/2023																										
Entrega de proyecto	1/12/2023	1/12/2023																										

Continuación de la tabla XIV.

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN
Vivienda con bloques pómez

REGLON	Fecha de inicio	Fecha de finalización	05.11.2023	06.11.2023	07.11.2023	08.11.2023	09.11.2023	10.11.2023	11.11.2023	12.11.2023	13.11.2023	14.11.2023	15.11.2023	16.11.2023	17.11.2023	18.11.2023	19.11.2023	20.11.2023	21.11.2023	22.11.2023	23.11.2023	24.11.2023	25.11.2023	26.11.2023	27.11.2023	28.11.2023	29.11.2023	30.11.2023	01.12.2023	02.12.2023	
			Chapeo y trazo de terreno	3/07/2023	4/07/2023																										
Excavación para cimiento	5/07/2023	8/07/2023																													
Armado y fundición de cimiento corrido	10/07/2023	21/07/2023																													
Armado y fundición de columnas	14/07/2023	21/07/2023																													
Levantado de muro cimiento	22/07/2023	26/07/2023																													
Armado y fundición de solera humedad	27/07/2023	4/08/2023																													
Levantado de muro general	14/08/2023	25/08/2023																													
Armado y fundición de solera intermedia	28/08/2023	8/09/2023																													
Levantado de muro	11/09/2023	29/09/2023																													
Armado y fundición de solera final	2/10/2023	14/10/2023																													
Armado de techo de lamina y colocación de lámina	16/10/2023	27/10/2023																													
Instalaciones eléctricas	14/10/2023	21/10/2023																													
Instalaciones drenaje y agua potable	22/07/2023	29/07/2023																													
Instalación de piso en interior	27/10/2023	4/11/2023																													
Resanes y aplicación de repello general	27/10/2023	17/11/2023																													
Instalación de artefactos sanitarios	17/11/2023	18/11/2023																													
Instalación de puertas y ventanas	17/11/2023	22/11/2023																													
Aplicación de pintura interior	22/11/2023	25/11/2023																													
Aplicación de pintura exterior	22/11/2023	25/11/2023																													
Instalación de zocato	25/11/2023	25/11/2023																													
Limpieza general	27/11/2023	30/11/2023																													
Entrega de proyecto	1/12/2023	1/12/2023																													

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

2.2. Diseño de vivienda con contenedores marítimos

Los diseños de las viviendas con contenedores es una tendencia constructiva moderna, la única limitación de este sistema es la creatividad del constructor. Debido a que se pueden apilar varios de estos elementos como bloques y tener diferente configuración para ambientes.

2.2.1. Método constructivo con contenedores

El método constructivo y de diseño estará basado en los contenedores reciclados *Dry Van* de 40 pies. Para modificar un contenedor en una vivienda, apartamento o cualquier uso comercial que el constructor requiera.

2.2.2. Presupuesto vivienda con contenedores

En la siguiente tabla se detalla el presupuesto que se utiliza para la ejecución de una vivienda con contenedores.

Tabla XV. Presupuesto vivienda con contenedores

Proyecto Vivienda con contenedores marítimos 40 pies
Fecha abr-23

Total Q 227,707.31

Presupuesto					
	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Sub Total	
I. Estructura Básica (Contenedor de 40 pies)					
1	Contenedor de 40 pies	Unidad	Q 33,074.75	2.00	Q 66,149.51
II. Herrería y Pintura de contenedor					
1	Lijado y aplicación de anticorrosivo en general 40 pies	Unidad	Q 2,786.66	2.00	Q 5,573.33
2	Corte vano de puerta con refuerzo de 0.90x2.10m	Unidad	Q 719.88	6.00	Q 4,319.27
3	Corte de vano de ventana de 0.60x0.40m	Unidad	Q 491.94	2.00	Q 983.87
4	Corte de vano de ventana de 1.20x1.00m	Unidad	Q 768.78	5.00	Q 3,843.89
5	Unión y soldadura de contenedor 40 pies	Unidad	Q 4,520.43	1.00	Q 4,520.43
III: Instalaciones Eléctricas					
1	Instalación Básica	Unidad	Q 2,532.02	1.00	Q 2,532.02
2	Tomacorriente 110 v	Unidad	Q 374.61	10.00	Q 3,746.05
3	Tomacorriente 220 v	Unidad	Q 450.30	2.00	Q 900.60
4	Apagador normal básico	Unidad	Q 337.63	10.00	Q 3,376.27
5	Salida para TV	Unidad	Q 371.19	3.00	Q 1,113.58
6	Lámpara led con plafonera	Unidad	Q 327.02	10.00	Q 3,270.19
7	Calentador de agua tipo ducha	Unidad	Q 916.08	2.00	Q 1,832.16
IV: Piso					
1	Piso cerámico nacional	m ²	Q 170.09	56.00	Q 9,525.09
2	Azulejo nacional	m ²	Q 208.60	21.00	Q 4,380.69
3	Zocalo de pvc color café oscuro	ml	Q 17.70	62.00	Q 1,097.39
V. Tablayeso					
1	Forro de paredes con aislante fibra de vidrio	m ²	Q 37.61	97.50	Q 3,667.23
2	Forro de paredes con tablayeso una cara	m ²	Q 166.68	101.25	Q 16,875.97
3	Tablayeso doble cara	m ²	Q 231.27	21.63	Q 5,001.21
4	Tablayeso en cielo	m ²	Q 157.43	56.00	Q 8,816.32
5	Tabla verde doble cara	m ²	Q 238.32	27.50	Q 6,553.82
6	Durock en piso de contenedor	m ²	Q 194.42	56.00	Q 10,887.70
VI: Pintura					
1	Pintura interior de contenedor	m ²	Q 29.58	255.50	Q 7,556.46
2	Pintura exterior de contenedor	m ²	Q 37.28	100.00	Q 3,728.12

Continuación de la tabla XV.

VII: Puertas y Ventanas

1	Puerta con material de contendor 0.90x2.10m	Unidad	Q 1,736.15	1.00	Q 1,736.15
2	Puerta interior de pvc blanco y vidrio 0.90x2.10m	Unidad	Q 2,952.33	5.00	Q 14,761.63
3	Ventana de pvc blanco y vidrio 1.20x1.00m	Unidad	Q 1,475.73	5.00	Q 7,378.63
4	Ventana de pvc blanco y vidrio 0.60x0.40m	Unidad	Q 1,102.49	2.00	Q 2,204.97

VIII: Instalaciones hidrosanitarias

1	Inodoro	Unidad	Q 1,312.33	2.00	Q 2,624.66
2	Lavanamos	Unidad	Q 1,136.25	2.00	Q 2,272.49
3	Ducha	Unidad	Q 1,401.17	2.00	Q 2,802.34
4	Lavatrastos	Unidad	Q 1,800.08	1.00	Q 1,800.08
5	Conexion hidraulica y sanitaria	Unidad	Q 3,710.50	1.00	Q 3,710.50

IX: Albañileria

1	Excavación de bases	Unidad	Q 11.00	82.19	Q 904.09
2	Bases de concreto 4000 psi	Unidad	Q 11.00	606.24	Q 6,668.68
3	Relleno de bases	Unidad	Q 11.00	53.81	Q 591.90

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

2.2.3. Cronograma de ejecución

En la siguiente tabla se presenta el cronograma de tiempo de ejecución de vivienda con contenedores.

Tabla XVI. Cronograma de ejecución vivienda con contenedores

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN
Vivienda con contenedores marítimos 40 pies

RENGLON	Fecha de inicio	Fecha de finalización	03.07.2023	04.07.2023	05.07.2023	06.07.2023	07.07.2023	08.07.2023	09.07.2023	10.07.2023	11.07.2023	12.07.2023	13.07.2023	14.07.2023	15.07.2023	16.07.2023	17.07.2023	18.07.2023	19.07.2023	20.07.2023	21.07.2023	22.07.2023	23.07.2023	24.07.2023	25.07.2023	26.07.2023
			Excavación para bases de contenedor	3/07/2023	3/07/2023																					
Armado y fundición de bases	4/07/2023	10/07/2023																								
Colocación de contenedores en bases	17/07/2023	17/07/2023																								
Corte de contenedores	17/07/2023	17/07/2023																								
Unión de contenedores	17/07/2023	19/07/2023																								
Lijado de contenedor	20/07/2023	22/07/2023																								
Apertura de vanos para puertas y ventanas	24/07/2023	26/07/2023																								
Colocación de refuerzo en vanos	27/07/2023	29/07/2023																								
Aplicación de anticorrosivo general	31/07/2023	4/08/2023																								
Armado de estructura de tabla yeso	7/08/2023	9/08/2023																								
Colocación de fibra de vidrio	9/08/2023	9/08/2023																								
Instalaciones eléctricas	10/08/2023	19/08/2023																								
Instalaciones drenaje y agua potable	10/08/2023	19/08/2023																								
Instalación de piso en interior	21/08/2023	26/08/2023																								
Cerramiento con tabla yeso pared y cielo	28/08/2023	2/09/2023																								
Instalación de artefactos sanitarios	4/09/2023	4/09/2023																								
Instalación de puertas y ventanas	4/09/2023	6/09/2023																								
Aplicación de pintura interior	7/09/2023	9/09/2023																								
Aplicación de pintura exterior	7/09/2023	9/09/2023																								
Instalación de zocalo	11/09/2023	11/09/2023																								
Limpieza general	12/09/2023	14/09/2023																								
Entrega de proyecto	15/09/2023	15/09/2023																								

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN
Vivienda con contenedores marítimos 40 pies

RENGLON	Fecha de inicio	Fecha de finalización	27.07.2023	28.07.2023	29.07.2023	30.07.2023	31.07.2023	01.08.2023	02.08.2023	03.08.2023	04.08.2023	05.08.2023	06.08.2023	07.08.2023	08.08.2023	09.08.2023	10.08.2023	11.08.2023	12.08.2023	13.08.2023	14.08.2023	15.08.2023	16.08.2023	17.08.2023	18.08.2023	19.08.2023	20.08.2023
			Excavación para bases de contenedor	3/07/2023	3/07/2023																						
Armado y fundición de bases	4/07/2023	10/07/2023																									
Colocación de contenedores en bases	17/07/2023	17/07/2023																									
Corte de contenedores	17/07/2023	17/07/2023																									
Unión de contenedores	17/07/2023	19/07/2023																									
Lijado de contenedor	20/07/2023	22/07/2023																									
Apertura de vanos para puertas y ventanas	24/07/2023	26/07/2023																									
Colocación de refuerzo en vanos	27/07/2023	29/07/2023																									
Aplicación de anticorrosivo general	31/07/2023	4/08/2023																									
Armado de estructura de tabla yeso	7/08/2023	9/08/2023																									
Colocación de fibra de vidrio	9/08/2023	9/08/2023																									
Instalaciones eléctricas	10/08/2023	19/08/2023																									
Instalaciones drenaje y agua potable	10/08/2023	19/08/2023																									
Instalación de piso en interior	21/08/2023	26/08/2023																									
Cerramiento con tabla yeso pared y cielo	28/08/2023	2/09/2023																									
Instalación de artefactos sanitarios	4/09/2023	4/09/2023																									
Instalación de puertas y ventanas	4/09/2023	6/09/2023																									
Aplicación de pintura interior	7/09/2023	9/09/2023																									
Aplicación de pintura exterior	7/09/2023	9/09/2023																									
Instalación de zocalo	11/09/2023	11/09/2023																									
Limpieza general	12/09/2023	14/09/2023																									
Entrega de proyecto	15/09/2023	15/09/2023																									

Continuación de la tabla XVI.

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN
Vivienda con contenedores marítimos 40 pies

REGLON	Fecha de inicio	Fecha de finalización	21.06.2023	22.06.2023	23.06.2023	24.06.2023	25.06.2023	26.06.2023	27.06.2023	28.06.2023	29.06.2023	30.06.2023	31.06.2023	01.06.2023	02.06.2023	03.06.2023	04.06.2023	05.06.2023	06.06.2023	07.06.2023	08.06.2023	09.06.2023	10.06.2023	11.06.2023	12.06.2023	13.06.2023	14.06.2023	15.06.2023	16.06.2023	
			Excavación para bases de contenedor	3/07/2023	3/07/2023																									
Armado y fundición de bases	4/07/2023	10/07/2023																												
Colocación de contenedores en bases	17/07/2023	17/07/2023																												
Corte de contenedores	17/07/2023	17/07/2023																												
Unión de contenedores	17/07/2023	19/07/2023																												
Lijado de contenedor	20/07/2023	22/07/2023																												
Apertura de vanos para puertas y ventanas	24/07/2023	26/07/2023																												
Colocación de refuerzo en vanos	27/07/2023	29/07/2023																												
Aplicación de anticorrosivo general	31/07/2023	4/08/2023																												
Armado de estructura de tabla yeso	7/08/2023	9/08/2023																												
Colocación de fibra de vidrio	9/08/2023	9/08/2023																												
Instalaciones eléctricas	10/08/2023	19/08/2023																												
Instalaciones drenaje y agua potable	10/08/2023	19/08/2023																												
Instalación de piso en interior	21/08/2023	26/08/2023																												
Cerramiento con tabla yeso pared y cielo	28/08/2023	2/09/2023																												
Instalación de artefactos sanitarios	4/09/2023	4/09/2023																												
Instalación de puertas y ventanas	4/09/2023	6/09/2023																												
Aplicación de pintura interior	7/09/2023	9/09/2023																												
Aplicación de pintura exterior	7/09/2023	9/09/2023																												
Instalación de zocalo	11/09/2023	11/09/2023																												
Limpieza general	12/09/2023	14/09/2023																												
Entrega de proyecto	15/09/2023	15/09/2023																												

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se analizarán los datos obtenidos en el capítulo anterior sobre los parámetros de costo y tiempo que influyen en la construcción de los sistemas constructivos analizados.

3.1. Análisis de resultados de costo de viviendas

Mediante los presupuestos realizados el diseño de vivienda con bloques pómez presenta un costo más elevado en relación con el diseño de vivienda con contenedores, debido al proceso constructivo que lleva este sistema, por la elaboración de los renglones de obra gris que presenta la vivienda con bloques pómez siendo la cimentación, columnas, soleras y levantado de muros con su acabado final agregándole la cubierta de la vivienda la cual también eleva el costo de mano de obra y de materiales de la vivienda.

En acabados se mantienen las mismas especificaciones para mantener un proceso comparativo lo más parecido posible, así mismo, en las instalaciones de drenaje agua potable y eléctricas. Teniendo como resultado un veinticinco por ciento menor en costo total la construcción de viviendas con contenedores marítimos, teniendo la construcción con materiales de buena calidad y precios competitivos en el sector de la construcción.

3.2. Análisis de resultados de tiempo de ejecución de viviendas

Los tiempos de ejecución de cada uno de los proyectos son similares, con el de vivienda con contenedores se obtiene un mejor tiempo de ejecución siendo

de aproximadamente tres meses este tiempo puede variar dependiendo de las condiciones climáticas o los imprevistos que surgen en todo proyecto constructivo, así también la mayor ventaja de construir con contenedores es la que ya se tienen las paredes y techo de la vivienda y eso reduce el tiempo de ejecución.

El diseño propuesto de vivienda con bloques pómez aproximadamente es de seis meses, esto son dos meses más de tiempo que la del diseño con contenedores, esto se debe al tiempo necesario para llegar a la resistencia de los cimientos, columnas y soleras ya que son de concreto armado.

CONCLUSIONES

1. Los documentos técnicos obtenidos de ambos sistemas constructivos y realizar su respectiva comparación son planos de arquitectura, estructura y plantas de instalaciones de viviendas. Obteniendo los presupuestos de cada uno de ellos así mismo con el cronograma de ejecución o tiempo de cada proyecto en individual.
2. En comparación de los costos de construcción de la vivienda de bloques de mampostería pómez y de contenedores marítimos reciclados, resulta ser más económico construir con contenedores marítimos reciclados llegando hasta un veinticinco por ciento menos del monto total del costo de la construcción. Teniendo los mismos tipos de acabados finales con instalaciones lo más parecido entre sí para obtener un dato más aproximado real de costo. El tiempo de ejecución de cada uno de los proyectos o sistemas constructivos es de menor tiempo el ejecutado con contenedores marítimos en relación de dos meses menos que el de vivienda con bloques de mampostería pómez. En relación una disminución de hasta un cuarenta por ciento menos de tiempo de ejecución de proyecto.
3. El diseño estándar establecido para una vivienda económica con base en los contenedores marítimos reciclados de cuarenta pies de largo y vivienda elaborada de bloques pómez y cubierta de lámina, con ambientes básicos tales como sala, comedor, cocina, servicio sanitario completos de visita y de habitación principal, dormitorio principal, dormitorio sencillo,

área de lavandería y jardín distribuido en la vivienda, con ambientes agradables y confortables para las personas.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar el estado en el que se encuentre el contenedor marítimo debido a que como son reciclados y por el uso que se le da a muchos de ellos es de carga de materiales y objetos pesados, presentan golpes o deformaciones en sus paredes o el piso debido a malos almacenajes y descuidos de tiempo y clima en donde se encuentran almacenados y aplicar los tratamientos necesarios para re utilizar dichos contenedores con aplicaciones de anticorrosivos en paredes y fumigación del piso de madera para alargar su vida útil.
2. Utilizar materiales de construcción de buena calidad para evitar futuros desgaste o fracturas en las paredes o pisos de la vivienda, para prolongar la vida útil de cada uno de los proyectos y así estar en un ambiente más seguro y agradable para el usuario.
3. Supervisar la construcción en vivienda con bloques pómez para asegurar que se cumplan con todas las normas y especificaciones que están planteadas en los planos constructivos del proyecto y así garantizar la correcta construcción de la vivienda.

REFERENCIAS

1. Eslava, A. (2005). *Logística del transporte de mercancías en contenedores marítimos*. Colombia: Ediciones de la U.
2. Gamboa, O. (2005). *Optimización del proceso de fabricación de bloques de concreto del estándar 15x20x40 cm con grado de resistencia 28 kg/cm², caso específico fuerte-block máquinas #1 y #2* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
3. López, A. (2002). *Estudio de productividad y mejora en el proceso de fabricación de blocks, en la empresa Procomaz* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
4. Macchia, J. (2009). *Cómputos, Costos y Presupuestos*. Argentina: Nobuko.
5. Nilson, A. (1999). *Diseño de estructuras de concreto*. Colombia: Grupo McGraw-Hill.
6. Norma Técnica Guatemalteca NTG 41054. (2011). *Bloques huecos de concreto para muros*. Guatemala: COGUANOR.
7. Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala. (2002). *Demandas estructurales, condiciones de sitio y niveles de protección*. Guatemala: AGIES.

8. Quiun, D. (2019). *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*. Perú: Fondo Editorial.
9. Sandino, R. (2017). *Costos y presupuestos*. Colombia: Fundación Universitaria del Área Andina.
10. Say, G. (2018). *Edificaciones habitacionales con contenedores marítimos* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
11. Toro, F. (2007). *Costos y Presupuestos con Base en Tareas*. España: Prentice Hall.
12. Welsch, G. (2005). *Presupuestos Planificación y Control*. México: Pearson.

