

SOLUCIÓN DE VIVIENDA CONSTRUIDA POR MEDIO DE CONTENEDORES.

**DIEGO FERNANDO BARRERA QUINTERO
IVÁN RENE FUENTES BARRERA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2015

SOLUCIÓN DE VIVIENDA CONSTRUIDA POR MEDIO DE CONTENEDORES.

**DIEGO FERNANDO BARRERA QUINTERO
IVÁN RENE FUENTES BARRERA**

**Trabajo de grado en la modalidad de investigación para optar al título de
Ingeniero Civil**

**Director
ÁLVARO REY SOTO
INGENIERO CIVIL Esp.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2015

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me han ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles. Por todo su esfuerzo y por depositar en mi toda su confianza. Muchas gracias.

A mis abuelos Ana Isabel Ramírez y Rodrigo Quintero por todo su amor y apoyo incondicional.

A mi familia por todo el apoyo y motivación que desde lugares lejanos me dieron.

Gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mi compañera de momentos inolvidables, por todos estos años de compañía y amor. Aleja gracias por estar en gran parte de esta etapa de mi vida, por todo tu apoyo, ánimo y comprensión.

A mi compañero proyecto Rene por su paciencia, sabiduría, amistad y apoyo para culminar de manera exitosa este proyecto

A mis amigos, por acompañarme en este gran proceso. Por todo el apoyo y los momentos vividos durante este trayecto.

Al Ingeniero David Gómez por su paciencia y colaboración en la culminación de este proyecto.

Al Arquitecto Andrés Castillo por su colaboración en la interpretación y manejo de software.

A la Familia Quijano Urrea por su apoyo incondicional que me han brindado durante mi estadía en la ciudad de Bucaramanga.

Al Ingeniero Civil y Director de proyecto Álvaro Rey Soto por su colaboración, aporte y disponibilidad durante el desarrollo de nuestro proyecto de investigación.

Los grandes logros requieren grandes esfuerzos.

Diego Fernando Barrera Quintero

A Dios por ser mi principal guía, quien me ha brindado una vida llena de alegría y aprendizaje al lado de personas maravillosas, permitiéndome vivir una excelente experiencia en mi etapa universitaria.

A mi familia por su amor, dedicación, entrega, confianza y apoyo incondicional, porque es gracias a ellos que hoy estoy próximo a ser Ingeniero Civil. Gracias de todo corazón por la oportunidad que me brindaron.

Agradecer de manera especial al Ingeniero Álvaro Rey Soto por su apoyo y acompañamiento en este proceso. Así mismo, por habernos dado la oportunidad de trabajar en este proyecto, por su confianza en nuestro trabajo y capacidades. De igual manera, por brindarnos las herramientas necesarias para culminar con él de manera satisfactoria.

A los profesores de la Escuela de Ingeniería Civil por su apoyo y acompañamiento en mi formación como profesional, siendo ellos uno de mis principales proveedores de herramientas y conocimientos trascendentales en mi futuro profesional.

Finalmente a mi compañero de proyecto Diego y a todos mis amigos por su apoyo incondicional, confianza y amistad durante estos años en los cuales compartimos memorables e inigualables momentos que permanecerán en mi memoria como la mejor adquisición en mi pasó por la universidad.

Los sacrificios de hoy son el éxito del mañana.

Iván Rene Fuentes Barrera

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. OBJETIVOS	17
1.1 OBJETICO GENERAL	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2. METODOLOGÍA	18
2.1 FASE 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	18
2.2 FASE 2. ESTUDIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	18
2.2.1 Tipos de contenedores	20
2.2.2 Estructura y partes del contenedor	20
2.2.3 Elementos básicos de una vivienda hecha con contenedores	22
2.2.4 Recopilar datos de precios unitarios para el evalúo del presupuesto	22
2.2.5 Análisis del impacto ambiental	23
2.2.6 Ventajas y desventajas del sistema constructivo.	24
2.3 FASE 3. ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN.	24
2.3.1 Estudio de las alternativas de construcción y mantenimiento de los prototipos de vivienda.	25
2.3.1.1 Sistema tradicional	25
2.3.1.2 Sistema de prefabricados	27
2.3.1.3 Sistema industrializada con formaleta	29
2.3.2 Selección de las alternativas factibles de construcción y mantenimiento para los prototipos de vivienda	31

2.4 FASE 4 FASE: MANEJO E INTERPRETACIÓN DEL SOFTWARE Y APLICACIÓN (STUDIO 3D)	34
2.4.1 Principios fundamentales	39
2.4.1.1 Equilibrio de la escala y de la luz	39
2.4.1.2 Desmontaje	39
2.4.1.3 Eliminando restricciones	40
2.5 FASE 5: ANÁLISIS DE RESULTADOS	41
2.5.1 Cálculo de costos aproximados de los diferentes sistemas de construcción	41
2.5.2 Calculo de los costos aproximados	41
2.5.2.1 Calculo de cantidades	41
2.5.2.2 Costos aproximados de cada uno de los sistemas de construcción propuestos	41
2.5.3 Ventajas y desventajas de las diferentes alternativas de construcción propuestas	49
3. CONCLUSIONES	53
4. RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Tipos de contenedores usados en la construcción de viviendas.	20
Figura 2. Partes de un contenedor.	21
Figura 3. Sistema constructivo tradicional.	26
Figura 4. Sistema constructivo utilizando materiales prefabricados.	28
Figura 5. Sistema industrializado con formaleta	30
Figura 6. Prototipo de vivienda realizado a partir de contenedores metálicos.	33
Figura 7. Planos arquitectónicos	35
Figura 8. Modelamiento inicial en 3D de la primera planta	36
Figura 9. Modelamiento en 3D de la primera planta.	37
Figura 10. Modelamiento en 3D de las escaleras	38
Figura 11. Modelamiento de las dos plantas en 3D	39
Figura 12. Modelamiento final del prototipo de vivienda en 3D	40
Figura 13. Rendimientos de obra	49

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Propiedades de los contenedores y su capacidad.	19
Tabla 2. Costos unitarios por metro cuadrado de construcción 1er .trimestre 2015	42
Tabla 3. Análisis de precios unitarios para el prototipo de vivienda a base de contenedores metálicos.	43
Tabla 4. Costos maquinaria y herramienta	46
Tabla 5. Duración de las actividades durante el proyecto.	46
Tabla 6. Ventajas y desventajas en la construcción y adecuación del prototipo propuesto.	50

RESUMEN

TITULO: SOLUCIÓN DE VIVIENDA CONSTRUIDA POR MEDIO DE CONTENEDORES*

AUTORES: Diego Fernando Barrera Quintero
Iván Rene Fuentes Barrera**

PALABRAS CLAVES: Sistema constructivo, contenedores marítimos, impacto ambiental, presupuesto, reciclaje, vivienda asequible.

El objetivo de la realización de este artículo consiste en la investigación de las ventajas y desventajas de viviendas construidas a base de materiales de construcción comunes y uno con contenedores, teniendo en cuenta como parámetros los costos de construcción y mantenimiento, el impacto ambiental, además la realización de un análisis de presupuesto y seguimiento detallado de la construcción de un prototipo de vivienda a base de contenedores y el manejo e interpretación del software Studio 3D para el modelamiento del manejo adecuado de la luz y del viento como sistema de ventilación, con el fin de verificar si el sistema de construcción de viviendas a base de contenedores es factible.

Uno de los mecanismos de construcción más utilizados es la implementación de materiales prefabricados, que disminuyen el tiempo de construcción, además se combina con el proceso constructivo y creando una vivienda modular, sustentable y que puede ser armada rápidamente en cualquier lugar, incluso los de difícil acceso.

Las viviendas prefabricadas con contenedores metálicos son una solución muy interesante, moderna y económica para resolver el problema de vivienda hoy en día, ya que con respecto al costo de construcción, mantenimiento y el impacto ambiental. Actualmente los contenedores no solo son utilizados en la construcción de viviendas, también en la adecuación de oficinas, bibliotecas e incluso hasta en grandes construcciones debido que poseen una gran resistencia ya que fueron diseñado inicialmente para el transporte marítimo de mercancía.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Ing. Álvaro Rey Soto.

ABSTRACT

TITLE: SOLUTION OF HOUSING BUILT WITH CONTAINERS^{*}

AUTHORS: Diego Fernando Barrera Quintero^{**}
Iván Rene Fuentes Barrera

KEYWORDS: Construction system, shipping containers, environmental impact, budget, recycling, affordable housing

DESCRIPTION

The goal for the realization of this paper is to investigate the advantages and disadvantages of houses constructed of common building materials and one with a container, considering as parameters the cost of construction, maintenance and environmental impact; also conducting a detailed budget analysis and monitoring a prototype of the construction container dwelling and management, and interpretation of 3D Studio software for modeling the proper use of light and wind as ventilation system , to verify if the system of housing construction container base is feasible.

One of the mechanisms most used construction is the implementation of prefabricated materials , which reduce construction time , also combined with the construction process and creating a modular , sustainable housing and can be assembled quickly anywhere, even in difficult access .

The houses prefabricated with metal containers are an interesting, modern and economical solution to solve the housing problem today, as compared to the cost of construction, maintenance and environmental impact . Currently the containers are not only used in housing construction , also in the adaptation of offices , libraries and even in large buildings due to pose a high resistance as they were initially designed for the carriage of goods .

^{*} Degree work

^{**} Faculty of physical-Mechanical. Civil Engineering School. Director: Ing. Álvaro Rey Soto.

INTRODUCCIÓN

En el mundo moderno existen grandes transformaciones que afectan el equilibrio como son: el incremento inesperado de la población, las distintas tecnologías que avanzan cada día y el consumismo impuesto por los medios de comunicación que generan un tipo de ansiedad que afecta el hábitat de las personas y más cuando se trata de un lugar donde vivir.

Las diferentes familias tienen miembros que pueden ser de la misma familia o simplemente comparten un lugar, generando nuevas agrupaciones o distintos modos de vivir. Muchas personas en la actualidad desean y anhelan una vivienda digna, que cumpla con sus necesidades como de acceder a servicios y actividades de la ciudad, el trabajo, pero lo más importante es el precio de conseguirla.

La humanidad siempre está en constante cambio, con respecto a espacios de vivienda donde se ven afectados y modificados, por eso el hombre se dedicó a adaptar los distintos lugares a su comodidad.

Uno de los mecanismos de construcción más utilizados es la implementación de materiales prefabricados, que disminuyen el tiempo de construcción convirtiéndolas en una vivienda modular, sustentable y que puede ser armada rápidamente, además en lugares de difícil acceso.

Las diferentes soluciones que presenta el mercado como medio de vivienda, simplemente satisfacen el estilo de vida en forma masiva disponiendo espacios muy reducidos y poco confortables, además ofrecen muy pocas alternativas que se adapten a lo que pide la sociedad con respecto a la accesibilidad, ya que implementan precios muy altos por metro cuadrado.

Dándole respuesta a la problemática que en la actualidad presenta el medio de vivienda se propone un estilo conservador en el proceso constructivo utilizando los materiales prefabricados.

En ciudades como Ámsterdam (Holanda), Londres (Inglaterra) y Le Havre (Francia), se están efectuando ideas innovadoras para darle solución a este tipo de problemas. La transformación de contenedores de transporte marítimo reciclados en modernas y confortables residencias universitarias es una de ellas, ya que éstos son fácilmente transportables, tienen un bajo costo de fabricación, son flexibles, estructuralmente muy fuertes y tienen muchas soluciones estandarizadas para su apilamiento¹

La finalidad de la investigación es elaborar una propuesta de vivienda utilizando contenedores, con el fin de resolver las diferentes problemáticas dichas anteriormente. En primer lugar se tiene en cuenta las diversas situaciones familiares para abarcar todos los modos de vida y así conocer las necesidades básicas de las personas. En segundo lugar se toman los algunos procesos y modelos de vivienda para compararlos con una nueva propuesta de vivienda. Todo el trabajo se sustenta por medio de modelaciones en tercera dimensión los cuales demostraron conformidad y buena distribución de espacios, es decir, la percepción, la configuración y la adaptabilidad con el tamaño de las personas.

Por otra parte se hizo un análisis del prototipo hecho con contenedores como medio de vivienda, su método constructivo y un cálculo de presupuesto para compararse con otro prototipo hecho con materiales de construcción convencionales, manteniendo su área y dimensiones iguales en los dos casos. Para realizar la comparación se hizo un cuadro donde se definieron las ventajas y

¹ CASA UNIVISION Una residencia universitaria hecha de contenedores. {En línea} disponible en: (<http://casa.univision.com/casa-ecologica/vive-verde/article/2010-08-25/una-residenciauniversitaria-hecha-de>). Consultado en 10 de noviembre de 2014

desventajas, con respecto a los costos de construcción, mantenimiento y el impacto ambiental.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETICO GENERAL

Elaborar una propuesta de vivienda utilizando contenedores.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diseño arquitectónico del proyecto por medio del software Studio 3D.
- Realizar un análisis de presupuesto y un seguimiento detallado de un prototipo de vivienda construido a base de contenedores.
- Elaborar un análisis comparativo de las ventajas y desventajas de viviendas construidas a base de materiales de construcción comunes y uno con contenedores, con respecto al costo de construcción, el costo de mantenimiento y el impacto ambiental.

2. METODOLOGÍA

Para el dar una solución de vivienda construida por medio de contenedores se implementó una metodología con los principales procesos de comparación y elaboración detallada representada en cinco (5) fases: investigación bibliográfica, estudio de materiales de construcción, análisis de las diferentes alternativas para la construcción, manejo e interpretación del software de aplicación Studio 3D y un análisis de resultados por medio de cuadros comparativos donde señale ventajas y desventajas de las alternativas planteadas y a su vez determinar si es una solución de vivienda viable y factible.

2.1 FASE 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Consiste en tomar fuentes bibliográficas, libros, artículos científicos, reseñas, ensayos o manuales relacionados con los diferentes procesos constructivos a base de contenedores, la demanda actual de vivienda, los precios de cada proceso, la implementación de mano de obra, el impacto ambiental, los recursos energéticos y las demás problemáticas que hacen que sea una solución de vivienda.

2.2 FASE 2. ESTUDIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

En esta fase seleccionamos dos tipos de contenedores que se encuentran en la industria comercial y se consiguen en nomenclaturas de 20 y 40 pies; además combinamos los diferentes tipos de material para enfocarnos en acabados minimalista y urbanístico. Los contenedores se pueden identificar con las siglas

T.E.U (Unidades equivalentes a veinte pies). Un contenedor de 40 pies es igual a 2 TEUS.

También se investigó los diferentes precios en el mercado de cada material y su respectivo transporte.

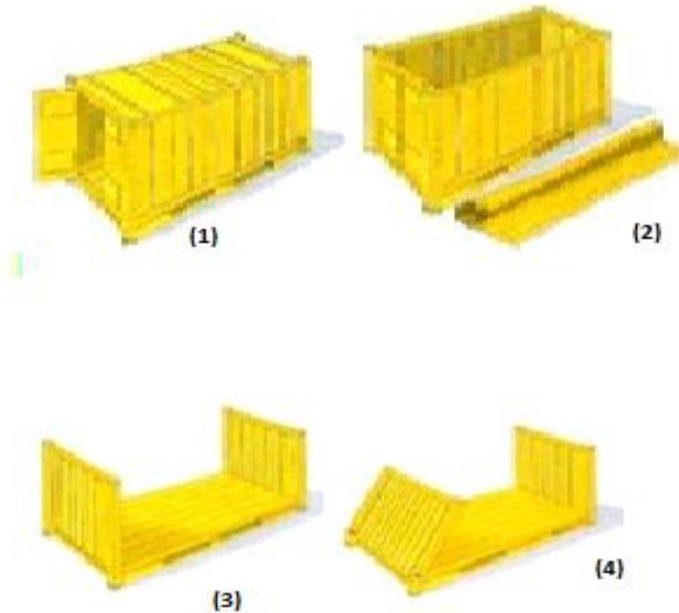
Tabla 1. Propiedades de los contenedores y su capacidad.

		20 pies	40 pies	40 pies HC
Largo	Interior	5.9 m	12.00 m	12.00 m
	Exterior	6.00 m	12.2 m	12.2 m
Ancho	Interior	2.34 m	2.34 m	2.34 m
	Exterior	2.40 m	2.40 m	2.40 m
Altura	Interior	2.4 m	2.4 m	2.71 m
	Exterior	2.50 m	2.60 m	2.89 m
Tara		2.300 kg	3.500 kg	3.500 kg
Carga almacenable		26.000 kg	34.000 kg	36.000 kg
Capacidad		33.3 m ³	3 67.7 m ³	3 76.5 m ³

Fuente: OVACEN. La arquitectura contenedores ventajas y desventajas [en línea] disponible en: <http://ovacen.com/la-arquitectura-con-contenedores-ventajas-y-desventajas/>

2.2.1 Tipos de contenedores

Figura 1. Tipos de contenedores usados en la construcción de viviendas.



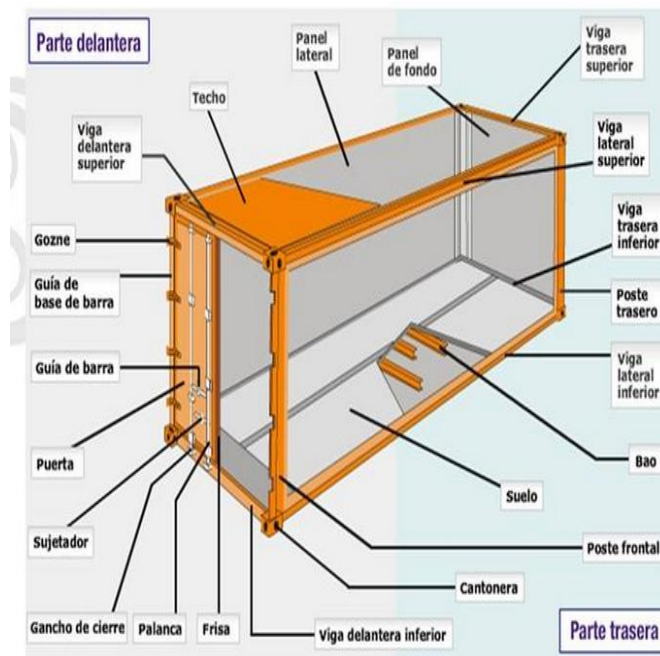
Fuente: SEGTRANSA Contenedores [en línea] disponible: <http://www.segtransa.com/servicios/interes/contenedores.PDF> 1) Contenedor dry-van 20´ y 40´. 2) Contenedor abierto 20´ open top. 3) Contenedor abierto de 20´ y 40´ flat rack. 4) Contenedor collapsible 20´ flat rack

Los contenedores son elementos que pueden ser usados varias veces, permiten el fácil transporte a los lugares más remotos, poseen resistencia a golpes, además están hechos de materiales como acero, aluminio, fibra de vidrio, plástico, etc.

2.2.2 Estructura y partes del contenedor Los contenedores poseen una estructura bien diseñada, la que les da resistencia y seguridad para ellos y las mercancías que contienen y los habilita para ser transportados por diferentes modos de transporte y para ser manipulados con facilidad.

Un contenedor está compuesto por un marco rígido usualmente construido en acero o aluminio, con paneles entre los miembros del marco. El marco es la parte estructural principal y está compuesto por las vigas, los rieles y cuatro postes esquineros con cuatro acoples de donde puede ser manipulado el contenedor, ver figura 1. Hacen también parte del marco los travesaños, los cuales soportan el piso que normalmente esta hecho de madera. En la parte trasera del contenedor hay dos puertas, las cuales están normalmente compuestas de paneles lisos o corrugados sobre el exterior, soportados por un marco desde el interior. Está previsto el cierre de sus puertas asegurando sus manijas con candados, cerrojos y sellándolas con precintos o sellos de materiales resistentes, para garantizar la hermeticidad y que quede constancia de que no han sido violados²

Figura 2. Partes de un contenedor.



Fuente: LOGISTICA Y DTI Partes contenedores [en línea] disponible en: <http://logisticaydfi.blogspot.com/2013/03/partes-de-contenedores.html>

² REPOSITORIO UPV Estructura y partes de un contenedor: {En línea} disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/4001/1/6581186132A681.pdf> [consultado 16 de diciembre de 2014].<en línea>

2.2.3 Elementos básicos de una vivienda hecha con contenedores Las viviendas hechas con contenedores poseen las mismas características de una vivienda convencional, las cuales son: baño que consta de una unidad sanitaria, lavamanos y ducha. Una cocina la cual posee un lavaplatos, gabinetes superiores e inferiores, una mesa auxiliar, cocina integral. Toda construcción hecha con contenedores debe tener una red de acueducto, alcantarillado y de gas; además iluminación y cableado eléctrico. Los acabados pueden darse en distintos materiales, pero conservando lo tradicional como son las puertas, paredes, pisos, balcones y pasillos. A parte de los elementos básicos de una vivienda convencional se debe hacer un aislamiento térmico en paredes y techo y así controlar las condiciones climáticas.

2.2.4 Recopilar datos de precios unitarios para el evalúo del presupuesto En este caso se analizan las diferentes empresas que ofrecen cualquier servicio de material ya que el precio unitario puede variar considerablemente.

El valor monetario es uno de los factores más importantes que define cada proyecto en la ingeniería, ya que nos indica que tan factible puede ser cualquier proyecto³

El análisis de resultados de la relación costo-beneficio aproximado de cada uno de los sistemas de construcción con contenedores y a base de materiales comunes, teniendo en cuenta el área, altura, acabados y el proceso constructivo, para finalmente obtener los costos aproximados.

El cálculo de las cantidades de cada uno de los ítems que hacen parte de los sistemas constructivos para la elaboración de viviendas a base de contenedores metálicos, se tienen en cuenta todas aquellas cantidades que produzcan un costo

³ SANTOS Tatiana. Estudio de Factibilidad de un Proyecto de Inversión: Etapas en su Estudio. Contribuciones a la Economía {En línea} disponible en: <http://www.eumed.net/ce/>. [consultado [citado el enero 13 de 2015]

en la ejecución del método constructivo, para finalmente obtener un costo que proyecte una idea del valor que tendrá la ejecución de cada prototipo de vivienda.

Para el cálculo de costos unitarios se tienen en cuenta el costo de cada material utilizado, el equipo de maquinaria y herramientas empleadas en el proceso constructivo de cada prototipo de vivienda, también la mano de obra y su rendimiento en la realización de la actividad.

2.2.5 Análisis del impacto ambiental Siempre que exista una explotación de materiales de construcción en cualquier lugar del planeta, este se va a ver afectado por los cambios drásticos que producen la extracción, la transformación, el almacenamiento y transporte ya que al hacer y planificar esta serie de actividades se necesita un recurso energético muy grande para la producción de materiales de construcción.

Cuando se habla del recurso energético se refiere a aquellas energías de extracción y procesamiento del material virgen sacado y a su vez el transporte hacia algún determinado lugar y su respectiva instalación, ya que todo esto tiene un costo a la hora de construir una vivienda.

La mayor parte de los residuos de construcción y demolición son clasificados como inertes o asimilables a inertes. Por tanto, no es el peligro que entraña el residuo, sino sus altas tasas de generación, superior incluso a la de los residuos domésticos, y el volumen de ocupación del mismo, lo que ha incentivado diversos estudios acerca del Aprovechamiento y Manejo de Residuos de Construcción y Demolición, en busca de soluciones para una sostenibilidad ambiental⁴

⁴ REPOSITORIO UPB Propuesta de gestión ambiental para la recuperación y reciclaje de materiales de construcción y demolición: {En línea} disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1293/1/363737V433.pdf> [consultado 27 de enero de 2015].

2.2.6 Ventajas y desventajas del sistema constructivo. Las ventajas que presenta el proceso constructivo de viviendas con contenedores metálicos en comparación de hacerlo con materiales comunes es la rapidez de fabricación, se presenta un menor riesgo por parte de la mano de obra, sus diseños son innovadores, durabilidad, menor gasto de mantenimiento ya que solo se requiere en su fachada cada cinco o seis años dependiendo del estado como se encuentre el contenedor, su estructura se presta para realizar ampliaciones al gusto del comprador, posibilidad de traslado y reinstalación, amigables con el medio ambiente, seguros y presentan un menor costo lo cual posibilita a una mayor cantidad de personas a obtener una vivienda que satisfaga sus necesidades.

El tamaño modular estandarizado de los contenedores marítimos permite unirlos unos a otros por todos los costados, para formar grandes espacios e inclusive apilarlos de tal forma que se obtenga una construcción no solo horizontal sino vertical también alcanzando alturas de hasta de 16 metros sin correr ningún riesgo a que se puedan desplomar.

En cuanto a las desventajas encontramos la oxidación que se puede presentar por la humedad, la lluvia, la nieve entre otros agentes externos lo cual puede causar que la estructura de la vivienda se desplome; por otro lado conseguir el permiso para su construcción resulta dispendioso, debido a que las normas de zonificación restringe los diferentes tipos de vivienda que se pueden construir.

2.3 FASE 3. ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Las diferentes alternativas que se van a tomar en cuenta en la comparación y la determinación de un resultado factible y económico son básicamente las más tradicionales.

Los sistemas de construcción son la agrupación de diferentes técnicas y herramientas las cuales se utilizan para dar forma a un proyecto constructivo, estos sistemas han ido evolucionando a medida que transcurre el tiempo y las técnicas y las herramientas que los conforman van avanzando⁵

Para construir una vivienda se eligen diferentes alternativas o sistemas de construcción. A medida que evoluciona la ciencia, la técnica y la tecnología, se desarrollan alternativas para la construcción de viviendas que ahorran tiempo, dinero y optimizan recursos. La industrialización de las viviendas se basa en procesos de fabricación y construcción sistematizados, estandarizados, se trata de sistemas adoptados por motivos económicos. Los nuevos materiales para la construcción se suman a los recursos disponibles para desarrollar alternativas más eficientes.

Para nuestra investigación analizaremos tres diferentes alternativas para la construcción y mantenimiento de los prototipos de vivienda: sistema tradicional, sistema de prefabricados y el sistema industrializada con formaleta.

2.3.1 Estudio de las alternativas de construcción y mantenimiento de los prototipos de vivienda.

2.3.1.1 Sistema tradicional Sistema constructivo tradicional o artesanal, consta de una serie de procesos los cuales implementan principalmente el uso de mampostería de arcilla o de cemento, es colocada o puesta con la mano, en algunos casos se deja al aire libre o se recubre con un friso de cemento y finalmente darle un acabado convencional, precisamente en eso consiste la esencia de este sistema, los ladrillos o bloques son la base de la construcción.

⁵ OROSTEGUI JAIMES Jerson A., ZAPATA BARROSO Manuel A.. Sistemas de construcción sostenibles aplicadas al diseño y la construcción de edificios institucionales en la región. [Tesis de pregrado], Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga, Colombia, 2010

Figura 3. Sistema constructivo tradicional.



Fuente: IMAGE Artículo [en línea] disponible en:
<http://images3.arq.com.mx/noticias/articulos/11764-28131557.jpg>

- **MÉTODO**

Es un proceso usado comúnmente en la construcción de viviendas de baja altura y de interés social, ya que los factores que intervienen en su construcción es la diversidad de materiales, la altura, y la dirección del proceso constructivo que combinados con las forma artesanal de construcción se puede obtener un complejo urbano favorable. En algunas ocasiones el tiempo de ejecución es variable e inexacto.

Sitio sustentable: la construcción tradicional selecciona los sitios de construcción basándose únicamente en el plan de ordenamiento territorial POT, sin tener en cuenta que existen lugares que aunque según el POT, es construible, no deberán serlos porque hay reservas forestales cercanas o es un

sitio en el cual se pueden dar o provocar impactos ambientales negativos por las condiciones del ecosistema⁶

- **EQUIPO**

Existe una relación directa en la cual involucra al tipo de maquinaria dependiendo de la complejidad del proyecto, ya que no es necesario el uso de maquinaria pesada, pero en algunos casos el movimiento de tierra es considerablemente grande y es necesario el uso de equipo pesado. La relación indirecta relaciona el proyecto con el constructor ya que lo obliga hacer un control de calidad.

En obra es necesario la implementación de herramienta menor por eso el costo de inversión por vivienda es relativamente bajo.

- **RENDIMIENTOS**

El avance de obra es reflejada por el avance de cada ítem pero la construcción es lenta y pesada ya que el proceso constructivo no tiene en cuenta algunos aspectos como los materiales, tiempo de ejecución y la mano de obra con exactitud. En conclusión es una obra de alta inversión y retorno lento dependiendo el avance de la obra.

2.3.1.2 Sistema de prefabricados El sistema de construcción implementando materiales prefabricados ha revolucionado el mundo de la construcción, ya que es un proceso mecanizado que combina los diferentes sistemas constructivos cotidianos de forma integral, mejorando los tiempos de operación, montaje y rendimientos de obra. Otro factor que cambió fue el orden de actividades ya que la mayoría de materiales utilizados son fabricados en distintos lugares, luego

⁶ GUSTATO ¿Cuál es el impacto ambiental que produce en uso de energía? {En línea} disponible en: <http://gustato.com/generalidades/Contaminacion.html> [consultado el 27 de enero de 2015]

trasladados y ensamblados en el lugar deseado, proyectando un tipo de obra limpia, favoreciendo al medio ambiente y libre de escombros.

En el proceso de optimización, se empiezan a elaborar componentes que se procesan en talleres y que poseen una gran flexibilidad de ejecución, sin grandes limitaciones de tamaño y con costos adecuados. La ventaja fundamental de estos nuevos sistemas es que existen proveedores de piezas básicas industrializadas, que luego son procesadas en talleres de bajo costo de instalación donde se arman los diferentes componentes que requiere el sistema, para luego ser montados en obra⁷

Figura 4. Sistema constructivo utilizando materiales prefabricados.



Fuente: VIDA MAS VERDE. Los contenedores casa alternativa para estos enormes desechos que son un problema ambiental [en línea] <http://vidamasverde.com/2012/los-contenedores-casa-una-alternativa-para-estos-enormes-desechos-que-son-un-problema-ambiental/>

⁷ NOVAS CABRERA Joel Alexander. Sistemas constructivos prefabricados aplicables a la construcción de edificaciones en países en desarrollo. [tesis de maestría], Universidad Politécnica de Madrid, España, 2010.

- **MÉTODO**

El sistema constructivo implementando materiales prefabricados depende del material que se va a utilizar, ya que pueden ser producto de una empresa o fabrica para finalmente ser ensamblados en obra. La versatilidad y uniformidad de materiales hacen que el proceso sea ordenado, fácilmente coordinado y la disminución de tiempo en la construcción.

- **EQUIPO**

Para la fabricación de un material prefabricado es necesario un complejo industrial con maquinaria y equipos pesados, que sea sustentado bajo un reglamento de calidad ya que al ofrecerse al mercado necesita una serie de procesos certificados. Existe una relación directa que determina la complejidad logística y transporte del prefabricado a obra, además un equipo pesado para la movilización y montaje.

- **RENDIMIENTOS**

Para la construcción de una vivienda implementando materiales prefabricados se requiere de maquinaria especializada, las piezas a utilizar son de tamaños industriales y su transporte a lugar de obra puede ser complicado, pero una vez montadas las piezas se garantiza una reducción de tiempo considerable con respecto a montaje y acabados. Al principio de obra existe una inversión alta pero se retribuye con la disminución de tiempo en el proceso constructivo.

2.3.1.3 Sistema industrializada con formaleta Este sistema de construcción es de tipo industrializados y además de producción en serie, convirtiéndose en un mecanismo integrado en forma organizada y de producción muy especializada, ya que su fabricación de muros en concreto fundido se hace en el lugar donde se

realizara la obra. También combina los diferentes subsistemas para disminuir los tiempos en el proceso constructivo basándose en la cadena de montaje.

Figura 5. Sistema industrializado con formaleta



Fuente: FORMALETAS. Proceso [en línea] disponible en: <http://www.formaletas.com/Proceso.html>

- **MÉTODO**

El sistema industrializado con formaleta comienza con los procesos comunes de compactación y cimentación donde monolíticamente combina los materiales para volverlos un conjunto ordenado y uniforme, así se convierte en un proceso ejecutado en su totalidad en obra, fácil administración y de control.

La Formaleta Metálica es un sistema industrializado modular manual especial para moldeado de concreto, de fácil manejo, multiusos, con medidas estandarizadas, que proporcionan uniformidad en superficies a la vista y seguridad en concretos estructurales, las conexiones entre módulos se realizan rápidamente con accesorios complementarios. Por su versatilidad puede ser usado en todo tipo de proyectos de hormigón o concreto y está especialmente diseñada para las necesidades de la construcción moderna y las necesidades que actualmente y que

siempre ha presentado nuestra sociedad. Con este sistema constructivo se pueden construir proyectos de vivienda vertical a menor costo, con una mayor cobertura y un Menor tiempo de ejecución⁸

- **EQUIPO**

Los diferentes equipos implementados para la fabricación de viviendas utilizando el sistema industrializado con formaleta tienen una relación directa con los equipos básicos pero indirecta con el elemento más importante que es la compra de formaleta al fabricante volviéndose este material el punto de equilibrio del proyecto. En obra la herramienta es de tipo básico y menor, estos elementos combinados hace que el proyecto tenga una variación en costos dependiendo de su magnitud.

- **RENDIMIENTOS**

Este proceso de fabricación de viviendas implementando formaletas se realiza en obra y se adapta a las características arquitectónicas sin necesidad de modificar los equipos ya que es industrializado, ordenado y de rápido ensamblaje. Al garantizar una producción y montaje en serie mitiga los tiempos de operación a la hora de ejecutarla obra pero tiene una alta inversión y retorno rápido por producción en línea.

2.3.2 Selección de las alternativas factibles de construcción y mantenimiento para los prototipos de vivienda. De las diferentes alternativas consideramos el sistema de prefabricados como factible tanto en la construcción y mantenimiento de algún prototipo de vivienda.

⁸ BALDEMAR Jose FONSECA Molina, TOLOZA QUINTERO Mario Alejandro. Metodología del sistema constructivo con formaleta metálica tipo mano portable. [Tesis de pregrado], Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2008.

Las casas prefabricadas son construcciones hechas a partir de diferentes materiales. Existe una gran variedad según sus dimensiones (superficie, número de plantas), clima (temperatura y humedad) y presupuesto para su construcción. Los materiales más utilizados son la madera y el hormigón armado, aunque existe multitud de combinaciones y variantes que han aparecido recientemente.

Algunas de las ideas más originales de este tipo de construcción están hechas con material barato, resistente y que abunda hoy en día: contenedores. Con diseños e ideas innovadoras estos pueden convertirse en un prototipo de vivienda que satisfaga las necesidades básicas de quien lo habita.

Dicho prototipo de vivienda tiene diversos beneficios con respecto al costo de construcción, el costo de mantenimiento y el impacto ambiental, muchos de los contenedores se pueden reutilizar luego de haber sido utilizados para transportar mercancía ya que su vida útil para esta actividad está entre los dos y tres años; por dicha razón pueden ser adquiridos de forma más económica ya que se encuentran abandonados en los diferentes puertos. Además la resistencia es una de sus principales características, ya que fueron diseñados y construidos para sufrir el clima marítimo, golpes y movimientos que se generan al ser transportados en barco.

Figura 6. Prototipo de vivienda realizado a partir de contenedores metálicos.



Fuente: CONSTRUYE HOGAR, Diseño casa pequeña [en línea] disponible en: <http://www.construyehogar.com/casas/diseño-casa-pequena/>

Su mantenimiento en comparación con otros sistemas constructivos se reduce en una manera significativa, pues se relaciona exclusivamente con el cuidado exterior del contenedor y se realiza puliendo, aplicando anti-óxido y pintura. Los contenedores ya modificados pueden soportar la oxidación que es una de las desventajas más grande que puede presentar. De igual forma el impacto ambiental que se genera en este prototipo de vivienda con contenedores es mínimo en comparación de los sistemas tradicionales; ya que se reducen los residuos en la construcción de los mismos pues todo está mucho más controlado y optimizado. En la fábrica los residuos generados son muy pocos y se tratan de manera eficiente, conllevando que al final del proceso los desperdicios apenas son significativos; a su vez se ahorra energía y recursos naturales como es el agua durante su fabricación, convirtiéndose en un tipo de construcción bastante amigable con el medio ambiente.

2.4 FASE 4 FASE: MANEJO E INTERPRETACIÓN DEL SOFTWARE Y APLICACIÓN (STUDIO 3D)

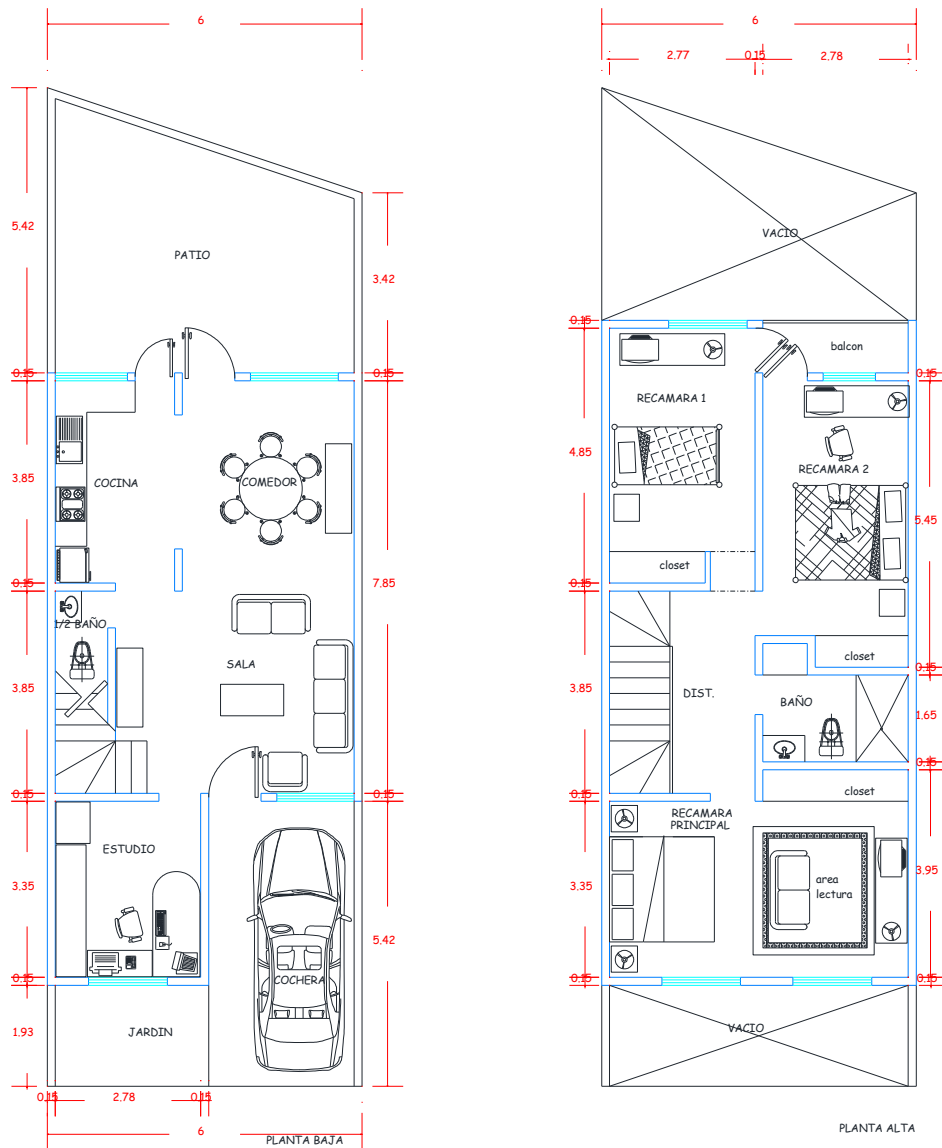
Un modelo paramétrico es una representación digital de un objeto a la cual se le ha incorporado reglas, características y definiciones que determinan el modo en que los elementos componentes del modelo se relacionan entre sí en el espacio virtual⁹

En primera instancia se debe tener los planos arquitectónicos del prototipo de vivienda que se piensa modelar y analizar; los cuales deben estar diseñados en el software (AutoCAD) para ser importados y modelados en el software (Studio 3D), además darle la forma real, crear un proceso constructivo, entre otros, sus respectivos acabados. A continuación se ilustrarán los planos arquitectónicos de un prototipo previamente seleccionado con respecto a distribución de espacio.

El refuerzo estructural del contenedor estudiado, en este caso es una casa de dos plantas, viene definido por la continuidad de los diferentes perfiles metálicos, ya que al ser cortados se debe garantizar una prolongación del mismo perfil hacia las vigas de acero laterales o de amarre para evitar deflexiones en la planta baja por el peso de los contenedores superiores; al garantizar la continuidad de las vigas y correas se conserva la rigidez de la estructura y la distribución efectiva de cargas que con el tiempo podrían afectar al contenedor. El material más importante (contenedor) tiene unas dimensiones que varían dependiendo el tipo de uso y su longitud (20 o 40 pies). En este caso se usara 4 contenedores de 40 pies (2 por cada piso) donde aproximadamente cada uno de ellos tiene 12 metros de longitud, 2,4 metros de ancho y 2,6 metros de alto.

⁹ Autodesk] 3D Desing, Engineering & Entertainment Software.

Figura 7. Planos arquitectónicos

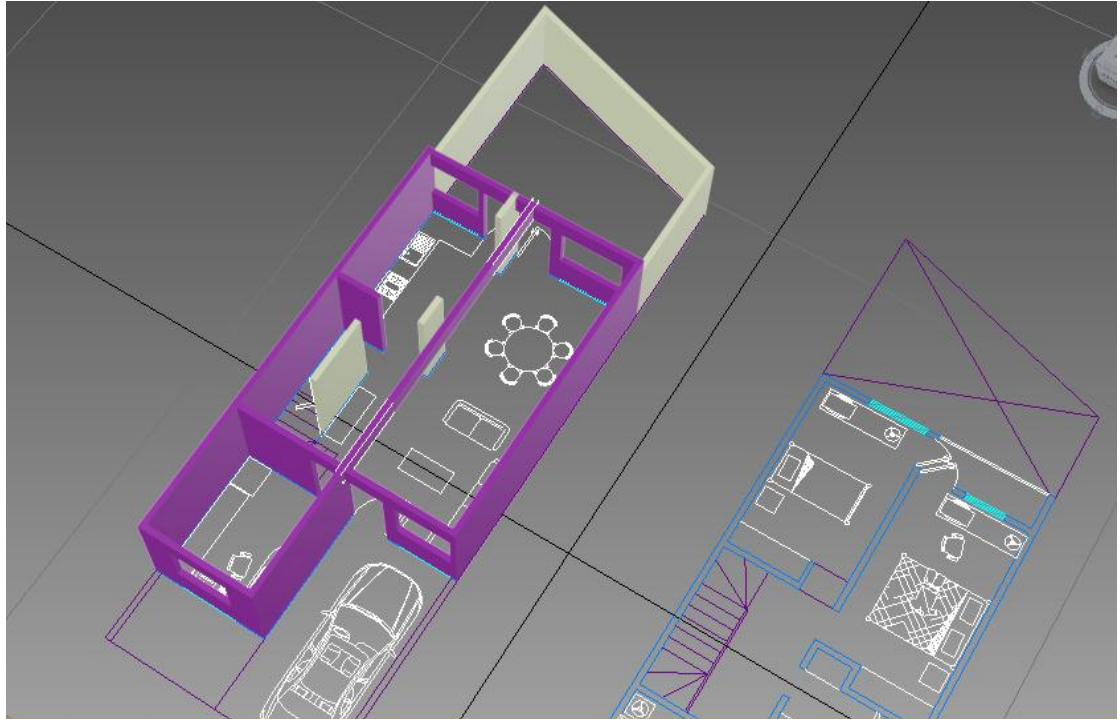


Fuente: Elaboración propia.

Una vez definidos los planos, son exportados directamente al software Studio 3D, el cual es un programa que ofrece potentes funciones para realizar animaciones, renderizaciones y modelos en 3D con calidad profesional; real. La eficacia y las múltiples herramientas creativas simplifican el trabajo y ayudan a crear mejores modelamientos en 3D, en un menor tiempo. En la colocación de materiales e

iluminación se tendrá mayor realismo, contara con recorridos y animaciones virtuales que permita a los ingenieros, arquitectos y diseñadores a explorar, validar y comunicar sus ideas creativas desde los modelos conceptuales hasta presentaciones finales de alta calidad¹⁰

Figura 8. Modelamiento inicial en 3D de la primera planta

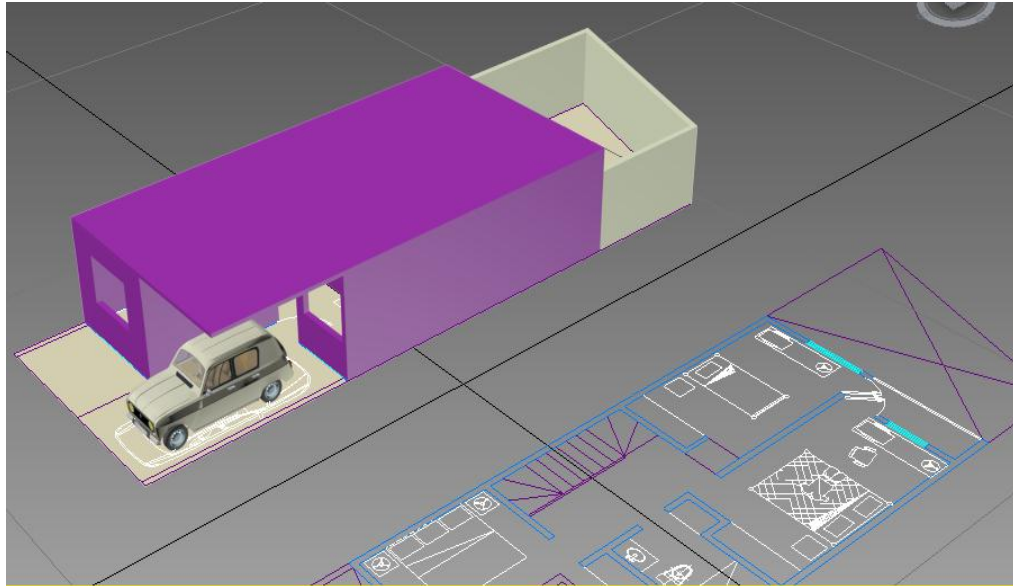


Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente paso al tener ya los planos en el software Studio 3D se empieza el modelamiento del prototipo de vivienda empezando por la primera planta, teniendo en cuenta las alturas correspondientes, las distribuciones que presenta el plano donde se tiene que tener bastante cuidado para que los espacios se vean de forma correcta, con sus dimensiones propuestas y conservando la continuidad de los elementos estructurales en el diseño original.

¹⁰ SANTOS Tatiana. Estudio de Factibilidad de un Proyecto de Inversión: Etapas en su Estudio. Contribuciones a la Economía {En línea} disponible en: <http://www.eumed.net/ce/>. [consultado 4 de marzo de 2015].

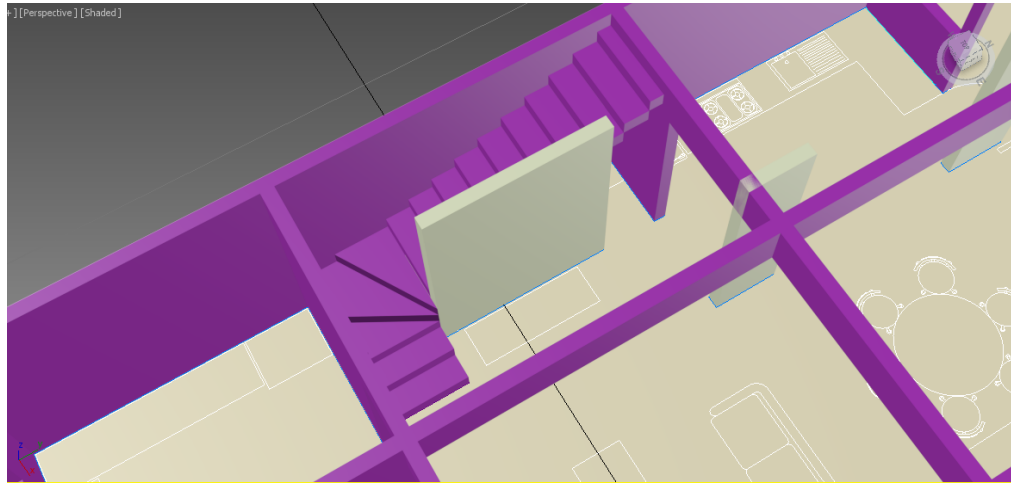
Figura 9. Modelamiento en 3D de la primera planta.



Fuente: Elaboración propia.

Cada proceso de corte y ensamblaje estructural, el software Studio 3D tiene en cuenta la continuidad de los elementos más importantes y además modela el tipo de refuerzo que la estructura requiere para un comportamiento eficaz. El uso de este programa disminuye el tiempo de planeación y de ejecución porque muestra el proceso constructivo de forma real, creando un paso a paso a seguir en cada acción o tarea prevista en la construcción de una vivienda hecha con contenedores.

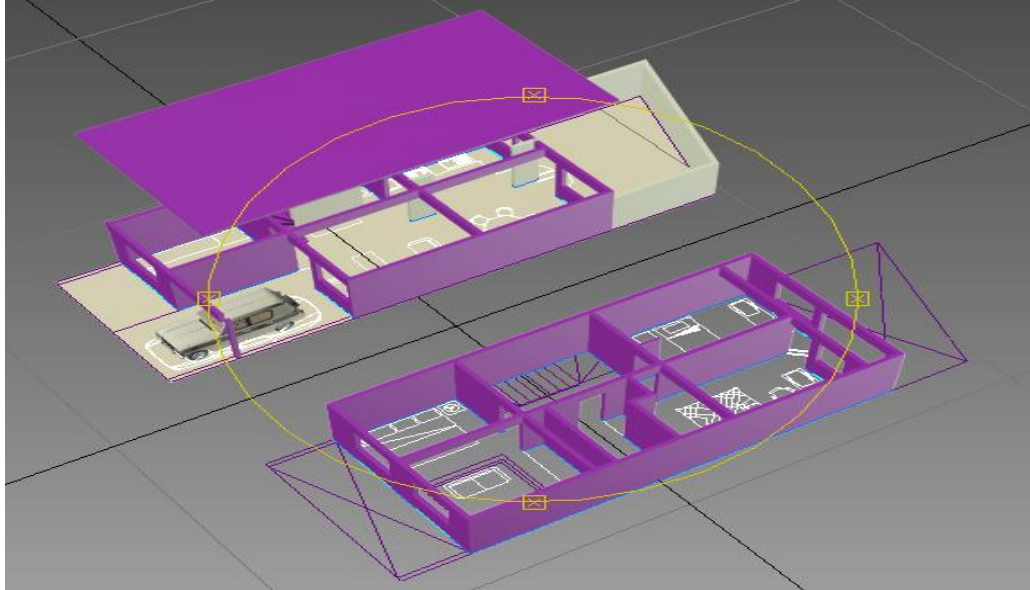
Figura 10. Modelamiento en 3D de las escaleras



Fuente: Elaboración propia.

El uso de este proceso constructivo se basa en el implemento de materiales prefabricados donde unidos entre sí, forma un solo elemento monolítico el cual se comporta rígidamente ante cualquier evento sísmico. En algunos casos se puede recubrir el exterior de los contenedores con superboard, para mejorar su resistencia a la corrosión ya que actúa como una capa protectora que además de resistir humedades también resiste impactos. En la parte interior del contenedor se puede usar materiales también prefabricados como el drywall, el cual actúa como aislante térmico disipando la energía y cambiando las condiciones ambientales, volviendo el sistema constructivo más interesante en cuanto a condiciones internas de la vivienda (calidad de vida).

Figura 11. Modelamiento de las dos plantas en 3D



Fuente: Elaboración propia.

2.4.1 Principios fundamentales

2.4.1.1 Equilibrio de la escala y de la luz La altura de cada habitación se ajustó de acuerdo al número de usuarios y el uso de la habitación. Por ejemplo, la habitación principal es de 2,5 m de alto por 6 m de ancho y 3,35 de largo, mientras que la sala es prácticamente todo el primer piso. La habitación utilizada por una sola persona ha limitado la luz natural, mientras que el espacio que reúne a la gente es mucho más brillante.

El equilibrio de la escala y de la luz le da un carácter simple a cada habitación. Las altas ventanas de la sala de estar están diseñadas no sólo para dejar entrar la luz, sino también para proporcionar una ruta de ventilación en verano para descargar el calor que se acumula en el plano del techo.

2.4.1.2 Desmontaje Al desmantelar la sala de estar y comedor, se evitó que una gran zona se concentre en un solo lugar. A medida que se dispersan estos

espacios que tienen carácter público, las líneas de flujo funcionan de manera eficaz. Además, al desconcentrar los factores que requieren las habitaciones de los niños, tales como el sueño, el almacenamiento o el estudio, se puede reducir el espacio de la planta del dormitorio de los niños, mientras que se comparte el espacio para otras funciones de almacenamiento y estudio a ser usados por toda la familia.

2.4.1.3 Eliminando restricciones Se sugirió que el modo de vivir sea utilizar el espacio que no sea de las zonas húmedas (cocina, baño, etc), pero sin restringir su propósito. En algunos, el ajuste del espacio se convierte en un punto muerto; se puede dormir, comer o relajarse en cualquier momento.

Este prototipo de vivienda estrecho y largo que se podría describir como un todo de líneas de flujo está diseñado como un espacio funcional, eficaz y liberador mediante la aplicación de estos principios funcionales.

Figura 12. Modelamiento final del prototipo de vivienda en 3D



Fuente: Elaboración propia.

2.5 FASE 5: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta fase se muestra los resultados obtenidos en la investigación de realizar un prototipo de vivienda a base de contenedores metálicos, mostrando las ventajas y desventajas de los diferentes sistemas de construcción planteados, a su vez manifestando que el sistema factible y asequible.

2.5.1 Cálculo de costos aproximados de los diferentes sistemas de construcción El análisis de resultados de la relación aproximada costo-beneficio de las diferentes alternativas de construcción propuestas para la investigación, teniendo en cuenta el método constructivo, los equipos necesarios y su rendimiento con el fin de obtener los costos aproximados.

2.5.2 Calculo de los costos aproximados En la actualidad todo proyecto debe estar bien sustentado, asegurando que sea realizable desde todos los puntos de vista; pero aparte debe contar con el factor monetario el cual es uno de los elementos más importantes que define cada proyecto en la ingeniería, ya que nos indica que tan factible puede ser el proyecto ¹¹

2.5.2.1 Calculo de cantidades Para toda investigación o proyecto el cálculo de cantidades de los diferentes ítems que hacen parte de los sistemas constructivos, en este caso principalmente los sistemas constructivos prefabricados es de gran importancia para tener una idea aproximada del costo de ejecución del proyecto, para finalmente saber si es rentable y conveniente su realización.

2.5.2.2 Costos aproximados de cada uno de los sistemas de construcción propuestos En la investigación se realizó y consulto los costos aproximados de cada uno de los sistemas de construcción, tanto para el sistema tradicional como para la

¹¹ SANTOS Tatiana. Estudio de Factibilidad de un Proyecto de Inversión: Etapas en su Estudio. Contribuciones a la Economía {En línea} disponible en: <http://www.eumed.net/ce/>. [consultado 4 de marzo de 2015].

construcción prefabricada; respectivamente se investigó en la página del ministerio de vivienda y urbanismo para conocer el precio por metro cuadrado construido en los diferentes tipos de edificación, con ello calcular el precio total de una vivienda que tenga la misma área del prototipo de vivienda propuesto a base de contenedores metálicos.

Para conocer el costo aproximado de la vivienda propuesta para la investigación se efectuó un análisis de precios unitarios (APU), donde se realizó el costo detallado de cada material utilizado, el equipo, maquinaria y herramientas empleadas en el proceso constructivo, y su rendimiento en la realización de la actividad.

Se realizó una programación del rendimiento y durabilidad de cada actividad que se presenta durante la realización del prototipo de vivienda, desde la cimentación hasta los acabados para identificar el tiempo estimado que se requerirá para llevar a cabo el proyecto.

En la **Tabla 2** se presentan los costos por metro cuadrado construido para los diferentes tipos de edificación dada por el ministerio de vivienda y urbanismo para el primer trimestre de 2015 en Colombia.

Tabla 2. Costos unitarios por metro cuadrado de construcción 1er .trimestre 2015

CATEGORIA	TIPO DE EDIFICACION								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	293.524	334.807	293.524	293.524	208.658	-	-	-	-
2	217.870	247.655	217.870	217.870	155.913	110.084	155.913	142.180	171.998
3	160.526	183.452	160.526	160.526	114.642	80.258	114.642	103.175	126.175
4	114.642	130.674	114.642	114.642	82.483	57.287	82.483	73.403	89.400
5	-	-	61.910	61.910	61.910	43.536	66.480	59.616	71.045

Fuente: MINVIENDA [en línea] disponible en: <http://www.minvivienda.gov.co/>

En la **Tabla 3** se presenta respectivamente los elementos necesarios para la adecuación de los contenedores marítimos en un prototipo de vivienda por medio de un análisis de unitario (APU).

Tabla 3. Análisis de precios unitarios para el prototipo de vivienda a base de contenedores metálicos.

	ITEM	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD	TOTAL
1	ACTIVIDADES PRELIMINARES				
1.1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	MT2	29.28	\$ 4.297,451	\$ 125.829,365
1.2	EXCAVACIÓN MANUAL	MT3	5.856	\$ 33.635,00	\$ 163.331,56
1.3	TRANSPORTE DE SOBRAINTES	MT3	4.350	\$ 39.613,00	\$ 172.316,00
				SUB TOTAL	\$ 461.477,48
2	CIMENTACIÓN				
2.1	CONCRETO PLACA FLOTANTE	MT3	7.2	\$ 187.200,00	\$ 1.347.840,00
2.2	MALLA ELECTRO SOLDADA	KG	200	\$ 2089.56,00	\$ 417.912,00
				SUB TOTAL	\$ 1.765.752,00
3	GENERAL				
3.1	CONTENEDOR	UN	4	\$ 4.000.000,00	\$16.000.000,00
3.2	PERFIL METÁLICO I	UN	1	\$ 144,036.00	\$ 144,036.00
3.3	PISO	MT2	107.52	\$ 23.900,00	\$2.472.960,00
3.4	RECUBRIMIENTO EXTERIOR (SUBERBOARD)	MT2	140	\$ 13.000,00	\$1.820.000,00
3.5	VENTANA FRONTAL	UN	4	\$ 160.000,00	\$ 640.000,00
3.6	VENTANA POSTERIOR	UN	4	\$ 160.000,00	\$ 640.000,00
3.7	PINTURA EXTERIOR	GAL	10	\$ 46.900,00	\$ 469.000,00
3.8	PINTURA INTERIOR	GAL	10	\$ 44.900,00	\$ 449.000,00
3.9	ESCALERA PREFABRICADA	UN	1	\$ 643.000,00	\$ 643.000,00
				SUB TOTAL	\$ 23.277.996,00

	ITEM	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD	TOTAL
4	INSTALACIONES HIDRÁULICAS				
4.1	MEDIDOR DE ¾"	UN	1	\$ 142.803,82	\$ 142.803,82
4.2	ACOMETIDA DOMICILIARIA PVC 3/4	UN	1	\$ 173.322,00	\$ 173.322,00
4.3	RED DE SUMINISTRO PVC ½"	ML	40	\$ 11.378,00	\$ 455.120,00
4.4	PUNTO DE AGUA FRÍA	UN	4	\$ 25.916,00	\$ 103.664,00
4.5	CONEXIÓN TANQUE ELEVADO	UN	1	\$ 336.744,00	\$ 336.744,00
4.6	TANQUE 500 LTS	UN	1	\$ 148.900,00	\$ 148.900,00
				SUB TOTAL	\$ 1.360.553,82
5.	INSTALACIONES SANITARIAS				
5.1	TUBERÍA DESAGÜE PVC 2"	ML	15	\$ 18.641,00	\$ 279.615,00
5.2	TUBERÍA DESAGÜE PVC 3"	ML	15	\$ 21.072,00	\$ 316.080,00
5.3	TUBERÍA DESAGÜE PVC 4"	ML	15	\$ 28.338,00	\$ 425.070,00
5.4	PUNTO SANITARIO PVC 2"	UN	4	\$ 27.180,00	\$ 108.720,00
5.5	PUNTO SANITARIO PVC 4"	UN	4	\$ 40.610,00	\$ 162.440,00
5.6	PUNTO SANITARIO PVC 3"	UN	3	\$ 64.903,00	\$ 194.709,00
5.7	BAJANTE AGUAS LLUVIAS	ML	5.2	\$ 22.419,00	\$116.578,80
5.8	BAJANTE AGUAS NEGRAS	ML	5.2	\$ 24.312,00	\$ 126.422,40
5.9	CAJA DE INSPECCIÓN	UN	1	\$ 125.666,00	\$ 125.666,00
				SUB TOTAL	\$1.855.301,00
6	BAÑO				
6.1	SANITARIO	UN	2	\$ 187.600,00	\$ 375.200,00
6.2	LAVAMANOS	UN	2	\$ 37.845,00	\$ 75.690,00
6.3	DUCHA(GRIFERÍA, PUERTAS)	UN	1	\$ 179.660,00	\$ 179.660,00

	ITEM	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD	TOTAL
6.4	PISO	MT2	5.2	\$ 14.900,00	\$ 77.480,00
6.5	GABINETE	UN	1	\$ 49.900,00	\$ 49.900,00
6.6	PUERTA	UN	2	\$ 46.800,00	\$ 93.600,00
				SUB TOTAL	\$ 851.530,00
7	COCINA		1	\$ 1.000.000,00	\$ 1.000.000,00
7.1	GABINETE SUPERIOR	UN	1	\$ 220.000,00	\$ 220.000,00
7.2	LAVAPLATOS + POLLO	UN	1	\$ 120.000,00	\$ 120.000,00
7.3	GRIFERÍA	UN	1	\$ 35.000,00	\$ 35.000,00
				SUB TOTAL	\$ 1.550.000,00
8	ILUMINACIÓN				
8.1	PLAFONES	UN	12	\$ 12.900,00	\$ 154.800,00
8.2	ENCHUFES	UN	16	\$ 3.400,00	\$ 54.400,00
8.3	SWICTHES	UN	12	\$ 2.900,00	\$ 34.800,00
8.4	ENCHUFE TELÉFONO Y TV	UN	4	\$ 5.900,00	\$ 23.600,00
				SUB TOTAL	\$ 267.600,00
9	CABLEADO				
9.1	ELÉCTRICO	MT	80	\$ 5.000,00	\$ 400.000,00
9.2	LÍNEA DE GAS	MT	6	\$ 5.000,00	\$ 30.000,00
9.3	LÍNEA TELEFÓNICA	MT	6	\$ 1.000,00	\$ 6.000,00
9.4	CABLE TV	MT	6	\$ 10.000,00	\$ 60.000,00
9.5	CAJA FUSIBLES	UN	1	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
				SUB TOTAL	\$ 546.000,00
10	CUBIERTA				
10.1	PINTURA ANTICORROSIVA	GL	1	\$ 22,328.00	\$ 22,328.00
10.2	REJILLAS DE DESAGÜE	UN	1	\$ 5,907.00	\$ 5,907.00
10.3	CANALES	UN	8	\$ 13,182.00	\$ 105.456,00
				SUB TOTAL	\$ 133.691,00
				TOTAL	\$ 32.069.902,00

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 4** se presentaran los costos necesarios para el desplazamiento de los contenedores, para el apilamiento de cada uno de ellos de tal forma que cumpla

con el diseño que se ha planteado para el prototipo de vivienda y los demás elementos, maquinaria y herramienta indispensables para la adecuación de los mismos y su buen funcionamiento.

Tabla 4. Costos maquinaria y herramienta

MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					
	ITEM	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD	TOTAL
1	ALQUILER GRÚA	DÍA	½	\$ 700.000,00	\$ 350.000,00
2	LIJADORA BOSCHPEX 40	DÍA	2	\$ 30.000,00	\$ 60.000,00
3	PULIDORA BOCH 5WS 10-125	DÍA	2	\$ 27.000,00	\$ 54.000,00
4	SOLDADOR ELECTRICO GLM	DÍA	3	\$ 62.000,00	\$ 186.000,00
5	CORTADOR DE METAL MAKITA 4131	DÍA	2	\$ 24.000,00	\$ 48.000,00
6	COMPRESOR	DÍA	2	\$ 33.000,00	\$ 66.000,00
				TOTAL	\$ 764.000,00

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 5** se muestra la duración y el rendimiento de cada actividad durante el transcurso del proyecto.

Tabla 5. Duración de las actividades durante el proyecto.

Nombre de tarea	% completado	Duración	Comienzo	Fin
PROTOTIPO DE VIVIENDA	100%	21,33 días	jue 01/01/15	vie 30/01/15
PRELIMINARES	100%	1,33 días	jue 01/01/15	sáb 03/01/15
LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	100%	2 días	jue 01/01/15	vie 02/01/15
EXCAVACIÓN MANUAL	100%	2,11 días	vie 02/01/15	sáb 03/01/15
TRANSPORTE DE SOBANTES	100%	2,11 días	vie 02/01/15	sáb 03/01/15
CIMENTACIÓN	100%	4 días	lun 05/01/15	jue 08/01/15
CONCRETO PLACA FLOTANTE	100%	2 días	mié 07/01/15	jue 08/01/15
MALLA ELECTRO-SOLDADA GENERAL	100%	3 días	lun 05/01/15	mié 07/01/15
CONTENEDOR	100%	17 días	jue 08/01/15	vie 30/01/15
		17 días	jue 08/01/15	vie 30/01/15

Nombre de tarea	% completado	Duración	Comienzo	Fin
TRANSPORTE DE CONTENEDOR	100%	1 día	jue 08/01/15	jue 08/01/15
PUNTO DE SOLDADURA	100%	3,11 días	jue 08/01/15	sáb 10/01/15
CORTE Y AJUSTE DE CONTENEDOR	100%	2,33 días	vie 09/01/15	dom 11/01/15
PISO	100%	7,67 días	vie 16/01/15	dom 25/01/15
RECUBRIMIENTO EXTERIOR E INTERIOR (SUPERBOARD)	100%	10,33 días	dom 11/01/15	vie 23/01/15
VENTANA FRONTAL	100%	1,33 días	sáb 24/01/15	lun 26/01/15
VENTANA POSTERIOR	100%	1 día?	sáb 24/01/15	lun 26/01/15
PINTURA EXTERIOR	100%	5,33 días	sáb 24/01/15	vie 30/01/15
PINTURA INTERIOR	100%	5,33 días	sáb 24/01/15	vie 30/01/15
PERFIL METÁLICO	100%	2,33 días	jue 08/01/15	sáb 10/01/15
COLOCACIÓN DE PERFIL METÁLICO	100%	3,11 días	jue 08/01/15	sáb 10/01/15
INSTALACIONES HIDRÁULICAS	100%	7,67 días?	vie 02/01/15	mar 13/01/15
MEDIDOR DE 3/4"	100%	2,11 días	vie 02/01/15	sáb 03/01/15
ACOMETIDA DOMICILIARIA PVC 3/4	100%	2,33 días	vie 02/01/15	lun 05/01/15
RED DE SUMINISTRO PVC 1/2"	100%	6,11 días	lun 05/01/15	sáb 10/01/15
PUNTO DE AGUA FRÍA	100%	1 días	lun 12/01/15	lun 12/01/15
CONEXIÓN TANQUE ELEVADO	100%	1 día	lun 12/01/15	lun 12/01/15
COLOCACIÓN DE TANQUE ELEVADO 500 LTS	100%	2 días	lun 12/01/15	mar 13/01/15
INSTALACIONES SANITARIAS	100%	11 días	vie 02/01/15	sáb 17/01/15
TUBERÍA DESAGÜE PVC 2"	100%	2,33 días	vie 02/01/15	lun 05/01/15
TUBERÍA DESAGÜE PVC 3"	100%	2,33 días	vie 02/01/15	lun 05/01/15
TUBERÍA DESAGÜE PVC 4"	100%	2,33 días	vie 02/01/15	lun 05/01/15
PUNTO SANITARIO PVC 2"	100%	5,11 días	mar 06/01/15	sáb 10/01/15
PUNTO SANITARIO PVC 4"	100%	5,11 días	mar 06/01/15	sáb 10/01/15
PUNTO SANITARIO PVC 3"	100%	5,11 días	mar 06/01/15	sáb 10/01/15
BAJANTE AGUAS LLUVIAS	100%	3 días	mié 14/01/15	vie 16/01/15
BAJANTE AGUAS NEGRAS	100%	4,11 días	mié 14/01/15	sáb 17/01/15
CAJA DE INSPECCIÓN	100%	2,11 días	vie 02/01/15	sáb 03/01/15

Nombre de tarea	% completado	Duración	Comienzo	Fin
BAÑO	100%	6,33 días?	lun 19/01/15	lun 26/01/15
SANITARIO	100%	5 días	lun 19/01/15	vie 23/01/15
LAVAMANOS	100%	5 días	lun 19/01/15	vie 23/01/15
DUCHA(GRIFERÍA, PUERTAS)	100%	3 días	lun 19/01/15	mié 21/01/15
PISO	100%	6,33 días	lun 19/01/15	lun 26/01/15
PAREDES	100%	6,33 días	lun 19/01/15	lun 26/01/15
GABINETE	100%	1 día?	lun 26/01/15	lun 26/01/15
PUERTA	100%	1 día?	lun 26/01/15	lun 26/01/15
COCINA	100%	3 días	lun 26/01/15	mié 28/01/15
GABINETE SUPERIOR	100%	3 días	lun 26/01/15	mié 28/01/15
LAVAPLATOS + POLLO	100%	3 días	lun 26/01/15	mié 28/01/15
GRIFERÍA	100%	3 días	lun 26/01/15	mié 28/01/15
ILUMINACIÓN	100%	5,33 días	jue 22/01/15	mié 28/01/15
PLAFONES	100%	5,33 días	jue 22/01/15	mié 28/01/15
ENCHUFES	100%	3,33 días	jue 22/01/15	lun 26/01/15
SWICTHES	100%	4,33 días	vie 23/01/15	mié 28/01/15
ENCHUFE TELÉFONO Y TV	100%	4,33 días	vie 23/01/15	mié 28/01/15
CABLEADO	100%	4,33 días?	vie 23/01/15	mié 28/01/15
ELÉCTRICO	100%	3 días	vie 23/01/15	mar 27/01/15
LÍNEA DE GAS	100%	2,33 días	vie 23/01/15	lun 26/01/15
LÍNEA TELEFÓNICA	100%	1 día?	sáb 24/01/15	lun 26/01/15
CABLE TV	100%	1 día	mié 28/01/15	mié 28/01/15
CAJA FUSIBLES	100%	4,33 días	vie 23/01/15	mié 28/01/15
CUBIERTA	100%	5 días	lun 26/01/15	vie 30/01/15
PINTURA ANTICORROSIVA	100%	4 días	lun 26/01/15	jue 29/01/15
REJILLAS DE DESAGÜE	100%	5 días	lun 26/01/15	vie 30/01/15
CANALES	100%	3 días	lun 26/01/15	mié 28/01/15

Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Rendimientos de obra

Nombre de tarea	% comi	Duración	Comienzo	Fin						
					enero					febrero
					29/12	05/01	12/01	19/01	26/01	02/02
Edificio K27-N°22	100%	21,33 días?	jue 01/01/15	vie 30/01/15						
1 PRELIMINARES	100%	1,33 días	jue 01/01/15	sáb 03/01/15						
2 CIMENTACION	100%	4 días	lun 05/01/15	jue 08/01/15						
3 GENERAL	100%	17 días?	jue 08/01/15	vie 30/01/15						
4 INSTALACIONES HIDRÁULICAS	100%	7,67 días?	vie 02/01/15	mar 13/01/15						
5 INSTALACIONES SANITARIAS	100%	11 días	vie 02/01/15	sáb 17/01/15						
6 BAÑO	100%	6,33 días?	lun 19/01/15	lun 26/01/15						
7 COCINA	100%	3 días	lun 26/01/15	mié 28/01/15						
8 ILUMINACIÓN	100%	5,33 días	jue 22/01/15	mié 28/01/15						
9 CABLEADO	100%	4,33 días?	vie 23/01/15	mié 28/01/15						
10 CUBIERTA	100%	5 días	lun 26/01/15	vie 30/01/15						

Fuente. Elaboración propia

2.5.3 Ventajas y desventajas de las diferentes alternativas de construcción propuestas Teniendo en cuenta los resultados de las fases anteriores de las alternativas propuestas en cada sistema constructivo, se realizó una comparación de ventajas y desventajas de la implementación y su ejecución del prototipo de vivienda propuesto, teniendo en cuenta los costos de construcción, su mantenimiento, movilidad, rápida entrega, diseño, facilidad de ampliación, versatilidad, sus bajos impuestos y su menor daño con el medio ambiente.

También sus respectivas desventajas con los demás sistemas productivos como son los contaminantes, su estreches en algunos de los casos, la herrumbre que presentan los contenedores y la zonificación.

En la **Tabla 6** se presentan las ventajas y desventajas que se presentan en la construcción y adecuación del prototipo de vivienda a base de contenedores metálicos.

Tabla 6. Ventajas y desventajas en la construcción y adecuación del prototipo propuesto.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>1. PRECIO MUY COMPETITIVO. El precio de este tipo de construcciones es muy competitivo comparado con la construcción tradicional e incluso con otros sistemas de construcción alternativos.</p> <p>2. BAJOS COSTOS DE MANTENIMIENTO. El mantenimiento está casi exclusivamente relacionado al cuidado del exterior del contenedor y se realiza puliendo, aplicando anti-óxido y pintando la chapa del mismo. Esto suele ser necesario hacerse con una frecuencia de entre 3 y 6 años, dependiendo del estado inicial del contenedor, de la pintura utilizada y fundamentalmente del hábitat donde el contenedor este.</p> <p>3. MOVILIDAD: Al utilizar justamente los contenedores metálicos reciclados, como la estructura básica de la construcción (vivienda, oficina u otro), los mismos podrán siempre ser transportados con gran facilidad y a costos bastante bajos,</p>	<p>1. CONTAMINANTES: Dado que en el pasado estos contenedores metálicos han transportado diferentes tipos de contenido, pueden tener restos de contaminantes, los cuales podrían incluir productos químicos, gases tóxicos y pinturas. Por esta razón, los contenedores deben ser completamente pulidos y lavados antes de ser utilizados para un alojamiento. Si bien este procedimiento normalmente no es difícil, consume mucho tiempo. Este paso extra aumenta el período de tiempo total y el costo de la construcción de una casa de contenedor.</p> <p>2. ESTRECHOS: En algunos espacios, para cumplir las normas de habitabilidad, se necesitara la combinación de varios contenedores.</p> <p>3. HERRUMBRE: El material de acero usado para la construcción de los contenedores está diseñado para ser resistente a la intemperie. Sin embargo, cualquier metal que</p>

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>a cualquier parte del país. Los contenedores sirven para el transporte multi-modal, pudiéndose trasladar en barco, camión y tren.</p> <p>4. RÁPIDA CONSTRUCCIÓN Y ENTREGA: Los plazos promedio de entrega son muy cortos (de 3 a 4 semanas), aunque siempre dependen de la cantidad de contenedores (superficie) que involucre la orden de compra y la complejidad del proyecto.</p> <p>5. DISEÑO: Además de la originalidad y el modernismo de construir una casa con contenedores metálicos reciclados, al ser un método constructivo bastante económico que la construcción tradicional, permite destinar un mayor presupuesto a revestimientos interiores y exteriores, loza, mobiliario, luminarias y demás; logrando así un diseño exterior e interior muy atractivo y moderno, así como también funcional y confortable, manteniendo costos totales muy asequibles.</p> <p>6. FACILIDAD DE AMPLIACIÓN: Aumentar la superficie de una casa u oficina hecha con uno o varios contenedores metálicos prefabricados no es para nada complejo, ni lento de hacer.</p>	<p>contenga cantidades de hierro comenzará a oxidarse bajo ciertas condiciones, y el acero no es una excepción. Debido a que a menudo se hace uso de las unidades más antiguas de contenedores reciclados para la construcción de casas, la herrumbre puede ser una preocupación importante. La humedad, la lluvia y la nieve se pueden combinar para acelerar el proceso de oxidación, lo que provocaría agujeros en las paredes y el suelo. Más importante, el óxido puede causar que la estructura de una casa de contenedor se desplome, haciendo que se vuelva insegura.</p> <p>4. ZONIFICACIÓN: En muchas zonas residenciales, las normas de zonificación restringen los tipos de viviendas que se pueden construir. Las viviendas de acero, en particular los creados a partir de contenedores, no se construyen comúnmente en ciertos barrios. Esto puede causar problemas a la hora de solicitar un permiso de construcción dentro de la zonificación residencial. Debido a que el uso de contenedores para la vivienda es un concepto relativamente nuevo, muchas personas no están familiarizadas con sus diseños. Como resultado, algunos residentes pueden resistirse a la construcción de un</p>

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>7. VERSATILIDAD: Los contenedores metálicos sirven de estructura tanto para construir casas y oficinas, como vestuarios, depósitos, locales comerciales, aulas y demás. Esto, además de la facilidad para transportarlos y la posibilidad de ampliar la superficie de manera rápida, simple y económica, hace que resulten productos de gran versatilidad.</p> <p>8. MENOR DAÑO AL MEDIO AMBIENTE: Resulta un método mucho menos invasivo (Eco-friendly) debido a que se basa en el reciclaje de algo inicialmente construido para otros fines.</p> <p>9. BAJOS IMPUESTOS: Los contenedores metálicos no son por naturaleza propia un bien inmueble, sino un bien mueble. Además, su restauración es realizada enteramente en taller y no en obra, por lo cual el impuesto que se paga es el IVA general correspondiente a Industria y Comercio, equivalente al 22% de su valor</p>	<p>modelo de vivienda a base de contenedores.</p>

Fuente. Elaboración propia

3. CONCLUSIONES

- Sin duda las viviendas prefabricadas con contenedores metálicos son una solución muy interesante, moderna, eficiente y económica para resolver el problema de vivienda hoy en día, ya que con respecto al costo de construcción, mantenimiento y el impacto ambiental se comprobó que este prototipo de vivienda es factible para su ejecución.
- Por medio del software Studio 3D se demostró que los contenedores metálicos pueden contar con iluminación y ventilación como una vivienda tradicional.
- Por medio de un análisis de precio unitario y la programación en el software Project respectivamente se evidencio que este prototipo de vivienda disminuye los costos de obra y el tiempo de construcción y entrega.

4. RECOMENDACIONES

- La aplicación del proyecto en la actualidad tiene un tiempo aproximado de construcción de un mes pero es recomendable realizar estudios para tiempos más cortos o largos, con el fin de encontrar u obtener más alternativas en los resultados
- En la fase de acabados es recomendable verificar los tipos de materiales ya que genera un gasto adicional la aplicación de estos mismos.
- En el proceso de protección de contenedor es necesario la utilización de materiales anticorrosivos en un periodo anual como proceso de mantenimiento de la vivienda.

BIBLIOGRAFÍA

AUTODESK 3D Desing, Engineering & Entertainment Software.

BALDEMAR Jose FONSECA Molina, TOLOZA QUINTERO Mario Alejandro. Metodología del sistema constructivo con formaleta metálica tipo mano portable. [Tesis de pregrado], Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2008.

CASA UNIVISION Una residencia universitaria hecha de contenedores. {En línea} disponible en: (<http://casa.univision.com/casa-ecologica/vive-verde/article/2010-08-25/una-residenciauniversitaria-hecha-de>). Consultado en 10 de noviembre de 2014

CONSTRUYE HOGAR diseño casa pequeña {En línea} disponible en: <http://www.construyehogar.com/casas/disenocasa-pequena/>

FORMALETAS Proceso {En línea} disponible en: <http://www.formaletas.com/Proceso.html>

GUSTATO ¿Cuál es el impacto ambiental que produce en uso de energía? {En línea} disponible en: <http://gustato.com/generalidades/Contaminacion.html> [consultado el 27 de enero de 2015]

LOGISTICAYDFI Partes de contenedores {En línea} disponible en: <http://logisticaydfi.blogspot.com/2013/03/partes-de-contenedores.html>

NOVAS CABRERA Joel Alexander. Sistemas constructivos prefabricados aplicables a la construcción de edificaciones en países en desarrollo. [tesis de maestría], Universidad Politécnica de Madrid, España, 2010.

OROSTEGUI JAIMES Jerson A., ZAPATA BARROSO Manuel A.. Sistemas de construcción sostenibles aplicadas al diseño y la construcción de edificios institucionales en la región. [Tesis de pregrado], Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga, Colombia, 2010

OVACEN la arquitectura con contenedores ventajas y desventajas {En línea} disponible en: <http://ovacen.com/la-arquitectura-con-contenedores-ventajas-y-desventajas/>

REPOSITORIO UPB Propuesta de gestión ambiental para la recuperación y reciclaje de materiales de construcción y demolición: {En línea} disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1293/1/363737V433.pdf> [consultado 27 de enero de 2015].

REPOSITORIO UPV Estructura y partes de un contenedor: {En línea} disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/4001/1/6581186132A681.pdf> [consultado 16 de diciembre de 2014]

SANTOS Tatiana. Estudio de Factibilidad de un Proyecto de Inversión: Etapas en su Estudio. Contribuciones a la Economía {En línea} disponible en: <http://www.eumed.net/ce/>. [consultado [citado el enero 13 de 2015]

SANTOS Tatiana. Estudio de Factibilidad de un Proyecto de Inversión: Etapas en su Estudio. Contribuciones a la Economía {En línea} disponible en: <http://www.eumed.net/ce/>. [consultado 4 de marzo de 2015].

SANTOS Tatiana. Estudio de Factibilidad de un Proyecto de Inversión: Etapas en su Estudio. Contribuciones a la Economía {En línea} disponible en: <http://www.eumed.net/ce/>. [consultado 4 de marzo de 2015].

SEGTRANSA Contenedores {En línea} disponible
en:<http://www.segtransa.com/servicios/interes/contenedores.PDF>

VIDA MAS VERDE Los contenedores casa una alternativa para estos enormes
desechos que son un problema ambiental {En línea} disponible
en:[http://vidamasverde.com/2012/los-contenedores-casa-una-alternativa-para-
estos-enormes-desechos-que-son-un-problema-ambiental/](http://vidamasverde.com/2012/los-contenedores-casa-una-alternativa-para-estos-enormes-desechos-que-son-un-problema-ambiental/)