

Comparación Presupuestal de Vivienda Unifamiliar Construida con Muros de Bloque de Tierra Comprimido y Estabilizados con Muros de Mampostería

Juan Felipe Beltrán Niño
Carlos Andrés Gómez Barragán



Monografía para optar al título de Especialistas en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles

Universidad Pontificia Bolivariana
Escuela de Ingenierías
Especialización en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles
Bucaramanga
2024

**Comparación Presupuestal de Vivienda Unifamiliar Construida con Muros de Bloque de
Tierra Comprimido y Estabilizados con Muros de Mampostería**

Juan Felipe Beltrán Niño
Carlos Andrés Gómez Barragán

**Monografía para optar al título de Especialistas en Gerencia e Interventoría de
Obras Civiles**

Director:
Claudia Patricia Retamoso Llamas
Doctora en Ciencias de la Ingeniería

Universidad Pontificia Bolivariana
Escuela de Ingenierías
Especialización en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles
Bucaramanga

2024

Dedicatoria

Quiero dedicarle este trabajo de grado a mis Padres, Pedro Mauricio Beltran, Wilson Caldera y Leady Carolina Niño, mis abuelos Pedro Beltran, Raquel Dulcey y Luz María Galvis por hacer posible que yo llegara hasta aquí, por su cariño y apoyo incondicional durante toda mi formación profesional y sin importar las dificultades siempre creyeron en mi dándome fuerza para soportar cualquier obstáculo.

Juan Felipe Beltran Niño

Quiero dedicar esta monografía especialmente a Dios, a mis padres, a mi hermano, a Hachi y a mi novia que me han ayudado en varios aspectos para poder estar optando por el título de especialista.

Carlos Andrés Gómez Barragán

Agradecimientos

Quiero agradecerle a mi familia por todo el apoyo que siempre me dieron de principio a fin, a mi novia Laura Rangel ya que su actitud positiva y cariño iluminaron cada noche de clase, a mis jefes Luz Carime Corzo y Fernando Castro de Ferreluk por darme la oportunidad de comenzar mi sueño profesional en simultaneo a estudiar esta especialización, a los docentes que me formaron durante el pregrado con los conocimientos para el desarrollo de esta monografía, a todos quienes participaron en mi anterior proyecto de grado el cual es la base para este y un agradecimiento especial a nuestra directora Claudia Retamoso por apoyarnos una vez más en lograr nuestro título esta vez como especialista.

Juan Felipe Beltran Niño

Quiero agradecerle a Dios, a mis padres, a mi hermano, a Hachi y a mi novia por estar presentes y ayudarme en todo lo que alguna vez necesité. A su vez quiero agradecerles a todos los docentes de pregrado y posgrado por todos los conocimientos que me brindaron a lo largo de todo este tiempo y por haberme guiado.

Carlos Andrés Gómez Barragán

Contenido

Dedicatoria	3
Agradecimientos	4
Contenido	5
Lista de tablas	8
Lista de figuras.....	9
Resumen general de trabajo de Grado en español	11
General summary of work of grade	12
Introducción	13
Capítulo 1.....	14
Generalidades	14
Capítulo 2.....	15
Planteamiento del Problema.....	15
Justificación.....	15
Objetivos	15
Objetivo general	15
Objetivos específicos	16
Capítulo 3.....	17
Antecedentes	17

Capítulo 4.....	24
Metodología	24
Capítulo 5.....	28
Resultados y Discusiones	28
Diseño preliminar de la vivienda.....	28
Preliminares	29
Movimientos de tierra.....	30
Fabricación de BTCE	30
Cimentación.....	31
Estructura.....	32
Instalación de redes hidrosanitarias	33
Desagües	34
Aparatos Sanitarios.....	35
Desarrollo de muros BTCE	36
Cubierta	37
Pisos y enchapes	38
Pintura.....	39
Carpintería en Madera	39
Carpintería metálica, espejos y mármol	40
Aseo y varios	41

Entrega.....	41
Presupuesto de factibilidad.....	43
Cronograma de Actividades.....	45
Análisis de Resultados	46
Conclusiones.....	48
Referencias.....	49

Lista de tablas

TABLA 1 - METODOLOGÍA DEL PROYECTO	24
TABLA 3 - PRESUPUESTOS PARA UNA VIVIENDA BTCE	43
TABLA 4 - PRESUPUESTO VIVIENDA EN MAMPOSTERÍA	44
TABLA 5 - CRONOGRAMA BTCE	45
TABLA 6 - CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES CASA CONVENCIONAL EN CONCRETO	45

Lista de figuras

FIGURA 1- JERICO, ISRAEL - (NATIONAL GEOGRAFIC, 2023)	17
FIGURA 2 - - CINVA RAM - (ALIBABA, S.F.).....	18
FIGURA 3 - PINTURA ECOLÓGICA - C.RODRIGEZ Y J.PEÑA.....	19
<i>FIGURA 4 - RELACIÓN CANTIDAD PRECIO UNITARIO.....</i>	<i>19</i>
FIGURA 5- BTCE CON CONCRETO TRITURADO Y PLÁSTICO MOLIDO (BELTRAN NIÑO & GOMEZ BARRAGAN, 2023)	23
FIGURA 6 - PLANO PRELIMINAR DE CASA BTCE	28
FIGURA 7- TERRENO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO TERRAVIS – VIA PIEDECUESTA 45A.....	29
FIGURA 8 - TERRENO YA EXPLANADO CONJUNTO TERRAVIS - VIA PIEDECUESTA 45A.....	30
FIGURA 9 - LADRILLO PARA FABRICACIÓN DE MUROS BTCE.....	31
FIGURA 10 - CIMENTACIÓN SUPERFICIAL	32
FIGURA 11 - CIMENTACIÓN CASA BTCE	33
FIGURA 12 – REDES HIDROSANITARIAS VIVIENDA BTCE.....	33
FIGURA 13 - IMAGEN DE DESAGÜE	34
FIGURA 14 - CAJA DE INSPECCIÓN	34
FIGURA 15 - APARATOS SANITARIOS	35
FIGURA 16- REDES ELÉCTRICA CASA BTCE.....	36
FIGURA 17 - MUROS BTCE.....	37
FIGURA 18 - CUBIERTA DE CASA	38
FIGURA 19- CASA BTCE BAÑOS.....	38

FIGURA 20 - PINTURA PARA EXTERIORES.....	39
FIGURA 21 - CARPINTERÍA EN MADERA TERRAVIS.....	40
FIGURA 22- ESPEJOS CASA BTCE	41
FIGURA 23 - GRAMA DULCE	41
FIGURA 24 – VISTA DE LA VIVIENDA.....	42
FIGURA 25 - GRÁFICA COMPARATIVA ENTRE PRESUPUESTOS.....	46
FIGURA 26 -COSTOS DIRECTOS DE CONSTRUCCIÓN VIVIENDA BTCE	46
FIGURA 27- COSTOS DIRECTOS DE CASA CONVENCIONAL.....	47
FIGURA 28 - COMPARATIVA DE TIEMPO PARA CONSTRUIR UNA VIVIENDA DE CADA TIPO	47

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: COMPARACIÓN PRESUPUESTAL DE VIVIENDA UNIFAMILIAR CONSTRUIDA CON MUROS DE BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDO Y ESTABILIZADOS CON MUROS DE MAMPOSTERIA

AUTOR(ES): Juan Felipe Beltrán Niño
Carlos Andrés Gómez Barragán

PROGRAMA: Esp. en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles

DIRECTOR(A): Claudia Patricia Retamoso Llamas

RESUMEN

La presente monografía compara la construcción de viviendas unifamiliares utilizando bloques de tierra comprimido y estabilizados con mampostería tradicional. El estudio se enfoca en evaluar la viabilidad económica y ambiental de ambas opciones constructivas, destacando que la vivienda construida con bloques de tierra comprimida resulta ser más económica en términos de costos. Se analizan aspectos como el tiempo de construcción, la sostenibilidad y el impacto social de ambas alternativas. Se concluye que la construcción con bloques de tierra comprimido es una opción económicamente viable y sostenible, presentando una diferencia monetaria del 54%, sumado a que solo genera 9 días más de duración de proyecto en el desarrollo del cronograma propuesto, resultando el potencial de mejorar las condiciones de vida en zonas rurales y contribuir al desarrollo social en Colombia, cumpliendo también las especificaciones técnicas estructurales exigidas por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

PALABRAS CLAVE:

BTCE, Vivienda, Autosostenible, Ambiente, Contaminación, Presupuesto, Tierra, Desarrollo, Mampostería


V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: BUDGET COMPARISON OF SINGLE-FAMILY HOUSING BUILT WITH COMPRESSED EARTH BLOCK WALLS AND STABILIZED WITH MASONRY WALLS

AUTHOR(S): Juan Felipe Beltrán Niño
Carlos Andrés Gómez Barragán

FACULTY: Esp. en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles

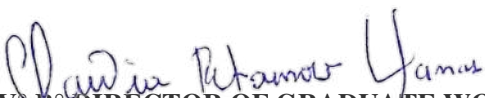
DIRECTOR: Claudia Patricia Retamoso Llamas

ABSTRACT

This monograph compares the construction of single-family homes using compressed earth blocks stabilized with traditional masonry. The study evaluates the economic and environmental viability of both construction options, highlighting that housing built with compressed earth blocks is more economical in terms of costs. Aspects such as construction time, sustainability, and social impact of both alternatives are analyzed. It is concluded that construction with compressed earth blocks is an economically viable and sustainable option, presenting a monetary difference of 54%, added to the fact that it only generates 9 more days of project duration in the development of the proposed schedule, resulting in the potential to improve living conditions in rural areas and contribute to social development in Colombia, also complying with the structural technical specifications required by the Colombian Regulation for Earthquake Resistant Construction NSR-10.

KEYWORDS:

BTCE, Housing, Self-sustainable, Environment, Pollution, Budget, Land, Development, Masonry



V. B. DIRECTOR OF GRADUATE WORK

Introducción

En Colombia específicamente en zonas rurales hay un problema que ha venido existiendo desde hace muchos años que es la dificultad para acceder a una vivienda, debido a problemas relacionados con las personas como el desempleo, incertidumbre de altos costos de mantenimiento y otras cosas.

Con el avance de la tecnología y métodos de construcción sostenible se han venido desarrollando y buscando diversas opciones constructivas, un ejemplo para las opciones rurales está el BTCE una mezcla de la construcción tradicional con mejoras de la construcción moderna, a pesar de ser una tecnología que se pueda aplicar masivamente se presenta como una solución más económica y ecológica en comparación de la construcción tradicional.

Capítulo 1

Generalidades

La humanidad surgió como civilización utilizando la tierra como técnica constructiva, al ser un material muy rico, abundante y de fácil acceso permitió la creación de ciudades como las de Jericó Israel en la edad antigua hasta maravillas del mundo como la muralla china o las pirámides de Egipto. Taos Pueblo, Nuevo México, Granada, España, Marruecos, Sudáfrica, Namibia y Botswana, en provincias como Salta y Jujuy, en el norte de Argentina, en regiones como la Provenza y el Languedoc, en Francia, valle de Kathmandu, Nepal.

Reducir el índice de crisis habitacional en Colombia mediante la implementación de construcción sostenible para crear conciencia sobre las nuevas técnicas económicas y amigables con el medio ambiente, a su vez promover dichas técnicas constructivas para que se extiendan y se usen a lo largo del país.

Capítulo 2

Planteamiento del Problema

La monografía se limitará exclusivamente al diseño de una vivienda de interés social y su análisis presupuestal comparativo entre utilizar el BTCE y columnas en tierra como material propuesto en la estructura contra una vivienda de las mismas dimensiones, pero con materiales convencionales (mampostería en ladrillo H12, columnas y vigas en concreto armado), posteriormente obteniendo unos resultados que permitan establecer unas conclusiones entre la simulación.

Justificación

Esta monografía permitirá estimar la viabilidad económica y ambiental de construir una vivienda de interés social ecológica y sostenible como posible solución a la crisis habitacional que presenta el país utilizando el bloque de tierra comprimido y estabilizado con plástico molido y concreto triturado como material constructivo permitiendo dar una vivienda digna, ecológica, duradera y de fácil acceso a varias familias en condición precaria además de darle valor a la construcción en tierra una técnica ancestral como solución moderna.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la viabilidad económica para la construcción de viviendas de interés social utilizando bloques de tierra comprimido y estabilizados con agregados de plástico triturado y residuos de construcción y demolición.

Objetivos específicos

Estructurar el estado del arte a nivel latinoamericano sobre el tema con base en artículos científicos e investigaciones para conocer los últimos avances sobre el mismo.

Desarrollar una programación y presupuesto de la obra para poder considerar su costo total y compararlo con otro tipo de viviendas

Proponer con los resultados obtenidos la viabilidad y sostenibilidad económica de la vivienda de interés social con Bloques de Tierra Comprimido y Estabilizado en el proyecto.

Capítulo 3

Antecedentes

La humanidad al principio como civilización empezó su sedentarismo con pequeños asentamientos urbanos entre los cuales se evidencia entre las primeras construcciones el uso de la tierra como material, entre las primeras ciudades donde se puede encontrar el uso de este abundante, versátil y valioso material es en la ciudad Jericó, Israel presentada en la Figura 3, una ciudad construida 7000 años A.C.



Figura 1- Jerico, Israel - (NATIONAL GEOGRAFIC, 2023)

Entre las demás construcciones en tierra a lo largo de la historia humana se tiene la ciudad perdida de Uruk, una maravilla mesopotámica construida 10% en tierra, continuando en Asia con la famosa muralla china, más de 21 km de muro de edificación que entre sus materiales esta la tierra, saltando al continente americano las pirámides del sol en México construida por los habitantes de la ciudad de Teotihuacán entre los siglos 8 y 9 A.C; todo el antiguo Egipto desde sus pirámides y bóvedas fueron hechas en tierra, estas maravillas que aun podemos ver al día de hoy son fruto del trabajo de muchísimos años de esfuerzo, prueba y error; siendo principalmente

creaciones arquitectónicas más que ingenieriles; en Francia a mediados de siglo XVIII se crearon escuelas rurales para enseñar la construcción en tierra a la gente de escasos recursos como en Egipto y el libro de Hasan Fty “Arquitectura para los pobres”. Por otro lado cada civilización tiene su propia metodología de construcción en tierra siendo una de la más recientes el bloque de tierra comprimida, (BTC); un ladrillo sin coser hecho a partir de una prensa mecánica con una cantidad específica de limos, arenas, arcilla y agua.

En la figura 4 se presenta la herramienta/Maquina de trabajo para la elaboración de bloques de tierra comprimida la Cinva Ram.



Figura 2 - - Cinva Ram - (Alibaba, s.f.)

En el año 2019 se realizó una investigación de impermeabilizantes naturales para la tierra, en el cual se mezclaba Sabila, Cal, Sal, Colorante, Alumbre, Agua y Aceite de coco. Este descubrimiento permite que los daños por fisuración en este tipo de construcciones fueran eliminados en un 90% (RODRIGUEZ & PEÑA, 2019), en la figura 5 se presenta el resultado.



Figura 3 - Pintura ecológica - C.Rodríguez y J.Peña

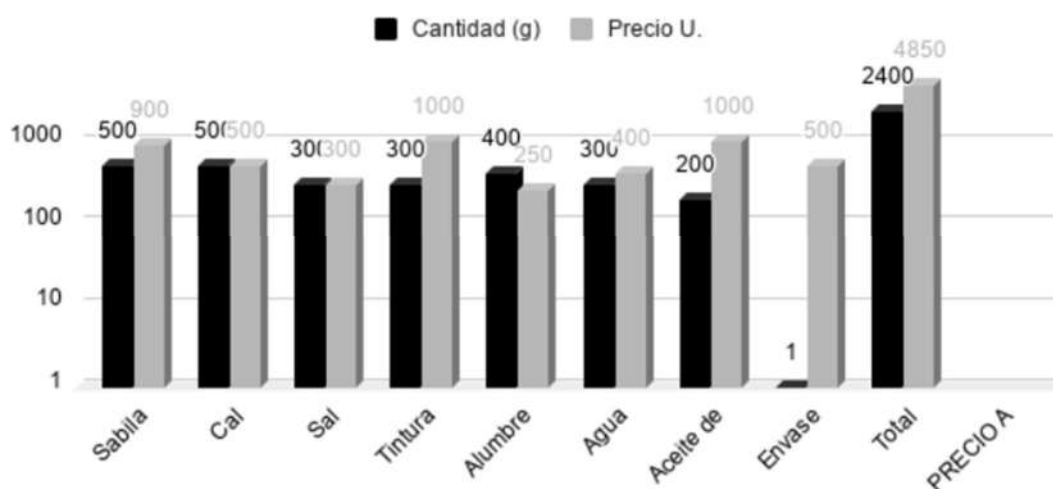


Figura 4 - Relación cantidad precio Unitario

Las emisiones de CO₂ de los edificios de tierra suelen ser inferiores a las de los métodos de construcción tradicionales. Esto se debe a que se utiliza menos energía durante la fabricación y el transporte ya que se utilizan materiales con bajas emisiones de carbono. Por lo tanto, el uso de técnicas de construcción con tierra puede contribuir significativamente a reducir las emisiones del entorno construido y disminuir los efectos del calentamiento global.

Layachi, S., Izemmouren, O., Dakhia, A., Taallah, B., Atiki, E., Saleh Almeasar, K., Guettala, A. (2023).

1. El bagazo, que es el coproducto obtenido por cristalización repetida durante la preparación del azúcar, tiene buenas propiedades mecánicas y propiedades termales. Además, la adición de estos residuos como un relleno en CSEB (Bloques de Tierra Comprimidos y Estabilizados) mejora sus propiedades mecánicas y térmicas.

2. Para la melaza, lo óptimo es añadir el 12% de este residuo a la CEB; Da resistencia a la compresión.

3. La adición de ceniza que tiene comportamiento puzolánico no afectar la resistencia mecánica de los bloques de tierra comprimidos, por lo tanto, estos residuos pueden reforzar la CEB sin ningún efecto sobre las propiedades mecánicas.

Chantit, F., El Abbassi, F. E., & Kchikach, A. (2022).

Considerando el análisis del ciclo de vida, CSEB (Compressed stabilized earth block) mostró menores impactos ambientales en las seis categorías ambientales consideradas en este estudio en comparación con FCB (fired clay brick). Además, el análisis de costos reveló que el costo de construcción se reduce aproximadamente un 8,65% cuando se adopta la técnica CSEB en lugar de FCB.

Paul, S., Islam, M. S., & Elahi, T. E. (2023).

Según los resultados a escala de laboratorio, fue adecuado utilizar 10% cemento con 10% margas rojas, para producir a escala piloto CSEB, y las propiedades obtenidas demostraron que estos ladrillos pueden asegurar la seguridad de construcción y el comportamiento térmico deseados para crear un ambiente confortable para los residentes. (Mouih, Hakkou, Taha, & Benzaazoua, 2023)

La idea de utilizar uCEB (unstabilized Compressed Earth Blocks) como material para la fabricación de peso tiene un efecto complejo, ya que permite reducir las emisiones de carbono y los costos de capital al mismo tiempo. A pesar de que la densidad del uCEB es menor que la de otros materiales considerados, un almacén de GES (Gravity Energy Storage) con pesas de uCEB será un 20% más barato en comparación con un almacén lleno de pesas de hormigón y un 40% más barato que un almacén con pesas de mineral de hierro.

Kropotin, P., Penkov, O., & Marchuk, I. (2023).

Los bloques de tierra estabilizada comprimida (CSEB) se han considerado una unidad de mampostería investigada clave durante las últimas décadas. Muchos estudios han demostrado que la resistencia a la compresión disminuye al aumentar el contenido de arcilla y limo y la mayoría de los investigadores están interesados en un contenido de arcilla y limo de hasta el 15%. Como método para reducir el contenido de arcilla y limo, los investigadores han considerado reducir el contenido de arcilla y limo agregando diferentes materiales sin centrarse en la cantidad de partículas más grandes. Esta investigación consideró la reducción del contenido de arcilla y limo mientras se controlaba la mayor cantidad de partículas según el método de optimización del empaque de partículas. Se utilizaron residuos de construcción y arena para controlar el contenido de partículas más grandes.

Malkanathi, S. N., Wickramasinghe, W. G. S., & Perera, A. A. D. A. J. (2021).

La resistencia a la compresión libre fue aproximadamente el doble que la del CEB no estabilizado y la eficiencia estructural mejoró hasta dos veces después de la estabilización con RC. El mismo nivel de mejora se encontró en otras propiedades probadas. Además, las diferencias entre OPC CSEB y RC CSEB se atenuaron en la resistencia a la tracción. No se produjo una reducción significativa hasta el 50% de incorporación de RC. (Jose , Real, Cruz, & Azevedo, 2023)

En comparación con los bloques estabilizados solo con cemento, la adición de WCP (waste concrete powder) a la mezcla mejora la resistencia general a la compresión en seco para un máximo de 10,68 MPa con 8% de cemento y 20% de reemplazo de WCP, lo que representa una mejora del 245% con respecto al mismo contenido de cemento. sin reemplazo de WCP. De hecho, se descubrió que la concentración ideal de WCP era un reemplazo del 20% de arena para todo el contenido de cemento.

Saidis Salekin Aninda, Mohammad Shariful Islam, (2023)

La inclusión de fibra de paja de Vetiver condujo a una reducción en la densidad aparente de los CEB reforzados, lo que resultó en la creación de CEB livianos. Aquí, la densidad aparente de los CEB reforzados con VSF osciló entre 1480 y 1752 kgm - más, la contracción volumétrica osciló entre el 6,05% y el 12,61% para las muestras reforzadas. Por lo tanto, la adición de fibra de paja de Vetiver frenó eficazmente la contracción volumétrica y evitó la formación de grietas por contracción no deseadas.

Shantanu Paul, Mohammad Shariful Islam, Mohammad Iqbal Hossain, (2023)

En otra investigación se combinó cemento con los BTCE, la resistencia a la compresión de aumenta con mayor cantidad de cemento y utilizar 10% de cemento como agente estabilizador da como resultado una mejora significativa en la resistencia a la compresión, superando el 20% de aumento en comparación con la adición de 8% de cemento.

Mohamed Ramsin Rayeesulhaq, Mansoor Lizan Ahamed, Rao Arsalan Khushnood, Hammad Anis Khan, (2024)

A lo largo de los años se ha ido experimentando con diversos materiales buscando mejorar el desempeño de los BTC, un proyecto reciente es la investigación de BTC estabilizado con plástico molido y concreto triturado presentado en la figura 7 (Beltran Niño & Gomez Barragan,

2023); esta investigación demostró que estos estabilizantes mejoraron al btc tradicional en las pruebas de flexión, compresión, erosión, permeabilidad del agua y densidad seca, sumado al ciclo de vida donde se calculó que un BTCE requiere 0.03% de la energía requerida para fabricar 1 ladrillo H12 para este proyecto se estimara los costos de construcción de una vivienda de interés social utilizando como material principal estos ladrillos buscando crear un hogar estable, ecológico, económico y duradero.



Figura 5- BTCE con concreto triturado y plástico molido (Beltran Niño & Gomez Barragan, 2023)

Capítulo 4

Metodología

En el desarrollo de esta monografía se buscará evaluar la rentabilidad y viabilidad de la construcción de viviendas a partir de bloques de tierra comprimida y estabilizada con concreto triturado y plástico molido, constando de 3 etapas principales las preliminares, el desarrollo y la finalización del proyecto.

A continuación, en la siguiente tabla #1 se presenta el paso a paso a seguir para el desarrollo de este proyecto.

Tabla 1 - Metodología del proyecto

Proyecto Vivienda BTCE	
Preliminares	
Estudio del arte de la construcción en BTC	De las diversas técnicas constructivas el Bloque de tierra comprimido es de los más modernos, la cual consta de utilizar tierra con una cantidad calculada de limos, arenas y arcillas combinadas con agua en su punto óptimo y pasando por la prensa hidráulica Cinva Ram se logra compactar para ser dejada secando al sol, esta etapa investigara el ciclo de vida y la viabilidad que posee este tipo de construcción

Continuación Tabla 1- Metodología del Proyecto

Proyecto Vivienda BTCE	
Preliminares	
Examinar el impacto ecológico del BTCE como material constructivo	<p>La construcción en tierra es beneficiosa para el ambiente debido a la minúscula cantidad de contaminantes que se genera durante su creación, más sin embargo hay factores externos durante el proceso constructivo que si genera un posible daño al ambiente, contando tanto favorables como es el uso de aditivos reutilizables a partir de residuos de construcción y demolición como materiales reciclables como lo es el plástico molido dichos factores se examinaran a fondo para poder concluir con precisión el verdadero impacto que se genera al construir 1 vivienda de interés social a partir del BTCE</p>
Investigación de APUS y costos de obra	<p>Al tratarse de un proyecto de vivienda es requerido conocer los diversos factores como el costo de la mano de obra, materiales, equipos, transporte del mismo y diversas capacitaciones que se requerirán para su realización óptima</p>

Continuación Tabla 1- Metodología del Proyecto

Proyecto Vivienda BTCE	
Preliminares	
Indagar en la programación y cronograma de obra	Además de conocer los requerimientos para la construcción de la vivienda se debe también indagar en una posible programación de obra, donde se contemplarán rendimientos de los contratistas, maquinarias y demás factores de la obra, para así lograr calcular un tiempo realista y óptimo
Desarrollo de Presupuesto y programación de obra	
Diseño Arquitectónico de la vivienda	Se realizará un diseño arquitectónico para una vivienda construida a partir de los BTC, planteando un proyecto económico, ecológico, producible, digno, seguro y sustentable.
Presupuesto y Programación de obra	Conociendo y utilizando toda la información recolectada en la literatura se podrá crear un presupuesto y programación de obra realista, clara conociendo cada recurso, mano de obra y actividad a realizar.

Continuación Tabla 1- Metodología del Proyecto

Fase final del Proyecto	
Análisis y conclusiones de resultados	La información recolectada se desagregará y estudiará para determinar la viabilidad de la construcción de esta vivienda.
Sustentación y entrega final del documento	Se finalizará el proyecto con una sustentación que explique el desarrollo de esta

Capítulo 5

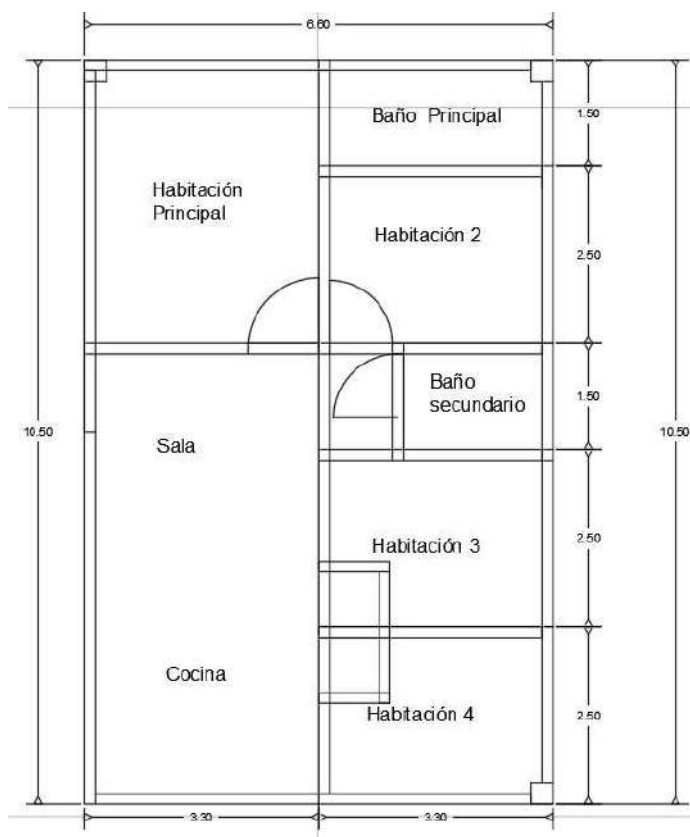
Resultados y Discusiones

Diseño preliminar de la vivienda

Para la vivienda se planteó una casa de una sola planta conformada por 69.3 m², de 4 habitaciones, 2 baños, sala y cocina, esta vivienda está pensada para una familia conformada por un mínimo de 5 integrantes, Buscando dar un confort y estilo de vivienda único y que logre cambiar la vida de los residentes de estas.

Para este proyecto se contempló por cada casa una cuadrilla de 5 obreros con 1 oficial que dirigirán la construcción de esta, donde se apoyara en subcontratistas para el apartado de redes hidrosanitarias, eléctricas y enchapes

Figura 6 - Plano preliminar de casa BTCE



Preliminares

Lo primero que se debe realizar es la localización y replanteo, el terreno a trabajar debe ser apto desde la perspectiva de la tierra para trabajarla y usarla en la construcción de las viviendas, se delimitara una hectárea donde puedan estar 63 casas BTCE , el nombre para este proyecto es “Conjunto TERRAVIS”, cada lote para vivienda posee en promedio 115 m² (11.5 m x 10 m) donde la vivienda queda con 69.3 m² es decir 45.7 m² de jardín o espacio verde.

Se realizará la localización, replanteo, el campamento provisional y los estudios topográficos para el desarrollo del capítulo preeliminarios.

Figura 7- Terreno para la construcción del conjunto TERRAVIS – Via Piedecuesta 45A

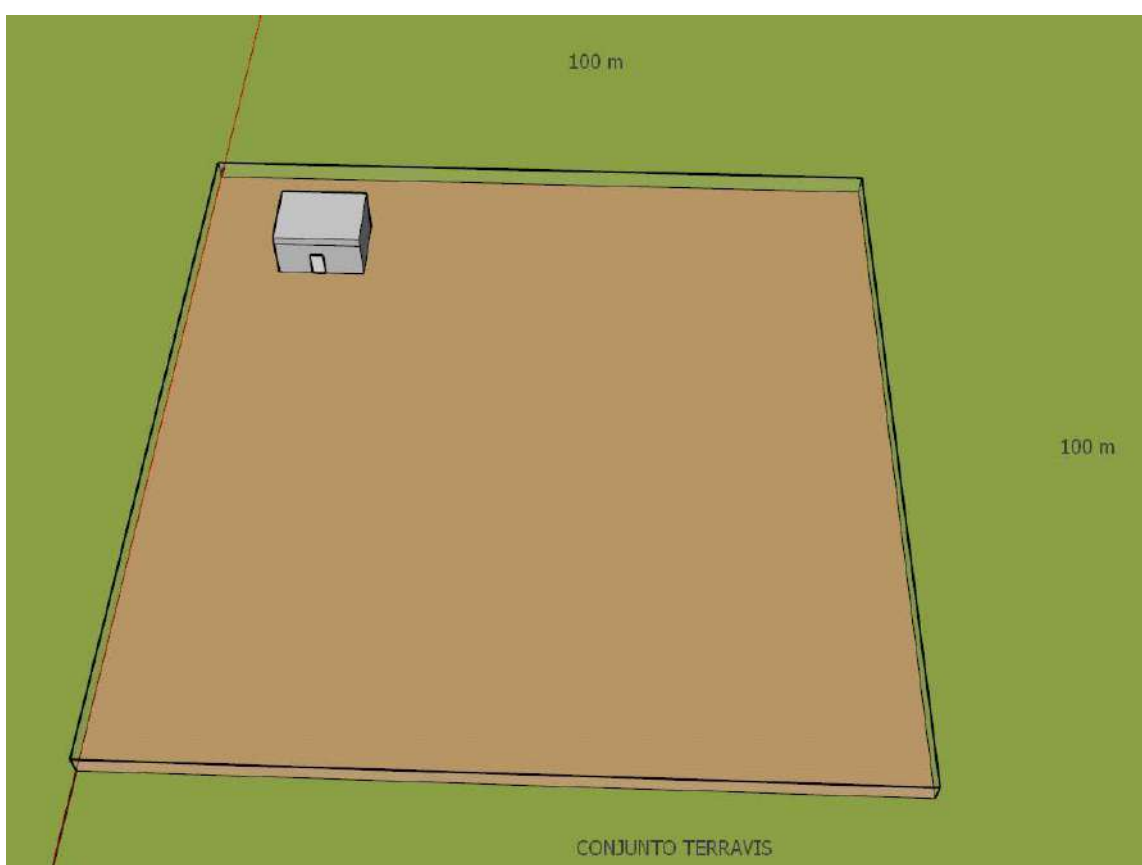


Movimientos de tierra

En la sección anterior se dejó el terreno señalado y se procede a explanar, nivelar, excavar y rellenar el terreno, aprovechando la tierra sobrante justamente para la fabricación de los bloques de tierra comprimidos y estabilizados con concreto y plástico molido.

Se excavarán aproximadamente 102 m³ por vivienda y cada relleno es en promedio 51 m³

Figura 8 - Terreno ya explanado Conjunto TERRAVIS - Via Piedecuesta 45A

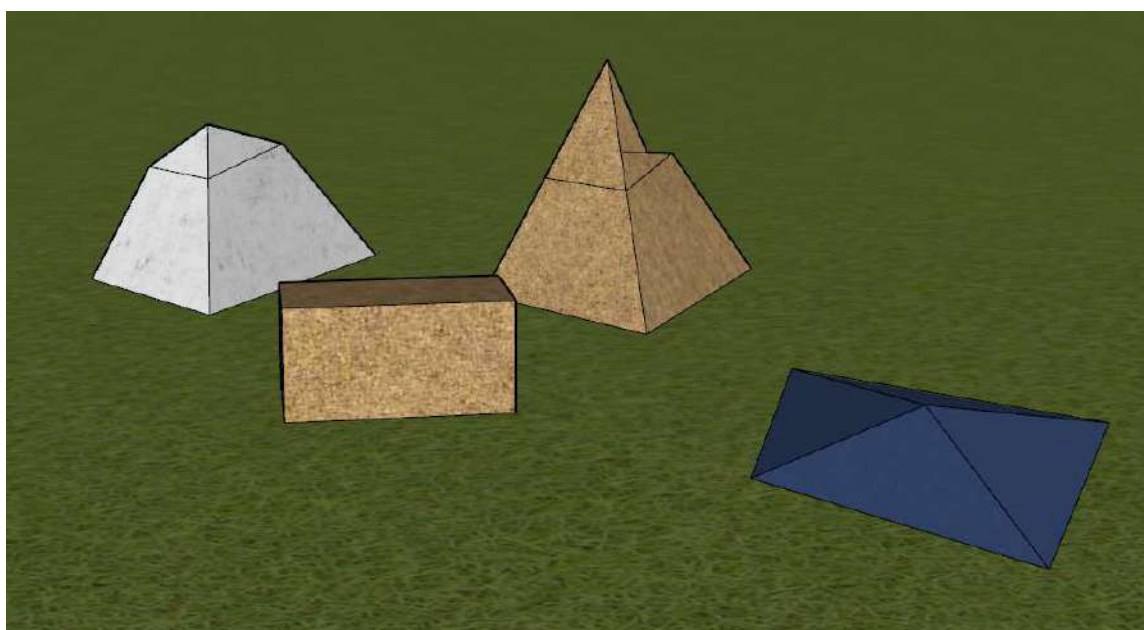


Fabricación de BTCE

Para el proceso de fabricación de los Bloques de tierra comprimida y estabilizada se realiza una caracterización de la tierra y los materiales con los que trabajaremos siendo estos concreto molido (residuos de construcción y demolición) y plástico molido, se realizara una capacitación a los obreros para que conozcan como usar este material junto a la CINVA RAM ya que post

fabricación se debe de dejar todo un mes en la zona de curado, esta actividad es la tarea más crítica ya que es la que mayor tiempo de trabajo toma por la espera, la siguiente figura es una ilustración grafica de los 3 materiales principales, plástico molido (color azul), Concreto triturado (Color blanco) y la tierra (color marron).

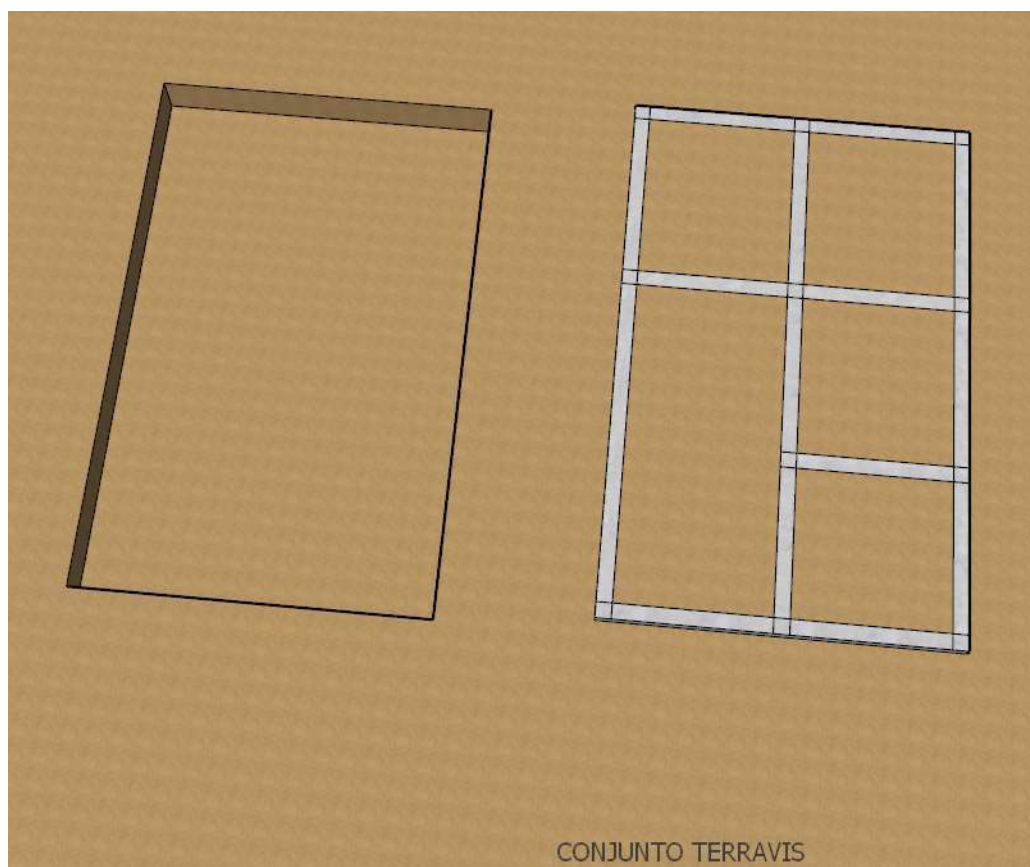
Figura 9 - Ladrillo para fabricación de muros BTCE



Cimentación

Después del movimiento de tierras se llega a la Cimentación, la cual será sobre nivel de terreno por 20 cm y 10 cm de más de cada lado dando un área de 72.76 m² (6.8 m x 10.7 m), la cual da como ventaja el aislamiento de la humedad protegiendo la construcción del acumulamiento de aguas lluvias en el terreno y de aguas subterráneas evitando problemas de corrosión y daños por humedad, además esta técnica permite adaptarse a terrenos irregulares o inclinados, por cada vivienda se fundirá 11 m³ en promedio de cimentación, se tendrá el espacio para la tuberías correspondientes de agua, se rellenara las partes entre cimentación para posteriormente fundir cemento en el piso.

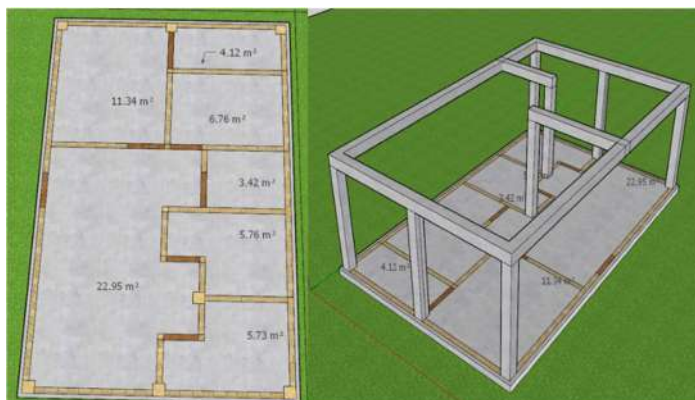
Figura 10 - Cimentación Superficial



Estructura

Ya con la Cimentación lista se procederá a realizar la estructura que será en concreto tradicional para así asegurar la resistencia y cumplimiento de la norma Nsr 10, será un pórtico con un total de 8 columnas y 4 vigas, al ser de concreto armado se tendrá la certificación de que las vigas y columnas soportaran al vivienda, posteriormente se utilizara un friso de tierra para mimetizar el color de los muros en BTCE, para una vivienda se utilizara 5.85 m³ de mezcla, en la siguiente figura se muestra en que parte están ubicadas las columnas, paredes y puertas.

Figura 11 - Cimentación Casa BTCE

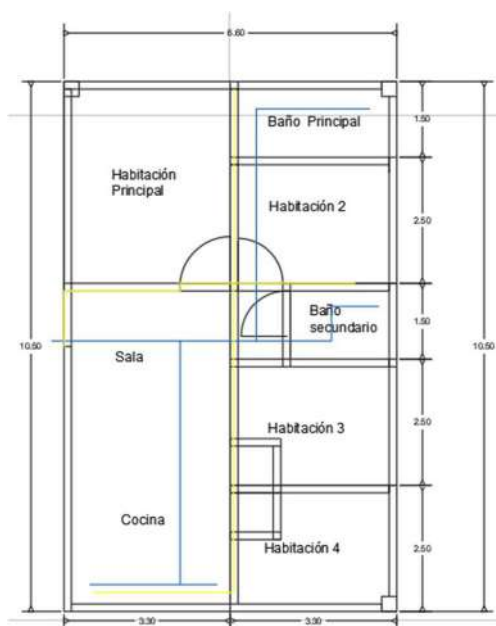


Instalación de redes hidrosanitarias

Para cada vivienda se desea contar con un servicio de agua potable, para esto se debe de unir al acueducto de la ciudad con la red doméstica, donde cada tramo luego alimentara los aparatos correspondientes de cada vivienda.

El trazado se puede ver en la siguiente figura (línea azul) donde busca conectar para cada aparato de consumo dando 21 metros lineales de tubería por vivienda

Figura 12 – Redes Hidrosanitarias Vivienda BTCE



Desagües

Como el agua potable debe llegar al conjunto también se debe tener una caja de inspección de aguas negras o residuales y de aguas lluvias para expulsar estos desechos y ayudar con la sanidad del hogar, la red de acometida del alcantarillado tiene en promedio por cada vivienda 100 metros

Figura 13 - Imagen de desagüe



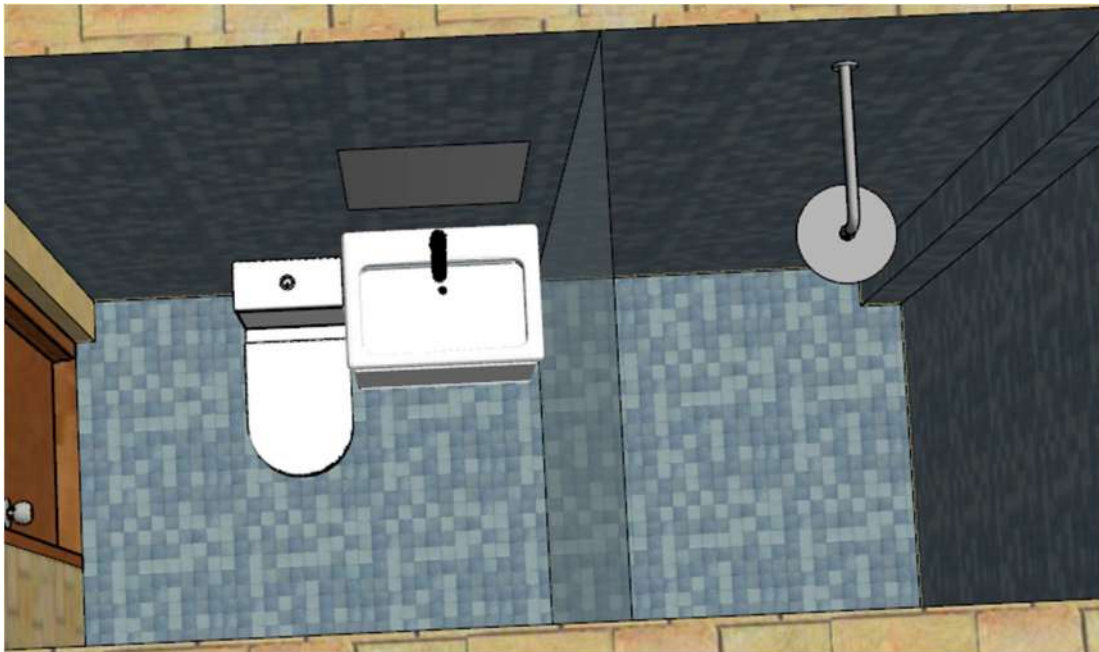
Figura 14 - Caja de inspección



Aparatos Sanitarios

Para la vivienda de interés social cuentan con dos baños, cada uno cuenta el con ducha, inodoro y lavamanos. Estos dos últimos de color blanco para mantener uniformidad estética y un diseño moderno.

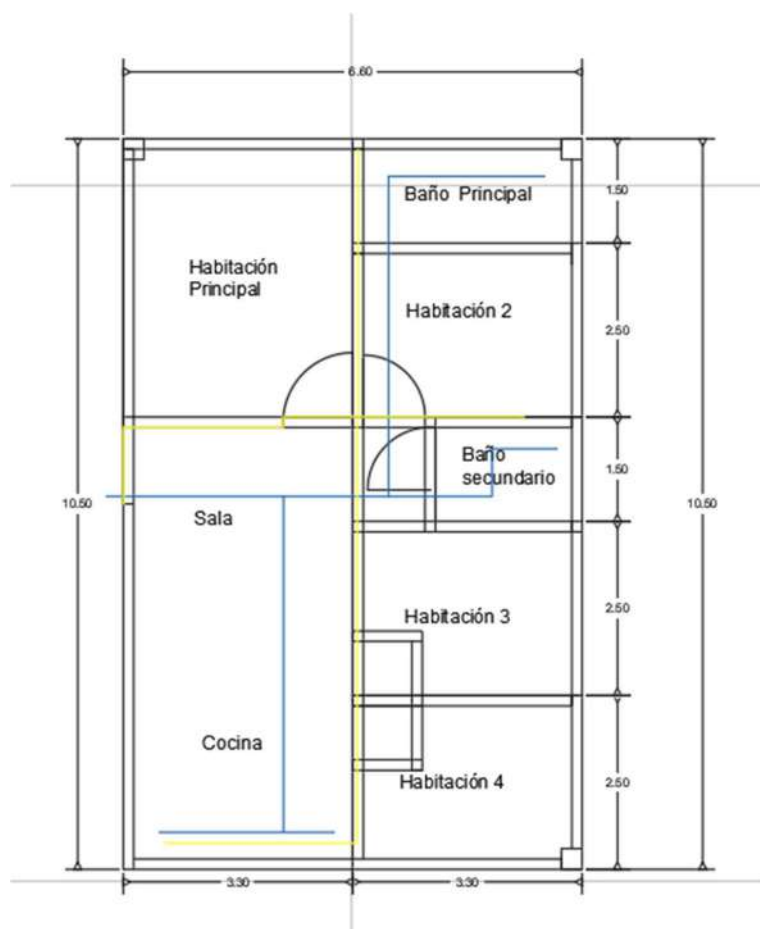
Figura 15 - Aparatos Sanitarios



Instalaciones de redes eléctricas

Para esta vivienda se le debe dar una calidad de vida que requiere un sistema de redes eléctricas para cada baño y cada cuarto.

El trazado de la red se presenta en la línea amarilla en la siguiente figura donde son 20 metros lineales de ductos en muros y 25 metros lineales de cableado por vivienda.

Figura 16- Redes eléctrica CASA BTCE

Desarrollo de muros BTCE

Una vez finalizado el periodo de curado se procede a la instalación de los muros en BTCE, estos se juntarán con la ayuda de mortero en tierra, la cual mezcla cal y tierra como solución para mantener la temática ancestral de la vivienda, por cada vivienda se utilizan en promedio 173 m² de muros BTCE

Figura 17 - Muros BTCE



Cubierta

Para la Instalación de esta cubierta se cuenta con 3 Cerchas de madera que genera una pendiente de 35% se oculta utilizando BTC y encima de ella se coloca una lámina de zinc y tejas de arcilla para los 75 m² que tenemos en promedio de cubierta, el agua cae hasta el canal que se tiene en cada lado y finalmente por la bajante, los canales son sencillos con un ancho de 40 cm de desarrollo repartidos en 10 de base y 15 cm de altura en ambos lados; Cuenta con un calibre 20 para que reciba el agua sin problemas ni se sobre cargue con las caídas de agua, además se poseen a dos bajantes, una en cada lado, de forma circular de 4" de diámetro, todo el apartado de cubierta se presenta en la figura 20.

Figura 18 - Cubierta de Casa



Pisos y enchapes

En el apartado de enchape por vivienda se utilizan 40 m² en promedio para los dos baños que se posee cada vivienda.

Cada baño posee un lavamanos, inodoro, ducha y su respectiva mampostería y rejilla para el agua, las demás habitaciones tendrán el mismo piso en cemento pulido, una opción económica y estética.

Figura 19- Casa BTCE baños



Pintura

Para la construcción en tierra se tiene siempre la misma dificultad de su debilidad con el agua, donde daña gran parte de la estructura y deteriora/erosiona la misma, pero como se presenta en los antecedentes se han inventado diversas opciones para solucionar estos problemas como lo es la impermeabilización en sábila, se utiliza un pincel y un balde para cada muro exterior, aplicando hasta 2 capas de pintura para una mejor resiliencia frente al entorno

Figura 20 - Pintura para exteriores



Carpintería en Madera

En cada hogar se poseen siete puertas (una principal, cuatro de los cuartos y dos de baños), además de siete ventanas, los muebles de la cocina y los closets como se ve en la siguiente figura.

Por otro lado las camas, sofá, nevera, microondas, comedor, sillas y mesas de noche no vienen incluidas en el presupuesto.

Figura 21 - Carpintería en Madera TERRAVIS



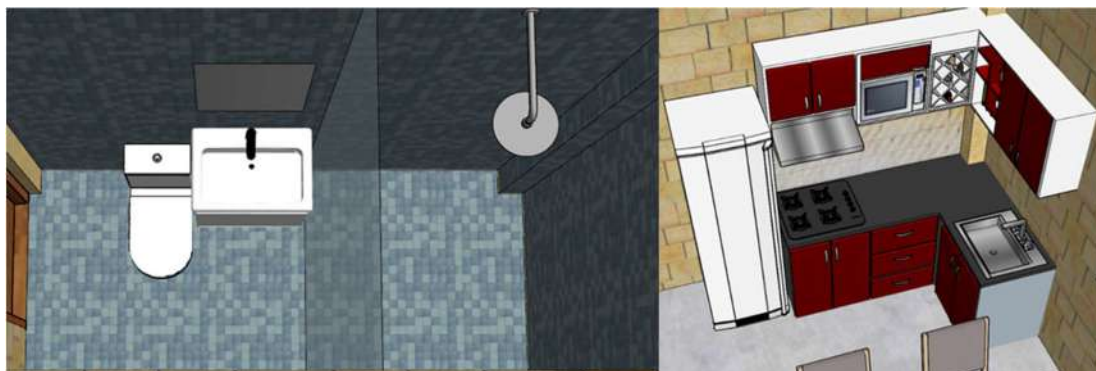
Carpintería metálica, espejos y mármol

En cada baño se posee un espejo, estos son fundamentales para la higiene personal, esto permite a las personas comprobar su aspecto y cuidar su imagen.

Los espejos reflejan la luz natural y artificial (ya que se tiene bombillo y ventana), lo cual permite mejorar la iluminación del baño.

Por la parte de carpintería metálica se incluye estufa y sifón de la cocina, vitales para toda cocina funcional y de calidad, y el mármol le otorga una estética y de calidad y una muestra de vida digna para los habitantes

Figura 22- Espejos Casa btce



Aseo y varios

Al finalizar el proceso constructivo se tiene que limpiar cualquier residuo que esté presente en la obra, estos desperdicios pueden servir para reciclaje u otros procesos, adicional se colocara 46 m² de tapete de grama dulce (diferente al pasto/césped convencional y que si es confortable al tacto), para dar la estética y comodidad al jardín.

Figura 23 - Grama Dulce



Entrega

Con todo el proceso constructivo finalizado los compradores pueden recibir el proyecto a conformidad con lo planeado y presupuestado, el conjunto estará conformado por 63 lotes para las 63 viviendas, una zona social en el centro y una portería. Como se visualiza en la siguiente figura.

Figura 24 – Vista de la vivienda



Presupuesto de factibilidad

Conociendo todos los ítems y procesos que se realizaran para la construcción se procede a realizar todo el proceso para el desarrollo de una casa BTCE.

Tabla 2 - Presupuestos para una vivienda BTCE

PRESUPUESTO DEL PROYECTO TERRAVIS					
CANTIDAD DE CASAS EN EL PRESUPUESTO			1	\$ 85.963.644	
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	PREELIMINARES				\$ 4.577.500
1.1	Localización y Replanteo	m2	115	\$ 6.000	\$ 690.000
1.2	Campamento Provisionales	Un	1	\$ 1.250.000	\$ 1.250.000
1.3	Cerramiento de Obra	m	43	\$ 60.000	\$ 2.580.000
1.4	Estudio de Topograficos y Suelos	m2	115	\$ 500	\$ 57.500
2	Movimientos de Tierra				\$ 8.608.880
2.1	Explanación y Nivelación de Tierra	m2	115	\$ 35.000	\$ 4.025.000
2.2	Excavaciones en Tierra	m3	101.864	\$ 35.000	\$ 3.565.240
2.3	Rellenos	m3	50.932	\$ 20.000	\$ 1.018.640
3	Cimentación				\$ 5.292.000
3.1	Desarrollo de Cimentación sobre nivel	m3	11.025	\$ 480.000	\$ 5.292.000
4	Fabricación BTCE				\$ 2.205.000
4.1	Caracterización de la tierra	m3	1	\$ 5.000	\$ 5.000
4.2	Compactación de los Bloques	Unidad	4000	\$ 500	\$ 2.000.000
4.3	Zona de Curado	m2	200	\$ 1.000	\$ 200.000
5	Estructura				\$ 7.173.360
5.1	Columnas y vigas de Concreto	m3	5.832	\$ 1.230.000	\$ 7.173.360
6	Instalación de Redes hidrosanitarias/gas				\$ 256.560
6.1	Redes hidrosanitarias / gas	m	21	\$ 12.000	\$ 256.560
7	Desagues				\$ 8.250.000
7.1	Caja de Inspección Aguas Negras/lluvias (0.6x0.6x1)m3	Un	1	\$ 250.000	\$ 250.000
7.2	Acometida a Red de Alcantarillado	m	100	\$ 80.000	\$ 8.000.000
8	Aparatos Sanitarios				\$ 3.410.000
8.1	Aparatos Sanitarios Baños	Un	5	\$ 550.000	\$ 2.750.000
8.2	Aparatos Sanitarios cocina y ropas	Un	2	\$ 330.000	\$ 660.000
9	Instalación de Redes Electricas				\$ 78.000
9.1	Red Electrica (ducto en Muros)	m	30	\$ 1.200	\$ 36.000
9.2	Cableados Punto de Electricos	m	35	\$ 1.200	\$ 42.000
10	Muros en BTCE				\$ 1.042.200
10.1	Desarrollo de Muros BTCE de fachada	m2	173.7	\$ 6.000	\$ 1.042.200
11	Cubierta				\$ 5.373.400
11.1	Cercha de Madera	Unidad	3	\$ 1.200.000	\$ 3.600.000
11.2	Suministro e instalación Lamina de zinc	m2	74.9	\$ 14.000	\$ 1.048.600
11.3	Suministro e Instalación de tejas	m2	74.9	\$ 2.000	\$ 149.800
11.4	Instalación de ducto canal y bajante para recogida de agua lluvias	m	23	\$ 25.000	\$ 575.000
12	Pisos y Enchapes				\$ 9.535.000
12.1	Enchapes Muros Baños y Cocina	m2	40	\$ 40.000	\$ 1.600.000
12.2	Pisos en cemento Pulido	m2	69	\$ 115.000	\$ 7.935.000
13	Pintura				\$ 69.480
13.1	Aplicación de impermeabilizante y friso en tierra para exteriores primera capa	m3	6.948	\$ 5.000	\$ 34.740
13.2	Aplicación de impermeabilizante y friso en tierra para exteriores segunda capa	m3	6.948	\$ 5.000	\$ 34.740
14	Carpinteria Madera				\$ 8.200.000
14.1	Puertas	Un	7	\$ 200.000	\$ 1.400.000
14.2	Ventanas	Un	7	\$ 300.000	\$ 2.100.000
14.3	Closets	Un	4	\$ 800.000	\$ 3.200.000
14.4	Cocina	Un	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
15	Carpinteria Metalica, Espejos y Marmol				\$ 1.080.000
15.1	Espejos Baños	Unidad	2	\$ 100.000	\$ 200.000
15.2	Sifon	Unidad	1	\$ 300.000	\$ 300.000
15.3	Estufa	Unidad	1	\$ 300.000	\$ 300.000
15.4	Marmol Travertino Gris	m2	1	\$ 280.000	\$ 280.000
16	Aseos y Varios				\$ 724.500
16.1	Limpieza y recolección de residuos	m2	115	\$ 1.500	\$ 172.500
16.2	Jardineria	m2	46	\$ 12.000	\$ 552.000
17	Tanque de agua				\$ 250.000
17.1	Tanque de agua	Un	1	\$ 250.000	\$ 250.000
18	COSTOS DIRECTOS DEL PROYECTO				\$ 66.125.880
19	COSTOS INDIRECTOS				30% \$ 19.837.764
19.1	Administración			15%	\$ 9.918.882

Por otro lado una vivienda con las mismas características de diseño y medidas pero que en vez de usar concreto en tierra se usa concreto normal además de que en lugar de usar BTCE se utiliza mampostería común H12, concreto normal para vigas y columnas, friso, pintura y estuco con estos parámetros se tienen los siguientes precios:

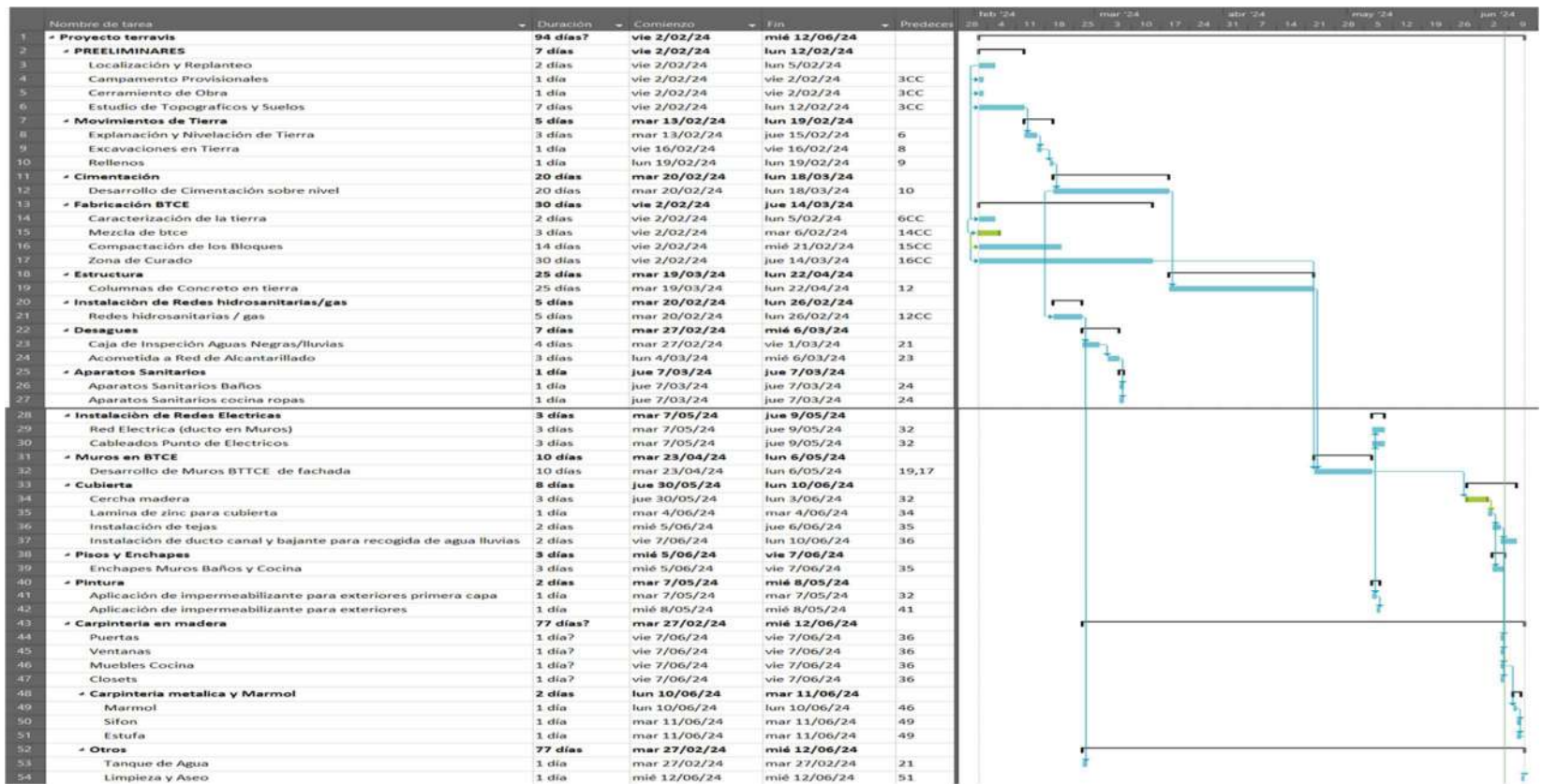
Tabla 3 - Presupuesto vivienda en mampostería

PRESUPUESTO DE CASA LADRILLO					
CANTIDAD DE CASAS EN EL PRESUPUESTO			1	\$ 120.971.214	
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	PREELIMINARES				\$ 4.577.500
1.1	Localización y Replanteo	m2	115	\$ 6.000	\$ 690.000
1.2	Campamento Provisionales	Un	1	\$ 1.250.000	\$ 1.250.000
1.3	Cerramiento de Obra	m	43	\$ 60.000	\$ 2.580.000
1.4	Estudio de Topograficos y Suelos	m2	115	\$ 500	\$ 57.500
2	Movimientos de Tierra				\$ 8.608.880
2.1	Explanación y Nivelación de Tierra	m2	115	\$ 35.000	\$ 4.025.000
2.2	Excavaciones en Tierra	m3	101.864	\$ 35.000	\$ 3.565.240
2.3	Rellenos	m3	50.932	\$ 20.000	\$ 1.018.640
3	Cimentación				\$ 5.402.250
3.1	Desarrollo de Cimentación sobre nivel	m3	11.025	\$ 490.000	\$ 5.402.250
4	Estructura				\$ 7.173.360
4.1	Columnas y vigas de Concreto	m3	5.832	\$ 1.230.000	\$ 7.173.360
5	Instalación de Redes hidrosanitarias/gas				\$ 256.560
5.1	Redes hidrosanitarias / gas	m	21	\$ 12.000	\$ 256.560
6	Desagues				\$ 8.250.000
6.1	Caja de Inspección Aguas Negras/lluvias (0.6x0.6x1)m3	Unidad	1	\$ 250.000	\$ 250.000
6.2	Acometida a Red de Alcantarillado	m	100	\$ 80.000	\$ 8.000.000
7	Aparatos Sanitarios				\$ 3.410.000
7.1	Aparatos Sanitarios Baños	Unidad	5	\$ 550.000	\$ 2.750.000
7.2	Aparatos Sanitarios cocina y ropas	Unidad	2	\$ 330.000	\$ 660.000
8	Instalación de Redes Electricas				\$ 78.000
8.1	Red Electrica (ducto en Muros)	ml	30	\$ 1.200	\$ 36.000
8.2	Cableados Punto de Electricos	ml	35	\$ 1.200	\$ 42.000
9	Mamposteria				\$ 9.727.200
9.1	Desarrollo de Muros en Ladrillo H12 de fachada	m2	173.7	\$ 56.000	\$ 9.727.200
10	Cubierta				\$ 5.373.400
10.1	Cercha de Madera	Unidad	3	\$ 1.200.000	\$ 3.600.000
10.2	Suministro e instalación Lamina de zinc	m2	74.9	\$ 14.000	\$ 1.048.600
10.3	Suministro e Instalación de tejas	m2	74.9	\$ 2.000	\$ 149.800
10.4	Instalación de ducto canal y bajante para recogida de agua lluvias	m	23	\$ 25.000	\$ 575.000
11	Pisos y Enchapes				\$ 9.535.000
11.1	Enchapes Muros Baños y Cocina	m2	40	\$ 40.000	\$ 1.600.000
11.2	Pisos en cemento Pulido	m2	69	\$ 115.000	\$ 7.935.000
12	Friso, Estuco y Pintura				\$ 28.486.800
12.1	Friso	m2	347.4	\$ 17.000	\$ 5.905.800
12.2	Estuco	m2	347.4	\$ 40.000	\$ 13.896.000
12.3	Pintura	m2	347.4	\$ 25.000	\$ 8.685.000
13	Carpinteria Madera				\$ 8.200.000
13.1	Puertas	Unidad	7	\$ 200.000	\$ 1.400.000
13.2	Ventanas	Unidad	7	\$ 300.000	\$ 2.100.000
13.3	Closets	Unidad	4	\$ 800.000	\$ 3.200.000
13.4	Estantes y cajones de Cocina	Unidad	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
14	Carpinteria Metalica, Espejos y Marmol				\$ 1.080.000
14.1	Espejos Baños	Unidad	2	\$ 100.000	\$ 200.000
14.2	Sifon	Unidad	1	\$ 300.000	\$ 300.000
14.3	Estufa	Unidad	1	\$ 300.000	\$ 300.000
14.4	Marmol Travertino Gris	m2	1	\$ 280.000	\$ 280.000
15	Aseos y Varios				\$ 724.500
15.1	Limpieza y recolección de residuos	m2	115	\$ 1.500	\$ 172.500
15.2	Jardineria	m2	46	\$ 12.000	\$ 552.000
16	Tanque de agua				\$ 250.000
16.1	Tanque de agua	Unidad	1	\$ 250.000	\$ 250.000
17	COSTOS DIRECTOS DEL PROYECTO				\$ 101.133.450
19	COSTOS INDIRECTOS			30%	\$ 19.837.764
19.1	Administración			15%	\$ 9.918.882

Cronograma de Actividades

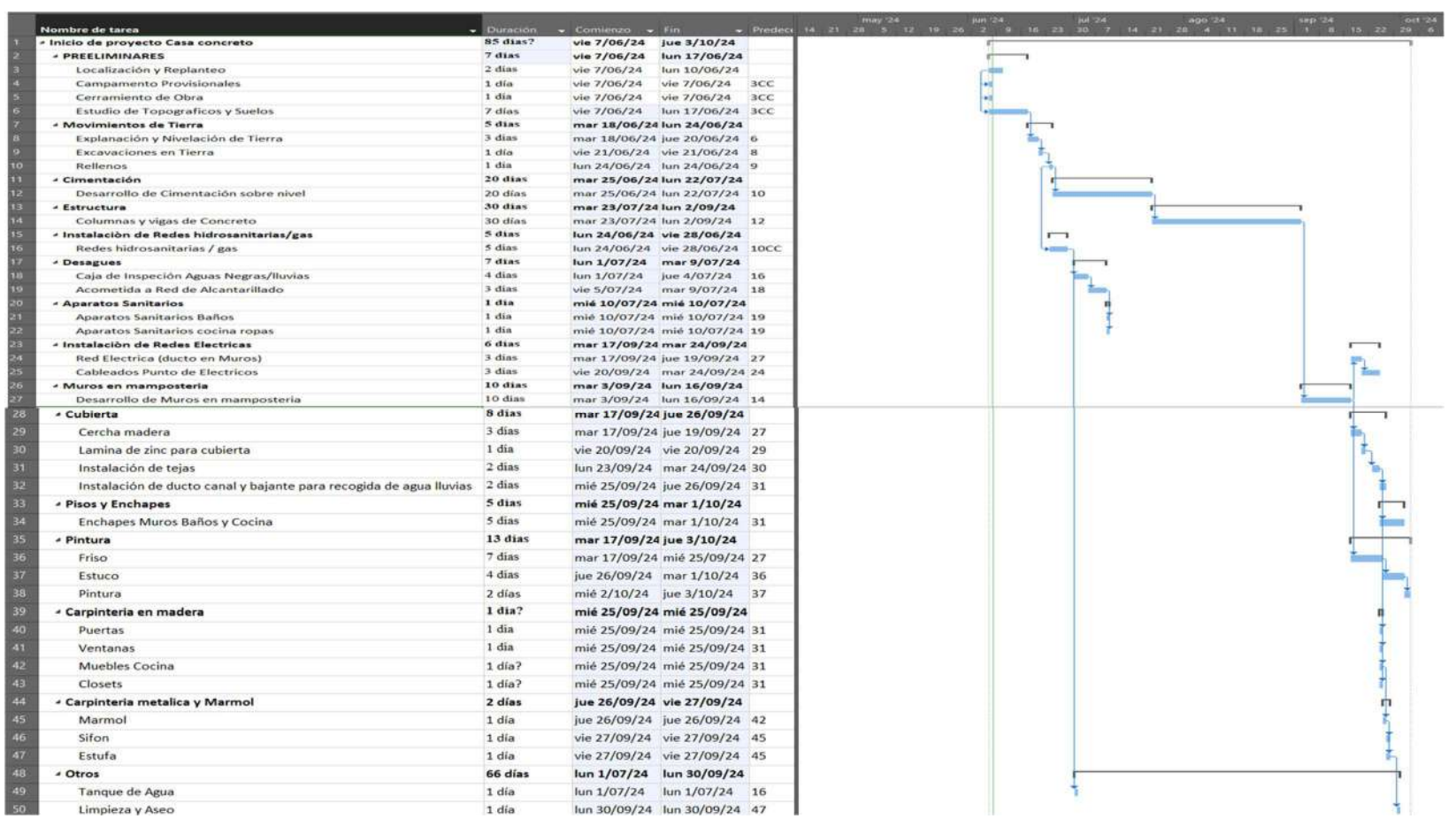
Teniendo claro las actividades a realizar se procede a calcular el tiempo del proyecto para la construcción de una sola vivienda BTCE, presentada en el siguiente diagrama:

Tabla 4 - Cronograma BTCE



Por otro lado hay que tener un punto de partida o punto de comparación, a continuación se presenta un cronograma de actividades pensado para una casa hecha con materiales convencionales;

Tabla 5 - Cronograma de actividades casa convencional en concreto



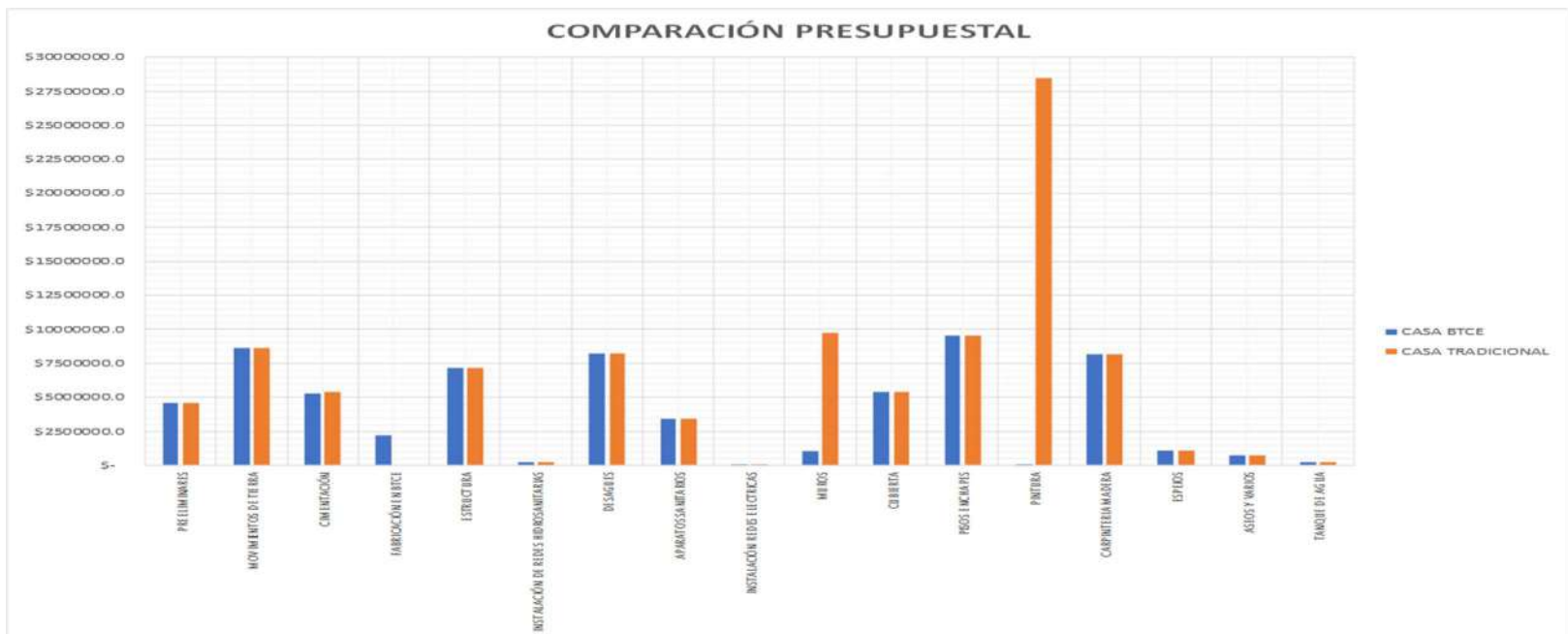
Análisis de Resultados

Comparando ambos presupuestos encontramos un margen de diferencia en costos directos entre los ítems relacionados a la estructura, muros y pintura, resultando en un costo total de \$ 120.971.214

de pesos colombianos para la casa tradicional, un precio bastante asequible considerando su intención social y la calidad de vivienda que recibe el cliente, aunque la Vivienda BTCE posee un costo de \$ 85.963.644

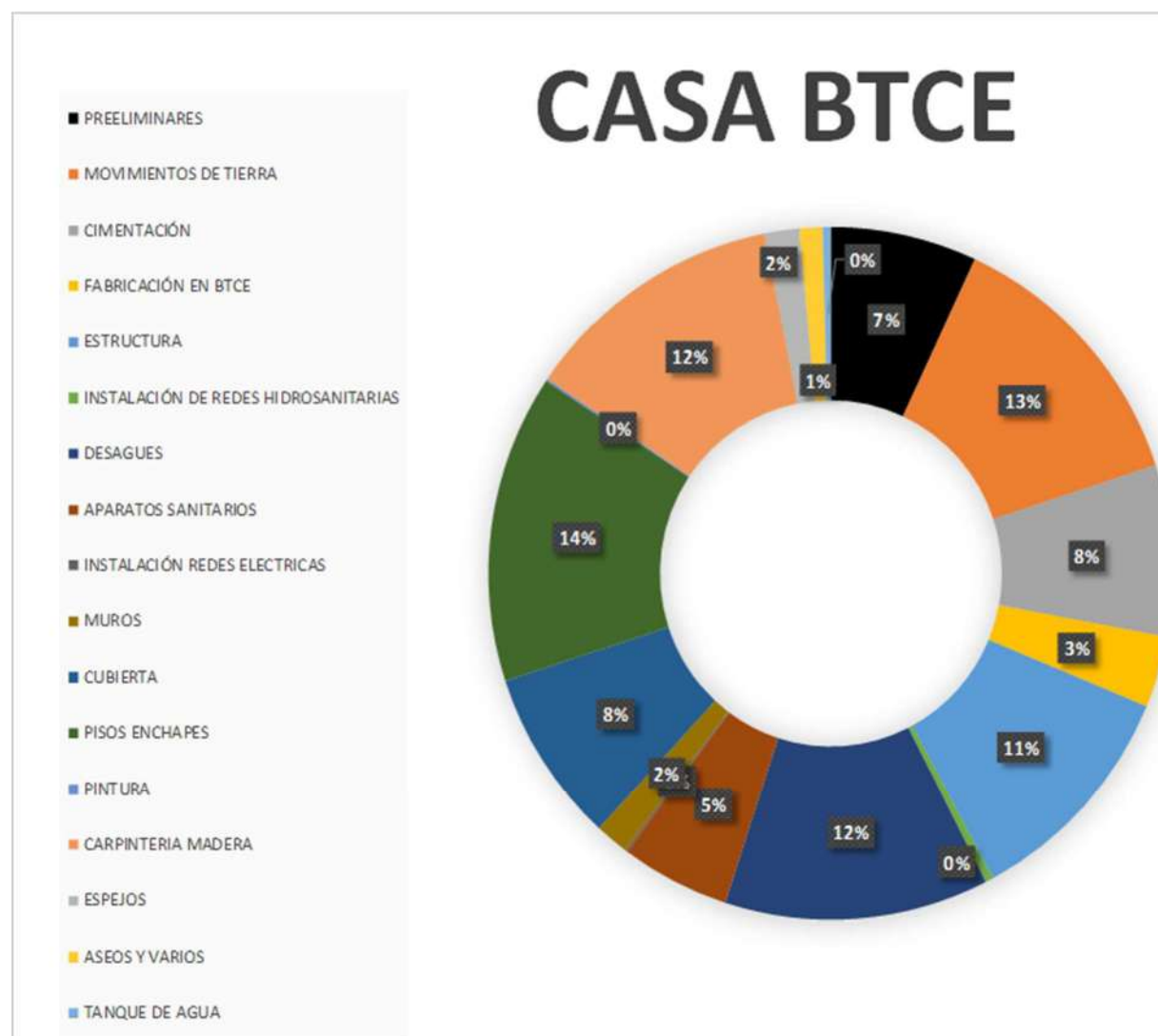
de pesos colombianos, un valor altamente competitivo y altamente asequible para su nicho mercado ya que es una diferencia en valor del 41% entre ambas viviendas.

Figura 25 - Gráfica comparativa entre presupuestos



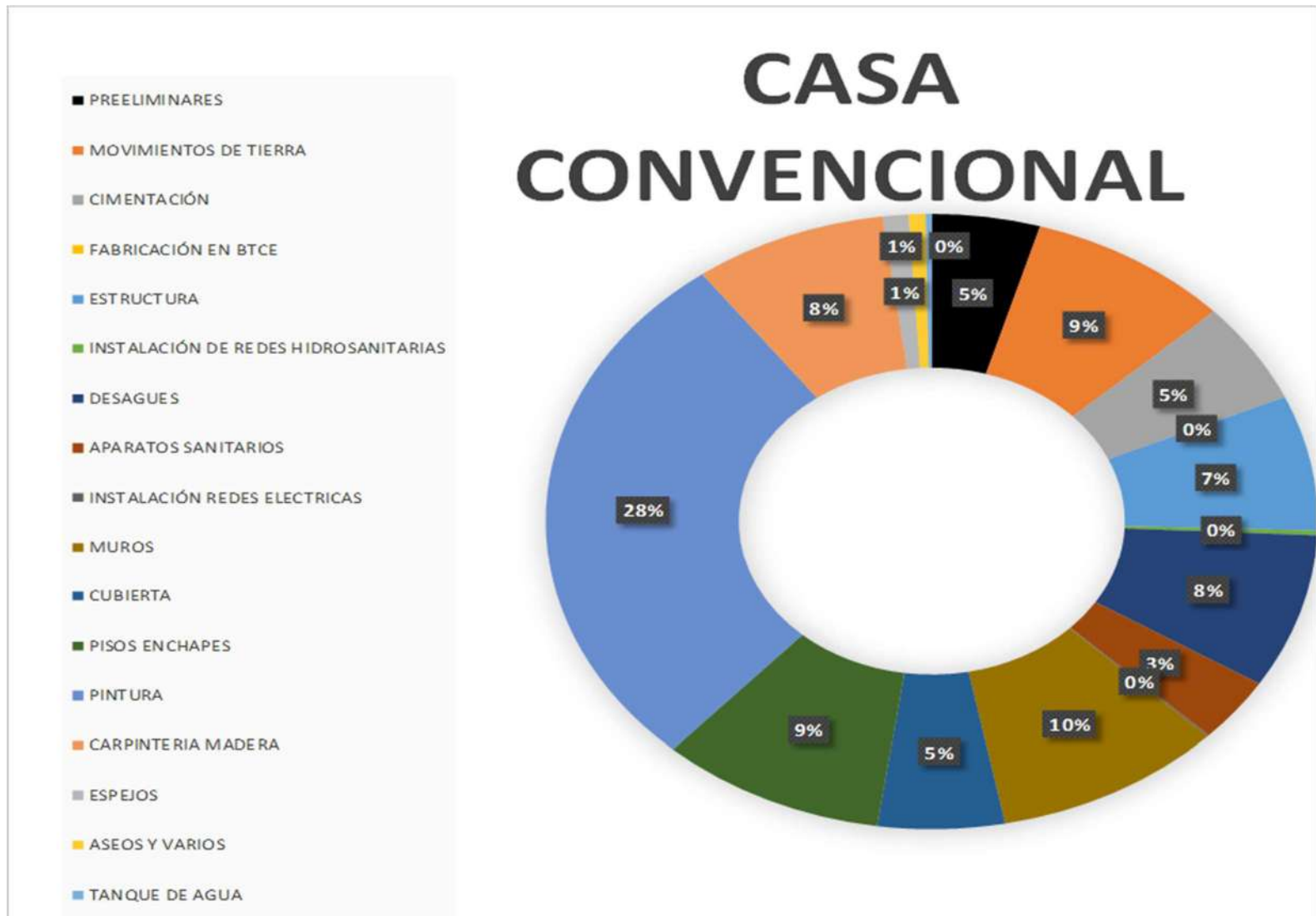
Analizando a detalle los costos observamos que la actividad más costosa para la casa BTCE esta empatada entre los movimientos en tierra, carpintería en madera y desagües, cada una representa un 18% del costo total del mismo, por otro lado, las actividades más económicas están en las redes hidrosanitarias, estructura en tierra, aseos y el tanque de agua

Figura 26 -Costos directos de Construcción vivienda BTCE



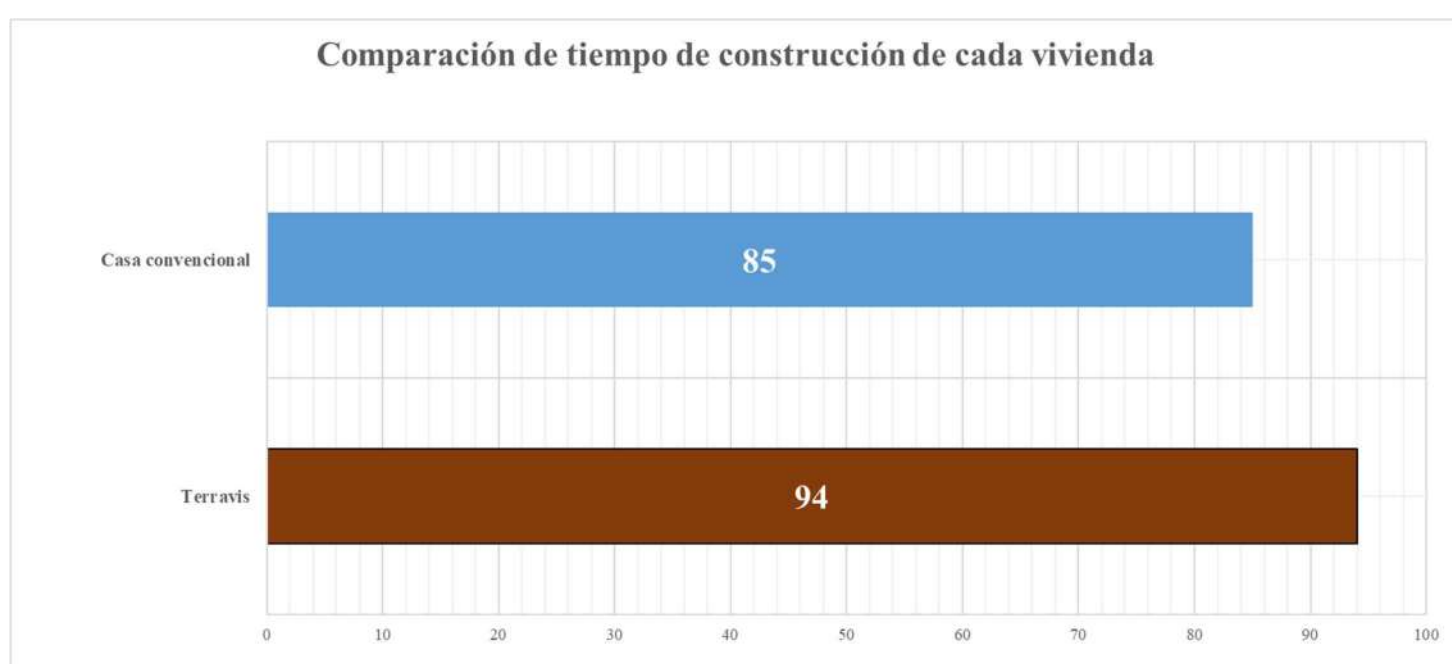
Pasando a la vivienda convencional en concreto. Tenemos una diferencia considerable es la actividad de pinturas y mampostería, ya que generan un gran costo de material y mano de obra para dichas actividades, se repite que el aseo y el tanque de agua son las actividades que menos impacto económico tienen para la vivienda.

Figura 27- Costos Directos de Casa Convencional



Por la parte de la duración de construcción de cada tipo de vivienda se obtiene que las casa BTCE del proyecto Terravis tarda más tiempo por el hecho de tener que esperar el secado para la fabricación de los BTCE, en el proyecto pueden surgir diversos imprevistos por lo que para este proyecto estamos contando con tiempos promedio para el desarrollo de cada actividad sin contratiempos ni sobrecostos, individualmente la actividad referente a la construcción de muros BTCE tiene 30 días más de duración en comparación a la mampostería, se logró solventar los tiempos adelantando esa tarea crítica al mismo tiempo que se realiza el movimiento de tierras logrando que solo tome 9 días más contra la tradicional.

Figura 28 - Comparativa de tiempo para construir una vivienda de casa tipo



Conclusiones

La vivienda construida con bloques de tierra comprimido y estabilizados resulta ser más económica, con un costo total de \$85.963.644 de pesos colombianos, en comparación con la vivienda de mampostería tradicional que tiene un costo de \$120.971.214 de pesos colombianos. Esto representa una diferencia del 41%, lo que hace que la vivienda BTCE sea más competitiva en términos de costos.

Para la construcción de 1 m² de casa en una vivienda Terravis en BTCE se gasta en muros BTCE se gasta en muros BTCE \$47.800 pesos colombianos (Incluye fabricación, instalación, impermeabilizante y estuco), mientras que una casa tradicional gasta \$551.429 colombianos (considera instalación, friso, estuco y pinturas), una diferencia de 1152%.

Por la parte referente al tiempo de construcción, se presenta un cronograma de actividades para la vivienda BTCE y se compara con el tiempo estimado para construir una vivienda convencional de mampostería. Se destaca que la vivienda BTCE tiene un tiempo de construcción ligeramente mayor de 9 días, esto logrando adelantar la tarea crítica de fabricación de Bloques BTCE desde el principio del proyecto junto al movimiento de tierras, resultando a solo 9 días más de duración (94 días), esto resultando en una propuesta muy interesante por su diferencia presupuestal.

Se destaca en el factor medio ambiental la reutilización de residuos de construcción y demolición junto a plástico molido, estos estabilizantes del bloque de tierra terminan generando un impacto ecológico positivo a la hora de mirar la huella de carbono ya que para la fabricación de 1 BTCE se gasta un 0.03% de la energía que requiere un ladrillo h12 tradicional.

La reducción de costos en la construcción de viviendas de interés social mediante el uso de bloques de tierra comprimido puede tener un impacto positivo para la reducción de la crisis habitacional en Colombia. La accesibilidad económica a viviendas de calidad puede mejorar las condiciones de vida de la población en zonas rurales y contribuir al desarrollo social.

(Bogas et al., 2023)

Referencias

- Abraham, J. J., Saravanakumar, R., Ebenanjar, P. E., Elango, K. S., Vivek, D., & Anandaraj, S. (2022). An experimental study on concrete block using construction demolition waste and life cycle cost analysis. *Materials Today: Proceedings*, 60, 1320–1324. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.307>
- Adames, S., Alfonso, G., Muñoz, S., Andrés, J., Figueroa, T., y Raúl, H. (2017). Comparación financiera entre construcción tradicional y construcción sostenible para vivienda en el sector sub-urbano del municipio de Funza Cundinamarca (Trabajo de grado de especialización, Universidad Católica de Colombia). Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/itstream/10983/14799/1/Comparaci%C3%B3n%20Financiera%20entre%20la%20Construcci%C3%B3n%20Tradicional%20de%20una%20Vivienda%20y%20la%20Construcci%C3%B3n%20Sosten.pdf>
- Alibaba. (s.f.). Profitable compressed earth block machines, compressed earth block press plans, cinva ram compressed earth block press plans. Obtenido de Alibaba: https://www.alibaba.com/product-detail/Profitable-compressed-earth-block-machines-compressed_60224089998.html
- Arduin, D., Caldas, L. R., Paiva, R. de L. M., & Rocha, F. (2022, October 1). Life Cycle Assessment (LCA) in Earth Construction: A Systematic Literature Review Considering Five Construction Techniques. *Sustainability* (Switzerland). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su142013228>
- Asman, N. S. A., Bolong, N., Mirasa, A. K., & Asrah, H. (2020). Life Cycle Assessment of Interlocking Compressed Earth Brick and Conventional Fired Clay Brick for Residential House. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1529). Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1529/4/042012>
- Bedoya-Montoya, C. M. (2018). Construcción de vivienda sostenible con bloques de suelo cemento: del residuo al material. *Revista de Arquitectura* (Bogotá), 20(1), 62–70. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.1.1193>
- Beltrán Niño, J. F., & Gómez Barragán, C. A. (22 de junio de 2023). Repositorio Universidad Pontificia Bolivariana. Obtenido de Evaluación de bloques de tierra comprimida y estabilizado con plástico triturado y residuos de construcción y demolición: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/11131>

- Betancur, A. (2017). Hacia una propuesta de gestión ambiental urbana: alcances de la infraestructura verde, un nuevo paradigma (Tesis pregrado, Pontificia Universidad Javeriana). Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/38070>
- Bogas, J. A., Real, S., Cruz, R., & Azevedo, B. (2023). Mechanical performance and shrinkage of compressed earth blocks stabilised with thermoactivated recycled cement. *Journal of Building Engineering*, 79. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107892>
- Chamorro González, C., Hoepfner Gutiérrez, L. V., Montaña Gallego, C., & Ríos Ramezannia, A., Gocer, O., & Bashirzadeh Tabrizi, T. (2024). The life cycle assessment of stabilized rammed earth reinforced with natural fibers in the context of Australia. *Construction and Building Materials*, 416. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135034>
- Londoño, I. V. (2019). Procesos de gestión: edificios sostenibles vs. edificios tradicionales. *Revista Activos*, 17(2). <https://doi.org/10.15332/25005278/5737>
- Diez, C. y Romero, P. (2016). Edificio basado en principios de sostenibilidad (Tesis de pregrado, Universidad Piloto de Colombia). Recuperado de <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00003637.pdf>
- Dormohamadi, M., Rahimnia, R., & Bunster, V. (2024). Life cycle assessment and life cycle cost analysis of different walling materials with an environmental approach (comparison between earth-based vs. conventional construction techniques in Iran). *International Journal of Life Cycle Assessment*, 29(3), 355–379. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02259-6>
- Egenti, C., & Khatib, J. M. (2016). Sustainability of compressed earth as a construction material. In *Sustainability of Construction Materials* (pp. 309–341). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100370-1.00013-5>
- Fabbri, A., Morel, J. C., Aubert, J. E., Bui, Q. B., Gallipoli, D., Ventura, A., ... Abhilash, H. N. (2021). An overview of the remaining challenges of the RILEM TC 274-TCE, testing and characterisation of earth-based building materials and elements. *RILEM Technical Letters*, 6, 150–157. <https://doi.org/10.21809/rilemtechlett.2021.149>
- Fernandes, J., Peixoto, M., Mateus, R., & Gervásio, H. (2019). Life cycle analysis of environmental impacts of earthen materials in the Portuguese context: Rammed earth and compressed earth blocks. *Journal of Cleaner Production*, 241. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118286>

- García, M. M. (2015). Construcción sostenible: Bloques de tierra comprimida BTC. Retrieved from <https://arquitecturayempresa.es/comment/reply/1249>
- Kiran, K., & Anand, K. B. (2023). Comparison of life cycle cost and embodied energy for buildings with alternative walling materials. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.286>
- Martínez Gaytán, Inti. (2012). Hacia la determinación de la viabilidad ambiental de los sistemas constructivos: el caso de los BTC en la zona central de la República mexicana. *Apuntes: Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural - Journal of Cultural Heritage Studies*, 25(2), 248-257. Retrieved September 09, 2023, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-97632012000200008&lng=en&tlng=es.
- Martinez-Molina, Julio Antonio (2020) Evaluación Socioeconómica y Ambiental del Uso de Tierra Estabilizada, Residuos Industriales y Materiales de Origen Vegetal, en los Procesos de Construcción de Viviendas en el Departamento de Santander-Colombia, como una Alternativa para el Desarrollo Sostenible. Recuperado de https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/4392/Martínez_Molina_Julio_Alfonso_2020.pdf?sequence=1
- Mateus, R., Fernandes, J., & Teixeira, E. R. (2020). Environmental Life Cycle Analysis of Earthen Building Materials. In *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials: Volume 1-5* (Vol. 1–5, pp. 63–68). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11459-6>
- Mouih, K., Hakkou, R., Taha, Y., & Benzaazoua, M. (2023). Performances of compressed stabilized bricks using phosphate waste rocks for sustainable construction. Marrueco: Elsevier.
- Muñoz Salamanca, E. A. (2019). Análisis y factibilidad de costos en proyectos de construcción sostenible. *Journal of Property Investment and Finance* (Vol. 29, pp. 644–676).
- National Geographic. (2023). Obtenido de La ciudad más antigua del mundo: <https://www.ngenespanol.com/el-mundo/la-ciudad-mas-antigua-del-mundo/>
- Rinde gastos. (2022). Rinde Gastos. Obtenido de Cómo mejorar la gestión de costos en tu empresa: <https://blog.rindegastos.com/gestion-de-costos-en-tu-empresa>
- Rodríguez, C. A., & Peña, J. A. (2019). Pintura impermeabilizante ecológica para mejoramiento de muros. Bogotá.

Sernaque, P. (2020). Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura_2020. Repositorio Institucional - UCV, 0–2. Retrieved from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/52173>