

**PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES EN EL
ÁREA SUB URBANA DE LA CIUDAD DE TUNJA (BOYACÁ)**

JORGE IBAN RODRÍGUEZ BELTRÁN

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
TUNJA-BOYACÁ**

2019

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

**PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES EN EL
ÁREA SUB URBANA DE LA CIUDAD DE TUNJA (BOYACÁ)**

JORGE IBAN RODRÍGUEZ BELTRÁN

**Proyecto de grado presentado para optar al título de
Ingeniero Ambiental**

Director

CESAR AUGUSTO GUARÍN C.

Ing. Ambiental y de Saneamiento

Esp. Sistemas Integrados de Gestión (QHSE)

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA

ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE

TUNJA-BOYACÁ

2019

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

Nota de aceptación

Firma del presidente de Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Tunja, Marzo, 2019

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

Agradecimiento

Al Director y a los maestros, por acompañarnos con su palabra de aliento, sus sabios consejos, sentido del humor y amistad. Por compartir su experiencia, su tiempo aún fuera del horario de trabajo, destaco a los Doctores Edwin Páez, Jorge Alejandro Rodríguez Palacios, Decano de la facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA y al Ingeniero Cesar Augusto Guarín, Director del proyecto aplicado como opción de grado, a quien agradezco su orientación eficaz. Aprendí que la UNAD es una familia.

Desearles mucho éxito y recordarles que siempre podrán contar con nosotros.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

Dedicatoria

En primer lugar, a Dios por permitir conocerlo a través de ustedes y ponerlos en nuestro camino.

A mi esposa Maribel Pulido y mis hijos Marvin Alexander y Juan Sebastián Rodríguez Pulido, por impulsarme y darme su apoyo para superar las dificultades.

A Eliana Andrea Acuña Díaz (q. e. p. d.); Mi colega, que partió de este mundo estando estudiando y preparándose para ser una Ingeniera Ambiental y que me alentó muchas veces, hoy esta con Dios.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

Tabla de Contenido

	pág.
1. Resumen	10
2. Introducción	12
3. Justificación	15
3.1 El adobe, producto ecológico y de fácil obtención	15
3.2 Experiencias del adobe con materiales reciclables, nueva estrategia vital.	17
4. Objetivos	20
4.1 Objetivo General	20
4.2 Objetivos Específicos	20
5. Marco Teórico	21
5.1.1 El Medio Ambiente, Problema Sustancial	21
5.2. Antecedentes	24
6. Descripción del Problema	26
7. Descripción de la propuesta.	30
7.1. Localización geográfica	32
7.2 Análisis técnico del Trabajo de Campo: Diseño Experimental.	33
7.2.1 Tabla de Resistencia de la Mezcla	35
7.3. Análisis económico.	37
7.3.2. Otras Ventajas Económicas.	38
7.4. Análisis Financiero de Vivienda-Tipo	39
7.5. Análisis social.	42

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

7.6. Análisis ambiental: Menos Basura, Mayor Reutilización.	43
8. Conclusiones	46
9. Recomendaciones	47
10. Glosario	48
11. Bibliografía	50
Anexos	53

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. <i>Valor Comparativo de Lote de 8 x 12 m².</i>	38
Tabla 2. <i>Presupuesto de Obra</i>	39
Tabla 3. <i>Economías de Construcción en Programa “Haga su Casa”.</i>	42
Tabla 4. <i>Resistencia de la Mezcla.</i>	35

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

Lista de Anexos

	pág.
<i>Anexo A.</i> Planos de una vivienda tipo construida en adobe	54
<i>Anexo B.</i> Diseño de la Pieza de Adobe con Características de Sismo Resistencia	57

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

1. Resumen

En el presente proyecto se tuvo como objetivo hacer un aporte para la viabilidad técnica y económica de la fabricación de viviendas con base en el material de adobe en la zona suburbana de la ciudad de Tunja. Con una metodología teórico-práctica, se vinculó a los usuarios en el proceso de fabricación del adobe para experimentar y analizar con ellos los beneficios técnicos y económicos del adobe empleando residuos sólidos reutilizados, específicamente con el empleo innovador de tallos de las flores de deshecho como compactantes, de los cuales se ha comprobado su resistencia mecánica y comportamiento eco sostenible, junto con algunos aditivos como plastificantes, estabilizadores y acelerantes, para levantar una construcción en el menor tiempo posible y con buenas prácticas ambientales.

La producción de viviendas con métodos participativos a partir del empleo de tierra mezclada con residuos especialmente orgánicos, como se propone en este proyecto con el nombre de HAGA SU CASA, es muy pedagógica, facilita el acceso a viviendas cómodas de familias de escasos recursos, permite hacer reciclaje y reutilización con cero emisiones atmosféricas, que darán como resultado la mitigación de la contaminación atmosférica generada por la industria alfarera, cumpliendo con la normatividad legal vigente colombiana, recuperando el valor de materiales y técnicas utilizadas en las construcciones patrimoniales en adobe y así transformar ambientes contaminados por el empleo masivo de hornos de cocción de carbón, para la producción de ladrillo y bloque. Según lo descrito, se debe promover una dinámica social urbana enfocada hacia la educación ambiental, por medio de sus componentes de extensión y gestión social de residuos con reciclaje y reutilización.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

1.1 Summary

The objective of this project was to make a contribution to the technical and economic feasibility of housing construction based on the adobe material in the suburban area of the city of Tunja. With a theoretical-practical methodology, the users were linked in the adobe manufacturing process to experiment and analyze with them the technical and economic benefits of adobe using reused solid waste, specifically with the innovative use of stems of the waste flowers as compactantes, of which its mechanical resistance and eco-sustainable behavior have been proven, together with some additives such as plasticizers, stabilizers and accelerators, to build a construction in the shortest possible time and with good environmental practices.

The production of housing with participatory methods based on the use of land mixed with especially organic waste, as proposed in this project with the name of DO YOUR HOME, is very educational, it facilitates access to comfortable homes of low-income families, allows make recycling and reuse with zero atmospheric emissions, which will result in the mitigation of atmospheric pollution generated by the pottery industry, complying with the current Colombian legal regulations, recovering the value of materials and techniques used in the patrimonial constructions in adobe and thus transform environments polluted by the massive use of coal-fired kilns, for brick and block production. As described, an urban social dynamic focused on environmental education should be promoted, through its extension components and social waste management with recycling and reuse.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

2. Introducción

Una de las grandes preocupaciones del mundo moderno es el continuo deterioro del medio ambiente natural de la tierra, debido a la acción humana. Se han venido implementando nuevas tecnologías en los sistemas constructivos rentables a costa del deterioro del medio ambiente. El daño de recursos naturales no renovables en el actual modelo de desarrollo se puede detener si implementamos nuevos sistemas constructivos o volvemos al pasado recuperando las construcciones en tierra, de tal manera que disminuyamos o eliminemos la contaminación ambiental por las quemadas de carbón para la cocción del ladrillo o bloque utilizado en el sistema constructivo contemporáneo. Una visión completa y muy detallada sobre los efectos de la producción de ladrillo y teja, se puede verificar en el reciente trabajo efectuado por Fabián Devia Wilches y Cesar Darío Suárez, titulado “Evaluación de la huella de carbono en la producción de bloque de arcilla en ladrillera “Los Cristales” (Devia & Suárez, 2016)

De tal manera que en las metas de los planes de desarrollo podría colocarse un principal objetivo, el de disminuir hasta en un 10%, el total de las emisiones y enfermedades respiratorias provocadas en la industria Alfarera, en plazo máximo de 10 años, con la implementación de construcciones en tierra como el adobe, ahora producido de colores y con técnicas que mejoran su consistencia y manejo de humedad; podríamos esperar que para el año 2050, si hay unas políticas consistentes, se hayan disminuido las emisiones y enfermedades producidas por la quema del carbón en la industria alfarera hasta en un 50%. Los industriales que proporcionan bloque, teja y ladrillos para el sector de la construcción replantearían sus negocios con el avance de un producto natural que no genera contaminación alguna, preserva los ambientes según la región y aísla los ruidos, con sus

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

componentes naturales o de reutilización que no generan daño a las personas que trabajan y conviven con este material.

En la Ciudad de Tunja la industria alfarera actualmente genera contaminación atmosférica y problemas de salud a las personas por la producción de ladrillos y bloques para la construcción, debido al mínimo tratamiento de las emisiones, aparte de que el alto costo de los materiales empleados limita el acceso a la vivienda propia a miles de familias de escasos recursos. La solución a las carencias de vivienda se ha enfocado hacia las torres de apartamentos muchas veces impulsadas por estudios equivocados o por contratistas que no cumplen los requisitos técnicos de construcción, con los riesgos y efectos negativos que ello implica.

El uso del adobe fabricado con tierras, fibras vegetales, textiles y trituradas de llantas, es muy ecológico, biodegradable y no requiere cocción. Éste proyecto plantea una alternativa de solución, la cual es la fabricación del adobe y la construcción de viviendas con participación de las familias de los propios beneficiarios, quienes minimizan el costo de insumos y mano de obra y garantizan la solidez y calidad de los materiales.

Según datos del DANE, Tunja cuenta con una población de 191.878 habitantes en el año 2016, de los cuales el 18,3%, son familias de escasos recursos; debido a esto surge la necesidad de mejoramiento de las condiciones de vida y ambiente; para lo cual por cuenta de la nación se vienen realizando unos programas de vivienda interés social como casas de Ciudad Jardín y sus alrededores, bloques de apartamentos como Torres del Parque, Estancia del Roble, Antonia Santos, insuficientes para muchas familias que no cuentan con un sitio donde vivir. Son programas de apartamentos con subsidio estatal construidos por empresas que reciben del municipio la donación del terreno a través de Eco vivienda en la modalidad de consorcio. Para grupos familiares como los que se han beneficiado de estos programas

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

es que se plantea la idea de transformación de materiales de reciclado y de residuos sólidos biodegradables, para hacer adobe logrando disminuir y transformar parte de los residuos sólidos orgánicos generados por los habitantes de la ciudad y utilizarlos como material constructivo para familias de escasos recursos.

El presente trabajo se estructura como un “proyecto aplicado”, ya que se ajusta a los objetivos que lo caracterizan.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

3. Justificación

3.1 El adobe, producto ecológico y de fácil obtención

Las construcciones con adobe son parte de nuestra historia, aún se mantienen en pie muchas construcciones que fueron realizadas empleando la tierra y en la mayoría de los casos, tamo de trigo y cebada, pajas nativas de montes y humedales.

El cultivo de éstos cereales se ha venido a menos, como dice el verso del poeta Rafael Humberto Lizarazo, en su poema “Costumbres”:

*“Se acabaron los convites pa’ segar trigo y cebada,
las coplas, las retahílas, guarapito y piqueteada;
ya no vienen a la era las viejas pa’ la trillada
ni reclaman en la tarde “jocua” por la’ventada.*

Y el remate que dice:

“ayúdanos a salvar, de antaño nuestras costumbres!”

Para éste proyecto se ha planteado en reemplazo del tamo de cereales, el uso de un producto biodegradable, generado en las ciudades, el tallo de las flores de deshecho, para la fabricación de adobes.

Sin duda, una alternativa ecológica es el empleo de la tapia pisada, que consiste en construir casas con tierra, sin sostenerlas con piezas de madera sin mezcla de paja o relleno. Sobre un muro de piedra se levanta un muro apisonando tierra preparada que se va surtiendo entre dos tablones y que puede alcanzar la altura necesaria para una vivienda, siendo de económica construcción, excelente aislante térmico y si se protegen con buenas cubiertas y pañetes, pueden durar siglos. Sin embargo, su construcción requiere de muchos cuidados en el soporte y anclaje de las formaletas, preparación de la tierra y simultaneidad de los procesos para que se consigan las cualidades descritas. Las fallas en cualquiera de los

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

elementos harán que la duración de los muros sea cuestionable, poniendo en serias dificultades con el tiempo a los usuarios de las casas.

Existen muchos defensores de la tapia pisada o tapiales de tierra, debido a lo que se considera una construcción monolítica, y que permite actualmente el empleo de algunas herramientas que reducen los costos de mano de obra, como “sistemas de encofrado más sofisticados y una compactación mediante la utilización de pistones eléctricos o neumáticos reducen los costos de mano de obra significativamente y hacen de esta técnica una opción relevante en países industrializados”. (Camino sostenible, 2018, p. 1).

El empleo de técnicas de encofrado y apisonado con pistones eléctricos en planes masivos de vivienda, significa el reemplazo de la mano de obra con maquinaria que requiere inversión y consumo de energía, eleva los costos monetarios. En éste proyecto los planes de vivienda masivos conllevan menor mecanización, la autoconstrucción es el eje social y económicamente preferible.

El adobe aporta cualidades similares, con la ventaja de que se puede hacer más escalonado, con estructuras constructivas más simples, y facilita la combinación con los materiales empleados hoy masivamente, como cemento, hierro, ladrillo y sistema de cubiertas, aparte de que facilita la incorporación de las familias y grupos en las diversas tareas que se exigen, como se verá en detalle.

La implementación de programas masivos de construcción de viviendas con el empleo del adobe posibilita recuperar parte de las tradiciones de la región, reducir la presión sobre la recolección de basuras, transporte y disposición de residuos en los rellenos sanitarios de la región, ya colmatados, y se convierte en una alternativa económica y técnicamente viable para solucionar parte del déficit de vivienda popular.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

3.2 Experiencias del adobe con materiales reciclables, nueva estrategia vital.

Bastante extendida es la idea del uso de materiales reciclables en muy variados bienes y procesos. Una aceptable semblanza de algunas experiencias en Colombia se puede ver en el trabajo efectuado por tesis de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Católica en Bogotá. (Reyes & Cornejo, 2014):

...en las obras civiles no solo se recuperan materiales y residuos de construcción y demolición, sino también componentes constructivos, como puertas, ventanas, vigas, artefactos sanitarios, revestimientos, tejas, ladrillos y otros materiales similares que puedan ser reutilizados sin la necesidad de su procesamiento previo (p. 25).

Muchas experiencias tecnológicamente viables no encuentran el camino para su desarrollo práctico por carencia de investigaciones que demuestren su viabilidad económica y social.

La fabricación de viviendas es una de las vías posibles para el empleo de materiales reciclables, y sobre esto hay bastantes trabajos que lo han demostrado.

Se emplean materiales sintéticos, plásticos, vidrios, llantas en un conjunto de alternativas sugestivas y bastante creativas. Pero no han llegado a convertirse en alternativas de solución a planes masivos de vivienda por su alto costo, o porque no permitiría el empleo de mano de obra familiar en todo el proceso.

El reciclaje resulta costoso en ocasiones, y en otros la consistencia o garantías de duración no las hacen viables económicamente a mediano o largo plazo.

Por eso, ocupa un lugar especial la alternativa del adobe como solución viable técnicamente y válida social y económicamente. Adobe que incluya reciclaje y reutilización moderados, atendiendo a su disponibilidad y calidad.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

Dentro del conjunto de desechos sólidos que genera la actividad humana, se pueden emplear con fines constructivos muchos de ellos, bajo la forma de materias primas, contribuyendo a la protección del medio ambiente.

En particular, para el medio ambiente son muy benéficas las tecnologías que cooperen con los procesos de ahorro de energía, como es el caso de la fabricación de adobe en los lugares próximos o en el mismo espacio donde se levantan las viviendas.

Es alentador saber que, si en la fabricación del adobe se emplean residuos, estamos prolongando la vida de algunos materiales, reduciendo la cantidad de residuos con destino a los rellenos sanitarios y por ende, una menor contaminación; así mismo, al disminuir el consumo de combustibles fósiles, hay menos emisión de CO₂, y menos gases de efecto invernadero.

Las alternativas de construcción con empleo de materiales reciclables son muy variadas, y van desde el uso de metales, aluminio, vidrio, cemento, papel, cartón, plástico y materiales vegetales, existiendo experiencias y trabajos que muestran la viabilidad de su empleo en planes de vivienda rural y urbana, con ciertas características de masividad, aunque no cuentan con el apoyo institucional y facilidades para su financiamiento.

Dentro de los múltiples trabajos, se halla el realizado por Argüello & Castellanos (2015), en el cual se evalúan los pormenores técnicos del empleo de materiales como madera, botellas de plástico, llantas, guadua y tierra en la construcción de viviendas.

Una circunstancia que justifica en el Departamento de Boyacá el estímulo al empleo del reciclaje como estrategia válida para actividades como la construcción de viviendas, es la colmatación de los rellenos disponibles en la región, tal como se resume en la investigación efectuada por (García, 2016):

El panorama de los residuos sólidos en Boyacá es preocupante. De las 162.720 toneladas anuales de basura que se generan en los 123 municipios solo se aprovechan

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

aproximadamente 4.300. Esta cifra corresponde apenas al 2,6 por ciento, muy inferior al promedio nacional que se ubica en el 17 por ciento de acuerdo con datos del Departamento Nacional de Planeación.

La problemática tiene varias aristas. La primera y más preocupante está relacionada con la concentración del 82 por ciento de los residuos en solo dos rellenos sanitarios: el de Pirgua en Tunja y el de Terrazas de Porvenir en Sogamoso. La descarga de 374 toneladas diarias provenientes de 99 municipios de Boyacá reduce dramáticamente la vida útil de estos sitios de disposición final.

El reciclaje tiene múltiples formas de hacerse, una de las cuales es en la construcción de viviendas. En ellas se pueden usar aceros, aluminios, llantas, plásticos, cemento, vidrios, maderas y otros productos biodegradables.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Realizar un estudio del adobe como pieza de construcción a partir de material de reciclaje para proyectos de edificación de viviendas eco-sostenibles del área suburbana de la ciudad de Tunja (Boyacá).

4.2 Objetivos Específicos

- Analizar los principales beneficios técnicos y económicos con los que cuenta el adobe en sistemas para la construcción de viviendas eco-sostenibles.
- Experimentar el manejo de residuos sólidos para obtener materiales reciclados con características técnicas que permitan su reutilización y aplicabilidad al adobe en la construcción de edificaciones eco-sostenibles en el área suburbana de la ciudad de Tunja (Boyacá).
- Contribuir a la recuperación del adobe como alternativa constructiva para familias de escasos recursos y poblaciones turísticas.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

5. Marco Teórico

5.1 Marco Conceptual.

5.1.1 El Medio Ambiente, Problema Sustancial

Aparte de la pobreza, el hambre, las guerras, la contaminación ambiental es uno de los problemas centrales del mundo moderno. Ella se presenta en el suelo, el agua, el aire, la atmósfera.

La presión del ser humano sobre el planeta amenaza los recursos naturales de manera integral, destacándose los daños con incidencia directa en el conjunto vital, como es el caso de la contaminación particular del aire, generada por actividades industriales y los automotores.

La sociedad se halla ante una dinámica de escasa planeación y regulación, caracterizado por el rápido y desmesurado crecimiento demográfico en urbanizaciones carentes de un plan director que garantice los recursos e infraestructuras necesarias para la satisfacción de las necesidades básicas de las nuevas poblaciones y distritos urbanos, tales como las necesidades de viviendas, fuentes de abasto, sistemas de tratamiento de agua, la disposición de residuos y demás elementos que garanticen las acciones básicas de saneamiento ambiental. (Suárez & Molina, 2014, p. 3)

Dentro de las actividades más contaminantes de la atmósfera se encuentra la producción de materiales para la construcción, como cementeras y alfarerías. Éstas últimas tienen gran peso, por ubicarse preferiblemente en proximidades a las zonas urbanas en las que se halla su mercado, los constructores que demandan ladrillo, bloque, teja, pisos y acabados. Debido a los altos índices de contaminación, se han efectuado modificaciones

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

tecnológicos en las industrias que han reducido los efectos nocivos, sin que éstos desaparezcan, como lo evidencia un reciente estudio efectuado sobre estas actividades en la ciudad de Sogamoso, Departamento de Boyacá, a propósito de los resultados que ha tenido la implementación de la resolución 618 de 2013 emitida por la Corporación Autónoma Regional de Boyacá, CORPOBOYACÁ, por medio de la cual se adoptan medidas de control ambiental para el sector de producción de cal, ladrillo y teja en hornos artesanales. En dicho trabajo,

Se investigaron las actuaciones de la autoridad ambiental desde el año 1997, la respuesta de los artesanos involucrados y la incidencia en el medio ambiente hasta diciembre de 2015. Como resultado, se encontró que antes de la aplicación de la resolución mencionada existían 403 hornos de producción de ladrillo y 178 hornos de producción de cal. Según datos de las estaciones de monitoreo de calidad del aire, el nivel de contaminación por partículas a diciembre de 2013 se ubicaba en $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$, incumpliendo los límites de emisión frente al mínimo permisible ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). A partir de las directrices de la autoridad ambiental y de la implementación de medidas por parte de los artesanos a diciembre de 2015, tuvo lugar la reconversión tecnológica de 280 hornos de ladrillo y 120 hornos de producción de cal. Las estaciones de calidad del aire de Sogamoso reportaron un nivel de contaminación por partículas de $38,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$; por primera vez se logró estar por debajo de los límites permisibles. (Gómez, Carreño & Rojas, 2015, p.2).

Aun cuando logren mantenerse por debajo de los límites permisibles por la autoridad ambiental, lo deseable es que esos niveles se redujeran al mínimo, incluso, que desaparecieran. La producción de adobe es casi cero

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

por ciento (0%) contaminación, ya que se excluye totalmente el proceso de cocción y uso de combustibles fósiles.

En diversos estudios se ha comprobado el efecto nocivo que sobre la salud tiene la cocción de ladrillos, como en el caso que se cita, del trabajo efectuado recientemente en el municipio de Nemocón, (Arango & Rodríguez, 2017, p.104):

Según el cálculo del índice de calidad del aire adoptado de la EPA Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, en la vereda Patio Bonito del Municipio de Nemocón; presenta un grado “moderado” de afectación a la salud pública, por las emisiones de Material particulado PM 10 y PM 2.5, generadas principalmente a la actividad económica de la zona de estudio (Fabricación de ladrillo); los cuales contribuyen a posibles síntomas respiratorios en individuos no sensibles y agravamiento de enfermedad del corazón o de pulmón en personas con enfermedades cardiopulmonares y adultos mayores, guardando congruencias con los resultados obtenidos en la encuesta aleatorio realizadas a la población donde las consultas al médico son principalmente por gripa y Enfermedades Respiratorias Agudas y enfermedades donde los niños y adultos mayores son los más afectados.

Aun cuando se efectúen trabajos de reconversión industrial de los hornos artesanales, se acepta que con nuevas tecnologías se disminuye, sin desaparecer el efecto nocivo de la cocción de ladrillos sobre la calidad del aire.

En el Reporte mensual de calidad del aire CORPOBOYACÁ mayo de 2018, se concluye que “La estación ubicada en la vereda PIRGUA Municipio de Tunja presenta los

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

mayores valores en velocidad del viento llegando hasta 5,7 m/s y 8,8 m/s, lo cual permite una mejor dispersión de los contaminantes a la atmosfera.” (Corpoboyacá, 2018, párr. 7)

Son varios los efectos que sobre el medio ambiente tienen las actividades extractivas y constructivas por la presión de la creciente urbanización:

La transferencia de materiales geológicos en la superficie terrestre está siendo afectada de manera creciente por las actividades humanas, tanto de forma directa, por acciones que implican excavación y acumulación (construcción, minería), como indirecta, a través de la erosión inducida (construcción, minería, agricultura, silvicultura). Esas actividades también implican la construcción de nuevas “unidades geomorfológicas” (Cendrero et al., 1987), con formas, materiales y procesos característicos de cada una de las mismas (excavaciones y acumulaciones mineras, zonas construidas, etc.). (Cendero, 2006, p. 191).

El empleo de materiales como el adobe disminuye el proceso de excavación, transporte y cocción de materiales, que se hallan dentro de las actividades que alteran la composición geológica de las regiones y la conocida erosión inducida.

5.2. Antecedentes

El uso de tierra cruda como elemento básico en la construcción de viviendas es tradicional en la zona del altiplano Cundiboyacense. La industria de ladrillo y teja que emplea hornos de carbón como fuente calórica ha crecido reemplazando casi totalmente los anteriores materiales, con algunas consecuencias no recomendables ambientalmente. En zonas campesinas y suburbanas del Departamento de Boyacá se observan algunas construcciones efectuadas recientemente con adobe, muy buena estética y funcionales para desarrollar en

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

ellas los espacios y servicios de la vida moderna. Sectores de ingresos medios y altos emplean el adobe, dignifican sus áreas, mientras que los programas de vivienda popular conducen a proyectos aglomerados que constriñen al ciudadano y lo reducen en sus posibilidades de movilidad y recreación de hogar. El empleo del adobe para construcción de vivienda popular puede significar el rescate de las costumbres ancestrales para soluciones dignas de vivienda a mayor número de personas.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

6. Descripción del Problema

El crecimiento de la ciudad repitiendo los modelos de las grandes empresas constructoras genera aglomeración y alta densificación urbana, con sacrificio del aire y el espacio vital para las familias. Se quiere formular una posibilidad de crecimiento distinto, con soluciones ambientalmente más benignas y menos costosas para las familias y el estado.

En la ciudad de Tunja, hay varias experiencias exitosas de autoconstrucción, como las del Barrio Asís Boyacense y la Urbanización Santiago de Tunja, que se hicieron con el empleo de materiales tradicionales.

En el caso de la Urbanización Santiago de Tunja, el lote fue donado por la Alcaldía Mayor de la ciudad, para sus trabajadores, quienes fueron los usuarios del plan. Con recursos públicos se hicieron las redes de servicios domiciliarios, con excepción de las instalaciones internas. El diseño y licencias de construcción fueron donaciones del municipio. Los fines de semana trabajaban en las casas prestando servicios de acuerdo con unos aportes de tiempo convenidos, y sólo hasta el final se hizo la adjudicación de las viviendas a los individuos por sorteo. Todos trabajaron en las casas de todos.

En el caso del Asís boyacense, los terrenos eran propiedad de la Comunidad Católica, quien organizó el programa, efectuó inversiones y cobró finalmente a los usuarios los valores correspondientes, llegando incluso a ser motivo de controversias en juzgados, tribunales y motivo de alineamientos y en campañas políticas.

En las citadas viviendas trabajaron durante varios años los beneficiarios con la dirección técnica de ingenieros y maestros de construcción, en los cuales se presentaron muchas dificultades de diverso tipo, pero finalmente concluyeron exitosamente.

Se dieron en Tunja otros programas de vivienda autogestionaria, como el de la

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

Asociación Pro-vivienda Solidaridad, que llevó a cabo exitosamente los programas de los Condominios “Los Laureles” y “El Recreo”, en donde los usuarios aportaron una cuota inicial para la compra de los terrenos y aportes adicionales para los estudios y el trámite de licencias de construcción y consecución de la financiación con créditos hipotecarios, dando como resultado viviendas excelentes a precios finales más bajos que los del mercado.

En Tunja también han existido proyectos administrados colectivamente que han terminado en dificultades, como el plan de Monseñor Baracaldo.

Los programas de autoconstrucción han traído beneficios para los habitantes de la ciudad, y de las experiencias se extraen conclusiones a tener en cuenta en la formulación de un nuevo proyecto como alternativa de solución y con criterios ambientales definidos.

Pero esa búsqueda nos plantea nuevos retos, relacionados con la viabilidad técnica y económica de una alternativa como la propuesta, lo que nos lleva a plantear la pregunta problema: ¿Es viable la solución del adobe que emplea materiales reciclables como estrategia constructiva en sectores suburbanos de la ciudad de Tunja?

La institución encargada de los programas de vivienda en Tunja es Ecovivienda, que funciona como agencia por medio de la cual se canalizan los subsidios del municipio para ciudadanos de bajos ingresos. La forma de operación es por medio de “Uniones Temporales” con empresas constructoras, quienes formulan el proyecto y el municipio efectúa la adquisición de los terrenos, la empresa Constructora construye, el municipio hace la adjudicación de las viviendas y los usuarios aportan dinero u obtienen créditos para pagar a los constructores, quienes gestionan con la nación el giro de los subsidios.

En el Programa “Haga Su Casa”, una alternativa es la de que el grupo de usuarios se conforme como Empresa Auto constructora y busque formar la Unión Temporal con la Alcaldía, para que ésta adquiera los terrenos indispensables en zonas aconsejables y viables

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

para el proyecto.

En el Programa “Haga Su Casa” se plantea que los estudios técnicos, la asesoría y capacitación, dirección de obra, residencia e interventoría se lleven a cabo con la cooperación del municipio y los grupos de investigación de las facultades de Arquitectura, Ingeniería Civil, Sanitaria, Ambiental, de vías y Transportes, las tecnologías de la construcción de las universidades e instituciones tecnológicas de la ciudad quienes pueden contribuir gratuitamente como parte de su experiencia investigativa o para graduación a nivel tecnológico, de pregrado y de posgrado.

Es una alternativa interesante para vincular a las universidades con la realidad social de Boyacá, de manera útil y con grandes resultados para su comunidad.

En primer lugar, el terreno debe ser fácilmente conectado a redes de servicios públicos, ser próximo a las rutas de servicio de transporte colectivo urbano, tener certificados de uso del suelo para destino vivienda y facilitar su incorporación a los planes de desarrollo.

Recursos disponibles del estado. Actualmente el estado, por medio del Ministerio de Vivienda, cuenta con un plan de subsidios para vivienda de sectores sociales cuyo valor no excede de 135 salarios mínimos mensuales, que no poseen vivienda propia. Dichos subsidios pueden contribuir a financiar hasta la mitad del valor final de estas viviendas.

También son administrados por las Cajas de Compensación, se canalizan a través de entidades como el Fondo Nacional del Ahorro.

Dichos subsidios pueden emplearse para adquisición de vivienda ya construida, o para construcción en terrenos propios ya sean urbanos o rurales. Ver, por ejemplo:

<https://www.rankia.co/blog/pensiones-iss-cesantias/3463333-subsidio-familiar-vivienda-2018-colsubsidio-compensar-comfenalco>.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

Actualmente el subsidio se adjudica a quienes se encuentran en planes de constructoras privadas, varias de las cuales han fracasado o se encuentran en graves dificultades financieras, lo que ha originado movimientos de reclamación por fallas en la construcción, lo más grave, en la estructura, que ha conllevado incluso a planes de evacuación y emergencia.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

7. Descripción de la propuesta.

Se trata de un proyecto con fundamentación teórica medioambiental y una aplicación práctica de dicha teoría. Por no pretender descubrir o aportar teóricamente, se considera un trabajo de tipo descriptivo y al incluir reflexiones sobre alternativas de solución a problemas conocidos, es un trabajo analítico, a la vez que teórico-práctico. Las referencias y marco teórico indican un trabajo de tipo cualitativo y sus experimentos y análisis técnico-económico le incorporan elementos de tipo cuantitativo. Para el Objetivo General, se efectuó revisión bibliográfica sobre:

- a. El empleo del adobe como técnica constructiva válida, realizable con baja inversión y ambientalmente conveniente.
- b. El uso de materiales reciclables como integrantes de insumos y materia prima para la fabricación de adobe.
- c. Fabricación de ladrillo y teja en la ciudad de Tunja y su efecto ambiental sobre el entorno.
- d. Planes de vivienda mínima y subsidiada en áreas suburbanas y rurales de la ciudad.
 - Para cumplir el primer objetivo específico se analizaron varios tópicos que señalan los beneficios técnicos y económicos con los que cuenta el adobe en sistemas para la construcción de viviendas eco-sostenibles.
 - Para cumplir el segundo, se experimentó el manejo de residuos sólidos para obtener materiales reciclados con características técnicas que permitan su reutilización y aplicabilidad al adobe en la construcción de edificaciones eco-sostenibles en el área suburbana de la ciudad de Tunja (Boyacá).
 - Para cumplir el tercer objetivo específico, el trabajo contribuye a la recuperación

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

del adobe como alternativa constructiva para familias de escasos recursos y poblaciones turísticas.

Para validar los preceptos conceptuales, se efectuó la experiencia, consistente en la fabricación artesanal de bloques de adobe con material reciclado y la proyección, mediante estudios del levantamiento de una construcción sencilla con participación de los usuarios de la misma.

Dentro de la viabilidad local de conseguir materiales reciclables a bajo costo, se efectuó un ensayo de fabricación con el uso de tallos de flores de desecho en cementerios y comercializadoras de flores en la ciudad de Tunja y cómo pueden estar disponibles para ser usados para fabricar adobe, la cantidad de materiales reciclables requeridos y su alistamiento para conseguir el óptimo económico conservando la calidad del adobe, tablas analíticas y el costo total de materiales de fabricación así como el tiempo de trabajo requerido en el proceso de fabricación, secado y organizado del adobe, actividades y tiempo de cada una. Diagrama de flujo. Cuadros de estimación de costos.

Desde el punto de vista técnico, el comportamiento del material reciclable empleado en el adobe y su pronóstico de funcionalidad y durabilidad.

Desde el punto de vista económico, la estimación de costos de una vivienda mínima, con método ladrillo y bloque pre cocido, versus adobe con reciclado.

Así mismo se ha hecho un estudio del valor de los terrenos suburbanos en la ciudad y se han incluido en la elaboración de los presupuestos.

Se han visto las experiencias recientes de programas asociativos en Tunja y sus motivos de éxito y fracaso.

Dentro de las novedades del programa *haga su casa* están el uso del adobe y la reutilización parcial de algunos elementos de construcción, como ladrillos, concreto, hierro,

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

tejas, puertas, ventanas, pisos, aparatos sanitarios y de cocina, etc.

Es poco probable que hoy día se pueda conseguir la donación de un terreno público para un plan de vivienda, pero sí es posible tener acceso a financiación parcial, con los mecanismos actualmente disponibles. En la visión del programa “Haga Su Casa”, se plantea el uso de los subsidios estatales para compra de terrenos y la adecuación de las redes de servicios, una vez definido el grupo de usuarios, y la obtención de recursos del Gobierno Nacional, una vez concluida la construcción.

7.1. Localización geográfica

En la zona suburbana de Tunja, al nororiente de la ciudad se halla localizada la Vereda de Pirgua, y en esta se ubica el predio el Progreso, vía hacia el municipio de Toca, está situado geográficamente latitud Norte $5^{\circ} 31' 52.14''$, y longitud Oeste $73^{\circ} 20' 22,93''$, zona que consta de un conjunto de lotes deshabitados u ocupados de manera irregular, en los cuales se hace el experimento, en la mira de que estas familias vivan la experiencia de la fabricación de los adobes e inicien la construcción de sus habitaciones.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

Fotografía del predio para proyecto “Haga su casa”.



Imagen 1. Coordenadas predio “El progreso”, Vereda Pirgua, Tunja.

7.2 Análisis técnico del Trabajo de Campo: Diseño Experimental.

Para comprobar el proceso y la factibilidad del empleo del adobe en el programa HAGA SU CASA, se hicieron diversas pruebas en un lote suburbano de la ciudad de Tunja, aprovechando la amplia literatura que sobre el tema existe.

Se parte de que el elemento básico constitutivo del adobe es la tierra limpia, esto es, sin limos ni materia orgánica, y debe contener o se debe agregar una cuarta parte de arcilla, y un más bajo porcentaje de arena.

Como se ve en la imagen N°10 se hizo la preparación adecuada de la mezcla, a la

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

que se agregó agua, procediendo a hacer la prueba manual conocida de las bolas, de tal forma que éstas no se deshagan con facilidad (por contener demasiada arena), para probar la consistencia del material.

Se efectuó el agregado de un material vegetal que ayuda a darle resistencia a los bloques, y a cambio del tradicional tamo de trigo o paja, se empleó un material abundante en las ciudades, como es el tallo de las flores.

El volumen de flores (en los cementerios especialmente) ha ido creciendo y se convierte en factor que actúa aumentando los volúmenes de residuos en las ciudades. Los tallos pueden ser reutilizados en la fabricación de adobes, contribuyendo a darle consistencia y haciendo que ellos trabajen bien a tracción, esto es, permitiéndoles soportar altas presiones sin que se fracturen, desmoronen o pierdan su forma. (Fig. N°11).

Los tallos fueron cortados hasta dejarlas en cortes de 2 cm en promedio. La mezcla con los tallos incorporados se deja humedecida levemente de manera superficial, dejándola de un día para otro, de tal forma que el agua se extienda por todo el material.

La tierra empleada en el ensayo no se pega a los pies cuando se pisa, o sea, tiene un buen balance de arena y arcilla. (Ver Fig.13).

Se ha incorporado a la mezcla el tallo de las flores en cerca de un 15%, semitriturada. (Ver Fig. N°11).

Una vez listo el material, se llenan las gaveras, cada una con tres unidades de adobes, las que se retiran inmediatamente, dejando los adobes ya cortados en el piso e iniciar el proceso de secado que es de quince días.

Con la siguiente ficha técnica: (Ver figs. N°13 a la 16)

Lugar: Predio el Porvenir, vereda pigua de Tunja

Participantes: Jorge Iban Rodríguez y Pedro Rodríguez.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

Fecha de inicio: 24 de Noviembre de 2018.

Fecha de terminación: 22 de diciembre de 2018.

Materiales empleados: suelo del sitio (100%); arcilla de otro lugar (0%);

Tallos de flores (30%)

Material de Gaveras: Madera de tres unidades

Dimensiones de los adobes: 0,30 cm largo, 0,20 cm de ancho y 0.15 cm alto

Peso: 11,740 Kg.

7.2.1 Tabla de Resistencia de la Mezcla

Para el desarrollo de este ejercicio, se realizaron tres tipos de mezcla incluyendo el material reciclable producto del desecho de los tallos de flores que se originan en cementerios y floristerías de la ciudad. En la primera se agregó un 10%, en la segunda un 20% y la tercera un 30% del peso total de una pieza de adobe fabricada.

Tabla 4.

Resistencia de la Mezcla.

Ítem	Agua	Tierra	Tallo	Peso kg	Resultado
10%	1 lt	15,0 kg	1 lb	58,700 kg	Fractura
20%	1lt	14,5 kg	2 lb	70,440 kg	Fractura
30%	1lt	14,0 kg	3 lb	117,400 kg	Resistencia

Fuente: Autor.

Lo anterior significa que la mezcla empleada requiere un alto componente de material vegetal para obtener la consistencia necesaria.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

Se requiere así, un plan para la obtención del material, tallos de flores que se producen en la ciudad.

Por vivienda del proyecto “Haga su Casa” se requieren 1.900 adobes, para cubrir los 86.5 m² de mampostería.

El suelo-cemento empleado para los pegues representa el 8% de la superficie de mampostería, o sea que neto para cubrir con adobes son aproximadamente 81 m², que requieren 1.800 adobes. Si tenemos en cuenta los desperdicios, fracturas, o empleo de adobes para algunos servicios interiores o exteriores de la vivienda, es calculado en un 5% o 6%, se requiere que el usuario de cada vivienda fabrique cerca de 1.900 adobes.

Se calcula que una familia trabajando tres personas puede dejar fabricados 500 adobes en un fin de semana (6 jornales), empleando dos gaveras.

Según cálculo del programa, (adobes de 0.15 x 0.20 x 0.30), cada uno nos cubriría 0.15 de alto por 0.30 de largo, o sea, avanzaría 0.045 metros cuadrados (m²), dejando muros de 20 cm, de espesor.

7.2.2 Análisis de tiempos. Para facilidad de trabajo familiar, se recomienda programar jornadas de producción de 500 adobes en un fin de semana (2 personas, 4 jornales, 16 horas).

Los tiempos de la fabricación de 250 adobes son:

Excavación y preparación de tierra: 8 Horas.

Alistamiento y mezcla de tierra-arcilla-tallos de flores: 10 minutos por gavera.

Relleno de gaveras: 5 minutos por gavera de tres unidades.

Tiempo de secado: 15 días calendario.

Concepto general del adobe y su adaptación al programa “Haga su Casa”.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

7.3. Análisis económico.

La economía para los sectores populares menos favorecidos se halla en los planes de autoconstrucción, siempre y cuando estos sean bien planeados, técnicamente bien asesorados, con ayudas públicas, democráticamente participativos y administrados por manos cuidadosas.

7.3.1 Valor de los terrenos: En Tunja hoy día es posible conseguir lotes con cualidades como las requeridas a precios que oscilan entre \$25.000 y \$40.000 el metro cuadrado en bruto, esto es, sin descontar áreas libres, de cesión, etc.

Un programa para 200 usuarios requeriría un terreno superior a los 30.000 m², en bruto estaría cerca de \$900 millones, que daría un promedio de \$4.500.000.00 por usuario. Si se cuenta con apoyo de maquinaria oficial y respaldo técnico gratuito y apoyo para estudios y diseños, se puede tener urbanizado el predio con \$300.000.000.00 adicionales, licencias y otros por \$100 millones, o sea un costo total de \$1.300.000.000.00, y un valor por lote de \$6.500.000.00.

Se pueden tener lotes de 96 m², con servicios, a valor cercano, con titulación, a los \$8.000.000.00 por familia. Un lote de 96 m², urbanizado, hoy día cuesta en el mercado, en zona suburbana o marginal entre 20 y 40 millones de pesos, o sea, entre 3 y 5 veces el valor al que saldría en un proyecto colectivo.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

Tabla 1.

Valor Comparativo de Lote de 8x12 m².

Área del terreno/Precio	Lote global autoconstrucción (33.000 m ² .)	Tamaño Lote: 96 m ² , valor autoconstrucción c/u 200 lotes.	Valor 96 m ² precio comercial de hoy.
Precio lote sin servicios	900.000.000.00		
Valor del urbanismo	300.000.000.00		
Valor de los diseños y licencias	100.000.000.00		
	\$1.300.000.000.00	\$6.500.000	\$25.000.000
Precio lote urbanizado		(67.710.00 el m ² .)	(260.416.00 el m ² .)

Fuente: Autor

7.3.2. Otras Ventajas Económicas.

Son varias las economías adicionales en un proyecto de éste tipo:

Las excavaciones requeridas para los cimientos se efectúan de manera simultánea, con el uso de maquinaria oficial o adquirida por contrato a bajo costo. Los topógrafos de las Universidades efectúan las demarcaciones, la clase de excavación requerida y los materiales removidos se emplean como materiales para la fabricación de los adobes, por lo que serán dispuestos en los lugares con tal propósito.

Los adobes serán fabricados en los terrenos que según el diseño, se emplearán como zonas de sesión o de uso colectivo, que serán adecuados una vez que se culmine la etapa de levantamiento de las viviendas.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

7.4. Análisis Financiero de Vivienda-Tipo

Para éste proyecto se ha diseñado una vivienda tipo, pequeña pero bastante funcional para una familia con pocos hijos, que consta de dos alcobas, un baño, sala comedor y cocina con el objeto de analizar los costos a precios corrientes de la construcción, excluyendo el valor del terreno.

Para el efecto, ver gráficos N° 1, 2, y 3.

Con el siguiente presupuesto de obra:

Tabla 2.

Presupuesto de Obra

Proyecto de Construcción de Vivienda Ecosostenible En Área Suburbana En La Ciudad De Tunja-Boyacá						
Item	Descripción	Unidad	Cantidad Unid	Materiales \$	M. de Obra \$	Totales \$
1	PRELIMINARES					
1,2	Campamento	GL	1	1.100.000	400.000	1.500.000
1,3	Instalaciones provisionales eléctricas e hidráulicas	GL	1	400.000	100.000	500.000
	TOTAL PRELIMINARES					2.000.000
2	EXCAVACIONES					
2,1	Trazado y niveles	M ²	56,45	50	1.000	59.273
2,2	Excavación cimentaciones	M ³	3	0	30.000	90.000
2,3	Excavación (Red hidro-santaria)	M ³	2	0	30.000	60.000
	TOTAL EXCAVACION					209.273
3	RECEBO					
3,1	recebo placa	M ³	2	50.000	250.000	600.000
3,2	recebo cimentación	M ³	1	50.000	15.000	65.000
	TOTAL RECEBO					665.000
4	CONCRETO					
4,1	concreto placa (incluye malla electrosoldada)	M ³	8,46	600.000	97.000	5.896.620
4,2	concreto vigas cimentacion	M ³	2,87	183.000	310.000	1.414.910
4,3	concreto columnas	M ³	2	183.000	325.000	1.016.000
4,4	concreto vigas areas	M ³	3,31	183.000	310.000	1.631.830
4,5	concreto anden	M ³	5,44	183.000	97.000	1.523.200
4,6	concreto viga corona	M ³	1,86	183.000	97.000	520.800
4,7	concreto ciclopeo	ML	7,35	125.000	55.000	1.323.000
	TOTAL CONCRETO					13.326.360
	ACEROS					
4,8	hierro vigas cimentacion	KG	241,89	2.000	500	604.725

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

Proyecto de Construcción de Vivienda Ecosostenible En Área Suburbana En La Ciudad De Tunja-Boyacá						
Item	Descripción	Unidad	Cantidad Unid	Materiales \$	M. de Obra \$	Totales \$
4,9	hierro columnas y viga aerea	KG	481,89	2.000	500	1.204.725
	TOTAL CONCRETO					1.809.450
5	MAMPOSTERIA					
5,1	ADOBE (0,15X2,0X0,30)	M ²	86,5	7.000	18.000	2.162.500
5,2	ladrillo tolete comun e=0.25mt	M ²	9,8	41.000	20.000	597.800
	TOTAL MAMPOSTERIA					2.760.300
6	PAÑETES					
6,1	pañete	M ²	10,5	8.000	10.500	194.250
6,2	enchapes	M ²	14,5	19.500	14.000	485.750
	TOTAL PAÑETES					680.000
7	PLOMERIA					
7,1	lavamanos y sanitarios	UND	1	195.000	80.000	275.000
7,3	plomería de baños	GL	1	300.000	200.000	500.000
7,4	incrustaciones	UND	2	60.000	3.000	126.000
	red principal sanitaria	UND	1	755.000	1	755.001
	red hidráulica incluye tanque de 500lts	UND	1	585.000	1	585.001
	TOTAL PLOMERIA					2.241.002
8	ELECTRICAS					
8,1	alambrado (incluye accesorios)	GL	1	200.000	2.000.000	2.200.000
8,2	salidas eléctricas	UND	12	40.000	25.000	780.000
8,3	salida de TV	UND	3	40.000	25.000	195.000
8,4	caja de tacos	UND	1	80.000	34.000	114.000
	TOTAL ELECTRICAS					3.289.000
9	CUBIERTA					
9,1	tejas eternit	M ²	72	35.000	9.000	3.168.000
9,2	Perfiles 4x8 cal 18	ML	14	55.000	20.000	1.050.000
	TOTAL CUIERTA					4.218.000
10	PUERTAS Y VENTANAS					
10,1	puerta metalica	UND	4	550.000	4.126	2.216.504
10,2	ventanas metalicas	M ²	14	35.000	28.000	882.000
10,3	vidrios ventanas	UND	45	23.000	6.000	1.305.000
10,4	puerta principal	UND	1	1.100.000	700.000	1.800.000
	TOTAL PUERTAS Y VENTANAS					6.203.504
11	DESAGUES					
11,1	cajas de inspección	UND	2	95.000	25.000	240.000
11,2	tubería PVC de 4"	ML	22	14.000	7.500	473.000
	TOTAL DESAGUES					713.000
12	RED HIDRAULICA	GBL	1	2.650.000		2.650.000
	TOTAL COTOS DIRECTOS					40.764.889
	ADMINISTRACION	10%				4.076.489
	IMPREVISTOS	5%				2.038.244
	UTILIDAD	10%				4.076.489
	TOTAL AIU					10.191.222

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

Proyecto de Construcción de Vivienda Ecosostenible En Área Suburbana En La Ciudad De Tunja-Boyacá						
Item	Descripción	Unidad	Cantidad Unid	Materiales \$	M. de Obra \$	Totales \$
TOTAL CASA CON AIU						50.956.111
		Material		Valor m ²		
	Comparativo precios mampostería	Adobe		25,000		
		Ladrillo		42,000		
		Bloque #5		39,500		
Conclusión: Teniendo en cuenta el presupuesto el adobe es más económico un 40.5% que el ladrillo común y un 36.7% que el bloque #5						

Fuente: Autor.

Del análisis de dicho estudio se concluye:

- a. En los preliminares se puede ahorrar \$ 1.000.000.00 en excavaciones y conexiones preliminares, para el proyecto colectivo.
- b. Se estima que el uso de concreto en general se reduce en un 20%, lo que significa una economía de \$2.600.000.00
- c. En mampostería la economía sería por materiales y mano de obra, de \$1.000.000.00
- d. En puertas, ventanas y otros materiales reciclados, promedio de 25%, la economía sería de \$1.500.000.00

Para una economía de \$6.100.000.00 en el proyecto colectivo, en costos directos.

En el presupuesto de una vivienda tradicional, se han calculado \$40.764.889.00 como costos directos, que sumado al valor del lote y los costos indirectos, da un valor estimado cercano a los \$76.000.000.00., frente a los casi \$49.000.000.00 del programa de autoconstrucción “Haga Su Casa” con adobe y reciclaje limitado, para el que se ha calculado un AUI del 15%.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

Tabla 3.

Economías de Construcción en Programa “Haga su Casa”. (Consolidado).

Ítem	Tradicional	Haga su casa	Economía
Lote	\$25.000.000	\$8.000.000	\$17.000.000
Excavaciones	\$2.000.000	\$1.000.000	\$1.000.000
Concreto	\$13.326.360	\$10.726.360	\$2.600.000
Mampostería	\$2.760.300	\$1.760.300	\$1.000.000
Puertas, ventanas.	\$6.203.504	\$4.703.504	\$1.500.000
Total Costos directos (Sin lote)	\$40.764.889	\$34.664.889	\$6.100.000
Costos indirectos	\$10.191.222	\$5.199.733	\$4.180.611
Valor Total	\$75.956.111	\$47.864.622	\$28.091.489

Fuente: Autor.

De la tabla 3 se observa cómo la construcción en adobe, con un programa como el de Haga su casa, podría ser de un 63% del valor promedio de una vivienda de las mismas características, aparte de las ventajas de pertenencia y sentido grupal, asociativo, ya que trabajar en grupo crea lazos afectivos y de solidaridad, difíciles de conseguir en otros proyectos. En Haga su Casa, los grupos se crean obedeciendo a vínculos preexistentes, lo que garantiza a futuro entornos más amigables y de tejido social positivo.

7.5. Análisis social.

La implementación de planes de vivienda como los sugeridos por el proyecto contribuyen muy efectivamente con:

- Menor demanda de carbón para procesos de combustión.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

-Reduce los volúmenes de desechos a colocar en plantas de tratamiento de residuos, rellenos sanitarios y/o escombreras.

- Introduce la cultura del segundo uso de materiales de deshecho orgánico e inorgánico.

-Contribuye a resolver las carencias de vivienda digna para sectores menos favorecidos.

-Construye tejido social y cultura del trabajo en grupo.

-Hace más eficaz y transparente la inversión pública en las localidades, reemplazando los sistemas de contratación de grandes obras con la transferencia de materiales directamente a los usuarios auto-construtores.

-La gestión social que efectúan los usuarios consiguiendo materiales para sus viviendas se acompaña de una labor de pedagogía ambiental y de cuidado de los recursos naturales.

- Aumenta los lazos de integración social de la ciudad, ya que acerca a empresarios y líderes con la solución de problemas de los más necesitados.

7.6. Análisis ambiental: Menos residuos, Mayor Reutilización.

La construcción de viviendas es el centro de la estrategia, que según se analiza a continuación, es un programa integral de protección ambiental, ya que convierte a los usuarios en promotores ambientales, y sus trabajos de recolección implican procesos de capacitación a los aportantes de materiales.

La incorporación del adobe fabricado a partir de material vegetal es una parte del programa Haga Su Casa.

La reutilización de escombros, material múltiple de desechos de construcción o

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

dotación de viviendas es el complemento.

Hierro, concreto, pisos, maderas, tejas incluso muebles, aparatos sanitarios, materiales eléctricos, electrodomésticos serán recibidos, de tal forma que la estrategia comprende un conjunto de actividades, así:

*Se hará un listado completo de materiales reutilizables útiles para el proyecto, con el propósito de darlos a conocer al mayor número de usuarios, tanto empresas como hogares, en el contexto de la ciudad y la región, que serán recogidos para darles una nueva vida útil en el proyecto.

*Se emplearán estrategias publicitarias múltiples, como volantes (distribuidos en muchos lugares por los mismos usuarios), páginas web, canales de YouTube, emisoras comunitarias y redes sociales, promociones que son verdaderas invitaciones a no botar ni congestionar los rellenos sanitarios, conciencia colectiva que permita que otras personas utilicen lo que a usted le sobra en su beneficio y lo entregue a una comunidad que le da un segundo uso.

*Se contará con servicio rápido de recuperación de materiales útiles, con el lema “Avisé y le recogemos”.

*En el proyecto se generarán varios empleos directos, ya que se requieren, entre los mismos usuarios quienes trabajen como clasificadores y alistadores de materiales con el fin de dejarlos listos para su reutilización. Actividades como lavar, cortar, soldar, doblar, lijar, pintar, entre otros, personas que recibirán sus incentivos económicos, ya sea en dinero, especie o en trabajo. Si efectuó trabajos de soldadura en beneficio de varias personas, éstas compensan el esfuerzo dándoles mano de obra en la fabricación de los adobes o en el levantamiento de la vivienda u otra actividad.

*En la vinculación al grupo, habrá de tenerse en cuenta la necesidad de asociar a

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

personas con diferentes aptitudes y destrezas, hecho relevante a tener en cuenta en los criterios de clasificación para admisión, ya que el éxito del programa radica en que se pague el mínimo de servicios externos, buscando en lo posible no sólo la autoconstrucción, sino el autoabastecimiento. Así, en el grupo debe haber un constructor, electricista, plomero, alfarero, trasportista, ornamentador, ebanista, tapicero, decorador.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

8. Conclusiones

Es un proyecto amigable con el medio ambiente, basado en actividades no contaminantes, de cero emisiones, reciclaje, reutilización, es económico y biodegradable, incorpora a la comunidad en las actividades.

El adobe sigue siendo una alternativa constructiva y permite hoy día su fabricación empleando materiales de reciclaje, como alternativa constructiva económica y tecnológicamente viable para proyectos de construcción de viviendas eco-sostenibles del área suburbana de la ciudad de Tunja (Boyacá).

Con el manejo de algunos residuos sólidos se pueden obtener materiales reciclados para aplicar en sistemas de construcción de viviendas eco-sostenibles, con el empleo de materiales del mismo suelo.

El programa “Haga Su Casa” es una propuesta nueva, basada en el conocimiento de algunas experiencias exitosas de la ciudad pero en una nueva visión y estrategias originales para el contexto actual.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

9. Recomendaciones

a. El proyecto puede avanzar como iniciativa gremial de los egresados de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD, y convertirse en un programa institucional. Se sugiere que para dicho programa se construya una vivienda tipo en lote de la UNAD o de una comunidad vecina, para desarrollar trabajos de extensión universitaria y formación profesional en varias áreas.

b. Es necesario experimentar con otros materiales biodegradables, estudios que incluyan cálculos técnicos de ingeniería para cuantificar la extracción de material in situ, la superficie (cubierta) de extendido para el tiempo de secado, los depósitos provisionales o almacén, detalles técnicos como la protección en tiempo de lluvias.

c. Fomentar organización comunitaria para implementar proyecto, precisando el tipo de organización social y empresarial, así como la estrategia que defina los tiempos y la financiación más detalladamente.

d. Se contempla la opción de constituir una empresa que fabrique el adobe y lo suministre para agilizar los tiempos y permitir que quienes dispongan de recursos puedan adelantar su casa.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

10. Glosario

Adobe: es un ladrillo sin cocer, una pieza para construcción hecha de una masa de barro (arcilla y arena), mezclado a veces con paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al sol; con ellos se construyen diversos tipos de elementos constructivos, como paredes, muros.

Alfarera: persona que tiene por oficio la fabricación de piezas en material de barro procesado.

Apisonado: dejar algo plano mediante la ejecución de fuerza sobre una superficie o llenar un recipiente.

Autoconstrucción: Con la palabra auto-construcción en el campo de la ingeniería se indican las estrategias dirigidas a sustituir con operadores aficionados las empresas artesanales o industriales que, en una estructura productiva desarrollada, se ocupan normalmente de realizar los edificios para futuros usuario

Biodegradable: Que puede descomponerse en elementos químicos naturales por la acción de agentes biológicos, como el sol, el agua, las bacterias, las plantas o los animales.

Convites: Invitación es la comunicación por la cual se pide a una persona, personas o entidad, que acuda a cierto acto social, evento, fiesta o cualquier clase de celebración.

Eco Sostenible: se refiere a algo que está en condiciones de conservarse o reproducirse por sus propias características, sin necesidad de intervención o apoyo externo. El término puede aplicarse sobre diversas cuestiones: métodos productivos, procesos económicos, etc.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

Ecológico: que estudia las relaciones de los diferentes seres vivos entre sí y con su entorno, cómo estas interacciones entre los organismos y su ambiente afectan a propiedades como la distribución o la abundancia

Encofrado: Armazón formado por un conjunto de planchas metálicas o de madera convenientemente dispuestas para recibir el hormigón que, al endurecerse, forma las paredes de los edificios construidos con este material.

Promotor: persona que promueve o promociona profesionalmente algo. Referido al sector comercial, promoción, autopromoción.

Reciclables: El reciclaje es un proceso cuyo objetivo es convertir desechos en nuevos productos o en materia prima para su posterior utilización.

Reutilización: Este proceso hace que cuantos más objetos volvamos a reutilizar menos basura produciremos y menos recursos tendremos que gastar.

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

11. Bibliografía

- Alderton, C. (S.f) *Bioconstrucción, Construcción con Materiales Naturales Técnica: Terrón*. Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado el 6 de Junio de 2016 en <https://www.javeriana.edu.co/arquidis/deparq/documents/Bioconstruccion.pdf>
- Arango Ordoñez, Ángela Patricia. Rodríguez Hernán Gonzalo, (2017). *Análisis de las emisiones de contaminantes asociados a la fabricación de ladrillos y propuesta de reconversión tecnológica Nemocón – Colombia, Bogotá*.
- Argüello R. Fabio Andrés y Castellanos S. Mario L. (2015). Prototipo de Vivienda de Bajos Recursos con Material Reciclado (Modelación Sap, Caracterización de los Materiales, Animación Virtual). (En Línea). Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2423/1/Prototipo-vivienda-bajos-recursos-con-material-reciclado.pdf>
- Basura cero Colombia. (s.f.). Información general. (En Línea). Disponible en: <http://www.basuracerocolombia.com/nosotros/>
- Camino Sostenible Org. (s.f.). Tierra pisada. Disponible en: http://www.caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/Tierra_pisada_%20Tapial%29.pdf
- Cendero, A., Remondo J., Bonachea J., Rivas V., Soto J. (2006). *Acción humana y procesos geológicos superficiales ¿qué le estamos haciendo a la faz de la tierra*. En Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fís. Nat. (Esp) Vol. 100, N°. 1, pp 187-209, VI Programa de Promoción de la Cultura Científica y Tecnológica.
- Corpoboyaca. (2018). *Reporte Calidad aire Corpoboyacá*. (En línea). Disponible en:

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

aire-copoboyaca-mayo-2018.pdf

Ecocasas. (2012). *Biblioteca sobre Bio construccion y arquitectura sustentable*.

Recuperado el 16 de Junio de 2016 en <https://ecocasas.com/biblioteca-ecologia-bioconstruccion-permacultura/biblioteca-sobre-bioconstruccion-y-arquitectura-sustentable/>

García Barrera, Germán. (2019). *Boyacá se raja en el aprovechamiento de sus basuras*. (En línea). Disponible en: <http://entreojos.co/ambiente/conflictos/boyaca-se-raja-en-el-aprovechamiento-de-sus-basuras>.

Gómez Ángel Sandra, Carreño Dueñas y Rojas Torres. (2018). *Reconversión tecnológica en el sector productivo artesanal de hornos de ladrillo y cal para reducir la contaminación atmosférica en el valle de Sogamoso (Boyacá, Colombia)*. Revista Virtual Pro Bogotá, 2015, Colombia. Recup. Nov. 26.

González, C. (s.f.). *Cada Vez más Ciudades Aprueban la Bioconstrucción en Adobe y en Tierra para viviendas y Edificaciones Comunitarias en Argentina*. Construir TV. Recuperado el 5 de Mayo de 2016 en <https://construirtv.com/cada-vez-mas-ciudades-aprueban-la-construccion-en-adobe-en-el-pais/>

López Pérez, Cecilia, editora. *Patrimonio y arquitectura en tierra, avances de investigación*. 1° edición, Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2009.

Martínez, Y. (2012). *Las casas de tierra: una solución del pasado para el futuro*. Tendencias 21. Recuperado el 16 de Junio de 2016 en http://www.tendencias21.net/Las-casas-de-tierra-una-solucion-del-pasado-para-el-futuro_a11596.html

Nueva Tierra. (2009). *Bio Construccion. Casas de Adobe. Increíblemente Gratis, Fácil y Hermoso*. YouTube. Recuperado el 16 de Junio de 2016 en

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

<https://www.youtube.com/watch?v=mk1aCrQ3gu4>

Nueva Tierra. (2009). *BioConstruccion. Casas de adobe. Técnicas de Revoque*. YouTube.

Recuperado el 6 de Junio de 2016 en

<https://www.youtube.com/watch?v=o0vzVAQD8s8>

Raffo, M. (2013). *BioConstruccion con Barro, una Alternativa Sustentable. Donde Reciclo*.

Oro Blog. Recuperado el 16 de Junio de 2016 en <https://www.dondereciclo.org.ar/...>

[/biocontruccion-con-barro-una-alternativa-sustenta](https://www.dondereciclo.org.ar/.../biocontruccion-con-barro-una-alternativa-sustenta)

Corpoboyacá. (2018). *Reporte mensual de calidad del aire Corpoboyacá*. Mayo de 2018.

Reyes Naranjo David F. y Cornejo M. Yezitd A. (2014). *Estado del arte de la construcción*

con material reciclable. (En Línea). Disponible en:

[https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2025/1/Construcci%C3%B3n-](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2025/1/Construcci%C3%B3n-con-material-reciclable.pdf)

[con-material-reciclable.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2025/1/Construcci%C3%B3n-con-material-reciclable.pdf)

Sánchez, J. J. (2016). *Construcción de Casas de Adobe se Aprueba en Argentina*. Casas

Ecológicas Recuperado el 26 de Mayo de 2016 en <https://icasasecologicas.com>

Sornosa, A. (2013). *Vivienda sostenible en Argentina*. Twenergy. Recuperado el 16 de

Junio de 2016. Disponible en: [https://twenergy.com/a/bioconstruccion-una-casa-](https://twenergy.com/a/bioconstruccion-una-casa-ecologica-en-el-bolson-argentina)

[ecologica-en-el-bolson-argentina](https://twenergy.com/a/bioconstruccion-una-casa-ecologica-en-el-bolson-argentina)

Suárez Tamayo Susana y Enrique Molina Esquivel. (2018). *El desarrollo industrial y su*

impacto en el medio ambiente”, Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y

Microbiología (INHEM). La Habana, Cuba, en: Rev. Cubana Hig.

Epidemiol. vol.52 no.3 Ciudad de la Habana set.-dic. 2014. Rec. Nov.26-2018

Wikipedia. (s.f.). *Autoconstrucción*. (En Línea). Disponible en:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Autoconstrucci%C3%B3n>

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

ANEXOS

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

ANEXO A. Planos de una vivienda tipo, construida en adobe

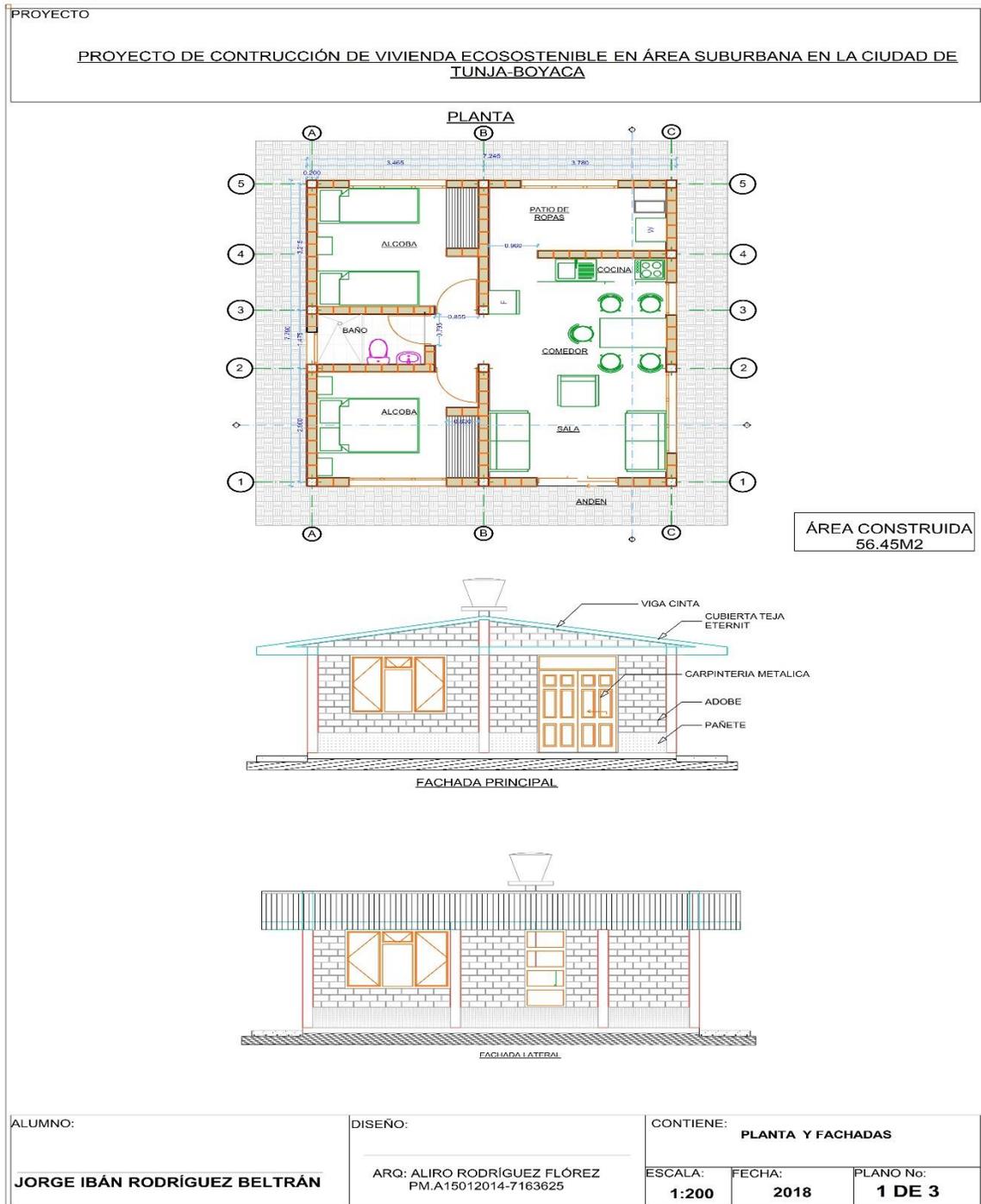


Imagen 1. Planos de una vivienda tipo construida en adobe

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

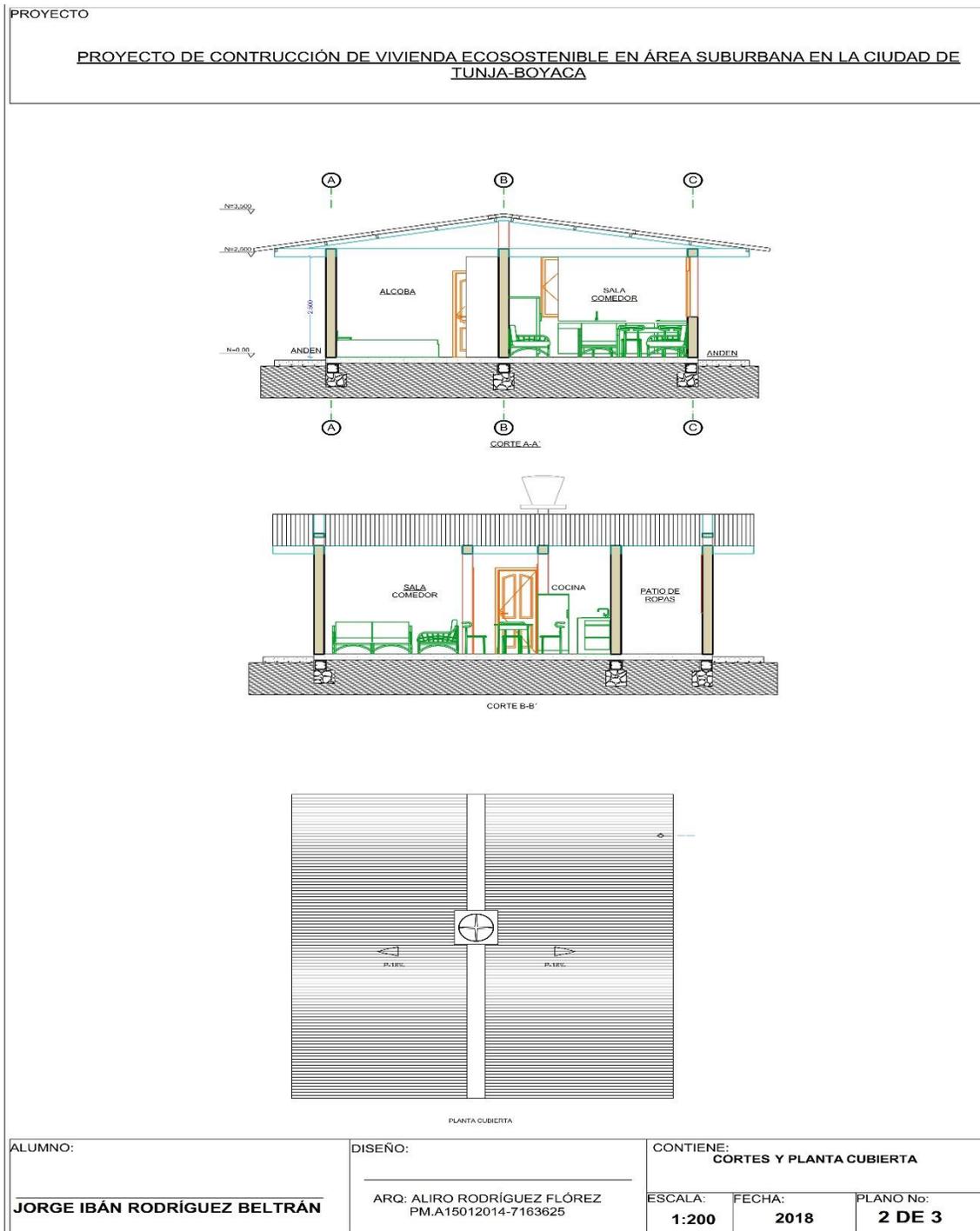


Imagen 2. Planos de una vivienda tipo construida en adobe

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

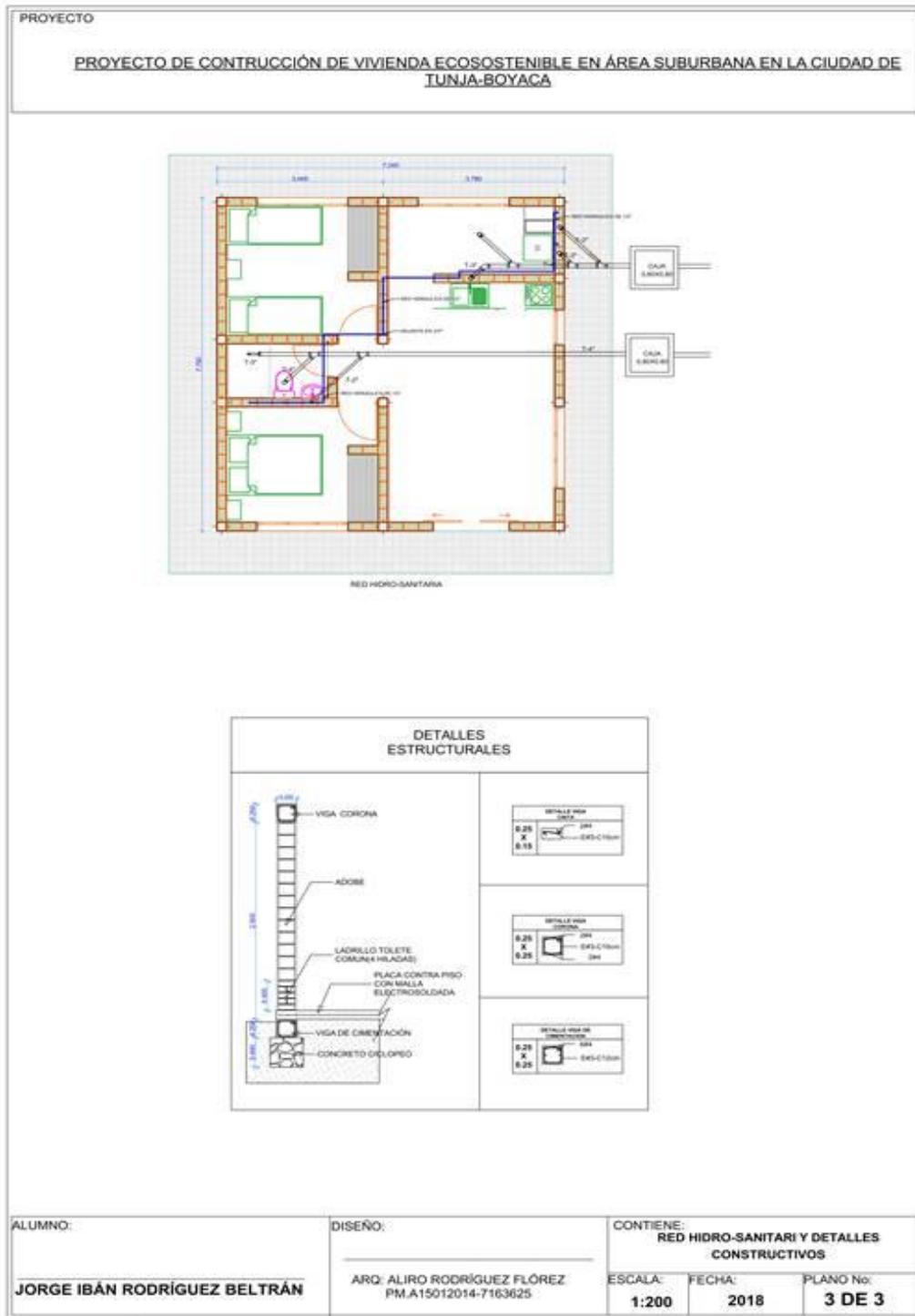


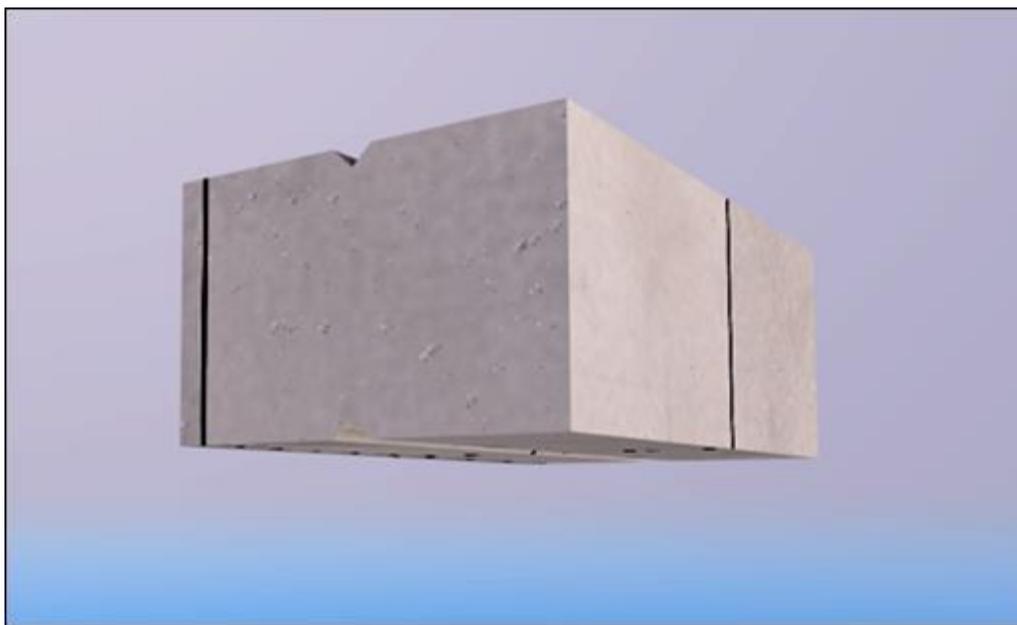
Imagen 3. Planos de una vivienda tipo construida en adobe

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES

ANEXO B. Diseño de la Pieza de Adobe con Características de Sismo Resistencia

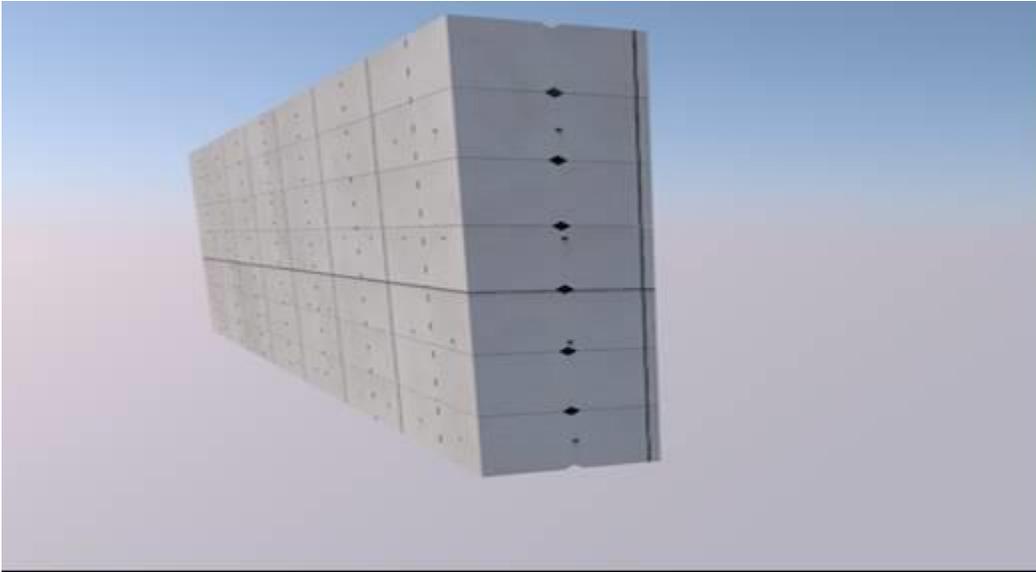


Pieza de adobe vista general con dimensiones en cm. (**imagen 4**)



Vista general de la pieza de adobe a tres caras. (**Imagen 5**).

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES



Muro en piezas de adobe tecnificado y sentado con la propuesta de pegue
Sismo resistencia.

(Imagen 6)



Selección y alistado de tierra para construir Adobe

Imagen 7

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES



Mezcla de la materia prima para construir

Adobe

Imagen 8



Alistado piso para la construcción de

Adobe

Imagen 10



Selección de material de reciclaje tallo de
las flores.

Imagen 9



Construcción de Adobe con material de
reciclaje

Imagen 11

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES



Adobe terminado para secado

Imagen 12



Vista del secado del Adobe 2ª semana y
peso de la pieza

Imagen 14



Vista del secado del Adobe 1ª semana

Imagen 13



Vista Prueba de resistencia 10 veces su
peso 117,400 kg.

Imagen 15

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES



Vista construcción muro en Adobe en
tolete trabado.

Imagen 16



Vista gabera para la construcción de
Adobe.

Imagen 17



Adobe construido con material de
reciclaje para futura empresa
“ADOBIOCOL”.

Imagen 18

PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS ECO SOSTENIBLES



Vista construccion levantada en tapia pizada y adobe (villa de leyva).

Imagen 19



Construcción en adobe Rural Siachoque

Imagen 22



Construcciones en adobe (villa de Leyva).

Imagen 20



Cerramiento en Adobe Tunja

Imagen 23



Construcción en Adobe Sutamarchán.

Imagen 21



Construcciones en Adobe Sachica.

Imagen 24