

DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE RESIDUOS
DOMÉSTICOS ORGÁNICOS (SARO) MEDIANTE EL USO DEL
ACONDICIONADOR STAB RDC PARA EMPLEARLO EN CONSTRUCCIONES
SOSTENIBLES EN EL MUNICIPIO DE ACACIAS, META.

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
BOGOTÁ
2018

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE RESIDUOS
DOMÉSTICOS ORGÁNICOS (SARO) MEDIANTE EL USO DEL ACONDICIONADOR STAB
RDC PARA EMPLEARLO EN CONSTRUCCIONES SOSTENIBLES EN EL MUNICIPIO DE
ACACIAS, META.**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Ambiental

Línea de Investigación:
Infraestructura sustentable.

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2018

Tabla de Contenido:

Resumen:	6
1. Abstract	6
2. Antecedentes:	7
3. Introducción	8
4. Planteamiento del problema:	9
4.1. Situación insatisfactoria:	9
4.2. Situación ideal:	12
4.3. Árbol de Problemas:	12
4.4. Formulación del problema:	16
5. Justificación:	17
6. Objetivos:	18
6.1. Objetivo general	18
6.2. Objetivos Específicos	18
7. Marcos de referencia	19
7.1. Estado de arte	19
7.2. Conceptual:	21
7.2.1. Viviendas de Interés Social	21
7.2.2. Viviendas de Interés Social Prioritaria	21
7.2.3. Material alternativo de construcción:	21
7.2.4. “STAB RDC”	21
7.2.5. Desarrollo Sostenible:	21
7.2.6. Construcción Sostenible:	21
7.2.7. Huella Ecológica:	21
7.3. Teórico	22
7.4. Normativo:	24
8. Metodología	26
8.1. Alcance y limitaciones:	31
9. Resultados:	31
9.1. Síntesis del experimento:	31
10. Análisis de resultados	44
11. Cronograma y Presupuesto:	45
12. Conclusiones	49
13. Recomendaciones	50
14. Bibliografía	50
15. Anexos:	54

Listado de Tablas:

Tabla 1: Ventajas y desventajas de los compuestos con fibras vegetales.....	19
Tabla 2 Marco Normativo	24
Tabla 3 Tabla metodológica	29
Tabla 7 Resultados de la prueba de absorción de las muestras	37
Tabla 8 Pruebas de compresión sin materia orgánica añadida	39
Tabla 9 Pruebas de compresión sin arcilla.....	39
Tabla 10 Prueba de compresión con 15% de materia orgánica añadida al composito	40
Tabla 11 Prueba de compresión con 30% de materia orgánica añadida al composito	40
Tabla 12 Prueba de compresión con un 45% de materia orgánica añadida al composito.....	40
Tabla 13 Prueba de compresión con un 55% de materia orgánica añadida al composito.....	41
Tabla 14 Dimensiones e indicadores propuestos para la construcción sostenible de vivienda social en Bogotá	42
Tabla 4 Cronograma del proyecto	45
Tabla 5 Presupuesto del proyecto	46
Tabla 6 Flujo de caja	48

Listado de Ilustraciones:

Ilustración 1 Crecimiento del PIB total y por rama de actividad económica	7
Ilustración 2: Materiales de paredes y pisos en el departamento del Meta y nivel nacional	8
Ilustración 3 Tarjeta de Problemas	12
Ilustración 4 Árbol de problemas	14
Ilustración 5 Árbol de Objetivos	15
Ilustración 6 Aspectos del planteamiento del problema.....	16
Ilustración 7 Características de los materiales compuestos.....	22
Ilustración 8: Ubicación del municipio de Acacias.....	25
Ilustración 9: Mortalidad por EDA en menores de 1 año en el departamento del Meta y nivel nacional (2009-2012)	26
Ilustración 10 Proceso cuantitativo.....	27
Ilustración 11 Proceso cualitativo.....	27
Ilustración 12 Aprovechamiento de residuos orgánicos	28
Ilustración 13 Separación de los residuos recolectados en el barrio el Retorno de Acacias	31
Ilustración 14 Residuos orgánicos apartados del resto de residuos solidos.....	32
Ilustración 15 Molino manual.....	32
Ilustración 16 Residuos orgánicos transformados.....	33
Ilustración 17 Suelo de Acacias Meta.....	33
Ilustración 18 Composito terminado	34
Ilustración 19 Inmersión de las muestras en el agua	35
Ilustración 20 Prensa de hormigón empleada en la prueba de compresión	35
Ilustración 21 Prueba de compresión a las muestras.....	36
Ilustración 22 Preparación de muestras según ASTM 109	36
Ilustración 23 Muestras en el horno para pruebas de absorción.....	37
Ilustración 24 Ficha técnica ladrillo prensado macizo vs ladrillo SARO	39

Ilustración 25 Propuesta de guía metodológica para la construcción sostenible de viviendas social en Bogotá	41
Ilustración 26 Propuesta de guía metodológica para la construcción sostenible de viviendas social en Bogotá	42
Ilustración 27 Resultado de someter las muestras a altas temperaturas	49
Ilustración 28. Homogenización del residuo con el estabilizante	54
Ilustración 29 STAB RDC (Acondicionador).....	54
Ilustración 30 Prueba a una muestra con 0% arcilla	55
Ilustración 31 Moldes en proceso de secado.....	56
Ilustración 32 moldes con 3 días de secado	56
Ilustración 33 Ladrillos en con 25% arcilla y 0% arcilla en su composición	57

Resumen:

La población a nivel mundial ha venido en aumento a tales niveles que los alimentos anualmente no son suficientes para cubrir la demanda y los recursos naturales se consumen de manera acelerada, lo cual indica que debemos cambiar los hábitos de vida para lograr un desarrollo sostenible y de esta manera garantizar el acceso a estos recursos a las generaciones venideras, de allí nace la necesidad de llevar a cabo este estudio, el cual consiste en aprovechar los residuos orgánicos generados por una población del país y junto con “STAB RDC” evaluar su comportamiento. El material usado es obtenido de los residuos sólidos domésticos del municipio de Acacias y “STAB RDC”, con el fin de emplearlo en la elaboración de un composito con el fin de realizar unas pruebas mecánicas y así validar su futura aplicabilidad en las construcciones sostenibles en el municipio de Acacias, Meta.

Para dicha aplicabilidad es necesario realizar un análisis siguiendo el reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR – 10) ya que los valores de compresión de las unidades de mampostería de arcilla cocida (ladrillos y bloques) están dados por la NTC 4205 de 2008, esta norma establece los requisitos que deben cumplir los ladrillos y bloques cerámicos utilizados como unidades de mampostería y fija los parámetros con que se determinan los distintos tipos de unidades.

Cumpliendo a lo estipulado en el programa de las naciones unidas para el desarrollo en los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible), los cuales buscan generar en la población un espíritu de colaboración en pro de la mejora de la calidad de vida de manera tal que sea sostenible. El objetivo 9 (Industria, innovación e infraestructura) y el objetivo 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) son los motores del crecimiento y el desarrollo económico ya que más de la mitad de la población vive en zonas urbanas (ONU, 2016).

Este proyecto aprovecha los residuos generados en el municipio de Acacias en el departamento del Meta, ya que este municipio posee una producción de residuos sólidos de 11.700 toneladas por año los cuales se componen con el 80% son residuos orgánicos y una PPC de 0,75, con un incremento de 2,17% anual en su población (Cárdenas, 2007) para disminuir la carga de disposición de residuos de forma que se refleje un ahorro en los gastos de la administración municipal de Acacias.

Palabras clave: Mampostería, STAB RDC, Residuos, Vivienda, Sostenibilidad.

1. Abstract

The population worldwide has been increasing to such levels that food annually is not enough to cover the demand and natural resources are consumed in an accelerated way, which indicates that we must change the habits of life to achieve a sustainable development and this way guarantee the access to these resources to future generations, from there arises the need to carry out this study, which consists in taking advantage of the organic waste generated by a population of the country and together with "STAB RDC" evaluate their behavior. The material used is obtained from the domestic solid waste of the municipality of Acacias and "STAB RDC", with the purpose of using it in the elaboration of a composite with the purpose of carrying out some mechanical tests and thus validate its future applicability in the sustainable constructions in the municipality of Acacias, Meta.

For such applicability it is necessary to carry out an analysis following the Colombian regulation of resistant earthquake construction (NSR - 10) since the compression values of the baked clay masonry units (bricks and blocks) are given by the NTC 4205 of 2008, this The norm establishes the requirements that the bricks and ceramic blocks used as masonry units must meet and sets the parameters by which the different types of units are determined.

Fulfilling the stipulations of the United Nations Development Program in the SDGs (Sustainable Development Goals), which seek to generate a spirit of collaboration among the population in favor of improving the quality

of life in such a way that sustainable. Objective 9 (Industry, innovation and infrastructure) and objective 11 (Sustainable cities and communities) are the engines of growth and economic development since more than half of the population lives in urban areas (UN, 2016).

This project takes advantage of the waste generated in the municipality of Acacias in the department of Meta, since this municipality has a solid waste production of 11,700 tons per year which are composed of 80% organic waste and a PPC of 0.75 , with an increase of 2.17% per year in its population (Cárdenas, 2007) to reduce the burden of waste disposal in a way that reflects savings in the expenses of the Acacias municipal administration.

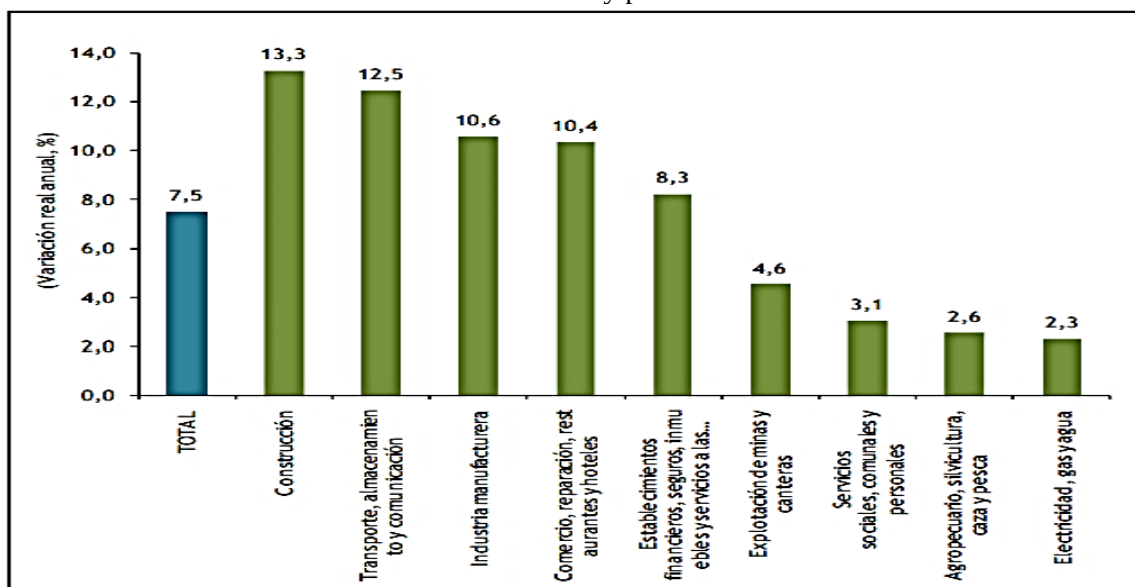
Keywords : **Masonry, STAB RDC, Waste, Housing, Sustainability.**

2. Antecedentes:

En Colombia una de las actividades más dinámicas del país es la construcción, superada solo por el sector de manufactura, comercio y el transporte; durante los últimos años la tasa anual de crecimiento de la construcción se ubicó en niveles superiores al 10% (CAMACOL, 2008), de igual manera la afectación al ambiente también ha ido en aumento, esto se debe a que el sector de la construcción es considerado mundialmente como una de las principales fuentes de contaminación de manera directa e indirectamente en ecosistemas, recursos naturales e impacto a la comunidad (Enshassi, Kochendoerfer, & Rizq, 2014).

La huella ecológica de este sector se refleja en los componentes hídrico, energético y carbono desde el proceso de extracción de materiales, procesamiento y transporte, como en el proceso de construcción y posterior funcionamiento de las edificaciones (Ricardo, 2016). Se estima que la mitad de los recursos que el hombre consume los obtiene de la naturaleza, de igual forma se considera que el 25% de los residuos generados en el mundo son residuos de construcción y demolición (Alarcón, 2005) y que más del 70% de la energía mundial se mueve alrededor del sector de la construcción (Oteiza y Tenorio, 2007) (Citados en Fernandez, 2010).

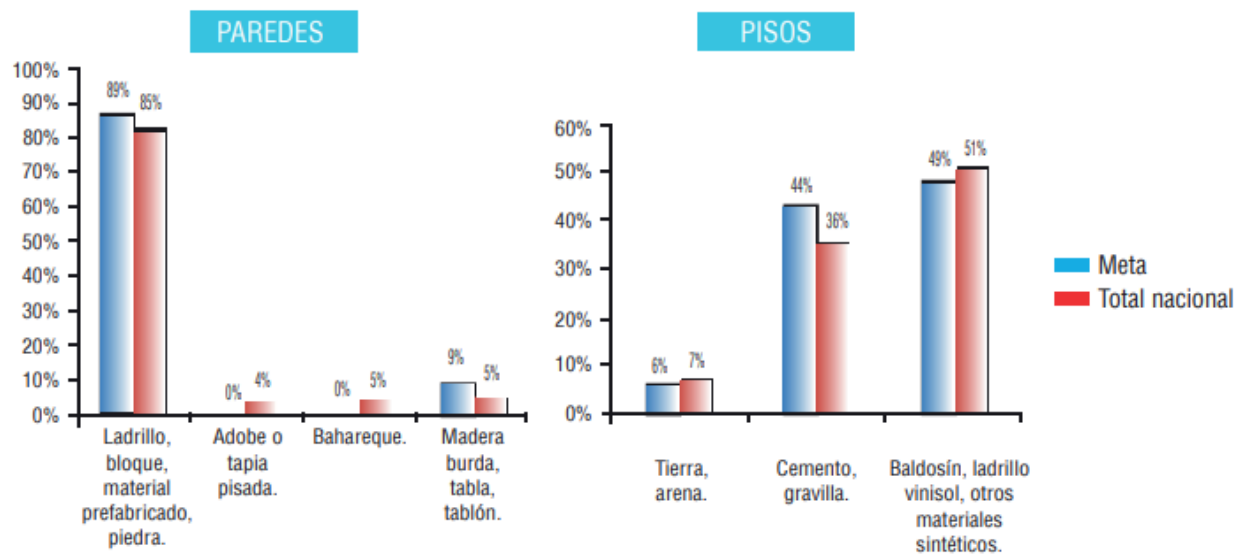
Ilustración 1 Crecimiento del PIB total y por rama de actividad económica



Fuente: (CAMACOL, 2008)

Para el departamento del Meta en materia de infraestructura y vivienda habitable, los datos obtenidos en el año 2013 indican que el 40% de los residentes del departamento del Meta poseen vivienda propia y los materiales predominantes de las paredes son el ladrillo, bloque o material prefabricado (89%), en madera burda, tabal o tablón (9%) de las viviendas y sus pisos son fabricados en cemento, gravilla, baldosín, ladrillo u otros materiales sintéticos.

Ilustración 2: Materiales de paredes y pisos en el departamento del Meta y nivel nacional



Fuente: (PNUD, 2013)

de acero, concreto, vidrio, ladrillo y otros materiales, entre ellos los alternativos y otros. Partiendo de la información suministrada por el informe del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) es el punto de partida para darle paso a otro informe realizado por esta misma organización en el año 2012 “Determinación de propiedades físicas y estimación del consumo energético en la producción de uso no tradicional, utilizados en las construcciones de edificaciones colombianas” en el cual identifican los indicadores de consumo energético y huella ecológica en cada actividad en su ciclo de vida.

Basado en los datos de los informes mencionados anteriormente de las actividades de determinación de consumo energético y huella ecológica de los materiales usados en el proceso constructivo en la ciudad de Cali, brinda una herramienta con la cual empezar a realizar un análisis en el departamento del Meta, partiendo de la premisa que los materiales predominantes en la construcción de viviendas es la misma en las dos regiones como son el ladrillo de arcilla cocida, bloque, material prefabricado, piedra, acero; estos materiales representan altos consumos en los recursos naturales como el agua potable, generación de residuos y una baja tasa de reutilización (Salazar, 2012), de estos problemas identificados surge la necesidad de plantear el uso de nuevos materiales de construcción debido a que el país está comprometido a reducir para el 2030 en un 20% las emisiones de GEI (Gases Efecto Invernadero) (GABFLO, 2016) y este sector realiza un aporte importante a los GEI.

A raíz de la problemática mencionada, han buscado generar alternativas que replacen los materiales que tradicionalmente han sido utilizados, un ejemplo de esto es el uso de la guadua o bambú el cual ha demostrado poseer propiedades aceptables para los procesos de construcción y por este motivo se ha convertido en uno de los materiales más usados en la construcción con materiales alternativos, este material posee una fibra muy fuerte a tal punto que su resistencia a la tracción de más o menos 28,000 N por pulgada cuadrada la cual es muy cercana a la del acero (Nurdiah, 2016).

3. Introducción

Los asentamientos urbanos o rurales, en las ciudades alrededor del mundo, desde su planificación han venido presentando fallas debido a la falta de uso de herramientas de gestión como lo es la gestión integral de los residuos sólidos (Jaramillo, 2010). Para América Latina y el Caribe (ALC), el promedio regional de generación per cápita de Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) y de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es de 0,6 kg/hab/día y 0,9 kg/hab/día, respectivamente. Debido a la alta tasa de generación de residuos sólidos, se ha venido presentando un problema adicional que es la cobertura de

recolección de estos residuos para ALC es de cerca del 89,9% (medido como porcentaje de la población) y la cobertura del servicio de disposición final adecuada en rellenos sanitarios es aproximadamente del 55%, lo cual indica que hay una alta producción de residuos que no se dispone adecuadamente (45%) (Banco Iberoamericano de Desarrollo, 2011).

Para abordar el manejo de los residuos sólidos municipales no es suficiente conocer los aspectos técnicos de la recolección, limpieza de calles y disposición final. Se requiere también aplicar los nuevos conceptos relacionados al financiamiento de los servicios, los enfoques de descentralización y mayor participación del sector privado, los factores concomitantes de salud, del ambiente, de pobreza en áreas marginales urbanas y de educación y participación comunitaria (Rossin, 1997).

Acacias Meta, es un municipio que no está exento de esta problemática, el lugar de disposición de residuos en el municipio actualmente no está funcionando, debido a que las autoridades ambientales lo categorizaron como un botadero a cielo abierto (Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2014), por tanto es indispensable formular estrategias que le den solución a esto y evite problemas ambientales y de salud pública.

Una de esas estrategias es diseñar un sistema de aprovechamiento de los residuos de manera tal que empiece a dejar de ser un problema y empiece a ser una solución. Un ejemplo de esto es el déficit de viviendas en el municipio para las familias de bajos recursos, que es del 10,8% (DANE, 2005), ya que las autoridades locales se ven limitadas a brindar las condiciones aptas para vivir, al establecer la incidencia que esto afecta al municipio se propone alternativas y se encuentra una mitigación a estos problemas presentes, para proporcionar una nueva herramienta hacia la prosperidad del municipio.

De estas problemáticas surge la necesidad de darle solución al ¿Qué hacer con los residuos? Y ¿Cómo darles acceso a familias de bajos recursos a una vivienda digna?, el proyecto actual se basa en la sostenibilidad ambiental, dada la necesidad del manejo de altos impactos ambientales generados por la industria de la construcción y la racionalización de los recursos naturales en el marco del desarrollo sostenible. (Moreno, 2005). Para poder darle viabilidad a esta propuesta es necesario cumplir con los requerimientos mínimos del reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10), el cual se establecen los requerimientos para la mampostería no reforzada y los datos cualitativos de los materiales de construcción para el desarrollo de viviendas entre otros aspectos que son de vital importancia tener en cuenta.

4. Planteamiento del problema:

4.1. Situación insatisfactoria:

El manejo y la gestión de los residuos sólidos en países en vía desarrollo es una actividad que por sus múltiples variables inyectan un grado de complejidad y dificultan la aplicación de las posibles soluciones, estas variables van desde el crecimiento de la población, la cantidad de generación de residuos por parte de la población, la crisis económica, la calidad del servicio de aseo urbano hasta la falta de educación sanitaria y la participación ciudadana (Jaramillo, 1999). Estos aspectos han generado en el ambiente impactos negativos debido al mal manejo y disposición inadecuada de los residuos sólidos, aproximadamente cerca del 75% de los residuos sólidos municipales son de tipo domiciliario, los cuales están compuestos por desperdicios de cocina, papeles y cartón, plásticos, vidrio, metales, textiles y residuos de jardín, tierra etc. Siendo los residuos orgánicos el 80% de los residuos generados en los hogares (Jaramillo, 1999).

El inadecuado manejo y separación de estos residuos sólidos es la problemática que actualmente representa la mayoría de los conflictos ambientales en las principales ciudades del país una evidencia de esto es la reducción en los tiempos de servicio de los rellenos sanitarios, la falta de educación en el manejo de los residuos sólidos en las principales ciudades y ha dificultado en gran aspecto el manejo de los rellenos, según Jaramillo (2003):

“Este es un causal de contaminación de fuentes hídricas, tanto superficiales como subterráneas, por causa de los vertimientos de residuos sólidos en ríos, canales y arroyos, de lixiviados generados en la descomposición de la materia orgánica de los residuos sólidos, lo cual incrementa la carga orgánica y disminuye el oxígeno disuelto, lo cual genera eutrofización del cuerpo de agua y por lo tanto la muerte de peces y diversidad del lugar y en ocasiones la pérdida del espejo de agua. En cuanto a la contaminación del suelo, se da un deterioro estético del terreno por la acumulación de los desechos y de igual manera por la percolación de sustancias contenidas en los desechos por la mala separación en la fuente.”

En Colombia se ha presentado una serie de problemas con los lugares que habían sido destinados para realizar la disposición final de los residuos sólidos, en su mayoría fueron catalogados como botaderos a cielo abierto y fueron cerrados por las autoridades ambientales debido a los problemas sociales y medio ambientales que representaban estos lugares. Según Jaramillo (1991) estos lugares son un área de disposición final de residuos sólidos sin control y sin la adopción de medidas para la prevención y mitigación de los impactos ambientales y sanitarios (erosión, sedimentación, generación de gases y lixiviados, incendios, roedores).

En el municipio de Acacias Meta, como en otros municipios como San Andrés, Bogotá D.C, entre otros, se han presentado problemas con el manejo de los residuos sólidos generados por la comunidad aunque la generación de residuos es diferente para cada municipio, el manejo es muy similar y está dado por la guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios diseñada por Jorge Jaramillo (Jaramillo, 1999).

Para Acacias, la mayor dificultad ha sido el darle un adecuado manejo a los residuos sólidos generados por su población y lograr mantener abierto el lugar que ha destinado para realizar la disposición final de los residuos sólidos, ya que ha sido cerrado por parte de la autoridad ambiental al ser categorizado como un botadero a cielo abierto y no cumplir con el manejo de los residuos sólidos (LLano 7 días, 2012).

Aunque no siempre ha sido así, en ocasiones anteriores Acacias fue elogiada por el gran manejo que les daba a sus residuos sólidos en el Centro Integrado de Recepción de Basuras de Acacias (CIRBA) ubicada en la vereda Montelíbano a 15 Km del casco urbano, en la cual cerca de 40 operarios realizan el proceso de transformación y comercialización de residuos inorgánicos, lo cual permite que los residuos sólidos puedan ser reutilizados en su mayoría (El Tiempo, 2000). Las deficiencias en el CIRBA surgen de la falta de comunicación y coordinación de los entes territoriales encargados de prestar el servicio de aseo (Rodríguez, 2006), ya que no le han dado la relevancia que este centro representa y su capacidad de transformación de residuos sólidos es mucho menor a los residuos generados por la población del municipio de Acacias. Esta mala disposición de los residuos además de los efectos medioambientales, también presenta efectos sobre la salud del ser humano, tales efectos se deben a las enfermedades transmitidas por vectores como ratas, mosquitos, cucarachas, perros y gallinazos (Jaramillo, 1999). Los riesgos identificados de manera indirecta que afectan a la comunidad en general son la propagación de vectores, ya que en estos lugares se presentan las condiciones necesarias para la reproducción de dichos vectores; entre las enfermedades que son transmitidas por los vectores encontramos:

- Fiebre tifoidea
- Gastroenteritis
- Infecciones intestinales
- Diarrea
- Lepra

- Malaria
- Dengue
- Entre otras

(Jaramillo, 1999)

Según la superintendencia de servicios domiciliarios en el país se generó en el año 2015 un promedio de 26.537 ton/año de residuos sólidos, lo que indica un amento en comparación con lo generado en el año 2010 (24.603 ton/año) y un aumento de la población del país; en los últimos años el país ha presentado problemas con el manejo de los residuos debido a la poca separación en la fuente que se presenta en las ciudades del país. La responsabilidad de la gestión de los residuos es responsabilidad de las administraciones municipales y es responsabilidad también de ellos realizar el diseño y los planes educativos para los habitantes con el fin de cumplir con los requerimientos necesarios para un adecuado funcionamiento de estos lugares.

Por esta razón las administraciones municipales deben velar por la efectiva prestación de los servicios públicos y el manejo de los residuos sólidos domésticos, las administraciones directamente o por terceros (POVEDA, 2015).

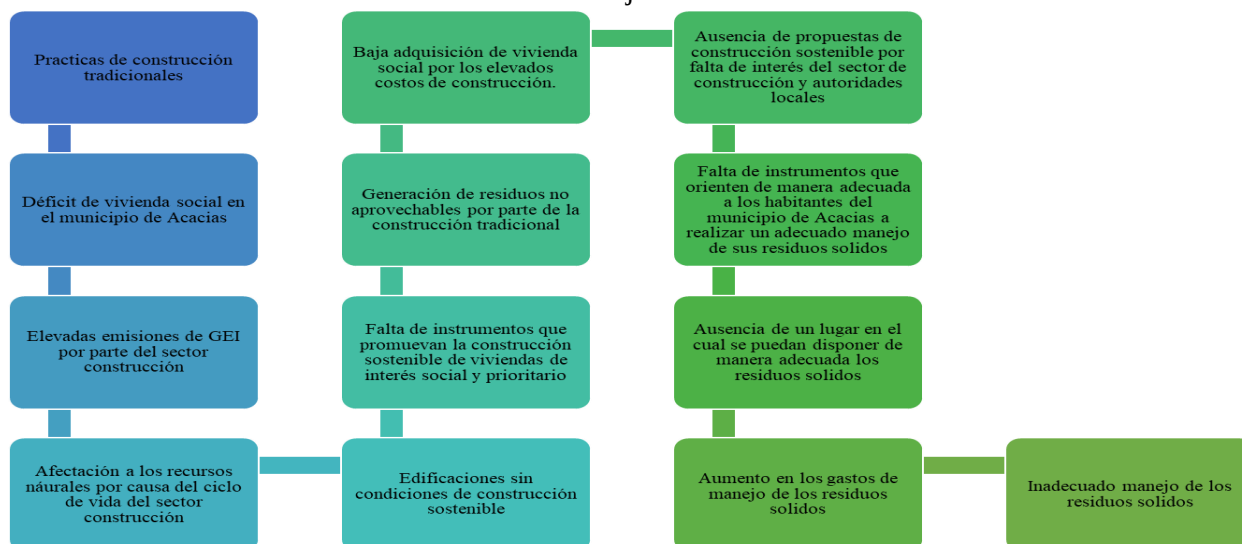
El municipio de Acacias la empresa prestadora de los servicios públicos de aseo, acueducto y alcantarillado se llama ESPA. ESP, esta empresa es la encargada de realizar la disposición final de los residuos sólidos domésticos, comerciales e industriales del municipio de Acacias.

La falta de estrategias de aprovechamiento de los residuos implica que la vida útil de los rellenos sanitarios se acorte y no cumpla con el tiempo de diseño, se sabe hoy que sitios aptos para tal fin escasean y que, además el montaje y operación de estas infraestructuras es inductor de graves conflictos ambientales y sociales (Jaramillo, 1991). Adicional a esto (Henao, 2008) afirma que:

“La academia, los centros de investigación, las corporaciones autónomas regionales, algunas ONG y dependencias ambientales municipales han venido construyendo conocimiento en torno al aprovechamiento, comercialización y utilización de residuos sólidos orgánicos urbanos en Colombia, en aras de contribuir a la racionalización de la gestión integral de estos desechos en el país. Sin embargo, porque dicha información se encuentra atomizada y dispersa, no es fácil acceder a ella, razón por la cual poco aporta a la gestión integral de los residuos sólidos”. P (21)

De esta situación insatisfactoria se logran identificar algunos problemas como se presentan en la ilustración 3

Ilustración 3 Tarjeta de Problemas



Fuente: (Autor, 2018)

4.2. Situación ideal:

Debido a esto es importante generar nuevas alternativas que le den solución a la problemática de disposición final a los residuos sólidos, no solo en su disposición final sino desde el comienzo del ciclo, en la separación en la fuente y dichas alternativas se deben ajustar a las normas y demás aspectos que intervienen y son de vital importancia en la gestión de los residuos sólidos. Como respuesta a las problemáticas mencionadas han surgido documentos como el Conpes 2750 de 1994 y el decreto 2981 de 2013 en los cuales se reglamenta los servicios públicos de aseo en los cuales se especifica el manejo, tarifas y diseños específicos de los rellenos sanitarios para su adecuado funcionamiento, una alternativa de solución es el plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS), en el cual se estipulan actividades como la separación en la fuente hasta la disposición final de manera adecuada, siendo la separación en la fuente la actividad que más beneficios genera en este proceso de manejo de residuos sólidos.

La guía de diseño, construcción y operación de los rellenos sanitarios cumple con el decreto 838 de 2005, decreto 2820 de 2010, resolución 1890 de 2011, el artículo 311 de la constitución política nacional en el cual define “Al municipio como entidad fundamental de la división político-administrativa del Estado le corresponde prestar los servicios públicos que determine la ley, construir las obras que demande el progreso local, ordenar el desarrollo de su territorio, promover la participación comunitaria, el mejoramiento social y cultural de sus habitantes y cumplir las demás funciones que le asignen la Constitución y las leyes” (Republica de Colombia, 1991), la resolución 1045 de 2005 y el decreto 1713 de 2002, nacen con el fin de brindar herramientas necesarias para afrontar la problemática del diseño del lugar adecuado para realizar la adecuada disposición final de los residuos y la gestión integral de los residuos sólidos, mediante el seguimiento e implementación de acciones que permitan darle segundo uso a los residuos sólidos orgánicos, ya que es una estrategia clave para cumplir los objetivos del GIRS.

4.3. Árbol de Problemas:

La administración municipal actual del municipio de Acacias, se ha acogido a las recomendaciones emitidas por la autoridad ambiental con el fin de buscar la reapertura del CIRBA y está desarrollando estrategias en

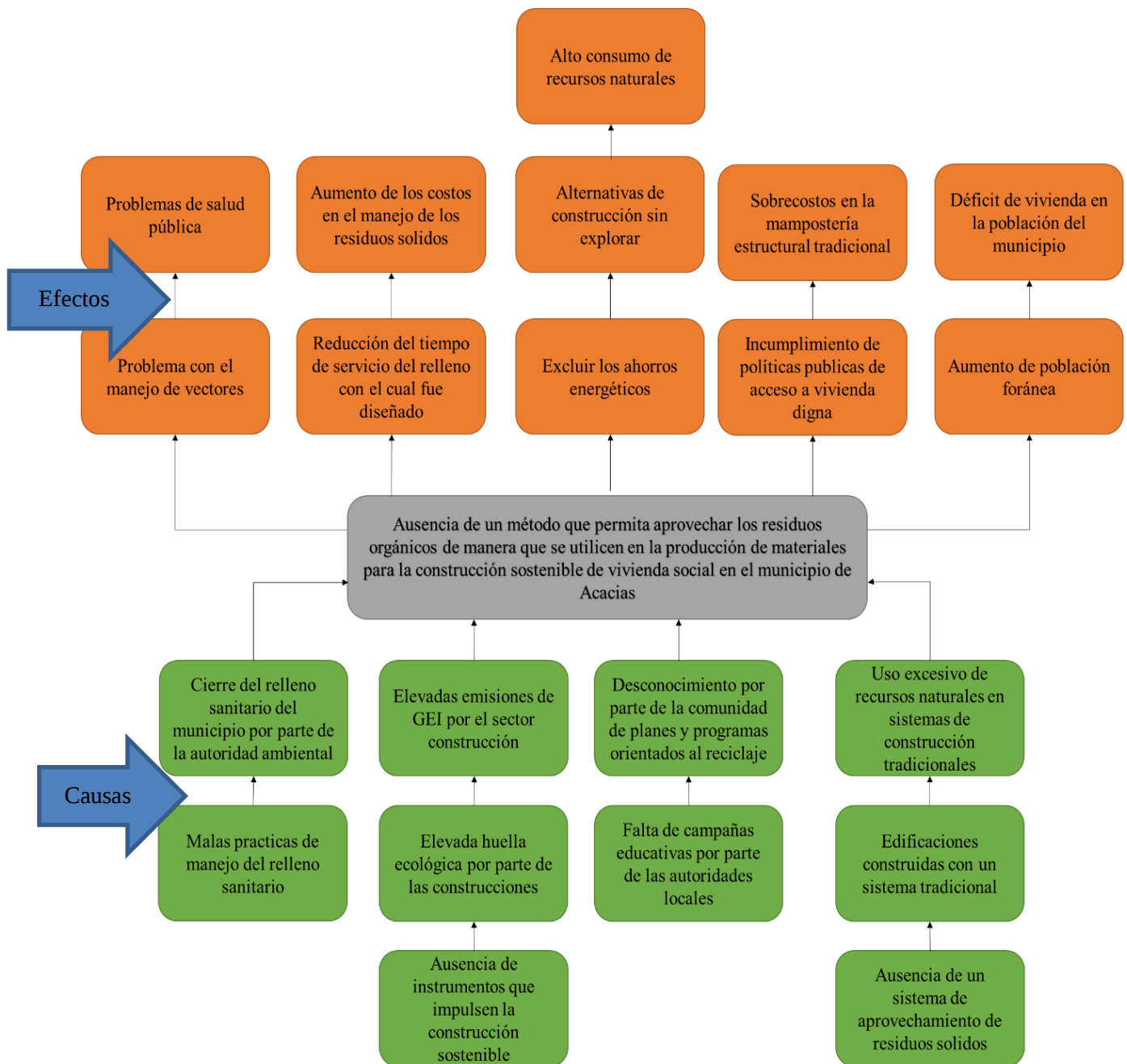
conjunto con la ESPA. ESP, para mejorar la educación con respecto a la separación en la fuente y de esta manera cumplir con las estrategias estipuladas en el PGIRS.

Lo mencionado anteriormente se esboza esta propuesta, teniendo en cuenta las características del municipio, las diferentes falencias y los conflictos que actualmente inciden en la problemática en torno a los residuos sólidos; que se basa en el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en los hogares de los Acacireños, con el fin de poder implementarlos en construcciones sostenibles de manera tal que cumpla con los requerimientos mínimos contenidos en la NSR 10 para ser aplicables en las construcciones sostenibles y más específicamente en las viviendas de interés social y de esta manera cerrar un poco la brecha que existe en el municipio desde el año 2010 en la construcción de viviendas de interés social y prioritario, que deben estar estipulados en el plan de desarrollo municipal; la figura de vivienda denominada VIS (vivienda de interés social) la cual tiene como fin contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de las familias de escasos recursos, entregando subsidios monetarios de acuerdo a las diferentes condiciones socioeconómicas.

Pero en Acacias se presenta un déficit de 10,8% (DANE, 2005) y los esfuerzos para cubrirlo por parte de las autoridades municipales y departamentales es bajo debido a la reducción del sistema de regalías y la falta de proyectos enfocados a disminuir dicho déficit; en cuanto al tema de disposición final de los residuos sólidos y su mal manejo, brindan los insumos necesarios para poder llevar acabo esta propuesta de solución a dos grandes problemas sociales, y por esta razón surge el por qué se realiza este proyecto investigativo focalizado en 3 componentes, el social, ambiental y económico:

Este árbol de problemas es implementado para estructurar el proyecto SARO con el fin de identificar áreas que necesitan intervención, ya que esta herramienta resulta ser útil para un análisis crítico de la estructura del trabajo, partiendo de la identificación del trabajo como se muestra en la ilustración 4 y de esta manera examinar los efectos que provoca este problema sobre la sociedad, ambiente y en la economía y de esta manera poder plantear el objetivo del proyecto y generar una serie de estrategias para darle solución a esta problemática (Martínez, 2009).

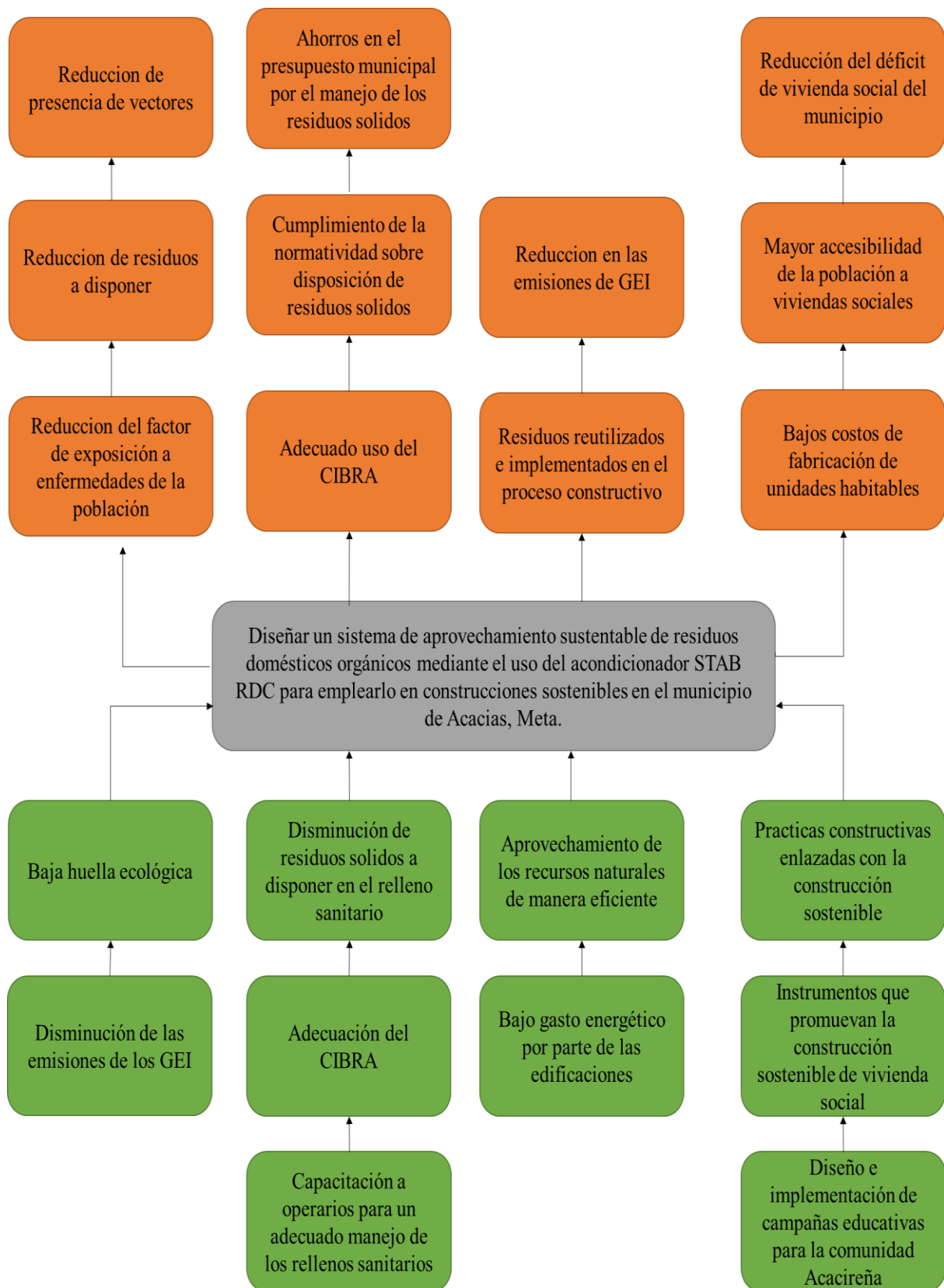
Ilustración 4 Árbol de problemas



Fuente: (Autor,2018)

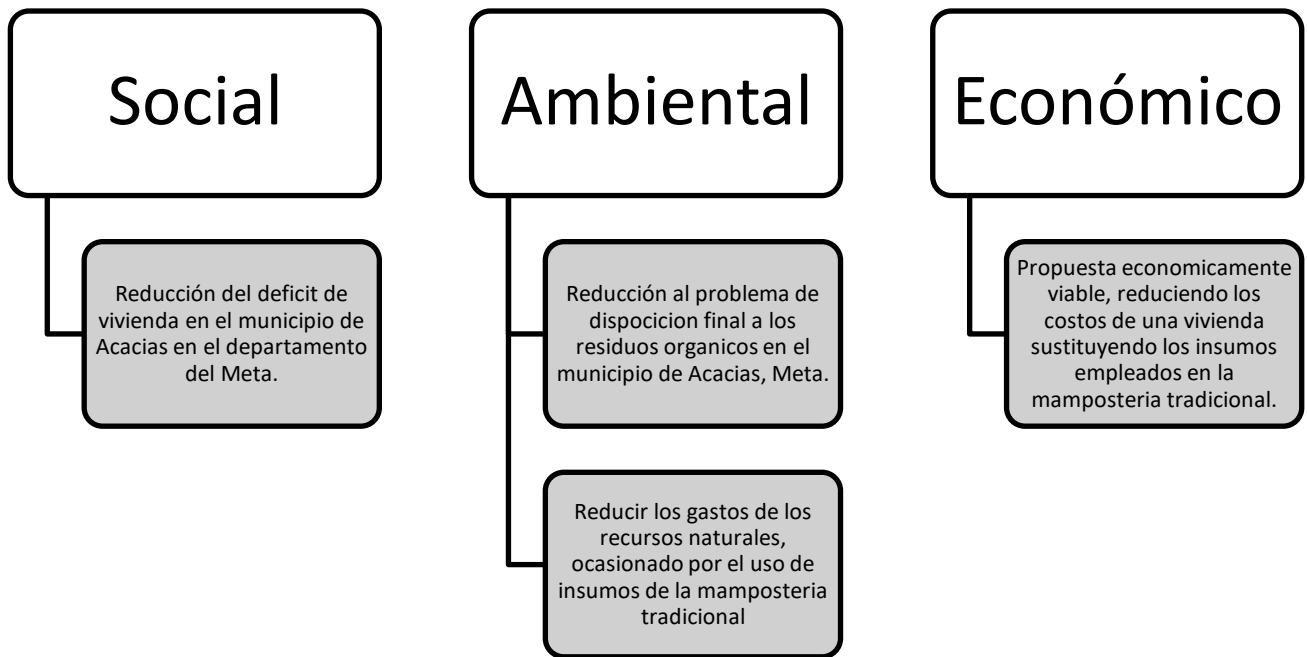
En la ilustración 5 se representa el árbol de objetivos, con el cual se busca creativamente al menos una acción que permita lograr el medio, para lograrlo se analiza su nivel de incidencia en la solución del problema y prioriza las de mayor incidencia, verificado las acciones complementarias definidas por la planificación del proyecto.

Ilustración 5 Árbol de Objetivos



Fuente: (Autor,2018)

Ilustración 6 Aspectos del planteamiento del problema



Fuente: (Autor, 2017)

4.4. Formulación del problema:

Partiendo de los datos mencionados anteriormente, la situación que actualmente se presenta en el municipio, los problemas que se desprenden de la mampostería tradicional y su gran huella ecológica brindan una perspectiva del problema para el municipio de Acacias de manera que lo orienta hacia la **“Ausencia de un método que permita aprovechar los residuos orgánicos de manera que se utilicen en la producción de materiales para la construcción sostenible de vivienda social en el municipio de Acacias”**

5. Justificación

El motivo por el cual se desarrollará este proyecto de investigación surge de una problemática de disposición de los residuos sólidos generados por los cerca de 68.888 habitantes del municipio (DANE, 2008) ya que el lugar que estaba destinado para realizar la disposición final fue clausurado por las autoridades ambientales al ser considerado un botadero a cielo abierto. La cantidad de residuos producidos en la actualidad por la población de Acacias es de 45,000 Kg/día y un total de 16.425 toneladas de residuos por año. Aproximadamente 60% están compuestos de materia orgánica, 25% inorgánicos 15% materiales no recuperables que serán incinerados (ESPA, 2012), lo cual a futuro representará un problema de salud pública y además le está incurriendo al municipio un gasto adicional ya que paga al municipio de Villavicencio para que disponga de manera adecuada sus residuos. Se quiere poder darle un segundo uso a los residuos orgánicos que genera el municipio tal que la comunidad Acacireña se vea beneficiada, en especial los habitantes de bajos recursos que no cuentan con el poder adquisitivo para tener acceso a una vivienda propia, a pesar de los subsidios e incentivos que el gobierno de Colombia ha diseñado para facilitar dicho acceso.

En el país surgen figuras como la denominada VIS (vivienda de interés social) la cual tiene como fin contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de las familias de escasos recursos, entregando subsidios monetarios de acuerdo a las diferentes condiciones socioeconómicas (Silva, 2015). El municipio de Acacias este tipo de proyectos de vivienda presentan un alto déficit de 10,8% y los esfuerzos para cubrirlo por parte de las autoridades municipales y departamentales es bajo debido a la reducción del sistema de regalías (SGR) (DNP, 2015). Según el plan de desarrollo “Para Vivir Bien” no se presentan muchos proyectos que impulsen al cubrimiento de ese déficit y adicionalmente no se cuenta con los recursos suficientes para poder cerrar la brecha. Allí surge la necesidad de poder generar un material que reduzca los costos de construcción de una vivienda de este tipo y además que reduzca los gastos de recursos naturales que se presentan en la construcción tradicional con ladrillo hueco de arcilla cocida.

La importancia de esta investigación se ve reflejada en el impacto social que se tendría si el material obtenido de los residuos orgánicos y el “STAB RDC” resulta ser óptimo y obtiene los valores estipulados por la norma de sismo resistencia NSR-10 para la construcción de viviendas de interés social; se les facilitaría el acceso a muchas familias de escasos recursos reduciendo su costo de fabricación. En materia ambiental, los beneficios por la reducción de gastos de los recursos naturales en especial el aire, al reducir el gasto de los ladrillos huecos de arcilla cocida, reduciendo las emisiones atmosféricas de material particulado por la quema de combustible bien sea madera o carbón para el funcionamiento de la ladrillera (MARÍN, 2015), presente en este municipio (Ladrillera del Meta).

6. Objetivos:

6.1. Objetivo general

- Diseñar un sistema de aprovechamiento sustentable de residuos domésticos orgánicos mediante el uso del acondicionador STAB RDC para emplearlo en construcciones sostenibles en el municipio de Acacias, Meta.

6.2. Objetivos Específicos

- Elaborar un composito a partir de material orgánico generado en un hogar con el acondicionador «STAB RDC».
- Verificar los valores obtenidos en la prueba mecánica aplicada al material con el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, Título D- Mampostería Estructural, para así validar su implementación en las construcciones sostenibles.
- Realizar una propuesta preliminar de diseño y construcción sustentable de una vivienda con ayuda de la guía metodológica para la construcción sostenible y productiva de vivienda social que se adapte a los requerimientos de la población Acacireña.

7. Marcos de referencia

7.1. Estado de arte

En Colombia existen varios ejemplos positivos de estaciones de recuperación de materiales en municipios a lo largo y ancho de la geografía nacional. Por ejemplo, en la ciudad de Manizales ha funcionado una de las mayores plantas de separación de materiales. En Bucaramanga se ha desarrollado un proceso importante de separación en la fuente y recolección selectiva. En Colombia, aproximadamente 60 % de los residuos de cartones y papeles son generados por el comercio, 26 % por la industria y 14 % es generado por los hogares. El papel corrugado ha tenido una alta recuperación en nuestro país, del total de papeles y cartones recolectados. De otro lado, también hay experiencias exitosas especialmente en grandes industrias de papel y metales.

La situación actual en cuanto a la protección del medio ambiente nos presenta la oportunidad de estudiar cómo la industria de la construcción en Colombia está aportando a esta problemática. En Colombia se están empezando a implementar en edificaciones de grandes superficies, pero no en construcciones de viviendas unifamiliares. Existen variedades de sistemas sostenibles que pueden ser enfocados en la construcción de viviendas, pero es evidente la falta de conocimiento de estos y políticas claramente definidas por parte de las entidades encargadas, que orienten y motiven a las empresas del sector y a los usuarios de este tipo de edificaciones.

Los materiales compuestos desde hace años han sido empleados por la humanidad con el fin de aumentar la resistencia a los materiales ya sea en la construcción o en otros ámbitos como la aleación de metales usados en la fabricación de armas. El ámbito de la infraestructura, era usado en la fabricación de ladrillos de adobe, en este caso, se le agregaban fibras naturales como la paja o el bambú (Luis & Vargas, 2007); estas combinaciones se realizaban con el fin de mejorar ciertas características como la baja densidad, resistencia y rigidez a esfuerzos, lo que les daba una superioridad sobre los materiales empleados tradicionalmente.

Las fibras naturales fueron las pioneras en el uso de refuerzos en la cotidianidad, fue hasta el desarrollo de otro tipo de fibras como la de vidrio, resinas sintéticas y la fibra de carbono las que empezaron a desplazar el uso de las fibras lignocelulósicas e impulsar y orientar el consumo hacia el uso de plásticos y con este incremento los problemas ambientales que el mundo está presentando con la demanda de estos compuestos sintéticos.

Tabla 1: Ventajas y desventajas de los compuestos con fibras vegetales

Ventajas	Desventajas
Ambientalmente amigables en producción, procesado, aplicación y desecho	Su producción depende de las condiciones naturales no controlables
Uso de recursos anualmente renovables	Las fibras no son homogéneas
Muy poca energía empleada	La preparación de las fibras llevan trabajo y tiempo
Métodos de producción tradicionales	Las variaciones en sus propiedades dependen de las propiedades inherentes de las fibras
Mejor elasticidad	Se requieren grandes áreas de cultivo y grandes montos de materia prima
Absorción de sonido y vibración	Al aplicar presión al material y la baja densidad
Baja densidad	La falta de conocimiento de la zona para obtener los mejores resultados del cultivo

El precio es de dos a tres veces más bajo	Poseen un enlace débil
100% degradable	
Liberan menos calor y gases a la atmosfera como CO ₂ y CO	

Fuente: (Luis & Vargas, 2007)

Algunos residuos producidos por las fibras de papel kraft fueron agregados en el proceso de producción de ladrillos de arcilla, lo que se buscaba era incrementar la porosidad de los ladrillos, ya que la porosidad representa la capacidad aislante de los ladrillos; con esta fibra se observaron resultados aceptables en las características mecánicas y que la fibra puede ser usada como agente formador de poros (Demir, Serhat Baspınar, & Orhan, 2005). Este es un ejemplo de los diversos usos que se le ha dado a la fibra de papel en la construcción; los paneles de papel elaborados por cualquier método, bien sea por compresión o por mezcla con pegamento se hicieron muy populares, al ser materiales económicos y fáciles de obtener, tanto así que el domo de la sala de lectura en la biblioteca británica fue construido en 1885 con este tipo de materiales y aun hoy en día se mantiene ((White et al, 1999) (citado por (Luis & Vargas, 2007)).

En la universidad de Delawer, investigaron sobre el uso de triglicéridos de frijol de soya como material puro en la síntesis de nuevos polímeros, este material obtenido es combinado con fibras naturales de linaza, cannabis industrial, plumas de gallinas, entre otros, de manera tal que pueda ser empleado en la construcción de vigas; estas vigas fueron falladas y se caracterizaron por la resistencia, la rigidez y modos de falla. (Shenton & Wool, 2004) citado por (Luis & Vargas, 2007).

En la universidad de Missouri, realizaron un estudio en el cual hacían uso de vástagos de trigo y hojas de piña para poder conseguir las propiedades mecánicas requeridas del composito, de manera tal que pueda ser implementado como material de construcción de viviendas (Thomas & Pothan, 2009). Lo que se busca con este estudio, entre otras cosas, es orientar a los usuarios promotores de vivienda y consumidores finales sobre la existencia y métodos de sistemas sostenibles que pueden ser implementados en las construcciones de viviendas, llevando a cabo una pronta implementación de los mismos y así contribuir a la preservación del medio ambiente y a una mejor calidad de vida de la población nacional.

Al comparar la construcción convencional, la mayoría de los materiales utilizados tienen altos costes medioambientales, ya que precisan un elevado gasto energético para su extracción, transporte y transformación. (Colegio oficial de aparejadores, arquitectos e ingenieros de edificación de la región de Murcia, 2012). Como consecuencia se está realizando una sobreexplotación de recursos y un imparable aumento de residuos que además de ocupar un gran volumen no son biodegradables o su tratamiento tiene un costo elevado.

7.2. Conceptual:

7.2.1. Viviendas de Interés Social

Es aquella que reúne los elementos que aseguren su habitabilidad, estándares de calidad en diseño urbanístico, arquitectónico y de construcción cuyo valor máximo es de ciento treinta y cinco salarios mínimos legales mensuales vigentes (135 SMLM) para garantizar el derecho a la vivienda de los hogares de menores ingresos (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, 2014)

7.2.2. Viviendas de Interés Social Prioritaria

Es aquella vivienda de interés social cuyo valor máximo es de setenta salarios mínimos legales mensuales vigentes (70 SMLM). (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, 2014).

7.2.3. Material alternativo de construcción:

La mayoría de materiales alternativos de construcción provienen de desechos, cualquiera que sea su origen, domésticos o industriales, la necesidad de dar nuevos usos a los residuos sólidos debido a su incapacidad de disponerlos correctamente trajo consigo la posibilidad que algunos materiales pudieran ser usados en las industrias de la construcción, así como hicieron con las llantas viejas, las cuales fueron usadas como cubiertas impermeables (all, 2012) y otros usos que actualmente se le dan a los materiales alternativos de construcción.

7.2.4. “STAB RDC”

Es un acondicionador de suelo a base de Carbonato, con contenido de Calcio y óxido de Magnesio que, mezclado al suelo, genera un cambio de estado hidratado a estado sólido, con incremento en capacidad portante, adicionalmente, elimina el olor característico y genera un encapsulamiento químico, además facilita la eliminación y migración de lixiviados y metales pesados (INGESLAB SP LTDA, 2016)

7.2.5. Desarrollo Sostenible:

Es aquel que satisface las necesidades de la población presente sin comprometer los recursos de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Fernandez, 2010)

7.2.6. Construcción Sostenible:

Es el uso de mejores prácticas durante todo el ciclo de vida de las edificaciones (diseño, construcción y operación), las cuales aportan de forma efectiva a minimizar el impacto del sector de la construcción en el cambio climático por sus emisiones de gases de efecto invernadero, el consumo de recursos y la pérdida de biodiversidad (CCCS, 2016)

7.2.7. Huella Ecológica:

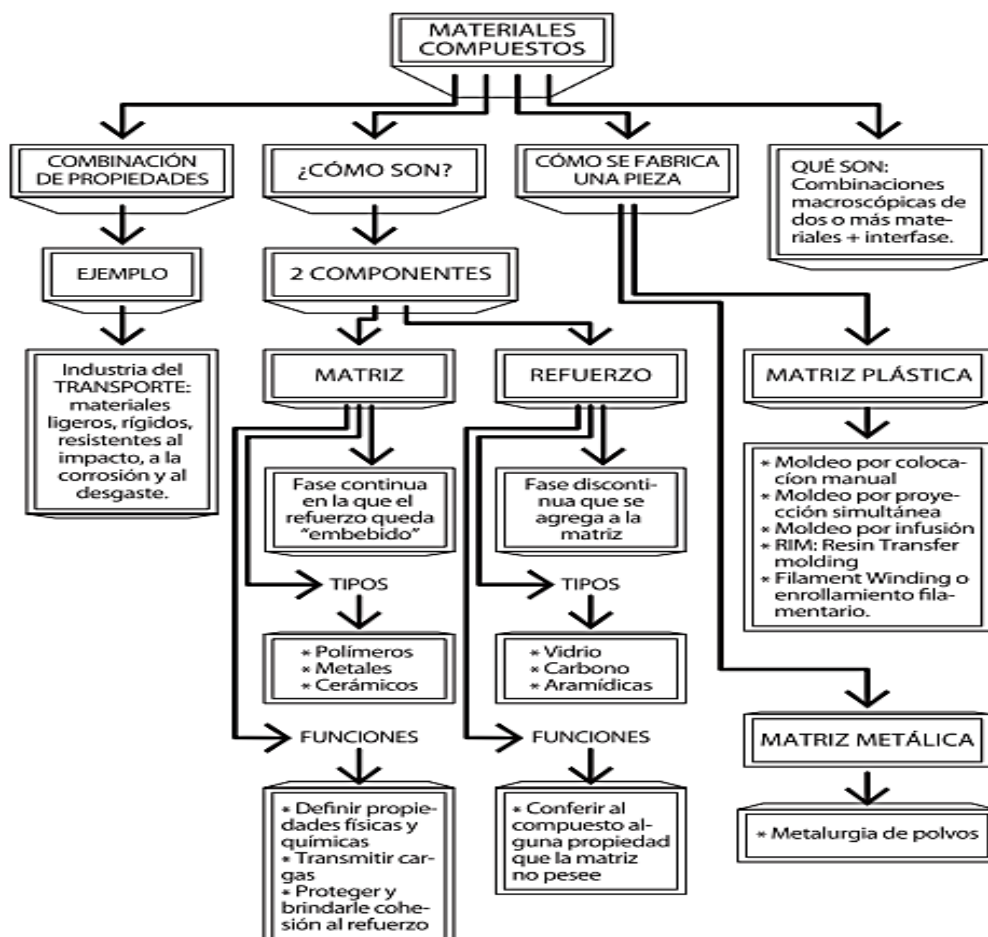
Es el área total de tierra productiva y de agua que se necesita continuamente para poder producir todos los recursos consumidos y asimilar todos los desechos producidos por una población definida sin importar la ubicación en el planeta (MIN AMBIENTE, 2010).

7.3. Teórico:

El STAB RDC es un acondicionador de suelo a base de Carbonato, con contenido de Calcio y Oxido de Magnesio al suelo, genera un cambio de estado hidratado a estado sólido, con incremento en su capacidad portante, adicionalmente, elimina el olor característico y genera un encapsulamiento químico. STAB RDC facilita la eliminación y migración de lixiviados y metales pesados; este producto no representa ningún riesgo de intoxicación, cuando se maneje se recomienda usar guantes, ropa de trabajo, gafas y mascara. El uso de carbonato de calcio se ha usado como aditivo en la producción de ladrillos de cerámica roja y ha sido objeto de estudio por distintos autores, por ejemplo (Díaz, 2011) analiza la influencia de la finura de molido del carbonato de calcio en las propiedades físico mecánicas y de durabilidad de los ladrillos de cerámica roja, mediante ensayos físico-mecánicos y de envejecimiento acelerado, concluye que el carbonato de calcio influye negativamente en las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos de cerámica roja cuando es llevado a finuras de $297\mu\text{m}$ pero a partir de los $150\mu\text{m}$ resulta ser beneficiosa en la calidad del material, adicionando menos del 10% del peso de la arcilla lo cual da una aproximación del comportamiento del acondicionador STAB RDC.

El uso del composito o materiales compuestos es construido por dos o más componentes cuyas propiedades son superiores a las que cada uno posee de manera individual, estas combinaciones en los compuestos bien diseñados hacen que estos materiales tengan muchas aplicaciones y respondan a muy variadas exigencias constructivas, regularmente el composito es elaborado con materiales poliméricos con el fin de evaluar su comportamiento y validar su aplicabilidad (Stupenengo, 2011)

Ilustración 7 Características de los materiales compuestos



Fuente: (Stupenengo, 2011)

La manera en la cual se evalúa su aplicabilidad corresponde a la normatividad local, los compositos pueden brindar alternativas constructivas al realizar variaciones en los componentes que tradicionalmente se usan con el fin de poder disminuir su huella ecológica. Colombia cuenta con un organismo normalizador llamado ICONTEC el cual emitió una norma técnica con la ayuda de un comité experto en temas de construcción como lo es la ladrillera Santafé, Universidad Javeriana, Ladrillera nacional, entre otros, en la cual se pretendió cubrir los procedimientos de muestreo y ensayos de unidades de mampostería de arcilla, en los cuales se incluyen el módulo de rotura, resistencia a la compresión, absorción de agua, coeficiente de saturación, entre otros procedimientos que deben cumplir con unos valores mínimos para validar su uso, basándose en normas internacionales como la ASTM E6 “Definiciones de términos relacionados a los métodos de pruebas mecánicas” en la norma NTC 4017 – 2005 establecen los valores mínimos y máximos que deben poseer las unidades de mampostería de arcilla, siendo los valores de compresión mínimo ≥ 30 y máximo $\leq 50 \frac{Kgf}{cm^2}$ (Rincon, Rozo, Molina, & Álvarez, 2014).

Una de las fuerzas dinámicas que mueven el desarrollo social, requiere especial atención el sector de la construcción, dado su alcance y su alto impacto en el hábitat; abordar la problemática ambiental desde la perspectiva de la influencia del desarrollo urbanístico, requiere una identificación y caracterización de una serie de variables que intervienen en este proceso. Los procesos constructivos involucrados en la fabricación y procesamiento de insumos para la construcción junto al desarrollo mismo de la industria de la edificación, hacen del sector uno de los de mayor importancia en la economía nacional. Según CAMACOL (Cámara Colombiana de la Construcción), la construcción representa el 6,2% del PIB (Hart, 2009) y un 5,1% del empleo (DANE, 2008). Además de ser un gran generador de empleo y de ingresos es un sector que demanda una gran cantidad de recursos naturales.

Una rama de la arquitectura busca integrar el diseño de elementos que armonicen y optimicen las edificaciones en todas sus fases de producción, con el medio ambiente y el desarrollo socioeconómico de las comunidades (Pérez, 2007). A esto se le suma una necesidad de vivienda que tiene que cubrir el gobierno central y es la de vivienda de interés social y de interés prioritario (VIS y VIP). Pero como ya se mencionó esto afecta de manera directa los recursos naturales, de allí surge la necesidad de desarrollar este proceso constructivo con materiales alternativos para este proceso constructivo.

Con el propósito de iniciar un cambio en los sistemas tradicionales de construcción empleados en Colombia de manera tal que este sea responsable con el entorno intervenido y con el consumidor final de los bienes fabricados, surgió el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible en el año 2008; este concejo se basa en los siguientes pilares:

- Educación: trabajar para fortalecer el conocimiento sobre construcción y urbanismo sostenible.
- Política pública: Trabajar con los gobiernos para gestionar y apoyar la formulación de políticas de producción y consumo responsable para el sector.
- Gestión técnica: trabajar para fortalecer la institucionalidad del CCCS e incrementar en la participación de sus miembros con el fin de multiplicar la red. (CCCS, 2008)

De esta manera le abre un espacio al termino construcciones sostenibles, se pretende realizar mejores prácticas en el ciclo de vida de las edificaciones, con el fin de aportar a minimizar los impactos del sector constructivo (GEI, consumo de recursos naturales, RDC, pérdida de biodiversidad)(CCCS, 2008). El empleo de esta nueva modalidad de construcción genera contundentes beneficios al generar en 30% de ahorro de energía, 35% de carbono, entre 30% y 50% de agua y entre 50% y 90% de los desechos, sin contar la mejora en la salud y la productividad de quienes habitan en la vivienda (Gordillo Bautista & Loaiza Elizalde, 2017).

El acuñar nuevos conceptos en este sentido, ha generado controversias por algunos sectores económicos que califican el termino de desarrollo sostenible como ecolatría y fundamentalismo diciendo que lo único que protegerá el ambiente y los recursos naturales es la producción industrial cero (Acosta, 1986). Existen tres elementos como lo es

“la integración de las condiciones medioambientales en la toma de decisiones de la política económica, incorporar un compromiso ineludible con la equidad con las mejoras en los niveles de vida de los pobres con la justa distribución de la riqueza; la equidad no solo refiriéndose a las generaciones futuras, sino también de las presentes y por último que el desarrollo no debe ser equivalente a crecimiento; el concepto de desarrollo incorpora elementos no monetarios como la calidad de vida o bienestar de la población.” (Jacobs, 1997).

7.4. Normativo:

Tabla 2 Marco Normativo

NORMAS AMBIENTALES	DESCRIPCIÓN
Ley 9 de 1979	Código Sanitario Nacional (compendio de normas sanitarias para la protección de la salud humana)
Ley 99 de 1993	Crea el Ministerio del Medio Ambiente, reordena el sector público en materia ambiental, organiza el Sistema Nacional Ambiental SINA y dicta otras disposiciones
Decreto Ley 2811 de 1974	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente
Resolución 0549 del 2015	Parámetros y lineamientos de construcción sostenible y se adoptan la guía para ahorro de agua y energía en edificaciones
Ley 164 de 1994	Ratifica el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático
Ley 629 de 2000	Aprobación del Protocolo de Kyoto
Ley 30 de 1990	Ratifica el convenio de Viena para la protección de la capa de ozono
Ley 45 de 1983	Ratifica el convenio de las Naciones Unidas para la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural
Resolución 0549 de 2015	Reglamenta los Parámetros y Lineamientos de Construcción Sostenible y se adopta la Guía para el Ahorro de Agua y Energía en Edificaciones, del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio
Decreto 2981 de 2013	Reglamenta la prestación del servicio público de aseo
NORMAS TÉCNICAS	DESCRIPCIÓN
NTC 296	Dimensiones modulares de ladrillos cerámicos
NTC 4017	Método de ensayo para unidades de mampostería de arcilla cocida
NTC 4026	Unidades bloques y ladrillos de concreto para mampostería estructural
NTC 4205	Unidades de mampostería de arcilla cocida (ladrillos y bloques)
ASTM 109	Método de Prueba Estándar para la Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico

Fuente: (Autor,2018)

Es importante resaltar que estas normas, están compiladas en el reglamento sismo resistente de Colombia (NSR10)

7.5. Marco geográfico y socioeconómico:

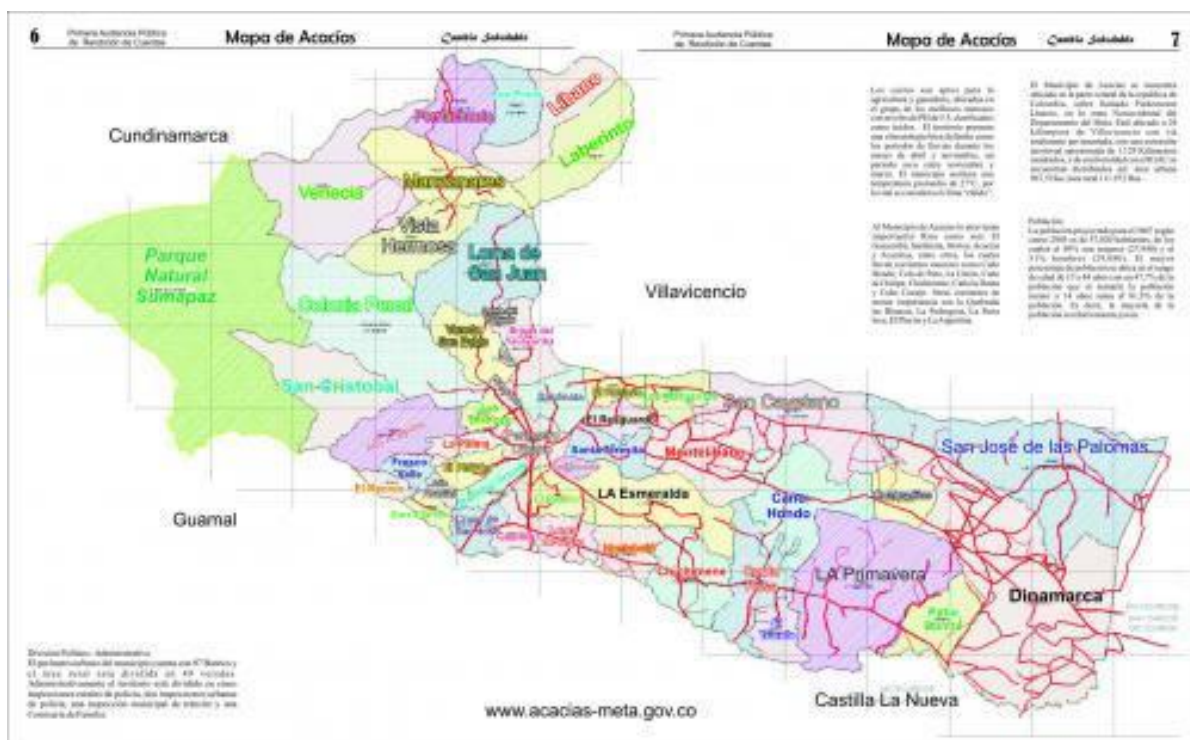
Este capítulo se busca brindar un acercamiento a las características del territorio, ya que estas son de gran importancia en el momento de tener que aplicar la guía metodológica para la construcción sostenible y productiva de vivienda social.

7.5.1. Marco geográfico:

El municipio de Acacias se encuentra ubicado en el departamento del Meta, limitando al norte con Villavicencio, al sur con Castilla la Nueva y Guamal, al suroriente con San Carlos de Guaroa y al noroccidente con el departamento de Cundinamarca. Este municipio tiene una extensión de 1.169 kilómetros cuadrados a una altura de 498 m.s.n.m. y una temperatura media de 24°C.

El municipio cuenta con una gran cantidad de cuerpos hídricos, los cuales le dan total cobertura al territorio, entre los cuerpos más importantes encontramos, el río Acacias, Guayuriba, Sardinata, Orotoy, entre otros. La principal actividad económica de los habitantes es el sector agropecuario, de igual manera los procesos artesanales de mediana y pequeña escala, la minería y la explotación petrolera se presentan en la zona con gran fuerza, ocupando en gran parte a la mano de obra local, por último, el sector comercial ha venido creciendo en los últimos 5 años

Ilustración 8: Ubicación del municipio de Acacias



Fuente: Alcaldía de Acacias, 2017

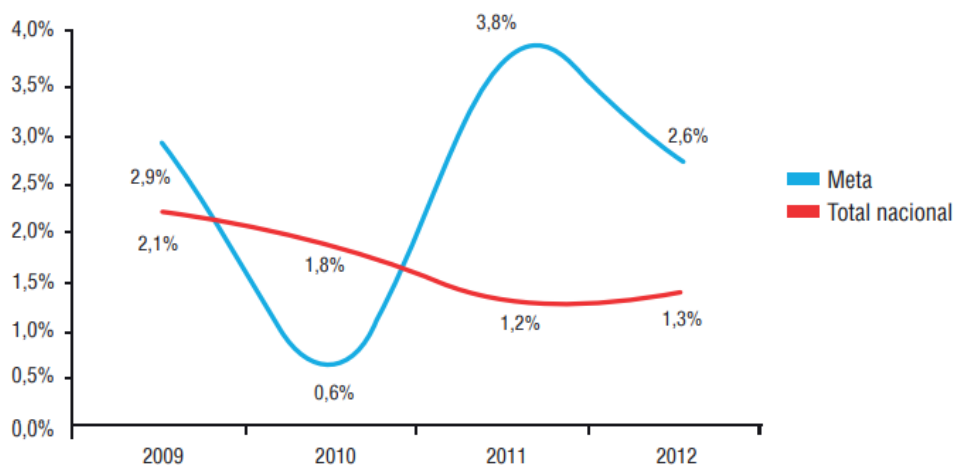
7.5.2. Marco socioeconómico

El departamento del Meta, se encuentra en el centro del país en una zona de convergencia intertropical, lo cual indica que es una zona de alta pluviosidad en los meses de marzo a noviembre y un periodo seco entre diciembre y marzo (Agencia Nacional de Hidrocarburos & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2014) cuenta con 29 municipios, en los últimos años este municipio (Acacias) ha incrementado su participación en la explotación de minas y canteras, en especial la extracción de petróleo crudo y gas natural, pasando del 29% al 58% durante el periodo de 2000 y 2013, representando a nivel nacional el 49% de la extracción de petróleo crudo y gas natural.

El departamento y el país han intentado reducir la mortalidad por EDA (Enfermedades Diarreicas Agudas), en menores de 1 año para el periodo 2012 registraron 109 defunciones implementando estrategias de control a vectores, debido a que en su territorio se presentan las condiciones

necesarias para la reproducción de dichos vectores, lo cual dificulta en gran manera su total erradicación, adicional a las EDA encontramos las muertes por malaria y dengue, ya que su transmisión se da con ayuda de vectores.

Ilustración 9: Mortalidad por EDA en menores de 1 año en el departamento del Meta y nivel nacional (2009-2012)



Fuente: PNUD,2012

8. Metodología

El enfoque de este trabajo es de tipo mixto ya que existe una combinación entre los enfoques propuestos por Sampieri en su libro metodología de la investigación, entre el enfoque cuantitativo el cual representa un conjunto de procesos que son usados para probar una hipótesis con base en la medición numérica para establecer patrones de comportamiento y probar teorías (Sampieri, 2010). Este tipo de investigación es deductivo dado que partimos de lo general como lo son las construcciones sostenibles y los materiales que ya se han venido empleando hacia algo particular como desarrollar y evaluar un nuevo material y conocer si resulta ser óptimo para su aplicación en este tipo de construcciones.

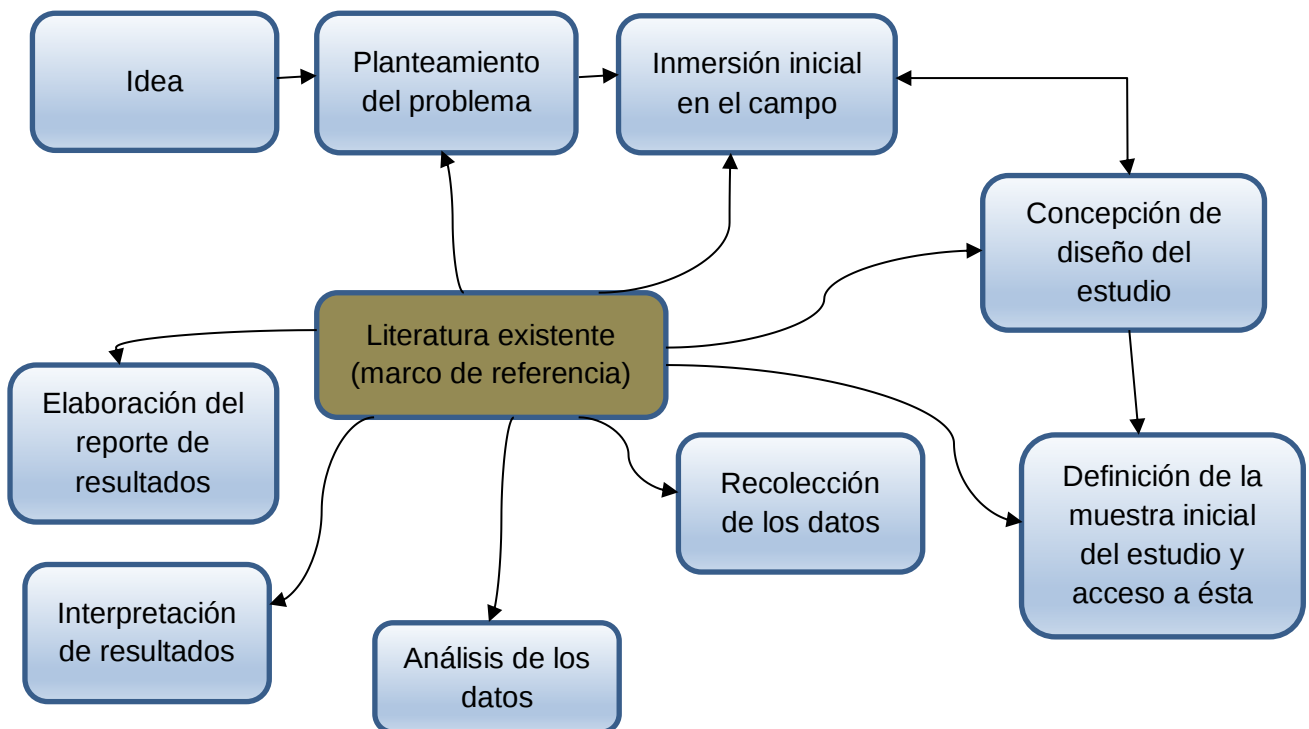
Ilustración 10 Proceso cuantitativo



Fuente: (Sampieri, 2010)

El enfoque cualitativo emplea la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación se orienta por temas significativos de investigación y los datos obtenidos pueden ser descripciones detalladas, eventos, personas, interacciones, entre otras (Sampieri, 2010)

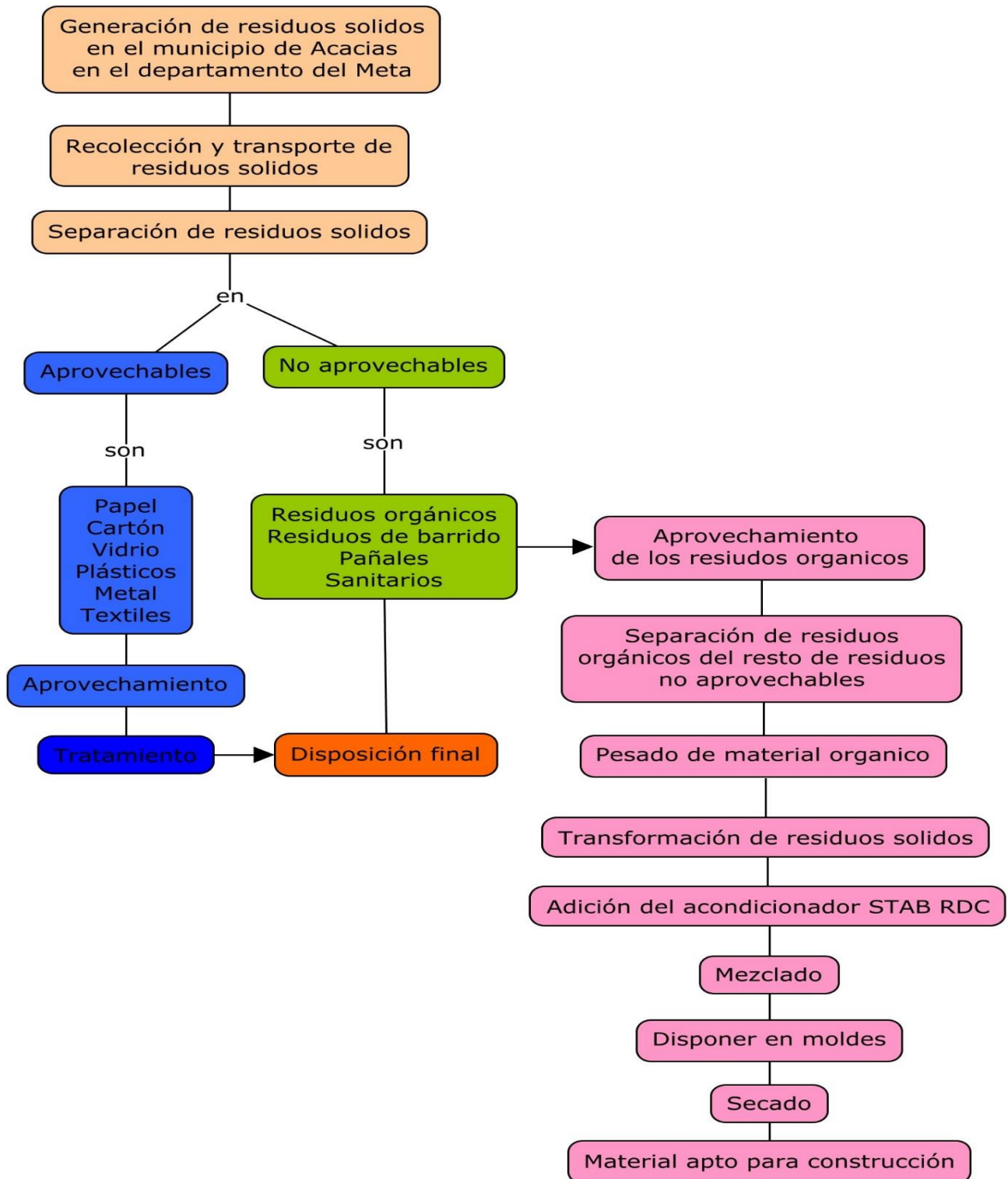
Ilustración 11 Proceso cualitativo



(Sampieri, 2010)

Lo mencionado anteriormente, se toma como base para el diseño metodológico de la investigación, para llevarla a cabo, fue necesario la revisión bibliográfica con el fin de poder orientar y direccionar el proceso de investigación de manera adecuada en la elaboración de los ladrillos, los pasos que se llevaron a cabo fueron los siguientes:

Ilustración 12 Aprovechamiento de residuos orgánicos



Fuente: (Autor, 2018)

Tabla 3 Matriz metodológica

El uso de esta tabla metodológica permite presentar de manera clara como se llevó a cabo el cumplimiento de cada objetivo, las actividades realizadas, los instrumentos usados, los métodos y resultados obtenidos de cada actividad; esto con el fin de conocer el desempeño en cada etapa del proyecto y presentar de manera adecuada como se llevó a cabo el proyecto.

Problema	Objetivos	Actividades	Instrumentos	Métodos	Resultados
“Ausencia de un método que permita componer un sistema de aprovechamiento de residuos sólidos de manera tal que su enfoque sea hacia la construcción sostenible de viviendas de interés social y prioritario”	Elaborar un composito a partir de material orgánico generado en un hogar con el acondicionador «STAB RDC».	Selección de material orgánico a transformar de los residuos solidos	Ficha de registro de datos	Observación experimental	Residuos orgánicos producidos en las viviendas del barrio seleccionado
		Transformación de los residuos orgánicos.	Molino manual	Observación experimental	Una mezcla homogénea de residuos lista para mezclar con el acondicionador de suelo
		Mezcla de residuos orgánicos transformados con el acondicionador STAB RDC.	Mezclado manual	Observación experimental	Mezcla homogénea obtenida del mezclado manual de los residuos sólidos con el acondicionador
		Determinar contenido de humedad	Horno, Balanza	Observación experimental	Valor del porcentaje de humedad del composito
		Armado de muestras	Manualmente	Observación experimental	Muestras listas para proceder al secado
		Secado	Sol	Observación no experimental	Tiempo necesario para que el acondicionador de suelo reaccione y ocurra el cambio de estado hidratado ha solido, conteniendo la lixiviación.
		Probeta terminada	Moldes	Observación no experimental	Probeta libre de cualquier líquido, lista para pasar al proceso de fallado.

		Fallado de las probetas	Prensa de compresión	Observación no experimental	Datos de compresión de las probetas avalando o descartando su aplicabilidad en construcciones.
	Verificar los valores obtenidos en la prueba mecánica aplicada al material con el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, Título D- Mampostería Estructural, para así validar su implementación en las construcciones sostenibles.	Diligenciar el formato de seguimiento de las probetas	Excel	Observación no experimental	Hoja con los valores de resistencia a la compresión con los días de curado pertinentes
		Revisión de documento	Trabajo de grado	Análisis documental	Comparación de valores obtenidos con la normatividad correspondiente
	Realizar una propuesta preliminar de diseño y construcción sustentable de una vivienda con ayuda de la guía metodológica para la construcción sostenible y productiva de vivienda social que se adapte a los requerimientos de la población Acacireña	Ajuste a nuevas características del territorio	Ficha de registro de datos	Análisis documental	Nueva propuesta de diseño de construcción sustentable de viviendas sociales.
		Viabilidad económica	Software y ficha de registro de datos	Análisis documental	Conocer su viabilidad económica y saber si se puede llevar a cabo

Fuente: (Autor, 2018)

8.1. Alcance y limitaciones:

Las posibles limitaciones para el presente proyecto surgen a raíz de que la materia orgánica dispuesta en los residuos sólidos no es muy empleada para la construcción puesto que los residuos orgánicos presentan una serie de características que limitan su uso como: Generación de lixiviados debido a que es un material putrescible y por estas razones no ha sido muy usado en el ámbito de la construcción. Además de esto se le suma a que los residuos orgánicos generalmente se encuentran combinados con otra serie de residuos como los plásticos o el papel, entre otros (Alayón, 2017). Otra posible limitante se debe a la falta de recursos para llevar a cabo un análisis más completo del comportamiento del material en un sistema de mampostería estructural no reforzada llevando a cabo la elaboración de un murete y evaluando su comportamiento frente a una serie de pruebas mecánicas que avalen su resistencia mecánica y cumplimiento de la normatividad colombiana.

9. Resultados:

OBJETIVO 1: “Elaborar un composito a partir de material orgánico generado en un hogar con el acondicionador «STAB RDC».”

9.1. Síntesis del experimento:

Para conocer el comportamiento del material obtenido frente a las pruebas que se realizaron como lo fueron la prueba a la compresión ante saturación, contenido de humedad y absorción. Lo primero que se realiza es la preparación de la materia prima, esta materia prima es obtenida de las viviendas del barrio el Retorno de la ciudad de Acacias para la recolección de estos residuos se tiene en cuenta los días estipulados en el decreto 2981 de 2013 en la frecuencia de recolección y se procede a realizar una selección de los residuos aprovechables y no aprovechables:

Ilustración 13 Separación de los residuos recolectados en el barrio el Retorno de Acacias



Fuente: (Autor,2017)

Ilustración 14 Residuos orgánicos apartados del resto de residuos solidos



Fuente: (Autor,2017)

Se pesó un total de 30 Kg de residuos orgánicos y se procedió a realizar la transformación de los residuos, para este proceso se utilizó un molino manual con el fin de poder homogenizar los residuos

Ilustración 15 Molino manual



Fuente: (Autor,2017)

Ilustración 16 Residuos orgánicos transformados



Fuente: (Autor,2017)

Para completar el proceso de preparado de la materia prima, se debe realizar combinaciones con arcilla y el acondicionador ya que las proporciones conocidas para que el acondicionador reaccione de manera óptima con el suelo arcilloso es de 40% acondicionador 60% arcilla, se realizaron diferentes mezclas de las materias primas con el fin de conocer en que proporciones se obtiene mayor eficiencia del material, la primera proporción que se empleo fue en la cual ya se conoce que el acondicionador reacciona óptimamente con el suelo del municipio de Acacias que se caracteriza por ser de tipo arcilloso (Cardenas, 2006).

Ilustración 17 Suelo de Acacias Meta



Fuente: (Autor,2017)

Ilustración 18 Composito terminado



Fuente: (Autor,2017)

OBJETIVO 2: “Verificar los valores obtenidos en la prueba mecánica aplicada al material con el reglamento colombiano de construcción sismo resistente nsr-10, título d- mampostería estructural, para así validar su implementación en las construcciones sostenibles.”

Una vez obtenida esta mezcla se procede a elaborar las muestras, teniendo como base la norma ASTM 109 (ASTM, 2012) en la cual hablan del método estándar de prueba para la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico, donde según la norma los moldes deben ser para cubos de 50 mm x 50 mm x 50 mm (2 Pulgadas) y para cada cubo se deben poner tres capas iguales de la mezcla y apisonarlos 32 veces por cada capa esto con el fin de eliminar los espacios de aire en las muestras y para darle el acabado final, se procede con una regleta metálica. Para realizar las pruebas de compresión, se realizan según la norma ASTM 109 la cual está compilada en la NSR 10 en la que cual menciona como llevar a cabo las pruebas en cubos de mortero de cemento; se empleó una prensa de hormigón con una capacidad máxima de 10 toneladas, los resultados de estas pruebas se presentan en el capítulo 11. Adicional a esto la norma exige que se le realicen las pruebas de absorción, de tal manera que los valores máximos de absorción de agua deben ser 13% y 13,5% para uso interior y exterior respectivamente ya que este aspecto interviene en el proceso de compactación.

La prueba de absorción se llevó a cabo según la norma ASTM 109. Para realizar el cálculo de la absorción de agua en los ladrillos es necesario realizar un seguimiento al peso de los ladrillos durante mínimo 5 días; durante el primer día, los ladrillos son pesados inicialmente y puestos en un horno a una temperatura entre 100°C y 115°, con el fin de eliminar la humedad presente en los ladrillos, luego de las 24 horas se sacan los ladrillos, se pesan para conocer su masa sin humedad y de esta misma manera calcular el porcentaje de humedad de los ladrillos; en su segundo día, los ladrillos luego de ser pesados son puestos en agua durante 24 horas, cumplido este tiempo, se sacan del agua y se dejan secar cerca de 5 minutos y son pesados nuevamente, se repite este proceso hasta alcanzar un peso constante, esto indica que el ladrillo ya está saturado de agua y no puede absorber más, y con este peso se calcula la absorción de agua de los ladrillos, los resultados obtenidos se presentan en la tabla 7.

Ilustración 19 Inmersión de las muestras en el agua



Fuente: (Autor,2018)

Ilustración 20 Prensa de hormigón empleada en la prueba de compresión



Fuente: (Autor,2018)

La máquina de ensayo, está debidamente acreditada por la ONAC garantizando que está debidamente calibrada y que los resultados que arroja son confiables, esta prensa es de tipo hidraulico y cuenta con la suficiente abertura entre la superficie superior de carga y la inferior, tal que permitan la utilizacion de aparatos de verificación (ASTM, 2012) y cuenta con los requerimientos minimos que la norma ASTM 109 exige para ser empleada en este tipo de pruebas.

Ilustración 21 Prueba de compresión a las muestras



Fuente: (Autor, 2018)

Ilustración 22 Preparación de muestras según ASTM 109



Fuente: (Autor,2018)

Ilustración 23 Muestras en el horno para pruebas de absorción



Fuente: (Autor, 2018)

Los datos de cada prueba y los cálculos necesarios para conocer el porcentaje de absorción del compuesto y demás actividades pendientes por exponer como el diligenciamiento del formato de cada probeta, la revisión del documento y el ajuste a las nuevas características del territorio y su viabilidad económica se exponen más adelante en este documento.

Tabla 4 Resultados de la prueba de absorción de las muestras

ID	%MO	%STAB RDC	%ARCILLA	Peso inicial (g)	Peso Final (g)	Absorción (%)
1	0	40	60	146,55	146,02	0,363
2	0	40	60	152,04	151,54	0,330
3	0	40	60	180,34	179,98	0,200
4	0	40	60	176,43	175,85	0,330
5	0	40	60	164,48	163,87	0,372
6	0	40	60	148,93	148,12	0,547
				Total	965,380	2,142
				Promedio	160,897	0,357
ID	%MO	%STAB RDC	%ARCILLA	Peso inicial (g)	Peso Final (g)	Absorción (%)
1	60	40	0	156,55	148,01	5,770
2	60	40	0	157,65	150,04	5,072
3	60	40	0	184,26	177,43	3,849
4	60	40	0	182,31	169,69	7,437
5	60	40	0	154,92	149,10	3,903
6	60	40	0	139,93	129,91	7,713
				Total	924,180	33,745
				Promedio	154,030	5,624
ID	%MO	%STAB RDC	%ARCILLA	Peso inicial (g)	Peso Final (g)	Absorción (%)
1	15	40	45	187,65	186,98	0,358
2	15	40	45	156,93	156,01	0,590
3	15	40	45	176,77	176,10	0,380
4	15	40	45	183,51	182,77	0,405
5	15	40	45	144,69	143,79	0,626
6	15	40	45	187,55	186,87	0,364
				Total	1032,520	2,723
				Promedio	172,087	0,454

ID	%MO	%STAB RDC	%ARCILLA	Peso inicial (g)	Peso Final (g)	Humedad
1	30	40	30	171,01	168,87	1,267
2	30	40	30	148,66	146,77	1,288
3	30	40	30	185,41	182,97	1,334
4	30	40	30	147,87	146,65	0,832
5	30	40	30	167,18	165,39	1,082
6	30	40	30	178,05	176,03	1,148
				Total	986,680	6,950
				Promedio	164,447	1,158

ID	%MO	%STAB RDC	%ARCILLA	Peso inicial (g)	Peso Final (g)	Humedad
1	45	40	15	198,65	195,34	1,694
2	45	40	15	174,76	172,34	1,404
3	45	40	15	190,46	186,45	2,151
4	45	40	15	157,39	154,98	1,555
5	45	40	15	164,47	162,76	1,051
6	45	40	15	194,84	192,77	1,074
				Total	1064,640	8,929
				Promedio	177,440	1,488

ID	%MO	%STAB RDC	%ARCILLA	Peso inicial (g)	Peso Final (g)	Humedad
1	55	40	5	154,32	148,27	4,080
2	55	40	5	175,27	168,34	4,117
3	55	40	5	164,29	158,96	3,353
4	55	40	5	177,48	172,09	3,132
5	55	40	5	194,64	188,98	2,995
6	55	40	5	174,35	168,43	3,515
				Total	1005,070	21,192
				Promedio	167,512	3,532

Fuente: (Autor,2018)

Para poder obtener el porcentaje de humedad del material se procede según lo estipulado en la norma ASTM C67, la cual esta compilada en la norma técnica colombiana NTC 4017. Este valor obtenido corresponde al porcentaje de agua contenida en una muestra, se calcula usando la siguiente formula:

$$w = \frac{(\text{Peso Inicial} - \text{Peso Final})}{\text{Peso Final}} * 100$$

Es importante resaltar que, para la obtención de datos, se realizaron una serie de cambios en el composito, con el fin de poder conocer cuál es el porcentaje óptimo de materia orgánica que se le puede agregar para poder obtener una reacción adecuada del STAB RDC. La primera prueba se hace en blanco, de manera tal que no se agrega materia orgánica al composito y se procede a realizar la prueba de compresión para conocer el valor de compresión del material y de esta manera poder comparar los valores obtenidos con la norma técnica colombiana. Para la elaboración de los ladrillos se siguieron las especificaciones técnicas de la ladrillera Santafé, para ladrillo prensado macizo,

Ilustración 24 Ficha técnica ladrillo prensado macizo vs ladrillo SARO



Fuente: (ladrillera Sanatafé, 2017)

En el proceso de elaboración de los ladrillos, se debe tener en cuenta que sus medidas para todas las formas y tamaños que se fabriquen, sus dimensiones exteriores pueden variar en un 2% por encima o por debajo de las medidas nominales específicas (ladrillera Santafé, 2017). Las pruebas de compresión se les aplicaron a las muestras según la norma ASTM 109. Un aspecto que es importante tener en cuenta para el análisis es el área de contacto del material sobre la prensa, para calcular el área de las muestras se aplica la siguiente formula:

$$Area = Largo * Ancho$$

Tabla 5 Pruebas de compresión sin materia orgánica añadida

ID	Largo	Ancho	AREA cm ²	%MO	%STAB RDC	%ARCILLA	RESULTADO KN	Kgf	Kg/cm ²	M Pa
1	50	49,5	24,750	0	40	60	15,9	1621,323	65,5080	6,4242
2	49,5	49	24,255	0	40	60	16,3	1662,111	68,5265	6,7203
3	50	50	25,000	0	40	60	16,5	1682,505	67,3002	6,6000
4	49,8	49,6	24,701	0	40	60	16,8	1713,096	69,3539	6,8014
5	49,9	49,5	24,701	0	40	60	16,4	1672,308	67,7034	6,6395
6	49,7	50	24,850	0	40	60	16,8	1713,096	68,9375	6,7606
Total								10064,4390	407,3295	39,9460
Promedio								1677,4065	67,8882	6,6577

Fuente: (Autor, 2018)

Tabla 6 Pruebas de compresión sin arcilla

ID	Largo	Ancho	Área cm ²	%MO	%STAB RDC	%ARCILLA	RESULTADO KN	Kgf	Kg/cm ²	M Pa
1	49,3	50	24,650	60	40	0	2,6	265,122	10,755	1,0548
2	50	50	25,000	60	40	0	3	305,91	12,236	1,2000
3	49	49,8	24,402	60	40	0	2,7	275,319	11,283	1,1065
4	49,8	50	24,900	60	40	0	2,9	295,713	11,876	1,1647
5	49,9	49,9	24,900	60	40	0	2,4	244,728	9,828	0,9639
6	50	50	25,000	60	40	0	2,7	275,319	11,013	1,0800
Total								1662,111	66,992	6,5697
Promedio								277,0185	11,165	1,0950

Fuente: (Autor,2018)

Tabla 7 Prueba de compresión con 15% de materia orgánica añadida al composito

ID	Largo	Ancho	AREA	%MO	%STAB RDC	%ARCILLA	RESULTADO KN	Kgf	Kg/cm2	M Pa
1	50	49,8	24,900	15	40	45	11,3	1152,261	46,276	4,5382
2	50	49,9	24,950	15	40	45	10,5	1070,685	42,913	4,2084
3	50	50	25,000	15	40	45	12,1	1233,837	49,353	4,8400
4	49,9	50	24,950	15	40	45	12,7	1295,019	51,905	5,0902
5	49,9	50	24,950	15	40	45	12,3	1254,231	50,270	4,9299
6	49,5	50	24,750	15	40	45	11,4	1162,458	46,968	4,6061
Total								7168,491	287,6845973	28,2127
Promedio								1194,7485	47,94743289	4,7021

Fuente: (Autor,2018)

Tabla 8 Prueba de compresión con 30% de materia orgánica añadida al composito

ID	Largo	Ancho	AREA	%MO	%STAB RDC	%ARCILLA	RESULTADO KN	Kgf	Kg/cm2	M Pa
1	49,6	50	24,800	30	40	30	10,1	1029,897	41,528	4,0726
2	49,8	49,9	24,850	30	40	30	10,6	1080,882	43,496	4,2656
3	50	49,9	24,950	30	40	30	10,6	1080,882	43,322	4,2485
4	49,9	50	24,950	30	40	30	10,3	1050,291	42,096	4,1283
5	49,9	49,6	24,750	30	40	30	10	1019,7	41,199	4,0403
6	50	49,7	24,850	30	40	30	10,8	1101,276	44,317	4,3461
Total								6362,928	255,9580436	25,1013
Promedio								1060,488	42,65967394	4,1836

Fuente: (Autor,2018)

Tabla 9 Prueba de compresión con un 45% de materia orgánica añadida al composito

ID	Largo	Ancho	AREA	%MO	%STAB RDC	%ARCILLA	RESULTADO KN	Kgf	Kg/cm2	M Pa
1	49,1	49,3	24,206	45	40	15	2,8	285,516	11,795	1,1567
2	49,5	50	24,750	45	40	15	2,5	254,925	10,300	1,0101
3	50	49,9	24,950	45	40	15	2,7	275,319	11,035	1,0822
4	49,9	49,6	24,750	45	40	15	2	203,94	8,240	0,8081
5	49,6	50	24,800	45	40	15	1,9	193,743	7,812	0,7661
6	49,2	50	24,600	45	40	15	2,5	254,925	10,363	1,0163
Total								1468,368	59,5448303	5,8394
Promedio								244,728	9,924138383	0,9732

Fuente: (Autor,2018)

Tabla 10 Prueba de compresión con un 55% de materia orgánica añadida al composito

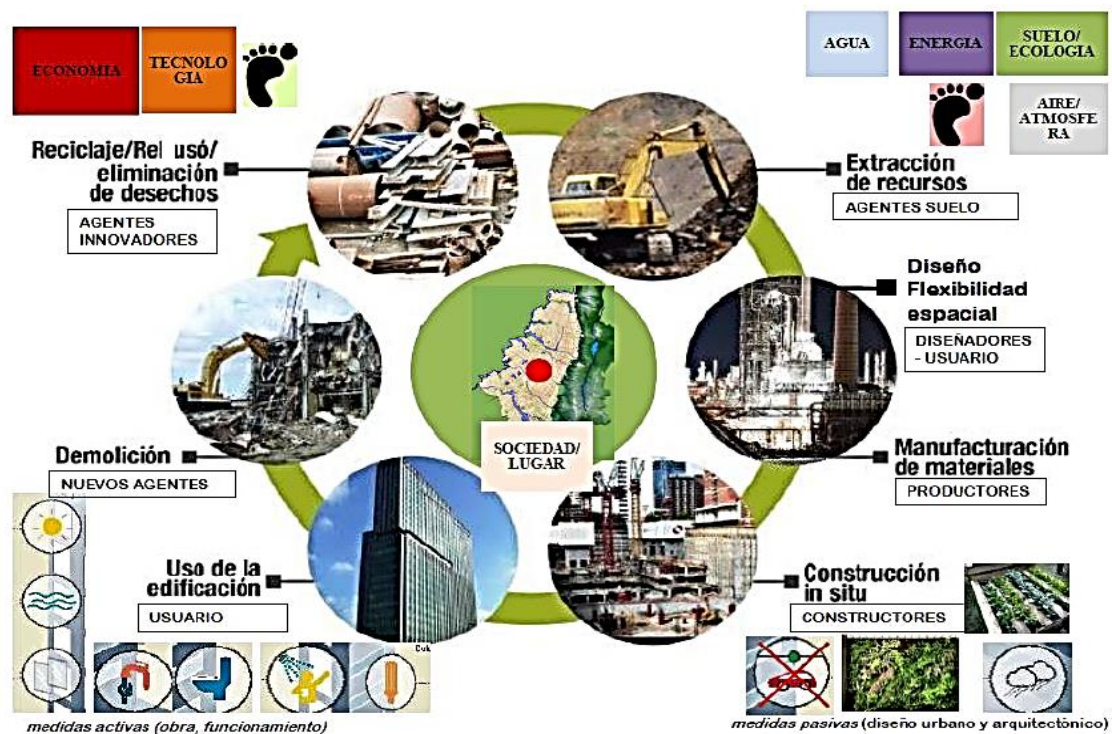
ID	Largo	Ancho	AREA	%MO	%STAB RDC	%ARCILLA	RESULTADO	Kgf	Kg/cm2	M Pa
1	48,9	50	24,450	55	40	5	1,8	183,546	0,073619632	0,0072
2	49,2	49,6	24,403	55	40	5	1,5	152,955	0,061467349	0,0060
3	49,1	49,6	24,354	55	40	5	1,7	173,349	0,069804875	0,0068
4	49	49,3	24,157	55	40	5	2	203,94	0,082791737	0,0081
5	49,8	49,9	24,850	55	40	5	1,9	193,743	0,076458137	0,0075
6	49,5	50	24,750	55	40	5	1,5	152,955	0,060606061	0,0059
Total								1060,488	0,42474779	0,0417
Promedio								176,748	0,070791298	0,0069

Fuente: (Autor,2018)

OBJETIVO 3: “Realizar una propuesta preliminar de diseño y construcción sustentable de una vivienda con ayuda de la guía metodológica para la construcción sostenible y productiva de vivienda social que se adapte a los requerimientos de la población Acacireña”

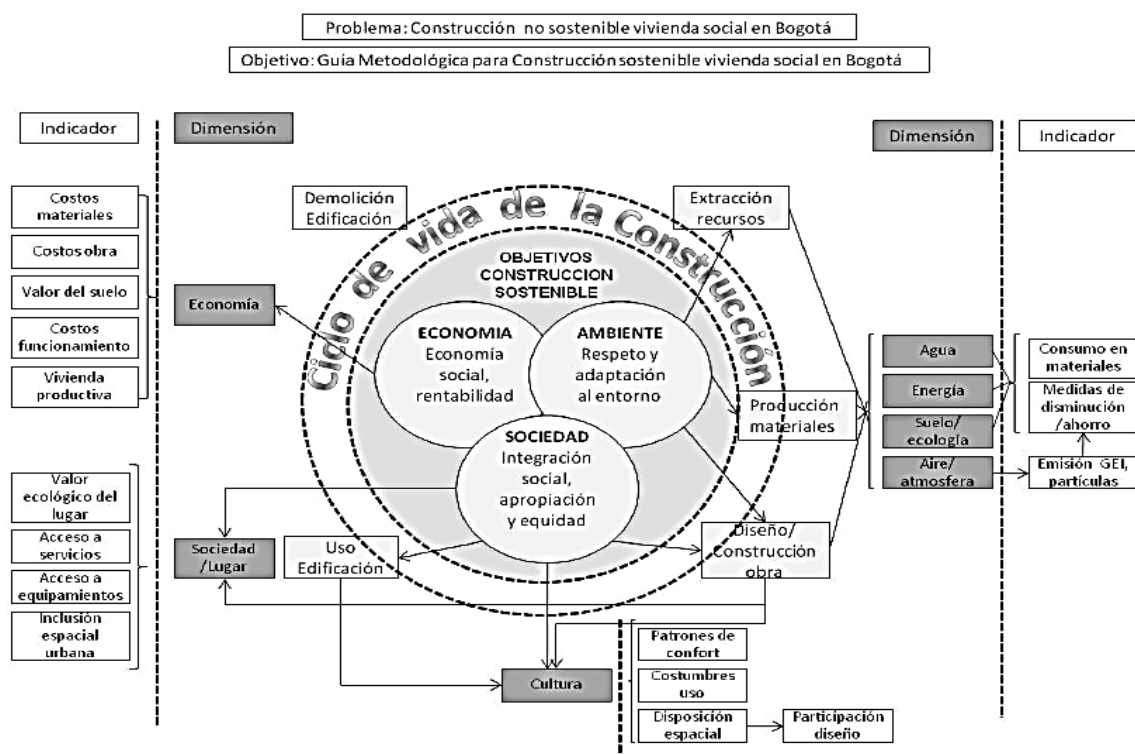
Para realizar una propuesta preliminar de diseño y construcción sustentable de una vivienda con ayuda de la guía metodológica para la construcción sostenible y productiva de vivienda social, lo primero que se hace es realizar una adaptación de los requerimientos de la guía con las nuevas características del terreno; ya que esta guía se enfoca en el ahorro de agua y energía en la fase de funcionalidad de la edificación,

Ilustración 25 Propuesta de guía metodológica para la construcción sostenible de viviendas social en Bogotá



Fuente: (Ricardo,2016)

Ilustración 26 Propuesta de guía metodológica para la construcción sostenible de vivienda social en Bogotá



Fuente: (Ricardo, 2016)

Lo que busca la guía es poder hacer sostenible la cadena de exploración, producción, transporte, comercialización, utilización, re-usos de los materiales y procesos constructivos y que el manejo de las edificaciones respondan y aprovechen las condiciones climáticas (Ricardo, 2016).

Tabla 11 Dimensiones e indicadores propuestos para la construcción sostenible de vivienda social en Bogotá

AGUA	- consumo de agua en materiales - consumo de agua en obra - consumo agua en funcionamiento - medidas de ahorro agua	ENERGIA	- consumo de energía en materiales - consumo de energía en obra - consumo de energía en funcionamiento - medidas de ahorro de energía
SUELO/ ECOLOGIA	- consumo de suelo en materiales - consumo de suelo en obra - consumo suelo en funcionamiento - medidas de ahorro suelo	ECONOMIA	- valor del suelo - costo de materiales - costo de obra - costo de funcionamiento - vivienda productiva
AIRE/ ATMOSFERA	- emisión de GEI, ruido y polvo en materiales, en obra - emisión de GEI, ruido y polvo en funcionamiento - medidas de disminución emisiones	CULTURA	- patrones de confort de uso de la vivienda - costumbres de uso productivo de la vivienda - participación en el diseño y obra de la vivienda - disposición espacial vivienda
TECNOLOGIA	- reuso y reciclaje materiales - nuevas tecnologías en obra - nuevas tecnologías funcionamiento - técnicas de ahorro de recursos	SOCIEDAD/ LUGAR	- valor ecológico del lugar - acceso a servicios - acceso a equipamientos - inclusión espacial urbana

Fuente: (Ricardo, 2016)

La guía se basada en conceptos de expertos en el sector de la construcción que fueron encuestados y entrevistados y su percepción sobre la construcción sostenible; la concentración de población en centros urbanos ha incentivado al sector de la construcción a ir en constante crecimiento, además a esto se le suma que existe un 10,3% de déficit de vivienda social en el municipio de acacias y que es de vital importancia poder cubrir ese espacio para el beneficio de la comunidad. Para la aplicabilidad de esta guía se hace necesario realizar una revisión de ciertos documentos como lo son el PBOT del municipio de Acacias para conocer los usos del suelo y la expansión del municipio con el fin de que se ajuste y no vaya en contra de la normatividad local.

Las dimensiones e indicadores son el punto de partida en donde se definen los parámetros para cada dimensión, a continuación, se mencionan los de mayor importancia:

Dimensión agua: Se busca que en el primer año se alcance un ahorro del 10%, para el segundo año 15% frente al consumo que las VIS y VIP tradicionalmente usan para el 2015 estos consumos eran de VIS 106 litros/persona/día y VIP 78 litros/persona/día (Ministerio de Ambiente Desarrollo Sostenible, 2012).

- Medidas de ahorro: Instalación de accesorios de control de agua en lavamanos, duchas, lavaplatos, lavaderos, según lo estipulado en la guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía (Ministerio de Ambiente Desarrollo Sostenible, 2012).
- Consumo de agua en obra: implementar la etiqueta de huella hídrica LEED en su cuarta versión, julio de 2016, en el cual se promueva la recolección de las aguas lluvia y la reutilización en dicho proceso. Esto indica que, al transformar la materia orgánica, esta libera todo su contenido absorbido y el gasto del recurso hídrico se reduciría considerablemente.

Dimensión energía:

La propuesta de la guía metodología, se proyecta realizar un ahorro del 20% en VIS y 15% en VIP a partir del segundo año, frente al consumo tradicional para este tipo de vivienda que fue para VIS 45 KWh/m²/año y para VIP 48 KWh/m²/año (Ministerio de Ambiente Desarrollo Sostenible, 2012).

- Medidas de ahorro de energía: se usan medidas pasivas en el diseño y sobre la obra, reflejando un ahorro de energía en la edificación aprovechando la energía solar optimizando la relación ventana/pared, protección solar, orientación solar, ventilación natural, de acuerdo a la guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía, donde están estipuladas pero son excluidas o de cumplimiento optativo en vivienda social VIS y VIP (Ministerio de Ambiente Desarrollo Sostenible, 2012).
- Consumo de energía en funcionamiento: uso eficiente de iluminación con sensores de ocupación en áreas comunes, corrección del factor de potencia, agua caliente solar y control de la iluminación exterior.

Luego de realizar la revisión de la guía es importante tener en cuenta las características climáticas del municipio para poder ajustar la guía a estos nuevos requerimientos, Acacias se encuentra ubicada en el departamento del Meta y hace parte de los llanos orientales y está bastante cerca de la cordillera oriental, tiene una superficie total de 1169 km², se encuentra a una altura de 498 m.s.n.m, con una población total de 71,543 habitantes, su temperatura promedio es de 25°C y una humedad que varía entre el 3% y 4%, su actual PBOT está en trámite de aprobación por el honorable concejo municipal en el cual definen las áreas de expansión urbanas del municipio en las cuales se pueda llevar a cabo proyectos de vivienda social.

Ilustración 27 Plano de tipo apartamento de una vivienda social



(Ricardo, 2016)

La ilustración 27 es el tipo de vivienda que se quiere construir con la ayuda de la guía metodológica para la construcción sostenible, teniendo en cuenta sus 8 dimensiones y un área de 48m², esta área está sujeta a cambios debido a los ahorros que se tendrán con la implementación del SARO, mejorando en la calificación de la dimensión de confort y diseño para las personas que habitaran en esta vivienda unifamiliar.

10. Análisis de resultados

Los resultados obtenidos luego de realizar las pruebas de compresión, y absorción de las diferentes mezclas de arcilla y materia orgánica fueron elaborados según la NTC 4017-05 (ASTM C67) y se logra deducir de estos resultados que la resistencia a la compresión se ajusta a los requerimientos mínimos de la norma $\geq 30 \frac{Kgf}{cm^2}$ y una resistencia máxima que sea $\leq 50 \frac{Kgf}{cm^2}$, como se ve reflejado en la tabla 8. Las muestras elaboradas sin materia orgánica añadida en el composito cumplen con la normatividad colombiana, esto indica que el material es óptimo para la aplicación en la construcción. En cuanto a la variación de los materiales del composito al no agregar arcilla, materiales usados tradicionalmente en la construcción de ladrillos cocidos o macizos y que con diferentes metodologías de fabricación de los ladrillos o bloques ayuda a incrementar el valor de la resistencia a la compresión; esta variación no cumple con los valores mínimos de resistencia contenidos en la normatividad colombiana como se refleja en la tabla 9, por tal motivo no es una variación que se pueda aplicar a las construcciones.

En aquellas muestras donde la materia orgánica supera las porciones de arcilla añadidas, su resistencia a la compresión y absorción se ven afectadas de manera negativa, ya que no se alcanzan a superar los límites mínimos permitidos, lo cual indica que la arcilla es de vital importancia para optimizar la reacción del acondicionador del suelo. Un posible causal de este comportamiento se debe a que las muestras con mayor materia orgánica que arcilla, alteran la absorción de las muestras, siendo estas más elevadas ya que en los residuos orgánicos encontramos fibras de celulosa y estas fibras son hidrófilas como se evidencia en el trabajo de (Luis & Vargas, 2007) en el cual las fibras de papel (fibras hidrófilas) al estar más presentes en la

elaboración de los ladrillos se hace evidente que el contenido de humedad es más elevado aunque presenta una cualidad en el material como lo es el aumento de la compactación del material y de esta misma manera la absorción es inversamente proporcional a los porcentajes de humedad de las muestras a mayor porcentaje de humedad menor absorción. En el caso del material en análisis se presenta que al ausentarse el componente hidrofóbico (arcilla) presenta similitudes con estas características. materia orgánica sin arcilla, presenta un alto nivel de absorción, pero un bajo porcentaje de humedad.

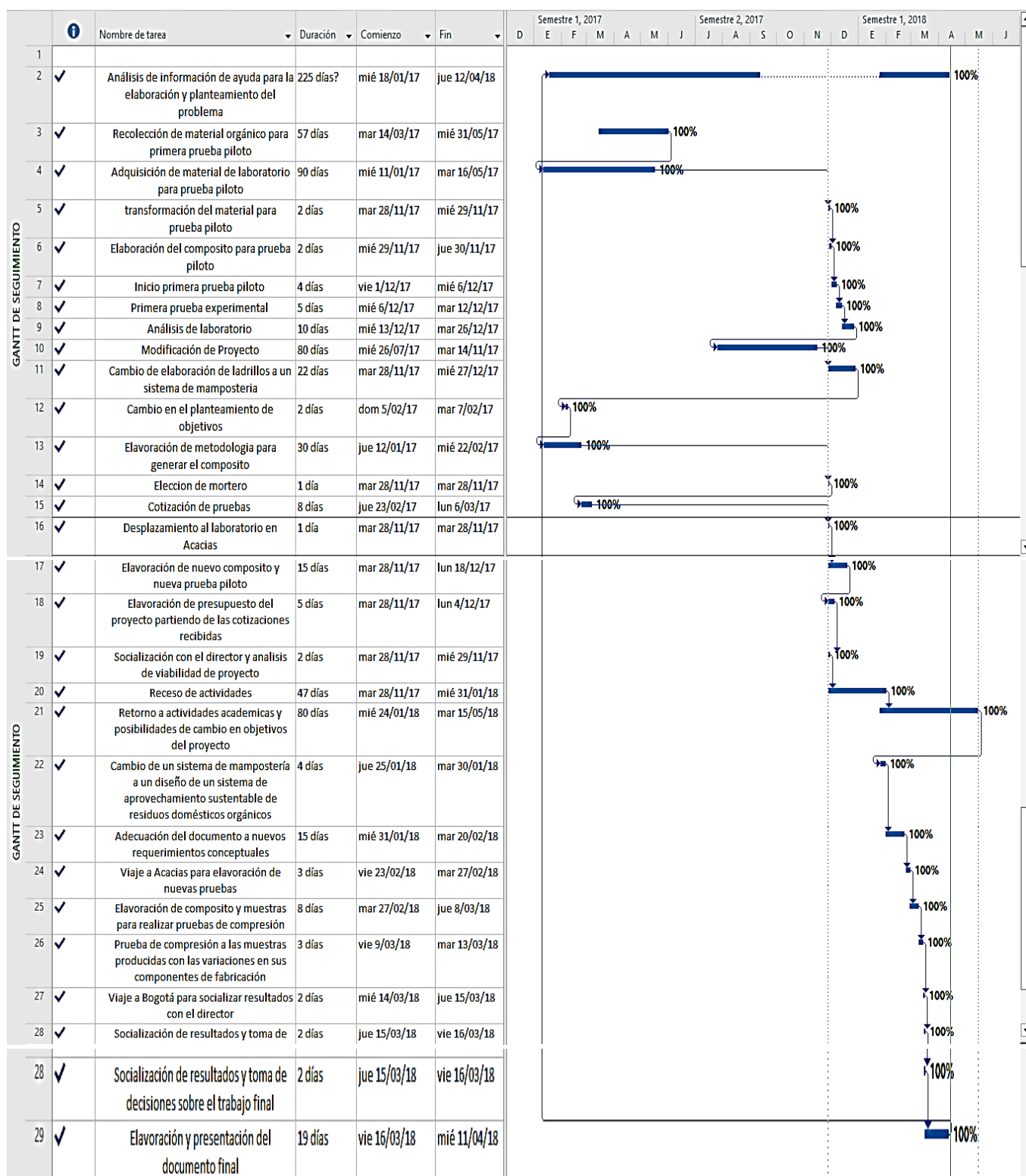
Por otro lado, en las variaciones en las que la materia orgánica no supera el valor añadido de arcilla, aunque se reduce el potencial del material cuando no hay presencia de materia orgánica en el composito se mantiene en los límites establecidos por la normatividad con un valor promedio de $47,94 \frac{Kgf}{cm^2}$ y un porcentaje de absorción promedio de 0,454%, siendo esta la mejor variación para elaborar el composito. En la tabla 11 al incrementar la presencia de la materia orgánica, con cerca del 30% del peso total, posee una resistencia promedio a la compresión de $42,66 \frac{Kgf}{cm^2}$, (esto) indicando que esta variación en los componentes es aceptable al cumplir con los valores requeridos por la normatividad pero no es la más recomendada.

En cuanto a las tablas 12 y 13 donde la materia orgánica se aproxima a los valores de la arcilla, se evidencia una fuerte pérdida de resistencia, siendo los valores de $9,92 \frac{Kgf}{cm^2}$ y $0,07 \frac{Kgf}{cm^2}$ respectivamente, lo cual lo convierte en una variación de componentes obsoleta y no puede ser usado en la construcción por su baja resistencia a la compresión.

En cuanto a la absorción del material, como describe la ficha del acondicionador STAB RDC en su función de cambio de estado de hidratado a sólido, eliminando el olor y generando un encapsulamiento químico, además de facilitar la eliminación y migración de lixiviados, se presenta una baja absorción de agua, en comparación al estudio realizado por (Augusto García & García Vaca, María Camila, Vaca Bohórquez, 2013) en el cual elaboraron ladrillos con mezclas de arcilla y lodos provenientes de aguas residuales, la absorción del material obtenido en este estudio fueron aumentando, a medida que se aumenta la proporción de mezcla, aumenta el porcentaje de absorción superando los límites permitidos por la norma, de igual manera se presenta un incremento en la absorción del material obtenido con el STAB RDC, pero este se ajusta a la normatividad NTC 4205 donde el valor máximo permitido es de 13 % y 13,5% según sea para uso interior o exterior. Esta baja absorción de agua indica que el material obtenido posee baja porosidad, esto muestra una ventaja al poseer menor contenido de agua y menor capacidad de absorberla del ambiente adicionalmente la porosidad se relaciona directamente con la compactación de la mezcla.

11. Cronograma y Presupuesto:

Tabla 12 Cronograma del proyecto



Fuente: (Autor, 2018)

Tabla 13 Presupuesto del proyecto

PRESUPUESTO PROYECTO

Costos Fijos**Anual**

Total Costos Fijos	\$ 7.060.000
---------------------------	---------------------

Arriendos y otros	
Arriendo	\$ 4.200.000
Aseo	\$ 1.300.000
Subtotal Arriendos y otros	\$ 5.500.000

Servicios	
Agua	\$ 960.000
Luz	\$ 600.000
Subtotal Servicios	\$ 1.560.000

Costos Variables**Tiempo de proyecto**

Total Costos Variables	\$ 12.726.840
-------------------------------	----------------------

Recurso Humano	
Ingeniero Ambiental	\$ 4.000.000
Productor del acondicionador	\$ 2.340.000
Personal de recolección	\$ 2.500.000
Subtotal Recurso Humano	\$ 8.840.000

Recursos Logísticos	
Alimentación	\$ 1.000.000
Otros	\$ 500.000
Subtotal R. Logísticos	\$ 1.500.000

Materiales	
Estudios del suelo	\$ 500.000
Capacitación de personal	\$ 230.000
Preparación del acondicionador (Kg)	\$ 1.656.840
Subtotal Materiales	\$ 2.386.840

Anual

SUBTOTAL PROYECTO (Antes de Impuestos)	\$ 19.786.840
---	----------------------

Impuestos	
RETEFUENTE	\$ 2.295.273
SALUD	\$ 791.474
PENSION	\$ 791.474
Total Impuestos	\$ 3.878.221

SUBTOTAL PROYECTO (Después Impuestos)	\$ 23.665.061
--	----------------------

% de Rentabilidad Esperado	50%
-----------------------------------	------------

Sueldo Líder Proyecto anual	\$ 48.000.000
TOTAL PROYECTO	\$ 35.497.591
UTILIDAD ESPERADA (\$)	\$ 11.832.530
Utilidad Final	\$ 83.497.591

Fuente: (Autor, 2018)

El cronograma de actividades y el presupuesto se desarrollan con el fin de poder evaluar la viabilidad de la idea de negocio denominada SARO (Sistema de Aprovechamiento de Residuos Organicos), como se puede visualizar en la tabla 7, es un negocio viable debido a que la Tasa Interna de Retorno (TIR) es mayor que la Tasa Minima Aceptable de Rendimiento (TMAR) en el tiempo en el cual se piensa llevar a cabo el proyecto (Nassir Sapag Chain & Reinaldo Sapag Chain, 2008)

Tabla 14 Flujo de caja

FLUJO DE CAJA					
Proyecto:		SARO			
Tiempo:		5 años			
Costo Total:		\$35.497.591			
Concepto	Año			si TIR Es > TMAR	Negocio Viable
INGRESOS	\$48.608.867			si TIR Es = TMAR	NO hace nada
EGRESOS	\$17.434.879			si TIR Es < TMAR	Negocio NO Viable
SALDO TOTAL	\$31.173.988				
INTERES	13%				
		VALOR PRESENTE			
AÑO	FLUJOS DE EFECTIVO	\$31.173.988	VALOR NETO ACTUAL (VNA)	\$70.401.800,00	
0	\$31.173.988	\$12.161.732	VALOR PRESENTE NETO (VPN)	-\$28.329.668,84	
1-ene	\$13.739.109	-\$2.895.867	TASA INTERNA DE RETORNO	29%	
2	-\$3.695.770	-\$14.656.270			
3	-\$21.130.649	-\$23.678.095			
4	-\$38.565.528	-\$30.435.156	% Rentabilidad esperada (TMAR)	17%	
5	-\$56.000.407				

Fuente: (Autor,2018)

12. Conclusiones

- Se pudo llevar acabo la elaboración del composito con variaciones en la concentración de sus componentes y de esta manera conocer en que proporciones el acondicionador reacciona de manera optima
- Se llevó a cabo las pruebas dispuestas en la norma NSR 10 (compresión y absorción) a todas las variaciones en las concentraciones de los componentes de las muestras y se concluye que las concentraciones que cumplen con la normatividad son las de 15% materia orgánica, 40% estabilizante y 45% arcilla y 30% materia orgánica, 40% estabilizante y 30% arcilla
- Luego de hacer las modificaciones pertinentes a los aspectos en los cuales se debe tener en cuenta documentos como el PBOT, el plan de desarrollo y el plan de gobierno del municipio, se concluye que la aplicabilidad de esta guía metodología se puede realizar de manera óptima, al mejorar el ciclo de vida del proceso constructivo y aplicando el diseño que en la guía se elaboró.
- Se realizó una prueba adicional al composito ya identificado como optimo y se siguió la metodología implementada en la elaboración de ladrillos de manera tradicional; se encontró que las altas temperaturas alteran la reacción del acondicionador de suelo, generando una expansión, incrementando los espacios de aire y debilitando de manera significativa su resistencia a la compresión, y su absorción, lo cual permite concluir que coexiste un ahorro energético significativo al no necesitar más que la energía solar para su secado.

Ilustración 28 Resultado de someter las muestras a altas temperaturas



Fuente: (Autor,2018)

13. Recomendaciones

Es recomendable en trabajos futuros realizar los estudios necesarios que considere la disciplina ingeniería civil, en cuanto al diseño de un sistema de mampostería estructural no reforzada. En trabajos futuros encaminados a las construcciones sostenibles es de gran importancia poder realizar combinaciones con materiales que ya han sido usados en las construcciones sostenibles como los es la guadua, ya que este material es el más usado en la construcción de viviendas tradicionales no solo en el país, sino también en Indonesia y Asia. Es un material de construcción sostenible debido a que es cultivado y cosechado en un tiempo corto y además puede ser reutilizado (Nurdiah, 2016) y evaluar su comportamiento al combinar las propiedades del composito de residuos orgánicos y el estabilizante STAB RDC con las propiedades de la guadua de manera tal que sea orientada a las construcciones sostenibles ya que como se ha demostrado la fibra de guadua tiene una resistencia a la compresión dos veces más alto que el concreto, una resistencia a la tracción cercana al acero y un estrés de corte mayor que la madera.

14. Bibliografía

- Acosta, D. (1986). Arquitectura y construcción sostenibles. *DEARQ Revista de Arquitectura de La Universidad de Los Andes*, (1982), 14–24.
- Agencia Nacional de Hidrocarburos, & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2014). Diagnóstico socio-económico del Departamento del Meta, 117. Retrieved from <http://www.anh.gov.co/Seguridad-comunidades-y-medio-ambiente/SitioETH-ANH29102015/como-lo-hacemos/ETHtemporal/DocumentosDescargarPDF/1.1.2 DIAGNOSTICO META.pdf>
- Alayón, E. (2017). Tema recolección. Clase Magistral. Bogotá.
- all, W. H. (2012). *Materiales Alternativos para la Construcción*. Santander: Desconocida.
- ASTM. (2012). NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA, 26. Retrieved from https://conred.gob.gt/site/normas/NRD3/1_CEMENTO/2_NORMA_NTG_41003h4_ASTM_c109-c109m-11_b.pdf
- Banco Iberoamericano de Desarrollo. (2011). *Situacion de la Gestión de Residuos Solidos en America Latina y el Caribe*. Obtenido de Situacion de la Gestión de Residuos Solidos en America Latina y el Caribe: https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7177/Situacion_de_la_gestion_de_residuos_solidos_en_America_Latina_y_el_Caribe.pdf?sequence=1
- CAMACOL. (2008). El sector de la construcción en Colombia: hechos estilizados y principales determinantes del nivel de actividad, 40. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877042815061844>
- Cárdenas, E. Y. (29 de Junio de 2007). Acompañamiento en la elaboración del Plan. (F. d. naturales, Ed.) *TecnoGestión*, 3, 101-106. Recuperado el 26 de Febrero de 2018, de <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tecges/article/view/4345/6599>

- CCCS. (2016). *Consejo Colombiano de Construcciones Sostenibles*. Recuperado el 17 de Abril de 2018, de <https://www.cccs.org.co/wp/2016/04/04/tendencias-globales-de-construccion-sostenible-2016/>
- DANE. (2005). *Deficit de Vivienda*. Obtenido de <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/deficit-de-vivienda>
- Demir, I., Serhat Baspınar, M., & Orhan, M. (2005). Utilization of kraft pulp production residues in clay brick production. *Building and Environment*, 40(11), 1533–1537. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2004.11.021>
- Díaz, Y. (3 de Diciembre de 2011). Influence of grinding fineness of calcium carbonate on physic-chemical properties and durability on red ceramic bricks. (U. C. Villas, Ed.) *Revista de Ingeniería de Construcción*, 26(3), 269-283. Recuperado el 17 de Abril de 2018, de https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v26n3/en_art02.pdf
- El Tiempo. (15 de Febrero de 2000). *ACACÍAS, UN MODELO EN EL MANEJO DE LAS BASURAS*. Recuperado el 5 de Febrero de 2018, de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1221236>
- Enshassi, A., Kochendoerfer, B., & Rizq, E. (2014). An evaluation of environmental impacts of construction projects Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 29. Retrieved from www.ricuc.cl
- Fernandez. (2010). INGENIERÍA SOSTENIBLE: NUEVOS OBJETIVOS EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN. *REVISTA DE INGENIERÍA DE CONSTRUCCIÓN*, 25, 277. Retrieved from http://oa.upm.es/5524/1/GONZALO_FERNANDEZ_SANCHEZ.pdf
- GABFLO. (2016, May 18). “No hay que subestimar las construcciones sostenibles.” *Global Network Content Service*, p. 60.
- Gordillo Bautista, J. D., & Loaiza Elizalde, N. F. (2017). La Construcción Sostenible Aplicada a Las Viviendas De Interés Social En Colombia. *Boletín Semillas Ambientales*, 11(1), 86–110. Retrieved from <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/bsa/article/view/12236/12778>
- Henao, G. J. (2008). *APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA*. Recuperado el 8 de Febrero de 2018, de <http://unicesar.ambientalex.info/infoCT/Apressolorgco.pdf>
- Jacobs, M. (1997). *La economía verde : medio ambiente, desarrollo sostenible y la política del futuro*. Icaria.
- Jaramillo, J. (sEPTIEMBRE de 1991). *GUIA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACION DE RELLENOS SANITARIOS*. Recuperado el 8 de Febrero de 2018, de <http://www.bvsde.paho.org/acrobat/relleno.pdf>
- Jaramillo, J. (9 de 12 de 1999). <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/viii.pdf>. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/viii.pdf>

- Jaramillo, J. (2010). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales - GIRSM*. Recuperado el 3 de Noviembre de 2017, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/viii.pdf>
- ladrillera Sanatafé. (2017). FOLLETO PARA LADRILLOS. Retrieved April 2, 2018, from http://santafe.com.co/images/fichas/FT_LPR.pdf
- Luis, & Vargas. (2007). Universidad de Colima, 148.
- LLano 7 dias. (20 de Julio de 2012). *Acacias se quedó sin dónde botar la basura*. (E. Tiempo, Ed.) Recuperado el 4 de Febrero de 2018, de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-11961662>
- MARÍN, S. I. (2015). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA LADRILLERA EL SANTUARIO*. Recuperado el Febrero de 2018, de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3484/1/PLAN%20DE%20MANEJO%20AMBIENTAL%20PARA%20LA%20%20LADRILLERA%20EL%20SANTUARIO.pdf>
- Martínez, R. (2009). *METODOLOGIAS E INSTRUMENTOS PARA LA FORMULACIÓN, EVALUACIÓN Y MONITOREO DE PROGRAMAS SOCIALES*. Recuperado el 17 de 04 de 2018, de https://www.comfama.com/contenidos/Servicios/GerenciaSocial/html/Cursos/Cepal/memorias/CEPAL_Arbol_Problema.pdf
- MIN AMBIENTE. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sísmo Resistente*. Obtenido de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/4titulo-d-nsr-100.pdf>
- Ministerio de Ambiente Desarrollo Sostenible. (2012). *Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana Libertad y Orden*. (FIDHAP, Ed.) (2nd ed.). Colombia: MADS. Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Gestion_urbana/edificaciones_sostenibles/Cartilla_Criterios_Ambientales_Diseño_y_Construcción_de_Vivienda_Urbana.pdf
- Moreno, C. (2005). Habitat y vivienda con criterios ambientales. *Miradas al Habitat*, 131. Recuperado el 3 de Noviembre de 2017, de <http://www.docentes.unal.edu.co/cmoreno/docs/cim06-For19.PDF>
- Nassir Sapag Chain, & Reinaldo Sapag Chain. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos*. (McGraw-Hill Interamericana S.A., Ed.) (Quinta). Colombia: McGraw-Hill Interamericana S.A. Retrieved from <http://www.grupomera.net/eBooks-PDF/EvaluacionProyectos/Preparacion-Evaluaci%F3n-Proyectos-SAPAG-5ta.pdf>
- Nurdiah, E. A. (2016). The Potential of Bamboo as Building Material in Organic Shaped Buildings. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 216(October 2015), 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.12.004>
- ONU. (2016). *PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO*. Recuperado el 26 de Febrero de 2018, de <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-9-industry-innovation-and-infrastructure.html>
- POVEDA, F. M. (2015). *Análisis del impacto del plan de gestión integral de residuos sólidos del municipio de Villavicencio departamento del Meta en sus componentes: Implementación, actualización,*

seguimiento y control. Recuperado el 8 de Febrero de 2018, de http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/2468/1/Poveda_Flor_2015.pdf

Republica de Colombia. (1991). *Constitución Política de Colombia*. Recuperado el 8 de Febrero de 2018, de <http://www.constitucioncolombia.com/titulo-11/capitulo-3/articulo-311>

Ricardo, L. (2016). *PROPUESTA DE GUÍA METODOLÓGICA PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE Y PRODUCTIVA DE VIVIENDA SOCIAL EN BOGOTÁ, USO EFICIENTE DE AGUA Y ENERGÍA*. Bogotá.

Rincon, S., Rozo, M., Molina, J., & Álvarez, C. (Junio de 2014). MECHANICAL/PHYSICAL PROPERTIES OF H10 HOLLOW BRICKS MANUFACTURED IN THE METROPOLITAN AREA OF CÚCUTA. *Science and Engineering Neogranadina*, 1(24), 67-68. Recuperado el 17 de Abril de 2018, de <https://search-proquest-com.ezproxy.unbosque.edu.co/central/docview/1556032836/fulltextPDF/395C65034444E10PQ/1?accountid=41311>

Rodríguez, E. Y. (28 de Septiembre de 2006). Acompañamiento en la elaboración del Plande Gestión Integral de Residuos Sólidos del municipio de Acacías (Meta). *Tecnogestión*, 3(1), 101 - 104. Recuperado el 6 de Febrero de 2018, de <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tecges/article/view/4345/6599>

Rossin, A. (Julio de 1997). *DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/4768/Diagn%C3%B3stico%20de%20la%20situaci%C3%B3n%20del%20manejo%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos%20municipales%20en%20Am%C3%A9rica%20Latina%20y%20el%20Caribe.pdf?sequence=1>

Salazar, A. (2012). *Determinación de propiedades físicas y estimación del consumo energético en la producción de acero, concreto, vidrio, ladrillo y otros materiales, entre ellos los alternativos y otros de uso no tradicional, utilizados en las construcciones de edificaciones colombianas*. Santiago de Cali. Retrieved from <http://www.si3ea.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=6G1VGdDwHc%3D&tabid=90&>

Sampieri, H. (2010). *Metodología de la investigación*. *Metodología de la investigación* (5ta ed.). <https://doi.org/-> ISBN 978-92-75-32913-9

Stupenengo, F. (2011). Materiales y materias primas. En I. N. Tecnológica (Ed.), *Materiales Compuestos* (págs. 1-27). Buenos Aires, República de Argentina: Ministerio de Educación. Recuperado el 17 de ABRIL de 2018, de <http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/materiales-compuestos.pdf>

Super Intendencia de Servicios Publicos Domiciliarios. (28 de Abril de 2014). *Disposicion final de residuos solidos en Colombia*. SUI, Antioquia, Medellin.

Thomas, S., & Pothan, L. A. (2009). *Natural fibre reinforced polymer composites from macro to nanoscale*. Éd. des Archives contemporaines.