

Fabricación de un combustible sólido de uso doméstico, mediante la compactación de residuos orgánicos, como prueba piloto para una posible alternativa de sustitución de la leña en la vereda Cimarrona, municipio de Guaduas - Cundinamarca

Código:

1802-087

2019-1

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

(Dedicatoria)

Su uso es opcional. En ella el autor del trabajo dedica su trabajo en forma especial a quienes considere y/o entidades

Por ejemplo:

A mis padres. ...

Agradecimientos

Reconocimiento a las personas y a las instituciones que ayudaron en la realización de la investigación.

Tabla de Contenido

1.	Resumen	8
2.	Introducción	8
3.	Justificación	9
4.	Problema	9
5.	Pregunta de investigación	10
6.	Hipótesis	10
7.	Objetivos	11
1.1	Objetivo General	11
1.2	<i>Objetivos específicos</i>	11
8.	Marco de referencia	11
8.1	Marco de antecedentes	11
8.2	Marco conceptual	12
8.2.1	<i>Briqueta</i>	12
8.2.2	<i>Combustibles orgánicos</i>	13
8.2.3	<i>Orgánico</i>	13
8.2.4	<i>Residuo orgánico</i>	13
8.2.5	<i>Poder calórico</i>	13
8.2.6	<i>Bomba calorimétrica</i>	13
8.2.7	<i>Material particulado</i>	13
8.3	Marco Teórico	13
8.3.1	<i>Combustible sólido</i>	13
8.3.2	<i>Combustibles sólidos orgánicos</i>	13
8.3.3	<i>Uso de combustibles para la generación de energía</i>	14
8.3.4	<i>flujo de energético de la biomasa</i>	14
8.3.5	<i>Calidad del aire</i>	14
8.3.6	<i>Calidad del aire intramural</i>	15
8.3.7	<i>Salud humana y calidad del aire (enfermedades asociadas)</i>	15
8.4	Marco geográfico	16
8.5	Marco institucional	18
8.6	Marco legal y normativo	19
9	Metodología	23
9.3	<i>Trabajo de campo</i>	23
9.4	<i>Pruebas de laboratorio</i>	28
9.5	<i>Matriz metodológica</i>	28
10	Análisis y Resultados	30

10.1	Objetivo 1	30
10.1.1	<i>Descripción del territorio y sus aspectos ambientales</i>	30
10.1.2	<i>Situación actual en la generación de residuos sólidos orgánicos en la vereda Cimarrona³²</i>	
10.1.3	<i>Caracterización del uso de combustibles en la vereda Cimarrona</i>	34
10.2	Objetivo 2	34
10.2.1	<i>Estándares aplicados para la fabricación de un combustible sólido a partir de residuos sólidos orgánicos en la vereda cimarrona</i>	34
10.2.2	<i>Procedimiento aplicado en la fabricación del combustible</i>	35
10.3	Objetivo 3	36
10.3.1	<i>Selección de pruebas y parámetros físicos a medir sobre el combustible sólido fabricado y su uso en la vereda Cimarrona</i>	36
10.3.2	<i>Especificaciones del combustible sólido</i>	36
10.3.3	<i>Resultado de las pruebas físicas aplicada al combustible sólido fabricado.</i>	37
10.3.4	<i>Posibles beneficios sobre los componentes ambientales y la salud humana por sustitución de combustibles en la vereda cimarrona.</i>	39
10.3.5	<i>Evaluación de aplicación del combustible sólido como posible sustituto de los combustibles empleados en la vereda cimarrona.</i>	39
11.	Discusión de resultados	39
12.	Conclusiones	40
13.	Recomendaciones	40
14.	Referencias bibliográficas	41

Listado de Tablas

Tabla 1.	Enfermedades por contaminación del aire intramural	15
Tabla 2.	Descripción de normas internacionales	19
Tabla 3.	Composición de briquetas	26
Tabla 4.	Composición con mitad de peso	27
Tabla 5.	Actividades, técnicas e instrumentos	28
Tabla 6.	Distribución de integrantes en la vereda.	33
Tabla 7.	Cantidades por género	33
Tabla 8.	Resultados físicos de Prototipo 1	37
Tabla 9.	Resultados físicos de Prototipo 2	37

Listado de Ilustraciones

Ilustración 1.	Recorrido Guaduas-Zona de estudio	16
Ilustración 2.	Zona de estudio	17
Ilustración 3.	Zona de estudio, casas y recorrido.	18
Ilustración 4.	Estufa de leña en la vereda Cimarrona	23
Ilustración 5.	Clasificación de los orgánicos	24
Ilustración 6.	Preparación del aglomerante	25

Ilustración 7. Briqueta tipo B en proceso de secado	26
Ilustración 8. Prensa manual.	27
Ilustración 9. Briqueta I y II en secado total	28
Ilustración 10. Estufa tradicional	30
Ilustración 11. Medidas de diseño	36

Listado de Gráficos

Gráfico 1. Porcentaje y frecuencia de personas que se exponen a la quema de la Biomasa	31
Gráfico 2. Mortalidad por contaminación calidad aire de ambiente e intramural	31
Gráfico 3. Porcentaje de residuos orgánicos de la recolección	32

Listado de ecuaciones

Ecuación 1. Contenido de humedad	33
---	----

1. Resumen

En este trabajo se forma la elaboración de un prototipo de combustible sólido a base de desechos orgánicos, que pueda funcionar como posible sustituto de la leña en la vereda Cimarrona en el municipio de Cundinamarca, velando por el diseño de a la briqueta y la calidad de aire intramural. El diseño es en base a la metodología según Vera, donde el componente principal de una briqueta es el insumo en el caso del proyecto residuo orgánico (RO), iniciador (Cascarilla de arroz) y el aglutinante (almidón de yuca).

Las pruebas experimentales muestran que el **prototipo II** presenta un poder calórico de 13.486,15 kJ/kg, que es equivalente al uso de la leña en general, y dado por sus componentes es más amigable a la salud humana por su porcentaje de humedad, que genera menos CO₂ en su quema, presentándose como un posible reemplazo a la leña, si es planteado para toda la vereda Cimarrona.

Palabras clave: Poder calórico, residuo orgánico, calidad de aire y briqueta.

2. Introducción

El uso de madera como combustible para las tareas domésticas en la zona rural de Cimarrona en Cundinamarca es común para la mayoría de la población. La madera es la única *fuentes* de energía asequible, debido a que la vereda se encuentra en una zona de bosques subandinos, con abundancia de cobertura boscosa (Herrera, 2017).

Debido a este uso de los combustibles de biomasa, la exposición es directa debido al diseño de la estufas y cocinas tradicionales, puede afectar la salud, incidiendo en la morbilidad con infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores (pneumonía) o enfermedad pulmonar obstructiva crónica, como bronquitis crónica y enfisema (FAO, 2006).

Este tipo de problema nace la una idea, de generar un sustituto de combustible sólido hecho de los mismos residuos generados de los habitantes de la vereda Cimarrona, donde no existe un sistema de recolección de residuos sólidos. Que trata de ser una solución al problema a la salud generado por el uso de leña y la deforestación causada por la misma población.

Mediante esta investigación se busca estimar las concentraciones de material particulado generadas por la combustión de leña en cocinas presentes en las viviendas ubicadas en la vereda Cimarrona, municipio de Guaduas (Cundinamarca), mediante el uso del modelo PM.exe, con el fin de determinar las posibles afectaciones a la salud de la población residente en la vereda, teniendo en cuenta los lineamientos establecidos para contaminación del aire interior por parte de la OMS.

3. Justificación

La vereda Cimarrona, al ser un lugar donde algunos servicios públicos de recolección de residuos o distribución de energéticos no llegan de manera adecuada. Dada la situación la población opta por la compra de tanques de gas, la cual se hace un poco costoso para la preparación diaria de estos alimentos teniendo en cuenta los tiempos y gastos de transporte. La población recurre a la manera tradicional de cocción de estos alimentos, por esto diseñan su propia estufa de leña para la preparación de sus alimentos, pero no cuentan con el impacto que están causando a en su entorno como la tala de este recurso natural en el momento de la recolección de la leña, generando descompensación de las zonas boscosas, la biomasa que es quemada genera a su vez causando un problema a la salud de la población estudiada.

Las estufas de leña emiten entre 10-180 gramos de monóxido de carbono (CO) por kg de leña. Los efectos del monóxido de carbono al mezclarse con la sangre son entre otros: disminución de los niveles de oxígeno, lo que afecta el corazón, y en concentraciones elevadas generan pérdida de conciencia, daño cerebral e incluso la muerte. El contacto con dióxido de nitrógeno (NO₂) durante temporadas prolongadas, origina enfermedades respiratorias, especialmente en los niños menores de 4 años. Por su parte, la exposición al dióxido de azufre (SO₂) produce tos, congestión en el pecho, bronquitis, reducción en las funciones pulmonares y aumento en el riesgo prematuro de muerte. Las partículas suspendidas producen pulmonía, asma y bronquitis (Barragán, 2011).

El biocombustible sólido o briqueta no es más que el producto obtenido de la compresión de RO (Residuos Orgánicos) y homogéneos, los lignocelulósicos que por lo general a no ser utilizados adecuadamente se convierten en agentes graves de contaminación y problemas ambientales (Dicovski, Pinchardo, Rodríguez, A., Martínez & Rodríguez, K. 2014), estos residuos como las cascarilla de arroz, y desechos orgánicos de las procesos domésticos de cada una de las fincas, poseen importantes características como el ya mencionado del componente lignocelulósicos, como se demuestra que es un componente primordial para el compuesto para el combustible, al ser bien tratado y con un efecto global positivo sobre el ambiente con respecto al uso de los combustibles fósiles o de la misma leña que se utiliza en las estufas y hornos, entre otros usos, ya que se obtiene un mejor rendimiento masa/calor, olores fuertes y material particulado (Álvarez, 2012).

Debido a esto se genera el diseño e experimentación de un combustible sólido hecho a partir de los residuos orgánicos, desechos por las mismas actividades de los habitantes de la vereda Cimarrona, que busca ser un posible reemplazo a la biomasa talada por la comunidad, y asegurar una alternativa que ayude a la vereda y su población respecto a condiciones ambientales como local intramural.

4. Problema

Según el estudio nacional de energía dice el análisis del consumo de energía en el sector rural, realizados en 1982, evidenciaron la participación de la leña en la producción de energía primaria; entre 1970 y 1979 la demanda de leña había crecido del 16% en 1970 y el 17,6% en 1979, siendo "...el

principal y casi único combustible de la población rural y el de mayor peso en el sector residencial” (Sierra, Mejía, & Guerrero, 2011), proyectándose para el año 2000 una disminución en el consumo de la misma del 61,4% al 41,1%, sustituyéndola por la energía eléctrica y/o el gas natural (Sierra, Mejía, & Guerrero, 2011). Como el avance de las alcaldías de los municipios para asegurar el bienestar de las veredas, prestando los servicios públicos primarios muchos de estos no llegan de la manera correcta, de tal manera que la población opta por seguir los procesos tradicionales que se han dejado generación por generación.

La vereda Cimarrona – Cundinamarca, es una zona donde la cocina tradicional (estufas de leña) es un proceso que todavía se realiza para cocinar, de igual manera existe una parte de la población que tienen el beneficio de poder adquirir los tanques de gas, pero optan a la cocina tradicional debido al tipo de preparación de los alimentos, que es un tema característico de la población, debido a la temática se realiza la acción de recolecta manual o tala de la fauna, que están generando un desbalance en esta zona en su cubierta boscosa, y una afectación a la salud propia de la población. Debido a la quema de leña genera material particulado (PM10 y PM2,5), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y dioxinas (Zelikoff, 2002), todos estos compuestos generados por la leña provocan afectaciones a la salud, como problemas pulmonares hasta cáncer.

Aun cuando no existe un informe de evaluación de la pérdida vegetal de la zona o registros de salud, que permita conocer la situación actual de la vereda en el ámbito del uso de la leña y el estado de salubridad. Teniendo en cuenta que existe un agotamiento de los recursos naturales, especialmente la maderera y que la población dispone cada vez menos de esta *Fuente* de energía requerida para la cocción de sus alimentos.

5. Pregunta de investigación

¿Qué beneficio se obtiene al usar un prototipo de combustible a base de desechos orgánicos?

6. Hipótesis

Los habitantes de la vereda de Cimarrona reflejan un alto índice de uso de la cocina tradicional, donde su principal combustible es el uso de la leña que es talada y recolectada de manera tradicional, afectando a la capa forestal de la zona donde conviven las personas, pero debido al mismo uso, presentan problemas de respiración o incomodidad debido a la alta generación de humo.

Según la investigación global sobre combustibles alternativos, dictan diferentes maneras para realizar un combustible orgánico con diferentes componentes dependiendo de la zona, el clima y el componente económico de la región (estiércol, cascarilla de café. Bagazo de caña y otros), pero se basa en una mezcla compleja para generar dicho producto, un componente principal, un iniciador y un aglutinante. Debido a esto, surge la idea de seguir el procedimiento para generar otro tipo de combustible con los desechos orgánicos de cocina de los vegetales y frutas (Cáscara de cebolla, banano, arveja, naranja, cilantro, papa y otros), que permita poder hacerlo sin importar la zona de la región donde encuentre, para determinar un prototipo que cumpla cierta capacidad calórica (kWh/kg) para la cocción de los alimentos, en comparación con otros elementos usados cotidianamente.

7. Objetivos

1.1 Objetivo General

Fabricar un combustible sólido a partir de residuos sólidos orgánicos (biomasa), como posible sustituto de leña en la vereda Cimarrona del municipio de Guaduas –Cundinamarca.

1.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar el consumo de combustibles y la fracción orgánica de residuos sólidos generados en la vereda Cimarrona del municipio de Guaduas – Cundinamarca, prestando especial atención a los posibles impactos en la calidad del aire intramural y sus consecuencias para la salud humana.
2. Aplicar técnicas para generar un prototipo de combustible sólido, que permita aprovechar los residuos sólidos orgánicos generados en la vereda Cimarrona del municipio de Guaduas – Cundinamarca.
3. Determinar las pruebas físicas necesarias para evaluar, en términos energéticos y de impacto sobre la calidad del aire intramural, el prototipo de combustible sólido como sustituto de la leña en la vereda Cimarrona del municipio de Guaduas – Cundinamarca

8. Marco de referencia

8.1 Marco de antecedentes

Para el desarrollo del estado de los antecedentes se elaboró un seguimiento a los diferentes proyectos académicos, donde se encontraron las siguientes investigaciones, trabajos de grado y tesis; que tienen relación o aproximación con el tema de diseño de briquetas ecológicas. Estos estudios se tomaron aspectos pertinentes para el desarrollo de esta investigación. Se organiza de acuerdo a la importancia nacional a lo internacional, y de orden cronológico para comprender el avance de las investigaciones, en relación con los fundamentos y datos para la construcción de nuestro documento.

El uso de un biocombustible orgánico hecho para dar alternativa al uso de leña, lo realiza Vera (2014), con su trabajo de grado sobre la construcción de briquetas ecológicas para la generación de energía y el mejoramiento de los ecosistemas en el corregimiento de Nabusimake en Valledupar, el plantea esta solución para generar diferentes opciones al uso de leña por la comunidad. Con el aprovechamiento de los residuos lignocelulósicos y la incorporación de un aglomerante natural, sin el uso de aditivos o componentes tóxicos, como una *Fuente* de energía alternativa viable y sostenible ambientalmente.

De este modo se hace el desarrollo de un prototipo de combustible sólido a partir de desechos orgánicos, es un proceso que se utiliza diferentes técnicas enfocadas al aprovechamiento de este material y se utiliza como una *Fuente* de calor, para reemplazar otros combustibles fósiles que son normalmente utilizados, de este modo se hace un diseño de una briqueta con el principal elemento de residuo sólido orgánico y que son combinados con otros materiales tales como estiércol y arcillas para generar un diseño óptimo de briqueta, que es funcional para la cocción de alimentos así lo demuestra Valderrama y otros en el 2011. Que utilizan este combustible sólido para cocinas no convencionales.

Por otro lado, la escuela de Uspallata de Mendoza, en Argentina (2015), demuestra que se puede generar diferentes tipos de combustibles sólidos hechos a partir de diferentes materiales, que resultan no ser costosos, ni de maquinarias complejas para hacerlo, pero sugiere una manera sistemática para obtención de los elementos del combustible, como la recolección las hojas secas, restos de poda y rastrojo, y otros desechos útiles para la formación de biomasa. Donde el principal componente y objetivo de su proyecto es el aprendizaje y enseñanza a las familias, para clasificar residuos sólidos secos para ser utilizados como combustibles (Lombardi, 2015).

El Instituto de Investigación de Energía Renovable Sardar Patel, India, presenta un artículo de investigación que muestra cómo las verduras y las frutas, son componentes de generación de energía comparando su capacidad calórica de cada uno de ellos, donde son usados para la elaboración de su briqueta. Cada elemento vegetal o frutal es pulverizado y posteriormente hecho briquetas sin utilizar ningún agente aglutinante externo para la combustión de este material, aclarando su capacidad para generar energía (Srivastava & otros, 2017).

El uso de aglutinante en el combustible sólido compone diferentes, opciones entre la opción de ser inorgánico que tienen muchas ventajas excelentes, tales como recursos abundantes, bajo costo, termo estabilidad excelente y buena hidrofiliidad. Sin embargo, un problema importante que surge del uso de aglutinante inorgánico se relaciona con la ceniza aumentada en cantidad significativa. El aglutinante orgánico tiene la tienen ventaja, de tener una buena adherencia, un buen rendimiento de combustión y poca ceniza (Zhang & otros, 2017).

En este artículo se hace la investigación sobre las propiedades sobre la cantidad de absorción humedad dentro de los componentes de la briqueta para obtener un temperatura estándar, aunque proceso de fabricación de la briqueta o biocombustible sólido, tenga la selección de componentes diferentes a los desechos sólidos orgánicos, es necesaria para conocer el contenido de absorción de humedad para su evaluación de temperatura o poder calórico de las pruebas, para determinar la cantidad de ceniza o trazas de los compuestos quemados dentro de la briqueta (Fikri & Sartika, 2018).

Por último el estudio de Balseca y otros, establece la capacidad de las briquetas diseñadas a partir del desecho del café y con el aglutinante de la yuca, donde ejemplifica la construcción del biocombustible con la elaboración de una prensa especial para dicho producto, y aplicando pruebas químicas y físicas de la briqueta, arrojando como resultado que un biocombustible de estas características solo puede ser usado para calefacción, asadores hervir agua y la generación de vapor (Balseca, López, Viteri, Ana luisa & Hernández, 2018). Este biocombustible está enfocado al uso cotidiano del carbón en el país de Ecuador, con la idea de que un combustible sólido orgánico si es funcional para la generación de calor es fácil enfocar la idea a las cocinas tradicionales en Colombia, donde la estructura de estas mismas permita la cocción de los alimentos con el uso del prototipo de briqueta a partir de los desechos orgánicos de la población tratada.

8.2 Marco conceptual

8.2.1 Briqueta

Es el proceso donde se da forma a un elemento con diferentes materiales, donde se efectúa presión desde uno o dos puntos perpendiculares, para adquirir la densificación del elemento en cuestión, así generando un bloque denominado briqueta (Nogués, García & Rezeau, 2010).

8.2.2 Combustibles orgánicos

Es tomado como la alternativa de los combustibles fósiles tradicionales, estos mismos llamados biocombustibles tiene la certeza que si son realizados de la manera correcta pueden cambiar el hecho de que son mejores para el ambiente y para el progreso. Estos biocombustibles son presentados como biodiesel o bioetanol, pero se debe tomar en cuenta los derivados hechos a partir de muestra sólidas (SEO birdlife, 2012).

8.2.3 Orgánico

Es un elemento que contiene carbono e hidrógeno y otros. Estos elementos que se encuentran en estados naturales o generados en laboratorio, donde su principal componente es el carbono (Alcaldía Mayor de Bogotá, S.F).

8.2.4 Residuo orgánico

Es aquel compuesto de origen biológico, como es el caso de las ramas de los árboles, las hojas de los árboles y plantas, las cáscaras de las diferentes frutas y todo residuo que resulte de la elaboración de los alimentos en la casa, en un restaurante, entre otros (Alcaldía Mayor de Bogotá, S.F)

8.2.5 Poder calórico

Se define como el volumen que representa la cantidad de energía liberada por cantidad de peso o volumen de carburante, debido a la reacción química de combustión completa (Wauquier, 2004).

8.2.6 Bomba calorimétrica

El proceso que se usa para determinar el poder calórico de los posibles combustibles se usa la herramienta para determinar la calorimetría. Es una prueba fundamental de gran importancia para cualquiera que esté preocupado por la producción o utilización de combustibles sólidos o líquidos. Una de las pruebas más importantes para evaluar materiales para quemar, como son los combustibles, es la determinación del poder calórico (Macarulla, Marino & Macarulla, 2002).

8.2.7 Material particulado

Se denomina material particulado a una mezcla de partículas líquidas y sólidas, de sustancias orgánicas e inorgánicas, que se encuentran en suspensión en el aire. El material particulado forma parte de la contaminación del aire. Su composición es muy variada. (García & Ortiz, 2016).

8.3 Marco Teórico

8.3.1 Combustible sólido

Se determina como combustible primario, por tener contenido lignocelulósicos procedentes de sector agrícola o forestal y de las industrias o micro-procesos de transformación que generan este tipo de residuo. Los restos de tala, elementos frutales, la leña, las cortezas y los restos de podas y aclareos de las masas forestales son materia empleada en la elaboración de biocombustibles sólidos de origen agrario (Romero, 2010).

8.3.2 Combustibles sólidos orgánicos

El estudio de Pérez, Valencia y otros del 2010, determinan que la biomasa es una fuente de renovable para la obtención de energía, dado que el costo de los combustibles fósiles es alto en

comparación del potencial de la biomasa, sometiendo este insumo al tratamiento de pirolisis para la obtención de energía calórica, basándose en la capacidad de implementación en una zona de estudio a nivel social, económico y ambiental. En la Universidad de Palencia se orienta en la teoría del aprovechamiento de la biomasa realizando biocombustible a partir de cultivos energéticos leñosos con el fin de producción de energía eléctrica y térmica, y la aplicación de biocombustibles sólidos con el uso de desde los cultivos agrícolas o los aprovechamientos forestales, hasta los residuos producidos en industrias agroalimentarias (De Lucas Herguedas, Rodríguez, & Prieto, 2012).

8.3.3 Uso de combustibles para la generación de energía

Un combustible es el conjunto de elementos sólidos, líquidos y gaseosos, y un comburente se realiza la combustión generando energía (García, 2001), existen diferentes tipos de componentes para el combustible uno de estos es el sector agrícola, dado a que los elementos presentan un contenido lignocelulósico procedentes de sector forestal y de las industrias o micro-procesos de transformación que generan este tipo de residuo. Los restos de tala, elementos frutales, la leña, las cortezas y los restos de podas y aclareos de las masas forestales son materia empleada en la elaboración de biocombustibles sólidos de origen agrario (Romero, 2010).

De este modo otro componente son las excretas bovinas como fuente sólida y gaseosa que puede ser usada para la obtención de energía calórica dependiendo del tratamiento respectivo, porque un kilo genera 30 a 170 ml de gas metano, (Pérez, Bautista, Hernández, & Enriquez, 2017).

El uso de la madera es el principal servicio ecosistémico de uso por la población rural para la cocción de los alimentos, dado a que ellos lo explican que es de fácil acceso, genera un buen sabor a los alimentos y a la vez reconocen la afectación a la salud que les genera este uso de la leña (Sierra, Mejía, & Guerrero, 2011). según la teoría de la FAO sobre el uso de la biomasa como fuente de energía renovable justificándose que protege el ambiente, genera nuevos puestos de trabajo, integra comunidades energéticamente vulnerables y convierte los residuos en recursos (FAO, 2018).

8.3.4 flujo de energético de la biomasa

Dado que la energía sigue un flujo general donde todo empieza despedida por el sol, acumulándose en la biomasa por la fotosíntesis, que se transfiere a los animales siguiendo todo el flujo hasta volver a terminar en el suelo para ser utilizado por la misma biomasa en el futuro (De Lucas Herguedas, Rodríguez, & Prieto, 2012).

La ciudad de Albacete en su agenda sobre desarrollo sostenible, habla como el flujo de energía es necesario para determinar cómo se debe avanzar el tema de desarrollo sostenible a la población urbana y rural, en base a esto se deben de implantar modelos donde prime el uso racional de esta energía, e intentar implantar poco a poco modos de consumo basados en el uso de energías limpias o renovables (Albacete, 2007).

8.3.5 Calidad del aire

La contaminación atmosférica puede ser definida como la presencia de sustancias extrañas durante periodos de tiempo suficientemente prolongados como para producir efectos nocivos sobre los organismos vivos. Entre los contaminantes más comunes, presentes en mayores cantidades y que afectan la salud humana y del ecosistema. A nivel mundial, la combustión es la principal causa de la contaminación atmosférica, principalmente el nivel urbano y los corredores industriales son los que

más demandan el uso de energía por lo tanto mayor combustión, sumando el crecimiento exponencial de la población y las actividades industriales (SIAC, 2011). La exposición en la población está denominada en calidad de aire intramural y se determina como el espacio cerrado, donde las personas pasan un determinado tiempo realizando cualquier acción, estos espacios intramurales se conocen como: casa, oficina, transporte y lugares público y privados si se aplican las condiciones. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2011).

8.3.6 Calidad del aire intramural

El aire intramural hace referencia al aire que se encuentra presente al interior de un recinto (generalmente al interior de residencias y edificios) y está ligado a la calidad atmosférica del exterior, ya que tiende a estar compuesto por los mismos contaminantes, pero en diferentes concentraciones.

Las fuentes que contribuyen al incremento de bacterias en la calidad del aire, puede ser el agua, suelo, animales, vegetación, la misma presencia de seres humanos y por último el humo generado por la cocción de alimentos utilizando combustibles sólidos como leña, carbón vegetal o mineral, lo cual es un problema extenso en la contaminación intramural, debido a que estos componentes producen concentraciones altas de partículas de monóxido de carbono hidrocarburos policíclicos aromáticos causando un 3% de las muertes en el mundo especialmente en niños y mujeres (García & Ortiz, 2016).

8.3.7 Salud humana y calidad del aire (enfermedades asociadas)

Tabla 1. Enfermedades por contaminación del aire intramural

Porcentaje de enfermedades	Causas de las Enfermedades
<ul style="list-style-type: none"> ● 27% se deben a neumonía 	<p>La exposición a la contaminación del aire de interiores casi duplica el riesgo de neumonía en la niñez. Más de la mitad de las defunciones de niños menores de cinco años causadas por infección aguda de las vías respiratorias inferiores se deben a la inhalación de partículas del aire de interiores contaminado con combustibles sólidos.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● 18% a accidente cerebrovascular 	<p>Casi una cuarta parte de todas las defunciones prematuras debidas a accidente cerebrovascular (aproximadamente 1,4 millones de defunciones, la mitad de las cuales corresponden a mujeres) se pueden atribuir a la exposición crónica a la contaminación del aire de interiores provocada al cocinar con combustibles sólidos.</p>

<ul style="list-style-type: none"> ● 27% a cardiopatía isquémica 	<p>Aproximadamente un 15% de todas las defunciones por cardiopatía isquémica, que representan más de un millón de defunciones prematuras cada año, se pueden atribuir a la exposición al aire de interiores contaminado.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● 20% a neumopatía obstructiva crónica 	<p>Más de una tercera parte de las defunciones prematuras debidas a neumopatía obstructiva crónica (EPOC) entre adultos de países de ingresos bajos y medianos se deben a la exposición al aire contaminado de interiores. Las mujeres expuestas a altos niveles de humo en interiores tienen 2 veces más probabilidades de padecer EPOC que las que utilizan combustibles más limpios. Entre los hombres (que ya corren un alto riesgo de EPOC debido a las altas tasas de consumo de tabaco), la exposición al humo de interiores casi duplica (multiplica por 1,9) ese riesgo.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● 8% a cáncer de pulmón. 	<p>Aproximadamente el 17% de las defunciones prematuras causadas cada año por el cáncer de pulmón en adultos son atribuibles a la exposición a los carcinógenos del aire de interiores contaminado por el uso de combustibles sólidos tales como madera y carbón vegetal o mineral para cocinar. Las mujeres corren mayor riesgo a raíz de su papel en la preparación de alimentos.</p>

Fuente. OMS, 2014.

8.4 Marco geográfico

El municipio de Guaduas está ubicado en el departamento de Cundinamarca, forma parte de la provincia del Bajo Magdalena. Ubicado a 124 kilómetros de Bogotá, cuenta con un territorio aproximado de 756 kilómetros cuadrados, limita por el occidente con los departamentos de Caldas y Tolima, al norte con Puerto Salgar (Cundinamarca), por el oriente con Caparrapi, Utica, Quebrada negra y Villeta (Cundinamarca) y al sur con Vianí y Chaguaní (Cundinamarca). Su temperatura media de 23.5 grados centígrados. Cuenta con zonas de importancia ambiental representadas en sus recursos hídricos (ríos y lagunas), e innumerables microcuencas hidrográficas entre las que se destaca la del río San Francisco (Corporación Programa Desarrollo Para La Paz del Magdalena Centro, 2017).

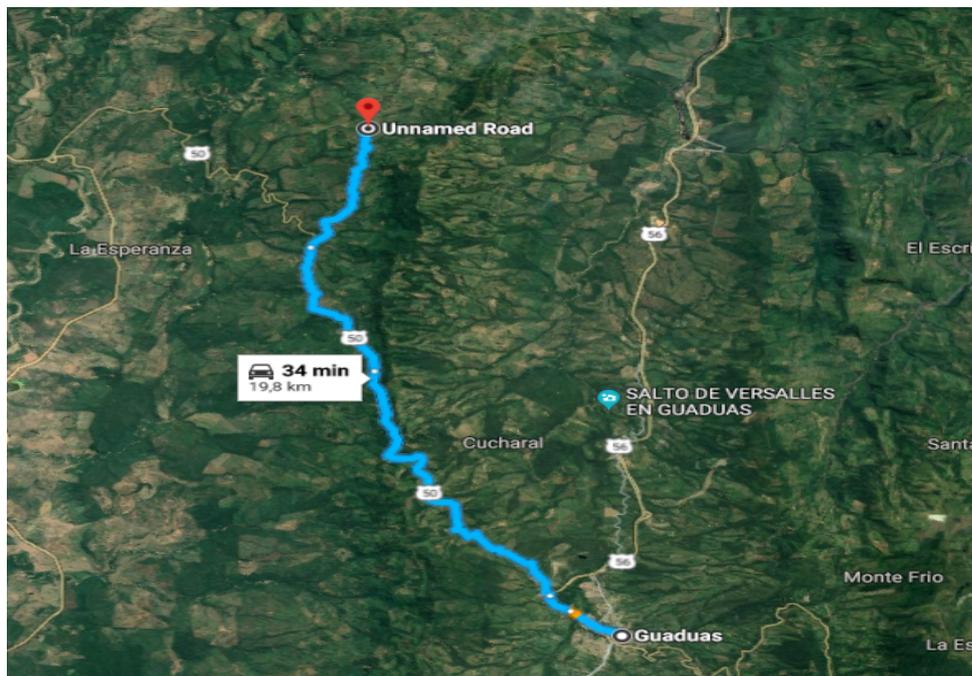
El municipio presenta una economía a la producción agrícola, en el último periodo medido, el 4.3% de su área fue dedicada a siembra y el 3.65% fue destinado para cosecha; por otra parte, en cuanto a la producción de café, se destinan 1.286 hectáreas cosechada, que corresponden (en kilómetros cuadrados) al 1.66% del total del municipio (Corporación Programa Desarrollo Para La Paz del Magdalena Centro, 2017).

Según el estudio del DANE del 2005, la población cuenta con 8606 hogares con IPM (Índice de pobreza multidimensional), donde el 75% de esta cifra le concierne a la población rural y a esto se le cuenta que la población rural presenta una tasa de 14,1% de analfabetismo (Corporación Programa Desarrollo Para La Paz del Magdalena Centro, 2017).

Como se puede evidenciar en la ilustración N°1, La zona de estudio está ubicada en la vereda Cimarrona del municipio de Guaduas al noroccidente de Cundinamarca a una distancia de 19.8 km y un tiempo de 34 min aproximadamente de Guaduas a la zona de estudio.

Para el 2018, el municipio de Guaduas presenta una población de 37 688 habitantes, donde la distribución es por porcentajes iguales (50%) entre la población urbana de la rural.

Ilustración 1. Recorrido Guaduas-Zona de estudio



Fuente. Google Maps

La ubicación de la zona de estudio por coordenadas geográfica, según información de Google Earth es:

- **Latitud:** 5.193260°
- **Longitud:** -74.642823°

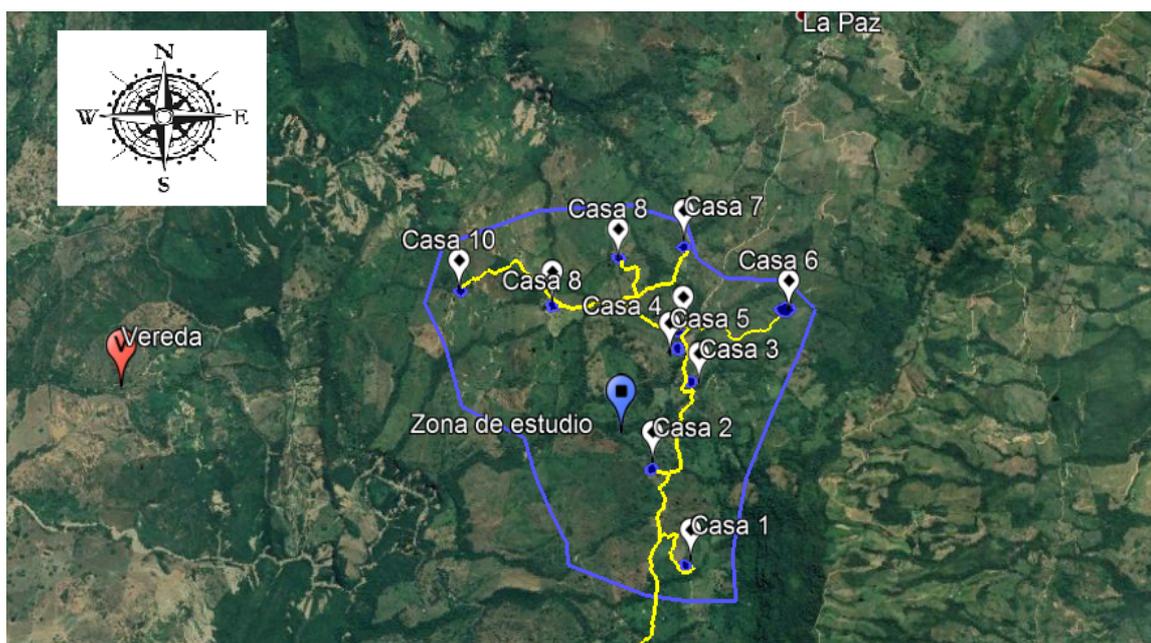
En la **ilustración N°2**, se puede evidenciar la zona de estudio dentro en su respectiva vereda, luego más adelante se puede evidenciar en la **ilustración N°3** la zona de estudio, las casas en las cuales se realizaron las encuestas, la recolección de residuos y el respectivo recorrido a cada uno de estos lugares estudiados.

Ilustración 2. Zona de estudio



Fuente. Google Earth

Ilustración 3. Zona de estudio, casas y recorrido.



Fuente. Google Earth

8.5 Marco institucional

La CAR: el proyecto a desarrollar está ubicado en Cundinamarca la cual nos corresponde tener contacto con esta entidad para ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como el cumplimiento y oportuna aplicación a las

disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.

Universidad El Bosque: la Universidad está incluida en el marco institucional ya que como Autores del proyecto, somos representantes de la extensión de la Universidad El Bosque como institución que desarrollará el artículo de investigación de propuesta sobre la implementación de esta energía alternativa.

Alcaldía municipal Guaduas en Cundinamarca

Programa para la PAZ del centro Magdalena: es una organización sin ánimo de lucro, persona jurídica, dispuesta a trabajar en pro del beneficio social, centrado en la plena realización del ser humano y satisfacción de sus necesidades.

8.6 Marco legal y normativo

Nacional

Decreto ley 2811 (Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente)

Ley 99 de 1993(Ministerio de medio ambiente): Se toma esta Ley, que rige la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables.

Resolución 601 del 2010(Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional): Se toma el referente esta resolución que determina la calidad el aire que es inmiscible, para gozar un ambiente sano.

Resolución 2254 del 2017(Mora de la calidad del aire ambiente y otras disposiciones): Se hace esta referencia a esta resolución, porque determina los parámetros de exposición y manejo para la calidad del aire dependiendo de la exposición y la *Fuente* de generación del contaminante.

NTC-2060 (Guía para la briqueta como combustible para uso doméstico): Guía técnica que establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben someterse las briquetas combustibles para uso doméstico.

GTC-24(Guía ambiental para la separación de residuos orgánicos en la *Fuente*): Guía técnica Colombia, que establece técnicas y parámetros para la separación de residuos en la *Fuente*.

Internacional

Norma BSEN-14961-2 (Norma Europea sobre la calidad del pellet del 2011): determinar parámetros unívocos y asegurar una mayor protección del consumidor final, se aprobó la nueva norma europea que define las características de calidad del pellet. Dicta características sobre contenido y tamaño de un prototipo de briqueta muchos más pequeña a la briqueta

Tabla 2. Descripción de normas internacionales

NORMA	DESCRIPCIÓN	
<p style="text-align: center;">Decreto ley 2811 (República de Colombia)</p>	Nacional	
	Año	Tema
	1991	<p>Artículo 1. El ambiente es patrimonio común. El Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social.</p> <p>La preservación y manejo de los recursos naturales renovables también son de utilidad pública e interés social.</p> <p>Artículo 2 -Fundado en el principio de que el ambiente es patrimonio común de la humanidad y necesario para la supervivencia y el desarrollo económico y social de los pueblos, este Código tiene por objeto:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, según criterios de equidad que aseguren el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, la disponibilidad permanente de estos y la máxima participación social, para beneficio de la salud y el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio nacional. 2. Prevenir y controlar los efectos nocivos de la explotación de los recursos naturales no renovables sobre los demás recursos. 3. Regular la conducta humana, individual o colectiva y la actividad de la administración pública, respecto del ambiente y de los recursos naturales renovables y las relaciones que surgen del aprovechamiento y conservación de tales recursos y de ambiente.
<p style="text-align: center;">Ley 99 (Ministerio de medio ambiente)</p>	1993	<p>Por el cual se hace creación del ministerio de medio ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.</p> <p>En el Título I, la norma se refiere a los principios que debe seguir la Política Ambiental colombiana.</p> <p>El Título II, se crea el Ministerio del Medio Ambiente como un organismo rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables</p> <p>Se define Desarrollo Sostenible como el que conduce</p>

		<p>al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.</p>																																										
<p>Resolución 601 (EL MINISTRO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL)</p>	<p>2010</p>	<p>Establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.</p> <p>Artículo 4. Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes Criterio. En la siguiente tabla se establecen los niveles máximos permisibles a condiciones de referencia para contaminantes criterio, los cuales se calculan con el promedio geométrico para PST y promedio aritmético para los demás contaminantes.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Contaminante</th> <th>Nivel Máximo Permissible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</th> <th>Tiempo de Exposición</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">PST</td> <td>100</td> <td>Anual</td> </tr> <tr> <td>300</td> <td>24 horas</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">PM10</td> <td>50</td> <td>Anual</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>24 horas</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">PM2.5</td> <td>25</td> <td>Anual</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>24 horas</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">SO₂</td> <td>80</td> <td>Anual</td> </tr> <tr> <td>250</td> <td>24 horas</td> </tr> <tr> <td>750</td> <td>3 horas</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">NO₂</td> <td>100</td> <td>Anual</td> </tr> <tr> <td>150</td> <td>24 horas</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>1 hora</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">O₃</td> <td>80</td> <td>8 horas</td> </tr> <tr> <td>120</td> <td>1 hora</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">CO</td> <td>10.000</td> <td>8 horas</td> </tr> <tr> <td>40.000</td> <td>1 hora</td> </tr> </tbody> </table>	Contaminante	Nivel Máximo Permissible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de Exposición	PST	100	Anual	300	24 horas	PM10	50	Anual	100	24 horas	PM2.5	25	Anual	50	24 horas	SO ₂	80	Anual	250	24 horas	750	3 horas	NO ₂	100	Anual	150	24 horas	200	1 hora	O ₃	80	8 horas	120	1 hora	CO	10.000	8 horas	40.000	1 hora
Contaminante	Nivel Máximo Permissible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de Exposición																																										
PST	100	Anual																																										
	300	24 horas																																										
PM10	50	Anual																																										
	100	24 horas																																										
PM2.5	25	Anual																																										
	50	24 horas																																										
SO ₂	80	Anual																																										
	250	24 horas																																										
	750	3 horas																																										
NO ₂	100	Anual																																										
	150	24 horas																																										
	200	1 hora																																										
O ₃	80	8 horas																																										
	120	1 hora																																										
CO	10.000	8 horas																																										
	40.000	1 hora																																										
<p>Resolución 2254</p>	<p>2017</p>	<p>Es la cual opta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones.</p> <p>Artículo 18. Índice de calidad de aire (ICA), es un valor adimensional para reportar el estado de calidad de aire en función de un código de colores que están asociados a unos afectos generales que deben ser tenidos en cuenta para la reducción para reducir la exposición que afecta a las poblaciones.</p>																																										

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango</th> <th>Color</th> <th>Estado de la calidad del aire</th> <th>Efectos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 - 50</td> <td>Verde</td> <td>Buena</td> <td>La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.</td> </tr> <tr> <td>51 - 100</td> <td>Amarillo</td> <td>Aceptable</td> <td>Posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles.</td> </tr> <tr> <td>101 - 150</td> <td>Naranja</td> <td>Dañina a la salud de grupos sensibles</td> <td>Los grupos poblaciones sensibles pueden presentar efectos sobre la salud. 1) Ozono Troposférico: Las personas con enfermedades pulmonares, niños, adultos mayores y las que constantemente realizan actividad física al aire libre, deben reducir su exposición a los contaminantes del aire. 2) Material Particulado: Las personas con enfermedad cardíaca o pulmonar, los adultos mayores y los niños se consideran sensibles y por lo tanto en mayor riesgo.</td> </tr> <tr> <td>151 - 200</td> <td>Rojo</td> <td>Dañina para la salud</td> <td>Todos los individuos pueden comenzar a experimentar efectos sobre la salud. Los grupos sensibles pueden experimentar efectos más graves para la salud.</td> </tr> <tr> <td>201 - 300</td> <td>Púrpura</td> <td>Muy Dañina para la salud</td> <td>Estado de alerta que significa que todos pueden experimentar efectos más graves para la salud.</td> </tr> <tr> <td>301 - 500</td> <td>Marrón</td> <td>Peligroso</td> <td>Advertencia sanitaria. Toda la población puede presentar efectos adversos graves en la salud humana y están propensos a verse afectados por graves efectos sobre la salud.</td> </tr> </tbody> </table>			Rango	Color	Estado de la calidad del aire	Efectos	0 - 50	Verde	Buena	La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.	51 - 100	Amarillo	Aceptable	Posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles.	101 - 150	Naranja	Dañina a la salud de grupos sensibles	Los grupos poblaciones sensibles pueden presentar efectos sobre la salud. 1) Ozono Troposférico: Las personas con enfermedades pulmonares, niños, adultos mayores y las que constantemente realizan actividad física al aire libre, deben reducir su exposición a los contaminantes del aire. 2) Material Particulado: Las personas con enfermedad cardíaca o pulmonar, los adultos mayores y los niños se consideran sensibles y por lo tanto en mayor riesgo.	151 - 200	Rojo	Dañina para la salud	Todos los individuos pueden comenzar a experimentar efectos sobre la salud. Los grupos sensibles pueden experimentar efectos más graves para la salud.	201 - 300	Púrpura	Muy Dañina para la salud	Estado de alerta que significa que todos pueden experimentar efectos más graves para la salud.	301 - 500	Marrón	Peligroso	Advertencia sanitaria. Toda la población puede presentar efectos adversos graves en la salud humana y están propensos a verse afectados por graves efectos sobre la salud.
	Rango	Color	Estado de la calidad del aire	Efectos																											
	0 - 50	Verde	Buena	La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.																											
	51 - 100	Amarillo	Aceptable	Posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles.																											
	101 - 150	Naranja	Dañina a la salud de grupos sensibles	Los grupos poblaciones sensibles pueden presentar efectos sobre la salud. 1) Ozono Troposférico: Las personas con enfermedades pulmonares, niños, adultos mayores y las que constantemente realizan actividad física al aire libre, deben reducir su exposición a los contaminantes del aire. 2) Material Particulado: Las personas con enfermedad cardíaca o pulmonar, los adultos mayores y los niños se consideran sensibles y por lo tanto en mayor riesgo.																											
	151 - 200	Rojo	Dañina para la salud	Todos los individuos pueden comenzar a experimentar efectos sobre la salud. Los grupos sensibles pueden experimentar efectos más graves para la salud.																											
	201 - 300	Púrpura	Muy Dañina para la salud	Estado de alerta que significa que todos pueden experimentar efectos más graves para la salud.																											
	301 - 500	Marrón	Peligroso	Advertencia sanitaria. Toda la población puede presentar efectos adversos graves en la salud humana y están propensos a verse afectados por graves efectos sobre la salud.																											
Guía técnica y norma técnica colombiana																															
Año	Tema																														
1987	<p>Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben someterse las briquetas combustibles para uso doméstico.</p> <p>Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben someterse las briquetas combustibles para uso doméstico</p>																														
NTC 2060																															
NTC 24	2009	<p>Esta guía técnica presenta las pautas para realizar la separación de los materiales que constituyen los residuos peligrosos en la diferentes <i>Fuentes</i> de generación (doméstico, industrial, comercial, institucional y servicios). orientado para la recolección selectiva en la <i>Fuente</i>.</p>																													
Internacional																															
Año	Tema																														
2012	<p>Parámetros unívocos y asegurar una mayor protección del consumidor final, en el mes de enero de 2011, se aprobó la nueva norma europea que define las características de calidad del pellet.</p>																														
Norma BSEN-14961-2 (Norma Europea)																															

Clase de propiedad/ método de análisis	Unidad de medida	A1	A2	B
		Leña del tronco del árbol	Árboles enteros sin las raíces	Leña virgen de bosque
Origen y fuente		Residuos de leña sin tratamiento químico	Leña del tronco del árbol	Productos derivados y residuos de la industria de transformación de la leña
		Corteza	Residuos del corte de troncos de árbol	Leña procedente de otros usos
Diámetro "D" y Largo "L"	mm	D06, 6 ± 1; 3,15 ≤ L ≤ 40 D08, 8 ± 1; 3,15 ≤ L ≤ 40	D06, 6 ± 1; 1;3, 15 ≤ L ≤ 40 D08, 8 ± 1; 3,15 ≤ L ≤ 40	D06, 6 ± 1; 3,15 ≤ L ≤ 40 D08, 8 ± 1; 3,15 ≤ L ≤ 40
Humedad, "M" EN 14774-1, EN 14774-2	w-% sobre base húmeda, como la muestra recibida	M10 ≤ 10	M10 ≤ 10	M10 ≤ 10

Fuente. Autores

9 Metodología

El proyecto para la generación del prototipo de combustible orgánico empieza con la identificación de la zona de impacto que se quiere intervenir, con la problemática enfocada, se procedió al desarrollo en dos fases disciplinarias, que consisten trabajo de campo y de laboratorio, los cuales se llevó a cabo en un número limitado de fincas de la vereda Cimarrona del Municipio de Guaduas. Para llegar al tipo de estudio correlacional y explicativo, por la dinámica de medición de las características físicas de los prototipos de combustibles sólidos, como el poder calórico generado por cada uno de ellos y la comparación de estos, para determinar el mejor para los resultados y poder explicar relación de la población con el ambiente. En cuanto al enfoque es mixto, por la relación de datos reales que se obtienen de los prototipos de combustible sólido en lo cuantitativo, ya en lo cualitativo de difiere a descripción del lugar de investigación sobre el terreno y estado de las cocinas tradicionales del lugar.

9.3 Trabajo de campo

Encuestas

La encuesta se toma de ejemplo a las encuestas nacionales, para determinar información compleja sobre la temática del proyecto, cual se busca determinar si se hace el uso de madera u otro medio para la cocción de los alimentos, la cantidad de gente que se ve afectada, cuál es la forma que consiguen el combustible, la cantidad de desechos que son generados por ellos, y si le interesa un combustible orgánico a base de desechos del hogar (**anexos**).

Para la aplicación de las encuestas, se hace un criterio base de la selección de las fincas que se les dificulta el acceso para adquirir los tanques de gas para mejorar la idea de la encuesta. Si se cumple la idea de la encuesta de las fincas, donde se refleja el uso de cocina tradicional y el uso de leña para hacer los alimentos en algunas más que otras, aunque la mayoría, dado esta característica se hace la selección de 11 fincas en total.

Después de aplicar las encuestas se replica la pregunta a cada encargado de la finca, para que nos puedan guardar el residuo orgánico por 5 días seguidos para facilitar el insumo para los prototipos de combustibles.

Ilustración 4. Estufa de leña en la vereda Cimarrona



Fuente. Autores (2019)

Clasificación de los desechos orgánicos

Al momento de recolección de los RO en los puntos de interés, cada uno ellos tienen diferentes técnicas para guardarlos y otros no. La mayoría de las habitantes realizan una separación en la *Fuente*, ya que los desechos orgánicos son utilizados para comida de animales donde lo guardan en baldes con bastante aireación para evitar malos olores y la pronta descomposición, lo cual facilita esta recolección en esta área rural, de esta forma se obtiene un total de 35 kg de residuos orgánicos.

Ilustración 5. Clasificación de los orgánicos



Fuente. Autores (2019)

Al momento de hacer esta clasificación se evidencio gran porcentaje de residuos de verdura y fruta del contenido total, se hace la separación de estos residuos con gran cantidad de humedad que pudieran afectar el secado posterior y acelerar el proceso de descomposición. y se deja los que presentan las características necesarias según los documentos usados, en este caso son la cáscara de cebolla y parte de la misma, cáscara de banano, arveja, naranja, cilantro y lechuga, dejando un total de 15 kg de residuo óptimo para la preparación de los prototipos.

Aglomerante

El aglomerante es hecho a partir del almidón de yuca, que presenta la característica de poder dar cohesión a los materiales después de su compresión para mantener unido al fragmento y la estructura. Para obtener este almidón se utiliza 4 a 5 de estos tubérculos, estos de rallan de manera muy fina y se exprimen de cualquier forma para este proyecto se usó de manera rudimentaria ponerlos en una tela fina y estrujarla hasta poder obtener el almidón de este mismo se dejó secar durante 24 horas hasta poder tener el polvo blanco del almidón.

Ilustración 6. Preparación del aglomerante



Fuente. Autores (2019)

Diseño del combustible

Se utiliza la metodología usada por Vera (2014), determina un prototipo de briqueta con desechos orgánicos, donde consiste en dejar la composición orgánica secar al ambiente durante 48 horas a 60 horas, sacando los componentes de la humedad. Posteriormente de que ya los residuos se encuentren en un grado de humedad bajo, se procede a molerlos, lo cual se realiza con un molinillo doméstico hasta obtener el residuo con textura pequeña y fácil de manejar para la próxima compactación. Seguidamente se mezclan cada uno de ellos de acuerdo a las proporciones y porcentajes previamente establecidos **Tabla 2**, luego se procede a aplicar el aglomerante natural gradualmente hasta obtener una masa homogénea y pastosa.

Las dimensiones esperadas y que puedan ser manejadas según la guía técnicas Colombia como del extranjero de alto 10cm - 15cm y de diámetro de 4 cm a 6cm.

Ilustración 7. Briqueta tipo B en proceso de secado



Fuente. Autores

Tabla 3. Composición de briquetas

Componentes	Briqueta I		Briqueta II	
	Cantidad	%	Cantidad	%
Desecho orgánico	200 g	66.6 %	150 g	50 %
Pulpa de yuca	50 g	16.6%	75 g	25 %
Cascarilla de arroz	50 g	16.6%	75 g	25 %
Almidón de yuca	150 ml		150 ml	
Total	300 g	100 %	300 g	100 %

Fuente. Autores (2019)

Debido a la cantidad de combinado de briqueta (los 300 g) de ambos prototipos, se genera una briqueta de tamaños no aceptados según la guía técnica colombiana sobre estandarización de combustibles sólidos. Se opta por hacer el diseño con la mitad del peso total de ambas mezclas como se puede evidenciar en la **tabla N°3**. Así de esta manera se obtiene un prototipo de 12mm de alto y 5mm de diámetro.

Tabla 4. Composición con mitad de peso

Componentes	Briqueta I		Briqueta II	
	Cantidad	%	Cantidad	%
Desecho orgánico	100 g	66.6 %	75 g	50 %
Pulpa de yuca	25 g	16.6%	37.5 g	25 %
Cascarilla de arroz	25 g	16.6%	37.5 g	25 %
Almidón de yuca	150 ml		150 ml	
Total	150 g	100 %	150 g	100 %

Fuente. Autores (2019)

Compactación de la mezcla

En esta fase del proyecto se usaron moldes con tubos de PVC, con las siguientes dimensiones: Diámetro de 5cm, largo de 10 cm y una prensa manual de 8". Además, se insertó una varilla de un 1cm de diámetro para que la briqueta quedará con un orificio en el centro, esto con el fin de garantizar una mejor combustión de la briqueta y mayor rendimiento como se aprecia en la **ilustración 9**. ya cuando todo está armado se deja el prensado por 5 horas para terminar de perder toda la humedad y mantener la estructura y que funcionara el aglomerante.

Ilustración 8. Prensa manual.



Fuente. Autores

Secado de los prototipos

Los prototipos de briquetas fueron secados por convección libre (a la intemperie), durante ocho días, lo cual se clasificó importante dejarlas secar bien para evitar durante la combustión problemas de humedad en las briquetas.

Ilustración 9. Briqueta I y II en secado total



Fuente. Autores

9.4 Pruebas de laboratorio

Para poder sostener la viabilidad del diseño de los prototipos, serán enviados al laboratorio integrado ingeniería civil y ambiental de los Andes, donde se harán las respectivas pruebas de poder calórico a cada uno de los diseños, usado en la vereda, analizando también la generación de los posibles elementos nocivos a la salud.

9.5 Matriz metodológica

Tabla 5. Actividades, técnicas e instrumentos

Objetivo general	Objetivos específicos	Actividades y métodos	Recursos	Resultados esperados
Fabricar un combustible sólido a partir de residuos sólidos orgánicos (biomasa), como posible	Aprovechar la fracción orgánica de residuos sólidos generados en la vereda, prestando especial atención a los posibles	<ul style="list-style-type: none"> • Reutilización de residuos orgánicos • Visita de recolección de información • Encuestas 	<ul style="list-style-type: none"> • Encuestas • Cámara fotográfica • Equipaje de campo 	Buena recolección de información con los datos específicos para poder proceder con la ejecución de los

sustituto de leña en la vereda Cimarrona del municipio de Guaduas - Cundinamarca.	impactos en la calidad del aire intramural y sus consecuencias para la salud humana.			siguientes objetivos
	Aplicar técnicas para generar un prototipo de combustible sólido, que permita aprovechar los residuos sólidos orgánicos generados en la vereda Cimarrona del municipio de Guaduas - Cundinamarca.	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterización de los residuos orgánicos. • Métodos convencionales, descritos en artículos científicos probados en laboratorio • Modelos de briquetas diseñadas implementadas en Colombia 	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos de protección para la caracterización de residuos • Herramientas de fácil manejo para la fragmentación del material(molino), y compactación de la briqueta (prensa). 	Combustible sólido compuesto de material orgánico desecho por los habitantes de la vereda Cimarrona
	Describir las pruebas físicas necesarias para evaluar, en términos energéticos y de impacto sobre la calidad del aire intramural, el prototipo de combustible sólido como sustituto de la leña en la vereda	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación y medición del poder calórico generado por el combustible sólido diseñado 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de herramientas de laboratorio para pruebas de calorimetría con el uso de combustible sólido orgánico 	Evaluar si el uso del combustible sólido orgánico es óptimo para la sustitución de leña y que no afecte la salud humana.

	Cimarrona del municipio de Guaduas - Cundinamarca			
--	---	--	--	--

Fuente. Autores

10 Análisis y Resultados

10.1 Objetivo 1

10.1.1 Descripción del territorio y sus aspectos ambientales

La vereda Cimarrona, al pertenecer al municipio de Guaduas, forma parte de la provincia del Bajo Magdalena, donde en total existen 28 fincas en toda la vereda donde varían el uso del suelo a nivel socio-económico donde destaca el sector agropecuario donde el total de la población bovina en el 2016 es de 1.295 especímenes, está enfocada a la ceba y doble propósito (Producción de carne y leche)(Alcaldía municipal de Guaduas, 2016), una vaca en promedio realiza un 8% de deyección total de su peso, donde cada kilo genera 30 a 170 ml de gas metano, que es un elemento que genera el efecto de gas de invernadero en el mundo (Pérez, Bautista, Hernández, & Enríquez, 2017), otra afectación es la deforestación para adaptar el terreno para la ceba de los animales. El sector agrícola es el segundo más presente en la vereda, el café con la implementación de huertas caseras para la producción de hortalizas (tomate, habichuela, arveja, cilantro, pepino de relleno y otras) donde todos sus residuos son aprovechados para el compostaje (Alcaldía municipal de Guaduas, 2016), donde surge también la problemática de la deforestación. Otro elemento que realiza tala de árboles indiscriminadamente para su uso energético son las viviendas de la vereda, que lo emplean para cocinar sus alimentos, y generar desechos orgánicos que son quemados o usados para alimentar animales de granja. En la visita de campo se observó bastante pérdida de capa vegetal en la zona, debido a dicha tala para el sector económico agropecuario y uso doméstico.

El Sistema de Salud en la Vereda, depende de la Secretaría de Salud del Departamento, y las acciones del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, está sometida a la seccional en el Municipio de Villeta. Se cuenta con un Hospital de primer nivel en el municipio de Guaduas, y Centros de salud en los corregimientos de Puerto Bogotá, La Paz y la Inspección de Guaduoero. De acuerdo a esto la vereda no cuenta como tal con un centro de salud el más cercano es en La paz, lo cual es un gran problema ya que en esta vereda se presentan enfermedades por la calidad del aire como Neumonía Multilobar y enfermedad pulmonar obstructiva, que no pueden ser tratados en ninguno de estos puntos de salud cercanos a la vereda debido a que estos centros de atención no cuentan con la tecnología o con los medicamentos necesario para dar un debido tratamiento.

Según el **gráfico 1** y las encuestas realizadas en la zona, se puede evidenciar que las mujeres son las personas que más manipulan esta biomasa para la cocción de alimentos, aunque los hombres también presentan un porcentaje alto de exposición ya que ellos ejercen actividades ganaderas las cuales tienen que hacer uso de este recurso. En el caso de los niños presentan un porcentaje pequeño pero que a la vez tienen algo de exposición frente al recurso puesto que estas actividades se realizan dentro de la casa (cocina), afectando un poco a los niños. El diseño de las cocinas tradicionales afecta a esta población debido a que no están acondicionadas a drenar todo el humo que es generado por la quema de biomasa, en la **ilustración 4** se presenta una estufa con buen diseño, en

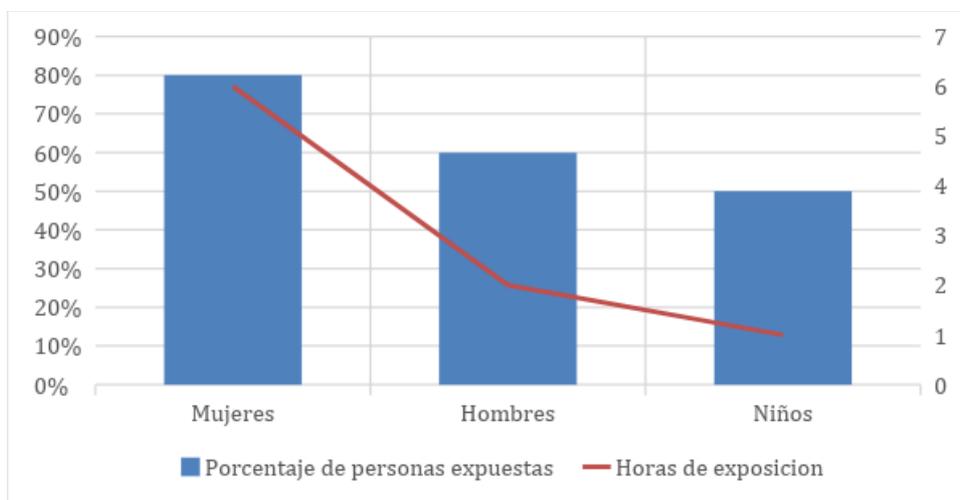
una habitación con bastante ventilación, pero al ser tan grande tiene muchos escapes de humo, por otro lado algunas de las casas que visitamos la estufa se encontraba en un lugar cerrado sin aireación correcta en la habitación y sin escape de chimenea para el humo.

Ilustración 10. Estufa tradicional



Fuente. Autores

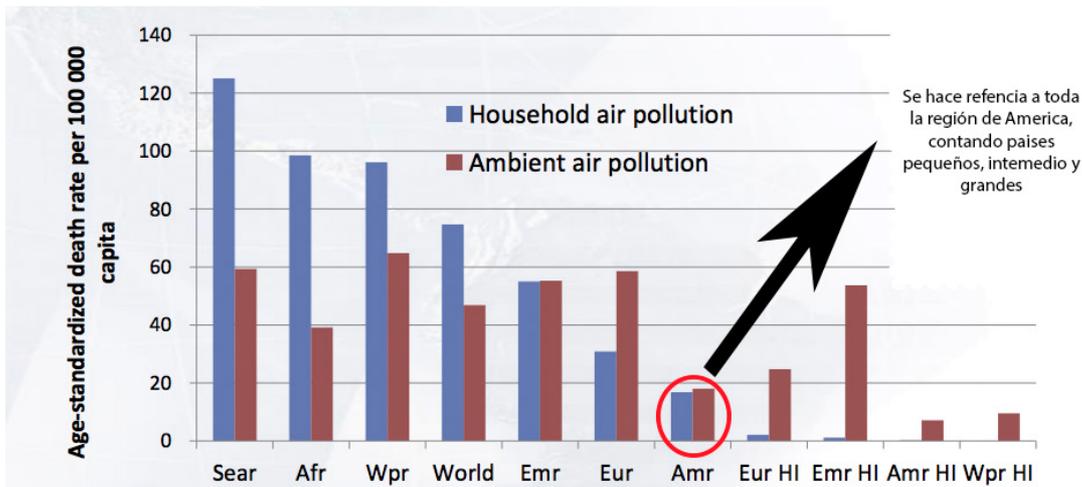
Gráfico 1. Porcentaje y frecuencia de personas que se exponen a la quema de la Biomasa



Fuente. Autores

Dado a la contaminación del aire en el hogar se generan estas enfermedades, que pueden llegar a ser mortales como se muestra en las cifras mundiales relacionadas de mortalidad por uso de combustibles sólidos dentro de hogares, que para el 2012 la ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD en la región de América determinan que 6,5 millones de personas mueren por enfermedades respiratorias causadas por calidad de aire intramural, en el mismo documento se compara a las muertes causadas por calidad de aire ambiente y calidad de aire de hogar, que se muestra en la **gráfica 2** que en comparación por poco están al mismo nivel (Soares da Silva, 2016).

Gráfico 2. Mortalidad por contaminación calidad aire de ambiente e intramural



Fuente. Silva

De acuerdo a la visita que se realizó se puede observar que en la mayoría de hogares/fincas la cobertura vegetal que se presenta es de pastos de corte, cultivos para el sustento de cada finca, y las zonas de reserva la cual es la preocupante por la manera de talar en esta zona. En este caso la vereda no presenta gran generación de materiales o recursos ya que las actividades económicas están enfocadas más a la lechería y al engorde del ganado o la cría de animales de granja, de tal manera no generan gran cantidad para la fabricación de estos combustibles, por ello lo más factible para la fabricación de estos prototipos es en zonas donde se generen mayor cantidad de residuos o recursos orgánicos.

El ensayo se desarrolló en dos fases una de campo y otra de laboratorio; por lo tanto, los resultados obtenidos después de cada fase se analizaron, permitiendo realizar una evaluación significativa de la información adquirida y el tratamiento de la misma, en gráficas, tablas, y otros sistemas.

El séptimo objetivo de desarrollo sostenible muestra las metas que se deben alcanzar para el 2030, dado a nuestro proyecto se puede alcanzar la segunda meta sobre el aumento de una energía renovable como fuente de energía (ODS, 2015) dado a capacidad calorífica que puede alcanzar el combustible sólido

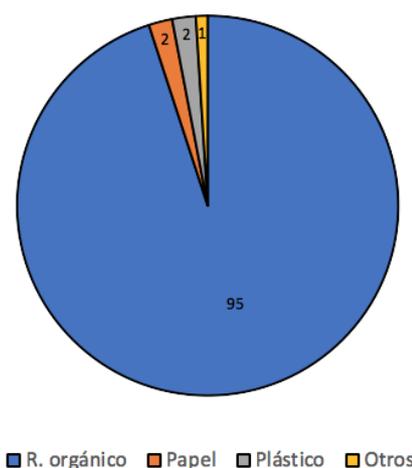
10.1.2 Situación actual en la generación de residuos sólidos orgánicos en la vereda Cimarrona

La zona de estudio presenta mayor uso de las tierras para uso bovino, de ceba y lechería, las deyecciones de los animales no son usadas para ningún proceso productivo en la vereda y el uso de los desechos de huerta son usados para compostaje de la misma tierra. En los hogares de la vereda, las generaciones de residuos sólidos orgánicos son usados para alimento de los animales.

Las fincas al pertenecer a un área rural, la presencia de residuos orgánicos es mayor que los plásticos y derivados, según como se presenta en los resultados de las encuestas y de la recolección total de 35 kg de residuos como se presenta en el **gráfico 3**.

Gráfico 3. Porcentaje de residuos orgánicos de la recolección

Clasificación residuos sólidos



Fuente. Autores (2019)

En total de las 11 fincas, se puede decir que, en promedio mensual se genera 80 - 120 kg de residuos orgánicos, claramente exceptuando la parte urbana y la escuela de la vereda.

Según las encuestas realizadas en la zona de estudio se evaluaron un total de 11 fincas, donde 1 hogares estudiados se conforman por una sola persona, el resto son de núcleos familiares de 2 a 5 integrantes cada uno, en total 14 mujeres, 12 hombres y 8 niños,

Tabla 6. Distribución de integrantes en la vereda.

Viviendas	Integrantes
1	1
2	2
3	3
4	4
5	3
6	3
7	4
8	3
9	2
10	4
11	5
TOTAL	34

Fuente. Autores

Tabla 7. Cantidades por género

Mujeres	Hombres	Niños
14	12	8

Fuente. Autores

10.1.3 Caracterización del uso de combustibles en la vereda Cimarrona

En la vereda al tener una actividad económico agropecuaria, el uso energético del calor es usado para el calentamiento del metal, que es empleado para marcar el ganado bovino para hacer identificación de propiedad, esta actividad de marcado se realiza cada 15 días dependiendo de la cantidad de crías por marcar, otro punto de uso energético es en la área de cocinas de la población de la vereda quemar la biomasa diariamente para cocción de sus alimentos y panadería tradicional (Bizcochos, pandebono y otros) característicos de la región, estas dos actividades comparten la misma Fuente de energía que es el uso de la leña que es talada,

10.2 Objetivo 2

10.2.1 Estándares aplicados para la fabricación de un combustible sólido a partir de residuos sólidos orgánicos en la vereda cimarrona

Para la fabricación de las briquetas de nuestro proyecto se basó en la investigación de teorías o trabajos que tuvieran relación con este tipo de diseño, construyendo briquetas que tuvieran otro tipo de materiales o recursos. El proyecto construido por Vera, A. (2014), nos dio la idea general para todo el diseño de estas briquetas con componentes y cantidades diferentes, enfocándonos a realizarlas en la vereda La Cimarrona del Municipio de Guaduas, Cundinamarca.

El combustible sólido está conformado por diferentes tipos de recursos en proporciones como se puede observar en las **tablas 3 y 4** de tal manera que faciliten la cocción del combustible como residuos orgánicos, almidón de yuca como aglomerante y cascarilla de arroz, lo cual son esenciales para la fabricación, diseño y combustión de estos. Por ende, estos recursos resultan ser económicamente accesibles por los residuos que se generan en cada una de estas fincas y cada uno de estos materiales, así como la cascarilla de arroz que son utilizados para el transporte del ganado. El contenido de humedad es esencial para mejorar el poder calórico de los prototipos y el tener un peso real para posibles cálculos de venta y almacenamiento.

Para realizar este cálculo se usa la fórmula de porcentaje de humedad.

Ecuación 1. Contenido de humedad

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso húmedo}} * 100$$

1. Prototipo I

$$\% \text{ Humedad} = \frac{150\text{g} - 122\text{g}}{150\text{g}} * 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 18,66$$

2. Prototipo II

$$\% \text{ Humedad} = \frac{150\text{g} - 122\text{g}}{150\text{g}} * 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 14,66$$

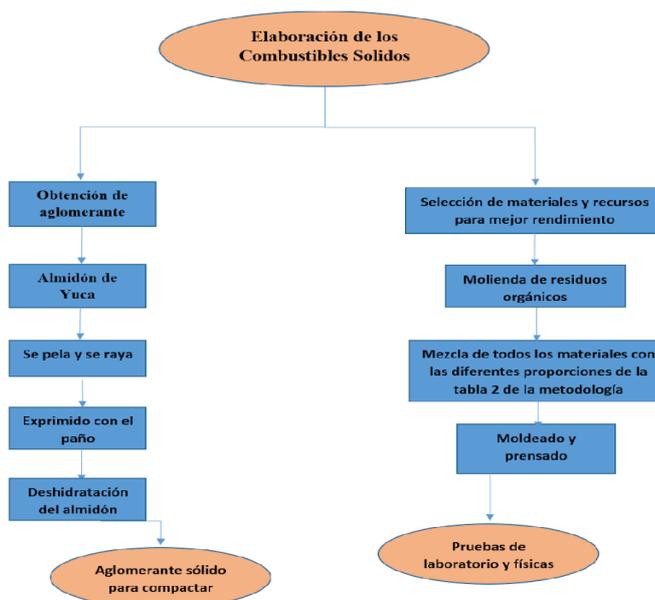
Fuente. Autores

Los resultados demuestran que el **prototipo II** presenta un contenido de menor de humedad, comparado con el otro prototipo, que de igual manera se presenta con los resultados de poder calórico.

En los 2 prototipos realizados están proporcionados los materiales con diferentes cantidades como se puede evidenciar en la Tabla 2, pero esto genera diferencia entre los dos diseños ya que uno se realizó con más cantidad de aglomerante y de residuos haciendo que tenga menos resistencia de fracturarse que el otro, también el tamaño influyó de tal manera que no se hizo proporcional entre largo y ancho generando esto una inestabilidad el diseño.

10.2.2 Procedimiento aplicado en la fabricación del combustible

Gráfico 3. Flujograma del procedimiento



Fuente. Autores

10.3 Objetivo 3

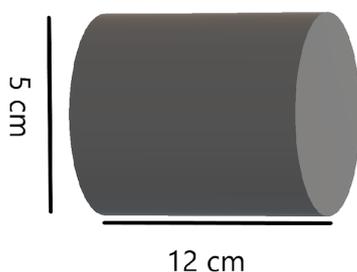
10.3.1 Selección de pruebas y parámetros físicos a medir sobre el combustible sólido fabricado y su uso en la vereda Cimarrona

Se hace la selección del laboratorio integrado de ingeniería civil y ambiental de los Andes debido a la prueba de poder calórico con la bomba parr, que presenta resultados muy fiables debido a la calibración exacta del instrumento de laboratorio y el método aplicado ASTM E711-06, que es la estandarización de poder calórico en muestras orgánicas. Las observaciones por la docente encargada de la prueba Olga Gómez, ella aplicó la prueba en la bomba calorimétrica, donde el procedimiento es tomar un 1-3 gramos de la muestra, introducirla en la bomba con las válvulas calibradas de entrada de oxígeno y salida de humo para poder tener una combustión controlada adentro, con los cables para generar ignición dentro de la bomba, una vez todo colocado por la válvula de oxígeno se inyecta oxígeno hacer una purgación y luego se vuelve a llenar de oxígeno, después de esto se introduce la bomba a un sistema cerrado con 2 L de agua con un agitador para mantener una temperatura controlada del agua y un termómetro para medir las temperaturas de cambio, y se hace combustión de la muestra y se toman todos los datos de la muestra (se hace el procedimiento dos veces).

10.3.2 Especificaciones del combustible sólido

El tamaño es usado por la estandarización de la NTC 2060, que dicta los tamaños promedio de las briquetas en Colombia que son usado por las cocinas tradicionales, el tamaño logrado el proyecto es fácil de manejar para cualquier tipo de situación dado a su altura de 12 cm y un diámetro de 5 cm, pero debido al secado de 48 horas el combustible sólido pierde consistencia en su estructura, pero sigue siendo manejable por el usuario, pero delicado a golpes fuertes que pueden generar fracturamiento. El almacenamiento debe ser un lugar sin humedad, y posicionar el combustible en suelo o plataforma deseada de manera que la parte plana del mismo este en el suelo como soporte agrupado con el resto del combustible.

Ilustración 11. Medidas de diseño



Fuente. Autores

Tabla 8. Resultados físicos de Prototipo 1

Pruebas físicas de combustión	Resultados
Densidad del humo	Bajo
Olor	Intenso, con aroma agradable
Color del humo	Blanco, cenizo
Color de la llama	Rojiza
Intensidad de la llama	Leve
Tiempo de arranque	1 minuto y 30 segundos
Tiempo de quema	9 minutos y 48 segundos

Fuente. Autores

Tabla 9. Resultados físicos de Prototipo 2

Pruebas físicas de combustión	Resultados
Densidad del humo	Bajo
Olor	Intenso, con aroma agradable
Color del humo	Blanco, cenizo
Color de la llama	Rojiza
Intensidad de la llama	Leve
Tiempo de arranque	1 minuto y 20 segundos
Tiempo de quema	11 minutos y 25 segundos

Fuente. Autores

10.3.3 Resultado de las pruebas físicas aplicada al combustible sólido fabricado.

Los resultados dados por el laboratorio integrado ingeniería civil y ambiental de la universidad de los Andes, en la bomba calorimétrica el prototipo I (12283.61 kJ/kg) arroja un resultado bajo comparado con el prototipo II (13486.15 kJ/kg), como se ve en la **tabla 5**.

Se compara con otros materiales con su poder calórico para determinar las capacidades de los prototipos, para generar la gráfica de comparación que permite definir el diseño óptimo.

Tabla 5. Poder Calorífico de materiales usados en el proyecto

Prototipo I (kJ/kg)	Prototipo II (kJ/kg)	Corteza Húmeda (kJ/kg)	Madera Verde (kJ/kg)
12.283,61	13.486,15	5.900	14.400(*)

11 **Fuente: Autores (2019) y XTEC**

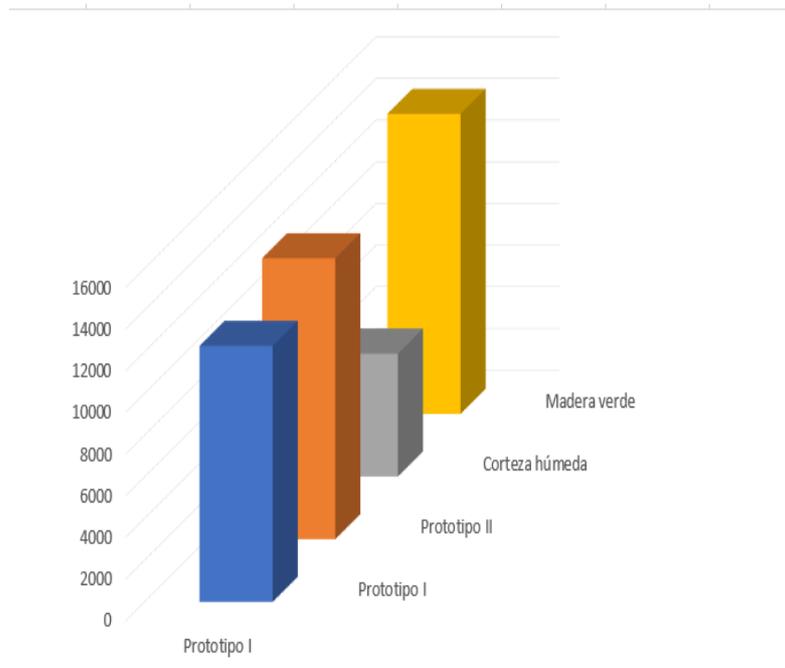
(*) La madera cambia de zona y se debe calcular según su **coeficiente de humedad** dependiendo de la especie.

Tabla 6. Coeficiente de humedad

COEFICIENTE DE HUMEDAD			
MADERA	COEFICIENTE	MADERA	COEFICIENTE
Álamo negro	0'55	Haya	0'62
Castaño	0'48	Olivo	0'88
Chopo	0'30	Pino marítimo	0'58
Encina	0'68	Pino silvestre	0'49
Enebro	0'50	Roble	0'68

12 Fuente: XTEC

Gráfico 4. Poder calórico de los materiales seleccionados



Fuente. Autores

10.3.4 Posibles beneficios sobre los componentes ambientales y la salud humana por sustitución de combustibles en la vereda cimarrona.

Debido a las encuestas que se realizaron en cada una de las fincas, se hizo una pregunta a las personas que habitan allí sobre los beneficios de implementar este combustible sólido a partir de los desechos orgánicos y que pensaba acerca de la viabilidad para la comunidad realizar el proyecto, principalmente en aspectos económicos, políticos y ambientales.

La respuesta y el pensamiento de la mayoría de los habitantes, es que parece ser muy viable en el tema del medio ambiente y que se haría el aprovechamiento de este siempre y cuando sea más fácil para ellos construirlo y que en tema económico o de tiempo no sea más complejo que ir por la leña de los potreros. En este caso se les indica que el prototipo de combustible que se fabrica tendrá un beneficio en la parte ambiental y la disminución en el impacto contra la salud humana, ya que la idea es la disminución de gases (humo) con material particulado que afecta la calidad del aire y que no se infiltre por vías respiratorias y causan enfermedades respiratorias agudas.

La fabricación de este combustible sólido orgánico con sostenibilidad energética y ambientalmente, brinda una oportunidad de mejorar diferentes aspectos dentro de la vereda, en donde la utilización en cantidades de este combustible contribuye a una gran disminución en la tala de árboles, a la mejora de la calidad del aire ya que estudios realizados demuestran que la biomasa emite menor cantidad de CO₂ hacia la atmósfera; a la protección de los recursos hídricos y a una salud humana óptima (Vera, 2014).

10.3.5 Evaluación de aplicación del combustible sólido como posible sustituto de los combustibles empleados en la vereda cimarrona.

Dado a todos los resultados analizados desde la generación total de los residuos orgánicos de las fincas en la zona de estudio, el nivel fácil de adquisición de los insumos para la fabricación del combustible sólido orgánico, y como se demuestra en el **gráfico 4** el prototipo II llega a niveles de poder calórico equiparables a la de madera húmeda, y las pruebas físicas arrojan un resultado de que genera humo blanco a menor medida debido a su bajo índice de humedad y un olor agradable como si fuera un la quema de un árbol aromático.

De modo de resultado el total de residuos generados no es lo suficiente para generar el combustible sólido orgánico, para abastecer a la población de la zona de estudio, basándonos en la cantidad diaria necesaria de 27,61 kg/día, de este modo no es viable aplicar el combustible sólido a esta vereda, por lo tanto, es necesario aplicar estudios más profundos a la obtención de insumos para los prototipos.

11. Discusión de resultados

A partir de los hallazgos encontrados, no se puede aceptar la hipótesis general del proyecto que establece como el combustible sólido creado a base de desechos orgánicos, puede llegar a ser un posible sustituto de la leña en la vereda la cimarrona, municipio de Guaduas. Debido a que la generación del insumo principal no abastece lo suficiente para la producción del combustible, y para otorgar un peso básico para el uso en todas las familias estudiadas en el caso de estudio.

Estos resultados guardan la relación con el autor Vera (2014) y Valderrama, Curo Y Yantoy (2011). en el modo de producción del prototipo de combustible sólido, es funcional dado a que los componentes se basan en usar un componente principal (materia orgánica), iniciador y un aglomerante para mantener una estructura firme y manejable. Esto es lo que se acorde con este estudio.

Pero, en lo que no concuerda en el estudio de los autores referidos, es que ellos no realizan un seguimiento o planeación futura después de la implementación del combustible sólido, no hay cuantificación de la idea de mejoría ambiental de sus casos de estudio, nos referimos a que si existe la posibilidad de sustitución de la leña con los prototipos estudiados.

12. Conclusiones

- A partir de la fabricación de briquetas con residuos orgánicos, se identificó que la briqueta que posee mayor poder calorífico es el prototipo II (13.486,15 kJ/Kg), ya que, al añadir mayor cantidad de pulpa de yuca y cascarilla de arroz, su producción de calor aumenta dado la menor cantidad de humedad que presenta según los cálculos. Las briquetas son una opción ecológica, que permite mejorar aspectos importantes en la comunidad y socioambientales, debido a que su fabricación es 100% natural, además de esto contribuye al mejoramiento de la calidad del aire intramural en la vereda puesto que, es un combustible limpio.
- Los diseños son pruebas verídicas donde se obtiene un resultado óptimo, que demuestra que la combinación de residuos orgánicos, el iniciador (cascarilla de arroz) y el aglutinante (almidón de yuca), estos prototipos pueden ser usados como alternativa de la leña en la vereda Cimarrona, Cundinamarca, sin embargo la producción per cápita que genera la vereda no es muy rentable para el diseño de estos prototipos ya que los residuos y las actividades económicas que se practican en esta vereda no generan grandes recursos para la construcción de estas briquetas, lo cual sería más rentable en veredas donde la generación de recursos orgánicos sea más alta.
- Se desarrolló el proyecto como alternativa viable en términos ambientales, dado que la deforestación se reduciría en cierto porcentaje para generar energía más limpia, mediante el aprovechamiento de residuos lignocelulósicos o orgánicos para transformarlos en prototipos de combustibles sólidos ecológicos, favoreciendo de esta manera al desarrollo sostenible y a la implementación de una energía renovable, para un mejor aspecto social, económico y ambiental.

13. Recomendaciones

- Determinar más pruebas de laboratorio para establecer la calidad de aire intramural, porque con solo la quema y saber los componentes emanados de solo dos briquetas no es óptimo el resultado para comparación.
- Es importante evaluar las diferentes fuentes de generación de contenido orgánico de los puntos de interés estudiado, esto se establece que no se debe concentrar en la generación de la casa, mirar otras alternativas como la generación de residuos de los establos o gallineros, dependiendo del enfoque de la finca.
- Hacer mayor interacción con la zona urbana de la vereda que también son una fuente de generación de residuos orgánicos, y que no tienen un tratamiento adecuado con su recolección.

14. Referencias bibliográficas

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2011). Política Distrital de Salud Ambiental para Bogotá D.C. disponible en: http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=969c5996-6f71-4c1d-a3b9-504dcc2f706a&groupId=55886
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (S.F). Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura. disponible en: http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf
- Alvarez, A. (2012). Aprovechamiento integral de los materiales lignocelulósicos. *Revista iberoamericana de polímeros*. disponible en: <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/SEPT12/alvarez.pdf>
- Balseca, O., López, S., Viteri, E., Ana luisa, D., & Hernández, E. (2018). Elaboración, caracterización y posibles aplicaciones de briquetas de residuos de café (borra) como biocombustible sólido. *Polo del conocimiento*.
- Bridgewater, A., & Bridgewater, G. (2009). *Energies alternativas. Handbook*. Editorial Paraninfo.
- Corporación Programa Desarrollo Para La Paz del Magdalena Centro. (2017). Guaduas Cundinamarca. PDP Magdalena Centro. disponible en: <http://pdpmagdalenacentro.org/pagina2017/sistema-de-informacion-irmac-guaduas/>.
- Organización Mundial de la salud (2005-2015). OMS Mundial. Recuperado de: <http://www.who.int/about/es/>
- Macarulla, J., Marino, A., & Macarulla, A. (2002). Bioquímica Cuantitativa. *Cuestiones sobre metabolismo (Volumen II)*. 622 Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=4PY2mVwYVFC&pg=PA622&dq=bomba+calorimetrica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwilhMazjKvhAhXQUt8KHbkQC4QQ6AEIKDAA#v=onepage&q=bomba%20calorimetrica&f=false>
- Nogués, F., García, D., & Rezeau, A. (2010). Energía de la biomasa (volumen I). *Prensas Universitarias de Zaragoza*. 290-293. disponible en: https://books.google.com.co/books?id=P58rcPu5O90C&pg=PA289&dq=briqueta&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjC6_26jqvhAhVEhOAKHdFrDSkQ6AEILzAB#v=onepage&q=briqueta&f=false
- Romero, A. (2010). Aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía alternativa a los combustibles fósiles. *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. disponible en: <http://www.rac.es/ficheros/doc/00979.pdf>
- Seo, Birdlife.(2012). Biocombustibles ¿El biocombustible del futuro?. Birdlife International. disponible en: <https://www.seo.org/wp-content/uploads/2012/04/Biocombustibles.pdf>
- Sierra, F., Mejía, F., & Guerrero, C. (2011). Implicaciones ambientales del uso de leña como combustible doméstico en la zona rural de Usme.
- Sistema de información Ambiental de Colombia (SIAC). (2011). Recuperado de: <https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=362&conID=1040&pagID=1100>
- Juneman, A., & Legarreta, G. (2007). Inhalación de humo de leña: una causa relevante pero poco reconocida de Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica. *Revista Americana de Medicina Respiratoria*, 7(2).
- Herrera, C. (2017). CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA ESTRUCTURAL, DIVERSIDAD Y DINÁMICA DE LA VEGETACIÓN EN GUADUAS, CUNDINAMARCA. universidad distrital francisco José de caldas. Colombia
- FAO. (2006). El uso doméstico de leña en los países en desarrollo y sus repercusiones en la salud. Estados Unidos recuperado de: <http>

- Hussein, L. and Mona, s. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. sciencedirect, [online] 1(1), pp.3-4. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110062118301375>
- Lombardi, V.(2015).Convertir basura en leña ecológica. Unsam. Argentina recuperado de:<http://www.unsam.edu.ar/tss/como-hacer-leña-ecologica-con-desechos/>
- Srivastava, S.,Narnaware, L., Makwana, J., Singh, A., & Vahora, S. (2017).Investigating the energy use of vegetable market waste by briquetting. Sardar Patel Renewable Energy Research Institute, India.
- Valderrama, A., Curo, H., Quispe, C., Yantoy, V. and Gallo, J. (2011). BRIQUETAS DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS COMO FUENTE DE ENERGÍA CALORÍFICA EN COCINAS NO CONVENCIONALES. 1st ed. Lima. Perú: Víctor López Guzmán.
- Vera, A. (2014). DISEÑO DE BRIQUETAS ECOLÓGICAS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA CALÓRICA Y MEJORAMIENTO DE ECOSISTEMAS EN EL CORREGIMIENTO DE NABUSIMAKE, MUNICIPIO DE PUEBLO BELLO-CESAR(pregrado). *UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA –UNAD*. Valledupar
- Wauquier, J. (2004). El refinado del petróleo. *Fundación Repsol YPF*. 178-180. disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=dwkg8u2MmIC&pg=PA178&dq=poder+calor%C3%ADfico&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjggf26hqvhAhWwFzQIHV4wCXIQ6AEILjAB#v=onepage&q=poder%20calor%C3%ADfico&f=false>
- WHO. (2005). Guía de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. . OMS.
- Zambrano Bohórquez, D. (2017). CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO POR COMBUSTIÓN DE LEÑA EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE SANTA SOFÍA, BOYACÁ. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/16458/1/ZambranoBohorquezDaisyLizeth2017>
- Zelikoff et al. (2002), “The toxicology of inhaled woodsmoke,” *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, No. 5, pp. 269–282.
- Zhang, G., Sun, Y., & Xu Y. (2017). Review of briquette binders and briquetting mechanism. Beijing.