

Diseño de Estrategias para la Disminución de Gases de Efecto Invernadero, Generado en la  
Empresa Piedras Blancas Dedicada a la Extracción Piedra Caliza en el Municipio de Tolú Viejo  
Sucre, a Través del Cálculo de Huella de Carbono

Pamela Cristina Mórelo Beltrán

Leidy Marcela Ramírez Betin

Corporación Universitaria del Caribe – CECAR  
Facultad de Ciencias Básicas, Ingenierías y Arquitectura  
Programa de Ingeniería Industrial  
Sincelejo (Sucre)  
2019

Diseño de Estrategias para la Disminución de Gases de Efecto Invernadero, Generado en la Empresa Piedras Blancas Dedicada a la Extracción Piedra Caliza en el Municipio de Tolú Viejo Sucre, a Través del Cálculo de Huella de Carbono

Pamela Cristina Mórelo Beltrán

Leidy Marcela Ramirez Betin

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial

Director

Gean Pablo Mendoza Ortega

Msc Maestría en Logística Integral

Codirector

Cesar José Vergara Rodríguez

Esp. Logística Integral

Corporación Universitaria del Caribe – CECAR

Facultad de Ciencias Básicas, Ingenierías y Arquitectura

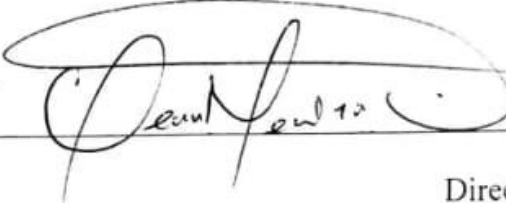
Programa de Ingeniería Industrial

Sincelejo (Sucre)

2019

**Nota de Aceptación**

3.63



Director



Evaluador 1



Evaluador 2

## **Dedicatoria**

*Este proyecto es dedicado principalmente a Dios por darnos la oportunidad de alcanzar un logro más, a nuestras familias por siempre ser nuestro apoyo en todo momento y todas las personas que nos ayudaron en este proceso.*

## **Agradecimientos**

*Agradecemos principalmente a Dios por hacer posible la realización de un proyecto más en nuestras vidas, al ingeniero Gean Pablo Mendoza Ortega por apoyarnos en este proceso de aprendizaje, a la empresa Piedras Blancas por darnos la oportunidad y ofrecernos los datos pertinentes para la realización de este proyecto.*

## Tabla de Contenido

Resumen .....	12
Abstract .....	13
1. Introducción .....	14
2. Objetivos .....	16
2.1. General: .....	16
2.2. Específicos: .....	16
3. Marco Teórico .....	17
3.1. Cambio Climático .....	17
3.2. Huella de Carbono.....	19
3.3. Fuentes de Emisiones .....	21
3.4. Principales Metodologías para la Medición de Gases de Efecto Invernadero .....	30
3.4.1. Greenhouse Gas Protocol GHG Protocol.....	30
3.4.2. ISO 14067. ....	31
3.4.3. PAS 2050.....	32
4. Metodología .....	35
4.1. Fase 1. Caracterización del Proceso Productivo en Piedras Blancas .....	35
4.2. Fase 2. Calculo de la Huella de Carbono .....	35
4.3. Fase 3. Análisis, Conclusiones y Recomendaciones.....	36
5. Resultados .....	37
5.1. Características del Sector de Materiales y Agregados para la Construcción en el Municipio de Toluviéjo.....	37

5.2. Proceso Productivo de Agregados.....	39
5.2.1. Remoción o eliminación del material estéril.....	41
5.2.2. Detonación del material.....	42
5.2.3. Extracción del material.....	43
5.2.4. Carga de material.....	44
5.2.5. Transporte del material.....	45
5.2.6. Descargue de material.....	46
5.2.7. Trituración y clasificación del material.....	47
5.2.8. Almacenamiento del material.....	49
5.2.9. Venta.....	49
5.3. Mapa del Proceso de Producción de Piedras Blancas.....	49
5.3.1. Descripción del proceso productivo de la empresa piedras blancas.....	50
5.3.2. Triturado de gravillon y triturado.....	51
5.3.3. Triturado de gravilla.....	52
5.3.4. Triturado de arena.....	53
5.4. Diagrama de flujo de la empresa Piedras Blancas.....	54
5.5. Límites de la huella de carbono.....	55
5.6. Recolección de datos del proceso productivo de la empresa Piedras Blancas.....	55
5.6.1 Inventario de materia prima (MP), producto terminado (PT) y rendimiento.....	56
5.7. Inventario de maquinaria y equipos Piedras Blancas.....	57
5.7.1. Inventario de equipos de combustión de Piedras Blancas.....	58
5.7.2. Consumo de combustibles por explotación y transporte de materia prima.....	59
5.7.3. Inventario de equipos eléctricos en el proceso de molienda.....	60
5.7.4. Consumo eléctrico para el proceso de producción de Gravillon.....	61
5.7.5. Consumo eléctrico para el proceso de producción de Gravilla.....	63
5.7.6. Consumo eléctrico para el proceso de producción de Triturado.....	64
5.8.7. Consumo eléctrico para el proceso de producción de arena.....	66

5.8.	Calculo de emisiones de Gases de Efecto invernadero generadas de consumo de combustibles.....	68
5.9.	Calculo de Emisiones de Gases de efecto Invernadero generadas por consumo eléctrico .....	70
5.9.1.	Emisiones por consumo eléctrico en la producción de gravillon de Piedra Blancas. ....	71
5.9.2.	Emisiones por consumo eléctrico en la producción de gravilla de Piedras Blancas. ....	72
5.9.3.	Emisiones por consumo eléctrico en la producción de Triturado de Piedras Blancas. ....	73
5.9.4.	Emisiones por consumo eléctrico en la producción de Arena de Piedras Blancas. ....	73
5.10.	Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por producto .....	75
5.11.	Comparación de las emisiones generadas por las empresas en el municipio de Tolú Viejo Sucre.....	76
5.12.	Discusión .....	77
6.	Estrategias para la Mitigación de la Huella de Carbono en la Empresa Piedra Blancas .....	79
6.1.	Evaluación de alternativas.....	80
7.	Conclusiones.....	81
8.	Recomendaciones .....	83
	Referencias Blibliograficas .....	84
	Anexos.....	88



### Lista de Figuras

Figura 1: Emisiones de dióxido de carbono Países. ....	21
Figura 2: Emisiones de gases de efecto invernadero por sectores. ....	22
Figura 3: Emisiones de GEI en América Latina y el Caribe. ....	23
Figura 4: Emisiones de los GEI en América Latina y el Caribe. ....	24
Figura 5: Inventario de emisiones de gases por actividades. ....	25
Figura 6: Porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero por actividades. ....	26
Figura 7: Consumo de energía por actividades a nivel nacional. ....	27
Figura 8: Emisiones netas. ....	28
Figura 9: Porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero por sectores económicos del departamento de Sucre. ....	29
Figura 10: Metodología PAS 2050. ....	33
Figura 11: Empresas del sector de agregados para la construcción en el municipio de Toluviéjo. ....	38
Figura 12: ubicación de la empresa Piedras Blancas en Toluviéjo. ....	39
Figura 13: Diagrama de procesos de la empresa Piedras Blancas. ....	40
Figura 14: Material estéril en las canteras del Municipio de Toluviéjo. ....	41
Figura 15: Maquina para la eliminación o remoción del material estéril. ....	42
Figura 16: Detonación del material, Municipio de Toluviéjo. ....	43
Figura 17: Extracción el material mediante métodos artesanales. ....	44
Figura 18: Material de carga. ....	45
Figura 19: Transporte del material. ....	46
Figura 20: Descargue del material. ....	47
Figura 21: Trituración y clasificación del material. ....	48
Figura 22: Diagrama de proceso productivo de la empresa Piedras Blancas. ....	50
Figura 23: Mapa de proceso productivo de gravillon y triturado de la empresa Piedras Blancas. ....	51
Figura 24: Mapa de proceso productivo de gravilla de la empresa Piedras Blancas. Fuente: Elaboración propia (2018). ....	52
Figura 25: Mapa de proceso productivo de gravilla de la empresa Piedras Blancas. ....	53

Figura 26: Diagrama de flujo de la empresa Piedras Blancas.....	54
figura 27: comparación de las emisiones GEI generadas por empresas .....	76

### Lista de Tablas

Tabla 1 Potencial del calentamiento global de los gases de efecto invernadero.....	20
Tabla 2 Inventario de materia Prima de Piedras Blancas.....	56
Tabla 3 Inventario producto terminado de Piedras Blancas.....	57
Tabla 4 Inventario de maquinaria y equipos de Piedra Blancas .....	58
Tabla 5 Inventario de equipos de combustión de Piedras Blancas .....	59
Tabla 6 consumo de combustible por explotación y transporte de materia prima de Piedras Blancas .....	60
Tabla 7 Inventario de equipos de molienda de Piedras Blancas. ....	60
Tabla 8 Inventario de Equipo Eléctricos en la Producción de Gravillon Piedras Blancas.....	61
Tabla 9 Consumo Eléctrico en la Producción de Gravillon Piedras Blancas.....	62
Tabla 10 Inventario de Equipo Eléctricos en la Producción de Gravilla Piedras Blancas.....	63
Tabla 11 Consumo Eléctrico en la Producción de Gravilla Piedras Blancas.....	64
Tabla 12 Inventario de Equipo Eléctricos en la Producción de triturado Piedras Blancas .....	65
Tabla 13 Consumo Eléctrico en la Producción de triturado Piedras Blancas .....	66
Tabla 14 Inventario de Equipo Eléctricos en la Producción de Arena Piedras Blancas .....	66
Tabla 15 Factores de emisión de combustible en colombia.....	68
Tabla 16 Emisiones de gases de efecto invernadero de combustible por producto. ....	69
Tabla 17 Factores de emision de energia eléctrica en Colombia.....	70
Tabla 18 Emisiones por consumo eléctrico en la produccion de gravillon de Piedras Blanca .....	71
Tabla 19 Emisiones por consumo eléctrico en la produccion de gravilla de Piedras Blanca .....	72
Tabla 20 Emisiones por consumo eléctrico en la produccion de triturado de Piedras Blanca.....	73
Tabla 21 Consumo Eléctrico en la Producción de Arena Piedras Blancas .....	74
Tabla 22 Emisiones de electricidad por producto .....	74
Tabla 23 Emisiones de gases de efecto invernadero por producto en Piedras Blancas .....	75

### Lista de Anexos

Anexo 1. Formato de recolección de información en el proceso de explotación.....	88
Anexo 2. Formato de recolección de información en transporte. ....	88
Anexo 3. Formato de recolección de información en consumo eléctrico. ....	89
Anexo 4. Ficha técnica 1 .....	90
Anexo 5. Ficha técnica 2 .....	91
Anexo 6. Ficha técnica 3 .....	92
Anexo 7. Ficha técnica 4 .....	93
Anexo 8. Ficha técnica 5 .....	94

## Resumen

En la presente investigación por medio de la aplicación de la metodología PAS 2050, se estimó la huella de carbono que se genera en la empresa Piedras Blancas, en las etapas del proceso productivo de piedra caliza, en el departamento de Sucre. Para el cálculo de las etapas se tuvieron en cuenta las actividades que se requirieron para este proceso y se realizó su respectiva descripción, con el fin de cuantificar las emisiones de GEI que se generan en las etapas como lo son extracción, transporte, procesamiento y almacenamiento de la materia prima y el producto terminado, después de realizados los pasos expuestos por la metodología a seguir para el cálculo de la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente y se obtuvieron los resultados se determinaron las etapas y los materiales que generan la mayor cantidad de emisiones dentro del proceso, a su vez la estimación de estos resultados permitió la búsqueda de alternativas o estrategias para la minimización de la cantidad de emisiones de gases generadas, también le permitirá a la empresa utilizar este proyecto como guía para tomar decisiones con respecto a las conclusiones y recomendaciones que se plantearon para la minimización de las emisiones de GEI generadas en la empresa Piedras Blancas el material de mayor emisión es la arena con 39.87 Kg de CO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup>

*Palabras clave:* Huella de carbono, cambio climático, gases de efecto invernadero, agregados para la construcción, etapas del proceso productivo, materiales.

### **Abstract**

In the present investigation through the application of the PAS 2050 methodology, the carbon footprint generated in the Piedras Blancas company is estimated, in the stages of the limestone production process, in the department of Sucre. For the calculation of the stages, the activities that were required for this process were taken into account and their respective description was made, in order to quantify the GHG emissions that were developed in the stages such as extraction, transport, processing and storage. of the raw material and the finished product, after performing the specific steps by the methodology to follow for the calculation of the amount of CO<sub>2</sub> equivalent and the results were obtained, the stages and the materials that processed the largest amount of emissions within the In turn, the modification of these results, the search for alternatives or strategies to minimize the amount of gas emissions generated, will also allow the company to use this project as a guide to make decisions regarding conclusions and recommendations. that were raised for the minimization of GHG emissions generated in the company Pi edras Blancas the material with the highest emission is sand with 39.87 Kg of CO<sub>2</sub>Eq / m<sup>3</sup>

Keywords: Carbon footprint, climate change, greenhouse gases, aggregates for construction, stages of the production process, materials.

## 1. Introducción

El calentamiento global es un problema muy importante que se presenta a nivel mundial, debido al aumento de los gases de efecto invernadero, causado por la sobre explotación de recursos naturales, el crecimiento de las industrias, el aumento del transporte, la creación de nuevas alternativas para satisfacer las necesidades del ser humano, todas estas causas afectan la capa atmosférica del planeta y tienen como consecuencias las alteraciones del medio ambiente. (Espíndola y Valderrama, 2011).

Por otra parte los cambios climáticos que se están presentando se ha tornado de forma rápida, debido a la falta de conciencia y educación de los ciudadanos, el crecimiento que han tenido las empresas sin tener en cuenta las consecuencias ambientales, como son los GEI que se están generando por el uso desmedido de diferentes productos, o la mala implementación de los procesos que se dan en las empresas, donde se ven afectadas las capas atmosféricas, generando un aumento en la temperatura de manera sorprendente, hasta el punto que se pueden observar diferentes alteraciones climáticas, es decir que la contaminación mundial de los gases de efectos invernaderos han hecho que aumente la temperatura promedio a un grado centígrado en el último siglo, donde el calentamiento de los mares y océanos provoca la pérdida de la biodiversidad marina, reduce la captura de dióxido de carbono y hace retroceder la cobertura de hielo en los casquetes polares, causando el aumento de los niveles de agua principalmente los océanos, que se puede convertir en un problema mayor ya que las ciudades costeras se verán afectadas (Expansión, 2017).

Con la problemática que se vive, lo que se busca son alternativas que sean promovidas a nivel mundial con el fin de minimizar la cantidad de emisiones de gases que se generan en cada etapa del proceso que tienen como fin satisfacer las necesidades de los clientes.

La problemática de los gases de efecto invernadero no es ajena para los diferentes gobiernos a nivel mundial, por lo que se han generado normativas teniendo como objetivo la evaluación de la cantidad de GEI producidos por países y su importancia en la capa atmosférica, algunas de estas normativas son: Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol), la ISO (Organización Internacional de Normalización) 14067 y el PAS 2050.

Las normas que se mencionaron anteriormente son de las más utilizadas a nivel mundial, este proyecto se enfoca en la norma del PAS 2050, considerando que el límite de la investigación será de la cuna a la puerta, debido a que el entorno donde se aplicara permite realizar esta evaluación, siendo de mucha importancia para este sector tener un balance de la cantidad de emisiones de gases que se generan en todos los procesos y subprocesos en la explotación de piedra caliza.

Este Proyecto buscará diseñar estrategias que ayuden a mitigar el impacto de los gases de efecto invernadero y el exceso de contaminación, causando en su gran mayoría que la temperatura se eleve y el derretimiento de los glaciares. (iati correduria de seguros, s.f.)

## 2. Objetivos

### 2.1. General

✓ Diseñar estrategias para la disminución de gases de efecto invernadero en la empresa Piedra Blancas dedicada a la extracción piedra caliza en el municipio de Tolviejo sucre.

### 2.2. Específicos

✓ Caracterizar el proceso productivo para la extracción de piedra caliza en la empresa, Piedras Blancas identificando la importancia de cada proceso.

✓ Desarrollar el cálculo de la huella de carbono en el proceso de la extracción de piedra caliza mediante el PAS 2050.

✓ Proponer opciones para la reducción de emisión de gases de efecto invernadero en la empresa Piedras Blancas dedicada a la extracción de agregados para la construcción.



### **3. Marco Teórico**

#### **3.1. Cambio Climático**

El cambio climático se entiende como la variación del clima que se ha realizado a lo largo del tiempo, por fenómenos naturales o sea por la actividad humana teniendo como consecuencia las alteraciones de la composición de la atmosfera, debido a esto se han presentado cambios en los últimos años realmente preocupantes es una de las principales problemáticas que se está presentando a nivel mundial (Ministerio de Ambiente, 2014).

Según Riechmann (2008) El cambio climático no ha sido un fenómeno fácil de predecir y asumir la responsabilidad ya que por medio del campo científico se ha podido ir conociendo de sus causas y consecuencias, las cuales están ligadas directamente con el diario vivir de los seres humanos y el uso que se le da a cada recurso que tiene a su alcance, aunque las voces de los científicos que se dedicaron a estudiar este comportamiento del clima fueron ignoradas en cierto tiempo la sociedad ha ido tomando conciencia de la gravedad que se afronta con dicho problema dándole importancia desde los diferentes sectores de la sociedad entre estos los medios de comunicación, gobiernos, empresarios y personas independientes que buscan crear conciencia en los demás con el fin de disminuir la cantidad de contaminación que se libera diariamente a la atmosfera.

El primer convenio que se formó con el fin de investigar el daño que se le realiza a la capa de ozono fue el Convenio de Viena el 22 de marzo de 1985 donde participaron 21 países que tienen como finalidad compartir información y ejecutar medidas de prevención sobre las sustancias que dañan la capa de ozono (Ministerio de Ambiente, 2018), otro de los tratados que se firmo fue la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático que fue firmada en 1992 esta convención se refiere a las alteraciones de la atmosfera debido a la actividad humana sea directa o indirecta su acción con respecto a las alteraciones que tiene el cambio climático (Herrán, 2012).

El Protocolo de Kioto se firmó en diciembre de 1997 en Japón, donde los países industrializados reconocen su responsabilidad en la emisión de gases de efecto invernadero, este tratado fue creado con el fin de minimizar la cantidad de gases que se emiten a la atmosfera y causan daños al medio ambiente (Escusa, 2016), este protocolo contiene medidas legales para los países desarrollados con respecto a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Colmenero, 2007). El protocolo fue impulsado mediante los resultados que se obtuvieron después de la segunda medición de los IPCC en 1995 donde se podía determinar algunos cambios en la atmosfera debido a los GEI donde uno de los principales causantes era la quema de combustibles fósiles y el crecimiento de nuevas industrias ( Puigdueta Bartolomé y Sanz-Cobeña, 2017).

El Ministerio de Ambiente (2014) El Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) fue creado en 1988 con la finalidad de analizar exhaustiva y objetivamente la información técnica y socioeconómica con el fin de determinar el riesgo sobre el cambio climático provocado por las actividades humanas o por cambios en el medio ambiente que tienen como fin alteraciones en la atmosfera por medio de la cantidad de dióxido de carbono y otros gases que son los causantes principales de la alteración atmosférica.

El cuarto informe de los IPCC confirmo que han llegado hasta la atmosfera 379 partes por millón de CO<sub>2</sub>, la cantidad de metano y Óxido nitroso ha tenido un aumento de 17 centímetros por encima del nivel del mar considerando los límites que existían a principios del siglo XX , en este reporte también se habla de las precipitaciones, o los ciclos de sequía que se presentan de una manera más intensa y prolongando que se están dando en algunas regiones del mundo como lo son las tropicales, teniendo en cuenta lo anterior se pueden prever problemas que tendrán un impacto directo sobre la agricultura y ganadería ya estas dependen directamente de las lluvias para poder progresar. América Latina no es ajena a estos problemas, aunque presenta una situación de paradoja es de las regiones que emiten menos contaminación a nivel mundial con un 8% de incidencia lo que es un porcentaje bajo con respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero que realizan otros países y regiones a nivel mundial (Honty, 2007).

América latina es una de las regiones donde se emiten menos emisiones de gases de efecto invernadero, países como Colombia generan el 0,25% de las emisiones de gases, por lo que se puede considerar que estamos en las manos de las decisiones que tomen el planeta.

La problemática del cambio climático en América Latina ha generado que diferentes países realicen monitoreo con respecto a las consecuencias que se están viviendo en el caso de Colombia el encargado de este monitorear es el IDEAM quien ha determinado que al igual que en otras partes del mundo los glaciales colombianos están siendo afectados por los cambios climáticos que se están dando a causa del incremento de emisiones de GEI.

### **3.2. Huella de Carbono**

La huella de carbono es una unidad de medida que se utiliza a nivel mundial para determinar la cantidad de GEI que se emiten a la atmosfera por la acción directa o indirecta del ser humano (Naciones Unidas, 2011).

Los principales Gases de efecto invernadero son dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, vapor de agua, metano CH<sub>4</sub>, óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), clorofluorocarbonos (CFC), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), estos gases lo que generan es una alteración en la atmosfera, debido al uso desmedido de los combustibles fósiles en la generación de estos, vehículos que se utilizan a diario como medio de transporte, las grandes industrias, tala de árboles, las ganadería, cultivos, y la minería, las causas mencionadas anteriormente tienen como consecuencia las alteraciones que se presentan en el medio ambiente como lo son lluvias acidas, derretimiento de los polos, contaminación del aire y uno de los principales el aumento de las temperaturas (Naciones Unidas, 2018), se puede evidenciar la equivalencia que tiene cada uno de estos gases, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

*Potencial del calentamiento global de los gases de efecto invernadero.*

<b>Nombre</b>	<b>Formula química</b>	<b>Fuente de emisión</b>	<b>PCG a 100 años</b>
		Combustibles fósiles (CF), deforestación,	
<b>Dióxido de carbono</b>	CO <sub>2</sub>	cemento.	1
<b>Metano</b>	CH <sub>4</sub>	Rellenos sanitarios, fermentación.	25
<b>Óxido nitroso</b>	N <sub>2</sub> O	Abonos en la agricultura.	298
<b>Hidrofluoro- Carbonos</b>	HFC	Gases refrigerantes.	1300 - 11700
<b>Perfluoro-carbonos</b>	PFC	Producción de aluminio y semiconductores.	6500 - 9200
<b>Hexafluoruro de azufre</b>	SF <sub>6</sub>	Equipos de alta tensión y producción de magnesio.	22800

Fuente Naciones Unidas 1998.

las empresas han buscado evaluar la cantidad de emisiones de gases que generan en sus procesos con el fin de buscar alternativas que puedan minimizarlos, también buscan crear conciencia en sus empleados de la importancia que tienen los temas ambientales (Naciones Unidas, 2018).

Teniendo en cuenta los factores de emisiones de gases y la búsqueda de alternativas de las empresas se crea un principio para medir la huella de carbono, que es determinar los límites operacionales que se tienen en la empresa para poder fijar las emisiones primarias, donde se tienen acciones que se realizan directamente sobre el producto o servicio y las emisiones secundarias que hacen parte del proceso indirectamente pero son necesarias para la realización o distribución del producto o servicio ( Schneider & Samaniego , 2009).

### 3.3. Fuentes de Emisiones

Las emisiones de CO<sub>2</sub> que se generaron en 2018 tuvieron un aumento de 2.7% a nivel mundial, aumentando en países como India, China y Estados Unidos según el informe Global carbón proyect, que fue publicado en la revista *Nature*, que a su vez fue presentado en la cumbre del cambio climático en Katowice Polonia, donde se evidencia que cada vez se está más lejos de lograr la meta de disminuir la cantidad de emisiones que son generadas a nivel mundial, quedando en el aire el tratado de París donde se trató de mantener el aumento de la temperatura por debajo del 1.5 grados Celsius y termino subiendo en 2° por lo cual se pone en riesgo la vida de los seres vivos y el funcionamiento de los sectores económicos, también se debe resaltar la decisión de estados unidos de no cumplir con los compromisos que se firmaron en París ya que este es el segundo país con mayor contaminación a nivel mundial (Fresneda, 2018)

Teniendo en cuenta la figura 2 se puede evidenciar que en promedio el 70% de las emisiones de CO<sub>2</sub> son generadas por 6 países y el 30% restante son emitidas por el resto de países en el mundo. De igual se tiene que China es el país que más genera emisiones, con un participación cerca del 30%, seguido de Estados Unidos y Japón que ocupa el sexto puesto con el 4% de las emisiones globales generadas (Moreno, 2017).

A continuación, la figura 1 representa los países que más generaron dióxido de carbono en el año 2017.

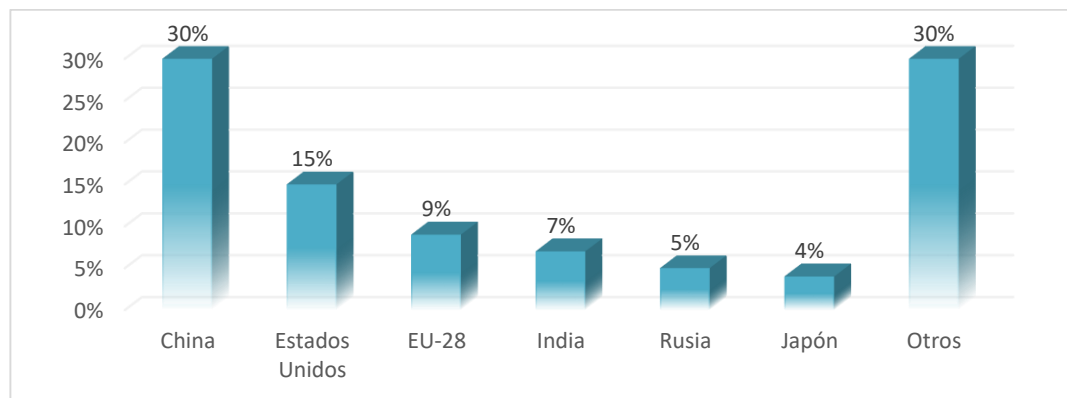
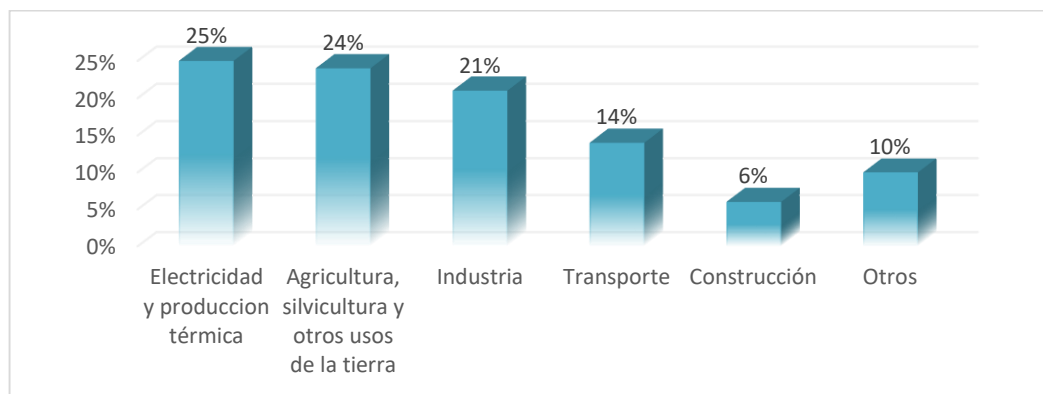


Figura 1: Emisiones de dióxido de carbono Países.

Fuente: propia a partir de Guadalupe Moreno (2017).

A nivel mundial las diferentes actividades productoras de emisiones de gases de efecto invernadero son: la electricidad, debido al incremento de nuevas plantas generadoras de energía que se han creado en diferentes partes del mundo, a causa de la creciente demanda de este servicio y el desabastecimiento que se puede generar, seguido de los sectores de la agricultura y la industria también se tiene un impacto importante debido a que estas actividades han tenido mayor inversión con respecto a estudios anteriores (Fresneda, 2018).

En la figura 2 se puede observar que el 25% de las emisiones son generadas por la electricidad y producción térmica, seguido de la agricultura y los diferentes usos de la tierra con un 24% del total de emisiones generadas, la construcción es uno de los sectores que produce un porcentaje de emisiones más bajo con un valor del 6% para el año 2017.



*Figura 2:* Emisiones de gases de efecto invernadero por sectores.

Fuente: propia a partir de Guadalupe Moreno (2017).

América latina no es ajena a esta problemática ya que los cambios que se están presentando en la atmosfera debido al aumento en las concentraciones de dióxido de carbono, son consecuencia del aumento de las temperaturas, los cambios, frecuencias en las lluvias, sequias prolongadas, aumento del nivel, temperatura del mar, disminución de aguas dulces, disminución de los glaciares (Montalvo, 2010), los cambios mencionados anteriormente que se están produciendo se debe al

aumento en las emisiones de GEI que se emiten a nivel mundial, donde Latinoamérica contribuye con el 10% de las emisiones que se generan a nivel mundial (Cronicón, 2019)

Una de las zonas más afectadas por el cambio climático es América Latina, debido a su ubicación, siendo más propensa a sufrir cambios en cuanto a las diferentes zonas que tiene, estas zonas serían las selvas con las que cuenta y su biodiversidad en fauna y flora, el derretimiento de los glaciares, disminución de fuentes de agua dulce, cambios en las lluvias, aumento en el nivel del mar, afectación a la zonas costeras, aumento en los alud de tierra, tormentas tropicales, e incluso hasta terremotos, que ponen en riesgo la vida de la población (Bieeco, 2017).

En la figura 3, se puede evidenciar que el país con mayor emisión de GEI es Brasil con un valor de 486.229 kilotonnes de CO<sub>2</sub>, seguido de México con un valor de 472.017 kilotonnes, mientras que el país que emite menos gases de efecto invernadero es Puerto Rico con un valor de 4.927 kilotonnes de CO<sub>2</sub> (Cnnespanol, 2017).

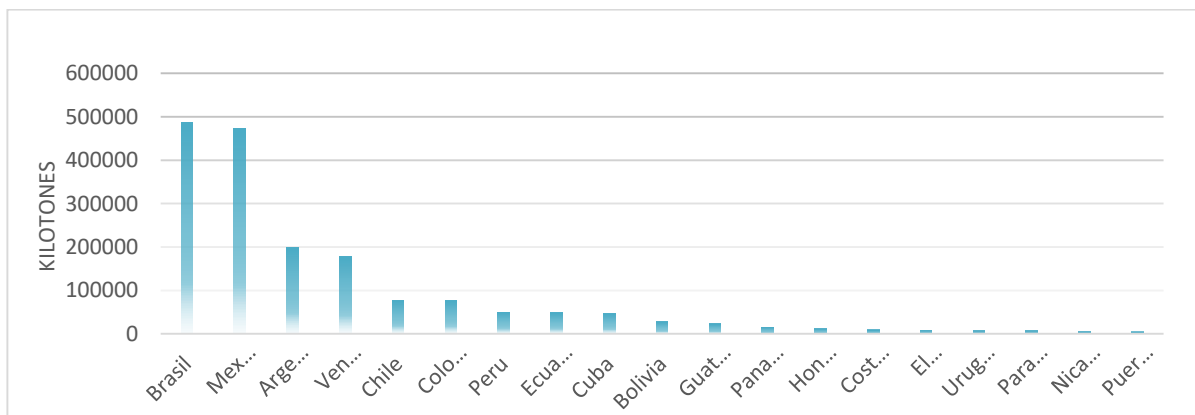


Figura 3: Emisiones de GEI en América Latina y el Caribe.

Fuente: Elaboración propia a partir de Cnnespanol (2017).

El cambio de uso de tierra se refiere principalmente a la deforestación para realizar otro tipo de actividades económicas, en la figura 4 se observa que el uso y el cambio de uso de tierra

generaron el 34% de las emisiones de GEI, seguido de la agricultura con un 24% del total de emisiones generadas en latino América.

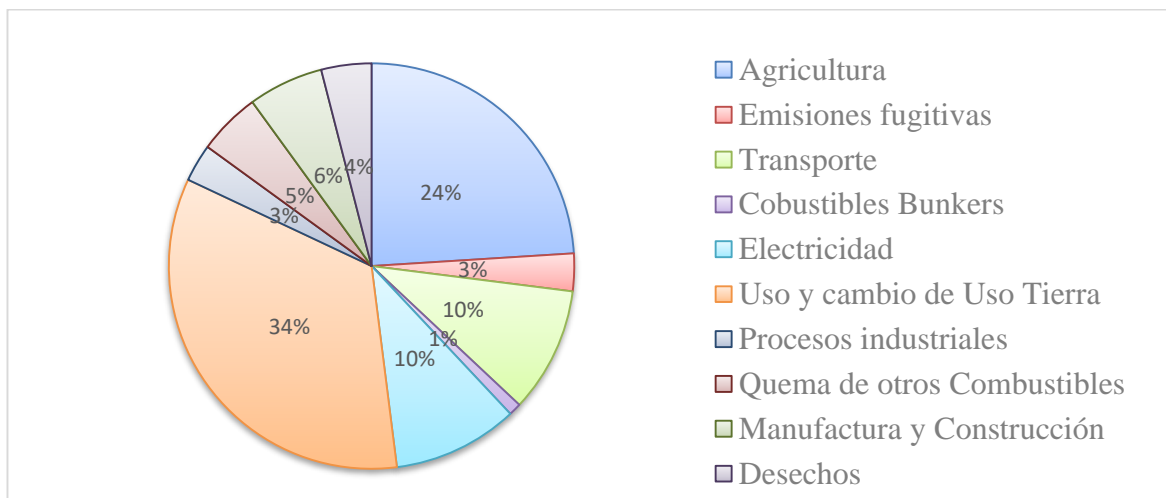


Figura 4: Emisiones de los GEI en América Latina y el Caribe.

Fuente: propia a partir de Agencia internacional de ingeniería (2011).

Uno de los países que emiten menos emisiones de gases de efecto invernadero es Colombia con tan solo el 0.46% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global, pero debido a la decisión de Estados Unidos de salir del tratado de París está obligada a reducir el 20% de las emisiones totales a nivel mundial, con el fin de poder llegar a los estándares planteados por este tratado (El Tiempo, 2018).

En Colombia se realizó la estimación de gases de efecto invernadero para el año 2012 teniendo en cuenta las actividades que se realizan en el país, de lo anterior se puede evidenciar los siguientes resultados, el total de emisiones generadas en el año 2012 fue de 178.3 millones de toneladas, donde la energía generó 77.8 el cual fue el sector de mayor emisión seguido por la agricultura con un 76.3 millones de toneladas, otros sectores que también generaron gases de efecto invernadero son los residuos con un valor de 14.3 millones de toneladas y el sector industrial con



9.9 millones de toneladas anuales, se puede observar que las actividades de mayor generación son el sector de la energía con un 44% y el sector agrícola con un 43% del total de emisiones generadas en el país (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2012).

Colombia es uno de los países que también presento un aumento en la venta de cemento con un total de 1,041.000 toneladas lo que representa un aumento del 12.6% y la producción de este producto a su vez aumento en un 18% para el mes de julio según las fuentes del DANE para el año 2016 (Oliveira, 2017).

En la figura 5 se puede determinar que la actividad que genero mayor cantidad de gases de efecto invernadero fue la energía con un valor de 77,8 millones de toneladas, seguido de la agricultura con un valor de 76.3 millones de toneladas.

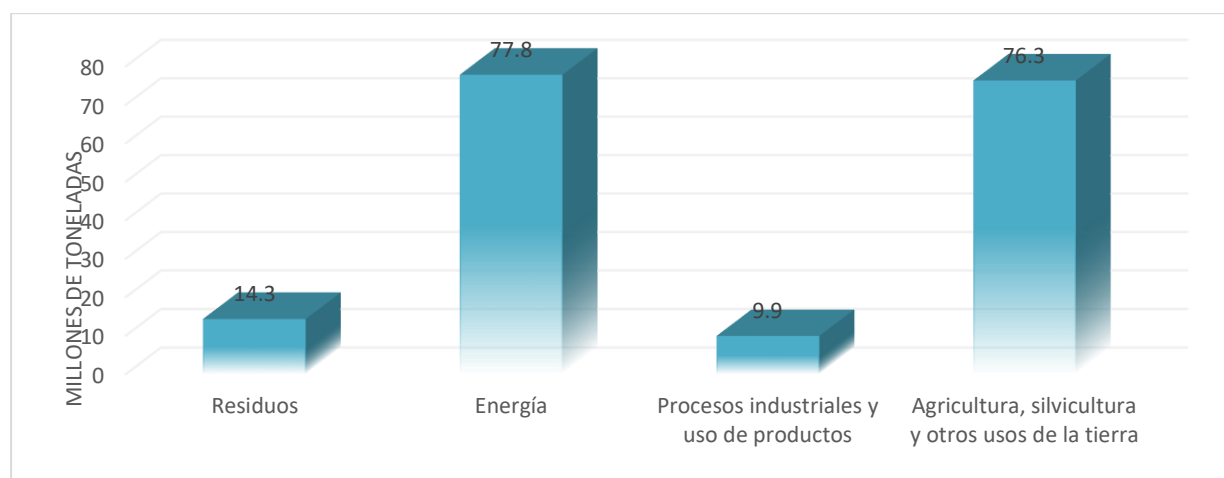
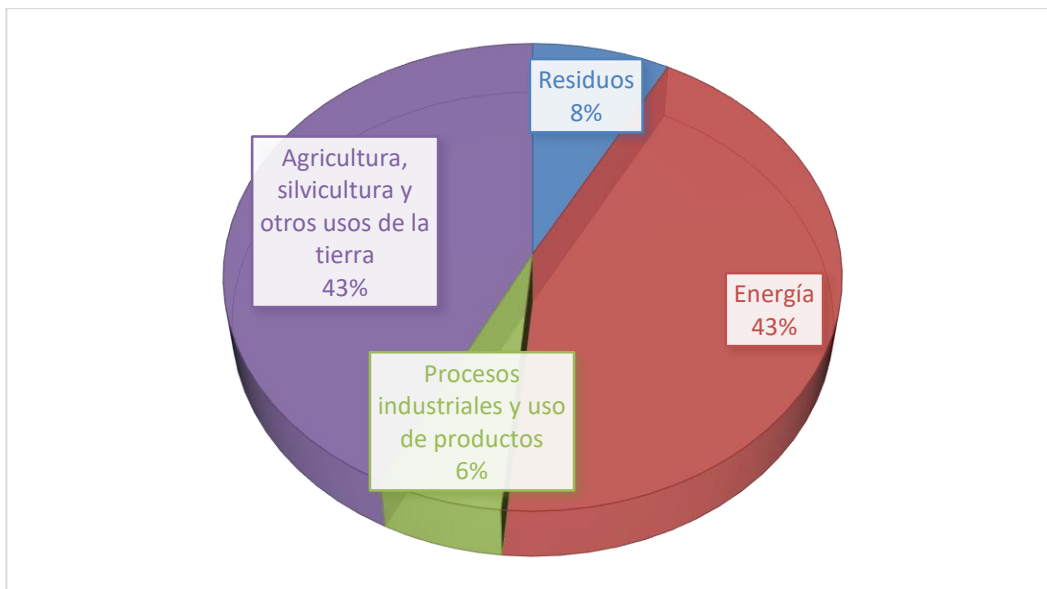


Figura 5: Inventario de emisiones de gases por actividades.

Fuente: propia a partir de Inventario Nacional de Gases De efecto Invernadero (GEI) Colombia (2012).

En la figura 6 se puede evidenciar el porcentaje de gases de efecto invernadero que se generan en cada una de las actividades, los procesos de agricultura, la silvicultura, otros usos de la tierra y la energía, tienen un porcentaje de 43 %, seguido de los residuos con un 8%



*Figura 6:* Porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero por actividades.

Fuente: Propia a partir de Inventario Nacional de Gases De efecto Invernadero (GEI) Colombia (2012).

En la figura 7 se puede observar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que se generan en cada actividad económica que se da en el país, donde se puede resaltar que la mayor cantidad de emisiones la genera el transporte con un porcentaje de 38.3% del total generadas a nivel nacional donde el transporte terrestre emite el 32.6% mientras que el 5.7% es generado por la aviación, navegaciones y ferrocarriles (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2012).

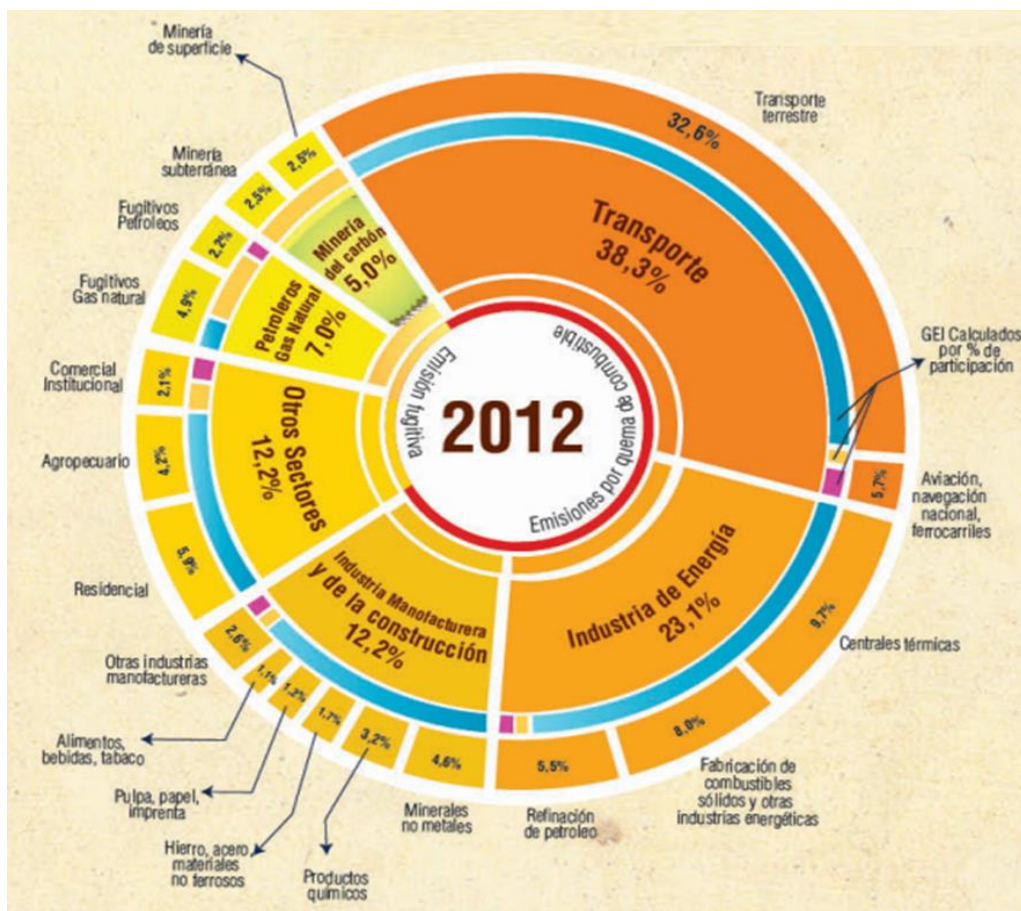


Figura 7: Consumo de energía por actividades a nivel nacional.

Fuente: (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2012).

De acuerdo con datos reportados por él (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2017). Las emisiones generadas por departamento, se presentan en la figura 8 donde se tiene que el departamento del Caquetá genera un total 18.61 mega toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, seguido de Meta con una emisión de 17.31 mega toneladas. Por su parte el departamento de Sucre genero 2.77 mega toneladas de estos gases ubicándose en el puesto 21.

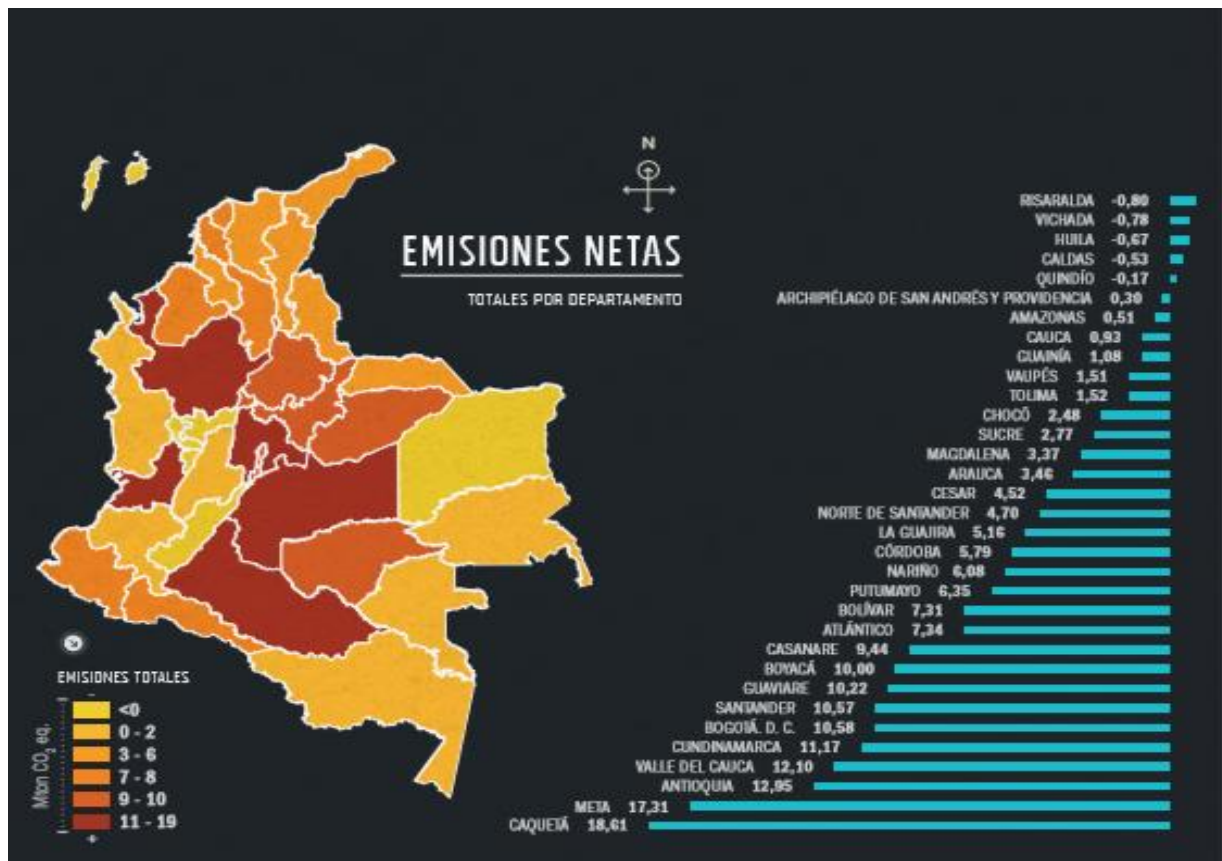
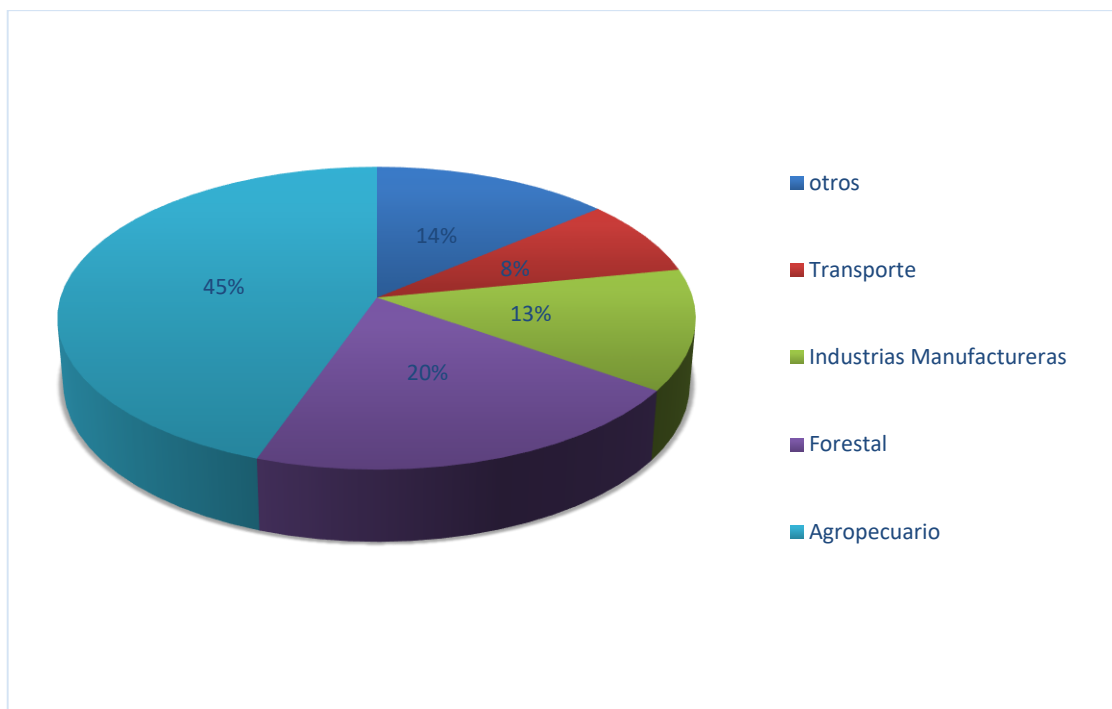


Figura 8: Emisiones netas.

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2017).

El departamento de Sucre se caracteriza por tener como actividad económica principal el sector agropecuario, donde predomina los cultivos y la ganadería lo que genera que la mayoría de las emisiones generadas sean por acciones entéricas o el estiércol de los animales, cabe resaltar que el procesamiento de la minería no pesada también hace parte de este departamento, al igual que el procesamiento de alimentos, bebidas, la manufactura, el transporte, como se muestra en la figura 9 (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2017).



*Figura 9:* Porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero por sectores económicos del departamento de Sucre.

Fuente: Propia a partir de Inventario Nacional de Gases De efecto Invernadero (GEI) Colombia (2017).

Actualmente en el departamento de sucre se han realizado diferentes investigaciones con el fin de conocer el impacto que tienen las emisiones de gases de efecto invernadero en el municipio de Toluviejo, trabajos presentados como los de Jorge Bravo, fraiman sierra, entre otros, se ha podido medir la cantidad de gases que se emiten en ese Municipio, la base de este trabajo fue el Diseño de estrategias para Disminución o Reducción del Impacto Ambiental Generado por la Extracción de Materiales Agregados para la construcción en el municipio de Toluviejo sucre, con este trabajo se buscó medir las emisiones de gases de efecto invernadero generadas en la empresa Piedras Blancas dedicada a la extracción piedra caliza.

### **3.4. Principales Metodologías para la Medición de Gases de Efecto Invernadero**

Dado los grandes desafíos ambientales que se han afrontado en las últimas décadas, debido al crecimiento económico predominante por medio de industrias y demás actividades que aumentan la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que se generan a nivel mundial, se tiene en cuenta que estas actividades hacen que la huella de carbono sea un tema que tome fuerza frente a productores, consumidores y comerciantes en cuanto a la concientización de la problemática, partiendo de diferentes puntos de información se tiene que a nivel mundial se han desarrollado mecanismos como lo es el protocolo de Kioto creados por organismos internacionales como lo es el Marco de las Naciones Unidas, este mecanismo fue el pilar principal para la creación de metodologías que se utilizan para la medición de huella de carbono como lo son Greenhouse Gas Protocol, Internacional Estándar Organización ISO, Pas 2050 (Cepal, 2010).

#### **3.4.1. Greenhouse Gas Protocol GHG Protocol.**

Greenhouse Gas Protocol GHG Protocol fue la primera iniciativa orientada a contabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero, es una de las metodologías más implementadas para calcular y cuantificar las emisiones que son generadas por los principales gases que son: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Perfluorocarbonos (PFCS), Hidrofluorocarbonos (HFCS), Óxido nitroso N<sub>2</sub>O) y Hefluoruro de Azufre (SF<sub>6</sub>), esta metodología fue desarrollada por World Resources Institute (WRI) Y World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), su principal objetivo es realizar una evaluación e inventario de gases de efecto invernadero, buscando que las empresas tengan su propia información de las emisiones de gases generadas y puedan crear alternativas para minimizar la cantidad de emisiones GEI (Tesler, Fiadone, y De Zan, 2015).

Esta metodología se puede clasificar como un indicador que busca la cuantificación de emisiones generadas directa o indirectamente en el proceso que está evaluando, organización o individuo, es una metodología que se basa en determinar los límites para el cálculo dentro de la organización, para la aplicación de esta metodología se deben tener en cuenta los alcances. (Raúl, 2015).

Alcance I: Emisiones directas de GEI

Alcance II: Emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad.

Alcance III: Otras emisiones indirectas

En la universidad Nacional San Agustín de Arequipa determino en el área de ingeniería para el periodo 2016-2017 la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que son emitidos a la atmosfera, por medio de la metodología del Greenhouse Gas Protocol, por medio de los tres alcances que son considerados por la norma, donde el alcance 1 son las emisiones directas generadas por la quema de combustibles fósil controlado, donde se tuvo un valor de 61.18 TCO<sub>2</sub> – eq, en el alcance 2 se consideró las emisiones de gases por consumo eléctrico con un valor de 672.60 TCO<sub>2</sub> – eq, en el alcance 3 se tiene en cuenta las emisiones indirectas que se generan por los empleados y estudiantes de la universidad, al, igual que las actividades que realizan estos dentro de la institución, el valor de emisiones es de 4901.89 TCO<sub>2</sub> – eq, teniendo en cuenta los valores que se obtuvieron en los diferentes alcances se obtienen el valor total de las emisiones de CO<sub>2</sub>- eq, que es de 53635.67 TCO<sub>2</sub> – eq (Márquez Villalobos y Zevallos Baca, 2018).

### **3.4.2. ISO 14067.**

La metodología ISO 14067 fue publicada en 2013, donde se tiene como objetivo principal la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero, que se dan en el proceso que se realiza para la obtención de los productos, en esta norma se tiene en cuenta los posibles focos de emisiones que se pueden dar en el ciclo de vida del producto, la metodología que se implementa en esta norma es la cuantificación y presentación de un informe con los datos obtenidos la aplicación de la norma (Observatorio de Logistica y Sustentabilidad, 2015), la actualización que se realizó en el año 2018 permite que esta metodología realice un estudio más profundo, debido que en algunos casos el mercado mencionó que el modelo planteado inicialmente era simple, por este motivo se realizaron cambios al momento de ejecutar el cálculo aumentando el grado de profundidad al momento de cuantificar, controlar, informar y validar las emisiones de gases de efecto invernadero para poder cumplir con la meta de tener una economía que sea baja en emisiones (Monica, 2018).



Un ejemplo de esta metodología es el cálculo de la huella de carbono en la en la producción de concentrado de fruta: agroindustria MARSAS SRL, Arequipa donde se eligió la norma ISO 14067 por ser una norma reconocida internacionalmente donde se consideran los alcances de definición del objetivo y alcance, elaboración del inventario, evaluación de inventario interpretación, en este trabajo se definió como: 1 calcular la huella de carbono de producto de concentrado de fruta de la empresa Agromarsa y la cuantificación significativas de GEI durante el ciclo de vida, el paso 2 en este proceso se recopilan los datos necesarios para el proyecto y se identifican las diferentes fuentes de emisiones que se producen en la empresa y se dividen en directos, indirectos y otras fuentes indirectas que afectan el producto el paso 3 se basa en la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero que son generadas en los diferentes procesos que se dan en la empresa en el paso 4 se realiza la interpretación de los resultados obtenidos donde se determinó que el concentrado de manzana tiene un valor de 1Kg CO<sub>2</sub> eq por envase de 2L, las emisiones importantes se refieren a la producción de azúcar con un total del 57.9% y la producción de manzana produce el 19.8% del total de las emisiones generadas en el proceso productivo (Delgado, 2018).

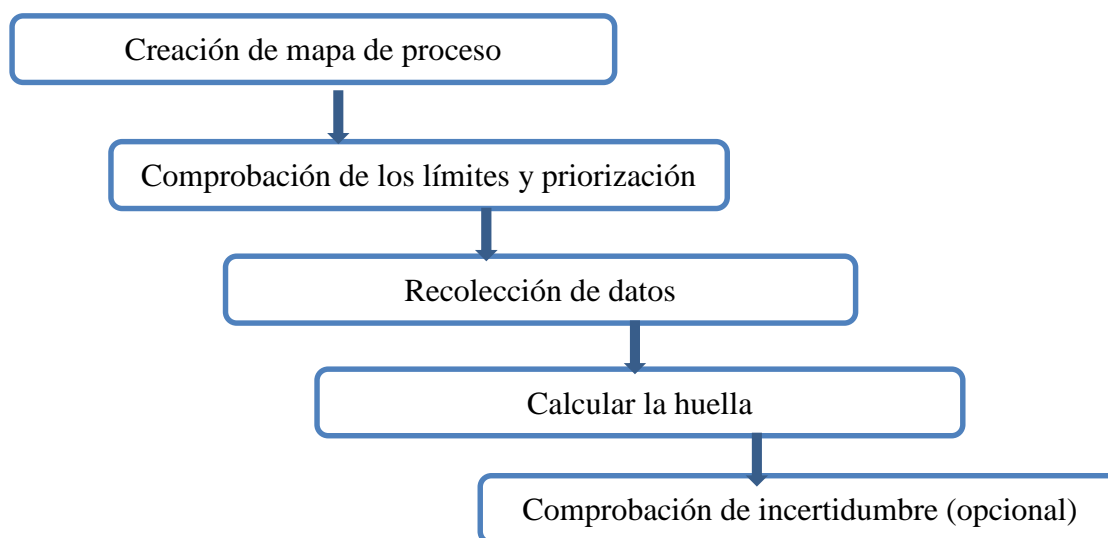
### **3.4.3. PAS 2050.**

El PAS 2050 es una metodología creada en 2008 por British Standard Institución (BSI), fue actualizada en el año 2011 siendo esta la versión actual que es utilizada para poder realizar la evaluación de gases de efecto invernadero que se dan en el ciclo de vida de un producto o servicio, es una de las metodologías más utilizadas a nivel mundial por la facilidad para aplicarla en cualquier tipo de empresa, ya que permite estimar la huella de carbono que se emite en la empresa, donde le permite evaluar e identificar las emisiones que se generan en el proceso, teniendo la posibilidad de reducir el impacto generado, por medio de la disminución de los focos que se puedan encontrar, cabe resaltar que esta metodología se encarga de evaluar solo las emisiones de gases de efecto invernadero y no otros ámbitos que hacen parte de la empresa como son: político, económico, financiero ambiental, entre otros ( British Standard Institute, 2011).



El PAS 2050 es una metodología que difiere la ISO 14067 y Greenhouse Gas Protocol ya que no debe generar informes a terceros, de la contaminación que se genera en los procesos productivos que tienen la empresa (British Standard Institute, 2008).

Para la elaboración de este proyecto se eligió la norma PAS 2050 por ser realizada por British Standard Institute y ser reconocida internacionalmente, la metodología que se establece para poder realizar el cálculo de las emisiones de gases constan de 5 pasos que se deben tener en cuenta al momento de su aplicación, cabe resaltar que el último paso de esta metodología es opcional (British Standard Institute, 2008).



*Figura 10:* Metodología PAS 2050.

Fuente: Propia a partir de (British Standard Institute, 2008).

Teniendo en cuenta la figura 10 se pueden identificar los pasos para el cálculo de los gases que se emiten, primero se da inicio a la Creación de un mapa de proceso que tiene como finalidad definir las actividades y procesos que se dan en la empresa con el fin de evaluar todas las actividades que hacen parte del proceso que se da en la empresa y así poder buscar soluciones que ayuden a mitigar las emisiones generadas. El PAS 2050 a determinado dos enfoques donde se

establecen los límites para la construcción de mapas de procesos, el primero es Business to Consumer (B2C), este enfoque está orientado al suministro de materiales, procesos de manufactura, distribución y consumo final del producto a servicio. El segundo es Business to Business (B2B), este enfoque está orientado a las primeras etapas de los procesos productivos (suministro de material, producción, distribución y almacenamiento). Al terminar el mapa de proceso se prosigue con la Comprobación de los límites y priorización principalmente se deben identificar todas las actividades que se dan en el ciclo de vida de un producto como lo son insumos, procesos, almacenamiento, distribución, entradas y salidas, se debe tener en cuenta que esta metodología define dos límites que son de la cuna a la puerta y de la cuna a la tumba. Luego de hacer la comprobación de los límites, se hace la Recolección de datos en este paso el PASS 2050 requiere dos tipos de datos: el primero son las emisiones directas que se dan en el ciclo de vida del producto o servicio y el segundo son las acciones externas que se relacionan con el proceso, se prosigue a realizar el Cálculo de la huella por medio de la ecuación emitida por el PASS 2050 (British Standard Institute, 2008).

$$\text{HC} = \text{Datos de actividad (masa / volumen / KWH/ km)} * \text{Factores de emisiones de gases (CO2 por unidad de medida)}.$$

#### **4. Metodología**

La metodología que se empleó en este proyecto es de carácter cuantitativo-cualitativo, en el cual se busca realizar procesos sistemáticos que reconozcan la aplicación de conocimiento cualitativo y conocimientos empíricos que permitan evaluar las variables que afectan directamente el proceso sin eludir algún paso (Hernández Sampieri , Fernández Collado, y Batista Lucio, 2010). En este caso se tienen como objetivo cuantificar el impacto ambiental, causado por la cantidad de gases de efecto invernadero en kilogramos de CO2 equivalente, que se producen en la empresa piedras blancas, mediante la aplicación de la metodología del PAS 2050 que se evidencia en la figura 10, con el fin de determinar el impacto que produce la empresa y buscar alternativas que minimicen la cantidad de gases de efecto invernadero que produce esta.

La elaboración de este proyecto se realizó en tres fases, como de evidencian a continuación.

##### **4.1. Fase 1. Caracterización del Proceso Productivo en Piedras Blancas**

Esta fase se llevó a cabo mediante visitas, que fueron realizadas a la empresa, donde se pudo evidenciar los diferentes procesos productivos que se llevan a cabo, para obtener los productos terminados deseados, se identifican las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero que genera la empresa mediante formatos de chequeos (Anexos), se realizó la recolección de datos con el fin de determinar la características del proceso que se lleva a cabo en la elaboración de materiales agregados para la construcción como lo son: gravillón, grava, gravilla y polvillo, teniendo en cuenta la información recolectada se realizaron los mapas de procesos, flujo, operaciones y cadena de valor, se pudo construir el inventario de los elementos tecnológicos que se manejan en la empresa y que sean fuentes de emisiones de GEI, establecer los límites de estos y priorizarlos.

##### **4.2. Fase 2. Calculo de la Huella de Carbono**

En esta fase se realizó el caculo de la huella de carbono y la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero utilizando los factores de conversión para obtener una unidad de medida,

que es Kilogramos de Dióxido de Carbono equivalente ( $CO_2 Eq$ ) generadas por la maquinaria y equipos utilizados en cada una de fases del sistema productivo de la empresa, este cálculo se realizó para cuantificar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero por metro cubico de producto terminado.

#### **4.3. Fase 3. Análisis, Conclusiones y Recomendaciones**

En esta fase se realizó el análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero en kilogramos de  $CO_2 Eq$  generado por el sistema productivo, maquinaria y equipos que se emplean en este con el fin de generar los diferentes productos terminados, teniendo la unidad de medida en metro cúbicos, se realizó una investigación para poder determinar la implicación que tienen estos gases sobre el medio ambiente, se realizaron estrategias que tienen como finalidad una posible disminución de los gases de efecto invernadero.

## 5. Resultados

### 5.1. Características del Sector de Materiales y Agregados para la Construcción en el Municipio de Toluviejo

El distrito minero de Calamarí – Sucre está constituido por Tolú, Toluviejo y Sincelejo, siendo el municipio de Toluviejo donde se realiza la mayor cantidad de explotación minera del sector, aunque se debe resaltar que la mayoría de las canteras que se encuentran son explotadas de manera artesanal, teniendo en cuenta que por medio de los materiales que se generan se crea una fuente de empleo sostenible para este sector (Ministerio de Minas y Energía, 2011).

El registro minero nacional y el catastro minero confirman que en el departamento de sucre se encuentran registrados 64 títulos vigentes, el municipio de Toluviejo tiene un total de 27 títulos donde predominan los de explotación de piedra caliza para agregados de la construcción (Agencia Nacional Minera, 2016).

El municipio de Toluviejo tiene aproximadamente 35 empresas dedicadas a la extracción y molienda de piedra caliza para la producción de agregados para la construcción, algunas de estas empresas son: Agregados del Norte, la Oscurana, AGRESUCRE, Jomeve, Piedras Blancas, entre otras.

La empresa PIEDRAS BLANCAS nació aproximadamente 100 años atrás, con la idea de suplir las necesidades del sector de la construcción en el departamento de sucre, municipio de Toluviejo, cuenta aproximadamente con 18 empleados, una infraestructura y tecnología básica; que permite la realización de estos procesos.

Esta empresa es de carácter familiar, la mayoría de ellos viven internos en las canteras, ya que su trabajo es permanente y no tienen un horario para su realización, el nombre de PIEDRAS BLANCAS surge con la intención de darle registro a la empresa un tiempo atrás, luego de un

tiempo puesto en marcha la empresa; se da inicio a otras canteras alternas que realizan la misma labor y prestaciones; hoy en día existen aproximadamente 35 número de canteras a su alrededor.

Para un futuro la empresa buscara obtener mayor tecnología e incremento de clientes que le permitan crecer y de esta manera satisfacer expectativas, con el fin de ofrecer un servicio con un alto grado de eficiencia y responsabilidad.

<i>Numero</i>	<i>Nombre</i>
1	Agregados del Norte (AgreNorte)
2	Trituradora El Mamon
3	Trituradora La Oscurana
4	Trituradora Comulpropical
5	Trituradora y Agregados RG
6	Asociación mineros de Varsovia
7	Trituradora Calizas de Toluviéjo S.A
8	Trituradora Aprocal
9	Trituradora Jomeve 2
10	Trituradora Feliciano
11	Trituradora Romar
12	Trituradora La ceiba
13	Trituradora Distribuciones Toluviéjo
14	Trituradora Jomeve
15	Trituradora Tolupiedras
16	Agrerocas
17	Trituradora San José
18	Agregados Alicante
19	Agregados Calcicos
20	Agregados Toluviéjo
21	Trituradora el pueblo
22	Trituradora El Molino
23	Agregados de Sucre (AGRESUCRE)
24	Trituradora el Progreso
25	Marmolería Duran
26	Asociación de mineros de la Piche
27	Cooperativa de picadores de piedra de Toluviéjo (COODEPITOL)
28	Cooperativa de procesadores de piedra caliza de Varsovia y Gualon
29	Asociación mineros del Suan
30	Asociación mineros de Toluviéjo
31	Asociación de mineros y procesadores de la caliza San José
32	Asociación de productores derivados de caliza de Toluviéjo
33	COOUNOPIEDRA
34	CORMINTOL

Figura 11: Empresas del sector de agregados para la construcción en el municipio de Toluviéjo.

Fuente: Bravo, montero y otros (2017)

La empresa Piedras Blancas se tomó de referencia por ser una empresa que nos abrió las puertas, nos brindó la información pertinente para la realización de este proyecto.



*Figura 12:* ubicación de la empresa Piedras Blancas en Tolu Viejo.

Fuente: Google Maps (2018).

## **5.2. Proceso Productivo de Agregados**

El proceso productivo de materiales para agregados de la construcción consta de varias etapas como se muestra en la figura 12, donde puede evidenciar las etapas principales que se dan en el proceso con el fin de poder describir las operaciones que se realizan y obtener el producto terminado.

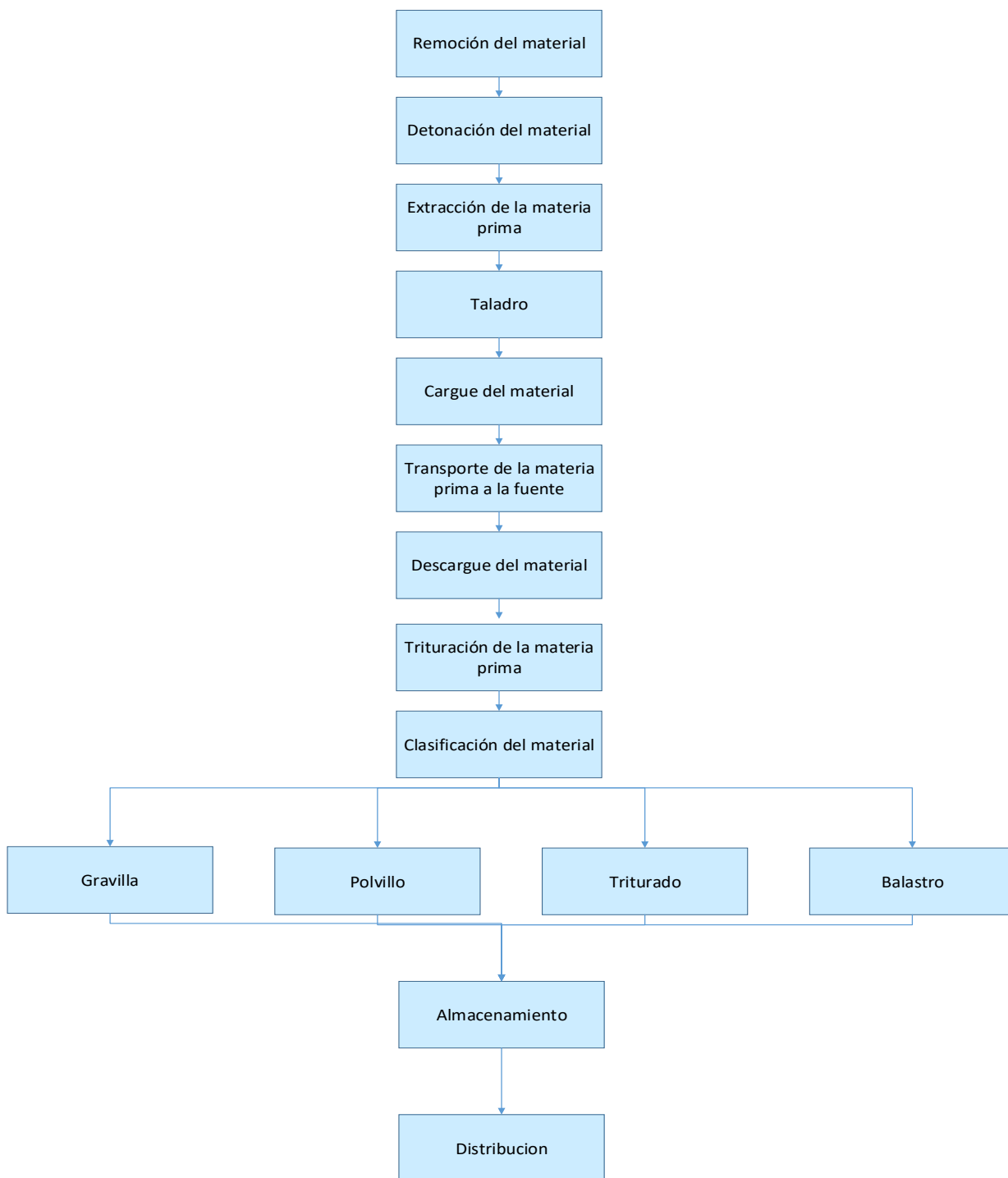


Figura 13: Diagrama de procesos de la empresa Piedras Blancas.

Fuente: Elaboración propia (2019).



El proceso de extracción de piedra caliza se realiza de manera artesanal o mecánica, la empresa no se cuenta con la maquinaria necesaria y el personal capacitado para el manejo de estas, sin embargo, para tener claridad sobre los procesos que se realizan a continuación se describirán las etapas de la Figura 12.

### **5.2.1. Remoción o eliminación del material estéril.**



*Figura 14:*Material estéril en las canteras del Municipio de Toluviéjo.

Fuente: Elaboración propia (2019).

El proceso para la explotación de piedra caliza inicia principalmente con la remoción de la capa de material estéril o corteza, esta capa se compone de elementos como lo son árboles, plantas, arenas superficiales entre otros, la remoción de estos cuerpos se realiza con la finalidad de obtener la materia prima lo más limpia posible, que garantice un producto con la mínima contaminación.

La eliminación de los materiales se realiza de manera artesanal es decir todavía se utilizan jornaleros que realizan esta labor con machetes y picos para la remoción de estos.



*Figura 15:*Maquina para la eliminación o remoción del material estéril.

Fuente: Elaboración propia (2019).

### **5.2.2. Detonación del material.**

En este proceso de detonación se hace mediante la utilización de “material hechizo” que está compuesto de carbón, urea y clorato, el cual se utiliza como detonante mediante una batería de carro.

Para este proceso se debe tener en cuenta una cantidad considerable entre 10 y 15 libras las cuales son ubicadas en la piedra impregnada en la parte donde se desea detonar, la batería se utiliza colgándola a una distancia a través de una cuerda, y este compuesto explota por medio de un cable conductor de energía que genera la batería.



*Figura 16:* Detonación del material, Municipio de Toluviéjo.

Fuente: Elaboración propia (2019).

### **5.2.3. Extracción del material.**

En el proceso de extracción del material se busca minimizar el tamaño del material obtenido cuando se realiza la detonación, todo este proceso se realiza de manera artesanal. En este proceso los jornaleros utilizan los elementos mencionados anteriormente y sus fuerzas con el fin de poder minimizar el tamaño de las piedras para que posteriormente sean recogidas por una cargadora combinada se puede resaltar que los trabajadores que realizan esta labor no utilizan los implementos necesarios para la realización de este proceso.

En este proceso los jornaleros utilizan los elementos mencionados anteriormente y sus fuerzas con el fin de poder minimizar el tamaño de las piedras para que posteriormente sean recogidas por una cargadora combinada se puede resaltar que los trabajadores que realizan esta labor no utilizan los implementos necesarios para la realización de este proceso.



*Figura 17:* Extracción el material mediante métodos artesanales.

Fuente: Elaboración propia (2019).

En la Figura a: observamos el material en proporciones de gran tamaño, donde por medio de la mano de obra de los empleados se puede obtener en partes más pequeñas, a través de picos y palas.

Figura b: el material extraído está en grandes proporciones a la espera que se haga el cargue o el personal lo convierta en partes pequeñas.

#### **5.2.4. Carga de material.**

Esta actividad se realiza por medio de una maquina combinada que se encarga de colocar el material en las volquetas para poder transportarlo hasta la planta procesadora, en algunos casos cuando se realiza esta labor la máquina no alcanza a tomar la cantidad necesaria de material, generando una actividad extra donde manualmente los trabajadores toman el material y lo colocan en la cargadora, para que esta pueda realizar el proceso de llenado completo de la volqueta, hasta alcanzar su capacidad de transporte (7mtrs<sup>3</sup>) y posteriormente ser transportada a la trituradora,



teniendo en cuenta la distancia que existe entre la fuente y la zona de procesamiento se hace necesario el transporte de materia prima mediante estos vehículos.



*Figura 18:* Material de carga.

Fuente: Elaboración propia (2019).

#### **5.2.5. Transporte del material.**

El transporte de material es una operación que se realiza desde las canteras donde extrae la materia prima o piedra bruta, transportándolas desde la fuente hasta donde se realiza el proceso de trituración.

Los transportes los realizan terceros, debido que el propietario no cuenta con los vehículos necesarios para la realización de esta actividad, teniendo en cuenta esto este servicio es realizado por terceros los cuales tienen un costo que es determinado entre las partes involucradas, sin embargo, algunas de estas empresas cuentan con vehículos propios para llevar a cabo esta operación.



*Figura 19:* Transporte del material.

Fuente: Elaboración propia (2019).

#### **5.2.6. Descargue de material.**

Esta actividad se realiza directamente desde la volqueta hasta la tolva de la trituradora, pero cabe resaltar que en algunos casos la materia prima se debe descarga fuera de la tolva debido que puede tener muchos residuos de arena y no permiten que la materia prima corra adecuadamente mediante la tolva generando que este pueda demorar más tiempo por algún atacamiento de material.



*Figura 20:* Descargue del material.

Fuente: Elaboración propia (2019).

### **5.2.7. Trituración y clasificación del material.**

La planta de trituración donde la empresa realiza este proceso es de posición fija ya que se determinó un lugar donde este puede operar y quedar fijamente, cabe resaltar que esta máquina puede ser trasladada a cualquier otro lugar deseado para el funcionamiento de esta. A la planta se le puede llamar planta mixta, en este caso el material cae directamente a la tolva que se controla mediante un operario por medio de un dispositivo que se encarga de ir moviendo el material hasta los dientes giratorios que tiene la trituradora y se encarga de triturar las piedras en fragmentos más pequeños que caen en una rejilla que permiten clasificar los materiales en los diferentes tamaños que salen, como lo es la gravilla, polvillo, triturado y balastro, estas a su vez son transportadas mediante una banda transportadora, en sentidos independientes hasta llegar a su zona de almacenamiento.

En este proceso se la empresa cuenta con dos tipos de trituradoras las cuales son las trituradoras accionadas por fluido eléctrico y las que trabajan por medio de motores diésel.



*Figura 21:* Trituración y clasificación del material.

Fuente: Elaboración propia (2019).

#### ***5.2.7.1 Trituradora accionadas por fluido eléctrico.***

Las plantas de trituración eléctrica accionan un mecanismo mediante motores eléctricos los cuales tienen como objetivo acelerar la potencia al sistema de tambores que estimula el movimiento de las bandas transportadoras.

#### ***5.2.7.2 Plantas por motores Diésel.***

Estas plantas funcionan mediante motores diésel que se encuentran en des uso, pero son de bajas revoluciones y altas potencias, las cuales se transfieren mediante un eje al sistema de trituración.



### **5.2.8. Almacenamiento del material.**

El almacenamiento de estos materiales se hace al aire libre, las bandas transportadoras generan la descarga directamente sobre el lugar designado o directamente sobre el suelo.

### **5.2.9. Venta.**

El proceso de venta se hace directamente por teléfono o con otras trituradoras, generando conexiones con otras personas que hacen posible la venta de este material a algunas constructoras, el pago de esta se hace dependiente el cliente y la cantidad de material se llega a un acuerdo de pago para el beneficio de ambos.

## **5.3. Mapa del Proceso de Producción de Piedras Blancas**

Teniendo en cuenta la información que suministro el encargado de la empresa, se puede determinar que el proceso productivo de la empresa es realizado por etapas, donde participan diferentes maquinarias que son utilizadas en las etapas del proceso, interactuando entre sí de manera repetitiva hasta llegar al producto deseado.

Actualmente Existen dos tipos de metodología para la explotación minera, la minería subterránea y la minería a cielo abierto, siendo la primera la explotación de minerales debajo de la tierra (subterránea), donde se deben abrir túneles y remover grandes cantidades de tierra para poder llegar al material de extracción (Urrego, 2015) La minería a cielo abierto son las operaciones mineras que se realizan al aire libre, debido a que se encuentra a muy poca profundidad de la superficie de la tierra (CHMmineria, 2019).

La empresa Piedras Blancas realiza el proceso de extracción de materia prima a cielo abierto, la figura 22 evidencia el proceso que realiza la empresa desde la extracción hasta la etapa de triturado de la materia prima.

### 5.3.1. Descripción del proceso productivo de la empresa piedras blancas.

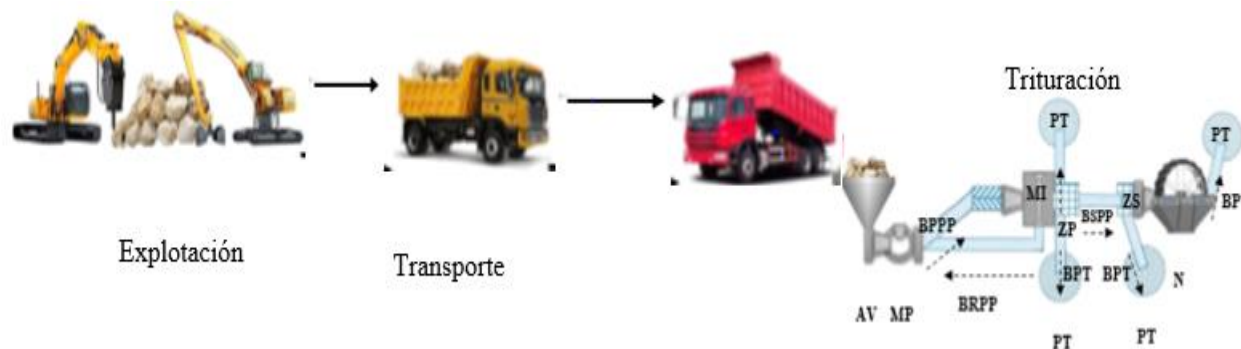


Figura 22: Diagrama de proceso productivo de la empresa Piedras Blancas.

Fuente: Elaboración propia (2018).

En el proceso de explotación de la materia prima se realiza como primera actividad la remoción de tierra, con el fin de evitar la contaminación con partículas que se encuentran en el suelo, al momento de abrir un nuevo frente de extracción de piedra caliza.

El proceso de extracción es realizado por una retroexcavadora encargada de remover el material adicional de la materia prima, la explotación de la materia prima se realiza de manera tradicional, donde se emplea un martillo, que va conectado a un compresor, con el fin de generar un orificio en la piedra y poder introducir el material hechizo, posteriormente se realiza la detonación para poder generar el desprendimiento de la materia prima.

La materia prima después de ser extraída se transporta hasta la trituradora en volquetas doble troque con capacidad de 12m<sup>3</sup>, la planta trituradora de piedra caliza se encuentra aproximadamente a 30 minutos de ida y vuelta desde el punto de extracción de la materia prima.

La empresa no cuenta con vehículos propios para este proceso y se ven en la tarea de alquilar un transporte con el fin de transportar todo el material, en algunas ocasiones se alquilan más de una volqueta para poder cumplir con los pedidos.

Después de recibir el material se da inicio el proceso de trituración por medio del alimentador vibratorio que se encarga de transportar las rocas hasta el molino primario, donde las rocas son reducidas en su tamaño y luego de esto pasan por una banda transportadora la cual llega hasta una zaranda que clasifica el material que llega a otros molinos que se encargan de realizar esta operación y dar el tamaño de. Este proceso se inicia con la remoción de los materiales que se encuentran en la capa superficial del suelo, con el fin de garantizar la menor contaminación posible de la materia prima, para este proceso la empresa dispone de una máquina para esta actividad, posteriormente se procesa a realizar la actividad de explotación, donde interviene el martillo y el compresor que realizan el orificio donde se introduce el material hecho y posteriormente la detonación con el fin de fragmentar la piedra, después de esto los obreros de la empresa utilizan barras, picos y monas para fragmentar los grandes fragmentos y estos puedan ser cargados en la volqueta y llevados hasta la trituradora de piedra caliza que pertenece a JOMEVE, donde se obtienen diferentes materiales como lo son.

### 5.3.2. Triturado de gravillon y triturado.

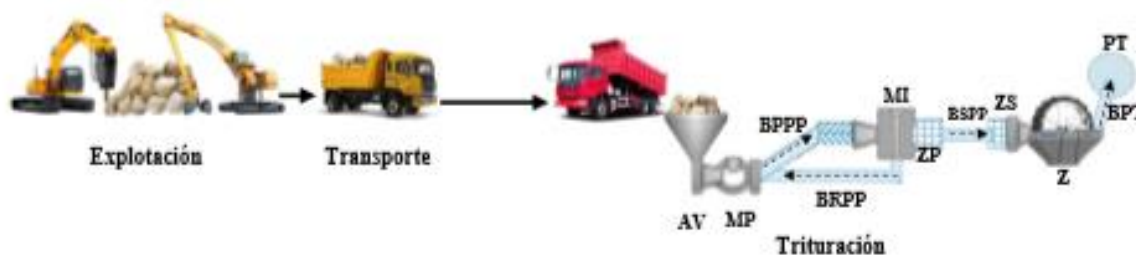


Figura 23: Mapa de proceso productivo de gravillon y triturado de la empresa Piedras Blancas.

Fuente: Elaboración propia (2018).

Después de realizar el proceso de extracción y transporte hasta la trituradora el proceso inicia en la tolva, que funciona mediante un alimentador vibratorio que tiene como función

alimentar el molino principal, este fragmenta las piedras en partes más pequeñas las cuales son transportadas por medio de una banda hasta llegar a una zaranda la cual se encarga de hacer el proceso de clasificación del material y direccionarlo al molino encargado de triturar el material en proceso hasta llegar al producto que se desea, el proceso que es realizado para obtener gravillon y triturado es el mismo.

### 5.3.3. Triturado de gravilla.

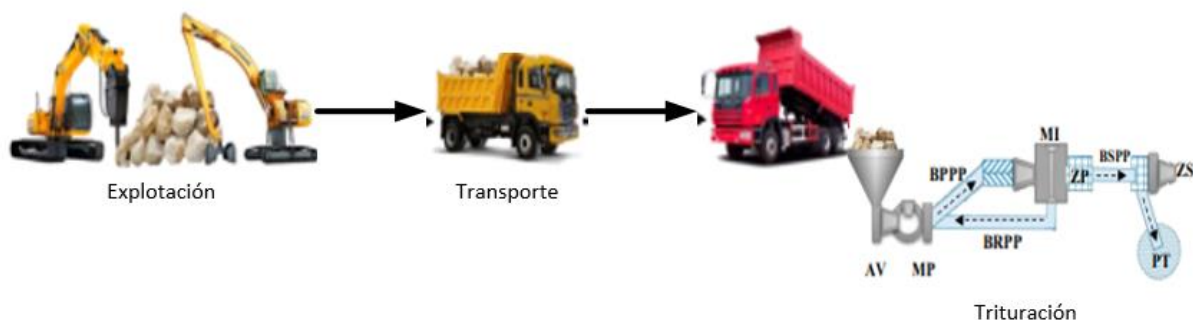


Figura 24: Mapa de proceso productivo de gravilla de la empresa Piedras Blancas.

Fuente: Elaboración propia (2018).

En este proceso se inicia en la tolva con el descargue del material donde se acciona un alimentador vibratorio, teniendo como función alimentar el molino primario que tiene forma de mandíbula, la función principal de este molino es fragmentar el tamaño de las rocas que llegan a este para que sean transportadas por una banda transportadora, hasta llegar a una zaranda donde se realiza la clasificación del material, esta se encuentra integrada a un sistema de tres tendidos, que se encargan de realizar la clasificación de los materiales según su dimensión, las partes del material que no son trituradas por el molino debido al tamaño, son retornadas por una banda de retorno que lleva el material en proceso al molino que reduce su tamaño hasta que logre ser clasificado por la malla con la dimensión de la gravilla y esta sea transportada por la banda que llega hasta el punto de almacenamiento de este producto.

### 5.3.4. Triturado de arena.



*Figura 25:* Mapa de proceso productivo de gravilla de la empresa Piedras Blancas.

Fuente: Elaboración propia (2018).

Este proceso como los anteriores inicia en la tolva donde se realiza el descargue de material que es accionado por un alimentador vibratorio, para poder llegar al molino primario o de mandíbulas que tiene como función fragmentar las rocas que llegan a este y puedan ser transportadas por una banda transportadora, hasta llegar a una zaranda donde se realiza la clasificación del material en proceso, después de ser clasificado pasa nuevamente por una banda transportadora y llegan a un motor donde se obtiene la gravilla que es apilada y la arena continua por otra banda transportadora donde cae la arena y es apilada en el lugar de almacenamiento.

### 5.4. Diagrama de flujo de la empresa Piedras Blancas

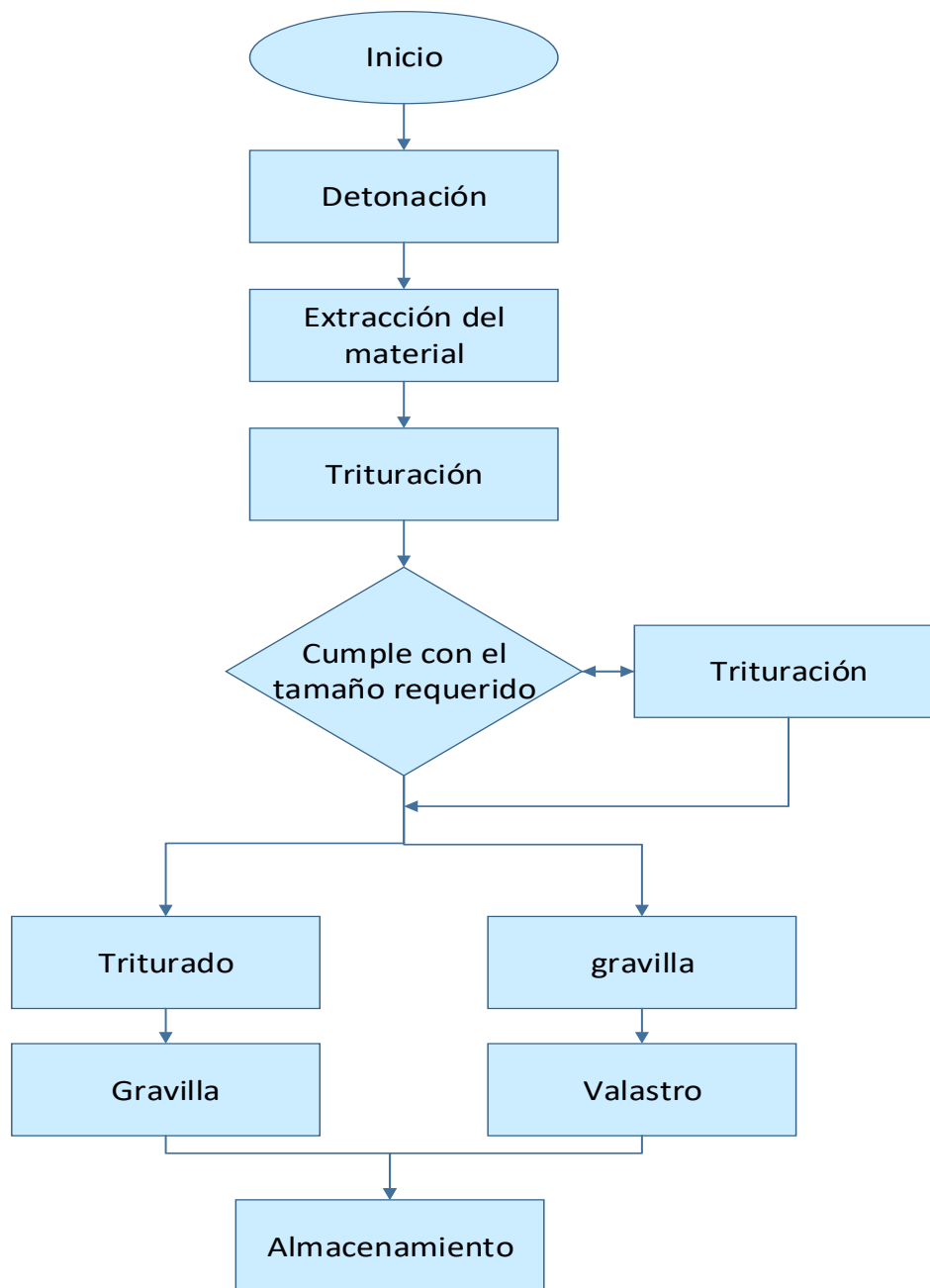


Figura 26: Diagrama de flujo de la empresa Piedras Blancas.

Fuente: Elaboración propia (2018).

En la figura 26 podemos observar que principalmente se hace la explotación del material por medio de un material hechizo, mezclado por diferentes componentes donde se realiza su detonación con una batería de carro, este también se realiza por medio de un taladro que se maneja manualmente por empleados que se ubican en la parte superior donde se encuentra el material. En la extracción del material se utilizan herramientas como palas, picos y barras de manera manual, los trabajadores con estas herramientas tratan de minimizar al máximo el tamaño de las piedras para luego ser aglomeradas y despojadas por un cargador. En la trituración del material este es accionado por medio de motores eléctricos, donde el material es ingresado en una tolva y de manera manual se acciona y empieza a realizarse la trituración del material. Posteriormente se observa si el material cumple con el tamaño requerido, si este cumple, cada uno toma una dirección diferente (triturado, gravilla, balastro y arenilla) y se realiza su almacenamiento correspondiente, si este no cumple con el tamaño se realiza una nueva trituración del material hasta que este tome su tamaño adecuado.

### **5.5.Límites de la huella de carbono**

Para la realización del cálculo de la huella de carbono en la empresa Piedras Blancas se aplicó la metodología del PAS 2050, utilizando el enfoque Business to Business (B2B), teniendo en cuenta el proceso desde la explotación del material hasta el almacenamiento del producto terminado, para poder realizar el cálculo, se debió tener en cuenta, el diagrama de los procesos que se dan en la empresa con el fin de obtener resultados donde se involucren todas las actividades de la empresa, y pueda generar emisiones de gases de efecto invernadero directa o indirectamente.

### **5.6.Recolección de datos del proceso productivo de la empresa Piedras Blancas**

Para la etapa de recolección de datos se realizó el levantamiento de información en los procesos de explotación, transporte y trituración de la materia prima en el mes de octubre del 2018, para los procesos mencionados anteriormente se tuvo en cuenta la elaboración de un inventario de equipos que se utilizan en el proceso y su respectivo consumo de combustible (ver anexo 1 – 2).

Para el proceso de trituración se realizó un inventario de maquinaria que interactúan directamente con los productos (ver anexo 3) donde se tuvo en cuenta los volúmenes de producción que se lograron durante el mes en la empresa.

El cálculo de la huella de carbono se realizó a cada producto por separado, debido a que la plata trabaja para extraer los productos que se muestran más adelante pero también puede trabajar según el comportamiento de la demanda en cuanto al requerimiento de mayor cantidad de cualquier producto.

### 5.6.1 Inventario de materia prima (MP), producto terminado (PT) y rendimiento.

Teniendo en cuentas los registros que suministro la empresa en cuanto a los datos del mes de octubre, se determinó que la empresa tuvo una producción de 2760 metros cúbicos que se calculó mediante el promedio de extracción de piedra bruta en el mes, también se puede determinar que se obtuvo un rendimiento del 97% en los diferentes productos que se producen en el proceso de molienda de piedra caliza utilizados para agregados de la construcción como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

#### *Inventario de materia Prima de Piedras Blancas*

Materia Prima (MP)	Vol.(m <sup>3</sup> )	Producto Terminado (PT)	Vol.(m <sup>3</sup> )	Rendimiento
Piedra	2760	<b>Gravillón</b>	591.43	21%
		<b>Gravilla</b>	1025.14	37%
		<b>triturado</b>	670.29	24%
		<b>Arena</b>	394.29	14%
<b>Total</b>	<b>2760(m<sup>3</sup>)</b>	<b>Total</b>	<b>2681.14</b>	<b>97%</b>

Fuente: *Elaboración propia (2018).*

Teniendo en cuenta los diferentes productos que se extraen de la piedra caliza, se pudo determinar el porcentaje de rendimiento de cada uno de estos como se puede observar en la Tabla 2, donde se establece que el producto con mayor porcentaje es la gravilla con un 37% de



rendimiento en el proceso de molienda de la piedra, así mismo el producto que menor rendimiento tiene es la arena con un porcentaje del 14%, también se determinó el volumen necesario para 1m<sup>3</sup> de cada producto terminado como se evidencia en la siguiente operación realizada, en este caso la operación realizada fue para la gravilla, donde la empresa tuvo un volumen total de 2760 m<sup>3</sup> y se obtuvo un volumen de 1025,14 m<sup>3</sup> de gravilla.

$$X = \frac{(2760 \text{ m}^3 \text{ MP} * 1 \text{ m}^3 \text{ PT})}{(1025.14 \text{ M}^3 \text{ MP})} = 2,69 \text{ m}^3$$

Realizada esta operación a todos los productos terminados, se obtienen los siguientes resultados que se evidencian en la Tabla 3, donde se reflejan los resultados de los cálculos requeridos para cada uno de los materiales obtenidos en el proceso de molienda, donde se puede determinar que el producto que tiene mayor consumo de materia prima es la arena con un valor de 7.00 metros para producir 1m<sup>3</sup> de producto terminado, así mismo se puede evidenciar que el proceso de la gravilla es el de menor consumo de materia prima ya que se requieren 2.69 metros de piedra bruta para poder producir 1m<sup>3</sup> de gravilla.

Tabla 3

*Inventario producto terminado de Piedras Blancas*

Materia Prima (MP)	Vol.(m <sup>3</sup> )	Producto Terminado (PT)	Vol.(m <sup>3</sup> )	Vol. MP para obtener 1 m <sup>3</sup> de PT
Piedra	2760	<b>Gravillón</b>	591.43	4.67
		<b>Gravilla</b>	1025.14	2.69
		<b>triturado</b>	670.29	4.12
		<b>Arena</b>	394.29	7.00
<b>Total</b>	<b>2760(m<sup>3</sup>)</b>	<b>Total</b>	<b>2681.1429</b>	

Fuente: *Elaboración propia (2018).*

### 5.7. Inventario de maquinaria y equipos Piedras Blancas

El inventario de maquinaria y equipos de Piedras Blancas está constituido por los equipos tecnológicos que se utilizan en la producción como se puede evidenciar en la Tabla 4, este

inventario se realiza con el fin de determinar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que pueden generar por medio del consumo de combustible o electricidad durante el proceso de explotación, transporte y molienda de la piedra.

Tabla 4

*Inventario de maquinaria y equipos de Piedra Blancas*

Tipo	Vehículo	Actividad	Código	Fuente
<b>Planta de trituración</b>	PT2006	Trituración	PT	Electricidad
<b>Volqueta Kodiak</b>	WCD613	Transporte	WCD	Diésel
<b>Buldócer</b>	W20E	Explotación	WE	Diésel
<b>Retroexcavadora</b>	310D	Explotación	D	Diésel
<b>Compresor</b>	P185	Explotación	P	Diésel

Fuente: *Elaboración propia (2018).*

De la anterior tabla se pudo determinar que para obtener el producto terminado se utilizan equipos de combustión, los cuales funcionan en el proceso de explotación y transporte de la materia prima, mientras que el proceso de molienda se realiza por medio del fluido eléctrico.

### **5.7.1. Inventario de equipos de combustión de Piedras Blancas.**

Las actividades de explotación y transporte se caracterizan por utilizar equipos de combustión que son utilizados en los procesos que la empresa tiene determinados, como se observa en la tabla 5.

Tabla 5

*Inventario de equipos de combustión de Piedras Blancas*

<b>Código</b>	<b>Combustible</b>	<b>Aplicación</b>	<b>Consumo (Gal/Mes)</b>	<b>% Consumo</b>
<b>WE</b>	Diésel	Móvil	923.08	35.97%
<b>D</b>	Diésel	Móvil	646.05	25.18%
<b>P</b>	Diésel	Móvil	443.08	17.27%
<b>WCD</b>	Diésel	Móvil	553.85	21.58%
<b>TOTAL</b>			2566	100%

Fuente: *Elaboración Propia (2018)*.

En esta tabla se puede determinar la cantidad de galones de combustible diésel en el mes, el valor total obtenido fue de 2566 galones y el porcentaje de consumo en cada equipo, donde se puede ver que el equipo que más consume es el buldócer con un 35,97%, el cual equivale al consumo de 923.08 galones por mes, a su vez se puede analizar que el compresor es el de menor consumo con un valor de 443.08 galones mensuales lo que corresponde a un porcentaje del 17.27%.

### 5.7.2. Consumo de combustibles por explotación y transporte de materia prima.

Se pudo determinar la cantidad de consumo de combustible que se utilizan en los procesos de explotación y transporte a la planta de trituración de cada metro cubico de materia prima, como se evidencia a continuación.

$$\text{Consumo} \left( \frac{\text{gal}}{\text{m}^3} \right) = \frac{2566 \text{ galones}}{2760 \text{ m}^3} = 0,9 \text{ gal/m}^3$$

Teniendo en cuenta que esta operación determinó el consumo de cada máquina y el porcentaje operación, se pudo determinar que el proceso que más equipos de combustión utiliza es la explotación, donde se resalta que el equipo de mayor consumo es el buldócer con un 35.97%, como se muestra a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6

*Consumo de combustible por explotación y transporte de materia prima de Piedras Blancas*

Código	Gal/mes	Consumo Gal/m <sup>3</sup> MP	% Consumo	Consumo Proceso	% proceso
<b>Buldócer</b>	923.08	0.33	35.97%	0.73	78.42%
<b>Retroexcavadora</b>	646.05	0.23	25.18%		
<b>Compresor</b>	443.08	0.16	17.27%		
<b>Volqueta</b>	553.85	0.20	21.58%	0.20	21.58%
<b>Total</b>		0.9	100%		100%

Fuente: *Elaboración propia (2018).*

### 5.7.3. Inventario de equipos eléctricos en el proceso de molienda.

La planta de molienda está constituida por diferentes equipos que hacen posible el funcionamiento de esta. Los equipos que conforman esta planta son: molinos, bandas transportadoras, zarandas y motores eléctricos como se evidencia en la Tabla 7.

Tabla 7

*Inventario de equipos de molienda de Piedras Blancas.*

Equipo	Código	cantidad	potencia (HP)	consumo (KW/H)
<b>Alimentador</b>	MP	1	100	24,57
<b>Molino</b>	M	1	30	75,03
<b>Molino de impacto</b>	MI	1	100	75,03
<b>Zaranda primaria</b>	ZP	1	25	2041
<b>Zaranda secundaria</b>	ZS	1	15	9,34
<b>Banda principal</b>	BP	1	15	9,34
<b>Banda secundaria</b>	BS	1	7,5	5,67
<b>Banda de retorno</b>	BR	1	7,5	5,67

<b>Banda producto terminado</b>	BPT	4	7,5	5,67
			<b>TOTAL</b>	<b>2251,32 kW/h</b>

Fuente: *Elaboración propia (2018).*

De la tabla anterior se puede determinar que el total de kilo watts por hora consumido por la planta es de 2251,32 kW/h, también se pudo analizar que las partes de la planta que más consumo tienen son el molino y el molino de impacto con un 75.03KW/h, también se resaltar que las bandas transportadoras son las de menor consumo con un 5.67 kW/h, en esta tabla se puede analizar la potencia con la que cuenta cada parte del molino donde se observa que las de mayor potencia en este caso son el alimentador y el molino de impacto con un valor de 100.

#### 5.7.4. Consumo eléctrico para el proceso de producción de Gravillon

En este proceso de producción de gravillon no intervienen todos los procesos que se dan en la planta como se puede evidenciar en la Tabla 8, donde se muestra el consumo y horas que trabajan las partes de la plata que participan en este proceso.

Tabla 8

#### *Inventario de Equipo Eléctricos en la Producción de Gravillon Piedras Blancas*

Inventario de Equipo Eléctricos en la Producción de Gravillon Piedras Blancas		
Código	Consumo	Horas trabajadas mes
<b>Alimentador –A</b>	24.57	255
<b>Molino –M</b>	75.03	255
<b>Molino de impacto –MI</b>	75.03	255
<b>Zaranda primaria-ZP</b>	20.41	255
<b>Banda principal –BP</b>	9.34	255
<b>Banda de retorno- BR</b>	5.67	255
<b>Banda producto terminado BPT</b>	5.67	255

Fuente: *Elaboración propia (2018).*

En la Tabla 8 se puede determinar que la planta trabaja 255 horas por mes, donde se trabaja un promedio diario de 8.5 horas/día y el consumo que tiene cada parte de la planta que funciona en el proceso de producción de gravillon, teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se puede determinar las horas necesarias para producir 1m<sup>3</sup> de producto terminado como se muestra en la siguiente división.

$$\text{Horas necesarias para producir } 1 \text{ m}^3 \text{ de gravillon} = 255 \text{ hora} / 591.43 \text{ m}^3 \text{ PT}$$

$$\text{Horas necesarias para producir } 1 \text{ m}^3 \text{ de gravillon} = 0.43 \text{ horas m}^3 \text{ PT}$$

Después de determinar las horas trabajadas por la plata en este proceso se determinó el consumo de la planta por cada parte que interactúa en proceso como se muestra a continuación.

Tabla 9

*Consumo Eléctrico en la Producción de Gravillon Piedras Blancas*

Consumo Eléctrico en la Producción de Gravillon Piedras Blancas			
Código	consumo (KWh)	KWh/m <sup>3</sup>	% Consumo KWh/m <sup>3</sup>
<b>A</b>	24.57	10.59	11%
<b>M</b>	75.03	32.35	35%
<b>MI</b>	75.03	32.35	35%
<b>ZP</b>	20.41	8.80	9%
<b>BP</b>	9.34	4.03	4%
<b>BR</b>	5.67	2.44	3%
<b>BPT</b>	5.67	2.44	3%
	215.72	93.01	100%

Fuente: *Elaboración propia (2018).*

En esta tabla se determinó que los procesos que más consumen son el molino y el molino de impacto con un valor de 32.35 que tienen como equivalencia 35% de participación en el proceso.

### 5.7.5. Consumo eléctrico para el proceso de producción de Gravilla.

Como en el proceso anterior en la producción de gravilla no se utilizan todas las partes de la planta como se podrá evidenciar en la tabla 10.

Tabla 10

*Inventario de Equipo Eléctricos en la Producción de Gravilla Piedras Blancas*

Inventario de Equipo Eléctricos en la Producción de Gravilla Piedras Blancas		
Código	Consumo	Horas trabajadas mes
<b>Alimentador –A</b>	24.57	255
<b>Molino –M</b>	75.03	255
<b>Molino de impacto –MI</b>	75.03	255
<b>Zaranda primaria-ZP</b>	20.41	255
<b>Banda principal –BP</b>	9.34	255
<b>Zaranda secundaria-ZS</b>	9.34	255
<b>Banda secundaria-BS</b>	5.67	255
<b>Banda de retorno- BR</b>	5.67	255
<b>Banda producto terminado BPT</b>	5.67	255

Fuente: *Elaboración propia (2018).*

En esta tabla se puede observar que el molino y el molino de impacto son las partes de la planta que interfieren en este proceso, las cuales tienen mayor consumo eléctrico durante las 255 horas trabajadas durante el mes.

Para poder determinar el consumo eléctrico que tiene la planta para en el proceso de producción de gravilla se debe tener en cuenta las horas trabajadas y la cantidad de producto determinado como se muestra a continuación.

$$\text{Horas necesarias para producir } 1 \text{ m}^3 \text{ de gravilla} = 255 \text{ hora} / 1025.14 \text{ m}^3 \text{ PT}$$

$$\text{Horas necesarias para producir } 1 \text{ m}^3 \text{ de gravilla} = 0.25 \text{ horas m}^3 \text{ PT}$$

El cálculo realizado en la anterior división corresponde a las horas que se necesita en funcionamiento de la planta para tener este producto terminado de agregados para la construcción, en este caso se necesita 0.25 horas.

Teniendo en cuenta lo anterior se determinó el consumo de capa parte de la planta que interfiere en el proceso productivo de la gravilla como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11

*Consumo Eléctrico en la Producción de Gravilla Piedras Blancas*

Consumo Eléctrico en la Producción de Gravilla Piedras Blancas			
Código	consumo (KWh)	KWh/m <sup>3</sup>	% Consumo KWh/m <sup>3</sup>
<b>A</b>	24.57	6.11	11%
<b>M</b>	75.03	18.66	33%
<b>MI</b>	75.03	18.66	33%
<b>ZP</b>	20.41	5.08	9%
<b>BP</b>	9.34	2.32	4%
<b>ZS</b>	9.34	2.32	4%
<b>BS</b>	5.67	1.41	2%
<b>BR</b>	5.67	1.41	2%
<b>BPT</b>	5.67	1.41	2%
	230.73	57.39	100%

Fuente: *Elaboración propia (2018).*

De la Tabla anterior se puede determinar que en este proceso los porcentajes de consumo son muy variables ya que se tiene un valor del 33% de participación del molino y el molino de impacto, también se puede observar que la banda secundaria, de retorno y producto terminado tienen una participación del 2% para la realización de este producto terminado.

#### **5.7.6. Consumo eléctrico para el proceso de producción de Triturado.**

En este proceso trabajan partes específicas de la planta que interactúan entre sí, para lograr el proceso de triturado como se muestra a continuación en la Tabla 12.



Tabla 12

*Inventario de Equipo Eléctricos en la Producción de triturado Piedras Blancas*

Inventario de Equipo Eléctricos en la Producción de triturado Piedras Blancas		
Código	Consumo	Horas trabajadas mes
<b>Alimentador –A</b>	24.57	255
<b>Molino –M</b>	75.03	255
<b>Molino de impacto –MI</b>	75.03	255
<b>Zaranda primaria-ZP</b>	20.41	255
<b>Banda principal –BP</b>	9.34	255
<b>Banda de retorno- BR</b>	5.67	255
<b>Banda producto terminado BPT</b>	5.67	255

Fuente: *Elaboración propia (2018).*

Como en los procesos anteriores las horas en las que funciona la planta son 255 horas por mes donde se observar el consumo de cada parte de la planta que interactúan entre sí para poder realizar el producto de triturado.

Observando el consumo eléctrico que tiene la planta se puede determinar las horas que debe estar en funcionamiento la planta para poder realizar 1m<sup>3</sup> de producto terminado, como se muestra a continuación.

$$\text{Horas necesarias para producir } 1 \text{ m}^3 \text{ de Triturado} = 255 \text{ hora} / 670.29 \text{ m}^3 \text{ PT}$$

$$\text{Horas necesarias para producir } 1 \text{ m}^3 \text{ de Triturado} = 0.38 \text{ horas m}^3 \text{ PT}$$

Después de realizar esta división se puede determinar que la cantidad de horas necesarias para la realización de este producto terminado equivale a 0.38 horas.

Teniendo en cuenta este valor se puede determinar los consumos que tienen cada máquina que trabaja en el proceso como se muestra a continuación en la siguiente Tabla 13.

Tabla 13

*Consumo Eléctrico en la Producción de triturado Piedras Blancas*

Consumo Eléctrico en la Producción de triturado Piedras Blancas			
Código	consumo (KWh)	KWh/m <sup>3</sup>	% Consumo KWh/m <sup>3</sup>
<b>A</b>	24.57	9.35	11%
<b>M</b>	75.03	28.54	35%
<b>MI</b>	75.03	28.54	35%
<b>ZP</b>	20.41	7.76	9%
<b>BP</b>	9.34	3.55	4%
<b>BR</b>	5.67	2.16	3%
<b>BPT</b>	5.67	2.16	3%
	215.72	82.07	100%

Fuente: *Elaboración propia (2018).*

De esta Tabla se puede determinar que el consumo de KWH es de 215.72, el consumo de KWH/m<sup>3</sup> es de 82,07 donde se puede destacar el alimentador es de los que más consumo tienen con un 11% quien precede al molino y el molino de impacto con un 35% de participación.

**5.8.7. Consumo eléctrico para el proceso de producción de arena.**

En este proceso actúan la mayoría de partes que conforman la planta como se observa en la Tabla 14.

Tabla 14

*Inventario de Equipo Eléctricos en la Producción de Arena Piedras Blancas*

Inventario de Equipo Eléctricos en la Producción de Arena Piedras Blancas		
Código	Consumo	Horas trabajadas mes
<b>Alimentador –A</b>	24.57	255
<b>Molino –M</b>	75.03	255
<b>Molino de impacto –MI</b>	75.03	255
<b>Zaranda primaria-ZP</b>	20.41	255
<b>Banda principal –BP</b>	9.34	255
<b>Zaranda secundaria-ZS</b>	9.34	255

<b>Banda secundaria-BS</b>	5.67	255
<b>Banda de retorno- BR</b>	5.67	255
<b>Banda producto terminado BPT</b>	5.67	255

*Fuente: Elaboración propia (2018).*

En esta tabla se puede determinar que las horas son 255, las cuales necesita la planta para generar la producción de 394.29 m<sup>3</sup> teniendo en cuenta estos datos y el consumo de cada parte que influyen en el proceso se puede calcular el consumo de producto terminado como se puede apreciar a continuación.

$$\text{Horas necesarias para producir } 1 \text{ m}^3 \text{ de Triturado} = 255 \text{ hora} / 394.29 \text{ m}^3 \text{ PT}$$

$$\text{Horas necesarias para producir } 1 \text{ m}^3 \text{ de Triturado} = 0.65 \text{ horas m}^3 \text{ PT}$$

De la operación anterior se puede determinar que para producir 1m<sup>3</sup> de producto terminado se utilizan 0.38 horas, también se puede determinar el consumo que genera cada máquina que interactúa en el proceso como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15

*Eléctrico en la Producción de Arena Piedras Blancas*

Eléctrico en la Producción de Arena Piedras Blancas			
Consumo Código	consumo (KWh)	KWh/m <sup>3</sup>	% Consumo KWh/m <sup>3</sup>
<b>A</b>	24.57	15.89	11%
<b>M</b>	75.03	48.52	33%
<b>MI</b>	75.03	48.52	33%
<b>ZP</b>	20.41	13.20	9%
<b>BP</b>	9.34	6.04	4%
<b>ZS</b>	9.34	6.04	4%
<b>BS</b>	5.67	3.67	2%
<b>BR</b>	5.67	3.67	2%
<b>BPT</b>	5.67	3.67	2%
	230.73	149.22	100%

*Fuente: Elaboración propia (2018).*

Podemos determinar que en este proceso el consumo de energía en cada parte de la planta es muy variable ya que los que consumen más energía con un 33% son el molino y el molino de impacto, mientras quien consume menos es la banda de retorno y la banda de producto terminado con un 2% pero se debe tener en cuenta el 9% que genera la zaranda primaria.

### 5.8. Calculo de emisiones de Gases de Efecto invernadero generadas de consumo de combustibles

En Colombia la unidad de planeación minero energética (UPME) es una administrativa adscrita al ministerio de energía y es el encargado de realizar el desarrollo sostenible del sector minero energético en el país, esta entidad regida por la Ley 143 de 1994 y el decreto 1258 de junio de 2013, tiene como función realizar una planeación de forma integral, indicativa y permanente el aprovechamiento y desarrollo de los recursos en el país por medio de informes que son realizados cada año donde se evidencia la clasificación de los combustible y sus factores de emisión (Unidad de Planeación Minero Energética , 2017).

En el informe realizado por UPME de 2016-2018 se puede evidenciar que los combustibles se clasifican en tres categorías que son sólidos, líquidos y gaseosos, teniendo en cuenta esto este proyecto se enfocara en la categoría liquida ya que los combustibles que se implementan en estas operaciones son los líquidos entre los que están la gasolina y el combustible diésel (Jeréz Mayorca, Puertas González , Gómez Ríos , & Riaño Moreno, 2018), para realizar el cálculo de los factores de emisiones que generan estos combustibles se tuvo en cuenta la base de datos de UPME Y FECOC donde se puede obtener los valores que muestran a continuación ( Bonilla Madriñan, Herrera Flórez , & Puertas González , 2017)

Tabla 15

*Factores de emisión de combustible en colombia.*

Combustible	Aplicación	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> Eq
<b>Diésel Mezcla comercial</b>	Móvil	10.277	0.000037	0.000037	10.2771

<b>Diésel Mezcla comercial</b>	Estacionaria	10	0.00001	0.00006	10.277070
<b>Gasolina E10 Mezcla comercial</b>	Móvil	7.68	0.0000263	0.000025	7.680051
<b>Gasolina E10 Mezcla comercial</b>	Estacionaria	7.68	0.000024	0.00005	7.680074

Fuente: *elaboracion propia a partir de FECOC 2016.*

Con los datos obtenidos de la Tabla 16 se pudo determinar el consumo de combustible utilizado en los procesos para producir los agregados para la construcción de piedra caliza se utiliza la siguiente ecuación.

HC = Consumo de combustible (Galones)\* factor de emisión de gases.

$$HC = \text{Kg CO}_2 \text{ Eq/m}^3$$

Después de aplicar esta fórmula para los procesos de combustión de la empresa Piedras Blancas se obtienen los resultados que se mostraran en la tabla 17.

Tabla 16

*Emisiones de gases de efecto invernadero de combustible por producto.*

Código	Actividad	Consumo Gal/m MP	Emisiones Maquina Kg CO <sub>2</sub> Eq	% Emisión Maquina	% Emisión Actividad
<b>WE</b>	Explotación	0.334	3.437	40%	76%
<b>D</b>	Explotación	0.234	1.798	21%	
<b>P</b>	Explotación	0.161	1.233	14%	
<b>WCD</b>	Transporte	0.201	2.062	24%	24%
<b>Total</b>		0.930	8.530	100%	

Fuente: *elaboración propia (2018).*

Con los datos obtenidos del cálculo de GEI en esta empresa se pudo determinar que el proceso de explotación genera un 76% de las emisiones generadas con un valor 6.468 de Kg CO<sub>2</sub>

Eq/m<sup>3</sup>, donde la máquina que realizó más emisiones fue el buldócer con un 3.437 Kg CO<sub>2</sub> Eq/m<sup>3</sup> con un porcentaje de emisión del 40%, debido que es una de las maquinas más utilizadas en el proceso de recolección de piedra, después que se realiza la detonación y la que menos participación tuvo en el proceso fue el compresor con un 1.233 Kg CO<sub>2</sub> Eq/m<sup>3</sup>, donde su porcentaje de emisión es de un 14%, esto se debe a que la maquina solo es utilizada en el proceso de realizar la detonación y no tiene mucha una participación constante en el proceso como las otras máquinas, también se observó que el proceso de transporte genera un 24% emisiones en maquinaria, generando 2.062 Kg CO<sub>2</sub> Eq/m<sup>3</sup> esto se debe a que empresa cuenta solo con una volqueta que se encarga de llevar la materia prima hasta la planta donde se realiza el proceso de trituración.

### 5.9. Calculo de Emisiones de Gases de efecto Invernadero generadas por consumo eléctrico

Para determinar el cálculo de las emisiones generadas por consumo eléctrico se debe tener en cuenta los tipos de energía que se producen en el país que son la energía Mix y el sistema interconectado nacional (S.I.N), en este proyecto se tiene en cuenta los factores de emisión para el sistema interconectado nacional como ( Bonilla Madriñan, Herrera Flórez , & Puertas González , 2017) se muestra en la tabla 18.

Tabla 17

*Factores de emision de energia eléctrica en Colombia.*

Factores de Emisión	KgCO <sub>2</sub> Eq
<b>FE Electricidad SIN</b>	0.21 KgCO <sub>2</sub> Eq/KWh
<b>FE Electricidad SIN Mecanismo de desarrollo limpio MDL</b>	0.367 KgCO <sub>2</sub> Eq/KWh

Fuente: *elaboracion propia a partir de Unidad de Planeación Minero Energética (2017).*

En la empresa se determina el consumo eléctrico, utilizado el factor de emisiones de electricidad del Sistema Interconectado Nacional, con el fin de determinar los gases de efecto invernadero que se generan para la realización de los productos terminados, teniendo en cuenta lo

mencionado anteriormente podemos determinar que la fórmula que se empleó en el cálculo de la huella de carbono a continuación.

$$HC = \text{Consumo Eléctrico (KWh/m}^3) * \text{factor de Emisión de electricidad SIN}$$

$$HC = \text{KgCO}_2\text{Eq} / \text{m}^3$$

Teniendo en cuenta la formula anterior se puede realizar el cálculo de huella de carbono que se genera en la empresa Piedras Blancas como se puede evidenciar a continuación.

### 5.9.1. Emisiones por consumo eléctrico en la producción de gravillon de Piedra Blancas.

Teniendo en cuenta que se requiere 4.67 m<sup>3</sup> de materia prima para producir 1 m<sup>3</sup> de gravillon dentro del cual interactúan diferentes partes de la planta en el proceso donde se genera consumo eléctrico como se muestra en la tabla 19.

Tabla 18

*Emisiones por consumo eléctrico en la produccion de gravillon de Piedras Blanca*

Emisiones Por Consumo Eléctrico en la Producción de Gravillon			
Código	KWh/m <sup>3</sup> PT	Emisiones de Equipos KgCO <sub>2</sub> Eq/m <sup>3</sup>	% De Emisión Equipo
<b>A</b>	10.59	2.22	11%
<b>M</b>	32.35	6.79	35%
<b>MI</b>	32.35	6.79	35%
<b>ZP</b>	8.80	1.85	9%
<b>BP</b>	4.03	0.85	4%
<b>BR</b>	2.44	0.51	3%
<b>BPT</b>	2.44	0.51	3%
	93.01	19.53	100%

Fuente: *Elaboración propia (2018).*

De esta tabla se puede determinar que las emisiones que se generan en el proceso de gravillon es de 19.53 KgCO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup> donde se puede determinar que las partes que más generan

emisiones son el molino y el molino de impacto con un valor de 6.79 KgCO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup> representado el 70% del total generado en este proceso.

### 5.9.2. Emisiones por consumo eléctrico en la producción de gravilla de Piedras Blancas.

En este proceso se puede determinar que para producir 1 m<sup>3</sup> de gravilla se requieren 2.69 m<sup>3</sup> de piedra bruta, donde se puede determinar el consumo de emisiones de gases en este proceso como se muestra en la tabla 20.

Tabla 19

*Emisiones por consumo eléctrico en la producción de gravilla de Piedras Blanca*

Emisiones Por Consumo Eléctrico en la Producción de Gravilla			
Código	KWh/m <sup>3</sup> PT	Emisiones de Equipos KgCO <sub>2</sub> Eq/m <sup>3</sup>	% De Emisión Equipo
<b>A</b>	6.11	1.28	11%
<b>M</b>	18.66	3.92	33%
<b>MI</b>	18.66	3.92	33%
<b>ZP</b>	5.08	1.07	9%
<b>BP</b>	2.32	0.49	4%
<b>ZS</b>	2.32	0.49	4%
<b>BS</b>	1.41	0.30	2%
<b>BR</b>	1.41	0.30	2%
<b>BPT</b>	1.41	0.30	2%
	57.39	12.05	100%

Fuente: *Elaboración propia (2018).*

En este proceso el consumo de emisiones es de 12.05 KgCO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup> donde el 66% de consumo es generado por el molino y el molino de impacto con un 33% cada uno, generando 3.92 KgCO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup> seguido del alimentador con un 11% de consumo que equivale a un 1.28 KgCO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup>.



### 5.9.3. Emisiones por consumo eléctrico en la producción de Triturado de Piedras

#### Blancas.

Para realizar 1 m<sup>3</sup> de triturado se debe tener 4.12 de materia prima con lo cual se puede calcular el total de emisiones como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 20

*Emisiones por consumo eléctrico en la producción de triturado de Piedras Blanca*

Emisiones Por Consumo Eléctrico en la Producción de Triturado			
Código	KWh/m <sup>3</sup>	Emisiones de Equipos KgCO <sub>2</sub> Eq/m <sup>3</sup>	% Consumo KWh/m <sup>3</sup>
<b>A</b>	9.35	1.96	11%
<b>M</b>	28.54	5.99	35%
<b>MI</b>	28.54	5.99	35%
<b>ZP</b>	7.76	1.63	9%
<b>BP</b>	3.55	0.75	4%
<b>BR</b>	2.16	0.45	3%
<b>BPT</b>	2.16	0.45	3%
	82.07	17.23	100%

Fuente: *Elaboración propia (2018).*

En esta tabla se puede determinar que el consumo eléctrico es de 17.23 KgCO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup> donde se puede evidenciar una variabilidad de las emisiones que son generadas por cada parte de la máquina que interactúan en este proceso como lo son el molino que genera 5.99 KgCO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup> que genera el 35% de emisiones también podemos evidenciar que la banda de retorno genera un 0.45 KgCO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup> que genera un 3% de las emisiones que se genera en este proceso.

### 5.9.4. Emisiones por consumo eléctrico en la producción de Arena de Piedras

#### Blancas.

En este proceso se requieren 7 m<sup>3</sup> de materia prima para producir 1 m<sup>3</sup> de producto terminado, generando consumo eléctrico con el cual se puede realizar el cálculo de emisiones que se producen en la realización de este proceso.

Tabla 21

*Consumo Eléctrico en la Producción de Arena Piedras Blancas*

Consumo Eléctrico en la Producción de Arena Piedras Blancas			
Códig o	KWh/m <sup>3</sup>	Emisiones de Equipos KgCO <sub>2</sub> Eq/m <sup>3</sup>	% Consumo KWh/m <sup>3</sup>
<b>A</b>	15.89	3.337	11%
<b>M</b>	48.52	10.190	33%
<b>MI</b>	48.52	10.190	33%
<b>ZP</b>	13.20	2.772	9%
<b>BP</b>	6.04	1.269	4%
<b>ZS</b>	6.04	1.269	4%
<b>BS</b>	3.67	0.770	2%
<b>BR</b>	3.67	0.770	2%
<b>BPT</b>	3.67	0.770	2%
	149.22	31.34	100%

Fuente: Elaboración propia (2018).

En este proceso se puede analizar que en este proceso se generan 31.34 KgCO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup> en el cual se puede analizar que el 86% del consumo es generado por cuatro partes de la planta que son: el alimentador, molino, molino de impacto y zaranda primaria, determinando que el 14% restante son producidos por las diferentes bandas transportadoras y la zaranda secundaria.

Después de realizar el cálculo eléctrico y de emisiones de gases de efecto invernadero que genera la empresa durante el proceso de trituración de piedra caliza como se muestra en la tabla 23.

Tabla 22

*Emisiones de electricidad por producto*

Emisiones de electricidad por producto		
Producto	consumo KWh/m PT	Kg CO <sub>2</sub> Eq/m <sup>3</sup>
Gravillon	<b>93.01</b>	<b>19.53</b>
Gravilla	<b>57.39</b>	<b>12.05</b>

Triturado	<b>82.07</b>	<b>17.23</b>
Arena	<b>149.22</b>	<b>31.34</b>

Fuente: Elaboración propia (2018).

En esta tabla se puede evidenciar que el producto terminado que genera la mayor cantidad de gases de efecto invernadero es la arena con un valor de 31.34 Kg CO<sub>2</sub> Eq/m<sup>3</sup>, debido que es el proceso que más consumo eléctrico por el tiempo que demora la planta encendida para poder generar 1m<sup>3</sup> de este producto terminado, porque es el proceso que requiere mayor cantidad de materia prima para la realización del proceso.

### 5.10. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por producto

Tabla 23

*Emisiones de gases de efecto invernadero por producto en Piedras Blancas*

Producto	Emisión Combustible Kg CO <sub>2</sub> Eq/m <sup>3</sup>	Emisión Electricidad Kg CO <sub>2</sub> Eq/m <sup>3</sup>	Emisión Producto Kg CO <sub>2</sub> Eq/m <sup>3</sup> PT
Gravillon	<b>8.53</b>	<b>19.53</b>	<b>28.06</b>
Gravilla	<b>8.53</b>	<b>12.05</b>	<b>20.58</b>
Triturado	<b>8.53</b>	<b>17.23</b>	<b>25.76</b>
Arena	<b>8.53</b>	<b>31.34</b>	<b>39.87</b>

Fuente: Elaboración propia (2018).

En esta tabla se puede evidenciar que el proceso de gravillon genera 28.06Kg CO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup> PT, donde el 70% de estas emisiones son generadas por el consumo eléctrico y el 30% es generado de consumo de combustible, el proceso se gravilla genera 20.58 Kg CO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup> PT, de los cuales el 59% corresponden a el consumo eléctrico con un valor de 12.05 Kg CO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup> PT y el 41% restantes pertenecen a consumo por combustible con un valor de 8.53 Kg CO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup>, en la producción de triturado se generan 25,76 Kg CO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup> donde el mayor consumo es el eléctrico

con un valor de 17.23 Kg CO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup> que corresponde al 67%, el consumo de combustible es de 8.53 Kg CO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup> que corresponden al 33% restante de las emisiones de gases de efecto invernadero, generadas en la realización del triturado como producto terminado, en el proceso de arena se producen 39.87 Kg CO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup> de emisiones de gases de efecto invernadero donde el 79% de las emisiones son generadas por el consumo eléctrico, y el 21% lo produce el consumo de combustible, cabe resaltar que los productos que generan menos emisiones de gases que son liberados a la atmosfera son: la gravilla y el triturado aunque son los de mayor volumen en la producción son los materiales que tienen mayor aprovechamiento en la producción.

Obtenidos los valores de emisiones de GEI que son generados por cada producto se determina las emisiones que son generadas en el mes de octubre por esta empresa que es de 70684.69 Kg CO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup>, este valor se obtiene de la sumatoria de emisiones de gases que son generadas por producto como se muestra a continuación gravillon 16596.64 Kg CO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup>, gravilla 21099.96 Kg CO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup>, triturado 17269.28 Kg CO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup> y arena 15718.81 Kg CO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup> estos valores se obtuvieron de la multiplicación de las emisiones que se producen en un mes por cada producto terminado.

### 5.11. Comparación de las emisiones generadas por las empresas en el municipio de Tolú Viejo Sucre

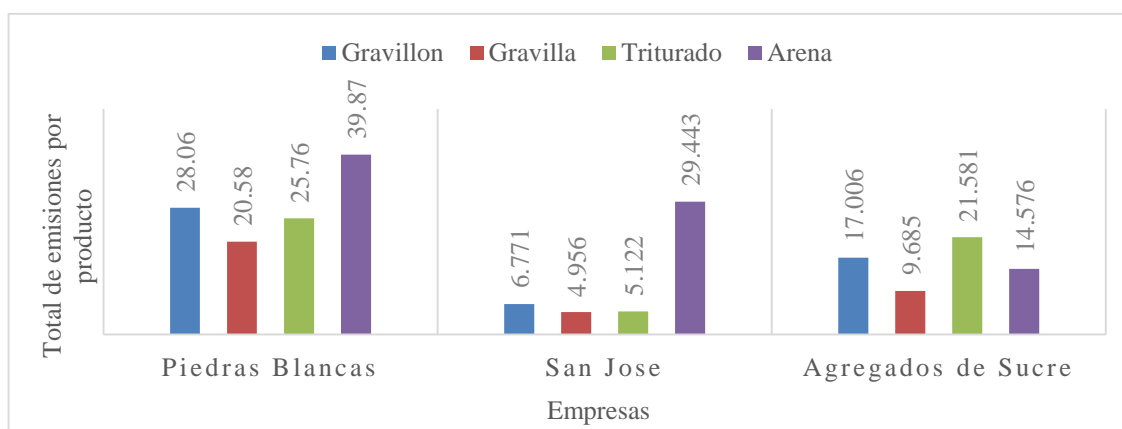


figura 27: comparación de las emisiones GEI generadas por empresas

Fuente: Elaboración propia (2019).

Se puede observar que la empresa Piedras Blancas tiene una mayor generación de emisiones de gases de efecto invernadero con respecto a la empresa Agregados de Sucre y San José donde se puede evidenciar que los valores están muy por encima de las mencionadas anteriormente, también se puede analizar que en la empresa Piedras Blancas y la empresa San José el producto terminado que emitió más gases de efecto invernadero fue la arena, mientras que en la empresa Agregados de Sucre el producto que más generó emisiones fue el triturado.

### **5.12. Discusión**

Teniendo en cuenta el tema que se está estudiando en este proyecto, se mencionarán algunos aportes de diferentes autores los cuales serán discutidos con el fin de compararlos entre sí y determinar cuál se ajusta más al proyecto que se está realizando.

La huella de carbono es un indicador que tiene como objetivo, cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero, se busca implementar su medición como una herramienta, que permita identificar los focos de emisiones de consumo energético y se pueda lograr la disminución de estos, trabajando bajo el concepto de eco eficiencia (Rodríguez, Martínez, & Udaquiola, 2013), la huella de carbono no solo se debe considerar, como un indicador de los gases de efecto invernadero que se producen en los procesos productivos, sino que es muy importante en cuanto al desempeño ambiental que este puede proporcionar (Millán & Rosero, 2015), para (Valderrama, Espíndola, & Quezada, 2011) todos los productos y servicios que son consumidos por la sociedad, producen gases de efecto invernadero en sus procesos de producción, transporte, almacenamiento, consumo de los clientes y disposición final de estos después de ser consumidos, todo esto trae consigo impactos sobre el medio ambiente, esta afirmación tiene mayor valor, ya que para los proyectos realizados por Bravo y Contreras (2017) y Sierra (2019) al igual que este trabajo, evidencian los resultados de la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero, para los diferentes procesos que realizan tanto de combustión como eléctricos ya sean directa o indirectamente dentro del proceso, un claro ejemplo de esto sería la arena con un consumo eléctrico de 149.22 kwh/m<sup>3</sup> de producto terminado.

( Yepes & Avilán, 2015) determinan la huella de carbono, por medio de la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero de una organización, donde posteriormente se formulan estrategias que mitiguen y compense el impacto ambiental generado por esas emisiones, para Samaniego y Schneider (2010) es de suma importancia la implementación de estrategias para la mitigación de los GEI, debido al aumento que se evidencia en los últimos años, teniendo en cuenta la anterior afirmación se concluye que existe un exceso de emisiones de gases de efecto invernadero que son difíciles de controlar, debido a diversas fuentes que emiten gran cantidad de CO<sub>2</sub> a la atmosfera, un ejemplo de esto son los medios de transporte, ya que estos funcionan en su gran mayoría con energías de combustión, otro causa es la cantidad de plástico que se genera a nivel mundial mayor contaminación ( Benedito, 2018).

En el presente estudio como los de realizados anteriormente por Bravo y Contreras (2017) y Sierra (2019), se propusieron estrategias que puedan ayudar a minimizar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que se generan en los procesos de producción de la piedra caliza y los derivados que esta genera.

## **6. Estrategias para la Mitigación de la Huella de Carbono en la Empresa Piedra Blancas**

Para el diseño de estrategias para la mitigación de gases de efecto invernadero en la empresa Piedras Blancas se utiliza una matriz DOFA con el fin de evaluar cada uno de los componentes de esta matriz en la empresa, para proponer estrategias que ayuden a mejorar y fortalecer la empresa, en la figura 28 se representa la matriz DOFA, donde se observa se proponen estrategias que algunas de estas serán evaluadas a continuación con fin de reducir su impacto ambiental.

El diseño de estrategias para la mitigación de gases de efecto invernadero, en la empresa piedras blancas, se realizó teniendo en cuenta el proceso de producción de la empresa donde se determinó que el buldócer es la maquina diésel que mayor consumo representa con un total de 923.08 galones por mes, también se debe tener en cuenta el consumo que genera la volqueta ya que esta tiene un consumo de diésel de 553.85 galones por mes que equivale al 21.58% de consumo de consumo de diésel total al mes, aunque el consumo de esta no es mayor al mencionado anteriormente por el tiempo de ciclo de vida de esta maquinaria se puede observar que su ciclo de vida ya fue cumplido, por lo tanto esta produce mayor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero.

material terminado que se desea obtener el cual es transportado nuevamente y posteriormente almacenado.

MATRIZ DOFA		
Factor Interno Factor Externo	FORTALEZAS	DEBILIDADES
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversidad de productos.</li> <li>• Poca tecnología</li> </ul>
OPORTUNIDADES	FO	DO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento de equipos.</li> <li>• Disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cuantificación de los equipos con los que se cuenta y mirar el ciclo de vida por medio de hojas de mantenimiento</li> <li>▪ Crear un inventario de los gases de efectos invernadero.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero.</li> <li>▪ Cambio de equipos por cumplimiento de ciclo de vida.</li> <li>▪ Reforestación de la capa vegetal.</li> <li>▪ Mantenimiento de equipos</li> </ul>
AMENAZAS	FA	DA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sanciones por incumpliendo de la norma.</li> <li>• Pérdida del título otorgado por el ministerio de minas y energía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Invertir en una mejor tecnología con el fin de generar conocimiento y dar soporte al desarrollo tecnológico de las empresas como parte del sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cumplimiento de la normativa establecidas en el proceso para lograr la minimización del dióxido de carbono.</li> <li>▪ Cumplimiento de la norma que protege el medio ambiente.</li> <li>▪ Cumplimiento del decreto de chatarrización por el cumplimiento de ciclo de vida de los equipos.</li> </ul>

Figura 28: Matriz DOFA.

Fuente: Elaboración propia 2018.

### 6.1. Evaluación de alternativas

Teniendo en cuenta los datos obtenidos en el proyecto en cuanto al consumo de combustible se propone realizar mantenimientos de prevención al buldócer, debido a que es el equipo que más consumo de combustible diésel dentro del proceso productivo, para esto se proponen.



## 7. Conclusiones.

En el proceso de molienda de piedra caliza en el municipio del Tolviejo se pudo observar que se realiza de dos formas que son la molienda por la plata eléctrica y la molienda de motores diésel, aunque estas dos trituradoras son diferentes sus procesos son muy similar el uno del otro. Por otro lado, se determinó que los procesos de producción de piedra caliza es el municipio tienen características semejantes para las empresas que se dedican a esta actividad.

Por medio del PAS 2050 se pudo determinar la cantidad de emisiones de gases que son generadas por la empresa Piedras Blancas en el departamento de Tolviejo, donde se pudo especificar las emisiones que son generadas por cada proceso que se da para obtener  $1\text{m}^3$  de los diferentes productos terminados.

Estableciendo que el proceso de Arena es el proceso de mayor generación de emisiones de gases de efecto invernadero con un valor de  $39.87\text{ Kg CO}_2\text{Eq/m}^3$ , de los cuales el  $31.34\text{ Kg CO}_2\text{Eq/m}^3$  se producen por consumo eléctrico, en cuanto al restante  $8.53\text{ Kg CO}_2\text{Eq/m}^3$  los produce el consumo de combustible estas emisiones de gases en este proceso se deben a la cantidad de materia prima que se debe utilizar para la elaboración del producto terminado.

El siguiente material tener una cantidad de emisiones de gases altas es el gravillon con un total de  $28.06\text{ Kg CO}_2\text{Eq/m}^3$ , donde el consumo eléctrico emite  $19.53\text{ Kg CO}_2\text{Eq/m}^3$ , correspondiendo al 69% de emisiones, así mismo el consumo de combustible produce  $8.53\text{ Kg CO}_2\text{Eq/m}^3$ , que equivale a un 31% de la emisiones de GEI generadas por este producto terminado, teniendo en cuenta la cantidad de materia prima que se requiere que en este proceso es de 4,67 m se puede analizar que el segundo en consumo de esta para la elaboración del producto terminado.

Para el triturado es de  $25.76\text{ Kg CO}_2\text{Eq/m}^3$  donde el  $17.23\text{ Kg CO}_2\text{Eq/m}^3$  de las emisiones son generadas por consumo eléctrico que corresponde al 67% de total de emisiones liberadas a la atmosfera el 33% restante de estas emisiones son emitidas por consumo eléctrico con un valor de  $8.53\text{ Kg CO}_2\text{Eq/m}^3$ .

La elaboración de la gravilla genera 20.58 Kg CO<sub>2</sub>Eq/m<sup>3</sup> donde el 59% de estas emisiones son producidas por consumo eléctrico y el 41% restante es por el uso de equipos de combustión, este producto terminado es el proceso que mayor rendimiento de producción tiene debido que requiere 2.69 metros de materia prima para producir 1m<sup>3</sup> de este producto terminado.

En la empresa Piedras blancas también se puede evidenciar que no cuenta con una planeación estratégica, debido que la empresa fue creada de manera empírica por los fundadores siendo precedida de generación en generación, se debe resaltar que no hay ningún tipo de registro contable o de producción de materia prima o producto terminado, por lo cual no tienen en cuenta la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que generan en los diferentes procesos que se realizan en la empresa y que son emitidos a la atmosfera.

## 8. Recomendaciones

Después de realizar el análisis de las emisiones de gases que son emitidas por la empresa Piedras Blancas, se puede destacar el consumo de combustible que genera el buldócer con un valor de 923.08 que equivale al 35.97% del consumo total utilizado en el proceso de explotación y transporte de la materia prima, se recomiendan realizar análisis de prevención periódicos con el fin de evaluar el funcionamiento de este equipo e implementar medidas correctivas en caso de ser necesario.

Para los equipos de combustión que se utilizan en este proceso se recomienda como medida a largo plazo el remplazo de cada uno de estos de manera paulatina, debido a que estos equipos con el pasar del tiempo se deterioran y no realizan de forma eficiente los procesos en los que están involucrados, generando el aumento de las emisiones de gases generadas por combustible, por tal razón los equipos nuevos podrían generar una reducción considerable de estas emisiones.

La afectación que se realiza de forma directa al medio ambiente es muy importante por lo cual se propone realizar un proyecto de reforestación con el fin de minimizar la cantidad de emisiones de GEI por la empresa y a su vez tratar de reparar el daño ambiental que se realiza por medio de la remoción de la vegetación en el suelo para poder explotar la piedra caliza, para este caso se determinó que la especie que presenta mayor representatividad en cuanto a la cantidad de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> almacenado es el roble con un porcentaje del 92,5 equivalente, ya que esta es una especie que genera los primeros años de su vida una gran cantidad de hojas con el fin de suplir la necesidad de la luz en su etapa inicial, a lo largo de los años el roble incrementa considerablemente la captación de CO<sub>2</sub>, por lo que es importante en la utilización de temas de compensación por emisión y tala.

Por otro lado, las personas que realizan este tipo de labores deben cumplir con los elementos de protección como lo indica la Ley 52 de 1993, con el fin de evitar cualquier tipo de incidente o accidente laboral.

### Referencias Bibliograficas

- Bonilla-Madriñan, M., Herrera-Flórez , H. H., & Puertas González , Y. (2017). *Factores de emisión del sistema interconectado nacional Colombia-SIN*. [https://www.Doc calculo del FE del SIN 2016 20\(4\).pdf](https://www.Doc calculo del FE del SIN 2016 20(4).pdf).
- Moreno, G. (2017). *Países mas contaminantes del mundo*. Recuperado de Países mas contaminantes del mundo: <https://es.statista.com/grafico/9662/los-paises-mas-contaminantes-del-mundo/>
- Ortiz-Malavassi, E., & Solano-Quesada, S. (2016). Metodología de medición de la huella de carbono para edificaciones en Costa Rica y su aplicación en el módulo habitacional Trópika . *Dialnet*.
- Puigdueta-Bartolomé, I., & Sanz-Cobeña, A. (2017). *Doce años del protocolo de Kioto*. Recuperado de Doce años del protocolo de Kioto: <http://www.ingenieros.es/noticias/ver/doce-anos-del-protocolo-de-kioto/6513>
- Schneider , H., & Samaniego , J. (2009). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios . *CEPAL*.
- AEC. (2018). *Norma ISO TS 14067*. Asociación Española Para la Calidad.
- Agencia Nacional Minera. (2016). Catastro Nacional Minero 2016. *Agencia Nacional Minera*.
- Bieeco. (2017). *América latina es una de las zonas mas afectadas por el cambio climatico*. Recuperado de América latina es una de las zonas mas afectadas por el cambio climatico: <http://www.virtualpro.co/noticias/america-latina-es-una-de-las-zonas-mas-afectadas-por-el-cambio-climatico>
- British Standard Institute. (2008). British Standard Institute 2008b. *British library cataloguing in publication data*.
- British Standard, institute. (20011). *British Standard Institute, 20011b*. British library cataloguing in publication data.
- British Standard, institute. (2008). *British Standard Institute*. British library cataloguing in publication data.
- Cardona, A., Juste, I., & Isan, A. (2010). *ecologia verde*. Recuperado de ecologia verde: [www.ecologiaverde.com/principales-fuentes-de-emision-de-co2-404.html](http://www.ecologiaverde.com/principales-fuentes-de-emision-de-co2-404.html)

- CEPAL. (2010). Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para America Latina. *CEPAL*.
- CHMmineria. (2019). *CHM MINERIA*. Recuperado de CHM MINERIA: <http://www.chmmineria.com.co/out-of-menu/colombia-mineria/>
- Cnnespanol. (2017). *cambio climático*. Recuperado de cambio climático: [//cnnespanol.cnn.com/2017/06/08/estos-son-los-paises-de-america-latina-que-mas-co2-emiten/](http://cnnespanol.cnn.com/2017/06/08/estos-son-los-paises-de-america-latina-que-mas-co2-emiten/)
- Colmenero, R. B. (2007). El tratado de Kioto y la tribulación ambiental. *Anuario jurídico y económico escurialense*.
- Cronicón. (25 de 01 de 2019). *Cifras que muestran la gravedad del cambio climatico en América latina*. Recuperado de Cifras que muestran la gravedad del cambio climatico en América latina: <http://cronicon.net/wp/cifras-que-muestran-la-gravedad-del-cambio-climatico-en-america-latina/>
- Delgado, R. (2018). *cálculo de la huella de carbono en la producción de concentrado de fruta: Agroindustrias Marsa SRL, Arequipa*. Recuperado de cálculo de la huella de carbono en la producción de concentrado de fruta: Agroindustrias Marsa SRL, Arequipa: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8207>
- EFE. (2018). *Agencia EFE*. Recuperado de Agencia EFE: <https://www.efc.com/efe/usa/mexico/mexico-es-el-principal-emisor-de-gases-efecto-invernadero-en-america-latina/50000100-3719033#>
- El Tiempo. (2018). *En el Día de la Tierra Colombia lucha contra emisiones de CO2*. Recuperado el 2019, de En el Día de la Tierra Colombia lucha contra emisiones de CO2: <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/planes-para-mitigar-los-indices-de-las-emisiones-de-co2-en-colombia-208112>
- Escusa, C. (2016). Tratado de Kioto. *Mans Unides*.
- Espíndola, C., & Valderrama, J. (02 de 12 de 2011). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. *Información Tecnológica*.
- Expansión. (9 de JUNIO de 2017). México y Brasil 'lideran' la eisión de dióxido de carbono en América Latina. *Expansión*, págs. 1-1. Recuperado el 2018
- Fresneda, C. (2018). Las emisiones de CO2 se disparan en 2018. *El mundo*.

- Hernández-Sampieri , R., Fernández Collado, C., & Batista Lucio, P. (2010). *Metodologi de la investigación*. Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A.
- Herrán, C. (2012). El cambio climático y sus consecuencias para América Latina. *Internacional*.
- Honty, G. (2007). América Latina ante el cambio climático. *Observatorio de la globalización*.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2012). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) Colombia*.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2017). Inventario Nacional y Departamental de Gases de Efecto Invernadero Colombia. *IDEAM*.
- ISO 9001. (02 de 03 de 2015). *ISO 9001:2015 Análisis del contexto: 5 Fuerzas de Porter*. Recuperado de ISO 9001:2015 Análisis del contexto: 5 Fuerzas de Porter: <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2015/03/iso-9001-2015-analisis-del-contexto-5-fuerzas-porter/>
- Jeréz -Mayorca, C., Puertas-González , Y., Gómez-Ríos , I., & Riaño-Moreno, j. (2018). *Boletín estadístico de Minas y Enegia 2016 - 2018*. [http://www1.upme.gov.co/PromocionSector/SeccionesInteres/Documents/Boletines/Boletin\\_Estadistico\\_2018.pdf](http://www1.upme.gov.co/PromocionSector/SeccionesInteres/Documents/Boletines/Boletin_Estadistico_2018.pdf).
- Kokot, R., Codignotto, J., & Elissondo, M. (2004). Vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar en la costa de la provincia de Río Negro. *Scielo*.
- Ministerio de Ambiente. (2014). Cambio climatico. *IDEAM*.
- Ministerio de Ambiente. (2018). *MiniAmbiente*. Recuperado de MiniAmbiente: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1705-plantilla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-sin-galeria-69>
- Ministerio de Minas y Energia. (2011). Estudio sectorial " Infraestructura de transporte multimodal y logistica integradas para el desarrollo de la industria minera en Colombia con énfasis en puertos". *INCOLMA S.A.*
- DQS CERT, (2018). La reducción de la huella de carbono se hará más fácil con el nuevo Estándar Internacional ISO 14067: 2018. *DQS*. <https://dqsiberica.com/2018/09/12/iso-14067-2018/>
- Montalvo, T. (2010). *América Latina es la región mas afectada por el cambio climatico*. Recuperado de América Latina es la región mas afectada por el cambio climatico:

<https://expansion.mx/planetacnn/2010/10/25/america-latina-es-la-region-mas-afectada-por-el-cambio-climatico>

Naciones Unidas. (2011). *cambio climatico*. Recuperado de Cambio climatico:  
<http://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>

Naciones Unidas. (2018). *Huella de carbono*. Recuperado de Huella de carbono:  
<https://biblioguias.cepal.org/huellacarbono>

Observatorio de Logística y Sustentabilidad. (2015). Guía de herramientas, normas y bases de datos para una logística sustentable . *ITBA*.

Oliveira, F. (2017). *El mercado latinoamericano de cemento vive un momento de demanda heterigénea entre los países*. Recuperado de El mercado latinoamericano de cemento vive un momento de demanda heterigénea entre los países:  
<https://www.construccionlatinoamericana.com/numeros-latam/129282.article>

Raúl. (2015). ¿ QUÉ ES EL GHG PROTOCOL? *twenergy*.

Riechmann, J. (2008). *¿En que estamos fallando?* Acaria Antrazyt Ecológica.

Standard, B. (2008). Guide to PAS 2050. *Britsth Standard*.

Tesler, J., Fiadone, R., & De Zan, A. (2015). *Guía de herramientas, normas y bases de datos para una logística sustentable*. Argentina: ITBA.

Unidad de Planeación Minero Energética . (2017). *Portal UPME*. Recuperado de Portal UPME:  
<http://www1.upme.gov.co/Entornoinstitucional/Paginas/Quienes-Somos.aspx>

Urrego, R. (2015). Cartilla Minera. *ministerio de Agricultura*.

**Anexos**

*Anexo 1.* Formato de recolección de información en el proceso de explotación.

CAPTURA DE INFORMACION - HUELLA DE CARBONO EXPLOTACION AGRESUCRE S.A.S.			
Tipo de vehículo:		Propiedad:	
Combustible:		Capacidad (m <sup>3</sup> )	
Consumo de combustible (Galones/Día)		Días de operación:	
Distancia recorrida (km/día)		Conductor	
FUNCION			
FRECUENCIA USO POR HORAS			
OBSERVACIONES			

*Anexo 2.* Formato de recolección de información en transporte.

CAPTURA DE INFORMACION - HUELLA DE CARBONO TRANSPORTE AGRESUCRE S.A.S.			
Tipo de vehículo:		Propiedad:	
Combustible:		Capacidad (m <sup>3</sup> )	
Consumo de combustible (Galones/Día)		Días de operación:	
Distancia recorrida (km/día)		Conductor	
FUNCION			
FRECUENCIA USO POR HORAS			
OBSERVACIONES			





Anexo 4. Ficha técnica 1

<b>FICHA TECNICA COMPRESOR</b>	
<b>MAQUINA- EQUIPO:</b>	Compresor
<b>MARCA:</b>	Doosan P185
<b>MODELO:</b>	185
<b>TIPO MOTOR:</b>	John Deere
<b>VIDA UTIL:</b>	10 Años
<b>CARACTERISTICAS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ motor John deere.</li> <li>✓ 4 cilindros</li> <li>✓ Turbo cargado</li> <li>✓ Hp 50 200 psi m3</li> <li>✓ Montado en 1 eje con tiro de bola</li> <li>✓ 1, 204 hrs de trabajo</li> <li>✓ Rango de presión operacional entre 80-125</li> </ul>	<b>FOTO DE LA MAQUINA-EQUIPO</b>
	<b>FUNCION</b> <p>Se encarga de ofrecer un excelente tiempo de funcionamiento a plena carga de 10 horas con un depósito de combustible, mejorando la capacidad de refrigeración y el rendimiento en las áreas geográficas.</p>

Anexo 5. Ficha técnica 2

<b>FICHA TECNICA VOLQUETA KODIAK</b>	
<b>MAQUINA- EQUIPO:</b>	Volqueta Kodiak
<b>MARCA:</b>	Chevrolet
<b>MODELO:</b>	1994
<b>VIDA UTIL:</b>	10 Años
<b>CAPACIDAD:</b>	7.5 M <sup>3</sup>
<p><b>CARACTERISTICAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Poseen dos ejes.</li> <li>✓ Se utilizan para transporte interno o externo en la obra.</li> </ul> <p><b>FUNCION</b></p> <p>Son vehículos que poseen un dispositivo mecánico para volcar la carga que transportan y reposa sobre el chasis del carro del vehículo.</p>	<b>FOTO DE LA MAQUINA-EQUIPO</b>
	

Anexo 6. Ficha técnica 3

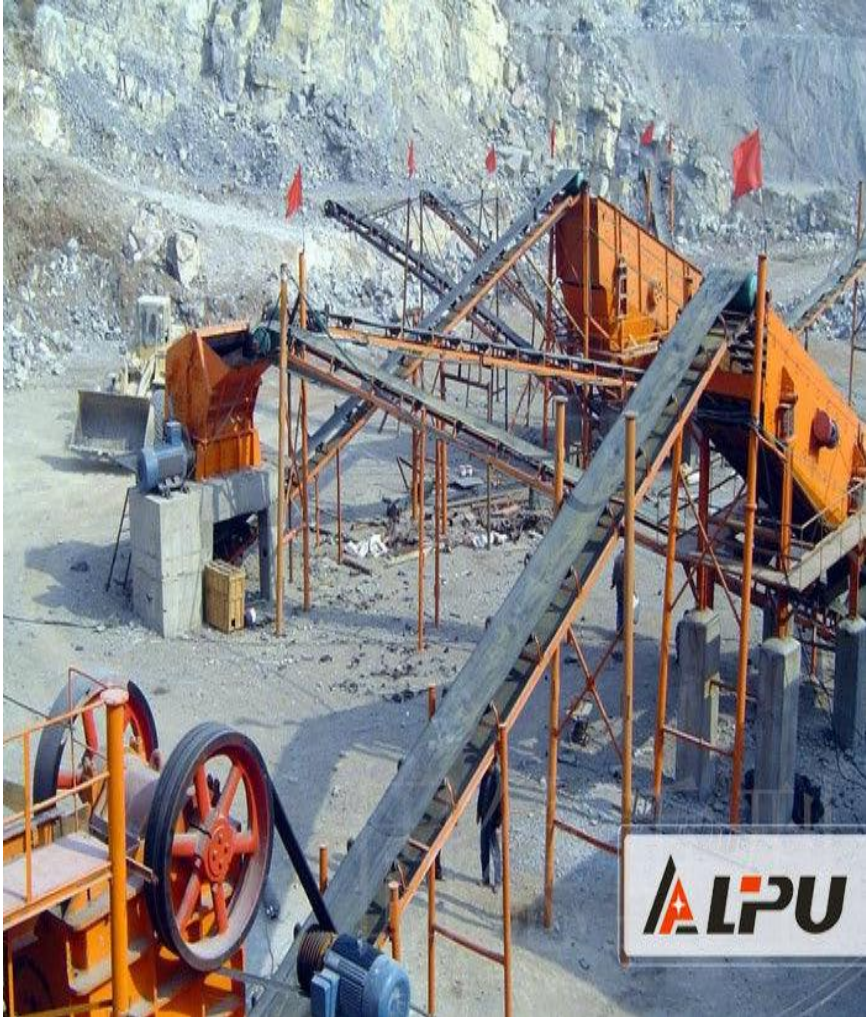
<b>FICHA TECNICA BULDOCER</b>	
<b>MAQUINA-EQUIPO:</b>	Buldócer
<b>MARCA:</b>	Case
<b>MODELO:</b>	W20E
<b>VIDA UTIL</b>	10 Años
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>FOTO DE LA MAQUINA-EQUIPO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ velocidades máximas entre 16 km y 60 km/h</li> <li>✓ chasis con Angulo de 40<sup>0</sup> a 45<sup>0</sup>.</li> </ul>	
<b>FUNCION:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ tienen la durabilidad, confiabilidad y productividad necesarias para realizar trabajos de minería, trabajos en canteras, construcción de caminos y otras operaciones a gran escala.</li> </ul>	



Anexo 7. Ficha técnica 4

<b>FICHA TECNICA RETRO-ESCAVADORA</b>	
<b>MAQUINA-EQUIPO:</b>	Retro-excavadora
<b>MARCA:</b>	John Deere
<b>MODELO:</b>	310 D
<b>DIMENSIONES</b>	Peso máximo: 16.00 T
	Altura en gabina: 2.90 m
	Anchura total: 2.43 m
	Longitud total: 5.77 m
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>FOTO DE LA MAQUINA-EQUIPO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Volumen de la pala 0.96 m<sup>3</sup></li> <li>✓ Ancho de la pala 2340 mm.</li> <li>✓ Bomba de engranajes.</li> <li>✓ Conocida también como pala mecánica.</li> </ul>	
<p><b>FUNCION:</b></p> <p>Es una maquina industrial y mecánica que se usa para hacer grandes excavaciones en todo tipo de terreno.</p>	

Anexo 8. Ficha técnica 5

<b>FICHA TECNICA PLANTA DE TRITURACIÓN</b>	
<b>MAQUINA-EQUIPO:</b>	Planta Trituradora
<b>MARCA:</b>	Molino Raymond
<b>MODELO:</b>	PT2006
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>FOTO DE LA MAQUINA-EQUIPO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Es eléctrica.</li> <li>✓ Variación de motores.</li> <li>✓ Diversifica el producto.</li> </ul>	
<b>FUNCION:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ayuda a disminuir el tamaño de los objetos mediante mandíbulas por medio del uso de fuerza, que se transportan por medio de bandas.</li> </ul>	