Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea del CRAI-Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la CRAI-Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y elartículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-Biblioteca
Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA EXPLOTACIÓN DE ASFALTITA, EN LA MINA JUAN PABLO II, DE LA ESPERANZA N.S. MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

NELLY GARCÉS CASTAÑEDA
CLAUDIA YANETH RANGEL PÉREZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN CALIDAD Y GESTIÓN INTEGRAL
FLORIDABLANCA
2018

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA EXPLOTACIÓN DE ASFALTITA, EN LA MINA JUAN PABLO II, DE LA ESPERANZA N.S. MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

NELLY GARCÉS CASTAÑEDA
CLAUDIA YANETH RANGEL PÉREZ

Trabajo de investigación para optar el título de Magister en Calidad y Gestión Integral

Director:
M Ing. JONATHAN DAVID MORALES MÉNDEZ

Co-Directora:
Ing. SONIA ISABEL POLO TRIANA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN CALIDAD Y GESTIÓN INTEGRAL
FLORIDABLANCA
2018

AGRADECIMIENTOS

A Dios que nos permitió alcanzar esta meta tan importante en nuestras vidas.

A nuestras familias por el apoyo incondicional y permanente en este proceso; y todo su tiempo familiar sacrificado.

A los propietarios de la mina Juan Pablo II, quienes fueron generosos en brindar la información necesaria y oportuna para desarrollar totalmente la investigación.

A la Universidad Santo Tomás por el acompañamiento en el proceso formativo.

A nuestros compañeros tan especiales de maestría, excelentes seres humanos quienes transformaron nuestras vidas con sus grandes capacidades, virtudes y talentos.

A los docentes y demás personas que de forma directa o indirecta se dieron su aporte a esta causa.

A todos ustedes gracias y prometemos honrar nuestro nuevo título de magister en pro de mejorar la calidad de vida de la humanidad…

CONTENIDO

RESUMEN 12
1.PROBLEMA DE INVESTIGACION 14
1.1 ANTECEDENTES 14
1.1.1 Antecedentes en el contexto mundial: 14
1.1.2 Antecedentes en el contexto Latinoamericano: 18
1.1.3 Antecedentes en el contexto nacional 19
1.1.3.1 Minería y Trabajo 23
1.1.3.2 Regalías y Otras Contribuciones 24
1.1.3.3 Impuestos y Otras Contribuciones 25
1.1.3.4 Situación Ambiental 26
1.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA: 29
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN: 30
2. JUSTIFICACIÓN 30
3. OBJETIVOS 33
3.1 OBJETIVO GENERAL 33
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 33
4.MARCO REFERENCIAL 34
4.1 MARCO TEÓRICO 34
4.1.1 Lista de chequeo 36
4.1.2 listas de chequeo enfocadas a decisiones 37
4.1.3 Análisis ambiental coste-beneficio 37
4.1.4 matrices simples causa – efecto 37
4.1.5 Reunión de expertos 37
4.1.6 Gráficos y diagramas de flujo 38
4.1.7 Cartografía ambiental o superposición de mapas 38
4.1.8 Redes 38
4.1.9 Sistemas de información geográficos 39
4.1.10 Matrices 39
4.1.11 Matriz de Leopold 39
4.1.12 EL Método de Battelle 39
4.1.13 Evaluación del impacto ambiental 40
4.1.14 Análisis de ciclo de vida (ACV): 41
4.1.15 Análisis multicriterio 44
4.2 MARCO CONCEPTUAL 45
4.3 MARCO CONSTITUCIONAL Y LEGAL 52
4.5 ESTADO DEL ARTE 61
5.METODOLOGÍA 66
5.1. FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGIOS DE LA INVESTIGACION. 66
5.2. DISEÑO METODOLÓGICO 66
5.2.1 Tipo de Investigación. 66
5.2.2 Procedimiento metodológico 67
5.2.2.1 Revisión bibliográfica 67

5.2.2.2 Visita de campo y reconocimiento 68
5.2.2.3 Aplicación de la metodología ACV a la explotación de Asfaltita en la mina Juan Pablo II 68
5.2.2.4. Aplicación de la metodología Índice de Calidad Ambiental y de Fernández Conesa 68
5.2.2.5 Propuesta de tecnologías limpias en la explotación de Asfaltita 68
5.3 METODOLOGIA APLICACIÓN DEL ACV EN EL CASO DE ESTUDIO 68
5.3.1 Definición del Objetivo del Estudio.....68
5.3.2 Definición del Alcance.....68
5.3.2.1 Sistema bajo estudio.....69
5.3.2.2. Unidad Funcional 69
5.3.2.3. Límites del Sistema.....69
5.3.3 Análisis del inventario. 73
5.3.3.1 Recolección de los datos. 73
5.3.3.2 Procesamiento de la Información.....74
5.3.3.3 Validez y confiabilidad de los datos. 74
5.3.3.4 Consideraciones y Limitaciones del Inventario. 74
5.3.3.5 Inventario: Balances de masa y energía. 75
5.3.4 Evaluación del impacto ambiental.....77
5.3.4.1 Selección del método de evaluación y categorías de Impacto.....77
5.4. METODOLOGIA EVALUACIÓN AMBIENTAL CUALITATIVA 79
5.4.1 Matriz de aspectos ambientales.....79
5.4.2 Metodología del índice de calificación ambiental 80
5.4.2.1 Inventario de impacto ambiental y calificación 83
5.4.3 Metodología de Evaluación ambiental Conesa 84
6.RESULTADOS.....86
6.1 CARACTERIZACIÓN PROCESOS DE EXPLOTACIÓN DE ASFALTITA 86
6.1.1 Procesos 86
6.1.1.1 Preparación.....86
6.1.1.2 Explotación 87
6.1.1.3 Empaque.....88
6.1.1.4 Cargue, transporte y descargue.....89
6.1.1.5 Mantenimiento y adecuación 89
6.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE ACV 91
6.2.1 Análisis general de las categorías de Impactos ReCipe.y CML.....91
6.2.2. Análisis comparativo de Impactos ReCipe y CML 93
6.2.3. Resultados: impactos por categoría comunes y significativos para las metodologías RECIPE Y CML 95
6.2.4 Categorías significativas para RECIPE.....105
6.2.5. Impactos significativos por la metodología CML 111
6.3 RESULTADOS EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL POR LA METODOLOGÍA DE ÍNDICE DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL 113
6.3.1 Evaluación Cualitativa Por Componentes 114
6.3.1.1. Componente Atmósfera 114
6.3.1.2 Componente Agua 114

6.3.1.3 Componente Suelo y subsuelo: 115
6.3.1.4 Componente Vegetación.....115
6.3.1.5 Componente Fauna acuática y terrestre 116
6.3.1.6 Componente Paisaje:.....116
6.3.1.7Componente Población:.....117
6.3.1.8 Componente Infraestructura y bienestar social:.....117
6.4 RESULTADOS EVALUACIÓN AMBIENTAL METODOLOGIA CONESA.....118
6.5Análisis de Ciclo Vida 120
6.5.7 Resultados 122
7.PROPUESTA TECNOLÓGICA.....123
7.1. ENERGÍA BIOMASA: 124
7.2. ENERGÍA EÓLICA.....126
7.3. ENERGÍA FOTOVOLTAICA. 128
7.4. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE ENERGIAS LIMPIAS 129
7.4.1 El impacto ambiental.....129
7.4.2 Beneficios legales o tributarios. 130
7.4.3 Sostenibilidad.....130
7.4.4. Viabilidad técnica. 130
7.4.5 Viabilidad económica. 130
7.5 PROPUESTA DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA COMO NUEVA TECNOLOGIA 134
7.5.1 CALCULO PARA INSTALACIÓN DE PÁNELES SOLARES FOTOVOLTAICOS 134
7.5.2 CONSIDERACIÓN AMBIENTAL 138
7.5.3 COMPARACIÓN DE IMPACTOS ENERGIA ELECTRICA VS ENERGÍA FOTOVOLTAICA 138
8. CONCLUSIONES 143
9. RECOMENDACIONES.....145
BIBLIOGRAFIA 146
ANEXOS 154

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Mercado de Exportación de Asfaltita.....16
Cuadro 2. Mercado de importación de asfaltita.....17
Cuadro 3. Exportación de Asfaltita a nivel de Latinoamérica.....18
Cuadro 4 Exportaciones Mineras Colombianas 2012 al 2017. 22
Cuadro 5 Generación de empleo a partir de la minería (Minas y Canteras) 23
Cuadro 6 Relación de Regalías Mineras en millones de pesos del 2.007 al 2.01224
Cuadro 7. Proyección de ingresos del Gobierno Nacional generados por la actividad minera.....25
Cuadro 8 Licencia Ambientales y Planes de ManejoAmbiental por departamento 28
Cuadro 9 Licencias ambientales y planes de manejo ambiental otorgados por mineral 28
Cuadro 10 Leyes, Decretos y Resoluciones que sustentan el Marco Constitucional y Legal de la explotación minera y la protección ambiental derivada de su ejercicio. 53
Cuadro 11 Matriz Normativa colombiana. 60
Cuadro 12 Inventario: Balance de Masa y Energía.....75
Cuadro 13. Categorías seleccionadas en ReCipe y unidad de referencia.....78
Cuadro 14. Categorías seleccionadas en CML-IA y unidad de referencia.....79
Cuadro 15. Matriz de aspectos ambientales.....79
Cuadro 16. Valores y rangos para los impactos ambientales 83
Cuadro 17. Cuantificación de Impactos con la metodología ReCipe 92
Cuadro 18. Cuantificación de Impactos con la metodología CML.....93
Cuadro 19. Matriz de calificación ambiental según impacto 113
Cuadro 20 Calificación Ambiental según la metodología Conesa Fernández 118
Cuadro 21 Cuadro de interacciones Causa - Efecto.....119
Cuadro 22. Criterios porcentuales para establecer la viabilidad técnica. 131
Cuadro 23.Escala de valoración del criterio de selección:Reducción de Impacto Ambiental.....131
Cuadro 24. Escala de valoración del criterio de selección: Sostenibilidad.....132
Cuadro 25. Escala de valoración criterio de selección: Viabilidad Técnica.....132
Cuadro 26. Escala de valoración criterio de selección: Viabilidad Económica 133
Cuadro 27. Escala de valoración criterio de selección: Beneficios Legales.....133
Cuadro 28. Análisis Multicriterio de las alternativas tecnológicas energéticas 134
Cuadro 29. Costos de implementación del Sistema Solar Fotovoltaico.....136
Cuadro 30. Cálculo de la TIR sobre la inversión en energía fotovoltaica.....137
Cuadro 31. Clasificación de las categorías por impactos ambientales 141

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Colombia - Exportaciones asfalto - betunes y asfaltos naturales; pizarras y arenas bituminosas; asfaltitas y rocas asfálticas. - Anual FOB USD 20
Gráfica 2. PIB Minero para Colombia 21
Gráfica 3 Participación PIB Minero según grupo de mineral.....21
Gráfica 4 Regalías correspondientes a algunos de los productos mineros 24
Gráfica 5 Principales Teorías de Impacto Ambiental aplicables a la evaluación del impacto ambiental en minería.....36
Gráfica 6. Procedimiento Metodológico para desarrollar la investigación sobre el impacto ambiental de la explotación de asfaltita.....67
Gráfica 7. Métodos y categorías para evaluar el impacto ambiental.....77
Gráfica 8 Mapa de procesos de explotación de Asfaltita 89
Gráfica 9. Análisis general de Impactos con la Metodología ReCipe.....91
Gráfica 10. Análisis de Impactos con la metodología CML.....92
Gráfica 11. Gráfica comparativa de categorías de Impacto Energía Eléctrica según metodologías ReCipe y CML 94
Gráfica 12. Gráfica comparativa de categorías de Impacto Transporte de Asfaltita según metodologías ReCipe y CML 94
Gráfica 13. Proceso con Carga Ambiental Ecotoxicidad del agua, Método ReCipe 96
Gráfica 14. Red de Impacto Ambiental Ecotoxicidad del Agua, Método CML 96
Gráfica 15. Red de Impacto Ambiental Toxicidad Humana, Método ReCipe.....97
Gráfica 16. Impacto Ambiental Toxicidad Humana, Método CML.....98
Gráfica 17. Impacto Ambiental Acidficación Terrestre, Método ReCipe 98
Gráfica 18. Impacto Ambiental Acidificación, Método CML 99
Gráfica 19. Impacto Ambiental Calentamiento Global, Metodología ReCipe.....100
Gráfica 20. Impacto Ambiental Calentamiento Global, Método CML.....101
Gráfica 21. Impacto ambiental Depleción de los Recursos Fósiles. Método ReCipe 103
Gráfica 22. Impacto ambiental Depleción de combustibles fósiles, Método CML 103
Gráfica 23. Impacto Ambiental Consumo de Agua, Método ReCipe 105
Gráfica 24. Impacto Ambiental Uso del Suelo, Metodología ReCipe 106
Gráfica 25. Red de cargas ambientales categoría Radiación Ionizante, Metodología ReCipe 107
Gráfica 26. Red de carga ambiental categoría Eutrofización de Agua Dulce, Metología ReCipe 108

Gráfica 27. Red de carga ambiental categoría Agotamiento de Recursos Minerales, Metodología ReCipe 109
Gráfica 28. Red de carga ambiental categoría Depleción de Ozono Estratosférico. 110
Gráfica 29. Red de cargas ambientales categoría Ecotoxicidad Terrestre, Metología CML 111
Gráfica 30. Red de cargas categoría Oxidación Fotoquímica, Metodología CML 112
Gráfica 31. Impacto ambiental por categorías, metodología ReCipe, explotación de Asfaltita con energía eléctrica y con energía fotovoltaica 138
Gráfica 32. Impacto ambiental por categorías, metodología CML, explotación de Asfaltita con energía eléctrica y energía fotovoltaica 139

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Países exportadores de Asfaltita 16
Figura 2. Países Importadores de Asfaltita 17
Figura 3 Diagrama general del proceso de explotación de asfaltita.....69
Figura 4. Proceso de Preparación: entradas y salidas del proceso. 70
Figura 5. Proceso de Explotación: entradas y salidas del proceso. 70
Figura 6. Proceso de empaque: entradas y salidas del proceso.....71
Figura 7. Proceso de Cargue, Transporte y Descargue: entradas y salidas del proceso. 71
Figura 8. Proceso de Mantenimiento y Adecuación: entradas y salidas del proceso 72

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. ENTRADAS Y SALIDAS DE MASA 154
ANEXO B. REGISTRO CONTROLES DE ENERGÍA 163
ANEXO C. REGISTRO CONTROL HORAS HOMBRE 167
ANEXO D. FORMATO CONTROL DE EMISIONES..... 169
ANEXO E. MONTAJE PROCESO SIMAPRO..... 170
ANEXO F. DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LA ASFALTITA..... 173
ANEXO G. ANEXO H. MAPA DE RADIACIÓN SOLAR EN COLOMBIA..... 174

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el impacto ambiental resultante de la explotación de asfaltita, material bituminoso que se extrae manualmente de la mina subterránea Juan Pablo II, La esperanza, Norte de Santander, Colombia. Previo a esta evaluación, se llevó a cabo una recolección de información durante cinco meses y una caracterización de los procesos de explotación para determinar a través del Análisis de Ciclo de vida ACV, metodología basada en la norma internacional ISO NTC 14040, los aspectos e impactos ambientales que genera cada uno de estos procesos, con un seguimiento de las entradas y salidas de masa y energía; es decir, un inventario de aspectos ambientales para posteriormente ser evaluados. Se procedió a evaluarlos a través del software internacional SimaPro (Sistema Internacional de Medición y Avance de la Productividad), y se utilizaron RECIPE y CML como métodos de evaluación.

El ACV para este estudio fue trazado de “la cuna a la puerta”, dado que la asfaltita una vez extraída, es empacada y llevada hasta un punto cercano a la mina para ser entregada a los compradores, desconociendo las demás acciones a realizar con el material.

Además del ACV, se realizó una evaluación cualitativa de los impactos ambientales, según la metodología de Conesa Fernández, donde se dio valor a los impactos de acuerdo a la importancia ambiental y según su etapa productiva realizada. Se obtuvo que los procesos de la explotación de asfaltita como son el picado, extracción, empaque, mantenimiento y adecuación, tuvieron hasta 13 interacciones, es decir relacionado con 13 impactos ambientales, según el análisis vertical. Según el análisis horizontal se encontró interacción con otros aspectos como el aumento de los ingresos económicos, incremento del empleo, hasta en siete interacciones positivas; pero también cambio en las condiciones ergonómicas e incremento de riesgos de accidentalidad y la subsidencia como impactos negativos.

A través de un Análisis Multicriterio se revisó la complejidad de los impactos donde los componentes agua, suelo, atmósfera, vegetación, fauna, paisaje, población, infraestructura y bienestar social, que son impactos bajos relacionados con la contaminación del medio ambiente; y el consumo de energía eléctrica que se da en todos los procesos y genera un mayor impacto ambiental; frente a nuevas tecnologías viables para mitigar estos impactos. La viabilidad incluye reducción del impacto ambiental, sostenibilidad, viabilidad técnica y económica y los beneficios legales. Estas tecnologías evaluadas fueron la eólica, biomasa y fotovoltaica; se obtuvo que la energía fotovoltaica es la alternativa más viable porque reduce notablemente el impacto en la depleción de la capa de ozono, en calentamiento global y en 10 categorías más de impacto ambiental. Económicamente es sostenible

dada la proyección y análisis de tasa de retorno de la inversión y la tecnología energía fotovoltaica está disponible y ya probada en el país.

Finalmente; el apoyo en estudios, métodos de análisis, métodos de evaluación y software, permitieron concluir que la explotación de asfaltita en la forma manual como se desarrolla no produce impactos ambientales altos. Sin embargo, la implementación de tecnologías limpias como la sustitución de la energía eléctrica convencional por energía fotovoltaica es la alternativa más viable para la mitigación de los impactos generados.

Palabras clave: Asfaltita, Análisis de Ciclo de Vida, Simapro, Evaluación de Impacto Ambiental, Análisis Multicriterio, Impacto Ambiental, Tecnologías Renovables,

1. PROBLEMA DE INVESTIGACION

La explotación minera es una actividad que genera controversia en los diferentes sectores tanto de índole social, económico y sobretodo ambiental; por tal motivo es importante conocer realmente los impactos ambientales que genera la explotación de asfaltita, dado que se desconocen estudios publicados que muestren que tan significativos son los impactos ambientales de dicha explotación durante su ciclo de vida, de modo que le permita a los responsables de la actividad minera realizar las acciones de mitigación y/o corrección; y a la autoridad ambiental ejercer sus funciones de inspección, vigilancia y control, que conlleve al fortalecimiento de este renglón de la economía, de forma sostenible.

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Antecedentes en el contexto mundial:

La asfaltita es una sustancia bituminosa natural sólida, de color negro, brillante, aspecto resinoso y estructura conoidal, cuando se encuentra en estado fresco. Está constituida químicamente por hidrocarburos muy pobres en oxígeno, y parafinas cristalizables, lo cual la hace ser un compuesto de alto peso molecular, con puntos de fusión elevados, por lo general superiores a 110° C.

En su formación intervienen factores físicos, químicos y procesos geológicos dinámicos, que algunos autores atribuyen a la metamorfosis de un petróleo asfáltico que, bajo cambios de temperatura y presión creciente pasa por estados de, asfalto blando, asfalto duro, hasta llegar al estado de asfaltitas o piro bitúmenes asfálticos. También, se considera que es producida a partir de esquistos bituminosos, por efectos ígneos intensos y sin intervención del oxígeno atmosférico, que permiten la formación de petróleo pesado y asfaltitas[1].

También es conocida como Gilsonita o asfalto natural. Existen formaciones minerales que emergen a la superficie en forma líquida o sólida y se crean en la naturaleza por un fenómeno de migración de determinados petróleos naturales hacia la superficie terrestre a través de fisuras y rocas porosas[2]. Estas formas líquidas o flujos superficiales pueden convertirse en manantiales, lagos, filtraciones y vetas llenas de asfalto.

---

[1] CHAVARRO, Walter; MOLINA, Carolina (2015). Evaluación alternativas pavimentación vías bajos volúmenes de tránsito. Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Ingeniería de Pavimentos. Facultad De Ingeniería Universidad Católica De Colombia. Disponible en: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2617/1/Evaluaci%C3%B3n-alternativas-pavimentaci%C3%B3n-v%C3%ADas-bajos-vol%C3%BAmenes-de-tr%C3%A1nsito.pdf

[2] PONCE MURIEL, Álvaro. Panorama del Sector Minero. Bogotá: UPME, 2.010. p. 14

Este mineral único se utiliza en más de 160 productos, principalmente en tintas y pinturas de impresión de color oscuro, lodos de perforación de pozos de petróleo y cementos, modificadores de asfalto, aditivos de arenas de fundición y una amplia variedad de productos químicos[3]. Ha sido utilizada milenariamente por varias civilizaciones como asfalto, en revestimientos y barnices.

Actualmente, aunque se produce sólo en ciertos lugares como Argentina, Venezuela, Canadá, Colombia y también Irán; es utilizado a nivel mundial principalmente como asfalto natural, como aditivo para cementación de pozos petroleros y de gas, pinturas, como material de construcción, combustible, explosivos, entre otros.

Dentro de los países productores de asfaltita se encuentra Irán, que pese al levantamiento por parte de la Unión Europea de las restricciones de importación de petróleo y productos petrolíferos (Reglamento UE n°. 267 de 2.012), no se conocen cifras sobre su producción de asfaltita, pero está dentro de los productos a exportar. Otro país productor de asfaltita es Canadá; país reconocido por ser de tradición minera y sobre la cual ha construido su crecimiento económico, tanto por tener yacimientos en sus suelos como por la explotación de minas en otros países como Colombia y Perú.

El país con mayor producción y exportación de asfaltita es Estados Unidos (Cuadro 1) a través de la empresa “American gilsonite”, seguido de Sur America y Asia, A nivel nacional se identifican proveedores de asfaltita como: Anhidrios y derivados de Colombia, Gilsonita de Colombia, Dorotech y Asphalip de Colombia[4] , la asfaltita (gilsonita) presenta a nivel mundial un comercio bastante prometedor según sus registros de importación y exportación[5].

En el Cuadro 2, se presentan los principales importadores de asfaltita, con fines industriales y para la obtención de energía. Lo anterior indica el crecimiento vertiginoso en la importación de asfaltita, principalmente de Canadá y Estados Unidos, quienes con su producción y comercialización, contribuyen significativamente a la economía minera mundial.

---

[3] : Nciri N, Song S, Kim N, Cho N. (2014) Chemical Characterization of Gilsonite Bitumen. J Pet Environ Biotechnol 5: 193. doi: 10.4172/2157- 7463.1000193.

[4] TORRADO, María Catherine. TORRES, Kelly Daniela. Contribución a la explotación de asfaltita mediante el método de imagen resistiva eléctrica y su clasificación geoquímica en la vereda la Tigra, Municipio de Rionegro, Santander. Bucaramanga, 2016, 76 P. Trabajo de investigación (Geólogas) Universidad Industrial de Santander. Facultad de Geología.

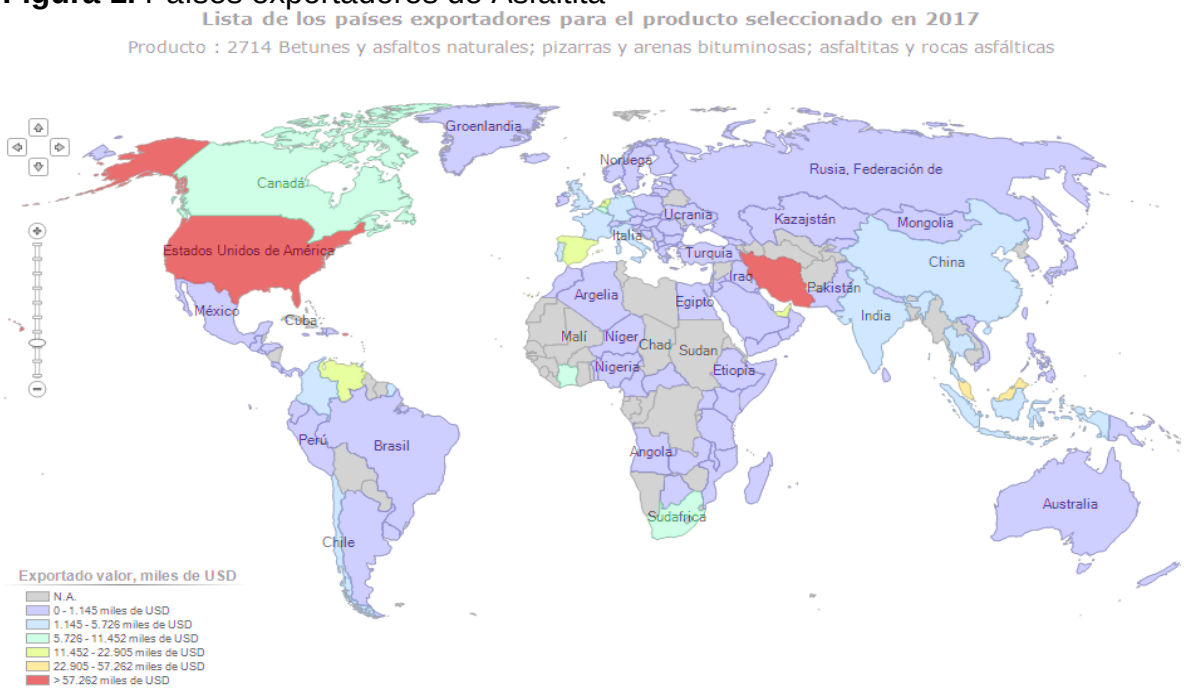
[5] SMARTEXPORT. Estudio y seguimiento de los mercados de exportación. 2009

Cuadro 1. Mercado de Exportación de Asfaltita

Lista de los Exportadores para el producto seleccionado										
Producto: 2714 Betunes y asfaltos naturales; pizarras y arenas bituminosas; asfaltitas y rocas asfálticas										
Cantidad Exportada: Toneladas (Ton) Valor Exportado: Miles de Dólares										
Exportadores	**2013**		**2014**		**2015**		**2016**		**2017**	
	Ton.	**Miles de Dólares**	**Ton.**	**Miles de Dólares**	**Ton.**	**Miles de Dólares**	**Ton.**	**Miles de Dólares**	**Ton.**	**Miles de Dólares**
Estados Unidos de América	249688	148633	270630	192064	285986	134070	276544	87611	337330	114525
Canadá	190570	110075	422247	206016	507796	148029	149993	29114	28595	8943
Bahréin	8179	2812	468081	306985	509990	217188	140641	97527	23113	4343
Sudáfrica	58488	31748	48479	28872	35912	13716	37287	10642	20418	7803
Reino Unido	41162	4359	133785	10850	71269	3684	49374	2556	51116	2800
Irán	55661	14586	59458	16210			27086	7454	261755	71453
Egipto	36646	51253	12991	8294	35634	24318	3561	2493	1627	700
Malasia	23410	18265	16541	11845	21820	13914	20553	10114	101773	33159
Trinidad y Tobago	26535	10249	15961	5892	79932	71663	40463	11593	5390	3371
Venezuela		0		31559	212779	63148	19239	4448	59620	18444

Fuente: Trade Map International Trade Statistics. Cálculos del ITC basados en estadísticas de COMTRADE e ITC.

Figura 1. Países exportadores de Asfaltita



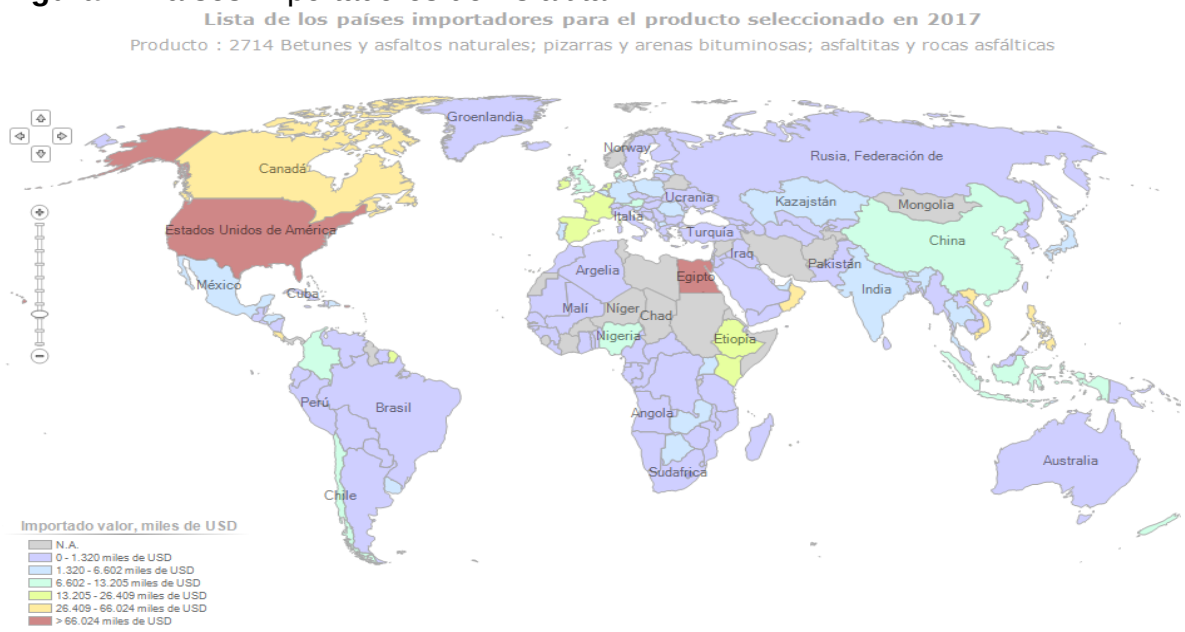
Fuente: Trade Map International Trade Statistics. Cálculos del ITC basados en estadísticas de COMTRADE e ITC.

Cuadro 2. Mercado de importación de asfaltita.

Lista de los importadores para el producto seleccionado										
Producto: 2714 Betunes y asfaltos naturales; pizarras y arenas bituminosas; asfaltitas y rocas asfálticas										
Cantidad Importada: Toneladas (Ton) Valor Importado: Miles de Dólares										
Importadores	**2013**		**2014**		**2015**		**2016**		**2017**	
	Ton.	**Miles de Dólares**	**Ton.**	**Miles de Dólares**	**Ton.**	**Miles de Dólares**	**Ton.**	**Miles de Dólares**	**Ton.**	**Miles de Dólares**
Estados Unidos de América	252.586	144.709	//	248.824	782.805	238.035	466.887	98.168	276.756	85.876
Canadá	158252	83.103	219580	127.773	246358	86.287	209979	49.377	214960	64.585
Omán	176512	93.341	184637	97.448	209758	105.524	357305	78.862	215171	53.260
Filipinas	142680	75.906	93660	56.647	78041	33.144	131249	31.835	133387	41.805
Egipto	673	288	153262	90.311	//	187.674	120734	75.036	209414	132.047
Vietnam	72765	55.405	//	88.092	//	87.044	72074	33.804	84352	26.443
Etiopía	65655	50.782	90115	67.024	83278	55.649	71567	30.534	42222	17.274
Argelia	61333	36.181	362	750	4286	2.750	4020	1.126	165	235
Myanmar	42694	33.042	//	36.695	//	35.738	54515	23.074	369	152
Costa Rica	60041	33.603	67597	37.181	83642	28.341	86381	18.256	109505	33.085

Fuente: Trade Map International Trade Statistics. Cálculos del ITC basados en estadísticas de COMTRADE e ITC.

Figura 2. Países Importadores de Asfaltita



Fuente: Trade Map International Trade Statistics. Cálculos del ITC basados en estadísticas de COMTRADE e ITC

1.1.2 Antecedentes en el contexto Latinoamericano:

La importancia de la asfaltita se debe a que es una materia prima muy utilizada como material de construcción y por tanto de alto consumo; según el informe del PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) "El ritmo al que la humanidad consume materias primas ha aumentado rápidamente desde la revolución industrial, en particular desde el auge de los nuevos estilos de vida que hacen uso intensivo de materiales y energía y el consumo masivo de mediados del siglo XX."[6] Particularmente el gran consumo de los recursos predominaba en los países industrializados pero ahora los países productores de materias primas exportan y también deben producir para consumo interno del país, como se evidencia en la figura 1 vista anteriormente.

En Latinoamérica se puede encontrar varios yacimientos de asfaltita como en el caso de Argentina alrededor del volcán Tromen a manera de filones, que se van haciendo más delgados a medida que se alejan del volcán. Otra zona es la Laguna de Aquilco en la Provincia Neuquén. En los años 30 y 40 fue utilizada como combustible en ferrocarriles y en la industria del acero.[7]

Cuadro 3. Exportación de Asfaltita a nivel de Latinoamérica

Lista de los Exportadores para el producto seleccionado										
Producto: 2714 Betunes y asfaltos naturales; pizarras y arenas bituminosas; asfaltitas y rocas asfálticas										
Cantidad Exportada: Toneladas (Ton) Valor Exportado: Miles de Dólares										
Exportadores	**2013**		**2014**		**2015**		**2016**		**2017**	
	Ton.	**Miles de Dólares**	**Ton.**	**Miles de Dólares**	**Ton.**	**Miles de Dólares**	**Ton.**	**Miles de Dólares**	**Ton.**	**Miles de Dólares**
Venezuela				31559	212779	63148	19239	4448	59620	18444
Trinidad y Tobago	26535	10249	15961	5892	79932	71663	40463	11593	5390	3371
Colombia	4165	2254	20610	7671	80895	21053	33431	3559	4980	1414
Chile	3457	2736	3659	3833	2008	2061	1311	1347	1457	1401
Nicaragua	1616	1208	5922	3435	4408	1519	509	208		
Argentina	4578	969	4221	1059	1597	467	1693	845	1570	523
Perú	1106	798	1085	775	1218	614	1041	538	743	374
Barbados	91	160	1273	1493	655	628	176	135	7	11

Fuente: Trade Map International Trade Statistics. Cálculos del ITC basados en estadísticas de COMTRADE e ITC

[6] PNUMA, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Tendencias del flujo de materiales y productividad de recursos en América Latina. 2013

[7] COBBOLD et al., Bitumen veins [on line]. Folk (Noruega). 2011, [citaded el 6 de junio de 2016]. Oliviega Website http://folk.uio.no/oliviega/Website/Publications/Papers/Cobbold_et_al.,_Bitumen_veins,_2011.pdf

En Trinidad y Tobago existe la laguna La Brea con una extensión de 46 Ha, cuya producción de asfalto natural es de 30 toneladas diarias; en Venezuela el lago Guanoco con una reserva de 75 millones de barriles, se convierte en la mayor reserva mundial de asfalto natural. Si bien no se tiene información discriminada de la producción de asfaltita, si se sabe que países como Argentina y Perú tienen yacimientos de asfaltita y la usan en las diferentes aplicaciones mencionadas anteriormente.

La comercialización de la asfaltita a nivel mundial es alta, tanto por las vías convencionales como por el masivo internet, pero no existe información concreta acerca de quién las produce, lo que hace más difícil su estudio.

1.1.3 Antecedentes en el contexto nacional

Según Álvaro Ponce Muriel[8], en Colombia desde hace mucho tiempo, existe la utilización de asfaltos naturales en la construcción de pavimentos para carreteras y calles. En 1928, el geólogo Emil Grosse realizó un estudio preliminar sobre los yacimientos de asfalto en la región central de Boyacá. En esa época, La explotación se hacía a tajo abierto o subterráneamente, mediante galerías o cruzadas, sistema que producía perdidas hasta del 45%. En este estudio se encontraron porcentajes de asfalto bajos y un comportamiento deficiente de los asfaltos en los pavimentos.

En 1941 el consejo de Tuta (Boyacá), le ofrece a la nación la explotación de los yacimientos asfálticos de dicho municipio, resurge en el país el interés por los asfaltos naturales. Se considera entonces que los bajos contenidos de asfalto de los depósitos hasta el momento estudiados (< 9%) podían mejorarse mediante un proceso de concentración, para el mejoramiento de las vías. Se propuso explorar en otras áreas. Por el año de 1968 ya se tenía conocimiento de una extensa zona en el Caquetá con yacimientos, algunos de éstos en explotación o estudio, y se utilizaban en carreteras.

En Colombia se encuentran varios depósitos de asfalto natural, casi siempre rocas impregnadas y en menor proporción, flujos superficiales y vetas. Los principales yacimientos en el país se ubican en los departamentos de Santander, Norte de Santander, Boyacá, Antioquia, Cundinamarca, Caldas, Chocó, Tolima, Meta, Cauca y Caquetá. En algunos de ellos como el de Pesca en Boyacá y el de San Pedro en el Tolima se han explotado en forma artesanal desde comienzos del siglo XX.

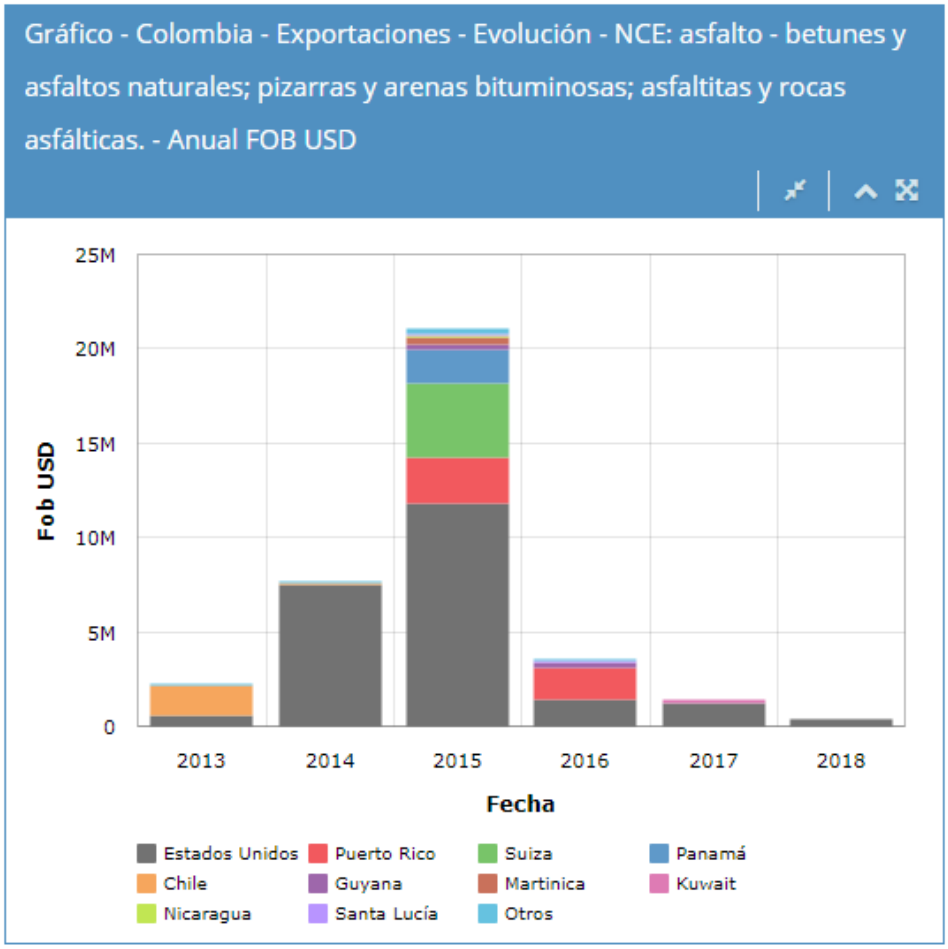
En Colombia la falta de estudio y caracterización de los minerales al igual que la explotación artesanal de los yacimientos ha generado pérdida de recursos, ya que cómo se referencian en otros estudios[9] y como sucedió en la mina Juan Pablo II,

---

[8] PONCE MURIEL., Op. Cit., p. 40.
[9] TORRADO., Op. Cit., p. 18

durante varios años se explotó como carbón la asfaltita recibiendo un precio inferior al real y empleándola en usos como la quema de ladrillo y entregándola a precios muy inferiores de los reales. Los precios en bocamina de estos dos minerales según la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME en el 2017 la tonelada de carbón $108.098,55 mientras que la asfaltita vale $123.836,08, siendo la asfaltita un 14,5% más costosa que el carbón térmico.

Gráfica 1. Colombia - Exportaciones asfalto - betunes y asfaltos naturales; pizarras y arenas bituminosas; asfaltitas y rocas asfálticas. - Anual FOB USD

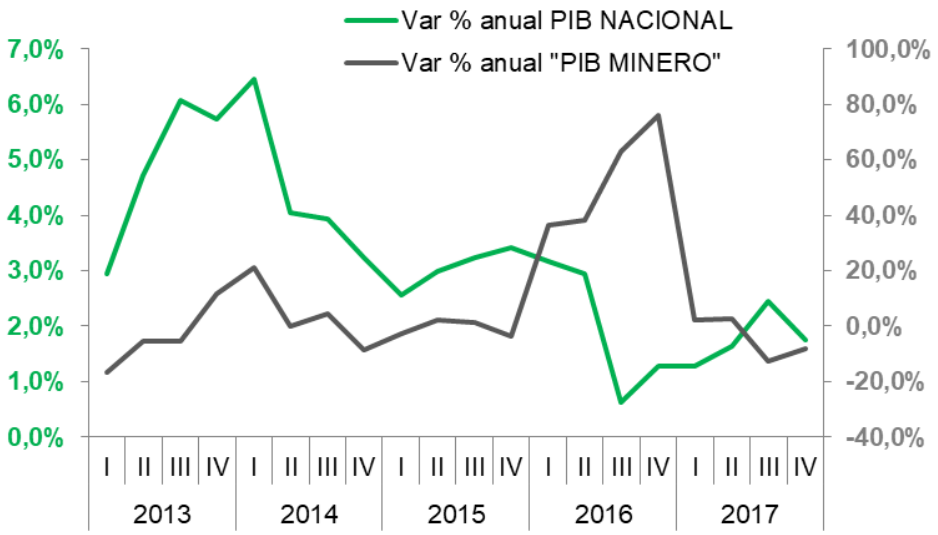


Fuente: Nosis Trade. https://trade.nosis.com/es/Comex/Importacion-Exportacion/Colombia/asfalto--betunes-y-asfaltos-naturales-pizarras-y-arenas-bituminosas-asfaltitas-y-rocas-asfalticas/CO/2714

Colombia tiene un largo pasado minero, pero la moderna minería no llegó aquí sino en las últimas décadas del siglo XX, con los desarrollos de Cerro Matoso y Cerrejón. Por lo cual esta actividad económica se debate entre una oportunidad para el desarrollo económico o una amenaza para la biodiversidad de los ecosistemas.

Por lo anterior y según los gráficos obtenidos del anuario estadístico minero en la última década ha sido notoria la contribución de la minería a la economía colombiana, tal como lo manifiestan el crecimiento del PIB minero, del volumen de las exportaciones mineras y de la inversión extranjera directa en minería.

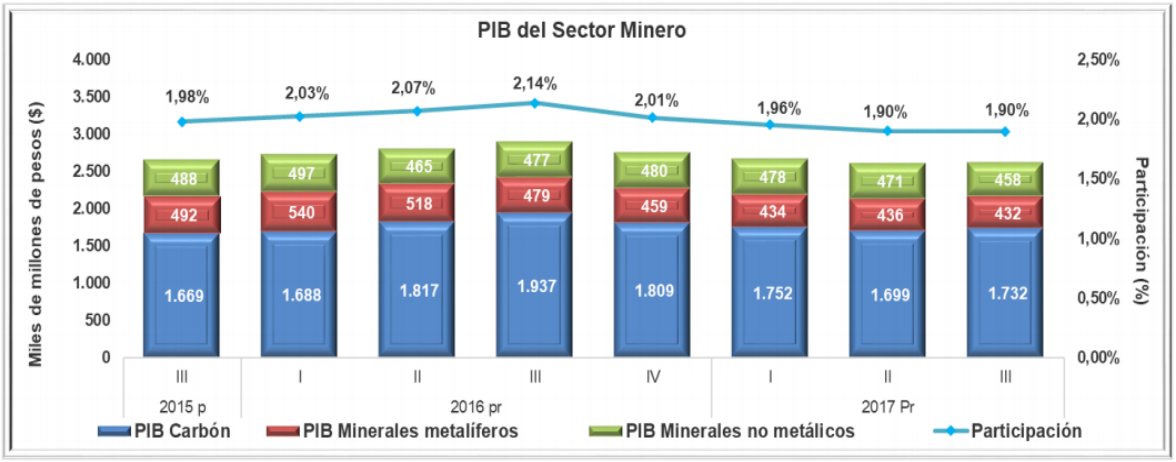
Gráfica 2. PIB Minero para Colombia



Fuente: ACM Asociación Colombiana de Minería

La participación del sector minero en el PIB total del tercer trimestre de 2017 fue de 1,90%, llegando el PIB Minero a 2,62 billones de pesos, con una caída de 1,02% y 9,37%, con respecto al mismo trimestre de los años 2015 y 2016, que reportaron un valor de 2,65 y 2,89 billones de pesos, mientras que la caída es de 1,58%, con relación al primer trimestre de 2017, pero con un crecimiento de 0,61% frente al segundo trimestre de 2017.

Gráfica 3 Participación PIB Minero según grupo de mineral



Fuente: DANE, Cálculos Dirección de Minería empresarial. Ministerio de Minas y Energía.

El PIB de los minerales no metálicos (entre ellos la asfaltita), fue de $458.000 millones de pesos para el tercer trimestre de 2017, presentando una caída de 6,15%, 3,98%, 4,18% y 2,76%, en relación con tercer trimestre de 2015 y 2016, primero y segundo trimestre de 2017, con un valor para el PIB de $488.000, $477.000, $478.000 y $471.000 millones de pesos. La participación de los no metálicos en el tercer trimestre de 2017, es de 17,47% en el PIB minero y de 0,33% en el PIB total.

Cuadro 4 Exportaciones Mineras Colombianas 2012 al 2017.

VALOR DE LAS EXPORTACIONES DE MINERALES						
MILLONES DE USD						
MINERAL	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**
Carbón	7.805	6.688	6.810	4.560	4.639	7.390
Oro	3.385	2.226	1.582	1.090	1.550	1.741
Ferroníquel	881	680	641	430	328	361
Esmeraldas	122	126	145	160	148	145
Cobre	15	4	18	26	38	59
Industria Básica Hierro	1.155	840	781	522	410	449
Industria básica de metales	3.945	2.760	2.038	1.459	1.821	1.961
Total	17.309	13.324	12.015	8.246	8.934	12.105

Fuente: ACM Asociación Colombiana de Minería

Según el cuadro No.4, aunque las exportaciones mineras en Colombia se han mantenido durante el período 2012-2017, el peso porcentual por mineral varía, siendo siempre en forma ascendente y en forma exponencial las esmeraldas y el oro, ascendente el Carbón; contrario a los demás minerales y el Ferroníquel que disminuyó su exportación en millones de dólares durante este mismo período.

Es importante la minera no solo por su aporte al PIB en las exportaciones, sino que constituye un sustento para el desarrollo de otras industrias nacionales tanto como parte de su composición en la cementación de pozos petroleros, pinturas, construcción sino al desarrollo en materia de infraestructura pues la asfaltita es un componente que contribuye a la durabilidad de los pavimentos, mejorando la resistencia de las vías secundarias y terciarias del país, mejorando la conectividad vial lo cual contribuye al desarrollo económico del país y redunda en la calidad de vida de muchas regiones..

En este sentido se destaca la contribución que hace el desarrollo de la investigación realizada con respecto a la identificación y análisis de los impactos ambientales generados durante la explotación de asfaltita, pues al caracterizar las diferentes etapas de la explotación y su impacto ambiental, se puede implementar herramientas más amigables con el medio ambiente contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y al cuidado del entorno.

1.1.3.1 Minería y Trabajo

Es de resaltar la contribución de la minería con respecto a la generación de empleo, cuya consolidación y divulgación debe asumirla la autoridad minera, pero realmente es poca la disponible al respecto, y aunque es común escuchar que la minería no genera un volumen significativo de empleos, llama la atención que en Argentina, un país cuyo PIB minero es casi la mitad del de Colombia, la Secretaria de Minería del gobierno anunciara recientemente que la actividad minera genera unos 500 mil puestos de trabajo en tareas de exploración, producción y servicios. La minería una de las actividades que genera más empleo[10].

En el cuadro número 5, se muestra el incremento de los empleos generados por las empresas mineras, empleos formales con las garantías propias establecidas por la ley, de los cuales se derivan otros más que están relacionados con la minería, de forma indirecta ya sea como proveedor de bienes y servicios en los sectores de salud ocupacional y seguridad en el trabajo (equipos de protección, dotación, laboratorios médicos), servicios de alimentación, entre otros.

Cuadro 5 Generación de empleo a partir de la minería (Minas y Canteras)

Año	Total
2.010	212
2.011	244
2.012	240
2013	224
2014	214
2015	204
2016	208

Fuente: Escuela Nacional Sindical, 2016[11]

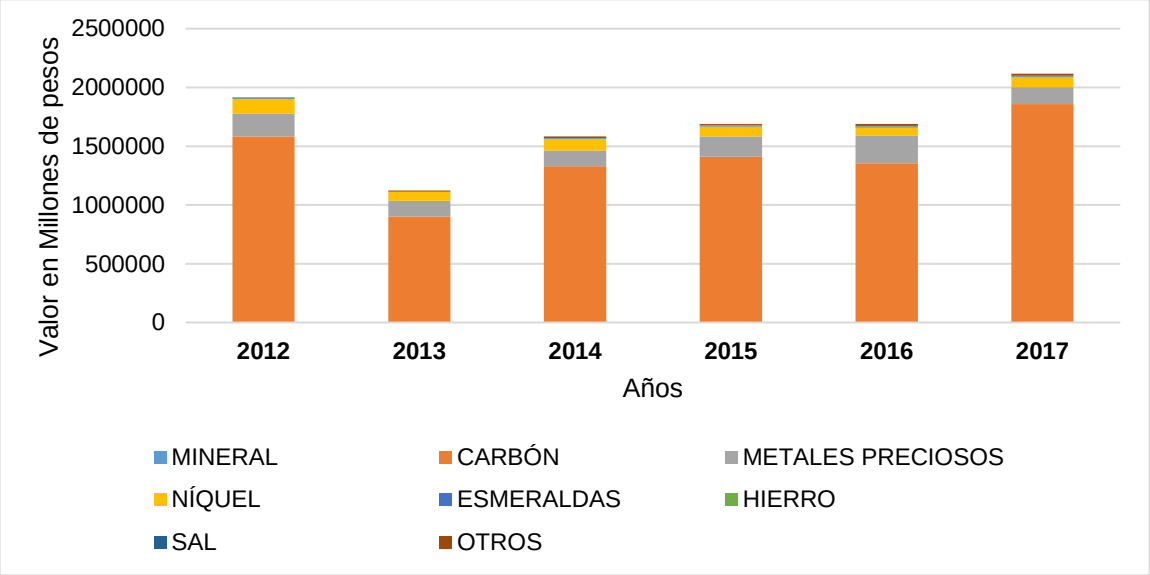
[10] Panorama Minero, Edición 370, Buenos Aires, agosto 2010.

[11] VASQUEZ, Adrian. (2016). Panorama del sector minero-energético colombiano: comportamiento empresarial y diagnóstico laboral y sindical. Escuela Nacional Sindical. Medellín, Colombia. http://www.ens.org.co/wp-content/uploads/2016/11/DOCUMENTOS-DE-LA-ESCUELA_105-Sector-minero-energ%C3%A9tico-colombiano-Comportamiento-empresarial-y-diagn%C3%B3stico-laboral-y-sindical-2016.pdf

1.1.3.2 Regalías y Otras Contribuciones

Según los gráficos aportados en el anuario estadístico minero, se observa cómo durante el período de 2012-2017, las finanzas del estado colombiano, tanto las del nivel central como las del territorial, han tenido en la minería una importante fuente de recursos, concerniente al pago de regalías y otras contribuciones que efectúan los productores mineros sobre el volumen de material producido, cuyo valor es establecido por la UPME, dineros que se distribuyen entre los municipios y departamentos productores, pero que también se destinan a algunas corporaciones autónomas regionales como Ingeominas y el Fondo Nacional de Regalías, con los cuales se financian programas y proyectos sociales, ambientales y económicos.

Gráfica 4 Regalías correspondientes a algunos de los productos mineros



Fuente: ACM Asociación Colombiana de Minería

Cuadro 6 Relación de Regalías Mineras en millones de pesos del 2.007 al 2.012

MINERAL	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Carbón	1.581.808	901.380	1.327.801	1.408.824	1.352.495	1.855.265
Metales preciosos	193.966	133.011	132.462	173.167	232.944	145.946
Níquel	126.076	75.215	97.737	83.249	72.205	84.119
Esmeraldas	2.872	2.266	4.823	7.918	8.406	8.294
Hierro	1.494	1.507	1.477	2.198	1.819	2.094
Sal	3.298	3.453	3.417	3.753	4.385	3.903
Otros	2.390	3.296	13.637	7.539	13.801	15.359
Total	**1.911.905**	**1.120.128**	**1.581.353**	**1.686.646**	**1.686.054**	**2.114.979**

Fuente: ACM Asociación Colombiana de Minería

1.1.3.3 Impuestos y Otras Contribuciones

Las empresas mineras también contribuyen de manera muy significativa a los ingresos corrientes de la Nación a través del pago de impuestos de renta y de patrimonio, gravamen a los movimientos financieros e IVA. La minería contribuye con 2,3% de los ingresos corrientes de la Nación, según datos de recaudo de la Dian la participación del sector ha crecido de forma sostenida desde el año 2002. Cabe anotar que 91% de los aportes del sector a los ingresos de la nación corresponden a impuestos de renta, mientras el 9% restante está distribuido entre el iva y en una menor proporción en impuesto al patrimonio, que se recauda tan solo desde 2004[12].

Cuadro 7. Proyección de ingresos del Gobierno Nacional generados por la actividad minera

Año	Ingresos provenientes de Ecopetrol 1/		Impuesto de renta pagado por el resto del sector minero		Ingresos totales provenientes del sector minero	
	Miles de millones de pesos corrientes	% PIB	Miles de millones de pesos corrientes	% PIB	Miles de millones de pesos corrientes	% PIB
2009*	11.778	2,3%	3.150	0,6%	14.928	3,0%
2010*	4.010	0,7%	1.600	0,3%	5.610	1,0%
2011*	7.500	1,3%	1.800	0,3%	9.300	1,6%
2010*	9.000	1,5%	2.400	0,4%	11.400	1,9%
2013*	9.900	1,5%	2.600	0,4%	12.500	1,9%
2014*	11.900	1,7%	2.700	0,4%	14.600	2,1%
2015*	12.200	1,6%	2.700	0,4%	14.900	2,0%
2016*	14.200	1,8%	3.000	0,4%	17.200	2,1%
2017*	14.800	1,7%	3.300	0,4%	18.100	2,1%
2018*	16.200	1,7%	3.900	0,4%	20.100	2,2%
2019*	17.100	1,7%	4.400	0,4%	21.500	2,1%
2020*	18.600	1,7%	4.300	0,4%	22.900	2,1%
2021*	19.000	1,6%	4.000	0,3%	23.000	2,0%

Fuente: MINMINAS. DGPM-MHCP. *Cifras sujetas a revisión. *Proyecciones sujetas a amplio margen de incertidumbre

Respecto al impuesto al valor agregado (IVA) aunque no presenta valores tan altos como el recaudo por concepto de renta, representa 0,62% del recaudo total de la Dian en el país con este gravamen. Esa participación se ha mantenido en general constante en los últimos seis años.

Por cuenta de toda la actividad minera los ingresos de la Nación, pasarían de cerca de $9.3 billones en 2011 (1.6% del PIB) a cerca de $ 23 billones en 2021 (2.0% del PIB). Bajo un escenario relativamente alto de producción en los próximos diez años,

[12] CARDENAS, Mauricio; REINA, Mauricio. (2010). La minería en Colombia. Impacto Socioeconómico y fiscal. Cuadernos de Fedesarrollo. Disponible en: http://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/893/CDF_No_25_Abril_2008_Esp.pdf?sequence=1&isAllowed=y

es posible esperar que, en promedio, éstas alcancen un poco más de $ 10 billones durante la década, con un aumento anual promedio de 5% entre 2010 y 2020; lo que significa que podrían tener un incremento de más de 60% en los próximos 10 años[13]

1.1.3.4 Situación Ambiental

El sector minero tiene dos problemáticas significativas en el país uno es la mala imagen por la percepción de la sociedad en cuanto a la afectación ambiental, influenciada por el manejo mediático que toma como referencia de minería a las viejas canteras y a las explotaciones artesanales de oro que aún operan con mercurio; en segundo lugar el auge minero, lo que despierta las alarmas y preocupación de los ambientalistas y a la creciente preocupación mundial por el cambio climático tal como lo consigna la Declaración de Río de 1.992 "ante incertidumbre de daño grave o irreversible, hay que adoptar medidas proteccionistas que impidan la degradación del ambiente". Sin embargo ya existen técnicas ambientalmente amigables con que actualmente operan las empresas mineras.

Y en tercer lugar, pero no menos importante son las explotaciones ilegales[14] y por el cual reciben los calificativos de degradadores del medio ambiente; en todo caso, este tema ha sido foco de permanente atención y de actividad por parte del Ministerio de Minas y Energía, de Ingeominas y de las instituciones delegadas. La minería legal y moderna tiene un reto frente al desarrollo sostenible y es el de asegurar que las implicaciones de su actividad sobre las comunidades y el ambiente sean netamente positivas y contribuyan a la sostenibilidad del bienestar de la sociedad y de los ecosistemas. Los proyectos mineros, para contribuir al desarrollo sostenible, deben realizarse de forma tal que sirvan para construir capacidades laborales de largo plazo, para consolidar comunidades locales y preservar o rehabilitar ecosistemas.

La explotación de asfaltita al igual que otros tipos de minería puede generar un impacto ambiental con afectaciones sobre los siguientes recursos:

Suelos: Erosión, inestabilidad de taludes, pérdida de suelo y deslizamientos.

Flora: Pérdida de capa vegetal y destrucción de especies.

---

[13] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Relegías. Disponible en: http://servicios.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Memorias/Memorias_2011/02-REGALIAS.pdf

[14] Según el censo minero que actualmente se ejecuta en ocho departamentos se tiene que en Antioquia el 50% de las minas son ilegales, en Bolívar el 53%, en Boyacá el 25%, en el Cauca el 78%, en Cundinamarca el 51%, en el Huila el 25%, en Norte de Santander el 39% y en el Tolima el 60%, cifras que indican un resultado parcial del 38% a nivel nacional.

Hídrico: Alteración de la calidad del agua, arrastre de material hacia fuentes hídricas y sedimentación.

Atmosféricos: Generación de gases.

Dentro de las exigencias de las autoridades ambientales para mitigar los impactos ambientales se tienen los siguientes planes: Plan de Manejo Ambiental, Plan de Contingencia, Plan de Prevención Hidrológica.

Las siguientes son las entidades que regulan la materia ambiental en el tema de la minería en Colombia: Ministerio de Minas y Energía. MAVDT, Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. ANLA, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. CAR, Corporaciones Autónomas Regionales.

Una de las políticas nacionales en cuanto al control del impacto ambiental es el aumento de las áreas excluidas para el desarrollo de la minería, según investigaciones realizadas por Álvaro Ponce Muriel[15] expresa que:

> *"por lo menos el 58,66 % del territorio nacional está vedado para las actividades mineras. Algunos analistas calculan que el área restringida es del 77%, pero sus datos de base no están claramente referenciados". Al igual que realiza el siguiente planteamiento que nos conlleva a reflexionar sobre la mejor estrategia para proteger el ambiente "la mejor política al respecto no sería una que les permita a las autoridades ambientales contar con el suficiente personal especializado para garantizarle al país que se va a desarrollar una minería controlada a través de rigurosos planes de manejo ambiental y de un seguimiento técnico a su implementación".*

También al respecto refiere que en el país hay carencia de personal capacitado para para enfrentar los aspectos ambientales de la minería, "pues se ha podido establecer que en ninguno de los currículos de los 43 programas de ingeniería ambiental existentes en el país se incluye un curso sobre técnicas minera y que sólo 18 cuentan con un curso de geología general o de un tema relacionado (geología ambiental o geomorfología)".

En el cuadro No. 8, se han concentrado los 10 departamentos colombianos que en el período 2007 al 2012 gestionaron y fueron aprobadas la mayor cantidad de licencias y planes de manejo ambiental. Por datos anuales no existe un patrón de constante ascenso o descenso, solamente aprobaciones. Así como el mayor departamento en Licencias es Norte de Santander, seguidos tan solo en un 50% está Caldas, Tolima y Cesar; también se encuentran otros en 0 licencias aprobadas como Amazonas, Vaupés, Vichada, Guaviare, San Andrés, Chocó.

[15] PONCE MURIEL., Op. Cit., p. 12

Cuadro 8 Licencia Ambientales y Planes de Manejo Ambiental por departamento

LICENCIAS AMBIENTALES Y PLANES DE MANEJO AMBIENTAL OTORGADOS POR DEPARTAMENTO								
DEPARTAMENTO	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2007-2012	TOTAL
NORTE DE SANDER.							276	276
CALDAS	5		3	118	10	1		137
TOLIMA	16	12	12	42	15	6		103
CESAR	46	12	9	6	16	13		102
NARIÑO							76	76
SANTANDER	13	10	16	25	6	6		76
CAUCA	19	4	31	6	12	5		77
VALLE	6	7	12	9	4	28		66
META	9	9	8	15	16	5		62
HUILA	10	3	4	10	23	11		61

Fuente: Anuario Minero 2007-2012

El cuadro No. 9, consolida la información aportada por las entidades del país que expiden licencias ambientales y aprueban estudios ambientales a la ANLA, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. Se reporta la mayor cantidad de licencias y planes de manejo ambientales otorgados a Materiales de Construcción, donde podría incluirse la asfaltita.

Cuadro 9 Licencias ambientales y planes de manejo ambiental otorgados por mineral

Mineral	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2007-2012	Total
Materiales de Construcción	89	62	61	185	85	62	126	670
Metales Preciosos	7	5	12	50	12	4	24	114
Carbón	4	1	9	5	2	4	119	144
Arcilla	16	9	8	4	11	8	66	122
Caliza	16	10	5	9	6	5	10	61
Esmeraldas		1	2		1	5		9
Hierro		1			1			2
Sin Clasificar	29	31	32	37	26	25	111	291
Otros	18	26	11	23	14	14	7	113
Total	**179**	**146**	**140**	**313**	**158**	**127**	**463**	**1.526**

Fuente: ANLA, del Registro SILA. Corresponde a las Licencias Ambientales y Planes de Manejo Ambiental Otorgados y Modificados.

1.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA:

La explotación minera es una actividad que ha impulsado la economía del país, contribuyendo significativamente a la generación de empleo y al PIB. Tiene diferentes opiniones y críticas desde el contexto ambiental, principalmente por el deterioro a los ecosistemas. Pero, debido a los intereses económicos del sector, el desconocimiento del impacto ambiental de la actividad y la falta de control estricto de la autoridad ambiental, la protección del ambiente ha quedado en desventaja. Por tal motivo, es importante determinar el impacto ambiental de la explotación de asfaltita de la mina Juan Pablo II mediante la metodología de análisis de ciclo de vida, para determinar las emisiones y efectos medioambientales y analizar la implementación de tecnologías amigables y eficientes con el ambiente.

La explotación de asfaltita, se realiza a través de minería subterránea, y por ser minería de roca blanda se corta el material de manera manual, es decir, mediante el uso de pico y pala. El uso de explosivos no está indicado por el contenido de gases emitidos, que representaría un riesgo letal para el personal.

Durante el proceso de explotación de asfaltita se genera emisión de gases, situación que requiere seguimiento para determinar el impacto ambiental sobre el aire y la contribución al efecto invernadero. Dentro de los gases que se emiten durante este proceso se encuentran: H_2S, CO, O_2, CH_4.

El H_2S, es un gas inflamable, incoloro, tóxico, de olor característico a huevos podridos y nocivo para la salud, pero no tiene efecto invernadero, el CO o monóxido de carbono, es un gas incoloro y altamente toxico para la salud humana y tiene efecto invernadero, el O_2 u oxigeno gaseoso es un gas necesario para la salud y el intercambio gaseoso de los seres vivos, el CH_4 o metano, es un gas altamente inflamable y explosivo, considerado un gas de efecto invernadero de potencial 23, es decir que en una medida de tiempo de 100 años, un 1 Kg de CH_4, puede producir 23 veces más calentamiento de la tierra, que una masa igual de CO_2 .

Otra actividad que contribuye al deterioro del medio ambiente durante el proceso de explotación de la asfaltita, se encuentra en el consumo de Diesel, el cual se utiliza en el tractor que genera el movimiento del malacate y en el camión que realiza el transporte de la asfaltita. Estos procesos generan emisiones de dióxido de carbono, monóxido de carbono y material partículado, causando contaminación por gases de efecto invernadero y smog, adicionalmente el tractor genera ruido por el motor del vehículo.

Por otra parte, el uso de madera para las labores de sostenimiento y mantenimiento de la mina generan desforestación. Finalmente, el uso de energía para los inyectores y extractores de aire que se utilizan en el proceso, generan consumo de recursos naturales, sumados al cambio en el uso del suelo y la vocación agrícola

son algunos de los posibles impactos que se pueden generan por la explotación de asfaltita.

Las consecuencias o impactos ambientales que podrían producirse con la explotación minera, son de tipo directos e indirectos sobre el medio ambiente y cuya duración también puede ser de corto o largo plazo. Lo importante es prevenir el impacto. Estas acciones podrían modificar el suelo, el paisaje, el entorno social, cultural, económico, el agua y con agentes contaminantes sólidos, líquidos y gaseosos como ya se mencionó.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

¿Qué tan significativos son los impactos generados al ambiente por la explotación de asfaltita en la mina Juan Pablo II de la Esperanza N.S. de acuerdo a la evaluación del ciclo de vida?

2. JUSTIFICACIÓN

La medición del impacto ambiental de la ***mina de explotación de asfaltita Juan Pablo II del municipio la Esperanza (N.S)*** usando la metodología de análisis de ciclo de vida, contribuye a determinar el impacto ambiental durante todo el proceso de la explotación de la ***asfaltita***, cuantificando el uso de los recursos empleados para la explotación como son energía, madera, combustible, al igual que se cuantifica las salidas como son las emisiones de gases, al aire, agua y suelo, conociendo su contribución al calentamiento global.

La metodología de análisis de ciclo de vida, permite determinar la eficiencia de los procesos, cuantificar el impacto ambiental producido por la actividad desarrollada, al igual que es un insumo para determinar nuevas tecnologías para que los procesos desarrollados sean más eficientes ahorrando recursos y disminuyendo el impacto ambiental generado, de igual forma conocer el impacto ambiental conlleva a implementar acciones para mitigar, corregir y compensar el deterioro ambiental generado por la explotación de asfaltita.

Por lo anterior, vale la pena destacar la reflexión realizada por Rubiano,[16] que aunque existe mucha normatividad en materia de minería, se explota solo con el título minero, en fase exploratoria la cual puede durar hasta 11 años, mientras se otorga la licencia ambiental, estos vacíos legales y la falta de un estricto seguimiento y control a la minería, la debilidad institucional representada en la

[16] RUBIANO GALVIS, Sebastián. “La regulación ambiental y social de la minería en Colombia: comentarios al proyecto de ley de reforma al Código de Minas”. Foro Nacional Ambiental. Bogotá D.C. octubre de 2012.

carencia de personal calificado y suficiente, son la raíz de la problemática ambiental de esta actividad económica y la causa de los continuos debates morales y técnicos entre las instituciones gubernamentales y ambientalistas en razón al deterioro ambiental.

De igual forma Rubiano[17], plantea dentro de sus conclusiones la necesidad de que la academia y el gobierno nacional, apoyen a las empresas para desarrollar tecnologías limpias que jalonen el desarrollo económico del país, sin detrimento del ambiente.

En este sentido es de considerar de gran importancia que *la academia enfoque su conocimiento y capacidad técnica al desarrollo sostenible de los sectores económicos del país*, en consecuencia el proyecto para determinar la significancia de los impactos ambientales de la explotación de asfaltita, usando la metodología de análisis de ciclo de vida, contribuye al sector minero, para tener una referencia metodológica para cuantificar el impacto ambiental generado por su actividad de explotación, como una herramienta para replantear o construir con bases certeras un plan de manejo ambiental efectivo tal como lo describe el decreto 2820 de 2010 "Plan de Manejo Ambiental: Es el conjunto detallado de medidas y actividades que, producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales debidamente identificados, que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia, y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad"[18].

La metodología de análisis de ciclo de vida, permite establecer de forma clara y cuantificada el aporte de la explotación de *asfaltita* al cambio climático, y concluir como hacer los procesos con mayor eficiencia de recursos, mediante modificación o implementación de otras tecnologías; generando beneficios al ambiente.

De igual forma, esta evaluación de impactos le favorece en el cumplimiento de uno de los requisitos indispensable para el otorgamiento de licencias ambientales, dado que para definir la viabilidad ambiental de un proyecto, las autoridades se apoyan en dos tipos de estudios ambientales: el Diagnóstico Ambiental de Alternativas y el Estudio de Impacto Ambiental[19], este último es el documento básico para decidir sobre la viabilidad de los proyectos que requieren licencia ambiental y es obligatorio para todos los proyectos que requieren dicha licencia[20] También, posibilita el cumplimiento de otros permisos y regulaciones tal como lo es la concesión de

---

[17] Ibíd

[18] REPÚBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 2820 de 2010. (Agosto 5 de 2010), por el cual se reglamenta el Titulo VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales". Bogotá D.C. 2010. P. 1-32

[19] Artículo 13 del Decreto 2820 de 2010.

[20] ANLA. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. Manual de Licencias Ambientales en Colombia. Gobierno de Colombia.

aguas, permiso de emisiones o vertimientos, permiso de aprovechamiento forestal, permiso de ocupación de cauce, etc. por lo tanto, es el insumo fundamental para lograr que el proyecto sea compatible con el ambiente.

Sin embargo, cabe resaltar que, el hecho de que un proyecto altere, significativamente el ambiente, no significa que no sea viable, ya que la viabilidad no se mide por la generación de impactos positivos o negativos sino por la capacidad del ambiente de recuperarse ya sea por medios naturales o artificiales. En este sentido, la evaluación de impactos será la herramienta principal para que los promotores del proyecto logren determinar no solo las consecuencias ambientales de la actividad extractiva, sino también proponer las acciones necesarias para atender dichas secuelas y así, realicen un manejo adecuado de los impactos; de tal forma, que se garantice un nuevo equilibrio proyecto-ambiente que refleje en términos absolutos una igual o mejor calidad en las condiciones del ambiente afectado.

Finalmente, desde una visión legal y económica, la evaluación de impactos brinda la tranquilidad de cumplir eficientemente toda las exigencias legales, evitando desgastes administrativos, económicos y problemas jurídicos, tal como lo estipula el decreto 2820 de 2010 en las funciones de seguimiento podrá "Imponer medidas ambientales adicionales para prevenir, mitigar o corregir impactos ambientales no previstos en los estudios ambientales del proyecto"[21] .

En cuanto a la responsabilidad ambiental y aporte al ambiente se destaca que el proyecto de investigación contribuye al cumplimiento de los siguientes objetivos de desarrollo sostenible[22]:

ODS No. 8. "Trabajo decente y crecimiento económico", al realizar la actividad minera de explotación de asfaltita en el marco de leyes ambientales, laborales y tributarias.

ODS No. 9. "Industria, innovación e infraestructura", al orientarse en un sector productivo como la minería que en la mayoría de los casos se realiza de forma artesanal, aportando una metodología clara para ser más eficiente en el uso de sus recursos mediante la adopción de nuevas tecnologías amigables con el ambiente.

ODS No. 12. "Producción y consumo responsable", mediante la cuantificación de su impacto ambiental el cual constituye una herramienta para mitigar, corregir y compensar los efectos adversos de la explotación minera de asfaltita.

---

[21] RUBIANO GÁLVIS., Op. Cit., p.
[22] NACIONES UNIDAS. Objetivos de Desarrollo Sostenible. {online} {12 de mayo de 2.016}. 2015. Disponible en: http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/#

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto ambiental de la explotación de asfaltita en la mina Juan Pablo II de la Esperanza N.S. mediante el Análisis de Ciclo de Vida

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los procesos de explotación de asfaltita mediante el análisis de entradas y salidas determinando los balances de masa y energía.

- Establecer el inventario de aspectos ambientales de la asfaltita mediante la medición de variables que orienten la evaluación ambiental.

- Determinar el impacto ambiental cuantificado mediante el análisis de datos con el software SIMAPRO identificando las categorías ambientales y su aporte a la contaminación ambiental

- Proponer tecnologías limpias en la explotación minera mediante un análisis multicriterio que reduzcan el impacto de la explotación de asfaltita.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO TEÓRICO

El impacto ambiental surge con mayor fuerza en Estados Unidos en los años 70 con la creación de la legislación y la agencia: the National Environmental Policy Act (NEPA) y la creación de la Environmental Protection Agency (EPA), las cuales influenciaron a América Latina y el Caribe, generando la necesidad de proteger el ambiente de los daños generados por las acciones humanas, y por garantizar la preservación de los recursos necesarios para conservar la vida y los ecosistemas, para las futuras generaciones, de lo cual surge el término de sostenibilidad ambiental.

La conferencia de naciones unidas sobre medio ambiente y desarrollo[23] crea como meta conjunta para todas las naciones el desarrollo sostenible, el cual es abordado integralmente desde la dimensión económica, ambiental y social, con la cual se convoca a la acción a integrar la protección del ambiente en el uso racional de los recursos, a la responsabilidad compartidas de todos los actores, a que se incorpore la protección del ambiente en el ámbito político y en la capacidad de tomar decisiones por parte de los consumidores.

El impacto ambiental se refiere a las acciones generadas por proyectos, programas o demás actividades realizadas por la intervención humana que generan cambios de las condiciones iniciales sobre el ecosistema, los paisajes y los procesos ecológicos esenciales asociados a la salud y el bienestar humano.

La medición del impacto ambiental se requiere tener conocimientos sobre los siguientes elementos implicados en la transformación del medio:

- Manifestación o síntoma
- Las causas que originan el impacto
- Los efectos o repercusiones que generan en el espacio, personas o actividades.
- Los agentes implicados en las causas y en los efectos.
- La sensibilidad de los agentes que intervienen.

[23] GARCIA, L. Luis Alberto. Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de los impactos ambientales. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, 2004

- La percepción del problema por parte de las personas involucradas y su percepción a participar en la solución.
- La relación directa o indirecta entre los impactos.

- Las posibilidades de intervenir sobre los efectos, causas, manifestaciones, agentes, población, y su carácter preventivo, curativo o compensatorio.

- Los objetivos a cubrir sobre los tratamientos preventivos o correctivos.

Los impactos ambientales identificados por una acción sobre un factor ambiental quedan señalados por su signo y su valor:

- El signo positivo o benéfico, y negativo o perjudicial.

- El valor representa la magnitud del impacto y de su incidencia.

- La magnitud representa la cantidad y calidad del factor modificado.

- La incidencia se refiere al grado o intensidad de la alteración producida y a una serie de atributos que caracterizan la alteración.

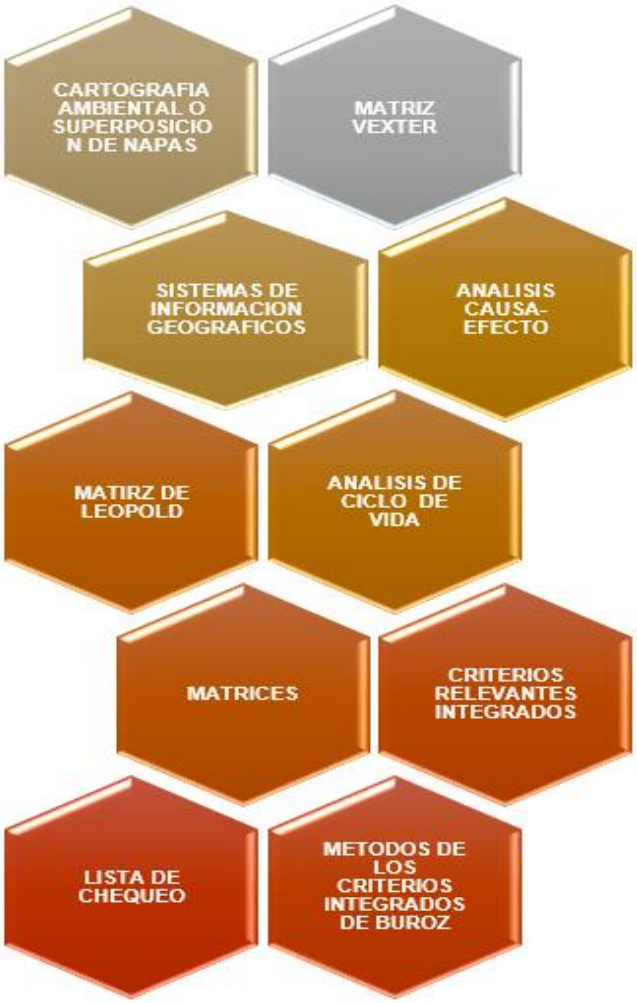
Los atributos que más sobresalen son:

- La escala, el momento o lapso de tiempo, la reversibilidad, la persistencia, la sinergia y la posibilidad de corrección.

- El impacto total sobre el conjunto del entorno afectado, depende de los impactos producidos sobre cada factor ambiental afectado, de la importancia y peso de cada factor, así como la sinergia entre los mismos.

Los métodos más comúnmente empleados para evaluar el impacto ambiental son los siguientes:

Gráfica 5 Principales Teorías de Impacto Ambiental aplicables a la evaluación del impacto ambiental en minería



4.1.1 Lista de chequeo[24]: Es una metodología muy utilizada, en la que el evaluador registra los impactos ambientales de origen antropogénico, que se deban considerar para evitar pasar por alto ninguno factor, ni restar importancia en el momento de la evaluación del proyecto, la cual al ser diligenciada por el evaluador será parte del estudio de impacto. La lista de chequeo tiene su propia clasificación en la escala numérica entre el 1 y el 10. Algunos de sus limitantes consisten en no contemplar la metodología para determinar la magnitud ni la importancia de un impacto, además que requiere de un conocimiento amplio sobre el tema para evitar registrar los aspectos de importancia en la evaluación.

[24] RAMIREZ, H. Adyalis. Metodología para la Evaluación de Impacto Ambiental en el Hotel Iberostar Laguna Azul.

Aunque es simple de comprender, de usar, es adecuada para seleccionar impactos directos e indirectos y sirve para enfocar el análisis en lo significativo, no hace distinción entre impactos y no interrelaciona la acción con el impacto.

4.1.2 listas de chequeo enfocadas a decisiones[25]: son métodos que se enfocan a comparar alternativas y a conducir a un análisis de equilibrio, cuenta con una fase de análisis y otra de síntesis, cada una de las cuales cuenta con su lista de chequeo.

4.1.3 Análisis ambiental coste-beneficio (enviromental cost-benefit analysis ecba)[26]: Este método complementa el tradicional coste-beneficio prestando atención adicional a los recursos naturales y su valor económico, las técnicas varían de acuerdo a la complejidad y alcance.

4.1.4 matrices simples causa – efecto[27]: son matrices limitadas a relacionar la variable ambiental generada con la causa generada por la acción humana.

Une la acción con el impacto y es un buen método para representar los estudios de impacto ambiental, pero tiene como dificultad la identificación de impactos primarios, de los secundarios y al incorporar los valores los resultados pueden ser controversiales.

4.1.5 Reunión de expertos[28]: no se considera una metodología porque no representa una guía, es más bien una consolidación y sistematización de consultas a expertos sobre un tema específico con el cual éstos se encuentran relacionados, más como para considerar una amplia gama de impactos más que para determinar variables especificas a considerar en el futuro, de igual forma sirve para considerar aspectos sobre como mitigar, corregir, procedimientos para hacer seguimiento, control y evaluación. Es un sistema excelente para la identificación y análisis de impacto, pero depende mucho de los conocimientos, la disponibilidad del panel representativo de expertos y de los datos por lo que resulta generalmente complejo y costoso. Actualmente se trabaja en los llamados sistemas de expertos con bases computacionales para el procesamiento de la información y el apoyo a las decisiones. Son en realidad sistemas de interacción hombre-máquina que resuelven

---

[25] Ibíd
[26] Ibíd
[27] ESPINOZA, Guillermo. Gestión y fundamentos de evaluación de impacto. Banco Interamericano de Desarrollo – Centro de estudios para el desarrollo. Santiago de Chile. 2007
[28] RAMÍREZ., Op. Cit., p 32.

problemas en un dominio específico. Los sistemas de expertos están orientados a problemas y no a metodologías.

4.1.6 Gráficos y diagramas de flujo[29]: pretende determinar las cadenas de impactos ambientales primarios y secundarios, con todas las interacciones existentes, prediciendo los impactos esperados. Es utilizado para establecer relaciones de causalidad, generalmente lineales, entre la acción implícita y el medio ambiente afectado. De igual forma se usan para discutir impactos indirectos, pero su implementación se torna compleja en la medida en que se multiplican las acciones y los impactos ambientales involucrados. Por eso su uso se ha restringido cuando hay cierta simplicidad en los impactos involucrados. Los diagramas de flujo son fáciles de construir y muy útiles para proponer relaciones de causalidad. Sin embargo, no facilitan la cuantificación de impactos y se limitan a mostrar relaciones causa-efecto de carácter lineal. Como metodologías de evaluación de impacto ambiental, los diagramas de flujo son estrictamente complementarios con las matrices y otras alternativas utilizadas.

4.1.7 Cartografía ambiental o superposición de mapas:[30] consiste en la construcción de diferentes mapas a una misma escala donde se dibujan las características ambientales representativas del territorio, en diferentes categorías ya sean cultural, social, ambiental, posteriormente se superponen para establecer un impacto global o mapas de síntesis permitiendo identificar las capacidades del suelo para resistir los diferentes usos, los niveles de protección y la restricción de cada zona. Este método es muy útil cuando se tienen diferentes impactos por espacio geográfico, situación que no se logra identificar en las matrices. Este es un buen método de representación y de elección local, ya que permite correlacionar los impactos ambientales localizados con indicadores de salud y socioeconómicos, tiene como limitante que contempla solamente impactos directos y se refiere únicamente a la durabilidad y georeferenciación de los impactos, muchos de los cuales no se pueden sobreponer.

4.1.8 Redes[31]**:** son diagramas de flujos ampliados a los diferentes impactos primarios, secundarios y terciarios. Maneja impactos directos e indirectos, son útiles para establecer interacciones, requiere establecer los diferentes niveles jerárquicos de cada actividad del proyecto, este método es útil para establecer relaciones mutuas entre impactos, pero tiene como limitante que no permite identificar si un impacto por si solo es relevante y depende de la complejidad de la red, se convierte en un sistema muy confuso y difícil de entender.

---

[29] Ibíd.
[30] Ibíd.
[31] Ibíd.

4.1.9 Sistemas de información geográficos[32]: son software muy desarrollado que se apoyan en la definición de sistemas, son más difíciles de utilizar en la definición de impactos porque requieren que estos estén integrados en el modelo, tienen más relevancia para medir la importancia y magnitud del impacto.

4.1.10 Matrices[33]: son tablas de doble entrada con características y elementos ambientales, y con las acciones previstas en el proyecto, requieren la consulta a expertos que estén relacionados y con conocimiento del terreno donde se desarrolla el proyecto, para determinar los orígenes de los impactos y sus efectos. Las matrices de causas efecto consiste en la intersección del listado de acciones humanas con los indicadores de impacto ambiental, los cuales se relacionan en una matriz, muy útil para identificar la raíz de los impactos, pero tienen limitaciones para establecer interacciones, definir impactos secundarios o terciarios y realizar consideraciones temporales o espaciales. En matrices más complejas pueden deducirse los encadenamientos entre efectos primarios y secundarios.

4.1.11 Matriz de Leopold[34]: "Esta matriz fue desarrollada en los años 70 por el Dr. Luna Leopold y colaboradores, para ser aplicada en proyectos de construcción y es especialmente útil, por enfoque y contenido, para la evaluación preliminar de aquellos proyectos de los que se prevén grandes impactos ambientales. La matriz sirve sólo para identificar impactos y su origen, sin proporcionarles un valor. Permite, sin embargo, estimar la importancia y magnitud de los impactos con la ayuda de un grupo de expertos y de otros profesionales involucrados en el proyecto. En este sentido representan un avance respecto a las matrices de interacción simple. La Matriz de Leopold consiste en un listado de 100 acciones que pueden causar impactos ambientales y 88 características ambientales. Esta combinación produce una matriz con 8.800 casilleros. En cada casillero, a su vez, se distingue entre magnitud e importancia del impacto, en una escala que va de uno a diez. La magnitud del impacto hace referencia a su cantidad física; si es grande o pequeño dependerá del patrón de comparación, y tener el carácter de positivo o negativo, si es que el tipo de modificación identificada es deseado o no, respectivamente. La importancia, que sólo reciba valores positivos, queda dada por la ponderación que se le asigne y puede ser muy diferente de la magnitud".

4.1.12 EL Método de Battelle[35]: Este método fue diseñado para evaluar el impacto de proyectos relacionados con recursos hídricos, aunque también se utiliza en evaluación de proyectos lineales, plantas nucleares y otros. El método es un tipo de

---

[32] Ibíd
[33] Ibíd
[34] Ibíd
[35] Ibíd.

lista de verificación con escalas de ponderación que contempla la descripción de los factores ambientales, la ponderación valórica de cada aspecto y la asignación de unidades de importancia. El sistema tiene cuatro niveles:

1. General, categorías ambientales
2. Intermedia, componentes ambientales
3. Específica, parámetros ambientales
4. Muy específica, medidas ambientales.

Las categorías representan grandes agrupaciones con dominios similares (ecología, contaminación ambiental, estética, interés para las personas). Los componentes están contenidos en grupos de parámetros similares (agua, aire, suelo, etc.). Los parámetros representan unidades o aspectos significativos del ambiente (ruido, metales, etc.). Las medidas corresponden a los datos que son necesarios para estimar correctamente un parámetro.

Dentro de sus ventajas más significativas están que los resultados son cuantitativos y pueden ser comparados indistintamente con otros proyectos sin importar su tipo o quiénes lo realizaron. Es un método sistematizado para la comparación de alternativas. De alguna manera induce a la decisión, dado que se obtiene la cifra de alteración de calidad ambiental para cada alternativa. Algunos destacan la validez del método "para apreciar la degradación del medio como resultado del proyecto, tanto totalmente como en sus distintos sectores". La asignación de pesos se realiza mediante procedimientos del tipo DELPHI, que minimizan la subjetividad de un solo individuo o un grupo dominante.

Las desventajas más notables, son los índices de calidad ambiental disponibles son los que fueron desarrollados en los Estados Unidos de América, para un medio en particular, por lo que, en rigor, no son válidos para medios distintos. El método fue desarrollado para proyectos hidráulicos, lo que significa que se tendría que adaptar cada vez que se trate de analizar un proyecto distinto. La lista de indicadores es limitada y arbitraria, sin tener en cuenta las relaciones entre componentes ambientales o las interacciones causa-efecto.

4.1.13 Evaluación del impacto ambiental[36]: Es un proceso de análisis que teniendo en cuenta la legislación, normatividad y la información existente de expertos, se anticipa a los futuros impactos ambientales negativos y positivos generados por las acciones humanas, con el fin de establecer alternativas para disminuir los impactos no deseados y maximizar los beneficios, por lo cual es el punto de partida para la construcción de un sistema de gestión ambiental que

[36] MONTES, Ariel y FERRER, Yiezenia Rosario. Ontología de evaluación de impacto ambiental para proyectos mineros. 2014. Minería y Geología / v.30 n.1

propenda por la reducción, mitigación, corregir y compensar los impacto y efectos ambientales generados por la actividad productiva.

4.1.14 Análisis de ciclo de vida (ACV):

La normalización del ACV, está dada por la ISO 14040/44:2.006, en Colombia NTC ISO 14044; son las normas más aceptadas globalmente para el ciclo de vida basada en el medio ambiente y en evaluaciones.[37] Van desde los principios y marco de referencia hasta los requisitos y directrices.

Es una herramienta que busca desarrollar métodos para comprender mejor y tratar el impacto ambiental generado por los productos manufacturados y consumidos.
El ACV ayuda a identificar oportunidades para mejorar el desempeño ambiental de productos en las distintas fases de su ciclo de vida. Así como aporta información importante para la toma de decisiones en el diseño o rediseño de un producto, la selección de indicadores de desempeño ambiental, técnica de medición y marketing.

El ACV tiene en cuenta los aspectos ambientales del producto durante todos los procesos que participan a lo largo de ciclo de vida, como lo es la materia prima, la producción o manufactura, utilización, tratamiento final, reciclado y disposición final; por tanto, se dice que va desde “la cuna a la tumba” del producto. Se basa en la recopilación y análisis de las entradas y salidas del sistema.

Si el sistema es limitado desde las materias primas hasta la puesta en el mercado del producto, se le denomina “de la cuna a la puerta”; y cuando se tienen en cuenta las entradas/salidas solo del sistema productivo (procesos de fabricación), se le denomina “de la puerta a la puerta”.

Existe un nuevo enfoque que tiene en cuenta el fin de vida del sistema, que pueden valorarse como materias primas (entradas) al mismo sistema o a otro, y se le llama “de la cuna a la cuna”[38]

La amplitud y profundidad del ACV depende los objetivos planteados. El inventario en el ACV son los datos de entrada/salida en relación con el sistema bajo estudio[39].

---

[37] FINKBEINER, Matthias. Et al. Life cycle assessment (ISO 14040/44) as basis for environmental declarations and carbon footprint of products. Oslo, Norway. 2.011.

[38] GOBIERNO VASCO. Departamento de medio ambiente, Planificación territorial, agricultura y pesca. Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono. IHOBE. Sociedad Pública de gestión ambiental. Bilbao. 2009 {online} {25 de mayo de 2.016} Disponible en: http://www.ihobe.net/Paginas/Ficha.aspx?IdMenu=e268f726-16d3-4077-aff3-866efa7042f3&Idioma=es-ES

[39] NTC ISO 14044. Gestión ambiental análisis de ciclo de vida, requisitos y directrices. ICONTEC. 2007.

Se establecen 4 fases en un estudio de ACV:

1. Definición de objetivos y alcance
2. Análisis de inventario
3. Evaluación del impacto ambiental.
4. Interpretación.

La recopilación y cuantificación de estas entradas/salidas en un sistema se conoce como Inventario de Ciclo de Vida (ICV).

La suma total de las entradas y salidas de un sistema, con un posterior análisis, evaluación e interpretación, de los efectos ambientales relacionados, se conoce como Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida (EICV).

El EICV es la fase del ACV que evalúa la magnitud y significancia de los impactos ambientales; emplea un método de evaluación para transformar los datos recogidos en el ICV, en resultados de carácter ambiental. Aunque no existe un modelo único de evaluación de impactos ambientales, la ISO 14040[40] establece las siguientes etapas:

Existen etapas obligatorias en la evaluación de Impactos de Ciclo de Vida, como son:

- La asignación de categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos de caracterización.
- Asignación de resultados del ICV: *Clasificación*.
- Cálculo de resultados del indicador de categoría: *Caracterización*.

Estos son los resultados del Indicador de categoría: *Resultados de la EICV*.

Otras etapas que no son obligatorias son: *Normalización y Ponderación*. Que corresponden a la cuantificación del valor de los resultados del indicador de categoría, en relación a la información de referencia.

El primer paso para un ACV es la selección de *categorías de impacto ambiental* de interés, según el estudio a realizar y a los cuales se quieren asignar los resultados del EICV.

Durante la etapa de clasificación, los datos del ICV son asignados a las categorías de impacto seleccionadas. Si una sustancia contribuye a varias categorías de impacto, debe ser tenida en cuenta en todas esas categorías. Una vez se tenga su valor dentro de la categoría, se compara con respecto a la sustancia de referencia de dicha categoría.

[40] Ibíd.

A través de los *factores de caracterización* de cada sustancia que es su contribución a determinada categoría de impacto. Cada sustancia es multiplicada por su correspondiente factor de caracterización y se obtienen valores con unidades equivalentes, los cuales sumados, miden la contribución de las sustancias a esa categoría de impacto. Ejemplo: El potencial de Calentamiento Global del metano, del Óxido Nitroso, del CO_2, medidos en Kg eq. CO_2, que es el factor de caracterización en esta categoría de Calentamiento Global.

Existen varias metodologías para establecer la EICV:

- Ec99 (Eco Indicador 1.999)[41], sucesor del Eco-Indicador 95. Evalúa los daños causados por las categorías de impacto, agrupándolos en tres niveles de daño: Daños a la salud humana, daños a la Calidad del Ecosistema-Recursos y daños a los recursos.
- RECIPE[42]. Tiene que ver con los modelos para el cambio climático, la destrucción de la capa de ozono, acidificación, eutrofización, uso de suelo y agotamiento de recursos naturales.
- CML2001[43]. Paso de normalización opcional para ACVs simplificados pero obligatorio para ACVs exhaustivos. Dispone de valores de referencia para la normalización de los indicadores de las categorías de impacto: mundial en 1.990, europeo 1.995 y holandés en 1.997.
- IPCC. Reúne los factores de caracterización para el potencial del calentamiento global directo por emisiones al aire.
- EPSS2000. Método orientado al daño causado y la voluntad de restaurar económicamente los cambios generados.
- ECOPOINTS97. Igual que el Ecoindicador 95, evalúa los impactos de manera individual. Ministerio del Medioambiente de Suiza.
- TRACI. Herramienta informática para la evaluación de 12 categorías que hacen parte del método.
- IMPACT 2002+. Resulta de una combinación entre las metodologías IMPACT2002, Ec99, CML2001 e IPCC.

Las bases de datos para ACV pueden ser entradas y salidas para ICV, como bases de datos para metodologías de EICV, de diversos materiales y procesos, agrupados según la fase del ACV.

---

[41] GOBIERNO VASCO. Departamento de medio ambiente, Planificación territorial, agricultura y pesca. Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono. IHOBE. Sociedad Pública de gestión ambiental. Bilbao. 2009 {online} {25 mayo 2016} Disponible en http://www.ihobe.net/Paginas/Ficha.aspx?IdMenu=e268f726-16d3-4077-aff3-866efa7042f3&Idioma=es-ES

[42] Ibíd

[43] Ibíd

Una de las bases de datos integradas para EICV es Ecoinvent.Existen también herramientas disponibles para ACV como SIMAPRO, que con un enfoque genérico presenta características como: Dispone de protocolos guía para la realización ACVs, se pueden modificar los parámetros ACV en cualquier momento, permite análisis tipo: LCA: Life Cycle Assessment y LCC: Life Cycle Cost, favorece la presentación de informes según la norma ISO, posibilita variedad de análisis de datos, y permite también la exportación de datos en Excel y el en formato Ecospold.

4.1.15 Análisis multicriterio: busca dar una herramienta para el tomador de decisiones sobre una respuesta o solución a un problema determinado en la que coexisten muchas opciones que a menudo pueden ser contradictorias (distintos criterios de elección) que se deben tener en cuenta para hallar la mejor opción, la cual no tiene que ser la mejor elección desde todos los puntos de vista "solución ideal", si debe ser la mejor desde todos los puntos en conjunto "solución de compromiso".

La evaluación multicriterio busca analizar problemas complejos, cuando la solución o decisión tomada afecta a muchas personas. Por tanto, deben generarse discusiones, intercambio de ideas, opiniones de expertos que por conocimiento y experiencia pueden primero estructurar el problema y luego dar solución al mismo. En el proceso de evaluación del multicriterio debe tenerse en cuenta la comparación entre alternativas. Es procedente identificar los elementos en los que está compuesto el problema, al individualizarlos, se hace necesario realizar mediciones que permitan aplicar comparaciones y establecer niveles de importancia o jerarquías[44], a mayor cantidad de elementos de análisis, mayor eficacia y eficiencia en la herramienta para toma de decisiones, que deben ser de forma participativa y con alternativas para la solución de conflictos.

Estos niveles jerárquicos son: metas u objetivos, criterios y alternativas[45] como una gran herramienta de planeación. Este modelo multidimensional presenta ventajas frente a los unidimensionales por analizar amplio número de datos, relaciones, criterios y propósitos.

Existen cuatro componentes en la evaluación multicriterio: definición y estructura del problema, descripción de alternativas potenciales, elección de conjuntos de criterios de evaluación y la identificación de un sistema de preferencia para la toma de decisiones y la selección de un programa de agregación.

---

[44] GRAJALES. Q. Alberto, SERRANO, Edgar, HAHN. V. Cristine. Los métodos y procesos multicriterio para la evaluación. Luna azul ISSN 1909-2474, No. 36 enero a junio de 2013 SCIELO ORG. Universidad de Caldas. Colombia. 2013

[45] Ibíd.

Con la información disponible se procede a desarrollar una matriz de análisis multicriterio que priorizará los problemas, al establecer a cada problema cuantos criterios se relacionen con el mismo.

Posteriormente, en la escala de 0 a 3 se da el valor que corresponda a cada criterio de cada problema, siendo 0 el menor valor y 3 el mayor valor asignado. Se suman todos los valores de cada problema para obtener un único valor. De esta manera se priorizará por puntajes de mayor a menor la atención a los problemas

4.2 MARCO CONCEPTUAL

Para establecer mayor claridad en los términos utilizados en la investigación mediante la utilización de la ACV se toma como referencia los términos establecidos en la NTC ISO14044[46]

Ciclo de vida: comprende las diferentes etapas consecutivas e interrelacionadas en un sistema del producto, o servicio, desde la compra de materia prima, la producción, transporte, uso y disposición final; en la explotación de asfaltita se tendrá en cuenta los procesos de explotación hasta el punto de cargue, es decir de la cuna a la puerta.

Análisis del ciclo de vida (ACV): comprende la recopilación y evaluación de las entradas, salidas y los impactos ambientales potenciales de la explotación de asfaltita, como el uso de combustibles, madera, energía eléctrica y las salidas al aire (gases), agua, suelo, etc., y sus efectos en el calentamiento global, deterioro de la fauna, flora, etc.

Análisis de inventario del ciclo de vida (ICV): fase del análisis del ciclo de vida que implica la recopilación y la cuantificación de entradas y salidas para un sistema del producto a través de su ciclo de vida, es decir durante el proceso de la explotación de asfaltita, cuantificar las entradas y salidas para determinar su aporte a los impactos ambientales.

Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV): fase del análisis del ciclo de vida dirigida a conocer y evaluar la magnitud y cuan significativos son los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de todo el ciclo de vida

[46] NTC ISO 14044. Gestión ambiental análisis de ciclo de vida, requisitos y directrices. ICONTEC. 2007

del producto, en esta etapa se agruparán, normalizarán y valorarán los impactos ambientales generados en cada etapa de la asfaltita como producto de estudio.

Interpretación del ciclo de vida: fase del análisis del ciclo de vida en la que los hallazgos del análisis del inventario o de la evaluación del impacto, o de ambos, se evalúan en relación con el objetivo y el alcance definidos para llegar a conclusiones y recomendaciones, se realizará el análisis para determinar los impactos generados por la explotación de asfaltita de acuerdo a sus ecopuntajes (Huella de Carbono), dando recomendaciones para emplear tecnologías verdes que contribuyan a disminuir esos impactos identificados.

Aseveración comparativa: declaración ambiental en relación con la superioridad o la equivalencia de un producto con respecto a un competidor que realiza la misma función, la declaración ambiental de la asfaltita, tendrá lugar con los métodos y tecnologías empleadas durante toda la fase del producto desde la cuna al puerto.

Transparencia: presentación de la información de manera clara, abierta, exhaustiva y comprensible, la información suministrada en el proyecto de asfaltita, se presentará de la forma más transparente posible, dando respuestas claras a los propietarios de la mina o como al comité evaluador.

Aspecto ambiental: elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente, relacionados con respecto a los aspectos ambientales a estudiar en el proyecto de asfaltita estas componente aire, agua, suelo, subsuelo, vegetación, fauna, paisaje, población.

Proceso: conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entradas en resultados, los procesos a tener en cuenta en el proyecto son: explotación, transporte interno, cargue y transporte, sostenimiento, ventilación.

Flujo elemental: materia o energía que entra al sistema bajo estudio, que ha sido extraído del medio ambiente sin una transformación previa por el ser humano, o materia o energía que sale del sistema bajo estudio, que se liberado al medio ambiente sin una transformación posterior por el ser humano. En el proyecto de asfaltita se debe cuantificar estos flujos elementales de materia y energía.

Flujo de energía: entrada o salida de un proceso unitario o un sistema del producto, expresada en unidades de energía. En este caso se tendrá en cuenta el consumo de energía eléctrica, el combustible, principalmente.

Material: la asfaltita es considerada el material, por el ser producto generado en la explotación minera.

Entrada de materia auxiliar: materia que entra y se utiliza en el proceso unitario de obtención del producto, pero que no constituye una parte del producto, para efectos del proyecto de asfaltita son los elementos de seguridad industrial, las maderas de soporte, que son necesario para obtener el material o producto.

Asignación: distribución de los flujos de entrada o de salida de un proceso o un sistema del producto entre el sistema del producto bajo estudio y uno o más sistemas del producto diferentes. Se refiere a la distribución de las entradas y salidas en cada proceso realizado durante el flujograma del proceso de la asfaltita.

Criterios de corte: especificaciones de la cantidad de flujo de materia o de energía o del nivel de importancia ambiental asociado a los procesos unitarios o al sistema del producto para su exclusión del estudio.

Calidad de los datos: Características de los datos que se relaciona con su capacidad para satisfacer los requisitos establecidos, en el presente proyecto.

Unidad funcional: desempeño cuantificado de un sistema del producto para su utilización como unidad de referencia. Para efectos del presente proyecto, se llevará a las cantidades necesarias para obtener una tonelada de asfaltita.

Entrada: Flujo de producto de materia o de energía que entra en un proceso unitario, es decir combustible (ACPM), energía eléctrica, madera.

Resultado del análisis del inventario del ciclo de vida resultado del ICV: Resultado de un análisis del inventario del ciclo de vida que clasifica los flujos que atraviesan los límites del sistema y que proporciona el punto de partida para la evaluación del impacto del ciclo de vida.

Salida: flujo de producto, de materia o de energía que sale de un proceso unitario, es decir emisión de gases, toneladas de asfaltita, desechos de madera.

Energía de proceso: entrada de energía requerida en un proceso unitario, para llevar a cabo el proceso o hacer funcionar el equipo, excluyendo las entradas de energía para la producción y suministro de esta energía, es decir la cantidad de ACPM para funcionar el tractor utilizado para el movimiento del malacate.

Flujo de producto: productos que entran o salen de un sistema del producto hacia otro, es decir de la etapa de explotación, a empaque, posteriormente a transporte.

Sistema del producto: conjunto de procesos unitarios con flujos elementales y flujos de producto, que desempeña una o más funciones definidas y que sirve de modelo para el ciclo de vida de un producto, se contemplarán en cada uno de los procesos necesarios para llevar a cambio el material asfaltita desde la cuna hasta el puerto.

Flujo de referencia: medidas de las salidas de los procesos, en un sistema del producto determinado, requerida para cumplir la función expresada mediante la unidad funcional.

Emisiones y vertidos: emisiones al aire y vertidos al agua y suelo; como el metano, gas sulfúrico, monóxido de carbono y gas carbónico.

Análisis de sensibilidad: procedimiento sistemático para estimar los efectos sobre el resultado de un estudio de las opciones elegidas en lo que respecta a métodos y datos. Esto se realizará mediante el análisis multicriterio.

Proceso unitario: elemento más pequeño considerado en el análisis del inventario del ciclo de vida para el cual se cuantifican datos de entrada y salida, por ejemplo, la emisión de gas.

Residuo: sustancias u objetos a cuya disposición se procede o se está obligado a proceder.

Punto final de categoría: atributo o aspecto del entorno natural, la salud humana o los recursos que identifica un asunto ambiental de interés; los cuales se establecen a través del software simaPro.

Factor de caracterización: factor que surge de un modelo de caracterización, que se aplica para convertir el resultado del análisis del inventario del ciclo de vida asignado a la unidad común del indicador de categoría.

Mecanismo ambiental: sistema de procesos físicos, químicos y biológicos para una categoría de impacto dada, que vincula los resultados del análisis del inventario del ciclo de vida con indicadores de categoría y con puntos finales de categoría.

Categoría de impacto: clase que representa asuntos ambientales de interés a la cual se asignan los resultados del análisis del inventario del ciclo de vida.

Indicador de categoría de impacto: representación cuantificable de una categoría de impacto.

Verificación del análisis de integridad: proceso para verificar si la información de las fases de un análisis de ciclo de vida es suficientemente completa para llegar a conclusiones, de acuerdo con la definición del objetivo y el alcance.

Verificación del análisis de coherencia: proceso realizado antes de llegar a conclusiones, para verificar que las suposiciones, los métodos, y los datos se aplican de forma coherente en todo el estudio y están de acuerdo con la definición del objetivo y el alcance.

Evaluación: elemento dentro de la fase de interpretación del ciclo de vida que pretende establecer confianza en los resultados del análisis de ciclo de vida.

Parte interesada: persona o grupo que tiene un interés o está afectado por el desempeño ambiental de un sistema del producto o por los resultados del análisis del ciclo de vida. Los propietarios de la mina Juan Pablo II, los trabajadores de la mina, los habitantes de la región, la autoridad ambiental (Ingeominas, Corponor).

Análisis de gravedad: (análisis de Pareto) es un procedimiento estadístico que identifica aquellos datos que contribuyen mayoritariamente al resultado del indicador.

Análisis de incertidumbre: es un procedimiento para determinar la manera en que las incertidumbres en los datos y las suposiciones evolucionan en los cálculos, y de qué modo afectan a la confiabilidad de los resultados de la EICV.

Análisis de la sensibilidad: es un procedimiento para determinar la manera en el que los cambios en los datos y en las elecciones metodológicas, afectan a los resultados de la EICV.

Eco-indicador 99[47]: Es una metodología que cuantifica la valoración del daño medioambiental en función de una normalización expresa en puntaje relacionada con las diversas categorías de daño: salud humana, calidad del ecosistema y recursos.

- Daños a la salud humana: se expresan en DALY (Disability Adjusted Life Years –años de vida con pérdida de salud) y tienen en cuenta alteraciones respiratorias y efectos cancerígenos entre otros.
- Daños al ecosistema: se expresan en el porcentaje de especies que han desaparecido en un área en concreto debido a impactos ambientales.
- Recursos: el daño a los recursos indica la calidad de los recursos fósiles y minerales que están todavía sin explotar.

SimaPro [48]: Es un software desarrollado por industrias pre-sustainability compañía creada por Mark Goedkoorp en 1990 usado por industrias, instituciones de investigación y consultores de más de 80 países, es un software basado en fases de desarrollo para ACV, según la norma ISO 14040, para evaluar impacto medioambientales de un proceso o producto, elaboración de eco-diseños, declaraciones ambientales, informes ambientales, indicadores de rendimiento, dentro de sus ventajas se puede decir que identifica fácilmente oportunidades de mejora de productos, por la posibilidad de evaluar los impactos de las diferentes etapas del modelo y su contribución al impacto global (huella hídrica, huella de carbono). Permite hacer comparaciones entre varios productos o procesos, pues contiene las bases de datos más completa como la ecoinvent, european life ciclo database (ELCD), El programa contiene también las principales metodologías de

[47] SABELLA, Ángelo. Ideas sostenibles. datateca.unad.edu.co, 2.005.
[48] GOEDKOOP, M., SCHRYVER, A. D., OELE, M., DURKSZ, S., & de ROEST, D. Introduction to LCA with SimaPro 7. Pré Consultants. 2010.

evaluación de impacto (CML 2001 baseline, Ecoindicator 99, Recipe, Impact 2002 +, IPCC 2007 GWP 100a, etc.). SimaPro facilita el análisis a través de gráficos de resultados y resultados numéricos en forma de tabla exportables a Excel.

Medio ambiente[49]: Es un entorno vital, constituido por recursos físicos, económicos, biológicos, estéticos, sociales, culturales que interactúan entre sí, con el individuo y con la comunidad en que vive determinando la forma, el comportamiento y la sobrevivencia de ambos; se podría decir que son las partes interesadas en la mina Juan Pablo II, el entorno biótico, la comunidad de la vereda la Ciénaga (municipio de la Esperanza N.S), el paisaje natural, etc.

Definición de objetivo de ACV: Evaluar el impacto ambiental de la explotación de asfaltita mediante el Análisis de Ciclo de Vida para la mina Juan Pablo II, de la Esperanza N.S. Colombia.

Unidad funcional: Es física y se establece como una tonelada de asfaltita.

Alcance del estudio: En el estudio de la asfaltita, se considera de la cuna al punto de cargue, de la cuna a la puerta.

Asignación de cargas: se hace necesario establecer el flujograma del proceso para determinar las cargas a cada proceso dentro del sistema de producción de asfaltita hasta el punto de cargue.

Fase de inventario: es recolectar los datos, realizar los cálculos en cada fase del proceso para determinar las entradas y salidas del sistema realizado por la mina Juan Pablo II en la explotación y transporte de asfaltita; para recolectar los datos se tengan como fuentes las recopilación directa, es decir medición de gases realizadas por Altair debidamente calibrado, la cuantificación del agua extraída de la mina, las observaciones directas, cuantificación de datos directamente como consumo de combustible, de energía, de madera, etc., con los cuales se debe realizar un balance de masa y energía, por último se tendrá la información de las bases de datos internacionales contenidas en programas como SimaPro.

[49] GÓMEZ O., Domingo y GÓMEZ V., María Teresa. Evaluación de Impacto ambiental. Ediciones Mundi prensa. España. 2.013.

Fase de Evaluación de impactos ambientales: se debe realizar posterior al inventario, se debe realizar la identificación y análisis de los impactos ambientales, tal como lo contempla la metodología ACV, como son:

- Clasificación
- Caracterización
- Normalización
- Valorización

Los cuales se realizarán a través del software simaPro.

Fase de interpretación de los resultados: En esta fase se deben relacionar todos los procesos y las fases del ACV para determinar cuáles son más significativos al impacto ambiental y sacar las conclusiones, de igual forma se debe comparar con otras tecnologías para realizar las respectivas recomendaciones.

4.3 MARCO CONSTITUCIONAL Y LEGAL

Véase el cuadro No.10 en la página siguiente, donde se relacionan las Leyes, Decretos y Resoluciones colombianas que sustentan el Marco Constitucional y Legal de la explotación minera y la protección ambiental derivada de su ejercicio.

Cuadro 10 Leyes, Decretos y Resoluciones que sustentan el Marco Constitucional y Legal de la explotación minera y la protección ambiental derivada de su ejercicio.

NORMA	AÑO	INSTITUCION QUE LO EMITE	DESCRIPCION DE LA NORMA	APORTE	FUENTE
Constitución Política De Colombia	4 de julio de 1.991	República De Colombia, Asamblea Nacional Constituyente	"Constitución de los Derechos Humanos" Su función es fortalecer la unidad de la nación y asegurar la vida, la convivencia, el trabajo, la justicia, la igualdad, el conocimiento, la libertad y la paz, dentro de un marco jurídico, democrático y participativo que garantice un orden político, económico y social justo.	Artículo 8: Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la nación. 79, inciso I: Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la capacitación para el logro de estos fines.	Gaceta Constitucional número 114 del domingo 4 de julio de 1991
Ley 09 de 1979 Código Sanitario Nacional	24 de enero 1.979	República De Colombia, Congreso De La República	"Por la cual se emiten normas sanitarias"	Artículo 491: Plantea la necesidad de definir normas para prestar asistencia durante la ocurrencia de un desastre y prevenir y controlar los efectos causados por un desastre. Artículos 496-498: Se refiere a las medidas preventivas como resultado de un análisis de vulnerabilidad y su aplicación para evitar desastres. Reglamentada Parcialmente por el Decreto Nacional 704 de 1986, por el Decreto Nacional 305 de 1988, por el Decreto Nacional 1172 de 1989, por el Decreto Nacional 374 de 1994, Reglamentada Parcialmente por el Decreto Nacional 1546 de 1998, Reglamentada Parcialmente por el Decreto Nacional 2493 de 2004, Modificada por el art. 36, Decreto Nacional 126 de 2010. Decreto Nacional 3466 de 1982	Diario oficial

NORMA	AÑO	INSTITUCION QUE LO EMITE	DESCRIPCION DE LA NORMA	APORTE	FUENTE
Ley 99 Ley del Medio Ambiente	22 de diciembre de 1993	República De Colombia, Congreso De La República	Tema: Legislación Ambiental Marco. Se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA	La prevención de desastres es de interés colectivo. Las medidas para evitar o mitigar los efectos de la ocurrencia de un desastre serán de obligatorio cumplimiento. Reglamentado por el Decreto Nacional 1713 de 2002, Reglamentada por el Decreto Nacional 4688 de 2005, Reglamentada parcialmente por el Decreto Nacional 3600 de 2007, Reglamentada por el Decreto Nacional 2372 de 2010	Diario Oficial No. 41146 de Diciembre 22 de 1993
Decreto Único Reglamentario 1073 de 2015	26 de Mayo de 2015	República De Colombia, Ministerio De Minas Y Energía	Por la cual medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía	Libro 1. Estructura del sector minero energético. Libro 2. Régimen reglamentario del sector minero energético	Diario Oficial No. 49523 del 26 de mayo de 2015.
Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015	26 de Mayo de 2015	República De Colombia, Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible	Título 2 gestión ambiental capítulo 3 licencias ambientales. Sección 5 estudio de impacto ambiental. Sección 6 trámite para la obtención de la licencia ambiental. Sección 7 modificación, cesión, integración, pérdida de vigencia de la licencia ambiental, y cesación del trámite de licenciamiento ambiental	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible
Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015	26 de Mayo de 2015	República De Colombia, Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible	Título 3 aguas no marítimas. Capítulo 3 ordenamiento del recurso hídrico y vertimientos. Sección 5. De la obtención de los permisos de vertimiento y planes de cumplimiento. Sección 7. Reglamentación de vertimientos	Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible
Ley 373 de 1997	6 de junio de 1.997	República De Colombia, Congreso De La República	Tema: recurso hídrico	Uso eficiente y ahorro de agua resolución del min. Ambiente 1508 de 2010	Diario Oficial No. 43.058 del 11 de junio de 1997

NORMA	AÑO	INSTITUCION QUE LO EMITE	DESCRIPCION DE LA NORMA	APORTE	FUENTE
Ley 1252 de 2008	27 de Noviembre de 2.008	República De Colombia, Congreso De La República	Tema: Residuos sólidos normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones	Residuos hospitalarios y similares	Diario Oficial 47186 de noviembre 27 de 2008
Ley 633 del 2.000	29 de diciembre de 2.000	República De Colombia, Congreso De La República	Tema: Legislación Ambiental Marco. Expide normas en materia tributaria.	Artículo 96. Tarifa de las licencias ambientales y otros instrumentos de control y manejo ambiental	Min de Ambiente, Vivienda y Dllo. Territorial. Diario Oficial No. 44.275 de 29 de diciembre de 2000
Ley 685 de 2.001	5 de agosto de 2.001	República De Colombia, Ministerio De Minas Y Energía	Código de minas	Propiedad Estatal, Derecho a explorar y explotar, zonas reservadas, excluidas y restringidas para explotaciones mineras, prospección y concesión de minas y trabajos de explotación.	Ministerio de Minas y Energía Diario Oficial No. 44.545 de septiembre 8 de 2001
Decreto 1414 de 2013	02 de Julio de 2013	República De Colombia, Ministerio De Minas Y Energía	Por medio del cual se reglamenta parcialmente el artículo 108 de la Ley 1450 de 2011	Da facultad a La Autoridad Minera de delimitar Áreas Estratégicas Mineras, o incorporar nuevas zonas a las mismas.	Diario Oficial No. 48839 del 02 de julio de 2013.
Decreto 1949 de 2017	28 de Noviembre de 2017	República De Colombia, Ministerio De Minas Y Energía	Por el cual se modifica y adiciona el Decreto Único Reglamentario 1073 de 2015, en cuanto se reglamentan los mecanismos para el trabajo bajo el amparo de un título en la pequeña minería y se toman otras determinaciones	Se reglamenta la autorización, celebración y ejecución del Subcontrato de Formalización Minera entre el beneficiario de un título minero y los explotadores mineros de pequeña escala o pequeños mineros que se encuentren adelantando actividades de explotación desde antes del 15 de julio de 2013, en el área perteneciente a dicho título	Diario Oficial No. 50431 del 28 de noviembre de 2017.
Decreto 2504 de 2015	23 de Diciembre de 2015	República De Colombia, Ministerio De Minas Y Energía	Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario número 1073 de 2015 que define los aspectos técnicos, tecnológicos, operativos y administrativos para ejercer la labor de fiscalización minera y se toman otras determinaciones	Regular las actividades de fiscalización en los títulos mineros y en los subcontratos de formalización minera.	Diario Oficial No. 49735 del 23 de diciembre de 2015.

NORMA	AÑO	INSTITUCION QUE LO EMITE	DESCRIPCION DE LA NORMA	APORTE	FUENTE
Decreto 2041 de 2014	15 de octubre de 2014	República De Colombia. Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial	Por el cual se reglamentan las licencias ambientales.	Art. 2. Autoridades ambientales competentes. Art. 3.concepto y alcance de la licencia ambiental. Art. 6 término de la licencia ambiental. Los estudios ambientales, diagnóstico ambiental de alternativas, estudio de impacto ambiental, solicitud de licencias ambientales.	Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial
Decreto 2667 de 2012	21 de Diciembre de 2012	El Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible	Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones	Define para su correcta aplicación los términos ambientales propios de la actividad que regula, detalla los componentes y factores de la fórmula por la que se liquida la tasa, asigna a las autoridades ambientales la responsabilidad de definir las metas de carga contaminantes para cada cuerpo de agua entregando a cada usuario la meta individual que le corresponde.	Diario Oficial 48651 de diciembre 21 de 2012
Decreto 2715 de 2010	28 de Julio de 2010	Ministerio De Minas Y Energía, Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial	Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 1382 de 2010	Artículo 1°. Minería Tradicional. Para todos los efectos del trámite y resolución de solicitudes de legalización. Artículo 5°. Acreditación de trabajos mineros. Artículo 10°. Programa de Trabajo y Obras y Plan de Manejo Ambiental.	Diario Oficial 47784 de julio 28 de 2010
Decreto 276 de 2015	17 de Febrero de 2015	República De Colombia, Ministerio De Minas Y Energía	Por el cual se adoptan medidas relacionadas con el Registro Único de comercializadores - RUCOM (Registro Único de Comercializadores de Minerales)	Artículo 9°. Requisitos para la inscripción en el Registro Único de Comercializadores de Minerales. Artículo 10°. Obligaciones de los Comercializadores de Minerales Autorizado. Artículo 11° Requisitos para el transporte de minerales.	Diario Oficial No. 49428 del 17 de febrero de 2015.
Decreto 933 de 2013	9 de Mayo de 2013	Ministerio De Minas Y Energía, Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible	Por el cual se dictan disposiciones en materia de formalización de minería tradicional y se modifican unas definiciones del Glosario Minero	Señala el trámite para la formalización de mineros tradicionales, aspectos técnicos y ambientales, formalización en áreas con título minero, zonas restringidas y formalización y actividades no susceptibles de formalización.	Diario Oficial 48785 de mayo 9 de 2013

NORMA	AÑO	INSTITUCION QUE LO EMITE	DESCRIPCION DE LA NORMA	APORTE	FUENTE
Decreto 2691 de 2014	23 de Diciembre de 2014	República De Colombia, Ministerio De Minas Y Energía	Por el cual se reglamenta el artículo 37 de la Ley 685 de 2001 y se definen los mecanismos para acordar con las autoridades territoriales las medidas necesarias para la protección del ambiente sano, y en especial, de sus cuencas hídricas, el desarrollo económico, social, cultural de sus comunidades y la salubridad de la población, en desarrollo del proceso de autorización de actividades de exploración y explotación minera	Procedimiento que deben seguir los municipios y distritos para acordar con el Ministerio de Minas y Energía medidas, de protección del ambiente sano y, en especial, de sus cuencas hídricas, el desarrollo económico, social, cultural de sus comunidades y la salubridad de la población, frente a las posibles afectaciones que pueden derivarse de la actividad minera.	Decreto Único Reglamentario 1073 de 2015; Capítulo 3 zonas excluidas y restringidas de la minería, sección 1. Art. 2.2.5.3.1.1 al Art. 2.2.5.3.1.1.18.
Decreto 3930 de 2010, reglamentado parcialmente por el Decreto 4728 de 2010	25 de octubre de 2.010	República De Colombia, Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones	Establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados.	Diario Oficial 47837 de octubre 25 de 2010
Decreto 1449 de 1.977	27 de junio de 1.977	República De Colombia, Ministerio De Agricultura	Tema: Ocupación de Cauces	Protección a fuentes de agua en predios adjudicados por el INCORA	Diario Oficial No. 34827
Decreto 948 de 1995	05 de Junio de 1995	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Reglamento de protección y control de la calidad del aire	Se establecen las normas y principios generales para la protección atmosférica, los mecanismos de prevención, control y atención de episodios por contaminación del aire generada por fuentes contaminantes fijas y móviles, las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire o niveles de inmisión	Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015. Título 5. Aire capítulo 1 reglamento de protección y control de la calidad del aire sección 1, sección 2, sección3.
Decreto 1541 de1.978 –Mod. por el Decreto Nacional 2858 de 1981	26 de julio de 1.978	República De Colombia, Ministerio De Agricultura	Tema: Recurso Hídrico, Aire, legislación Ambiental	Concesión de Aguas, Ocupación de cauces, Transporte y Disposición de escombros.	MIN AGRICULTURA.

NORMA	AÑO	INSTITUCION QUE LO EMITE	DESCRIPCION DE LA NORMA	APORTE	FUENTE
Resolución 2154 de 2010	2 de Noviembre de 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se ajusta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 de 2010 y se adoptan otras disposiciones.	Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad de Aire	Diario Oficial 47887 de noviembre 8 de 2010
Resolución 601 de 2006	04 de abril de 2006	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.	Garantizar un ambiente sano y minimizar los riesgos sobre la salud humana que puedan ser causados por la concentración de contaminantes en el aire ambiente.	Diario Oficial 46232 de abril 05 de 2006
Resolución 618 de 2003	16 de abril de 2003	Departamento técnico administrativo del medio ambiente -DAMA-	Por la cual se reglamentan las condiciones ambientales para declarar los Estados de Alarma Ambiental	Se reglamentan las condiciones ambientales para declarar los Estados de Alarma Ambiental, teniendo en cuenta los factores señalados, art. 1. Estado de Prevención o Alerta Amarilla, art. 2. Estado Crítico o Alerta Naranja, art. 3. Estado de Emergencia o Alerta Roja.	Decreto 2811 de 1974. TÍTULO VIII. De las emergencias Ambientales. Artículo 31.
Resolución número 000024 de 2.014	16 de septiembre de 2.014	República De Colombia. Ministerio De Minas Y Energía	Por la cual se revoca parcialmente la Resolución número 18 0241 del 24 de febrero de 2012 expedida por el Ministerio de Minas y Energía	Contrario a la Resolución 95 de 2016, la Resolución 024 de 2.014 modifica la delimitación de las áreas al excluir de la delimitación de áreas mineras estratégicas, las áreas propuestas y descritas.	Ministerio De Minas Y Energía
RESOLUCIÓN 909 DE 2008, modificada por Resolución 1309 de 2010	05 de junio de 2008	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones	Adopta los procedimientos de medición de emisiones para fuentes fijas y reglamenta los convenios de reconversión a tecnologías limpias, las cuales serán aplicables para todas las actividades industriales, los equipos de combustión externa, instalaciones de incineración y hornos crematorios, industrias de producción de cemento, concreto y agregados, y en lo relacionado con el control de emisiones molestas, aplica además a todos los establecimientos de comercio y de servicio.	Diario Oficial 47051 de julio 15 de 2008

NORMA	AÑO	INSTITUCION QUE LO EMITE	DESCRIPCION DE LA NORMA	APORTE	FUENTE
Resolución 40659 de 2015	Junio 10 de 2015	República De Colombia. Ministerio De Minas Y Energía	Esquema de incentivos por el aprovechamiento y la explotación integral de los recursos naturales no renovables y metodología para su aplicación y asignación, para la vigencia 2015.	Destinación por municipio beneficiario de los recursos del incentivo para la restauración social, económica y protección y recuperación ambiental; por explotación integral de recursos no renovables. Distribución de los incentivos según la Comisión Rectora del Sistema General de Regalías.	Ministerio De Minas Y Energía
Resolución 095 de 2.016	Mayo 31 de 2016	República De Colombia. Ministerio De Minas Y Energía	Por la cual se modifica la delimitación de las Áreas de Reserva Estratégica Mineras contenida la Resolución número 18 0241 del 24 de febrero de 2012 expedida por el Ministerio de Minas y Energía.	Se modifica la delimitación de las áreas de reserva estratégica mineras contenida en la dicha resolución, en el sentido de excluir las áreas por la condición jurídica de ser un área de reserva estratégica minera, al estar superpuesta con solicitudes mineras anteriores y por un derecho preexistente.	Ministerio De Minas Y Energía
Resolución número 000024 de 2.014	16 de septiembre de 2.014	República De Colombia. Ministerio De Minas Y Energía	Por la cual se revoca parcialmente la Resolución número 18 0241 del 24 de febrero de 2012 expedida por el Ministerio de Minas y Energía	Contrario a la Resolución 95 de 2016, la Resolución 024 de 2.014 modifica la delimitación de las áreas al excluir de la delimitación de áreas mineras estratégicas, las áreas propuestas y descritas.	Ministerio De Minas Y Energía
Resolución 1552 de 2005	Octubre 20 de 2005	República De Colombia, Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial	Por el cual se adoptan los manuales para evaluación de Estudios Ambientales y de seguimiento ambiental de Proyecto y se toman otras determinaciones"	Adopción de manuales para evaluación de los estudios ambientales y seguimiento ambiental y se toman otras determinaciones.	Congreso De La República De Colombia
Resolución 705 de 2013	junio 28 de 2013	República De Colombia. Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial.	Reservas de recursos naturales temporales como zonas de protección y dllo de los recursos naturales renovables o del ambiente.	Establece las reservas de recursos naturales, efectos de la reserva, duración, zonas ya declaradas y excluibles de la minería y el desarrollo de actividades minera por fuera de las zonas excluibles.	Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial.

4.4 MARCO NORMATIVO

Cuadro 11 Matriz Normativa colombiana.

NORMA	AÑO	INSTITUCION QUE LO EMITE	DESCRIPCION DE LA NORMA	APORTE	FUENTE
Acuerdo de cooperación ambiental entre el Gobierno de la república de Colombia y el Gobierno de los Estados Unidos de América.	Junio 28 de 2013	República de Colombia y el Gobierno de los Estados Unidos	Marco de fortalecimiento de cooperación ambiental bilateral.	El objetivo de este acuerdo es establecer un marco para el fortalecimiento de la cooperación ambiental bilateral y/o regional entre los aportes encaminando a mejorar la protección del medio ambiente y la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales, incluso mediante el desarrollo y la mejora de las prácticas y tecnologías ambientales.	Gobierno de Colombia y el Gobierno de los Estados Unidos
Protocolos de Kioto de 1997	Diciembre 11 de 1997	Organización de las Naciones Unidas	Es un protocolo de la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (CMNUCC), y un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global, el protocolo fue inicialmente adoptado el 11 de diciembre de 1997 en Kioto, Japón, pero no entro en vigor hasta el 16 de febrero de 2005.	Ha movido a los gobiernos a establecer leyes y políticas para cumplir sus compromisos de reducción de emisiones de gases del efecto invernadero, a las empresas a tener el medio ambiente en cuenta a la hora de tomar decisiones sobre sus inversiones, y además ha propiciado la creación del mercado del carbono.	Organización de las Naciones Unidas
NTC 5459	2016	ICONTEC	Análisis de ciclo de vida-vocabulario.	Análisis de ciclo de vida-vocabulario.	ICONTEC
NTC ISO 14044	2007	ICONTEC	Gestión ambiental análisis de ciclo de vida, requisitos y directrices.	Describe los requisitos y directrices para análisis de ciclo de vida.	ICONTEC
NTC ISO 14040	2007	ICONTEC	Gestión ambiental análisis de ciclo de vida, principio y marco de referencia.	Describe los principios y marcos de referencia para análisis de ciclo de vida.	ICONTEC

4.5 ESTADO DEL ARTE

Aunque no existen estudios previos de Análisis de Ciclo de Vida de la explotación de asfaltita, se revisan otros estudios relacionados con minería y ACV, esperando que ésta investigación se constituya en el primer estudio de ACV de la explotación de asfaltita y sirva de referente para mejorar las actividades mineras contribuyendo a la sostenibilidad ambiental sin detener el progreso económico e industrial.

Según Torres Zafra…"las alfaltitas y rocas bituminosas, son dos materias primas energéticas con posibilidades de empleo en otros campos"[50], por tal razón se evalúa la posibilidad de encontrar nuevos yacimientos aplicando las herramientas SIG. En su investigación realizada en región La Habana-Matanzas de Cuba, se encontraron depósitos de asfaltatia en sus tres presentaciones: Gilsonita, glance pitch (altamente puras) y grahamita (alto punto de reblandecimiento y mayor contenido de cenizas).

En Colombia se realizó un estudio de Análisis del ciclo de vida de la explotación de carbón en la cuenca del Sinifaná, Antioquia[51], dejando claro que el método de extracción del carbón determina el impacto ambiental generado. Su investigación evidencia los diversos escenarios de extracción de carbón en cuanto a aspectos ambientales y aspectos económicos que generen propuestas para una extracción más limpia del carbón, a saber: barreteo (manual, con dinamita o con martillo percutor), arrastre, cocheo y maleteo y por selección. Con el ACV de la cuna a la puerta, la investigación "…intenta identificar, cuantificar y caracterizar los diferentes impactos ambientales potenciales, asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida…" cuya unidad funcional o de análisis es una tonelada de carbón puesta en la puerta, para todas las opciones de explotación.

Para la evaluación del Impacto de ciclo de vida se utilizó el software SimaPro 8.0.4 Faculty, que aunque con limitaciones en la disponibilidad de la totalidad de los métodos, se usó el método Eco-indicador 99 H V2.06/ Europe EI 99 H/A.

Se presentan resultados en ecopuntos para las tres categorías de impacto, según el daño; salud humana, calidad del ecosistema y recursos. Su investigación concluye que el método de barreteo manual es el menos contaminante pero también el menos productivo, por lo que no se podría recomendar para toda la extracción minera. Contrario a éste, la extracción por barreteo con martillo percutor es el más contaminante.

---

[50] ZAFRA TORRES, José Luis. X Congreso Cubano de Geología 2.013. Geología y Prospección de minerales no metálicos. La Habana Cuba. 2013.

[51] CARDONA T, Harold y otro. Análisis del ciclo de vida de la explotación de carbón en la cuenca del Sinifaná, Antioquia. Artículo Original, En: Revista Producción + Limpia. Enero - Junio de 2017. Vol.12, No.1 - 33•40 - DOI: 10.22507/pml.v12n1a3

La EICV permitió establecer cuatro propuestas combinadas de explotación más limpia, destacándose la disminución de hasta un 70% en la contaminación ambiental con el barreteo manual. De esto se trata, que haya elementos de fondo para toma de decisiones.

Otro ejemplo descrito sobre el uso de ACV en evaluación del impacto ambiental, se da en la investigación: "Análisis de Ciclo de Vida de las botellas de PET que se recolectan como residuo en el Municipio de Ecatepec de Morelos"[52] y cuyo objetivo principal es "Plantear alternativas de mejora para el Manejo Integral de las botellas de PET por medio de un Análisis de Ciclo de Vida, considerando aspectos técnicos, económicos y ambientales para el desarrollo y planificación de una mejor estrategia de manejo de los Residuos Sólidos Urbanos RSU, …". Considera las etapas del manejo de las PET desde la recolección de 935 fuentes, reciclado a fibra (mecánico y químico), centros de acopio, exportación y disposición final.

La investigación toma como herramientas de ingeniería para el ACV los balances de masa y energía, el cálculo y análisis de flujos de entradas y salidas, también análisis de riesgo ambiental y de costo beneficio, y costos totales. A través del software SimaPro 7.3 se evaluó el impacto con las categorías: Agotamiento abiótico, Acidificación, Eutrofización, Calentamiento global, Agotamiento de la capa de ozono, Toxicidad humana, Toxicidad terrestre, Smog fotoquímico y el método de evaluación CML 2 baseline 2000.

Según la gráfica emitida por SimaPro, el mayor impacto ambiental por etapas se da en el proceso de recolección debido al alto consumo de combustible Diesel para el desplazamiento de los camiones de recolección de las botellas de PET.
De esta forma el enfoque para determinar alternativas de mejora en el manejo integral de las botellas PET, se centró en el rediseño de las rutas recolección, mantenimiento de vehículos recolectores, capacidad de contenedores en las fuentes, operación dentro del centro de acopio, entre otros.

En el municipio de Moa, Provincia de Holguín en Cuba, los graves daños ambientales ocasionados por su actividad minera, han conducido a la realización de importantes estudios ambientales que conlleven a una adecuada planificación ambiental para el sector. La metodología de Evaluación del impacto ambiental EIA, permitió identificar las prácticas deficientes en la minería y a su vez evaluar la implementación de técnicas difusas.[53]

---

[52] JIMÉNEZ O, Ulises E. Análisis de Ciclo de Vida de las botellas de PET que se recolectan como residuo en el Municipio de Ecatepec de Morelos. Tesis para optar el título de Maestro en Ingeniería. Universidad Autónoma de México. México, D.F. 2013.
[53] FERRER, Yiezenia Rosario, Seguimiento En El Tiempo De La Evaluación De Impacto Ambiental En Proyectos Mineros. Revista Luna Azul {en línea} 2016, (Enero-Junio) : {Fecha de consulta: 17 de marzo de 2018} Disponible en:<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321744162013> ISSN

El proceso de EIA estuvo basado en las fases que cita Conesa (1997) que incluye análisis del proyecto y sus alternativas, entorno, identificación de efectos y factores ambientales, impactos, predicción de la magnitud de esos impactos, su valoración, medidas correctoras, programa de vigilancia ambiental, informe final y su declaración de impacto ambiental.

Al final de la aplicación de esta metodología de EIA y otros métodos tradicionales, aunque se evidencian los cambios ambientales, se encontraron limitaciones y debilidades; entre ellos, para los proyectos de larga duración como la minería las predicciones no del todo acertadas y crea incertidumbres, para lo que se recomienda realizar evaluaciones periódicas que permitan la predicción de la evaluación del entorno, un monitoreo ambiental; aunque éste implica más tiempo y costos del proyecto.

Otro proyecto de extracción minera basado en Análisis de Ciclo de Vida ACV, realizado en Chile, es el cobre extraído desde el yacimiento y transformado en cátodos de cobre de alta pureza en refinería con el consumo de recursos, energía y talento humano, que causa grandes impactos ambientales, sociales y económicos en el nivel local y global.[54]

Muchas de las empresas mineras decidieron tomar acciones sostenibles que incluyen productividad, medio ambiente, mejora en la calidad de vida, como una retribución del uso de los recursos naturales.

Emplea la metodología Indicadores de Sostenibilidad Ambiental ISA, (Lundin y Morrinson 2.002) en la producción de cátodos de cobre, cuyo primer paso fue determinar estos indicadores, luego los límites del sistema y la selección de un marco para identificar y determinar los principales indicadores correspondientes a los objetivos planteados. Todo lo anterior basados en las entradas y salidas del proceso a la atmósfera, al suelo, al agua y a la tecnosfera.

Su investigación arrojó que no se cuenta con información de ACV para la producción de cobre pirometalúrgico; sin embargo, los indicadores dan cuenta del desempeño ambiental de la industria y se convierten en una "… buena posibilidad de verificación y desarrollo de estudios futuros tanto en ACV como en ISA de la producción de cobre…".

En Colombia, un estudio sobre el ACV como parte importante en la determinación del impacto ambiental en la cadena de producción del combustible bioetanol

[54] NAZER, Amín y otros. INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL PARA LA INDUSTRIA METALÚRGICA DEL COBRE PRIMARIO EN CHILE. UNA PROPUESTA BASADA EN ESTUDIOS ACV. XIV International Congress of Project Engineering. Disponible en http://www.aeipro.com/files/congresos/2010madrid/ciip10_1178_1186.2854.pdf

(E100)[55], donde se recopiló toda la información sobre la emisión de gases atmosféricos efecto invernadero para cuantificar el calentamiento global y también la medición de la demanda energética por recursos no renovables en esta producción de E100. En forma general mediante el software comercial SimaPro7.2 se analizan los datos; sin embargo, con el desarrollo de herramienta Open-LCA se da la posibilidad de desarrollar todo ACV.

En el estudio se establecieron los límites del sistema, se tomaron cinco plantaciones de caña de azúcar y la producción de azúcar y etanol de cuatro ingenios azucareros, excluyendo materias primas, producción, transporte, distribución y combustible etanol. Como unidad de medida funcional se tomó 1 Km de recorrido de un Renault de tipo Logan (el carro más vendido en 2011-2012) con Etanol al 100%. (Open-LCA).

Para las mediciones correspondientes a la producción de materia prima, tratamiento, actividades agrícolas, transporte, se utilizó la herramienta Ecoinvent2.2.

Al comparar las emisiones por utilización de E100 como combustible y las generadas en la producción y procesamiento de las materias primas, la mayor emisión atmosférica la constituyen los fertilizantes, la quema de la caña y la maquinaria utilizada para adecuación del terreno; es decir en etapas previas, que la combustión del propio etanol. Esto concluye la gran importancia que tiene el ACV cuando se evalúan impactos ambientales.

A nivel global y de estudios de ingeniería el ACV se incluye con más frecuencia. Otro estudio: Análisis De Ciclo De Vida Del Proceso De Producción De Etanol A Partir De Sorgo Granífero En La Planta De Paysandú De La Empresa Alcoholes Del Uruguay (Alur)[56]. En la producción de Etanol a partir del sorgo se investiga los efectos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero (huella de carbono), mediante el ACV. Este combustible supone un ahorro de un 60,08% respecto del uso de un combustible fósil de referencia.

La mayor actividad minera en Colombia es la explotación de carbón y oro, lo cual también genera impactos ambientales como otorgamiento de títulos mineros en parques naturales, disposición de metales pesados en fuentes hídricas, contaminación, erosión, desvío de causes, agotamiento de los recursos naturales

[55] BUITRAGO TELLO, Rodrigo y otro. (2013). Análisis del ciclo de vida para la producción de bioetanol en Colombia por medio de OpenLCA. Revista Épsilon, 145-156. Ambientalex.Info

[56] HERRERA, Israel y otros. Análisis de ciclo de vida del proceso de producción de etanol a partir de sorgo granífero en la planta de Paysandú de la empresa alcoholes del Uruguay (ALUR). CIEMAT, centro de Investigaciones energéticas, medioambientales y tecnológicas. Gobierno de España, 2.017

no renovables, entre otros para favorecer esta actividad.[57] Sin embargo; algunos grupos de interés han promovido entre las industrias mineras la gestión ambiental no solo como requisito legal sino como un componente de sostenibilidad y de producción limpia de la operación.

Dicho componente de sostenibilidad implica una minería que aporte pero que a la vez sea sostenible, como el proyecto de MMDS, Minería, Minerales y Desarrollo Sostenible; basado en su capital (natural, manufacturado, financiero, humano y social) cuyo valor es intercambiable y se compensa el uno con el otro, conocido como "sostenibilidad blanda"[58]. Las empresas mineras hacen su aporte en torno a los ejes financiero, social y ambiental, utilizando el análisis de ciclo de vida como herramienta para medir la gestión ambiental.

Tal como lo cita Carmona, el análisis de ciclo de vida (ACV) parte de la premisa que "los recursos energéticos y materias primas no son ilimitados y que, normalmente, se utilizan más rápido de cómo se remplazan o como surgen nuevas alternativas" permitiendo caracterizar y cuantificar los impactos ambientales asociados en cada etapa desde la extracción de materias primas, transformación, uso y disposición final o aprovechamiento.

Aunque la experiencia de la implementación del ACV en explotación de carbón en Sudáfrica a cielo abierto y en socavón, permitió identificar los grandes impactos a nivel de aire y de agua (contaminación por descargas de sulfatos); no presentó ningún direccionamiento que de forma estratégica aportara a la competitividad minera y para ello Durucan[59] et al, desarrolla un modelo de ACV que "integra la producción minera, el procesamiento, el tratamiento y eliminación de los residuos, y finalmente la rehabilitación y los cuidados posteriores a la vida útil de la mina". Este modelo permite valorar los impactos ambientales específicos en el sitio, con datos reales, permite su trazabilidad, cargas ambientales y con el nivel de detalle necesario para su evaluación.

---

[57] CARMONA-GARCÍA, Uriel y otros. Gestión Ambiental, sostenibilidad y competitividad minera. Contextualización de la situación y retos de un enfoque a través del análisis de ciclo de vida. En: Revistas.unal.edu.co. Abril, 2.017. DYNA, Volumen 84, Número 201, p. 50-58, 2017.

[58] Ibíd

[59] DURUCAN, S., Korre, A. and Muñoz-Meléndez, G., Mining life cycle modelling: A cradle-to-gate approach to environmental management in the minerals industry. Journal of Cleaner Producción, 14(12-13), pp. 1057-1070, 2006. DOI: .1016/j.jclepro.2004.12.021. [CrossRef]

5. METODOLOGÍA

5.1. FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGIOS DE LA INVESTIGACION.

En este estudio se pretendió explicar la naturaleza, variedad, orígenes, objeto y límites del conocimiento científico o filosofía de la ciencia[60], brindar claridad y dar orientación para determinar resultados congruentes, claros, objetivos y significativos.

La característica del enfoque cuantitativo es ir de lo general a lo particular, por ello cuenta con pruebas que llevaron a la deducción, análisis y experimentación; generó variables a medir e implementar y describe fases del proceso en orden lógico.

5.2. DISEÑO METODOLÓGICO

5.2.1 Tipo de Investigación.

Según el análisis y alcance de los resultados, la investigación fue de tipo explicativa y correlacional, llegando a ser exploratoria.

La investigación sobre el impacto ambiental generado por la explotación minera de asfaltita, es de tipo ***explicativa***, porque pretende ilustrar sobre las causas antropogénicas de la minería y sus efectos ambientales que se generen durante el proceso objeto de estudio. Adicionalmente, este tipo de investigación va más allá de la descripción de conceptos y llegar a descifrar las relaciones entre las variables establecidas.

De tipo ***correlacional***, porque estima dar respuestas a preguntas de relación; en este caso el impacto ambiental generado/relacionado con la explotación de asfaltita, realizando mediciones a dos o más variables y luego verificando si están o no relacionadas entre sí; y posteriormente analizar su correlación[61].

De tipo ***exploratoria*****,** porque el tema de la explotación de asfaltita es una investigación poco estudiada, poco abordada anteriormente. Cuenta de ello, es la escasa literatura encontrada sobre el uso del ACV en este tipo de hidrocarburo, se encontraron breves datos que trasladaban de inmediato a la explotación de carbón o níquel.

---

[60] MUÑOZ SARAVITA. Antonio. Los métodos cuantitativo y cualitativo en la evaluación de impactos en proyectos de inversión social. Universidad Mariano Gálvez. Eumet.net. Biblioteca virtual. Guatemala. 31 de enero de 2007.
[61] Ibíd

Según la intervención del investigador en el escenario, la investigación es de tipo ***no experimental*** porque no se busca manipular las variables.[62]

Otro tipo de investigación a desarrollar, según su ubicación temporal es la *horizontal o longitudinal,* porque se van a estudiar los datos de entradas y salidas del sistema de la explotación de asfaltita, a través del tiempo.

Según el tiempo de ocurrencia y registro de información, será una investigación de tipo ***retroprospectiva***, porque se cuenta con cierta información ya recopilada con anticipación que constituye requisito de funcionamiento de la actividad minera y se tomarán otros registros de información pertinente a las variables y categorías seleccionadas

5.2.2 Procedimiento metodológico

En la gráfica 6, se sintetiza el procedimiento metodológico desarrollado para realizar la investigación del impacto ambiental de la explotación de asfaltita.

Gráfica 6. Procedimiento Metodológico para desarrollar la investigación sobre el impacto ambiental de la explotación de asfaltita.

5.2.2.1 Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión bibliográfica de la NTC 14044 y 14040, que orientan sobre la metodología de análisis de ciclo de vida, se revisaron los estudios e investigaciones existentes y la medición de impacto ambiental, al igual que los antecedentes y el contexto de la asfaltita a nivel mundial y regional.

[62] GRAJALES, Tevni. Tipos de Investigación. Tgrajales.net

5.2.2.2 Visita de campo y reconocimiento

Se realizaron visitas en campo para observar el proceso de explotación de la asfaltita en la zona de estudio, diseñar el diagrama general del proceso, división del proceso global en etapas o subprocesos e identificación de las variables relevantes en cada etapa.

5.2.2.3 Aplicación de la metodología ACV a la explotación de Asfaltita en la mina Juan Pablo II

La metodología ACV tiene dos tipologías de evaluación, por atributos y comparativo; para el caso de estudio se escogió por atributos porque se busca encontrar el perfil medioambiental de la explotación de la asfaltita y no se compara con otro producto similar.

5.2.2.4. Aplicación de la metodología Índice de Calidad Ambiental y de Conesa Fernández

En esta fase se estableció una identificación de los aspectos ambientales y su calificación para obtener un análisis cualitativo, el cual servirá de referente para comparar el análisis cuantitativo realizado por el software SimaPro.

5.2.2.5 Propuesta de tecnologías limpias en la explotación de Asfaltita

Esta etapa consistió en proponer ciertos cambios a nivel tecnológico con base en los resultados obtenidos a través de un análisis multicriterio para determinar el efecto que pueden tener estas nuevas tecnologías en el proceso de explotación de la asfaltita.

5.3 METODOLOGIA APLICACIÓN DEL ACV EN EL CASO DE ESTUDIO

5.3.1 Definición del Objetivo del Estudio. La finalidad del estudio fue evaluar los impactos ambientales asociados a la explotación de asfaltita en la mina Juan Pablo II de la Esperanza N.S. mediante el Análisis de Ciclo de Vida.

5.3.2 Definición del Alcance. Se establece como alcance de la cuna a la puerta, dado que no se cuenta con información de las fases posteriores a los procesos de explotación y extracción.

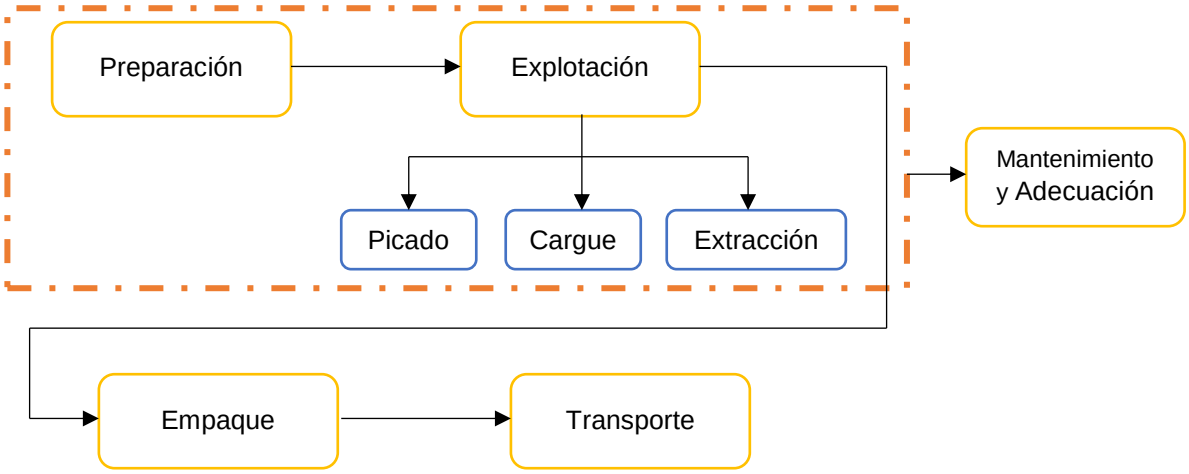
5.3.2.1 Sistema bajo estudio. El sistema a estudiar es el proceso de explotación de asfaltita. Se limitó a todos los datos de entrada y salida desde que se realiza el ingreso a los túneles por medio de la bocamina hasta que el producto es empacado y transportado a sitio de transbordo. Se incluye dentro del estudio el proceso de mantenimiento y adecuación de la mina.

5.3.2.2. Unidad Funcional: En este estudio se tomó como unidad funcional la extracción de una tonelada de asfaltita obtenida en la mina Juan Pablo II localizada en el municipio de La Esperanza localizado al noroccidente del departamento de Norte de Santander.

5.3.2.3. Límites del Sistema: Los límites del sistema determinaron qué procesos unitarios debían incluirse dentro del ACV y que cargas ambientales se estudiarán y a qué nivel de detalle.

- **Límites de proceso.** hace referencia a los procesos unitarios para la explotación y extracción de la asfaltita que se realizan en la mina Juan pablo II los cuales constan de 5 subprocesos, como se ve en la figura 3.

Figura 3 Diagrama general del proceso de explotación de asfaltita



La descripción de cada uno de los procesos se da en cuanto a sus entradas y sus salidas:

– Proceso de preparación:

Figura 4. Proceso de Preparación: entradas y salidas del proceso.

Según la figura 4, como entradas al proceso de Preparación se tiene los equipos para extraer el agua del nivel freático de la mina y crear las condiciones ambientales aptas para el ingreso y permanencia en la mina como la extracción e inyección de aire. Como salidas se obtiene agua, energía disipada y emisiones atmosféricas.

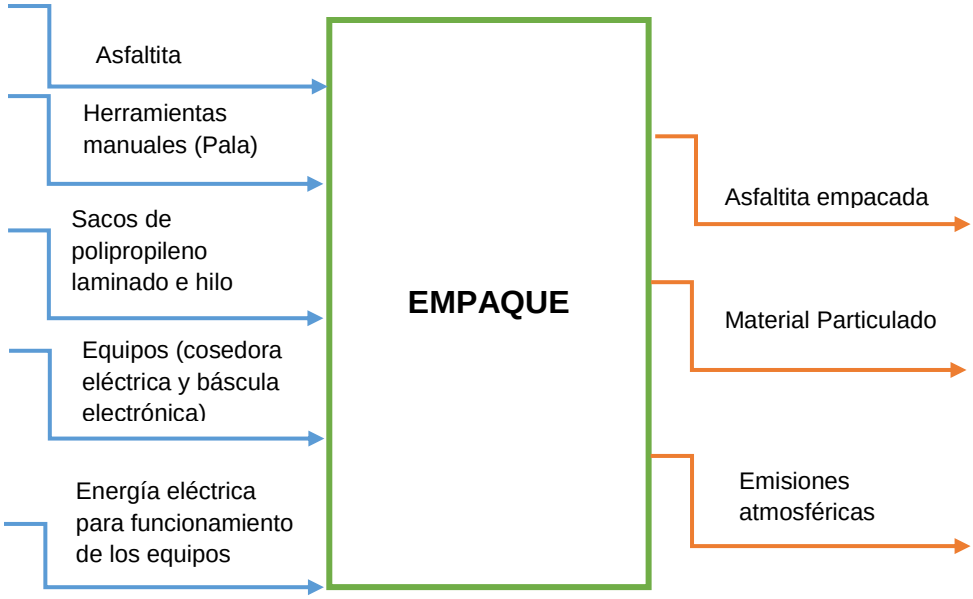
– Proceso de Explotación:

Figura 5. Proceso de Explotación: entradas y salidas del proceso.

De acuerdo a la figura 5, en el proceso de Explotación se consideran las entradas correspondientes a elementos necesarios como herramientas y vagonetas, además del combustible para el funcionamiento del tractor que hala la vagoneta y extrae el material. Como salidas está la asfaltita y las emisiones atmosféricas, el material partículado que se genera al vaciar la asfaltita desde la vagoneta a 10 metros de altura, sobre el espacio de acumulación para empacado del material extraído.

– Proceso de Empaque:

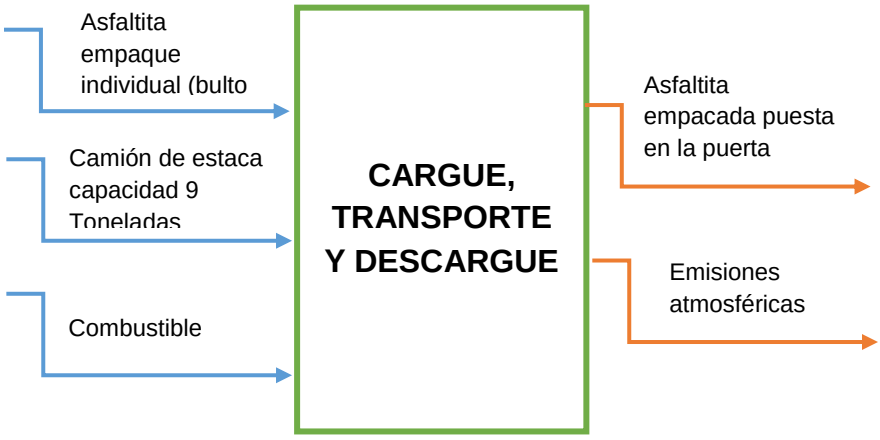
Figura 6. Proceso de empaque: entradas y salidas del proceso



Las entradas dentro del proceso de empaque, como lo indica la Figura 6, incluyen los elementos y equipos necesarios para generar bultos de 50 Kg de asfaltita empacada en sacos de polipropileno laminado; también elementos como pala, los sacos, el hilo y equipos como la báscula electrónica y cosedora eléctrica. Las salidas están constituidas por el material listo para ser transportado, las emisiones atmosféricas y el material partículado por el movimiento del material

- Cargue, Transporte y Descargue:

Figura 7. Proceso de Cargue, Transporte y Descargue: entradas y salidas del proceso.



En el proceso de cargue, transporte y descargue, Figura No. 7, las entradas se concentran en la asfaltita empacada individualmente, el combustible Diesel para operar el camión de carga hasta el punto de entrega. Como salidas se encuentran la asfaltita entregada y las emisiones atmosféricas de la combustión del Diesel.

- Mantenimiento y Adecuación:

Figura 8. Proceso de Mantenimiento y Adecuación: entradas y salidas del proceso

Tal y como se observa en la Figura 8, en el proceso de mantenimiento y adecuación de la mina, sus entradas las constituye la madera en su diferentes presentaciones y como equipo está la sierra eléctrica y su energía para accionarla. La salida corresponde a la madera como residuo y la energía disipada luego de utilizar la sierra eléctrica.

- **Límites Geográficos:** El Análisis del Ciclo de Vida se ha realizado a partir de los datos obtenidos de la mina Juan Pablo II localizada en el municipio de La Esperanza localizado al noroccidente del departo de Norte de Santander, Colombia

- **Límites Temporales:** Los datos corresponden a los meses de abril hasta agosto del año 2017.

- **Etapas Excluidas del Análisis:** a continuación se describen los aspectos que han sido excluidos:

  – El análisis de impacto ambiental de los transportes por distribución y comercialización del producto.

  – El fin de vida y disposición final del producto.

- Quedan excluidas del análisis las cargas ambientales asociados a la construcción de la mina, fabricación y mantenimiento de la los vehículos de transporte, así como los factores económicos y sociales.

- Quedan excluidas la fabricación y uso de las herramientas manuales como picos, palas, vagonetas.

5.3.3 Análisis del inventario.

5.3.3.1 Recolección de los datos.

Los datos se recopilaron de forma directa por un período de cinco meses, con el fin de identificar las entradas y salidas necesarias para obtener una tonelada de asfaltita, para ello se diseñan los formatos respectivos para registrar la información perteneciente a todas las actividades del proceso de explotación de asfaltita; se realiza una capacitación y explicación del objetivo del proyecto a la persona responsable del diligenciamiento del formato para evitar errores y obtener información confiable.

Los formatos utilizados fueron:

- El formato Materias Primas para la explotación de asfaltita, recopila y cuantifica las entradas y desperdicio o residuo por cada material utilizado a lo largo del proceso, día por día de trabajo. Ver anexo A.

- El formato Control de Consumo de Energía, recopila y cuantifica las lecturas dadas por el equipo contador, discriminado por cada equipo utilizado y que ha consumido energía por fecha. Se tiene las facturas del consumo de energía promedio, con el cual se sacó el consumo de energía diaria. Ver anexo B.

- El formato Control Horas Hombre, recopila y cuantifica las horas trabajadas por cada área de trabajo vs. La producción de asfaltita en la misma fecha. Ver anexo C.

- El formato Control de Emisiones, recopila y cuantifica las lecturas de concentración de gases en forma individual, antes y durante el proceso de extracción.

- En los Anexos A, B y C, se encuentran documentados los datos diarios recolectados.

5.3.3.2 Procesamiento de la Información.

Los datos recolectados fueron procesados en el software SimaPro 8.4 que permite calcular y visualizar los flujos de materia y energía a lo largo del ciclo de vida en sistemas de producción. Una vez definidas las metodologías de evaluación y las categorías de impacto, se procedió a realizar un análisis de impactos ambientales según las categorías de impacto para cada una de las operaciones unitarias dentro del proceso productivo.

De manera interna el software compara el valor asignado a cada una de las categorías con respecto a la sustancia de referencia, y a través de factores de caracterización de cada sustancia, determina su contribución a la categoría de impacto en relación a la sustancia de referencia de esta manera, se obtuvieron resultados de carácter ambiental.

5.3.3.3 Validez y confiabilidad de los datos.

En la investigación sobre el impacto ambiental de la explotación de asfaltita, la validez está dada, por la confiabilidad de las bases de datos aceptadas a nivel internacional como Ecoinvent. También se utilizarán los documentos reales expedidos por autoridades ambientales (Ingeominas, Corponor), pruebas tomadas y validadas por expertos técnicos externos (difracción de rayos X), los registros de mediciones de gases y registros contables (facturas de energía, compras de combustible, compras de madera), que serán la base para la recopilación de la información en el tiempo estimado del proyecto bajo la asesoría de docentes con experticia en el área.

Para la confiabilidad estadística de la investigación, se utilizará el método: Juicio de Expertos, donde se construye un instrumento para recopilar las entradas y salidas en el sistema de la asfaltita, el cual se ingresa al simaPro y a través del análisis de los impactos y la determinación de tecnologías limpias y un análisis multicriterio.

5.3.3.4 Consideraciones y Limitaciones del Inventario.

Las limitaciones presentadas fueron las de no tener suficiente información para realizar los balances de masa, para evaluar todos los procesos como por ejemplo los transportes por distribución y comercialización del producto.

La etapa de recopilación de los datos “la calidad de los datos es media” debido a la incertidumbre en la información recopilada para el ingreso de los datos al software y adicionando que las bases de datos que se emplean en el software no son ajustadas al país.

La ausencia de algunos productos en la base de datos de SimaPro, que debieron crearse o reemplazarse por otros con características cercanas a nivel de material y composición, que se encontraban disponibles en el software.

Aunque se identificó la emisión de gases (*H_2S, CO, O_2, CH_4,)*, en el socavón de la mina de asfaltita, no fue posible cuantificarlos por no contar en la región con equipos y tecnología necesaria para la medición del volumen de gases generados durante la explotación de asfaltita, por lo que se hizo una estimación con las mediciones realizadas con el Altair, estableciendo un promedio de emisiones.

No fue posible evaluar el impacto generado por la construcción de las herramientas manuales utilizadas en el proceso (Pico, palas, vagoneta de cargue) por no contar con la información en la base de datos del software, adicionalmente por no tener disponible información de su vida útil.

5.3.3.5 Inventario: Balances de masa y energía.

Como se observa en el Cuadro No. 12, los balances de masa y energía permitirán determinar la cantidad de masa y de energía que entran al proceso y la cantidad de materia que sale como resultado, y a su vez determinar qué cantidad de materia se obtiene como residuo o desperdicio. El material que entra en un proceso se denomina alimentación o material de entrada, y el que sale se denomina producto o material de salida. Cada uno de estos se lleva a cabo en una unidad de proceso, para este caso la unidad en que se trabajará será Kg/mes (Felder & Rousseau, 2.004).

Para realizar el balance de masa, se tuvo en cuenta las corrientes de entradas y salidas de los materiales (insumos) requeridos para realizar el proceso de extracción de la asfaltita, adicionalmente para las salidas se estimaron los residuos sólidos, gaseosos y líquidos obtenidos.

El balance de energía, se llevó a cabo teniendo en cuenta el consumo que supone cada máquina involucrada en el proceso y los tiempos de operación promedio para cada una de ellas. Se consultaron los manuales técnicos de los equipos para conocer los consumos de energía eléctrica y se estimó una eficiencia del 85% para cada uno de ellos teniendo en cuenta los años de fabricación y operación.

En el cuadro No. 12, se consolidan las entradas y salidas en cuanto a masa y energía, por cada proceso:

Cuadro 12 Inventario: Balance de Masa y Energía

	Proceso	Insumo	Cantidad Masa	Cantidad Energía

			Entrada	Salida	Entrada	Salida
1	Preparación	Energía eléctrica Motobomba antiexplosión	//	//	11,2 kW/t	11,2 kW/t
		Energía eléctrica turbinas de Inyección	//	//	12,17 kW/t	12,17 kW/t
		Energía eléctrica Extractor de Aire	//	//	4,5 kW/t	4,5 kW/t
		Agua nivel Freático	3100,65 lt	3100,65 lt	//	//
		Emisiones de Gases	No cuantificadas	No cuantificadas	//	//
		Energía disipada al medio.				
2	Explotación	Herramienta manual (Pico)	6 Und	6 Und	//	//
		Herramienta manual (Pala)	6 Und.	6 Und.	//	//
		Herramienta manual (Vagonetas)	4 Und.	4 Und.	//	//
		Combustible Tractor (Diesel)	//	//	0,02 galones	0,02 galones
		Asfaltita	1 Tonelada	1 Tonelada	//	//
3	Empaque	Sacos de Polipropileno	0,79457143 Kg	0,79457143 Kg	//	//
		Hilo	0,08740602 Kg	0,08740602 Kg	//	//
		Herramienta manual (Pala)	2 Und.	2 Und.	//	//
4	Transporte	Combustible Camión (9 toneladas)	//	//	0,56 galones/t	0,56 galones/t
5	Mantenimiento y Adecuación	MADERA / Palos	153,263158 Kg/t	153,263158 Kg/t	//	//
		MADERA / Tablas	53,4586466 Kg/t	53,4586466 Kg/t	//	//
		MADERA /Varetas	3,42105263 Kg/t	3,42105263 Kg/t	//	//

Fuente: Autoras

Para la elaboración del inventario del ciclo de vida fue necesaria la realización de hipótesis metodológicas. Estas hipótesis permiten acotar los distintos procesos de acuerdo al objetivo del ACV y de los medios disponibles para su realización. A continuación, se detallan las principales hipótesis metodológicas hechas en el inventario de los diferentes procesos y el inventario de materiales requerido para cada proceso:

- La energía eléctrica, fue ingresada al ACV como electricidad de bajo voltaje que tiene como referente Brasil, este país fue seleccionado debido a que gran parte

de su energía es producida por hidroeléctricas y en segundo lugar por centrales térmicas lo cual es un escenario similar en Colombia. En el Anexo E: se muestra el Montaje en SimaPro, y corresponden con información disponible en el momento de elaboración de este estudio.

- Fue necesario crear la asfaltita, por lo cual se requirió hacer una difracción de rayos X, para determinar el análisis cuantitativo de sus componentes químicos. Ver anexo F.

- El agua del nivel freático, fue ingresada al ACV, solo teniendo en cuenta la cantidad, por no disponer de estudios de calidad y análisis químico.

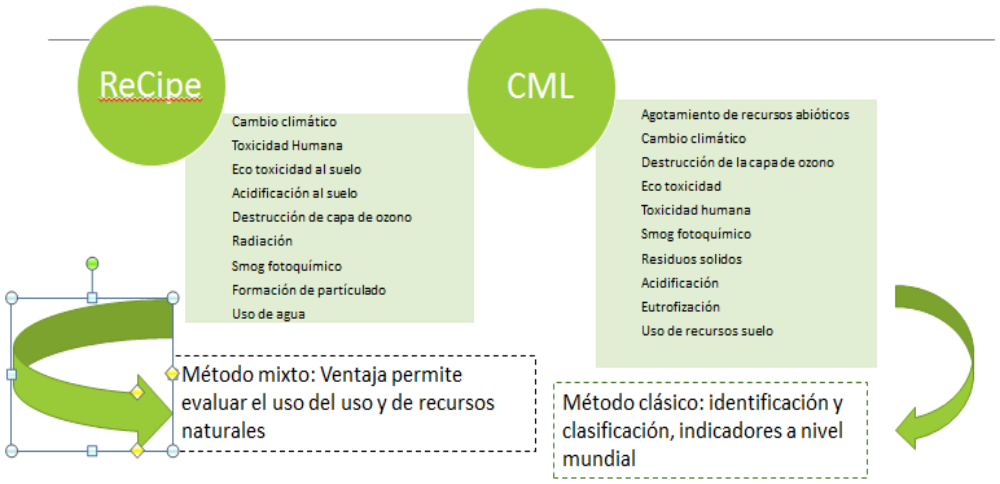
5.3.4 Evaluación del impacto ambiental.

Para la evaluación del impacto ambiental, se contó con el software Simapro, en versión de licencia libre, facilitado por la Universidad Santo Tomás en el cual se introduce la información de entradas y salidas del balance de masa y energía.

5.3.4.1 Selección del método de evaluación y categorías de Impacto.

Para la evaluación del impacto ambiental, se eligieron los métodos ReCipe y CML, en el cual se miden las siguientes categorías:

Gráfica 7. Métodos y categorías para evaluar el impacto ambiental



En esta investigación se evaluarán dos métodos de análisis, definiendo a ReCipe Midpoint (H) como método principal y a CML-IA Baseline como método comparativo,

con la finalidad de realizar un paralelo de impactos asociados a cada proceso y categorías de impacto.

Se escogió realizar el análisis utilizado el método de punto medio y la perspectiva Hierarchist (H), porque, los indicadores intermedios poseen el conjunto más amplio de categorías de impacto, se centran en problemas ambientales únicos; por ejemplo, el cambio climático o la acidificación, además existe menos incertidumbre en los resultados con relación a los indicadores de punto final. Por otra parte la perspectiva Hierarchist (H) a menudo se considera que es el modelo predeterminado.

CML-IA Baseline se seleccionó porque los indicadores baseline (estándar), están basados en el principio de la mejor práctica disponible y son indicadores de categoría al nivel de los resultados. Adicionalmente, Las categorías de impacto de CML trabajan en una aproximación orientada al problema.

A continuación se muestran las categorías evaluadas: Categorías de impacto en ReCipe Midpoint (H) y unidad de referencia, según Cuadro No. 13 son:

Cuadro 13. Categorías seleccionadas en ReCipe Midpoint y unidad de referencia

Categoría	Unidad de Referencia
Calentamiento global	kg CO_2 eq
agotamiento del ozono estratosférico	kg CFC11 eq
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq
Formación de ozono, Salud humana	kg NOx eq
Formación de partículas finas	kg PM2.5 eq
Formación de ozono, ecosistemas terrestres	kg NOx eq
Acidificación terrestre	kg SO_2 eq
Eutrofización de agua dulce	kg P eq
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB e
Ecotoxicidad de agua dulce	kg 1,4-DCB e
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB e
Toxicidad carcinogénica humana	kg 1,4-DCB e
Toxicidad humana no carcinogénica	kg 1,4-DCB e
Uso del suelo	m^2a crop eq
La escasez de recursos minerales	kg Cu eq
La escasez de recursos fósiles	kg oil eq
Consumo de agua	m^3

Las categorías de impacto en CML-IA Baseline y unidad de referencia, se muestran el Cuadro 14.

Cuadro 14. Categorías seleccionadas en CML-IA y unidad de referencia

CATEGORÍA	UNIDAD DE REFERENCIA
Agotamiento Abiótico	Kg Sb Eq
Agotamiento Abiótico (Combustibles Fósiles)	MJ
Calentamiento Global (Gwp100a)	Kg CO_2 Eq
Potencial de Agotamiento de Ozono (ODP)	Kg CFC-11 Eq
Toxicidad Humana	Kg 1,4-DB Eq
Ecotoxicidad Acuática de Agua Dulce.	Kg 1,4-DB Eq
Ecotoxicidad Terrestre	Kg 1,4-DB Eq
Oxidación Fotoquímica	Kg C2H4 Eq
Acidificación	Kg SO2 Eq
Eutrofización	Kg PO4--- Eq

Se omitió hacer valoración de la categoría Ecotoxicidad Acuática Marina ya que la mina bajo estudio se encuentra lejos de la costa o de alguna fuente de agua marina.

5.4. METODOLOGIA EVALUACIÓN AMBIENTAL CUALITATIVA

Se realizó el inventario de aspectos ambientales de la asfaltita, a través de la medición de variables que orientaron la evaluación ambiental.

5.4.1 Matriz de aspectos ambientales

Cuadro 15. Matriz de aspectos ambientales

PROCESO	DESCRIPCIÓN	ASPECTO AMBIENTAL
PREPARACIÓN	Encendido de turbinas, extractores y motobombas	Emisión constante de gases y material partículado de la extracción de asfaltita y utilización de motor con combustible fósil para su permanente funcionamiento.
		Extracción de agua de nivel freático, no recibe tratamiento y se drena sin un cause específico
PICADO	Extracción del material	Extracción de material del suelo y subsuelo, removiendo capas de su composición original.

CARGUE Y EXTRACCIÓN	Movimiento del material y uso de motores	Emisión constante de material partículado de la extracción de asfaltita y utilización de motor con combustible fósil para su permanente funcionamiento.
PROCESO	**DESCRIPCIÓN**	**ASPECTO AMBIENTAL**
EMPAQUE	Acumulación del material y uso de materias primas para empaque	Emisión constante de material particulado del empaque de asfaltita, condicionamiento de hábitat o migración de algunas especies silvestres, Cambios en las capas vegetales, presencia extensa de residuos de la extracción y de materiales utilizados en la extracción.
MANTENIMIENTO	Adecuación constante de rieles, puertas, soportes dentro de la mina	Utilización de madera como material de soporte y mantenimiento de la mina, trabajo de alto riesgo para los trabajadores. Más y mejor trabajo remunerado para la población aledaña a la mina.
CARGUE, TRANSPORTE Y DESCARGUE	Transporte del material desde la cuna hasta la puerta	Emisión constante de gases y material partículado de la extracción de asfaltita y utilización de motor con combustible fósil para su funcionamiento, trabajo de alto riesgo para los trabajadores. Más y mejor trabajo remunerado para la población aledaña a la mina.

5.4.2 Metodología del índice de calificación ambiental

Otra metodología a utilizar para evaluar el impacto ambiental es el índice de Calificación Ambiental (Ca), el cual fue diseñado por la Unidad De Planeación De Recursos Naturales De Empresas Públicas de Medellín en el año 1986, esta metodología otorga una calificación numérica establecida de acuerdo con la información disponible, la etapa del proyecto y las condiciones de los impactos identificados.

Posterior a la valoración de cada impacto se procede a realizar una ecuación para establecer la calificación ambiental, se determina utilizar esta metodología ya que fue la presentada y avalada en la licencia ambiental concedida al contrato de concesión No.GGL-111, la cual se refiere a la mina Juan Pablo II objeto del presente estudio [63], avalada por CORPORNOR, en la cual se dio cumplimiento a la

[63] Resolución No.000713 de 24 de agosto de 2015. República de Colombia. Sistema Nacional Ambiental “SINA”. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Corporación autónoma regional de la frontera nororiental CORPONOR.

Resolución 1503 de 2010, del Ministerio De Ambiente y Desarrollo Sostenible, donde se adoptan manuales para evaluación de los estudios ambientales y de seguimiento ambiental.

Por lo anterior y considerando que el estudio de impacto ambiental ya tenía un reconocimiento legal y técnico por la autoridad competente y por tener una base de estudios técnicos y soportes que avalan la calidad de la información del estudio y calificación de impacto ambiental, se tomó dicha información como referencia para el presente estudio, los documentos que soportan la licencia ambiental[64] son:

- Plano de localización del proyecto, en base cartográfica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Documento expedido por el ministerio del interior No. 879 de 19 de julio de 2013, certificando que "no se registra presencia de comunidades indígenas, minorías y Rom, en el área del proyecto.
- Certificado de registro minero con vigencia hasta el 2 de junio de 2039
- Certificado emitido por el INCODER, con fecha de 23 de abril de 2013.
- Contrato de concesión No. GGL -111
- Concepto de uso de suelo
- Evaluación y aprobación del programa de arqueología preventiva otorgado por el Instituto colombiano de Antropología e Historia.

El procedimiento para la Descripción y Calificación de Impactos ambientales asociados a cada etapa del proceso de explotación de asfaltita desde la cuna hasta la puerta, se realiza la evaluación de cada impacto ambiental individualmente de forma tal que, con base en sus características más fácilmente identificables, se puede valora su trascendencia ambiental; para lo cual se establece el índice de calificación ambiental (Ca)[65], obtenido con base en cinco criterios o factores característicos de cada impacto, los cuales se describen a continuación:

CLASE (C): define el sentido del cambio ambiental, es decir si es positivo o negativo producido por la acción de la explotación de asfaltita, sobre su influencia en el ambiente es decir si mejora o degrada el ambiente actual o futuro.

---

[64] Ibíd.

[65] UNIDAD DE PLANEACION DE RECURSOS NATURALES DE EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLIN. Índice de Calificación Ambiental. Medellín 1986

PRESENCIA (P): al no existir la certeza absoluta de que todos los impactos se presenten, la presencia califica la probabilidad de que el impacto pueda darse, se expresa como la probabilidad de ocurrencia.

DURACION (D): Evalúa el periodo de existencia activa del impacto y sus consecuencias, se expresa en función del tiempo que se permanece el impacto (muy larga, larga, corta, etc.)

EVOLUCION (E): Evalúa la velocidad de desarrollo del impacto, desde que aparece os e inicia hasta que se hace presente plenamente con todas sus consecuencias; se califica de acuerdo con la relación entre la magnitud máxima alcanzada por el impacto y la variable tiempo y se expresa en unidades relacionadas con la velocidad con que se presente el impacto (rápido, lento, etc.)

MAGNITUD (M): califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental producido por una actividad o proceso constructivo u operativo. Los valores de magnitud absoluta cuantificados o inferidos se transforman en términos de magnitud relativa (en porcentaje), que es una expresión mucho más real del nivel de afectación del impacto, la cual se obtiene por dos procedimientos:

Comparando el valor del elemento ambiental afectado con o sin el proyecto en una determinada zona de influencia.

Utilizando las funciones de calidad ambiental, las cuales califican la calidad actual de los diferentes elementos ambientales y estiman su afectación por el proyecto.
La calificación ambiental es la expresión de la interacción o acción conjugada de los criterios o factores que caracterizan los impactos ambientales y su obtención depende fundamentalmente de la base de información de que se disponga. Para la calificación de los impactos ambientales e utiliza la siguiente ecuación[66]:

$Ca= C [P(a \times E \times M + b \times D)]$ donde:

Ca: calificación ambiental (varía entre 0,1 y 10)

C: Clase, expresado por el signo (+) o (-) de acuerdo con el tipo de impacto (varía entre 0,1 y 1,0)

P: Presencia (varía entre 0,0 y 1,0)

E: Evolución (varía entre 0,0 y 1,0)

M: Magnitud (varía entre 0,0 y 1,0)

[66] Ibíd.

D: Duración (varía entre 0,0 y 1,0)

a y b: son constantes de ponderación cuya suma debe ser igual a 10.

De acuerdo con las calificaciones asignadas individualmente a cada criterio, el valor absoluto de “Ca” será mayor que cero y menor o igual a 10.

Por lo anterior se establecieron los valores y rangos en la siguiente tabla: [67]

Cuadro 16. Valores y rangos para los impactos ambientales

CRITERIO	RANGO	VALOR
CLASE	Positivo (+) Negativo (-)	
PRESENCIA	Cierta Muy probable Probable Poco probable No probable	1,0 0,7 0,3 0,1 0,0
DURACION	Muy larga: si es mayor de 10 años Larga: si es mayor de 7 años Media: si es mayor de 4 años Corta: si es mayor de 1 año Muy corta: si es menor de 1 año	1,0 0,7 < 1,0 0,4 < 0,7 0,1 < 0,4 0,0 < 0,1
EVOLUCION	Muy rápida. Si es < de 1 mes Rápida: si es < de 12 meses Media: si es < de 6 meses Lenta: si es < de 24 meses Muy lenta: si es > de 24 meses	0,8 < 1,0 0,6 < 0,8 0,4 < 0,6 0,2 < 0,4 0,0 < 0,2
MAGNITUD	Muy alta: si Mr varia (2) >80% Alta: si Mr varía entre 60 – 80% Media: si Mr 40 – 60% Baja: si Mr varia 20 – 40% Muy baja: si Mr < 20%	0,8 < 1,0 0,6 < 0,8 0,4 < 0,6 0,2 < 0,4 0,0 < 0,2
IMPORTANCIA AMBIENTAL	Muy alta: Ca varía entre 8 < 10 Alta: Ca varía entre 6 < 8 Media. Ca varía entre 4 < 6 Baja: Ca varía entre 2 < 4 Muy baja: Ca varía 0 < 2	

CONSTANTES DE PONDERACION: a = 7,0 y b = 3,0

5.4.2.1 Inventario de impacto ambiental y calificación

[67] Ibíd.

Para la construcción de la matriz de impacto ambiental y la calificación se deben realizar los siguientes pasos:

A. Primero se realiza la identificación de los componentes ambientales asociados al área de influencia del proyecto de explotación de asfaltita presentes en la Mina Juan Pablo II, y sus impactos, los cuales pueden ser afectados por las actividades mineras.

B. Se valoran los impactos, según criterios establecidos en la metodología de Calificación ambiental, descritos anteriormente.

C. Se realiza la ecuación de calificación ambiental (Ca).

D. Se establece la importancia ambiental, según los rangos establecidos, en la tabla anterior, según la calificación ambiental.

5.4.3 Metodología de Evaluación ambiental Conesa

La metodología Conesa[68], consiste en la realización de una serie de matrices que permitan predecir el impacto ambiental que la obra o proyecto desencadena en el medio ambiente, para lo cual se debe realizar de la siguiente manera:

a) Se debe realizar una exploración del proyecto para conocer las actividades a realizar y establecer los posibles impactos afectados por la actividad minera.

b) Elaboración de una matriz cuantitativa de impactos ambientales, por las metodologías seleccionadas por el investigador, para el presente caso mediante el índice de calidad ambiental[69], los factores ambientales se deben descomponer en sistemas (medio físico, medio socioeconómico), subsistemas (inerte, biótico, perceptual, sociocultural y económico) y por componente ambiental (atmósfera, agua, suelo, subsuelo, vegetación, fauna, paisaje, población e infraestructura y bienestar social).

c) Se elabora la matriz causa – efecto, es una matriz cualitativa que consiste en una matriz de doble entrada donde se correlacionan las acciones impactantes en las columnas y en las filas los factores ambientales susceptibles de recibir el impacto. En dicha matriz se debe identificar los impactos a los diferentes componentes como son atmósfera, agua, suelo y subsuelo, vegetación, fauna,

[68] CONESA FERNANDEZ – VITORA, Vicente. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Editorial Mundi – prensa. Segunda edición. Madrid. 1993
[69] UNIDAD DE PLANEACION DE RECURSOS NATURALES DE EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDILLIN. Índice de Calificación Ambiental. Medellín 1986

paisaje, población, infraestructura y bienestar social, las cuales se deben relacionar con las actividades propias de la explotación de asfaltita de la cuna a la puerta, para identificar cuáles son las acciones que más afectan el medio ambiente.

d) Se realiza una valoración cualitativa simple que permite identificar los factores que se cruzan tanto de las acciones del proyecto como los impactos derivados del mismo, para tener una valoración de su importancia.

e) Esta matriz debe tener un símbolo que determine el tipo de impacto, es decir si es positivo, beneficioso para el medio ambiente o negativo que repercuta daño al medio ambiente.

f) Teniendo la matriz elaborada, se clasifica según la importancia por colores que determinan la criticidad de las acciones ejecutas en el proceso de explotación de asfaltita.

6. RESULTADOS.

6.1 CARACTERIZACIÓN PROCESOS DE EXPLOTACIÓN DE ASFALTITA

La mina Juan Pablo II: *La mina de asfaltita Juan Pablo II*, se encuentra localizada en el municipio de La Esperanza localizado al noroccidente del departo de Norte de Santander, para llegar al área del contrato de concesión No. GLL-111 que para efectos legales figura en Ingeominas bajo este título minero, se toma la vía que conduce del centro urbano de la Esperanza en la vereda la Ciénega aproximadamente diez kilómetros del casco urbano.

El área concesionada es de 21,287 hectáreas el material a extraer concesionado es "*Asfaltita",* según la clasificación oficial de minerales adoptados mediante resolución No.81108 de septiembre 18 de 2003 del Ministerio de Minas y Energía.[70]

6.1.1 Procesos

Los procesos identificados en la explotación de asfaltita siguiendo el flujo de trabajo son: Preparación, Explotación que incluye picado, cargue, extracción, Empaque, Cargue, transporte y descargue y, Mantenimiento y adecuación, los cuales se describen a continuación y se visualizan en la Gráfica No. 6: Mapa de procesos de la explotación de la Asfaltita.

6.1.1.1 Preparación

El encargado de salud ocupacional revisa el estado de salud y condiciones de los empleados antes del ingreso a la bocamina, se verifica el uso de la dotación.

Se enciende la una motobomba anti explosión de 7,5 HP al inicio del turno hasta la evacuación total del agua del nivel freático, aproximadamente por dos horas en ausencia de lluvia y, dependiendo de la temporada de lluvias debe permanecer encendida por más tiempo. De igual forma, se prende durante el turno cada vez que se requiere.

Se encienden las turbinas de inyección de aire (existen tres unidades: un motor de 2 HP, el segundo 6,6 HP y un tercero 5 HP) y el extractor principal de aire (5 HP), 10 minutos antes de entrar los empleados para normalizar el ambiente, los cuales permanecen encendidos mientras se encuentren los mineros en el socavón.

---

[70] REPUBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de Minas y Energía. Resolución No. 81108 (septiembre 18 de 2003), Por el cual se adopta la clasificación de Minerales del sector Minero Colombiano.

Se reporta en el tablero de empleados la ubicación donde van a estar; es decir, en el nivel guía donde van a trabajar y colocar la ficha de identificación que se encuentra dentro del socavón.

6.1.1.2 Explotación

Se ingresa al túnel por el inclinado principal a pie, apoyándose de la línea de vida hasta el sitio que le corresponde en la actividad correspondiente.

Para la extracción se requieren de tres trabajos específicos:

- **Picado:**

El picador (empleado) se encuentra en el avance principal o sobreguías, cuyo trabajo consiste en picar el material teniendo en cuenta de que en la medida en que lo hace, va construyendo el túnel en la forma y medidas establecidas (túnel de sección transversal, trapezoidal de base principal en el piso de 1,20 x 1,8 de altura x 1 m de la base superior) buscando que dicho túnel quede ubicado en el centro de la veta, para lograrlo cada 10 mt de avance se hace una sobreguía perpendicular al túnel de avance que tiene las mismas características del avance principal pero que establece el rumbo por donde debe ir la guía principal, este trabajo se realiza con una herramienta manual llamada pico para desprender el material rocoso de la veta la cual acumula a un lado con una pala, disponible para el cargue.

- **Cargue**:

El cargado es un empleado que moviliza (empujada manualmente) una vagoneta que va por un riel instalado por toda la guía principal hasta el sitio donde está el picador, quien tiene acumulación del material y la llena con pala la vagoneta y luego la dirige hasta el punto de cargue donde se encuentra esperando la vagoneta de extracción o principal, en el punto de cargue hay un elemento llamado “tecla” que hace las veces de embudo y donde el cargador puede voltear la vagoneta haciendo que todo el material caiga dentro de la vagoneta principal, el material que se haya salido es acomodado en la vagoneta principal manualmente con una pala, también el empleado indica con una tableta numerada de donde fue extraído el material colocándolo en la parte frontal de la vagoneta principal. El cargador jala la cuerda de la campana mediante tres golpes indica que el malacatero debe extraer la vagoneta.

- **Extracción**

El empleado de esta sección se llama “Malacatero”, quien al inicio del turno revisa las condiciones en que se encuentra el tractor, agua del radiador, aceite del motor, agrega el ACPM si es necesario, reporta las novedades como fugas de aceite, combustible y/o agua, las características del motor del tractor es universal 650,

Rumano de doble transmisión. Verifica el estado de la guaya, de las poleas del riel y lubricarlas con aceite quemado.

Posteriormente a la verificación del tractor, enciende el motor le da el calentamiento suficiente por 10 minutos y verifica el buen funcionamiento del equipo, la vagoneta que desde la noche anterior ha quedado suspendida en la parte alta de la torre, es descolgada hasta el punto de cargue, previa verificación de que no hay empleados en el inclinado principal, el operario lo hace con la activación de la reversa del tractor a muy baja velocidad; el operario sabe que la vagoneta llego al punto de cargue cuando la guaya se distensiona (afloja) ya que en este punto hay instalado un tope de madera que permite a la vagoneta frenar.

Cuando la vagoneta es llenada, el operario cargador le avisa al malacatero por medio de los toques de la campana; quien al escuchar los toches pone el tractor en primera y lo activa a muy baja velocidad jalando la vagoneta desde el fondo de la mina extrayéndola hasta la parte alta de la torre, donde baja la velocidad aún más permitiendo que la vagoneta se voltee y se desocupe; cuando la vagoneta se voltea, el operario se asegura de que frene, para evitar que se caiga, salga o descarrile de la torre de descargue, cuando se ha descargado completamente, el operario, activa nuevamente el tractor en reversa y permite que la vagoneta descienda hasta el sitio de cargue, apagando el tractor, hasta que le avisen nuevamente que la vagoneta está llena; donde enciende el tractor inicia otro proceso.

Este operario lleva la contabilidad de las vagonetas que salen llenas y registra de qué operario viene la extracción por medio del número de la tableta que coloca el cargador en la vagoneta.

Al finalizar el turno se asegura que la vagoneta quede en la parte alta de la torre en las condiciones de seguridad establecidas, asegura el tractor y registra las novedades.

6.1.1.3 Empaque

El material se empaca en sacos de polipropileno laminado interiormente, el cual no permite la salida de material pulverizado y es sellado con la maquina cosedora eléctrica marca Yotex, el contenido del saco es de 50 Kg, el llenado se hace manualmente por medio de pala, un operario abre el saco y el otro lo llena con ayuda de una báscula electrónica que permite asegurar el peso. Una vez llenos los sacos y confirmado su peso, se van ordenando en filas para posteriormente coserlos todos.

Si el cargue se realiza simultáneamente los sacos son cargados directamente al camión, sino no es posible, se almacenan a un lado del patio de llenado, para dar espacio a continuar con el llenado de los sacos.

6.1.1.4 Cargue, transporte y descargue

Los bultos almacenados son cargados al hombro por 4 operarios en un camión de 9 toneladas de capacidad y transportados hasta el punto de acopio ubicado a 8 km de la boca de mina, donde son descargados manualmente y apilados en el sitio correspondiente, esta operación se hace hasta completar 57 toneladas que es la unidad de despacho en cada viaje equivalente a dos tractomulas.

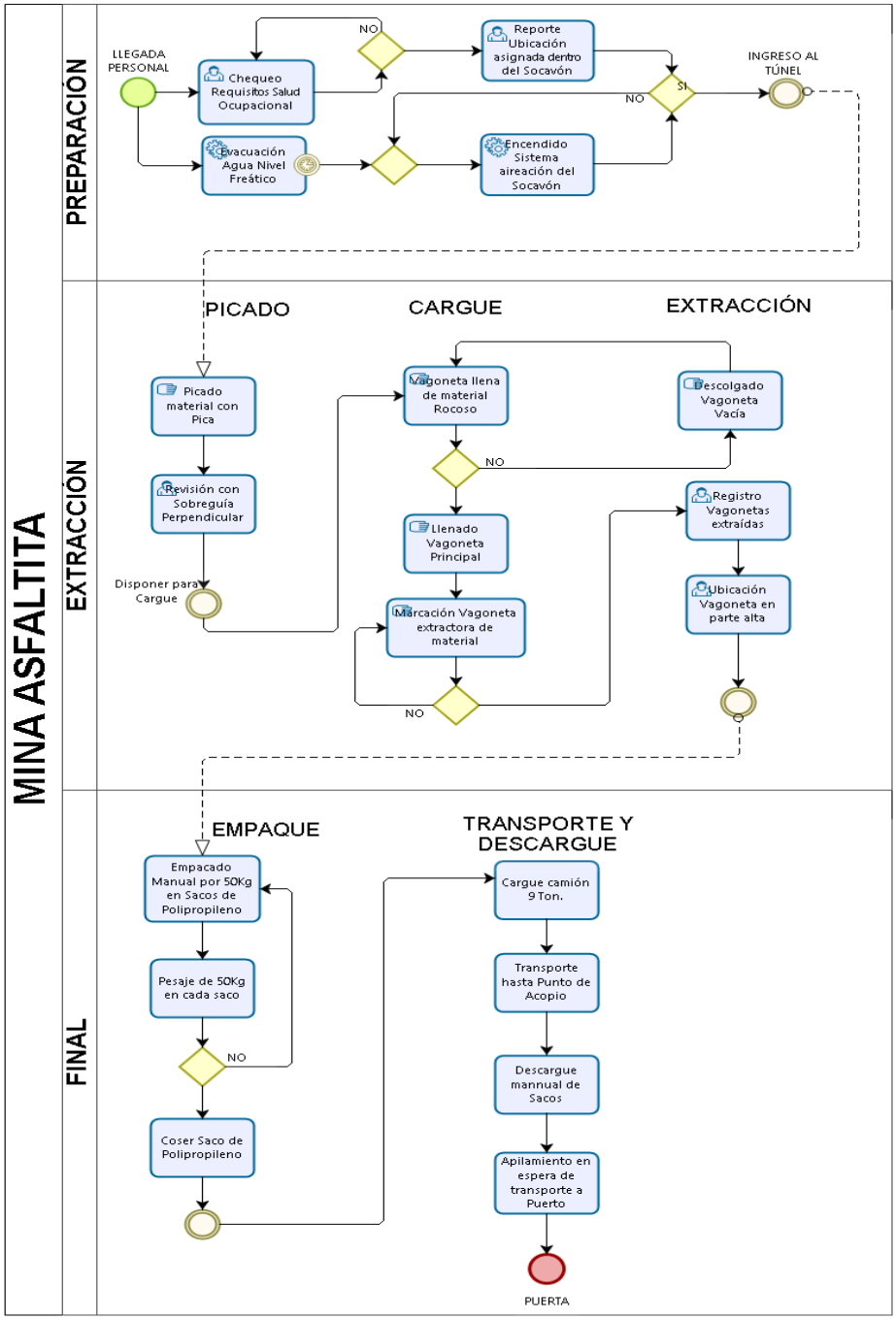
6.1.1.5 Mantenimiento y adecuación

Permanentemente se está revisando el estado de los polines (maderos atravesados a lo largo del riel), si se encuentra algún daño o anomalía, se reporta y se programa para terminación de turno o inicio de turno para el correspondiente cambio o corrección dependiendo de que exista el material para hacerlo, si no se tienen en el inventario se solicita y una vez la madera sea suministrada se hace la adecuación; se tiene como política que tan pronto existe indicio de avería se realiza el cambio respectivo.

La instalación de puertas nuevas de refuerzo, se construye e instalan cuando se presenta la necesidad dependiendo de la fortaleza de la estructura del material extraído en el túnel; si se observa debilidad del material, desprendimiento del material o que se encuentra en el túnel con un respaldo (choque con la tierra), se instala una puerta nueva.

Cambio de puertas existentes, si alguna de las puertas instaladas presenta falla (agrietamiento, desplazamiento o deterioro) se programa inmediatamente su cambio al final de un turno, si existe la necesidad de muchos cambios se programa un día completo para mantenimiento, este mantenimiento no se realiza por fecha establecida de instalación porque la madera no tiene un estándar de durabilidad.
Todos los procesos para la explotación de asfaltita se observan en la Gráfica 8:

Gráfica 8 Mapa de procesos de explotación de Asfaltita


MINA ASFALTITA
PREPARACIÓN
LLEGADA PERSONAL
Chequeo Requisitos Salud Ocupacional
NO
Reporte Ubicación asignada dentro del Socavón
Evacuación Agua Nivel Freático
Encendido Sistema aireación del Socavón
NO
SI
INGRESO AL TÚNEL
EXTRACCIÓN
PICADO
CARGUE
EXTRACCIÓN
Picado material con Pica
Revisión con Sobreguía Perpendicular
Disponer para Cargue
Vagoneta llena de material Rocoso
NO
Llenado Vagoneta Principal
Marcación Vagoneta extractora de material
NO
Descolgado Vagoneta Vacía
Registro Vagonetas extraídas
Ubicación Vagoneta en parte alta
FINAL
EMPAQUE
Empacado Manual por 50Kg en Sacos de Polipropileno
Pesaje de 50Kg en cada saco
NO
Coser Saco de Polipropileno
TRANSPORTE Y DESCARGUE
Cargue camión 9 Ton.
Transporte hasta Punto de Acopio
Descargue mannual de Sacos
Apilamiento en espera de transporte a Puerto
PUERTA

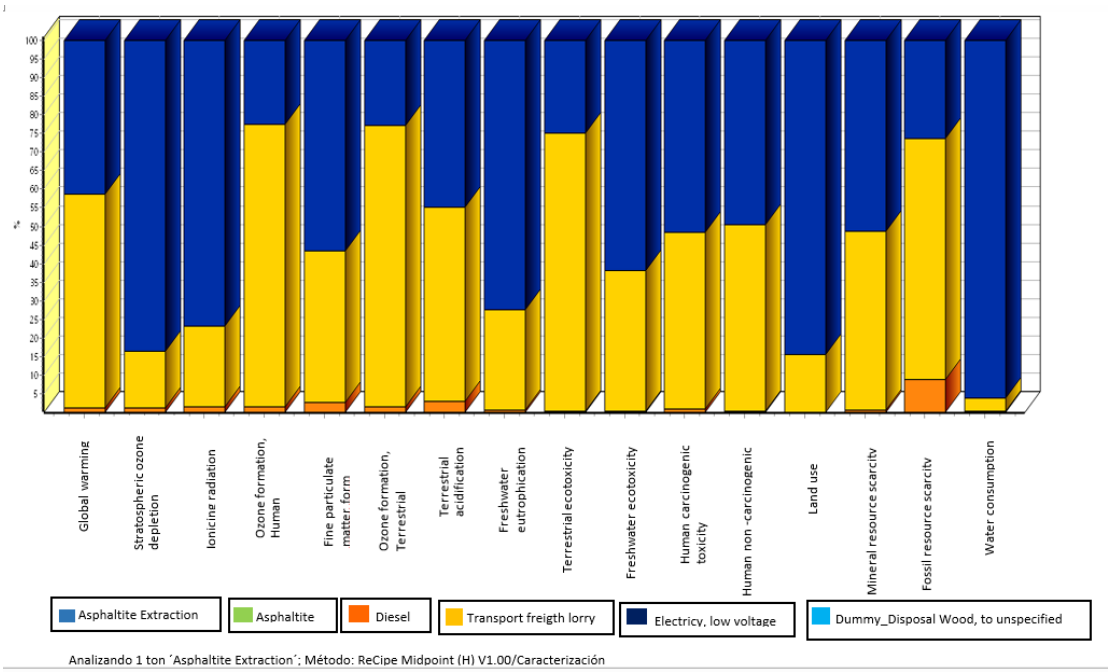
6.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE ACV

En el montaje del proceso de la explotación de asfaltita en software SimaPro VERSIÓN 8.4, facilitado por la Universidad Santo Tomás; se unificó como un solo proceso denominado *Extracción de asfaltita.* El consumo de recursos energéticos inicia durante la fase de preparación, pero continua con explotación debido a que los equipos deben permanecer encendidos para garantizar una atmosfera segura a los mineros, los equipos que deben estar en funcionamiento son la motobomba, los inyectores y extractores de aire, adicionalmente se cuantificó la energía total porque en la mina se cuenta con un solo contador para medir la energía utilizada durante todo el proceso productivo. Se tomó como referencia la energía producida en Brasil[71] (79,09% fuente hidráulica, 18,51% térmica) por ser similar a la producida en Colombia[72] y tener disponibilidad de este proceso en la base de datos del software SIMAPRO, la asfaltita se creó teniendo en cuenta los resultados de los análisis de laboratorios realizados tanto de las propiedades fisicoquímicas y la difracción de rayos X, (ver anexo F). Ya que es un producto que no se encuentra en la base de datos del software.

6.2.1 Análisis general de las categorías de Impactos ReCipe.y CML

Gráfica 9. Análisis general de Impactos con la Metodología ReCipe

[71] http://www.cpi.org.py/doc/biblioteca/mercado_energia_br.pdf
[72] https://www.minminas.gov.co/documents/10180/23400/05-ENERGIA2010-2011.pdf/770a198d-d4ee-4687-b74c-74592b403ae6

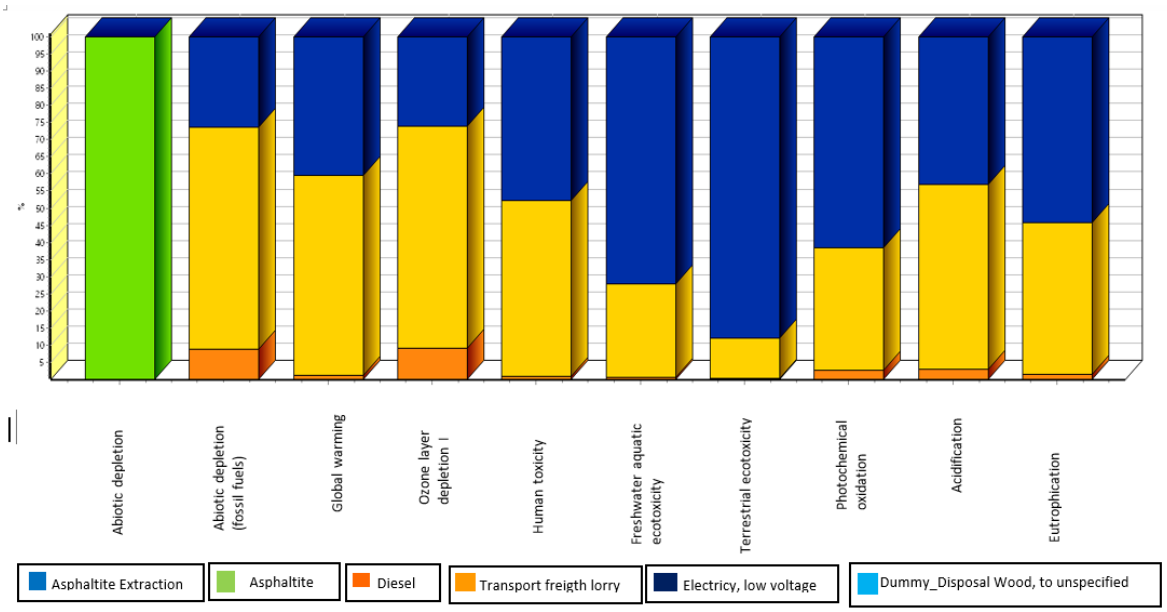


Cuadro 17. Cuantificación de Impactos con la metodología ReCipe

Categoría de impacto	Unidad	Total	Asphaltite Extraction	Asphaltite	Diesel {RoW}| market for |	Transport, freight, lorry	Electricity, low voltage {BR}|	Dummy_Disposa wood waste, to
Global warming	kg CO2 eq	3,02	9E-8	x	0,0373	1,73	1,25	x
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11 eq	5,01E-6	x	x	5,85E-8	7,6E-7	4,19E-6	x
Ionizing radiation	kBq Co-60 eq	0,17	x	x	0,0026	0,0366	0,131	x
Ozone formation, Human health	kg NOx eq	0,00943	x	x	0,000131	0,00716	0,00214	x
Fine particulate matter formation	kg PM2.5 eq	0,00351	x	x	9,59E-5	0,00143	0,00199	x
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NOx eq	0,00963	x	x	0,00014	0,00729	0,0022	x
Terrestrial acidification	kg SO2 eq	0,00996	x	x	0,000306	0,00518	0,00448	x
Freshwater eutrophication	kg P eq	0,000573	x	x	4,16E-6	0,000153	0,000416	x
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB e	0,00653	x	x	1,82E-5	0,00489	0,00162	x
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB e	0,0778	x	x	0,000297	0,0294	0,0482	x
Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DBC e	0,0875	x	x	0,000704	0,0416	0,0452	x
Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DBC e	77,1	x	x	0,336	38,7	38,1	x
Land use	m2a crop eq	0,405	x	x	0,000467	0,0627	0,342	x
Mineral resource scarcity	kg Cu eq	0,00802	x	x	5,82E-5	0,00384	0,00412	x
Fossil resource scarcity	kg oil eq	0,908	x	x	0,0796	0,588	0,24	x
Water consumption	m3	0,157	x	x	0,00045	0,00535	0,151	x

Se realizó el análisis de impactos con las metodologías ReCipe, como se aprecia en la gráfica 9 la mayor contribución a las diferentes categorías de impacto se presenta en el proceso de explotación de asfaltita, debido al consumo de energía para la operación de los equipos eléctricos, se observa en la metodología ReCipe que el consumo de energía eléctrica aporta con más del 50% a 9 de las 16 categorías de impacto estudiadas, seguido por el transporte de la asfaltita de la boca de mina hasta el centro de acopio con más del 50% de contribución a 8 de las 16 de las categorías de impacto, generado por el uso de combustibles fósiles para la operación del camión.

Gráfica 10. Análisis de Impactos con la metodología CML



Analizando 1 ton ´Asphaltite Extraction´; Método: CML-IA V3.04/EU25/Caracterización

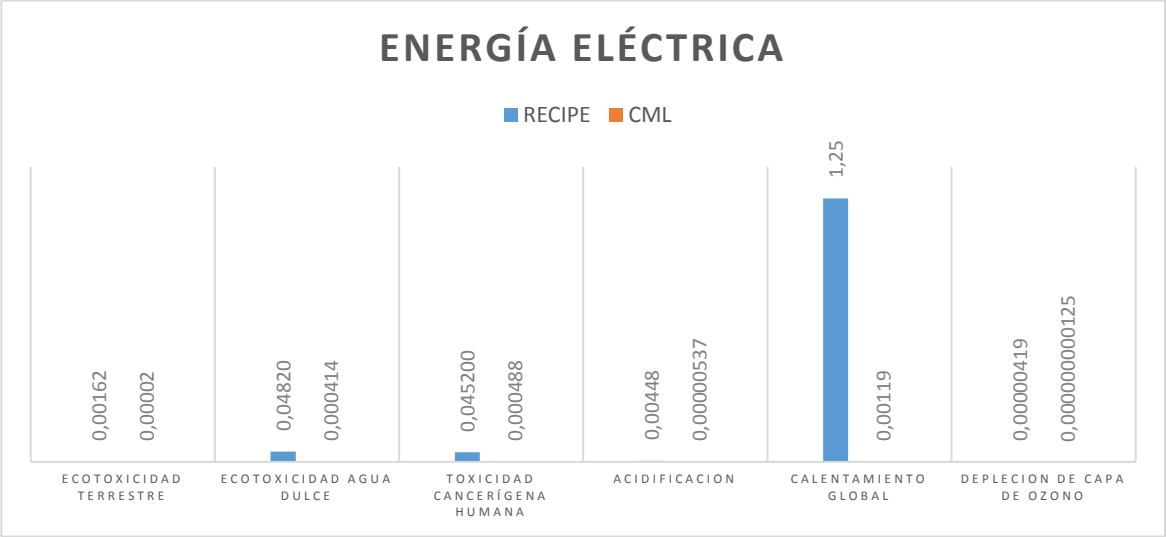
Cuadro 18. Cuantificación de Impactos con la metodología CML

Categoría de impacto	Unidad	Total	Asphaltite Extraction	Asphaltite	Diesel {RoW}| market for |	Transport, freight, lorry	Electricity, low voltage {BR}|	Dummy_Disposa wood waste, to
Abiotic depletion	kg Sb eq	7,09E-6	x	7,08E-6	2,05E-11	6,12E-9	2,98E-9	x
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	0,0415	x	x	0,00365	0,0269	0,0109	x
Global warming (GWP100a)	kg CO2 eq	0,00295	9E-11	x	3,65E-5	0,00172	0,00119	x
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	4,8E-10	x	x	4,42E-11	3,1E-10	1,25E-10	x
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	0,00102	3,06E-10	x	9,99E-6	0,000523	0,000488	x
Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	0,000575	x	x	4,18E-6	0,000157	0,000414	x
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	2,1E-5	x	x	6,32E-8	2,44E-6	1,85E-5	x
Photochemical oxidation	kg C2H4 eq	8,18E-7	x	x	2,24E-8	2,92E-7	5,04E-7	x
Acidification	kg SO2 eq	1,24E-5	x	x	3,75E-7	6,67E-6	5,37E-6	x
Eutrophication	kg PO4--- eq	3,43E-6	x	x	4,61E-8	1,53E-6	1,86E-6	x

El análisis realizado por la metodología CML representado en la gráfica 10, concluye que el transporte de asfaltita y el uso de energía eléctrica durante el proceso productivo de explotación de asfaltita, son los principales procesos que aportan a la afectación de las categorías evaluadas, aunque CML da mayor peso al transporte en las categorías de depleción de recursos fósiles, calentamiento global y depleción de ozono, debido al uso de diesel como combustible; en la categoría de depleción abiótica se da el 99% a la extracción de asfaltita, por ser un recurso extraído directamente de la naturaleza.

6.2.2. Análisis comparativo de Impactos ReCipe y CML

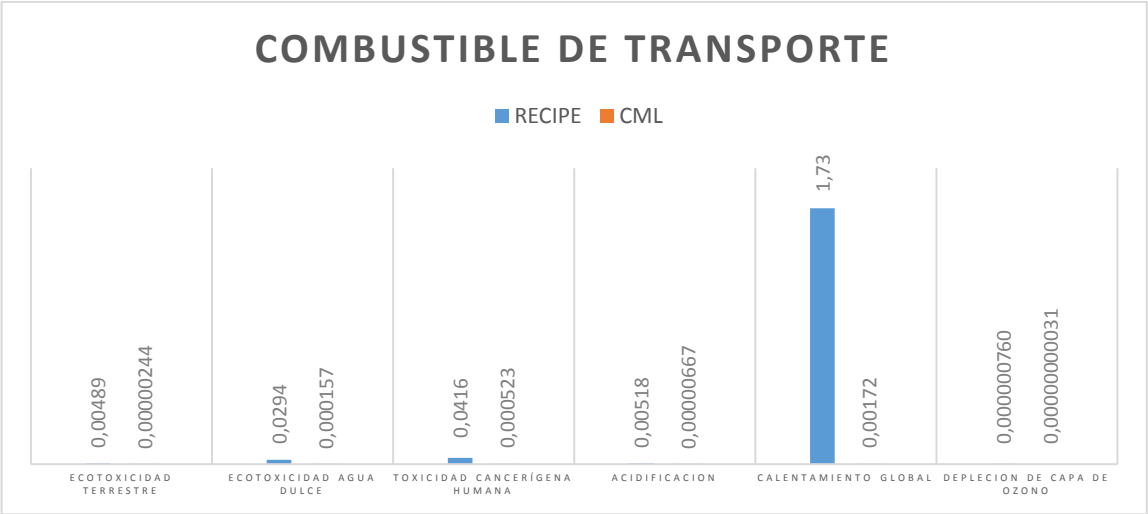
Gráfica 11. Gráfica comparativa de categorías de Impacto Energía Eléctrica según metodologías ReCipe y CML



Respecto al uso de electricidad al comparar las metodologías ReCipe y CML, se observan valores muy bajos en los resultados en cuanto a la ecotoxicidad terrestre y del agua dulce, la toxicidad cancerígena humana, acidificación y depleción de la capa de ozono. En el calentamiento global, ReCipe atribuye mucha más carga a la energía eléctrica que el método CML, siendo la categoría que mayor impacto ambiental representa para el estudio.

Recipe permite evaluar más categorías que CML y se destaca el consumo del agua, para la generación de energía; el uso del suelo, la radiación ionizante y la eutrofización del agua, como impactos atribuidos al uso de energía eléctrica; lo cual permitió concluir que se refiere más a la producción y transmisión de electricidad.

Gráfica 12. Gráfica comparativa de categorías de Impacto Transporte de Asfaltita según metodologías ReCipe y CML



En la gráfica 12 se presenta el comparativo para las categorías ambientales afectadas por el transporte de la asfaltita de la boca mina al punto de acopio ubicado a 8 km. Demuestra que en las metodologías Recipe y CML para las categorías ecotoxicidad terrestre y de agua dulce, toxicidad cancerígena humana, acidificación y la depleción de la capa de ozono, los valores son muy bajos. Por otra parte, la categoría calentamiento global presenta una carga muy importante en el impacto por transporte de asfaltita, especialmente reportada por el método ReCipe.

La tercera entrada que afecta es el Diésel, utilizado para la operación del tractor que mueve la vagoneta para extraer la asfaltita, este Diésel aporta el 8% a la escasez de recursos fósiles y depleción de la capa de ozono, pero como se aprecia gráficamente en la figura 9 y 10 este impacto realmente es poco significativo; por lo tanto, no se realiza un análisis adicional.

Por otra parte, es relevante que la extracción propiamente dicha de la asfaltita no genera impactos significativos en ninguna categoría, al igual que los otros procesos como son el empaque, el mantenimiento y adecuación de la mina.

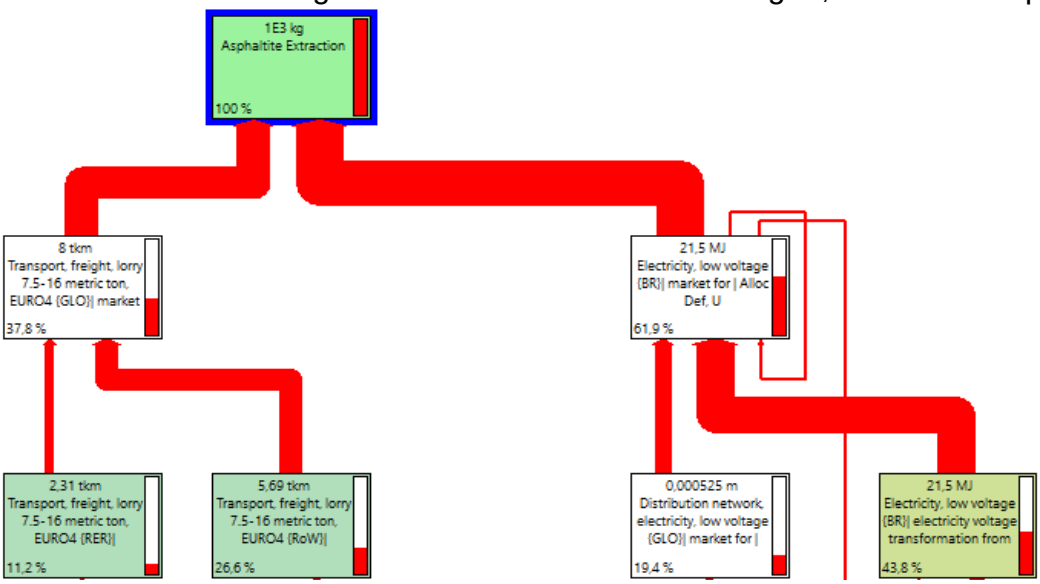
La extracción de asfaltita aporta el 99% a la depleción abiótica, dado que este proceso implica el retiro de un elemento mineral encontrado en su forma natural en el subsuelo, la cual es analizada por la metodología CML.

6.2.3. Resultados: impactos por categoría comunes y significativos para las metodologías RECIPE Y CML

- **Ecotoxicidad del agua:**

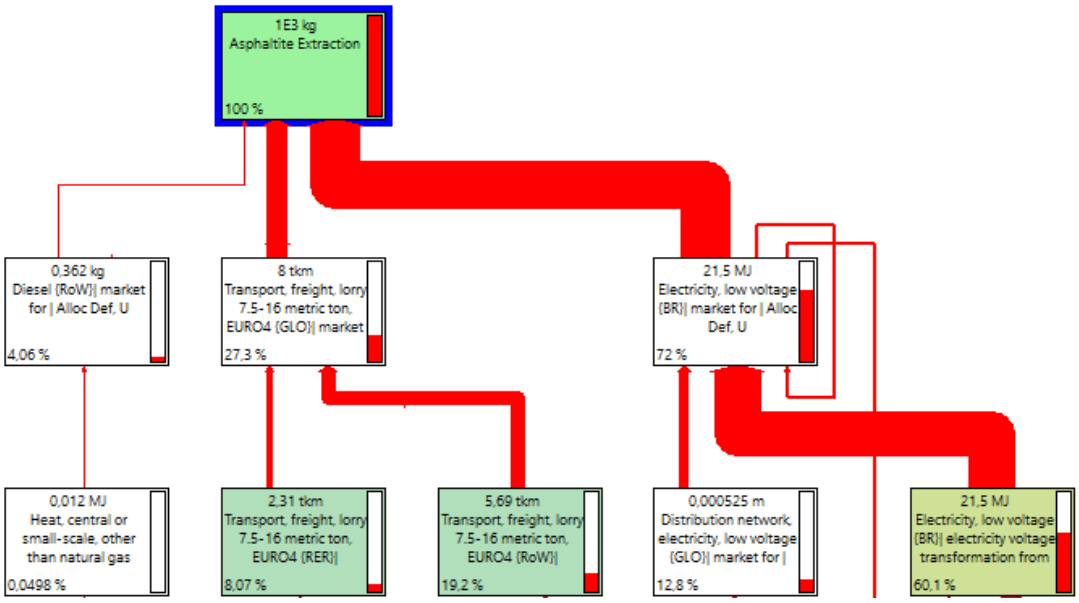
Freshwater Ecotoxicity (kg 1,4-DCB e) - Recipe:

Gráfica 13. Proceso con Carga Ambiental Ecotoxicidad del agua, Método ReCipe



Fresh Water Aquatic Ecotox. (kg 1,4-DB eq) – CML

Gráfica 14. Red de Impacto Ambiental Ecotoxicidad del Agua, Método CML



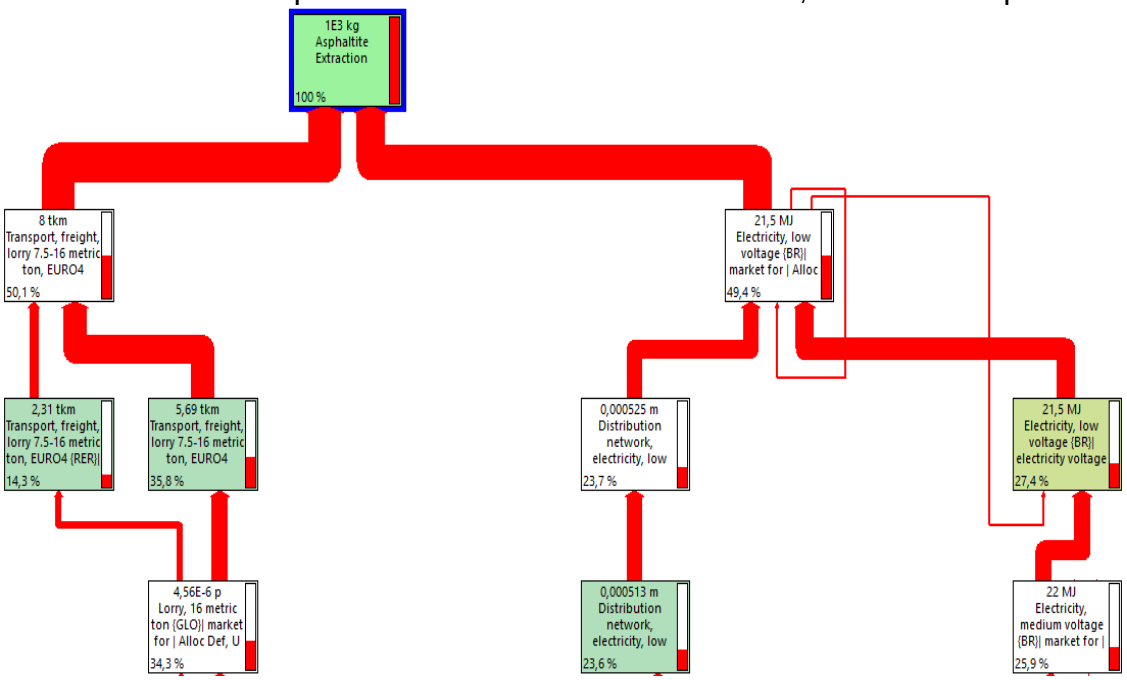
La presencia de sustancias tóxicas en el agua se debe al poder disolvente del agua que permite contener generalmente Dióxido de Carbono, Oxígeno y Nitrógeno y metales como sodio, magnesio, calcio y el hierro en disolución.[73]

Para la generación de energía[74] hidráulica se realiza sustitución de bosques, rastrojos y ruptura de los ecosistemas, la energía térmica genera contaminación hídrica por la generación de residuos de aguas calientes contaminadas con residuos de grasa y aceite. Y según las gráficas No 13 y 14 el mayor aporte lo realiza el consumo de energía eléctrica, pero cuantitativamente no es significativo con un aporte total de 0,0778 kg 1,4-DB e.

- **Toxicidad Humana:**

Human Non-Carcinogenic Toxicity (kg 1,4-DBC e)- Recipe

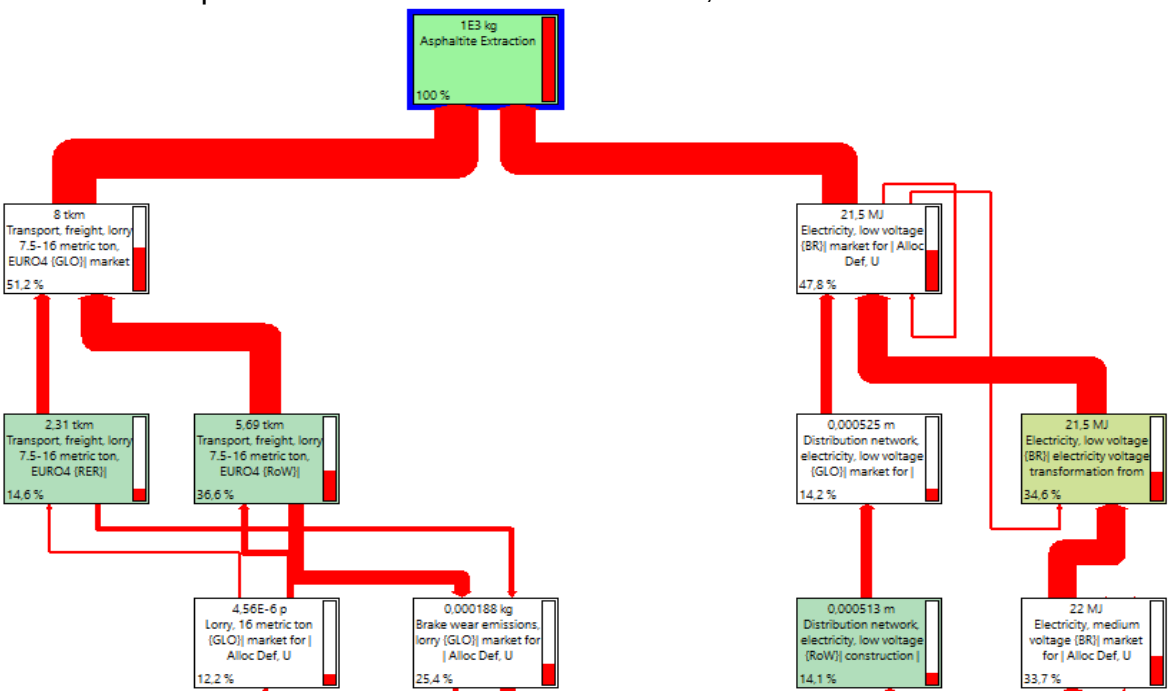
Gráfica 15. Red de Impacto Ambiental Toxicidad Humana, Método ReCipe



[73] Op. Cit.
[74] https://www.minminas.gov.co/documents/10180/23400/05-ENERGIA2010-2011.pdf/770a198d-d4ee-4687-b74c-74592b403ae6

Human Toxicity (KG 1,4-DB EQ) – CML

Gráfica 16. Impacto Ambiental Toxicidad Humana, Método CML

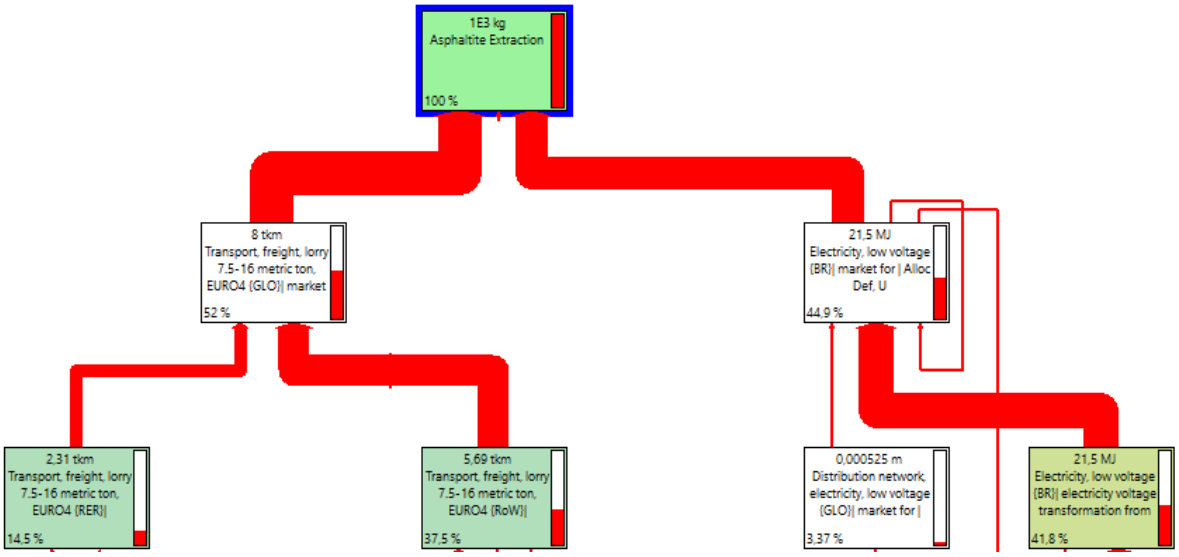


Teniendo en cuenta que este indicador se basa en concentraciones tolerables en el aire y el agua admisible para la toxicidad humana y que está dado principalmente por el aporte de la generación de energía eléctrica y el uso de combustibles fósiles, el uso de estos insumos energéticos producen liberación gases efecto invernadero, como el monóxido de carbono que afecta la capa de ozono y permite el paso de los rayos ultravioleta que causa cáncer de piel en las personas y debilitamiento del sistema inmunológico por consiguiente la mayor vulnerabilidad a enfermedades. Cuantitativamente este aporte a la categoría es de 77,1 kg 1,4-DBC e.

- **Acidificación Terrestre:**

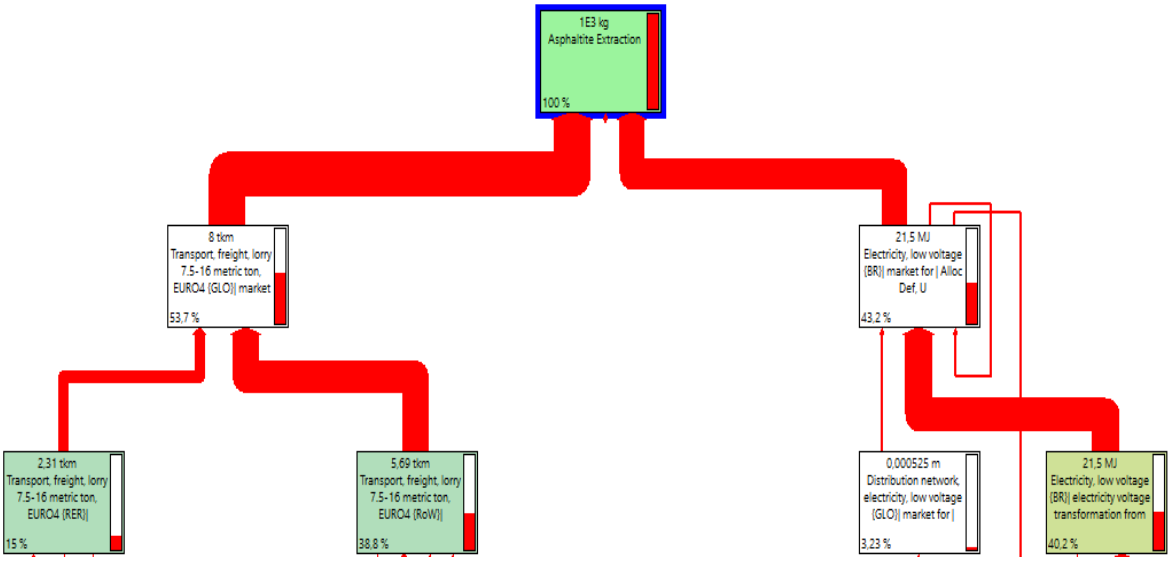
Terrestrial Acidification (KG SO2 EQ) – RECIPE

Gráfica 17. Impacto Ambiental Acidficación Terrestre, Método ReCipe



Acidification (KG SO2 EQ) – CML

Gráfica 18. Impacto Ambiental Acidificación, Método CML



La afectación ambiental ocasionada por el transporte de la Asfaltita de la mina al punto de entrega, a través del consumo del combustible para operar el camión y el uso de energía eléctrica. En general los combustibles como el diésel y la gasolina son hidrocarburos aromáticos policíclicos (PHAs), que además contienen compuestos orgánicos volátiles CVOs que junto con el material particulado conforman la polución o presencia de sustancias que determinan la calidad del aire[75].

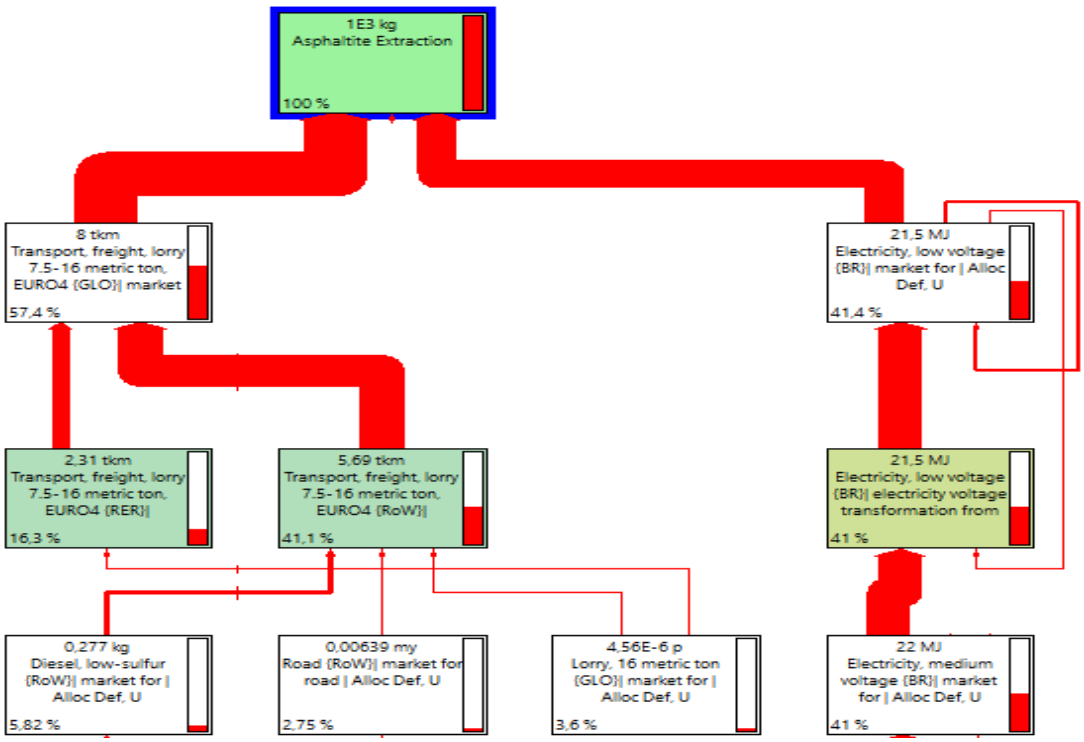
La emisión de gases contaminantes del combustible Diésel, contiene Hidrógeno cuyo catión es el responsable de la acidificación del suelo que se convierte en una condición restringente para las plantas afectando la disponibilidad de nutrientes para su crecimiento, esta contribución está distribuida cada equitativamente al transporte y al uso de energía. Y la afectación es poco significativa ya que en el proceso de explotación de asfaltita de se aporta 0,00996 kg SO2 eq.

- **Calentamiento Global:**

Global Warming (KG CO_2 EQ).- RECIPE

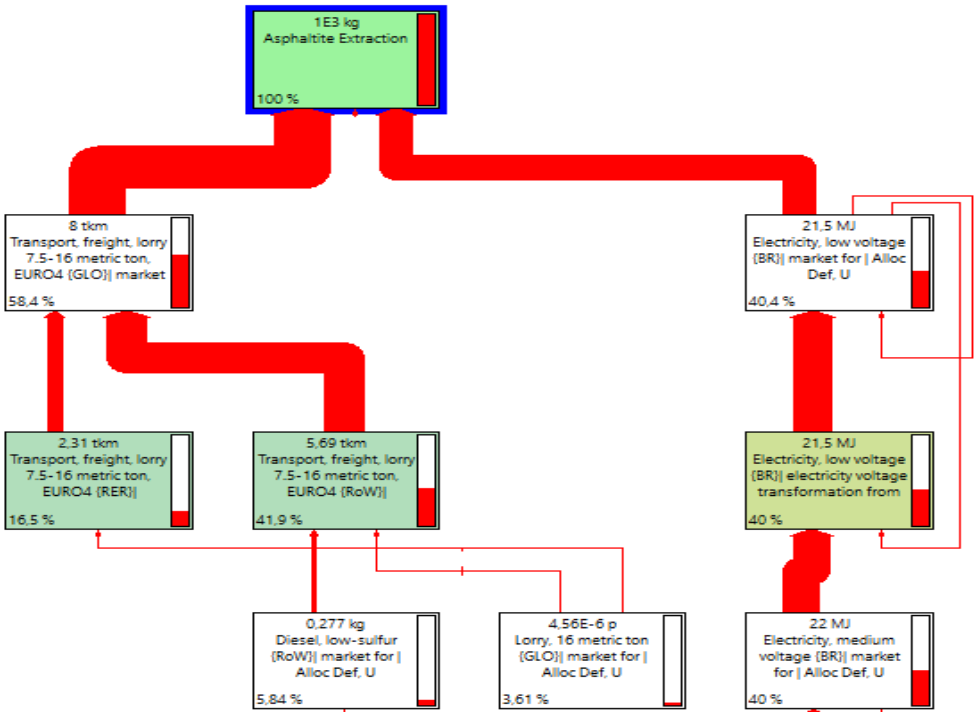
Gráfica 19. Impacto Ambiental Calentamiento Global, Metodología ReCipe

[75] CASTAÑEDA DE ÁBREGO, Vianney. Desarrollo de la Tecnología de la Fotoremediación para mejorar la calidad del aire en el Área Metropolitana de San Salvador. El Salvador. Julio de 2006.



Global warming (GWP100a) (kg CO_2 eq) – CML

Gráfica 20. Impacto Ambiental Calentamiento Global, Método CML



En la categoría calentamiento global, el mayor porcentaje de aporte lo da el transporte de la asfaltita al punto de acopio (57,4%) y en segundo lugar en participación lo tiene la energía eléctrica (41,4%), tal como se aprecia en la gráfica como se aprecia en la gráfica 19 y 20, al analizar los resultados por las dos metodologías los resultados son similares y contundentes.

Las metodologías ReCipe y CML, demuestran que el transporte de asfaltita y la explotación de asfaltita son las etapas con mayor aporte al cambio climático, por el uso de combustibles fósiles y consumo de energía eléctrica, por ser la energía eléctrica un recurso de uso permanente, el análisis se orientará hacia la energía.

Según la UPME[76] en Colombia la energía eléctrica proviene el 64,5% de fuente hidráulica, 30,3% térmica, el 4,8% de fuentes menores y el 0,4% de cogeneradores, y en la evaluación del Impacto Ambiental realizado en este sector estableció que energía contribuye con el 27% de CO_2 y el 10% de CH_4, y Según Carvajal y Marín [77] la principal actividad que contribuye con a la emisión de CO_2 es la generación de energía a partir de la quema de combustibles fósiles como el carbón y el petróleo, y según la Organización Meteorológica Mundial el CO_2 genera el 86% de partículas aceleradoras del calentamiento global.

Según el IDEAM[78]. "El calentamiento global se puede entender en forma simplificada como el incremento gradual de la temperatura del planeta como consecuencia del aumento de la emisión de ciertos gases de Efecto Invernadero - GEI) que impiden que los rayos del sol salgan de la tierra, bajo condiciones normales. (Una capa "más gruesa" de gases de efecto invernadero retiene más los rayos infrarrojos y hace elevar la temperatura)"

Según los valores reportados en el Tercer Reporte de Evaluación del IPCC (2001) El potencial de calentamiento a 100 años del dióxido de carbono es 1, y el del metano es de 23. Cuantitativamente la explotación de asfaltita de la cuna a la puerta (centro de acopio) aporta 3,02 kg CO_2 eq, lo cual no es significativo ya que es el equivalente a la producción de 3,75 kg de trigo (1kg de trigo/0,8 kg CO_2 eq), o de la quinta parte de producir un kilo de carne (1 kg de carne /16 kg CO_2 eq)[79] y mucho

---

[76]Unión Temporal TAU Consultora Ambiental - Ambiental Consultores. Informe Marco Ambiental Estratégico Consensuado Evaluación Ambiental del PERGT. Bogotá. 2010

[77] CARVAJAL, Quintero Sandra Ximena, MARIN, Jiménez Juan David. Impacto de la generación distribuida en el sistema eléctrico Colombiano. Un enfoque dinámico. Universidad Nacional de Colombia. Manizales – Colombia. 2011

[78] IDEAM. Gases efecto invernadero y cambio climático. http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd

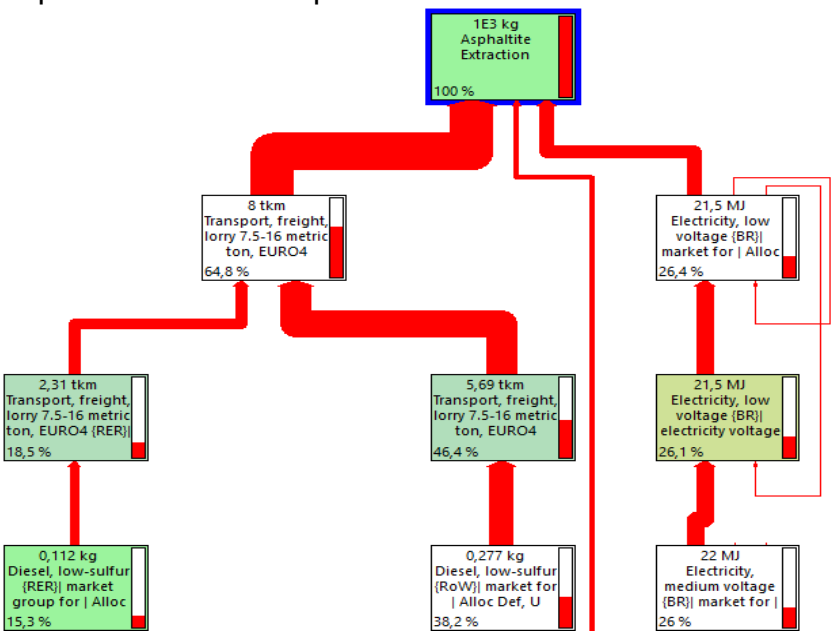
[79] http://www.aclimatecolombia.org/huella-de-carbono/

menor que la producida por la explotación de su peso equivalente en cobre, (1Kg de Cobre / 2,6 kg CO_2 eq)[80]

- **Depleción de Recursos Fósiles:**

Fossil Resource Scarcity (KG OIL EQ) – RECIPE

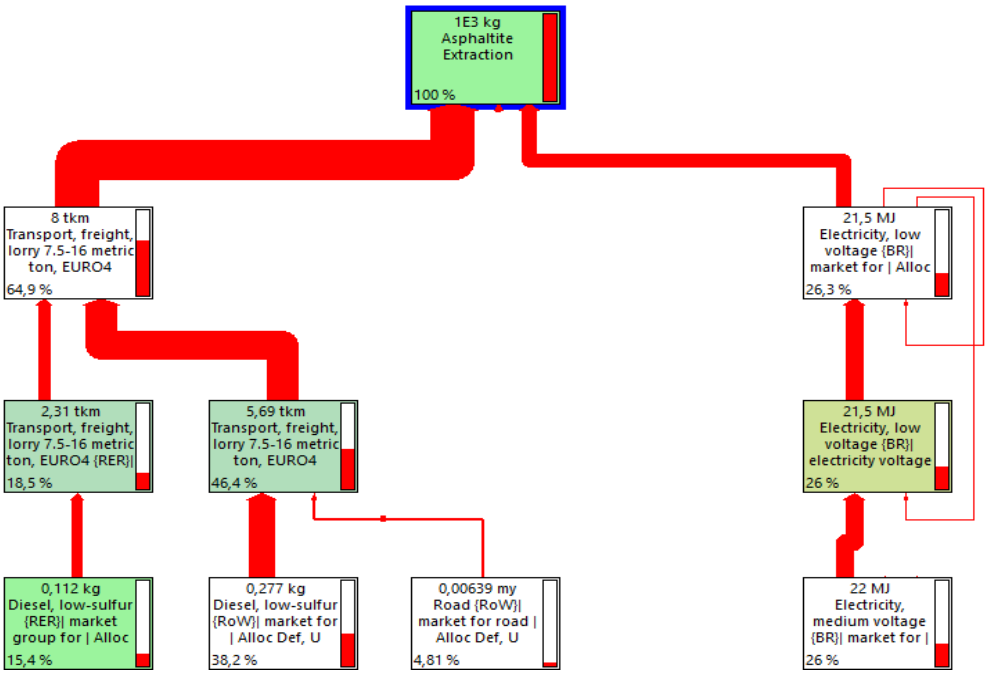
Gráfica 21. Impacto ambiental Depleción de los Recursos Fósiles. Método ReCipe



Abiotic Depletion (FOSSIL FUELS) (MJ) – CML

Gráfica 22. Impacto ambiental Depleción de combustibles fósiles, Método CML

[80] Espí Rodríguez, José Antonio y Sanz Contreras, Jose Luis (2010). La huella del carbono en la clasificación ambiental de los proyectos mineros*:* Cobre Las Cruces. En: "XV Congreso Peruano de Geología", 27/09/2010 - 01/10/2010, Cuzco, Perú.



Todos los recursos o combustibles fósiles son finitos y no renovables, es decir, limitados. Sin embargo; un grupo de geólogos determinan un cénit o pico en la extracción de cada recurso, que sólo puede ser parcialmente variado por la tecnología[81], con importantes repercusiones económicas. Se tiene en cuenta variables como la disminución en la demanda de estos combustibles, la transición a tecnologías renovables y su sostenibilidad, y cambio en los patrones de agotamiento de los recursos fósiles. Se muestra la red de cargas ambientales, gráficas 21 y 22, donde los mayores impactos se dan en los consumos energéticos, se analiza que el consumo de energía eléctrica es el principal impacto debido a que la generación de la energía empleada en el análisis de ciclo de vida se da en centrales eléctricas y según HONTY [82] el 90% de la oferta de energía primaria proviene de carbón, gas y petróleo, recursos fósiles no renovables.

No obstante, está categoría refleja el impacto por el uso de recursos fósiles tanto para la producción de energía como el uso de diesel como combustible del camión que transporta al asfaltita como el usado en la operación del tractor el cual no es significativo, aunque las dos categorías evalúan con distintas unidades los resultados en cuanto a porcentajes de cargas es similar tanto la atribuida a electricidad y al transporte de la asfaltita.

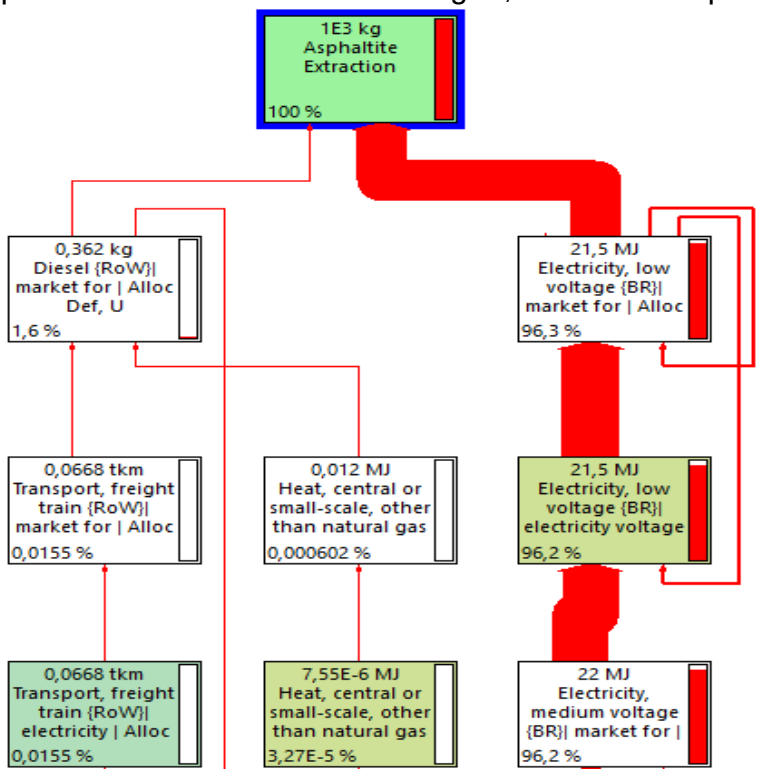
[81] CAPELLÁN-PÉREZ, Íñigo y otros. Agotamiento de los combustibles fósiles y escenarios socioeconómicos: un enfoque integrado. 2014. http://www.eis.uva.es/energiasostenible/wp-content/uploads/2014/09/Capellanetall2014_esp.pdf
[82] HONTY, Gerardo. Energía en Sudamérica, una interconexión que no integra. Centro Latino Americano de Ecología Social. 2006

6.2.4 Categorías significativas para RECIPE

- **Consumo de agua**:

Water Consumption (M3)

Gráfica 23. Impacto Ambiental Consumo de Agua, Método ReCipe

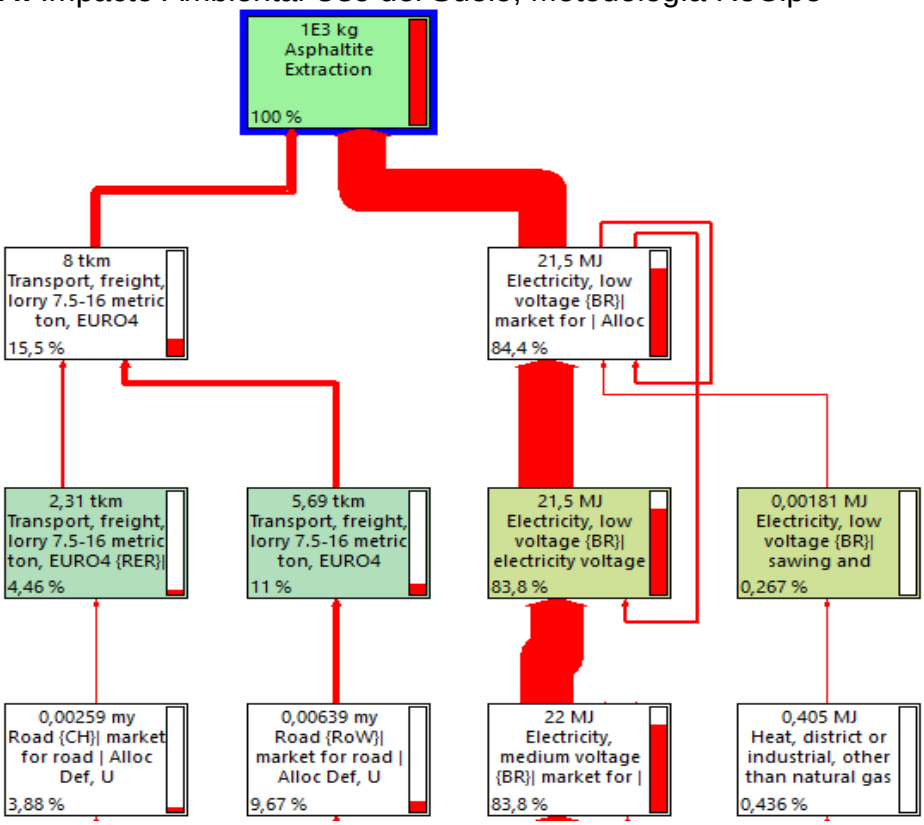


Para Recipe, la producción de energía eléctrica genera un alto impacto ambiental, Gráfica 23, primordialmente porque, como se mencionó anteriormente, la energía eléctrica en Colombia proviene en un 64,5% de hidroeléctricas[83], las cuales tienen identificado en sus estudios de impacto ambiental conflictos por otros usos del recurso agua, problemas de erosión aguas abajo del embalse, sustitución de bosques, praderas y cobertura vegetal, alteración del ecosistema acuático y terrestre, circunstancias que sin duda comprometen el recurso hídrico. Sin embargo para la explotación de una tonelada de asfaltita se compromete 0,157 m^3 de agua para la generación de energía utilizada en este proceso.

- **Uso del suelo: Land Use (M2A CROP EQ)**

[83] Unión Temporal TAU Consultora Ambiental - Ambiental Consultores. Informe Marco Ambiental Estratégico Consensuado Evaluación Ambiental del PERGT. Bogotá. 2010

Gráfica 24. Impacto Ambiental Uso del Suelo, Metodología ReCipe



El uso del suelo dado por el uso de recursos utilizados para la explotación de asfaltita como la energía eléctrica y el combustible del transporte de la asfaltita**,** se debe a que la generación de energía provoca alteración de flora y fauna en las zonas inundadas, ruptura de relaciones biológicas, por lo cual afecta la biodiversidad de las áreas afectadas directa o indirectamente, al igual que causa fragmentación de hábitat de comunidades bióticas terrestres.

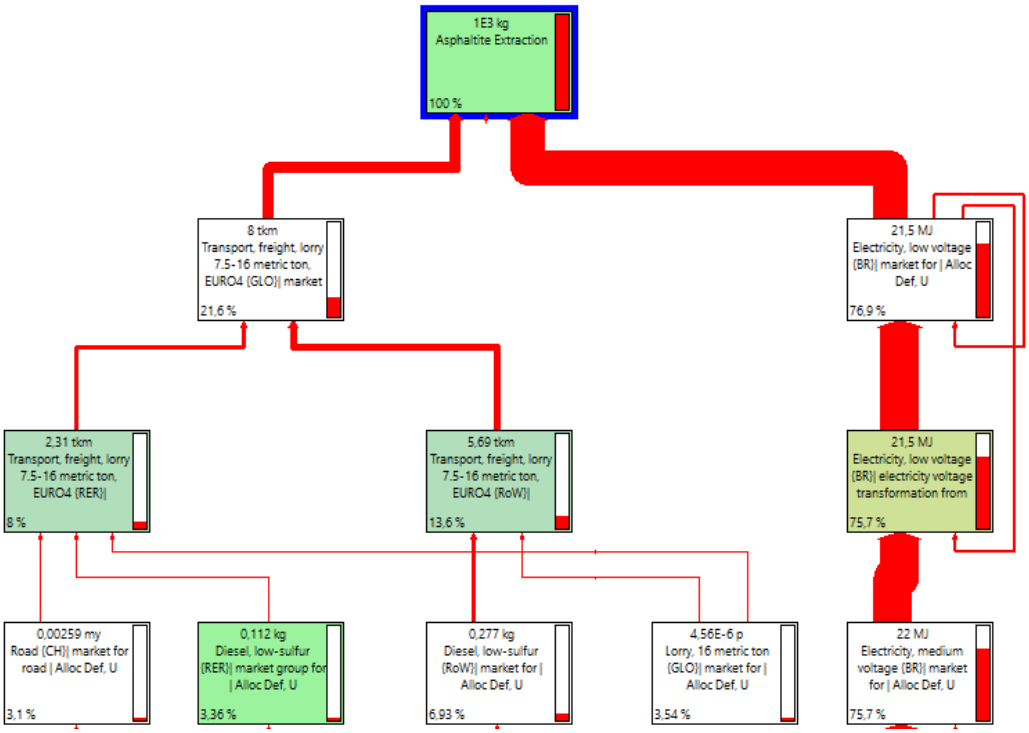
Por otro parte, la construcción de redes eléctricas produce daño a los ecosistemas por el trazado de los corredores eléctricos y deterioro de bosques para el mantenimiento de dichos corredores, impactos identificados por la UPME[84].

- **Radiacion Ionizante**

Ionizing Radiation (KBQ CO-60 EQ) – ReCipe

[84] Ibíd.

Gráfica 25. Red de cargas ambientales categoría Radiación Ionizante, Metodología ReCipe



Las radiaciones ionizantes se refieren a las radiaciones con la energía suficiente para ionizar la materia, es decir extraer los electrones de sus estados ligados al átomo, razón por la cual la exposición continúa y a niveles superiores a los permitidos pueden ser nocivos para la salud de las personas y animales.

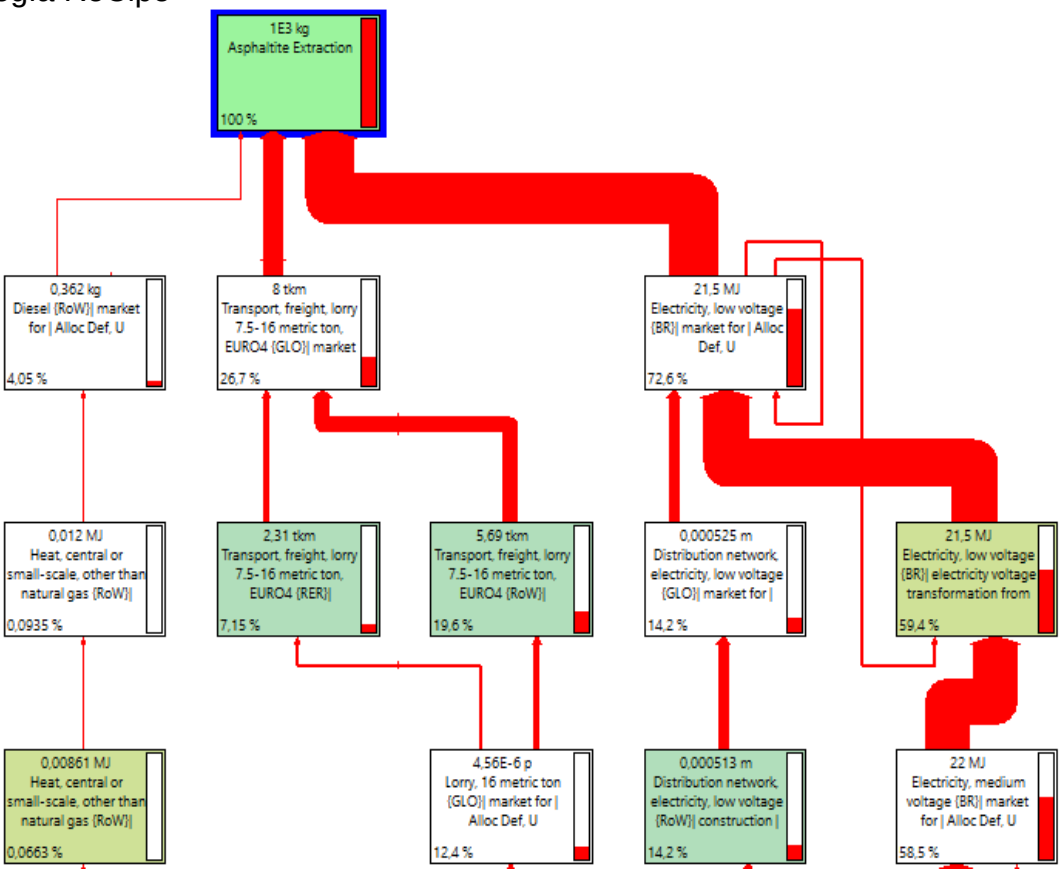
El factor de caracterización de la radiación ionizante representa el nivel de exposición de la población mundial. La unidad es año / kBq Cobalto-60 equivalentes al aire. Para la explotación de asfaltita el aporte de radiación ionizante total es de 0,17 kBq Cobalto-60 equivalentes al aire, dado en el 76,9% por el uso de la energía eléctrica y el 21,6% por el transporte de la asfaltita. De acuerdo a la NTC 3970[85] se considera material radiactivo, la sustancia con contenido mayor a 70 kBq/kg, por lo cual la afectación en esta categoría por la explotación de asfaltita no es significativa.

- **Eutrofización de Agua Dulce:**

Freshwater Eutrophication (KG P EQ) ReCipe

[85] NTC 3970 TRANSPORTE DE MERCANCIAS PELIGROSAS CLASE 7. MATERIALES RADIOACTIVOS TRANSPORTE TERRESTRE POR CARRETERA. ICONTEC. BOGOTA 1996

Gráfica 26. Red de carga ambiental categoría Eutrofización de Agua Dulce, Metología ReCipe

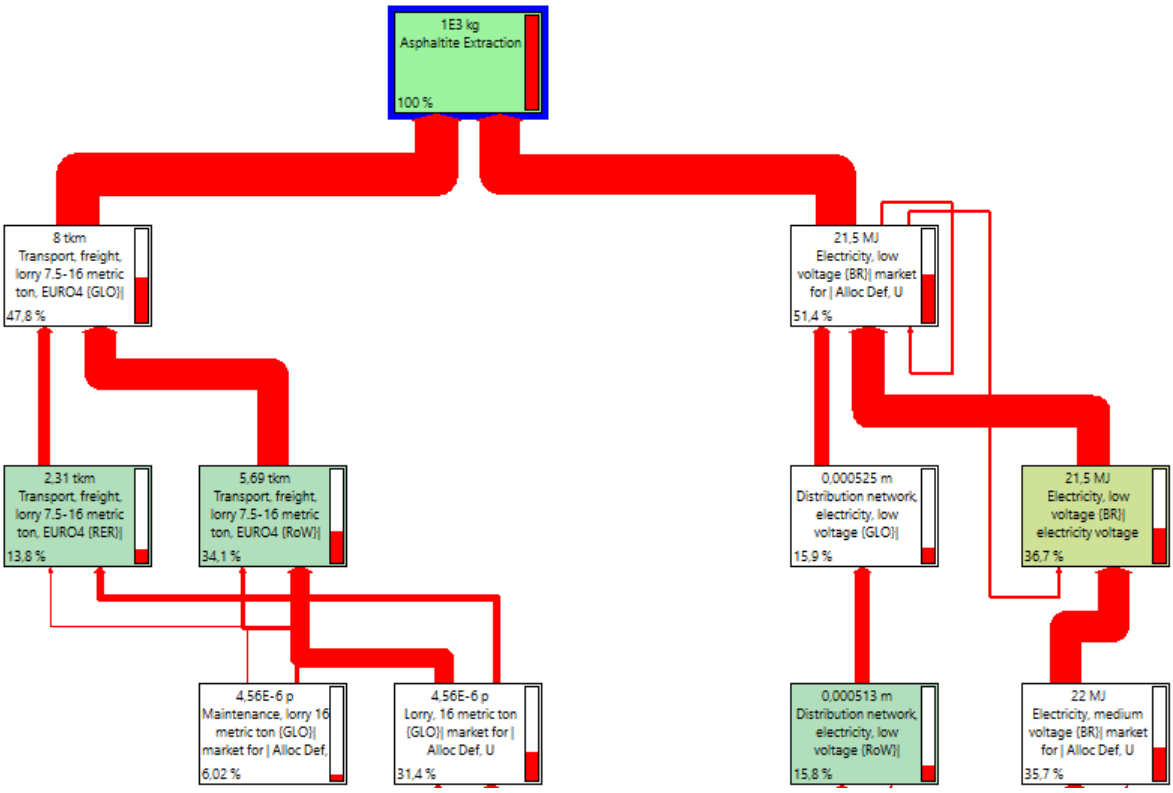


La eutrofización es el aumento de nutrientes en el agua, generalmente por el aumento de sustancia como el nitrógeno. La producción de energía a partir de gas natural, carbón mineral, fuel oil, que además de generar emisiones de CO_2 producen otros contaminantes, con contenido de azufre produciendo lluvia acida, la cual causa esterilización de la tierra, daño de estructuras, problemas de piel, destrucción del plancton de los cuerpos de agua y alteración de la cadena alimenticia. El aporte de la explotación de asfaltita es de 0,000573 KPeq, la cual no tiene un impacto significativo, según se observa en la Gráfica 25.

- **Agotamiento de Recursos Minerales**

Mineral Resource Scarcity (KG CU EQ) ReCipe

Gráfica 27. Red de carga ambiental categoría Agotamiento de Recursos Minerales, Metodología ReCipe

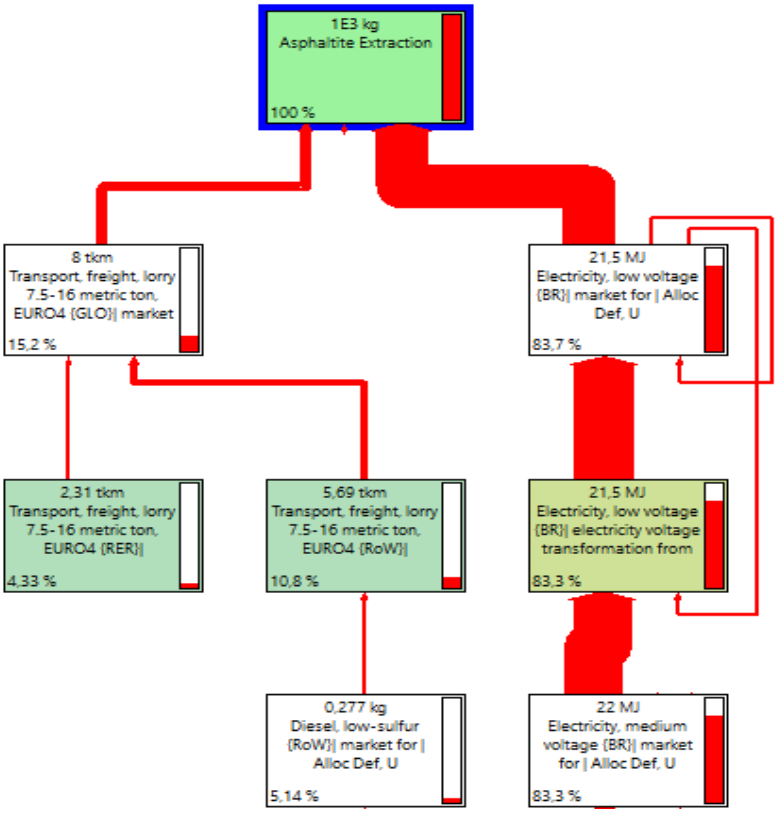


El agotamiento de recursos minerales, lo aporta casi de forma equitativa el uso de energía y el transporte de asfaltita por el uso de Diesel, la energía térmica, componente de la energía producida en Colombia y por ser recursos minerales finitos, es lo que se destaca en esta categoría. El aporte realizado por estos procesos es de 0,00802 kg Cu eq, que es una cifra baja la cual no representa una afectación significativa, como lo demuestra la gráfica 27.

- **Depleción de Ozono Estratosférico:**

Stratospheric Ozone Depletion (KG CFC11 EQ) – RECIPE

Gráfica 28. Red de carga ambiental categoría Depleción de Ozono Estratosférico.



La capa de ozono estratosférico es esencial para absorber el espectro dañino de la radiación ultravioleta proveniente del sol. El deterioro de la capa de ozono es de origen antropogénico y la liberación de las sustancias agotadoras de ozono reaccionan con las moléculas de ozono en una reacción fotoquímica en cadena, una vez que destruye una molécula de ozono está lista para destruir más, por consiguiente puede destruir miles de moléculas de ozono.

Las plantas de energía emiten a la atmosfera emisiones[86] de CO, óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre, la generación de energía a partir del uso de combustibles fósiles representa el 87% de la producción mundial, de igual forma el uso de combustibles fósiles, en el transporte de la asfaltita usando motores de 4 tiempos producción de CO_2, producen monóxido de carbono y liberan hidrocarburos orgánicos volátiles y liberación de material particulado (MP10) por la quema de aceite del motor, lo que libera hollín que contribuye a la formación del smog que al unirse con el vapor de agua forman la nube oscura que reflejan la luz solar al espacio, disminuyéndola en su viaje al alcanzar la superficie terrestre denominado

[86] ENRIQUEZ, Gilberto. Tecnologías de generación de energía eléctrica.

“efecto espejo”[87] que causa enfriamiento y oculta el calentamiento global, está contaminación genera disminución de la radiación solar, lo que afecta directamente la fotosíntesis, la composición de las nubes y por consiguiente potencializa las sequías.

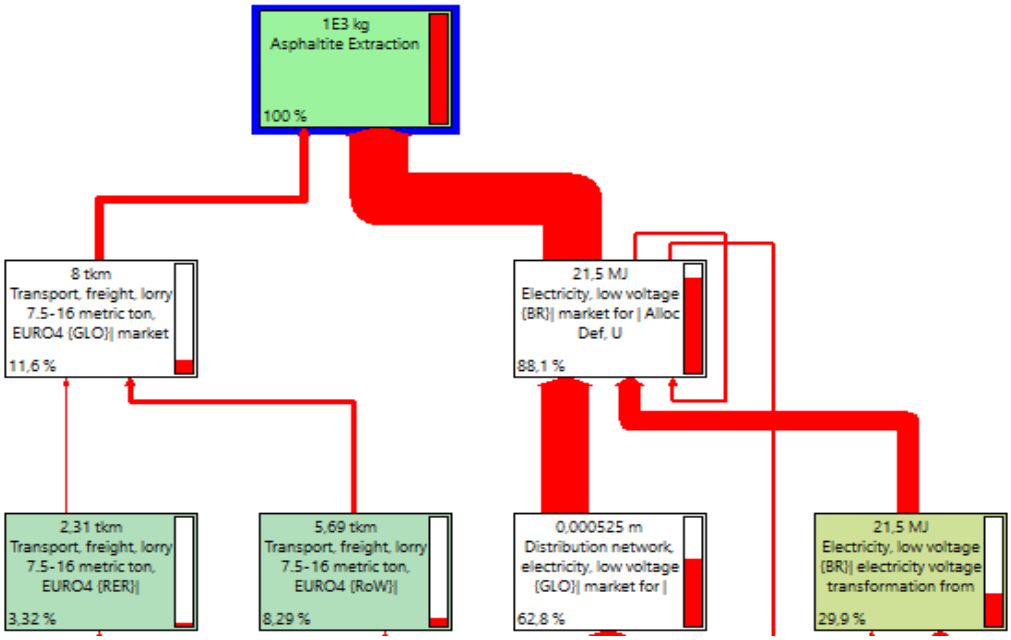
De acuerdo con lo anterior y lo reflejado en la gráfica No 28 el agotamiento de la capa de ozono producto del proceso de explotación de asfaltita, se debe principalmente al uso de la energía eléctrica, proceso al cual se le atribuye el 83,7% del impacto y el 15% restante al transporte de asfaltita.

6.2.5. Impactos significativos por la metodología CML

- **Ecotoxicidad Terrestre:**

Terrestrial Ecotoxicity (KG 1,4-DB EQ) – CML

Gráfica 29. Red de cargas ambientales categoría Ecotoxicidad Terrestre, Metología CML



Aunque la ecotoxicidad terrestre se da en mayor medida por los compuestos químicos orgánicos, también se da como resultado de las emisiones de sustancias tóxicas al aire, agua y suelo. En la Gráfica 29, en la explotación de asfaltita se utiliza

[87] IDEAM. Gases efecto invernadero y cambio climático. http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd

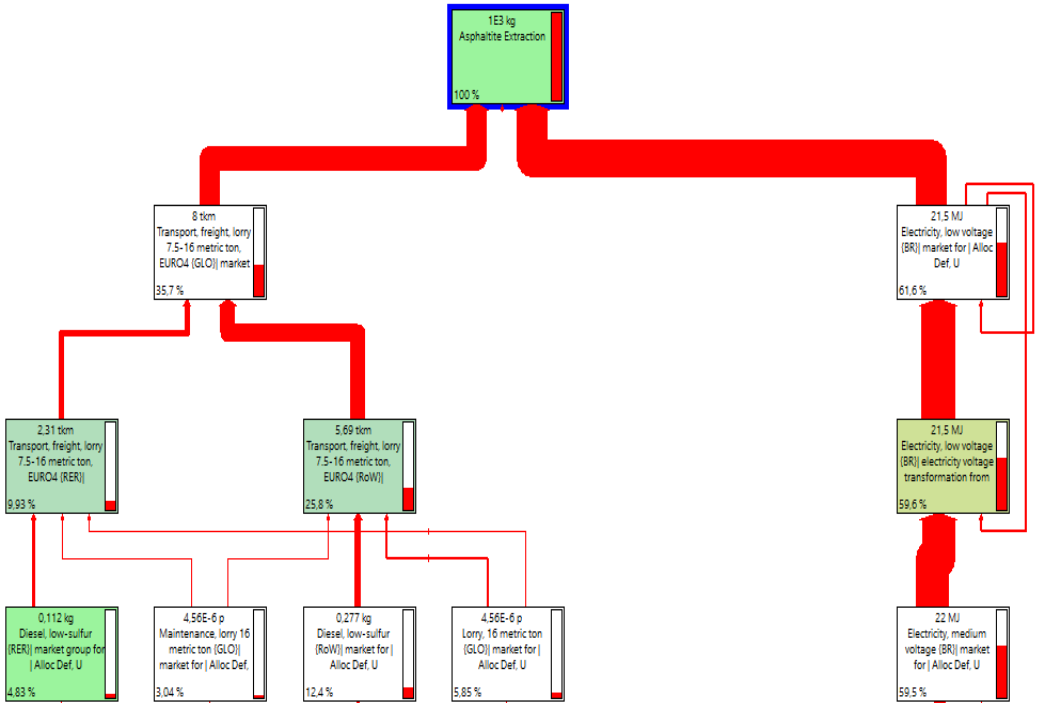
energía eléctrica y combustibles fósiles para el funcionamiento de motores de combustión que generan gases tóxicos como dióxido y monóxido de carbono, nitrógeno, oxígeno que luego pueden caer al suelo y su consecuente contaminación[88].

Se evidencia que los mayores impactos son debido a la energía eléctrica y la quema de combustibles fósiles, por introducción de sustancias ácidas en el medio ambiente las cuales son provocadas por las emisiones a la atmósfera de óxidos de azufre y de nitrógeno provenientes principalmente de la quema de combustible fósiles para la generación de energía; tras reaccionar con el vapor de agua presente en el aire, estos óxidos se convierten en compuestos ácidos que la lluvia precipita sobre la superficie terrestre.

- **Oxidación Fotoquímica**

Photochemical Oxidation (KG C2H4 EQ)

Gráfica 30. Red de cargas categoría Oxidación Fotoquímica, Metodología CML



La creación de fotoxidantes es la formación de sustancias reactivas (principalmente ozono) que son perjudiciales para la salud humana y los ecosistemas y que también pueden dañar los cultivos. Este problema también se indica como "smog de verano".

[88] CAPÓ MARTÍ, Miguel. Principios de Toxicología. Diagnóstico, Tratamiento y Gestión del Medio Ambiente. Editorial TEBAR

El potencial fotoquímico de creación de ozono (POCP) para la emisión de sustancias al aire se calcula con el modelo de trayectoria de la CEPE (incluido el destino) y se expresa en kg de equivalentes de etileno / kg de emisión, en la gráfica 30, se presenta que a la producción de energía se le atribuye el 61,6% del efecto sobre esta categoría con el aporte de 8,18 E-7kg C^2H^4 eq, para el total del proceso de explotación de asfaltita.

6.3 RESULTADOS EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL POR LA METODOLOGÍA DE ÍNDICE DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL

Cuadro 19. Matriz de calificación ambiental según impacto

MEDIO AFECTADO	COMPONENTE	IMPACTO	C	VALOR	P	D	E	M	C.A.	I.A
FISICO - BIOTICO	ATMOSFERA	EMISION DE MATERIAL PARTICULADO	N	0,3	1	0,7	0,3	0,4	0,88	Muy bajo
		EMISION DE GASES	N	0,4	0,3	0,7	0,3	0,3	0,33	Muy bajo
	AGUA	CONTAMINACION FISICOQUIMICA	N	0,2	0,1	0,7	0,5	0,1	0,05	Muy bajo
		CONTAMINACION BIOLOGICAY CON MATERIA ORGANIC	N	0,1	0,3	0,7	0,4	0,2	0,08	Muy bajo
		OBSTRUCCION DE CAUCES NATURALES	N	0,2	0	0,1	0,2	0,2	0	Muy bajo
	SUELO Y SUBSUELO	CAMBIOS EN PROPIEDADES FISICOQUIMICAS	N	0,4	1	0,4	0,1	0,1	0,51	Muy bajo
		SUBSIDENCIA	N	0,5	0,7	0,3	0,3	0,3	0,54	Muy bajo
		PERDIDA DE CAPA ORGANICA	N	0,7	0,7	0,7	0,4	0,6	1,85	Muy bajo
		CAMBIO DE USO DEL SUELO	N	0,8	1	0,7	0,3	0,5	2,52	Bajo
	VEGETACION	TALA DE ARBOLES	N	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,01	Muy bajo
		REDUCCION DE COBERTURA VEGETAL	N	0,4	0,1	0,4	0,1	0,3	0,06	Muy bajo
	FAUNA ACUATICA Y TERRESTE	ALTERACION DEL HABITAT	N	0,5	0,7	0,7	0,3	0,8	1,32	Bajo
		AFECTACION DE COMUNIDADES	N	0,3	0,1	0,7	0,4	0,6	0,11	Muy bajo
		MIGRACION DE ESPECIES	N	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	3,68	Bajo
	PAISAJE	ARTIFIZACION DEL ENTORNO	N	0,6	1	0,7	0,8	0,5	2,94	Bajo
		CONTRASTES VISUALES	N	0,8	1	0,7	1	0,9	6,72	Alto
		DISPOSICION INADECUADA DE RESIDUOS Y MATERIALE	N	0,3	0,1	0,4	0,2	0,3	0,05	Muy bajo
SOCIOECONOMICO Y CULTURAL	POBLACION	CAMBIO EN SISTEMAS PRODUCTIVOS	N	0,6	1	0,7	0,6	0,8	3,28	Bajo
		CAMBIO DE ACTIVIDAD ECONOMICA	P	0,6	0,7	0,7	1	0,9	3,53	Bajo
	INFRAESTRUCTURA Y BIENESTAR SOCIAL	AUMENTO DE RIESGOS A LA SALUD	N	0,4	0,3	0,7	0,6	0,4	0,45	Muy bajo
		CAMBIOS DE CONDICIONES ERGONOMICAS	N	0,3	1	0,7	0,8	0,7	1,81	Muy bajo
		INCREMENTO DEL EMPLEO	P	0,9	1	0,7	1	1	8,19	Muy alto
		AUMENTO DE INGRESOS ECONOMICOS	P	1	1	0,7	1	1	9,1	Muy alto
		INCREMENTOS DE RIESGOS DE ACCIDENTALIDAD	N	0,4	0,3	0,7	0,6	0,6	0,55	Muy bajo
		DETERIORO DE INFRAESTRUCTURA	N	0,2	0,7	0,7	0,1	0,6	0,35	Muy bajo

En la matriz de calificación de los impactos ambientales se destaca como los impactos de mayor importancia ambiental, en cuanto al efecto negativo: los contrastes visuales presentes por el desarrollo de la explotación de asfaltita es calificado como un impacto de importancia ambiental alto, sin embargo el área de explotación queda ubicada en una propiedad privada y sus propietarios han aislado con cercas para el control del ingreso a la zona por motivos de seguridad para los visitantes y para la empresa, por ser considerado la minería como un trabajo de alto riesgo.

Se destaca que, de los 25 impactos ambientales identificados 16, corresponden a una importancia ambiental muy bajo, (cuadro 19); lo cual permite concluir que la

afectación ambiental de la explotación de asfaltita, bajo las condiciones actuales no es drástica sobre el medio ambiente de su área de influencia.

En cuanto a los impactos positivos, el incremento de empleo y el aumento de ingresos económicos, calificado con importancia ambiental muy alto, tiene beneficios para los habitantes del sector desde el componente de bienestar social ya que al aumentar sus ingresos familiares, los trabajadores mejoran sus condiciones de vida y se les garantiza el acceso a los beneficios reglamentados por ley como lo es la afiliación a salud, a caja de compensación familiar y estabilidad laboral, con lo que se identifica la generación de 9 empleos directos y 7 empleos indirectos.

6.3.1 Evaluación Cualitativa Por Componentes

Se procede a realizar una descripción cualitativa de los impactos, que busca dar una explicación a su calificación ambiental e importancia ambiental obtenida de la matriz anterior y referida en el cuadro 19.

6.3.1.1. Componente Atmósfera

- Emisión de material particulado: tiene una calificación de importancia ambiental (IA) muy baja, debido a que su presencia es cierta, la duración es larga, la evolución es lenta y la magnitud es media, lo anterior por las características propias de la asfaltita como un hidrocarburo sólido, de consistencia dura que no genera mucho material particulado, su transporte es empacado en saco de polipropileno.
- Emisión de gases: su IA es muy bajo presencia es probable, la duración es larga, la evolución es lenta y la magnitud es baja, el control de la atmosfera en el socavón se realiza mediante el monitoreo de gases a través de un Altair que permite identificar la seguridad de los empleados en cuanto a las concentraciones de los gases CH_4, H_2S, CO, CO_2, O_2, NO_2, el hecho de lograr realizarse la actividad minera, garantiza de cierta forma que las concentraciones no son muy altas.

6.3.1.2 Componente Agua

- Contaminación físico química: Su IA es muy bajo, su presencia es poco probable, su duración es larga, su evolución es media, la magnitud es muy baja, se requieren estudios fisicoquímico de agua y estudios más profundos que permitan analizar los componentes fisicoquímicos del agua drenada del socavón.

- Contaminación biológica y con materia orgánica: Su IA es muy bajo. Su presencia es probable, su duración es larga, su evolución es media, la magnitud es baja, mediante el resultado de la muestra de fisicoquímica de agua se identificó presencia de Coliformes totales en cantidades aumentadas, las cuales para uso agropecuario no representa impacto ambiental o riesgo de afectación del ambiente y se mitiga con la implementación de controles.

- Obstrucción de cauces naturales: Su IA es muy bajo. Su presencia es no probable, su duración es corta, su evolución es lenta, la magnitud es baja; en la zona de influencia de la mina Juan Pablo II no se identifica este impacto.

6.3.1.3 Componente Suelo y subsuelo:

- Cambios en propiedades fisicoquímicas: Su IA es muy bajo. Su presencia es cierta, su duración es media, su evolución es muy lenta, la magnitud es muy baja; ya que no se utiliza ninguna sustancia química para la explotación de asfaltita, solo medios manuales y el agua drenada no posee ningún compuesto químico que afecte las características fisicoquímicas del suelo.

- Subsidencia: Su IA es muy bajo. Su presencia es muy probable, su duración es medio, su evolución es lenta, la magnitud es baja; la explotación de asfaltita es superficial y la explotación se realiza a pequeña escala, ya que se realizan labores con herramientas manuales y no se utiliza maquinaria pesada, además la carretera actual no presenta taludes con grandes pendientes, según se describe en el estudio geológico.

- Pérdida de capa orgánica: Su IA es muy bajo. Su presencia es muy probable, su duración es larga, su evolución es media, la magnitud es alta; la superficie y alrededores a la bocamina, conservan la vegetación existente como medida de prevención de erosión y armonización de su paisaje natural.

- Cambio del uso del suelo: Su IA es bajo. Su presencia es cierta, su duración es larga, su evolución es lenta, la magnitud es media; el área de influencia de la actividad minera es pequeña con relación a la extensión de la finca de propiedad de los dueños de la concesión GGL -111, correspondiente a 21 hectáreas y se continúan con las actividades agropecuarias tradicionales de la zona como lo es la agricultura y ganadería, adicionalmente se ha contemplado en el plan de manejo ambiental destinar 2 hectáreas por año para la reforestación.

6.3.1.4 Componente Vegetación

- Tala de árboles: Su IA es muy bajo. Su presencia es poco probable, su duración es corta, su evolución es muy lenta, la magnitud es muy baja; la madera utiliza para las labores de sostenimiento es adquirida por proveedores legales y traídas de otras zonas, los estudios geológicos demuestran que el respaldo de techos y piso de las labores internas de la mina, son relativamente buenos, por lo cual el consumo de madera es bajo.

- Reducción de cobertura vegetal: Su IA es muy bajo. Su presencia es poco probable, su duración es media, su evolución es muy lenta, la magnitud es baja; la vegetación nativa a las áreas adyacentes a la bocamina se encuentra conservadas, para proteger la erosión del terreno.

6.3.1.5 Componente Fauna acuática y terrestre

- Alteración del hábitat: Su IA es bajo. Su presencia es muy probable, su duración es larga, su evolución es lenta, la magnitud es muy alta; las investigaciones realizadas para la elaboración del estudio de impacto ambiental presentado en la licencia ambiental, dan cuenta de una gran variedad de especies de peces, mamíferos, aves y reptiles, que han sufrido las acciones antropogénicas, en el transcurrir de los años ajenas a la labor minera, sino por la cultura de los habitantes de la zona; el plan de manejo ambiental contempla la reforestación y protección de las especies nativas, lo cual permite el desplazamiento de las especies a estas áreas de conservación, sumado a la educación ambiental contemplada en dicho plan, lo cual contribuye a la mitigación y compensación de este impacto ambiental.

- Afectación de comunidades: Su IA es muy bajo. Su presencia es poco probable, su duración es larga, su evolución es media, la magnitud es alta; las actividades contempladas en el plan de manejo ambiental ayudan a proteger la fauna existente en la zona de influencia.

- Migración de especies: Su IA es bajo. Su presencia es muy probable, su duración es larga, su evolución es muy rápida, la magnitud es muy alta; las actividades contempladas en el plan de manejo ambiental ayudan a compensar los efectos negativos de este impacto ambiental, y por la extensión baja del área minera, permite la migración de especies a otros espacios de la zona.

6.3.1.6 Componente Paisaje:

- Artificialización del entorno: Su IA es bajo. Su presencia es cierta, su duración es larga, su evolución es muy rápida, la magnitud es media; las actividades mineras se encuentran delimitadas por cercas y se encuentran en un área privada de los propietarios de la concesión.

- Contrastes visuales: Su IA es alto. Su presencia es muy probable, su duración es larga, su evolución es muy rápida, la magnitud es muy alta; este impacto negativo es compensado mediante la preservación de la vegetación nativa y el aislamiento del área de la bocamina por encerramiento, el cual sirve simultáneamente por seguridad de los habitantes de la zona.

- Disposición inadecuada de residuos y materiales: Su IA es muy bajo. Su presencia es poco probable, su duración es media, su evolución es lenta, la magnitud es baja; la actividad minera de explotación de asfaltita tiene poco residuos, como se identificó en el balance de masa los residuos correspondientes a una tonelada de asfaltita son de 3,1 kg, de los cuales el mayor porcentaje corresponde a residuos de madera los cuales se descomponen en materia orgánica que sirve de abono al terreno circunvecino, al igual que se maneja un plan de gestión de residuos sólidos para el manejo de los residuos inorgánicos.

6.3.1.7 Componente Población:

- Cambio en sistema productivo: Su IA es bajo. Su presencia es cierta, su duración es larga, su evolución es rápida, la magnitud es muy alta; los sistemas productivos se deben compensar con las actividades descritas en el plan de gestión social, a través de la priorización del empleo para los habitantes del sector, así como las cadenas de suministro requeridas para el proyecto.

- Cambio de actividad económica: Su IA es bajo. Su presencia es muy probable, su duración es larga, su evolución es rápida, la magnitud es muy alta; con este impacto positivo se generó empleo y mayores ingresos a las familias del sector.

6.3.1.8 Componente Infraestructura y bienestar social:

- Aumento de riesgos a la salud: Su IA es muy bajo. Su presencia es probable, su duración es larga, su evolución es rápida, la magnitud es media; si bien la actividad minera es considerada de alto riesgo, de igual forma se tienen los controles en el sistema gestión en salud y seguridad en el trabajo, tanto para el cumplimiento legal y compromiso social.

- Cambio de condiciones ergonómicas: Su IA es Muy bajo. Su presencia es cierta, su duración es larga, su evolución es muy rápida, la magnitud es alta; se aplican los controles a nivel individual para la protección de los trabajadores y las capacitaciones colectivas para garantizar un ambiente laboral saludable.

- Incremento del empleo: Su IA es muy alto. Su presencia es cierta, su duración es larga, su evolución es muy rápida, la magnitud es muy alta; es un impacto positivo que ha beneficiado a los habitantes del sector ya que se prioriza la zona de influencia dando empleabilidad formal.

- Aumento de ingresos económicos: Su IA es muy alto. Su presencia es cierta, su duración es larga, su evolución es muy rápida, la magnitud es muy alta; impacto positivo que ha mejorado la calidad de vida de los habitantes por los ingresos familiares más altos que el recibido en labores agropecuarias.

- Incremento de riesgos de accidentalidad: Su IA es muy bajo. Su presencia es probable, su duración es larga, su evolución es rápida, la magnitud es alta; la mina Juan Pablo II, tiene implementado su sistema de gestión en salud y seguridad en el trabajo, por lo cual su índice de accidentalidad es bajo, presentándose 4 accidentes leves en el periodo de enero a octubre, según reporte del responsable de salud ocupacional de la Mina.

- Deterioro de infraestructura: Su IA es muy bajo. Su presencia es muy probable, su duración es larga, su evolución es muy lenta, la magnitud es alta; aunque este impacto es negativo por el uso de las vías de acceso por camiones que transportan la asfaltita extraída, los propietarios de la concesión contribuyen al mantenimiento de las vías de transito comunitario.

6.4 RESULTADOS EVALUACIÓN AMBIENTAL METODOLOGIA CONESA

En la evaluación cualitativa, según la metodología de Conesa Fernández, donde se relacionan los impactos ambientales identificados y valorados de acuerdo a la importancia ambiental y ubicados según la etapa productiva realizada.

Aplicando dicha metodología a la explotación de asfaltita de la cuna a la puerta se obtiene que los procesos con mayor interacción con los impactos analizando la anterior tabla de forma vertical el proceso de picado con 13 interacciones, es decir relacionado con 13 impactos ambientales, seguido de extracción, mantenimiento y adecuación con 10 interacciones.

Cuadro 20 Calificación Ambiental según la metodología Conesa Fernández

MEDIO AFECTADO	COMPONENTE	IMPACTO	C	VALOR	P	D	E	M	C.A.	I.A	PREPARACION (AIREAD	PICADO	CARGUE	EXTRACCION	EMPAQUE	CARGUE, TRANSPORTE Y	MANTENIENTO Y ADECUACION	TOTAL
FISICO - BIOTICO	ATMOSFERA	EMISION DE MATERIAL PARTICULADO	N	0,3	1	0,7	0,3	0,4	0,88	Muy bajo					1			1
		EMISION DE GASES	N	0,4	0,3	0,7	0,3	0,3	0,33	Muy bajo	1							1
	AGUA	CONTAMINACION FISICOQUIMICA	N	0,2	0,1	0,7	0,5	0,1	0,05	Muy bajo	1							1
		CONTAMINACION BIOLOGICAY CON MATERIA ORGANIC	N	0,1	0,3	0,7	0,4	0,2	0,08	Muy bajo	1							1
		OBSTRUCCION DE CAUCES NATURALES	N	0,2	0	0,1	0,2	0,2	0	Muy bajo	0							0
	SUELO Y SUBSUELO	CAMBIOS EN PROPIEDADES FISICOQUIMICAS	N	0,4	1	0,4	0,1	0,1	0,51	Muy bajo					1			1
		SUBSIDENCIA	N	0,5	0,7	0,3	0,3	0,3	0,54	Muy bajo	1	1					1	3
		PERDIDA DE CAPA ORGANICA	N	0,7	0,7	0,7	0,4	0,6	1,85	Muy bajo		1						1
		CAMBIO DE USO DEL SUELO	N	0,8	1	0,7	0,3	0,5	2,52	Bajo							1	1
	VEGETACION	TALA DE ARBOLES	N	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,01	Muy bajo							1	1
		REDUCCION DE COBERTURA VEGETAL	N	0,4	0,1	0,4	0,1	0,3	0,06	Muy bajo		1					1	2
	FAUNA ACUATICA Y TERRESTE	ALTERACION DEL HABITAT	N	0,5	0,7	0,7	0,3	0,8	1,32	Bajo		1		1				2
		AFECTACION DE COMUNIDADES	N	0,3	0,1	0,7	0,4	0,6	0,11	Muy bajo		1		1				2
		MIGRACION DE ESPECIES	N	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	3,68	Bajo		1		1				2
	PAISAJE	ARTIFIZACION DEL ENTORNO	N	0,6	1	0,7	0,8	0,5	2,94	Bajo				1		1		2
		CONTRASTES VISUALES	N	0,8	1	0,7	1	0,9	6,72	Alto				1		1		2
		DISPOSICION INADECUADA DE RESIDUOS Y MATERIALE	N	0,3	0,1	0,4	0,2	0,3	0,05	Muy bajo	1						1	2
SOCIOECONOMICO Y CULTURAL	POBLACION	CAMBIO EN SISTEMAS PRODUCTIVOS	N	0,6	1	0,7	0,6	0,8	3,28	Bajo		1						1
		CAMBIO DE ACTIVIDAD ECONOMICA	P	0,6	0,7	0,7	1	0,9	3,53	Bajo		1						1
	INFRAESTRUCTURA Y BIENESTAR SOCIAL	AUMENTO DE RIESGOS A LA SALUD	N	0,4	0,3	0,7	0,6	0,4	0,45	Muy bajo		1	1	1			1	4
		CAMBIOS DE CONDICIONES ERGONOMICAS	N	0,3	1	0,7	0,8	0,7	1,81	Muy bajo		1	1	1	1	1	1	6
		INCREMENTO DEL EMPLEO	P	0,9	1	0,7	1	1	8,19	Muy alto	1	1	1	1	1	1	1	7
		AUMENTO DE INGRESOS ECONOMICOS	P	1	1	0,7	1	1	9,1	Muy alto	1	1	1	1	1	1	1	7
		INCREMENTOS DE RIESGOS DE ACCIDENTALIDAD	N	0,4	0,3	0,7	0,6	0,6	0,55	Muy bajo		1	1	1	1	1	1	6
		DETERIORO DE INFRAESTRUCTURA	N	0,2	0,7	0,7	0,1	0,6	0,35	Muy bajo						1		1
											7	13	5	10	6	7	10	

Según el cuadro 20, en cuanto al análisis en forma horizontal, se encuentran las siguientes interacciones de los impactos con los procesos: se observa con mayor interacción el aumento de los ingresos económicos que es un impacto positivo con 7 interacciones, al igual que el incremento del empleo, seguido con 6 interacciones, cambio en las condiciones ergonómicas e incremento de riesgos de accidentalidad los cuales son impactos negativos.

En cuanto al impacto directo al medio ambiente, dentro de la categoría del suelo y subsuelo, se destaca la subsidencia el cual es un impacto negativo con 3 interacciones.

En este cuadro 19, se busca relacionar los impactos ya valorados según su importancia ambiental con los efectos y se obtiene de forma destacada que la importancia ambiental muy alto está relacionada al efecto aumento de los ingresos familiares y mejoramiento de la calidad de vida, lo cual se refiere al componente de bienestar social y con una importancia ambiental alta se encuentra los contrastes visuales que generan el efecto de deterioro del paisaje natural.

Cuadro 21 Cuadro de interacciones Causa - Efecto

MEDIO AFECTADO	COMPONENTE	IMPACTO	C	C.A.	I.A	EFECTOS
FISICO - BIOTICO	ATMOSFERA	EMISION DE MATERIAL PARTICULADO	N	0,9	Muy bajo	EMISION DE GASES, POLVO Y RUIDO
		EMISION DE GASES	N	0,3	Muy bajo	CALENTAMIENTO GLOBAL
	AGUA	CONTAMINACION FISICOQUIMICA	N	0,1	Muy bajo	CONTAMINACION DE AGUA Y SUELO
		CONTAMINACION BIOLOGICAY CON MATERIA ORGANICA	N	0,1	Muy bajo	MUERTE Y DESPLAZAMIENTO DE FAUNA ICTICA
		OBSTRUCCION DE CAUCES NATURALES	N	0	Muy bajo	
	SUELO Y SUBSUELO	CAMBIOS EN PROPIEDADES FISICOQUIMICAS	N	0,5	Muy bajo	DETERIORO DE LA CALIDAD DEL SUELO Y AGUA
		SUBSIDENCIA	N	0,5	Muy bajo	DETERIORO DE SUELO Y FLORA
		PERDIDA DE CAPA ORGANICA	N	1,9	Muy bajo	DETERIORO DE LA CALIDAD DEL SUELO
		CAMBIO DE USO DEL SUELO	N	2,5	Bajo	CAMBIO DE ACTIVIDAD ECONOMICA
	VEGETACION	TALA DE ARBOLES	N	0	Muy bajo	REDUCCION DE AREAS FORESTALES
		REDUCCION DE COBERTURA VEGETAL	N	0,1	Muy bajo	ACELERACION DE PROCESOS EROSIVOS
	FAUNA ACUATICA Y TERRESTE	ALTERACION DEL HABITAT	N	1,3	Bajo	APORTE DE SEDIMENTOS O CORRIENTES
		AFECTACION DE COMUNIDADES	N	0,1	Muy bajo	DESPLAZAMIENTO DE ESPECIES ANIMALES
		MIGRACION DE ESPECIES	N	3,7	Bajo	DESPLAZAMIENTO DE ESPECIES ANIMALES
	PAISAJE	ARTIFIZACION DEL ENTORNO	N	2,9	Bajo	DETERIORO DEL PAISAJE NATURAL
		CONTRASTES VISUALES	N	6,7	Alto	DETERIORO DEL PAISAJE NATURAL
		DISPOSICION INADECUADA DE RESIDUOS Y MATERIALES	N	0,1	Muy bajo	CONTAMINACION DE AGUA Y SUELO
SOCIOECONOMICO Y CULTURAL	POBLACION	CAMBIO EN SISTEMAS PRODUCTIVOS	N	3,3	Bajo	CAMBIO DE USO DE SUELO
		CAMBIO DE ACTIVIDAD ECONOMICA	P	3,5	Bajo	CAMBIO DE CULTURA EN LA COMUNIDAD
	INFRAESTRUCTURA Y BIENESTAR SOCIAL	AUMENTO DE RIESGOS A LA SALUD	N	0,5	Muy bajo	ACCIDENTES LABORALES Y/O ENFERMEDADES PROFESIONALES
		CAMBIOS DE CONDICIONES ERGONOMICAS	N	1,8	Muy bajo	DETERIORO DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES
		INCREMENTO DEL EMPLEO	P	8,2	Muy alto	AUMENTO DE LOS INGRESOS FAMILIARES
		AUMENTO DE INGRESOS ECONOMICOS	P	9,1	Muy alto	MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE VIDA
		INCREMENTOS DE RIESGOS DE ACCIDENTALIDAD	N	0,6	Muy bajo	DETERIORO DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES
		DETERIORO DE INFRAESTRUCTURA	N	0,4	Muy bajo	DETERIORO DE VIAS

6.5 Análisis de Ciclo Vida

Una vez realizado toda la aplicación de la metodología en los ítems 5.3 y 5.4, en cuanto al análisis de ciclo de vida los procesos que más demandan consumo de masa es el mantenimiento y adecuación, porque demanda un consumo de madera equivalente a 210,13 kg de madera por producción de tonelada de asfaltita, lo que corresponde al 99,4% de la masa requerida, generando el impacto negativo de tala de árboles, el cual tiene una calificación de importancia ambiental muy baja, porque la madera utilizada no es de la región sino comprada a un distribuidor legalmente avalado, sus residuos, son empleados para abono posterior a su proceso de descomposición.

De igual forma el proceso preparación es el que contribuye mayoritariamente al consumo de energía por ser el que requiere los equipos eléctricos como la motobomba para el drenaje del agua, los inyectores y extractores de aire, estos dos últimos permanecen prendidos mientras se realiza la labor minera.

Otro proceso que se aporta al impacto ambiental es el de preparación, en el cual se realiza el drenaje de agua de nivel freático en 3.100 litros de agua por tonelada de asfaltita, lo cual al mes constituye un volumen alto de 824.762 litros, vertidos al terreno circunvecino.

Pero aquí se debe resaltar que, el proceso de evacuación del agua fuera de las áreas de trabajo mediante bombeo, puede provocar ciertos efectos hidrológicos

sobre estas aguas subterráneas tales como: disminución de la calidad del agua, haciéndola inadecuada para el consumo humano y otros usos, o causar daños ecológicos, alterando o eliminando las comunidades biológicas naturales existentes en los cursos de agua.

Adicionalmente, existe un fenómeno que se puede presentar de forma natural en cualquier explotación minera, que en la mayoría de ocasiones no es gestionado, controlado y no se establecen medidas de prevención. Esto es, la generación de aguas ácidas. Este fenómeno se debe principalmente al proceso de excavación y posterior remoción del mineral, porque debido a las características mineralógicas de la mina, ésta puede contener en mayor o menor medida minerales sulfatados que se encuentran en las rocas que son excavadas durante la actividad de explotación, los cuales quedan expuestos a la meteorización y que al entrar en contacto con el agua y el aire reaccionan y pueden llegar a formar drenajes ácidos[89].

El agua acidificada puede disolver a su vez otros metales tóxicos que también se encuentran en las rocas. Si esto no se controla, el drenaje ácido de la mina corre y llega a los arroyos o ríos o se infiltra en los acuíferos contaminándolos. Aunque, se debe tener presente que, no todos los minerales sulfurosos son igualmente reactivos, ni la acidez se produce en igual proporción. Además, no todos los minerales sulfurosos o rocas con contenido de sulfuro son potencialmente generadores de ácido[90].

En algunos asientos mineros, el drenaje ácido se detecta desde el principio de las operaciones. En otros, han pasado de 10 a 40 años antes de que se observe drenaje ácido. Esto se debe a que la velocidad de reacción es variable y depende de numerosos factores como: tipo de mineral sulfuroso y superficie expuesta, concentración de oxígeno, presencia de “Thiobacillus ferrooxidans” u otras bacterias, que actúan como catalizadoras[91].
Frente a este escenario, es evidente la importancia de establecer programas que permitan no solo predecir el fenómeno, sino también el periodo en que se puede generar y su potencial dado que este problema puede persistir durante décadas e incluso cientos de años una vez finalizado el ciclo productivo, por lo tanto, existe la necesidad de prevenir su formación.

---

[89] ADUVIRE, Osvaldo. Drenaje ácido de mina, generación y tratamiento. Instituto Geológico y Minero de España Dirección de Recursos Minerales y Geoambiente. Madrid, 2006.
[90] Sociedad de Historia Natural. Drenaje Ácido Generado por la Minería. Disponible en: http://defiendelasierra.org/wp-content/uploads/Drenaje-%C3%81cido-por-la-miner%C3%ADa.pdf
[91] Espinosa-Rodríguez, M. A.; Hidalgo-Millán, A.; Delgado-Delgado, R. Diseño de un sistema de tratamiento para el drenaje ácido de mina basado en el proceso de lodos de alta densidad (HDS) Ingeniería, vol. 20, núm. 2, 2016, pp. 64-75 Universidad Autónoma de Yucatán Mérida,Mexico.

Aunque sin duda alguna la minería tiene afectación al ambiente, en muchos de los aspectos con importancia ambiental negativa baja, para el caso de la mina Juan Pablo II, por ser una explotación controlada y de pequeña escala, ha contribuido al desarrollo económico del sector y a mejorar la calidad de vida de sus empleados los cuales son del área de influencia minera, pues las referencias bibliográficas encontradas en la licencia ambiental dada por Ingeominas y por diálogo con trabajadores expresan que anteriormente los pobladores se dedicaban a labores agrícolas por jornal y al trabajo informal de oficios varios con ingresos menores al salario mínimo y sin seguridad social, mientras que la explotación de asfaltita genera nueve empleos directos con ingresos que superan los tres salarios mínimos y con las garantías legales exigidas a los empleadores por el gobierno nacional; de igual forma se generan 7 empleos indirectos, que dinamizan la economía familiar de los habitantes de la vereda la Ciénega del municipio la Esperanza, además de la contribución a la economía nacional por los aportes por impuestos y regalías.

Si bien los impactos a la salud son considerables, son mitigables mediante el Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo, rigorosamente implementado el cual adopta controles en la fuente, en el medio y en el individuo.

6.5.7 Resultados.

La evaluación del impacto ambiental realizada permite realizar recomendaciones de tecnologías más amigables con el ambiente bajo análisis cuantitativo y será un referente para la explotación de asfaltita en condiciones de minería subterránea, lo cual contribuirá al desarrollo de metodologías extractivas con menor impacto ambiental.

7. PROPUESTA TECNOLÓGICA

Correspondiendo con el cuarto objetivo de la investigación, el proponer tecnologías limpias en la explotación minera mediante un Análisis Multicriterio que reduzcan el impacto de la explotación de asfaltita.

De acuerdo al análisis de los impactos ambientales por la metodología cualitativa y cuantitativa realizado a la explotación de asfaltita de la mina Juan Pablo II, se identifican los impactos ambientales más representativos en los diferentes componentes agua, atmósfera, suelo, subsuelo, vegetación, fauna, paisaje, población, infraestructura y bienestar social, de los cuales se analiza que los impactos relacionados con la contaminación del medio ambiente son bajos.

Si bien el uso del suelo, es un impacto bastante cuestionado en la actividad minera, en el desarrollo productivo de la asfaltita no es modificable por las mismas características del trabajo, las emisiones atmosféricas no son modificables ya que son compuestos propios del material explotado y no se dispone de tecnología para reducir dichas emisiones al ambiente, solo se realiza uso de elementos de protección personal para reducir el riesgo en la salud de los trabajadores, adicionalmente en la evaluación cualitativa de índice de calidad ambiental la emisión de gases y el cambio del uso del suelo fueron considerados muy bajo y bajo respectivamente.

El agua extraída del nivel freático no representa un impacto alto ya que mediante el análisis fisicoquímico no se identificó componentes contaminantes referidos a la actividad minera y el agua es devuelta al suelo para riego.

Luego de conocer el ciclo de vida de la explotación de asfaltita se concluye que el consumo de energía eléctrica es uno de los recursos más utilizados y también son los que permiten modificación para la reducción del impacto ambiental, al igual que es un recurso que en ocasiones limita el funcionamiento de la explotación de asfaltita y afecta la sostenibilidad de la producción y se observa que en el proceso de preparación es el que contribuye mayoritariamente al consumo de energía por ser el que requiere los equipos eléctricos como la motobomba para el drenaje del agua, los inyectores y extractores de aire, por consiguiente la energía eléctrica es requerida en los diferentes procesos; por lo tanto es el que aporta más entradas en el análisis realizado a través del software SIMAPRO.

Por lo anterior, se plantea el uso de otras fuentes de energía más amigables con el ambiente, y buscando estar en concordancia con el Plan Estratégico Nacional de Mercados Verdes en 2002, “el cual está orientado hacia la producción de bienes

ambientalmente sostenibles y al aumento de la oferta de servicios ecológicos competitivos"[92]

De igual manera, la política nacional de producción y consumo sostenible[93], contempla dentro de sus estrategias; el desarrollo de sectores o clusters de clase mundial, lo que despierta el interés de los empresarios y productores a incursionar en el mercado global, lo que conllevan a ser más exigentes en todo el ciclo de vida de los productos y servicios, a innovar en tecnologías verdes, siendo responsables con el consumo de recursos, y los efectos ambientales, lo cual hace parte del cumplimiento de los compromisos establecidos en la agenda mundial del COP 21.

En este sentido se propone implementar tecnologías para la obtención de energía de fuentes sostenibles como:

7.1. ENERGÍA BIOMASA:

Consiste en obtener energía a partir de una fuente no convencional a partir de la degradación de materia orgánica producto de un proceso de fotosíntesis, que no haya sido contaminada por sustancias peligrosas.[94] La obtención de energía a partir de la biomasa es convertir un residuo en un recurso, lo cual significa un aumento del reciclaje y una reducción de los desechos. La energía de biomasa no contribuye al cambio climático, siendo su balance en emisiones de CO_2 totalmente neutro. Está fuente de energía a partir de la biomasa vegetal es la más antigua, se obtiene a partir de cáscaras de frutos secos, caña de azúcar, cáscara de frutos de corozo de palma de aceite.

Los métodos utilizados para la obtención de energía a partir de la biomasa según Patiño[95] son: Pirolisis, combustión directa, Fermentación, gasificación, digestión aerobia, Co-combustión

En Colombia el caso más exitoso es el Ingenio Providencia, tal como lo plantea Galán en su monografía[96] donde hace un recuento de la implementación del uso de la biomasa en la industria azucarera. "A mediados de 2009, la empresa puso en funcionamiento una planta de cogeneración, en la que se lleva a cabo el proceso de transformación de la energía térmica, aprovechando el vapor que se genera en las

---

[92] REPUBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Politica Nacional de Producción y Consumo sostenible. Bogotá D.C. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010. Páginas: 71

[93] Ibíd.

[94] GALAN, Riveros Xando Felipe. Potencial Energético De La Biomasa Residual Agrícola En Colombia. Fundación Universidad de América. Bogotá 2016

[95] PATIÑO, Pedro. Biomasa residual vegetal: tecnologías de transformación y estado actual. Bucaramanga. Septiembre 2014, p.4.

[96] GALÁN. Op Cit., p. 132.

calderas y transformándolo por medio de turbogeneradores en energía eléctrica. La planta tiene una capacidad de generación de 38 Megavatios por hora (MWh). La energía generada por la planta es utilizada para satisfacer las necesidades energéticas del ingenio y el excedente es enviado a la red nacional de energía. Entre los beneficios que ha traído la implementación de este proyecto se tienen la implementación de energías alternativas (Biomasa), la utilización de los residuos del bagazo de caña, la minimización de las emisiones de CO_2, el autoabastecimiento energético, la diversificación del catálogo de productos de la empresa, la diversificación del sector energético del país y la creación de empleos para la operación de la planta de cogeneración".

En Colombia[97], la producción de energía obtenida mediante la cogeneración ha ido en aumento debido a las nuevas inversiones que se vienen haciendo en el país pero también en respuesta a la necesidad del manejo de residuos sólidos y la gestión ambiental; pues como se puede apreciar más adelante las industrias que han incursionado en la biomasa son aquellas que generan estos residuos de sus procesos industriales.

La producción de energía alterativa siempre está direccionada primero a satisfacer las necesidades propias de las empresas y posteriormente debe buscar la venta de electricidad que genere nuevas divisas. Empresas como[98] Pastas Doria, Empacor, Corona, Monómeros, Cervecería Águila, Tecnoglass, Corpacero, Cartón Colombia, Ingenio Providencia S.A. y Riopaila Castilla, son algunas de las más de 30 compañías que han instalado en sus fábricas plantas de cogeneración para el aprovechamiento de los residuos generados. En su mayoría, estas empresas utilizan la energía generada para el autoabastecimiento, pero en algunos casos ya se está empezando a promover la venta energética.

Por otro lado la cogeneración de energía a partir de la biomasa tiene algunas limitantes en Colombia como lo expresa Galán, el elevado costo de transporte para la biomasa agrícola, razón por lo cual los únicos casos de empresas que han implementado la cogeneración de energía a partir de la biomasa son las del gremio azucarero, por lo tanto no existen registros de empresas o sectores con experiencias exitosas en la implementación de la cogeneración a partir de biomasa en sus procesos, ya que adicionalmente se le suma la dificultad de la alta inversión inicial requerida, lo cual conlleva a alejar del futuro inmediato a la industria que no genere estos residuos dentro de sus procesos productivos.

---

[97] Ibíd.
[98] Ibíd.

7.2. ENERGÍA EÓLICA.

Según las investigaciones realizadas por Espejo Marín[99], la energía eólica se obtiene a partir de la transformación de la energía cinética del viento en energía eléctrica a través de aerogeneradores, que utilizan una hélice para transmitir el movimiento que el viento produce en sus palas al motor de un alternador. Para que una instalación eólica genere electricidad para la red de distribución se deben agrupan varios aerogeneradores, lo cual se denomina un parque eólico. Si se requiere abastecer de electricidad a puntos de consumo aislados como una vivienda, finca o explotación, se utilizan equipos de pequeña potencia, en general de varias decenas de kilovatios (kW).

Para que la energía eólica pueda ser eficiente debe cumplir con ciertas características del viento, condiciones relativas a velocidad, continuidad, estabilidad, etc. Es muy importante la "densidad de potencia" del viento, es decir, el valor máximo de la potencia que se puede conseguir por cada unidad de área barrida por el viento; este debe estar por encima de los 200 vatios/m2 para que empiece a ser rentable. Otro punto a considerar es que la densidad de potencia del viento debe ser superior a 1.000 vatios/m2 para que los aerogeneradores tengan un rendimiento aceptable (Unesa, 1998). Según J. Olcina (1994), los sectores montañosos son los que presentan venteos más continuos e intensos, y la otra ubicación geográfica apropiada son los que se encuentran en la línea de costa y relieves próximos, donde se presentan vientos a gran velocidad.

Dentro de los beneficios más reconocidos de la energía eólica se tiene:

- No contamina, al no emitir sustancias tóxicas al aire, por lo cual es inocuo para la salud de los seres vivos ni daño al ecosistema.
- Es una fuente inagotable y reduce el uso de combustibles fósiles, por lo cual disminuye el calentamiento global.
- Genera empleo a los habitantes de la región.
- La producción eficiente de energía contribuye al desarrollo sostenible del país al reducir las importaciones de energía.
- Tiene una huella hídrica muy baja.

La energía eólica presenta algunas desventajas lo cual dificultan su implementación como es el requerimiento de unas condiciones meteorológicas concretas para el pleno funcionamiento, por lo cual implica un estudio riguroso del sitio para instalar los aerogeneradores.

---

[99] ESPEJO MARÍN, Cayetano. ENERGÍA EÓLICA EN ESPAÑA. INVESTIGACIONES GEOGRÁFICAS (España) [en línea] 2004, (septiembre-diciembre) : [Fecha de consulta: 29 de abril de 2018] Disponible en:<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17603503> ISSN 0213-4691

También se debe tener en cuenta el impacto paisajístico generado por los aerogeneradores que al igual pueden afectar las especies de aves que habitan en la zona.

Por lo anterior aunque la energía eólica es una opción limpia, la instalación de un parque eólico genera un impacto ambiental, que se debe evaluar de acuerdo al entorno donde se quiera instalar, tanto en físico como social, para establecer las medidas de contingencias, según la publicación La energía eléctrica y el medio ambiente, editada por UNESA (Asociación Española de la Industria Eléctrica) en 2001, los impactos de la energía eólica sobre el medio ambiente son: "Sobre el entorno, los aerogeneradores eléctricos no producen emisiones contaminantes (atmosféricas, residuos, vertidos líquidos) y por tanto no contribuyen al efecto invernadero. Pero si tienen consecuencias medioambientales que dependen fundamentalmente del emplazamiento elegido para su instalación, de su tamaño y de su distancia respecto a zonas de concentración de población.

Una instalación eólica de gran tamaño produce alteraciones en el medio físico: el impacto visual, sobre las aves, ruido y erosión y en el medio socioeconómico. Aunque se dice que las aves tienden a acostumbrase rápidamente e incluso las aves migratorias desvían su vuelo, la afectación depende de la especie y los hábitos de estas pues los estudios realizados en España demuestran que si ha aumentado la mortandad de aves en los parques eólicos porque algunas partes de los aerogeneradores resultan imperceptibles a las aves.

En cuanto al impacto paisajístico es generado por las instalaciones eólicas propias, como son los aerogeneradores, la caseta, el cableado y el acceso a la instalación, lo cual se ha contrarrestado con el uso de pinturas de colores adecuados, y según Espejo Marín[100] cuando la instalación y distribución de los aerogeneradores es adecuado los parques eólicos se convierten en un atractivo más del lugar. Otro impacto es el ruido generado por los aerogeneradores, similar a un equipo de esta potencia, sumado al ruido transmitido por el aire y el hecho de que sea indispensable tenerlos al aire. En cuanto a la erosión, es generada por el movimiento de tierras en la preparación del acceso al parque eólico, cuyos efectos se pueden mitigar con los estudios previos y medidas debidas.

Sin lugar a dudas una limitante importante en la implementación de la energía eólica, es el poco desarrollo en el país, lo que da poca estabilidad económica, porque no hay inversión de capital gubernamental y privado, en Colombia solo se ha iniciado algunos parques eólico en la Guajira.

[100] Ibíd.

7.3. ENERGÍA FOTOVOLTAICA.

El sol es la fuente energética más grande de la tierra, los rayos solares dirigen los procesos biofísicos, geofísicos y químicos que controlan la vida en el planeta, aunque la distancia entre el sol y la tierra varia en diferentes épocas del año, según Espejo Marín[101] la energía que llega y pasa la atmósfera es alrededor de 1.000 vatios, y es una infinésima parte del potencial energético del sol, el cual es suficiente para el mantenimiento de la vida.

Los sistemas fotovoltaico[102] consiste en una serie de células solares o células fotovoltaicas dispuestas en paneles que transforman la energía solar en energía eléctrica, la luz solar lleva energía en forma de fotones los cuales chocan con los paneles solares fabricados en materiales que transforman la energía lumínica en energía eléctrica, lo que se denomina efecto fotovoltaico

El material con el cual se elabora las células fotovoltaicas son similares a las utilizadas para elaborar un chips de los ordenadores, por lo que se considera de alta tecnología y por consiguiente de alto costo.

Existen dos formas de utilizar la energía de los paneles solares a través de instalaciones aisladas las cuales almacenan la energía a través de baterías en potencias de 3 y 5 kwp (kilovatios pico) o entre 5 y 100 kwp, la distribución de la energía debe hacerse a través de un convertidor que transforma la corriente continua, en corriente alterna para ser utilizada por los electrodomésticos. Las instalaciones conectadas a la red eléctrica, tiene una potencia superior a 100 kwp la energía se transforma mediante un inversor en corriente alterna directamente en la red del sistema.

La energía solar es inagotable, no requiere ningún tipo de combustión por lo cual no genera ninguna emisión contaminante a la atmósfera, no tiene efecto invernadero ni lluvia ácida, no genera ruido, y al no tener cableados protege la avifauna. Por ser una energía sostenible está amparada mediante la ley 1715 de 2014[103], inversión libre de IVA, puede descontar el 50% del valor del proyecto de la renta líquida gravable hasta por 5 años, lo que contribuye a reducir el costo, y aunque la inversión pueda ser alta inicialmente, posteriormente se recupera la inversión, siendo una opción rentable a un futuro cercano.

Ventajas:

- Energía permanente, permite tener acceso a la energía las 24 horas del día.

[101] ESPEJO MARÍN, Cayetano. La energía solar fotovoltaica en España. 2004.
[102] Ibíd.
[103] Ley 715 de mayo de 2014, Por Medio De La Cual Se Regula La Integración De Las Energías Renovables No Convencionales Al Sistema Energético Nacional. Congreso de Colombia

- Confiabilidad: funciona en diversos climas, incluyendo los climas más adversos; por lo cual se puede decir que tiene buena confiabilidad.
- Bajo mantenimiento, por tener en su composición mínimas partes removibles que se desgasten. Por lo cual el sistema fotovoltaico, requiere poco mantenimiento.
- Modularidad: Están compuestos de partes individuales que pueden ser cambiadas, posibilitando aumentar la eficiencia del sistema sin perder la inversión inicial.
- Automático: no requiere vigilancia ni operación
- No contamina: productos creados para proteger el medio ambiente.
- Vida útil: tiene una garantía de paneles solares de 25 años al 80% de generación, sistemas comprobados superando una vida útil de 40 años.
- Capacidad de reservar energía a través de baterías por lo menos 5 días.
- Se puede ajustar los sistemas de acuerdo a las necesidades de energía requeridas.

7.4. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE ENERGIAS LIMPIAS

Para la evaluar los criterios en la selección de nuevas tecnologías se tienen en cuenta:

7.4.1 El impacto ambiental.

Identificado a través de un indicador de desempeño ambiental, tal como lo establece el documento de la CEPAL en su estudio sobre indicadores de sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible[104], se abordan indicadores de sostenibilidad ambiental como la huella ecológica porque permite cuantificar dicho indicador de manera sencilla, su comunicación es relativamente fácil a los diferentes públicos interesados, permite comparar la efectividad de las políticas y objetivos propuestos a nivel local, regional, nacional e inclusive internacionalmente y sin duda está acorde con los planteamientos actuales que apuntan al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y al cumplimiento de los acuerdo del COP 21 y avalados por la OCDE como un indicador que permite evaluar el progreso ambiental, relacionado en el "OCDE Core Set of Environmental Indicators"[105].

---

[104] QUIROGA MARTÍNEZ, Rayén Autor(es) Institucional(es): **NU. CEPAL. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas.** Fecha de publicación: 2001-09 Serie: **Serie Manuales - CEPAL** No.16116 p. : diagrs., tabls. Símbolo ONU: **LC/L.1607-P**

[105] http://www.oecd.org/site/worldforum/33703867.pdf

7.4.2 Beneficios legales o tributarios.

En la ley 1715 de 2014[106] se establece en el Articulo 11 ”*Incentivos la generación de energías* no *convencionales,* Como fomento a la investigación, desarrollo e inversión en el ámbito de la producción y utilización de energía a partir de FNCE, la gestión eficiente de la energía, los obligados a declarar renta que realicen directamente inversiones en este sentido, tendrán derecho a reducir anualmente de su renta, por los 5 años siguientes al año gravable en que hayan realizado la inversión, el cincuenta por ciento (50%) del valor total de la inversión realizada”. Y en el Artículo 13. “Instrumentos para la promoción de las energías renovable*,* el incentivo arancelario. Las personas naturales o jurídicas que a partir de la vigencia de la presente ley sean titulares de nuevas inversiones en nuevos proyectos de FNCE gozarán de exención del pago de los Derechos Arancelarios de Importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre inversión y de inversión de proyectos con dichas fuentes. Este beneficio arancelario será aplicable y recaerá sobre maquinaria, equipos, materiales e insumos que no sean producidos por la industria nacional y su único medio de adquisición esté sujeto a la importación de los mismos”.

7.4.3 Sostenibilidad.

Referida como el desarrollo actual sin comprometer la supervivencia de las generaciones futuras[107], y según Fraume “más hacia la conservación de los medios económicos”[108]

7.4.4. Viabilidad técnica.

Tal como lo plantea Padilla[109] la viabilidad técnica plantea la mejor alternativa de hacer un proyecto dentro de las diferentes formas de hacerlo, con las opciones más eficientes. Es decir**,** determinar si es posible realizar el proyecto, si se dispone de la tecnología necesaria para implementarla, evaluar la durabilidad, la resistencia estructural, la operatividad del proyecto, los mecanismos de control y el sistema de mantenimiento; al igual que la seguridad para las personas que operen los equipos.

7.4.5 Viabilidad económica.

Para establecer la viabilidad técnica de los diferentes métodos de energía alternativa se definen unos criterios tal como lo plantea Romero[110]el valor actual

---

[106] CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Ley 1715 de 13 de Mayo de 2014. Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Bogotá de 2014

[107] MACEDO, Beatriz. El concepto de sostenibilidad. Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe UNESCO Santiago. 2005

[108] RODRIGUEZ, Lacherre *Manuel. Sostenible o sustentable.*

[109] **PADILLA, M Córdoba.** Formulación y evaluación de proyectos. **(Colombia)., 2006 - sidalc.net**

[110] ROMERO, Carlos. *Normas prácticas para evaluación financiera* de *proyectos* agrarios. Mundi Prensa. España. 1980

neto de la inversión, la relación beneficio/inversión, el plazo de recuperación y la tasa interna de rendimiento.

Para determinar los criterios a analizar se realiza el siguiente cuadro de acuerdo a los aspectos a evaluar mencionados anteriormente

Cuadro 22. Criterios porcentuales para establecer la viabilidad técnica.

CRITERIOS DE SELECCIÓN	PORCENTAJE
Reducción del impacto ambiental	20%
Sostenibilidad	20%
Viabilidad técnica	30%
Viabilidad económica	15%
Beneficios legales	15%

Se determinan las siguientes escalas de valoración:

Cuadro 23. Escala de valoración del criterio de selección: Reducción del Impacto Ambiental

Reducción del impacto ambiental	MUY BAJO	Se relaciona con una Huella de Carbono que permanece en igual medida luego de la aplicación de tecnologías; es decir, sin progreso ambiental.
	BAJO	Reducción de hasta un 10% Huella de Carbono luego de la aplicación de nuevas tecnologías, con leve progreso ambiental con respecto a la información de base.
	MEDIO	Reducción entre el 11% y el 50% de la Huella de Carbono medida luego de la aplicación de tecnologías, con progreso ambiental evidente con respecto al inicial.
	ALTO	Se relaciona con una reducción significativa de la Huella de Carbono, entre un 51% y un 75% luego de la aplicación de tecnologías.
	MUY ALTO	Reducción altamente significativa de la Huella de Carbono, superior al 76% o nulo impacto ambiental, luego de la aplicación de las nuevas tecnologías.

Cuadro 24. Escala de valoración del criterio de selección: Sostenibilidad

Sostenibilidad	MUY BAJO	Se relaciona con la inversión de recursos en nuevas tecnologías con más de dos acciones de mantenimiento en el mismo año de su instalación, diferentes a las planeadas previamente
	BAJO	Se relaciona con la inversión de recursos en nuevas tecnologías con al menos una acción de mantenimiento en el mismo año de su instalación, diferentes a las planeadas previamente
	MEDIO	Inversión de recursos en nuevas tecnologías sin acciones de mantenimiento en el mismo año de su instalación, diferentes a las planeadas previamente.
	ALTO	Inversión de recursos en la implementación de nuevas tecnologías con acciones de mantenimiento programadas según planificación previa.
	MUY ALTO	Inversión de recursos en la implementación de nuevas tecnologías con acciones de mantenimiento programadas según planificación previa y sostenible a través del tiempo.

Cuadro 25. Escala de valoración criterio de selección: Viabilidad Técnica

Viabilidad Técnica	MUY BAJO	Aplicación de alternativas tecnológicas totalmente extrajeras sin aplicación previa en el país y con incertidumbre en la garantía de funcionalidad.
	BAJO	Aplicación de alternativas tecnológicas totalmente extrajeras sin aplicación previa en el país y con incertidumbre en la garantía de funcionalidad potencialmente afectada por uno o varios factores.
	MEDIO	Aplicación de alternativas tecnológicas extrajeras y locales con aplicación previa en el país y con incertidumbre en la garantía de funcionalidad potencialmente afectada por uno o varios factores.
	ALTO	Aplicación de alternativas tecnológicas locales con aplicación previa en el país y con incertidumbre en la garantía de funcionalidad potencialmente afectada por uno o varios factores.
	MUY ALTO	Aplicación de alternativas tecnológicas locales con aplicación previa en el país y con la garantía de funcionalidad en terreno.

Cuadro 26. Escala de valoración criterio de selección: Viabilidad Económica

Viabilidad económica	MUY BAJO	Se relaciona con una alta inversión de recursos económicos, con costos negativos en la relación beneficio/inversión para lograr algún grado de reducción del impacto ambiental
	BAJO	Se relaciona con una alta inversión de recursos económicos, con costos en la relación beneficio/inversión inferiores al 30% para lograr una leve reducción del impacto ambiental
	MEDIO	Alta inversión de recursos económicos para lograr una moderada reducción del impacto ambiental, con una relación beneficio/inversión inferiores al 50%
	ALTO	Inversión de recursos económicos con resultados positivos en la relación beneficio/inversión de hasta el 75%, con una alta reducción en el impacto ambiental. Viabilidad con tendencia a la recuperación de la inversión y a una TIR positiva.
	MUY ALTO	Inversión de recursos económicos con resultados positivos en la relación beneficio/inversión superior al 76% con una significativa reducción o nulo impacto ambiental. Viabilidad direccionada hacia la recuperación de la inversión y a una TIR positiva.

Cuadro 27. Escala de valoración criterio de selección: Beneficios Legales.

Beneficios Legales	MUY BAJO	Beneficios legales correspondientes a menos del 10% de la inversión en tecnologías renovables o Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE).
	BAJO	Beneficios legales correspondientes a menos del 20% de la inversión en tecnologías renovables o Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE).
	MEDIO	Beneficios legales correspondientes a menos del 30% de la inversión en tecnologías renovables o Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE).
	ALTO	Beneficios legales correspondientes a menos del 40% de la inversión en tecnologías renovables o Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE).
	MUY ALTO	Beneficios legales correspondientes valor máximo del 50% de la inversión en tecnologías renovables o Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE).

Se realiza el análisis multicriterio de las tres tecnologías a implementar para la obtención de energía alternativa:

Cuadro 28. Análisis Multicriterio de las alternativas tecnológicas energéticas: Fotovoltaica, Eólica y Biomasa

EVALUACIÓN DE TECNOLOGIAS	SIGNIFICANCIA	TECNOLOGIA 1		TECNOLOGIA 2		TECNOLOGIA 3	
criterios de selección		**ENERGIA FOTOVOLTAICA**		**ENERGIA EOLICA**		**ENERGIA BIOMASA**	
		VALOR	PONDERADO	VALOR	PONDERADO	VALOR	PONDERACION
Reducción del impacto ambiental	20%	5	1	4	0,8	4	0,8
Sostenibilidad	20%	5	1	5	1	3	0,6
Viabilidad técnica	30%	5	1,5	2	0,6	2	0,6
Viabilidad económica	15%	4	0,6	2	0,3	4	0,6
Beneficios legales	15%	5	0,75	5	0,75	4	0,6
TOTAL	100%		4,9		3,5		3,2

7.5 PROPUESTA DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA COMO NUEVA TECNOLOGIA

De acuerdo al análisis multicriterio la tecnología a implementar para reducir el impacto ambiental generado por el uso de energía eléctrica convencional, es el uso de paneles solares para la obtención de energía fotovoltaica, la cual debe cubrir con las siguientes especificaciones técnicas para garantizar la operación de los equipos necesarios para el desarrollo de la actividad minera.

7.5.1 CALCULO PARA INSTALACIÓN DE PÁNELES SOLARES FOTOVOLTAICOS

La producción diaria de electricidad de los paneles solares fotovoltaicos más comunes instalados fijos es la siguiente:

Potencia del Panel	**Producción diaria de electricidad en watts**
100W	370W
200W	740W
300W	1.110W
380W	1.406W
400W	1.480W

Esto sucede a que solo al medio día el sol ilumina los paneles en forma vertical produciendo la máxima energía pero en la mañana y en la tarde llega de forma

diagonal a los paneles bajando la producción de electricidad. Debido a la baja eficiencia de los paneles fijos se recomienda la instalación con el sistema ***solar trackers*** que aumenta en más de un 60% la eficiencia de los paneles ya que los mantiene todo el día de frente al sol.

Gasto promedio diario de energía: **34Kwh/día = 34.000 watts**

Potencia diaria (w) = PTD (w) = 34.000w

Capacidad de producción diaria del panel (w) = CPDP (w) = 1.480w

PTD (w) / CPDP (w) = Numero de Paneles

34.000/1.480 = 22,97 Se aproxima a **23 paneles de 400w**

Dónde:

Energía necesaria: 34.000w

Hora solar pico: HSP = 4.5 kwh/m² (Véase anexo G. MAPA RADIACIÓN SOLAR DEL IDEAM COLOMBIA)

Rendimiento de trabajo = 0,8

Potencia del panel = 400w

Numero de paneles = (energía necesaria) / (HSP * Rendimiento de trabajo * potencia panel)

= (34.000w) / (4.5 * 0,8 * 400)
= (34.000) / (1.440)
= **23 paneles de 400w**

PROPUESTA FINANCIERA

En el cuadro No. 29 se estipula la inversión a realizar para implementación del sistema de energía fotovoltaica.

Cuadro 29. Costos de implementación del Sistema Solar Fotovoltaico

INSTALACIÓN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA LA PRODUCCION DE ELECTRICIDAD EN EL MUNICIPIO DE LA ESPERANZA, SANTANDER						
Capitulo	**Ítem**	**Actividades**	**Und**	**Cant**	**Valor Unitario**	**Valor Total**
1. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	1.1	Paneles Solares policromaticos 400w	Panel	23,00	$ 1.695.000,00	$ 38.985.000,00
	1.2	Regulador Steca Power Tarom 4110 110Ah 48v. Con Display LCD.	Regulador	1,00	$ 7.847.000,00	$ 7.847.000,00
	1,3	Inversor - Cargador Studer Xtender XTM 4000-48 4000W 48V Cargador 50A	Inversor	1,00	$ 8.172.500,00	$ 8.172.500,00
	1,4	Baterías Estacionarias GEL 10 OPZV 1000 1530Ah C100 (1 X 6) Autonomia 2 dias	Kit	1,00	$ 9.232.000,00	$ 9.232.000,00
	1,5	Suministro e Instalación cableado y acometidas del sistema fotovoltaico	Global	1,00	$ 3.050.000,00	$ 3.050.000,00
					TOTAL SISTEMA SOLAR	**$ 67.286.500,00**
2. SOLAR TRACKERS	2.1	Instalación y montaje del sistema solar trackers y soportes de paneles	Und	3,00	$ 650.000,00	$ 1.950.000,00
	2,2	Sistema Solar Trackers de giro automatico	Und	3,00	$ 2.450.000,00	$ 7.350.000,00
					TOTAL SOLAR TRACKERS	**$ 9.300.000,00**
					TOTAL COSTOS DIRECTOS	**$ 76.586.500,00**
					TOTAL SIN TRANSPORTES	**$ 76.586.500,00**

Teniendo en cuenta el pago actual de la factura que en promedio es de $ 1.500.000 mensual, se estipula que la inversión de $ 76.586.500 se puede recuperar de la siguiente forma:

VALOR REDUCCION DE DECLARACION EN LA RENTA: $ 38.293.250 (equivalente al 50% del valor de la inversión, descontado del valor a pagar en la declaración en la renta)

VALOR PAGADO DE SERVICIO DE ENERGIA ELECTRICA:
El restante de la inversión (50%) $ 38.293.250 /$1.500.000 valor mensual pagado por el servicio:

En un año se ahorraría $18´000.000 en pagos de factura eléctrica.

El cálculo de la TIR (Tasa Interna de Retorno o Tasa Interna de Rentabilidad) que es un indicador de rentabilidad, a mayor TIR mayor rentabilidad, se calculó para

establecer los rendimientos futuros esperados con la inversión en la nueva tecnología:

Cuadro 30. Cálculo de la TIR sobre la inversión en energía fotovoltaica.

AÑO / CONCEPTO	AÑO 0 / AÑO DE INVERSIÓN	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
			+5% Inflación	+5% Inflación	+5% Inflación	+5% Inflación
50% DEDUCCIÓN DECLARACIÓN DE RENTA		38.293.250				
AHORRO EN PAGO DE ENERGÍA		18.000.000				
PROYECCIÓN	(76.586.000,00)	56.293.250	18.900.000,00	19.845.000,00	20.837.250,00	21.879.112,50
TIR=	30%					

En el cuadro 30 se proyectan los incrementos anuales por inflación que permiten en calculadoras financieras determinar la TIR, que para este caso es muy favorable en un 30%, frente al valor base de referencia del 9% para ser una inversión atractiva.

Lo anterior indica que es un proyecto rentable económicamente y que le imprime un valor agregado al proceso de explotación de asfaltita.

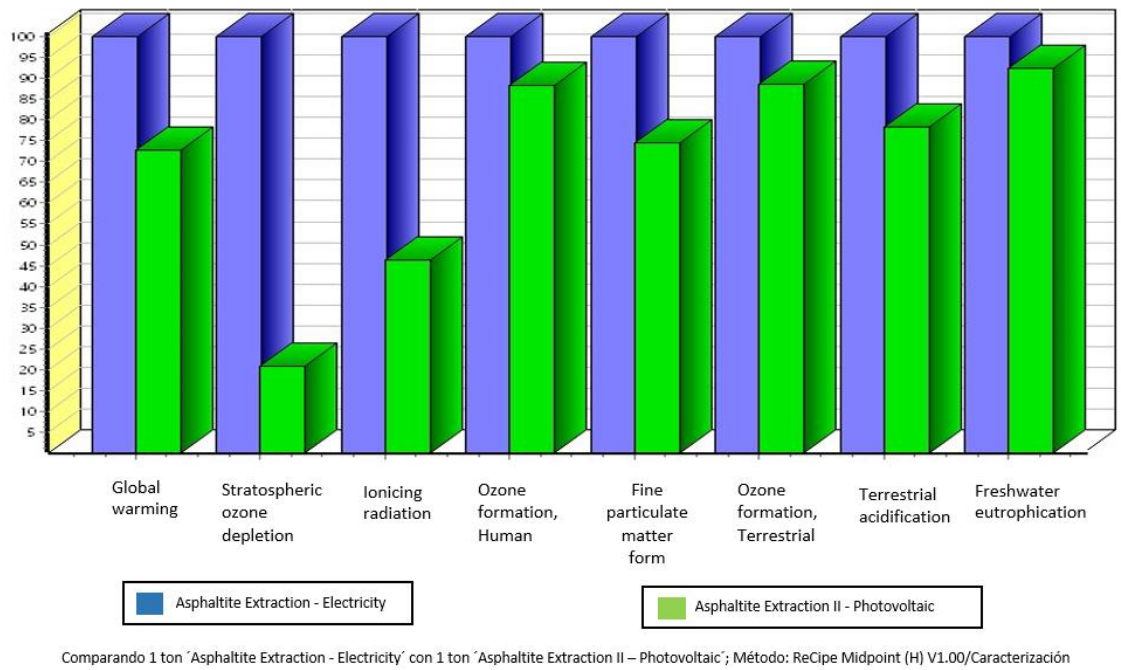
7.5.2 CONSIDERACIÓN AMBIENTAL

De igual forma se realiza una comparación del uso de la energía fotovoltaica en el proceso de explotación de asfaltita por las metodologías Recipe y CML obteniendo los siguientes resultados:

7.5.3 COMPARACIÓN DE IMPACTOS ENERGIA ELECTRICA VS ENERGÍA FOTOVOLTAICA

- **Comparación Recipe**

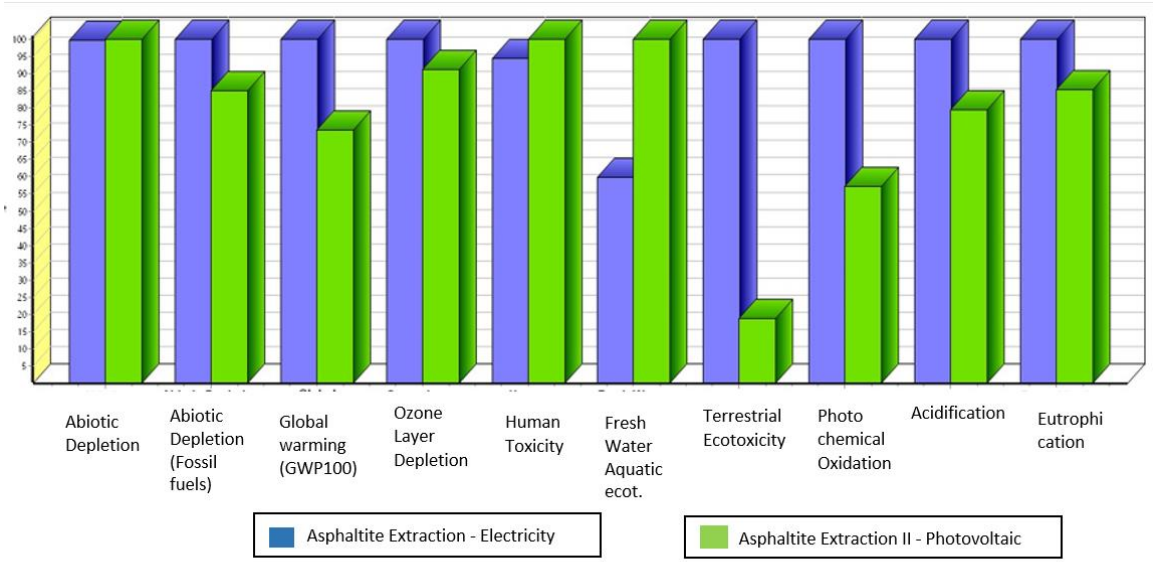
Gráfica 31. Impacto ambiental por categorías, metodología ReCipe, explotación de Asfaltita con energía eléctrica y con energía fotovoltaica



Categoría de impacto /	Unidad	Asphaltite Extraction -Electricity	Asphaltite Extraction II - Photovoltaic
Global warming	kg CO2 eq	3,02	2,19
Stratospheric ozone depletion	kg CFC11 eq	5,01E-6	1,05E-6
Ionizing radiation	kBq Co-60 eq	0,17	0,0788
Ozone formation, Human health	kg NOx eq	0,00943	0,00832
Fine particulate matter formation	kg PM2.5 eq	0,00351	0,00261
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NOx eq	0,00963	0,00852
Terrestrial acidification	kg SO2 eq	0,00996	0,00782
Freshwater eutrophication	kg P eq	0,000573	0,00053
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB e	0,00653	0,00781
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB e	0,0778	0,142
Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DBC e	0,0875	0,0805
Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DBC e	77,1	93,2
Land use	m2a crop eq	0,405	0,0768
Mineral resource scarcity	kg Cu eq	0,00802	0,00935
Fossil resource scarcity	kg oil eq	0,908	0,771
Water consumption	m3	0,157	0,0193

- **Comparación CML**

Gráfica 32. Impacto ambiental por categorías, metodología CML, explotación de Asfaltita con energía eléctrica y energía fotovoltaica



Comparando 1 ton 'Asphaltite Extraction - Electricity' con 1 ton 'Asphaltite Extraction II – Photovoltaic'; Método: CML-IA baseline V3.04/EU25/Caracterización

Categoría de impacto /	Unidad	Asphaltite Extraction -Electricity	Asphaltite Extraction II - Photovoltaic
Abiotic depletion	kg Sb eq	0,00709	0,00711
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	41,5	35,3
Global warming (GWP100a)	kg CO2 eq	2,95	2,17
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	4,8E-7	4,37E-7
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	1,02	1,08
Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	0,575	0,961
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	0,021	0,00396
Photochemical oxidation	kg C2H4 eq	0,000818	0,000468
Acidification	kg SO2 eq	0,0124	0,00988
Eutrophication	kg PO4--- eq	0,00343	0,00292

Cuadro 31. Clasificación de las categorías por impactos ambientales

Categoría	Unidad de Referencia	ESCENARIO ACTUAL (ENERGIA ELECTRICA)	ESCENARIO PROPUESTO (FOTOVOLTAICA)	% VARIACION	CLASIFICACION POR CATEGORIAS: CONSUMO DE RECURSOS	CLASIFICACION POR CATEGORIAS: IMPACTOS AL ECOSISTEMA	CLASIFICACION POR CATEGORIAS: DAÑOS A LA SALUD
Calentamiento global	kg CO_2 eq	3,02	2,19	-27,5		X	
agotamiento del ozono estratosférico	kg CFC11 eq	5,01E-06	1,05E-06	-79		X	X
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	0,17	0,0788	-53,6			X
Formación de ozono, Salud humana	kg NOx eq	0,00943	0,00832	-11,8			X
Formación de partículas finas	kg PM2.5 eq	0,00351	0,00261	-25,6		X	X
Formación de ozono, ecosistemas terrestres	kg NOx eq	0,00963	0,00852	-11,5		X	
Acidificación terrestre	kg SO_2 eq	0,00996	0,00782	-21,5		X	
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,00057	0,00053	-7,5		X	
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB e	0,00653	0,00781	19,6		X	
Ecotoxicidad de agua dulce	kg 1,4-DCB e	0,0778	0,142	82,5		X	
Toxicidad carcinogénica humana	kg 1,4-DCB e	0,0875	0,0805	-8			X
Toxicidad humana no carcinogénica	kg 1,4-DCB e	77,1	93,2	20,9			X
Uso del suelo	m2a crop eq	0,405	0,0768	-81	X		
La escasez de recursos minerales	kg Cu eq	0,00802	0,00935	16,6	X		
La escasez de recursos fósiles	kg oil eq	0,908	0,771	-15,1	X		
Consumo de agua	m3	0,157	0,0193	-87,7	X		

Para realizar el análisis comparativo del escenario actual de la explotación de la asfaltita y el escenario propuesto con la implementación de la tecnología limpia, se utilizará la metodología Recipe, ya que es la que permite evaluar más categorías de

impacto ambiental y contiene las categorías de la metodología CML, al igual como se identificó en el análisis comparativo por metodologías y categorías, los resultados fueron concluyentes.

Como se observa en el cuadro No.31, la implementación de la energía fotovoltaica, disminuye el impacto ambiental en 12 categorías de las 16 analizadas, por lo cual es contundente que el uso de la energía fotovoltaica contribuye significativamente a reducir los impactos ambientales generados por la explotación de asfaltita.

De igual manera se observa que en la clasificación de las categorías de acuerdo a la SETAC por consumo de recursos, impactos al ecosistema y daño a la salud humana, se tiene que:

Categorías que agrupan consumo de recursos: 3 categorías disminuyen su impacto, excepto la escasez de recursos minerales debido al uso del material de fabricación de los paneles solares, y es muy significativo el 87,7% de la reducción del impacto en el consumo de agua.

En la clasificación de las categorías de impacto ambiental, se evidencia una reducción del impacto en 6 categorías, de las cuales se destaca la disminución significativa a las categorías de agotamiento de ozono estratosférico con el 79% de reducción y el calentamiento global con el 27,5% y formación de partículas finas con el 25%.

En el grupo de categorías daño a la salud humana, se disminuye el impacto en 5 categorías, siendo significativa la reducción en las categorías agotamiento de ozono estratosférico en 79%, radiación ionizante en 53,6%.

8. CONCLUSIONES

- La caracterización de los procesos de explotación de asfaltita mediante el análisis de entradas y salidas permitió establecer que el proyecto en general se ejecuta de manera manual ya que en las labores realizadas no hay uso de maquinaria pesada, todo es realizado por los trabajadores con picos y palas. Se visualizó que existe una alta demanda de madera en los procesos de mantenimiento y adecuación, donde el consumo equivale a 210,13 kg de madera por producción de tonelada de asfaltita. Por otra parte, el proceso preparación es el que contribuye mayoritariamente al consumo de energía por ser el que requiere los equipos eléctricos como la motobomba para el drenaje del agua, los inyectores y extractores de aire.

- La metodología de evaluación del impacto ambiental ACV – Análisis de ciclo de vida, permite identificar de forma cualitativa y cuantitativa los impactos ambientales de un producto o servicio durante toda la cadena productiva, en las diferentes categorías de interés del estudio objeto de investigación, de igual forma permite identificar la modificación de los impactos con nuevos escenarios de acuerdo a las diferentes tecnologías propuestas, lo cual permite con antelación predecir la eficacia y eficiencia de la inversión lo cual es una herramienta útil en la sustentación de los proyectos.

- La evaluación del impacto ambiental mediante el ACV de la explotación de asfaltita identificó que la mayor cargar ambiental se debe a la extracción de asfaltita por el consumo de energía eléctrica para la operación de los diferentes equipos necesarios para realizar dicho proceso, pero esta carga ambiental está dada por el ciclo productivo de la energía, la cual afecta en más del 50% a 8 de las 17 categorías evaluadas mediante la metodología Recipe y que son confirmadas mediante la metodología CML, las cuales tienen validez mundial y el enfoque hacia la mejor practica ambiental y la prevención de los impactos.

- El proceso de transporte también hace su aporte significativo en las categorías evaluadas por el uso de diesel como combustible fósil y la generación de material partículado y emisiones producto de la quema de combustible, que si bien no se dispone en el momento de una propuesta para el cambio de esta alternativa de transporte, si se puede recomendar las medidas de mantenimiento preventivo y las revisiones técnico mecánicas necesarias para reducir el impacto ambiental de este proceso.

- En la tonelada calculada de extracción de asfaltita, analizando de la cuna a la puerta se emiten de 3,02 kg CO_2 eq, pero al estimar la extracción semanal (57 toneladas) ya sería considerable la emisión con un 172,14 kg CO_2 eq. Por otra

parte, si la empresa desea ampliar la explotación, se requiere la utilización de la energía fotovoltaica para que la explotación sea menos contaminante.

- Si bien la explotación de asfaltita en las condiciones actuales, que es una explotación manual y a pequeña escala, no tiene impactos ambientales significativos, el uso de la energía alternativa como la fotovoltaica contribuye significativamente a la reducción de los impactos en las diferentes categorías clasificadas en los grupos: consumo de recursos, impactos al ecosistema y afectación a la salud humana; lo cual es de considerar al aumentar la producción de asfaltita.

- Una de las preocupaciones actuales para la población es el cambio climático asociado a las causas antropogénicas, por tal razón se debe buscar alternativas de sostenibilidad ambiental que fortalezcan la industria sin comprometer las generaciones futuras.

- El uso de energías provenientes de fuentes convencionales como la energía hidráulica, térmica, nuclear y combustibles fósiles generan la mayoría de impactos ambientales en todo el ciclo productivo desde la generación, transmisión y mantenimiento, por lo tanto el uso de fuentes alternativas es un reto que la industria debe asumir para reducir su huella de carbono.

- Es necesario que los gobiernos, adicionalmente a las políticas de reducción de la huella de carbono, diseñen estrategias puntuales para realizar investigación e inversión en la implementación de energías alternativas, que permita que estas sean más asequibles en tecnología y en costo.

- La energía fotovoltaica es una alternativa energética, factible de implementar en diversos escenarios ya que su requerimiento técnico, su eficiencia energética, bajo mantenimiento y su bajo impacto ambiental hacen de ésta una fuente energética renovable de recuperación económica rápida, adicionalmente es la tecnología que más implementación tiene lo cual ayuda en la reducción de los costos de inversión.

9. RECOMENDACIONES

- Dado que los resultados arrojaron que el mayor impacto se genera por consumo de energía eléctrica, sería recomendable implementar un sistema de gestión energética, donde se capacite al personal en el uso eficiente de la energía, establecer metas de ahorros energéticos, crear un historial de consumos e indicadores que permitan evaluar resultados y reducir las cargas ambientales ocasionadas.

- El consumo de madera por producción de tonelada de asfaltita es bastante elevado, debido a su utilización como material de soporte y mantenimiento de la mina, adicionalmente esto contribuye a la deforestación y la pérdida de biodiversidad por intervención del ecosistema. Sería recomendable, estudiar la posibilidad de utilizar otro tipo de material que cumpla con la misma función, que no signifique un gasto económico exorbitante y que contribuya a la conservación del medio.

- Respecto a la posibilidad de que en la mina exista a presencia de sulfuros que conlleven a la acidificación del agua, se recomienda hacer un estudio detallado de las condiciones físico-químicas del medio, una caracterización de los efluentes de la mina como lo son muestreos de agua y sedimentos para su análisis en laboratorio y determinar las concentraciones metálicas presentes, también realizar la medición in-situ de parámetros como: pH, contenido de oxígeno, potencial redox, conductividad, temperatura, Fe, acidez/alcalinidad, turbidez y otros.

- La revisión de literatura muestra un numero casi nulo de estudios de ACV mineros, se recomienda que se lleven a cabo investigaciones adicionales a través de alianzas entre la industria y la academia para poder desarrollar un marco de ACV más riguroso y específico para la minería, dicho marco debería permitir el análisis de sensibilidad e incertidumbre al tiempo que permite la recopilación adecuada de los datos que aún no cubre las dimensiones temporales y espaciales de la minería de modo que se logre mejorar la aplicación del análisis de ciclo de vida a la minería.

BIBLIOGRAFIA

ADUVIRE, Osvaldo. Drenaje ácido de mina, generación y tratamiento. Instituto Geológico y Minero de España Dirección de Recursos Minerales y Geoambiente. Madrid, 2006.

CHACON, V. Jairo Raúl. Historia Ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV) con una bibliografía selecta. Revista Colombiana de Ingeniería No.72. Bogotá. 2008

CHAVARRO, Walter; MOLINA, Carolina (2015). Evaluación alternativas pavimentación vías bajos volúmenes de tránsito. Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Ingeniería de Pavimentos. Facultad De Ingeniería Universidad Católica De Colombia. Disponible en: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2617/1/Evaluaci%C3%B3n-alternativas-pavimentaci%C3%B3n-v%C3%ADas-bajos-vol%C3%BAmenes-de-tr%C3%A1nsito.pdf

COBBOLD et al., Bitumen veins [on line]. Folk (Noruega). 2011, [citated el 6 de junio de 2016]. Oliviega Website http://folk.uio.no/oliviega/Website/Publications/Papers/Cobbold_et_al._Bitumen_veins,_2011.pdf

CONESA, FERNANDEZ-VITORA, Vicente. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Editorial Mundi – prensa. Segunda edición. Madrid. 1993

CUMBRE JOHANNESBURGO 2002. http://www.un.org/spanish/conferences/wssd/unced.html

DE LA RUAD, L. Cristina. Desarrollo De La Herramienta Integrada “Análisis De Ciclo De Vida –Input Output” Para España Y Aplicación A Tecnologías Energéticas Avanzadas. Universidad Politécnica de Madrid. 2009

ESPINOZA, Guillermo. Gestión y fundamentos de evaluación de impacto. Banco Interamericano de Desarrollo – Centro de estudios para el desarrollo. Santiago de Chile. 2007

Espinosa-Rodríguez, M. A.; Hidalgo-Millán, A.; Delgado-Delgado, R. Diseño de un sistema de tratamiento para el drenaje ácido de mina basado en el proceso de lodos

de alta densidad (HDS) Ingeniería, vol. 20, núm. 2, 2016, pp. 64-75 Universidad Autónoma de Yucatán Mérida,Mexico.

FINKBEINER, Matthias. Et al. Life cycle assessment (ISO 14040/44) as basis for environmental declarations and carbon footprint of products. Oslo, Norway. 2.011.

FÚQUENE-RETAMOSO, Carlos Eduardo, LARA-BORRERO, Jaime Andrés, MÉNDEZ-FAJARDO, Sandra. Evaluación del impacto ambiental de uniones roscadas en bronce mediante el análisis del ciclo de vida (ACV) de productos. Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana. 2010.

Gaceta Constitucional número 114 del domingo 4 de julio de 1991

GARCIA, L. Luis Alberto. Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de los impactos ambientales. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, 2004

GOBIERNO VASCO. Departamento de medio ambiente, Planificación territorial, agricultura y pesca. Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono. IHOBE. Sociedad Pública de gestión ambiental. Bilbao. 2009 http://www.ihobe.net/Paginas/Ficha.aspx?IdMenu=e268f726-16d3-4077-aff3-866efa7042f3&Idioma=es-ES

GOEDKOOP, M., SCHRYVER, A. D., OELE, M., DURKSZ, S., & de ROEST, D. Introduction to LCA with SimaPro 7. Pré Consultants. 2010

GÓMEZ O., Domingo y GÓMEZ V., María Teresa. Evaluación de Impacto ambiental. 2013, Ediciones Mundi prensa. España.

GRAJALES, Tevni. Tipos de Investigación. Tgrajales.net

HERNÁNDEZ OROZCO, Jorge E., & GARCÍA RAMÍREZ, Camilo. B. Desempeño ambiental de la camaronicultura en la región Caribe de Colombia desde una perspectiva de Análisis del Ciclo de Vida. Bogotá Universidad Nacional de Colombia. 2015

Life cycle assessment an operational guide to the ISO standars. Mayo de 2001. http://media.leidenuniv.nl/legacy/new-dutch-lca-guide-part-1.pdf

Metodología Análisis de ciclo de vida. http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6827/04CAPITOL3.pdf;jsessionid=29A107FBDB9EFD236E02BBB6ECAAD672.tdx1?sequence=4

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 910 (5 de junio de 2.008). Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles

terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones. Diario Oficial 47030 de junio 24 de 2008.

MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL Y MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 1575 (9 de mayo de 2.007). Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Diario Oficial 46623

MONTES, Ariel y FERRER, Yiezenia Rosario. Ontología de evaluación de impacto ambiental para proyectos mineros. 2014. Minería y Geología / v.30 n.1

MUÑOZ, Saravita. Antonio. Los métodos cuantitativo y cualitativo en la evaluación de impactos en proyectos de inversión social. Universidad Mariano Gálvez. Eumet.net. Biblioteca virtual. Guatemala. 31 de enero de 2007

NACIONES UNIDAS. Objetivos de Desarrollo Sostenible. [online]. 2015. http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/#
Nciri N, Song S, Kim N, Cho N. (2014) Chemical Characterization of Gilsonite Bitumen. J Pet Environ Biotechnol 5: 193. doi: 10.4172/2157- 7463.1000193.

NIEMBRO, G. Isabel Joaquina y GONZALES, B. María Margarita. Valoración del impacto de la generación de electricidad en España en 2008, mediante el Eco-indicador 99. España, Escuela técnica de Ingeniería Industrial de Barcelona. 2008

NTC 5459. Análisis de ciclo de vida-vocabulario. ICONTEC 2006
NTC ISO 14040. Gestión ambiental análisis de ciclo de vida, principio y marco de referencia. ICONTEC 2007

NTC ISO 14044. Gestión ambiental análisis de ciclo de vida, requisitos y directrices. ICONTEC. 2007.

OJEDA, Karina, HERRERA, Adriana, SIERRA, María, y TAMAYO, Katherine. Evaluación del impacto ambiental en el uso de nanopartículas de alúmina como aditivo de mezclas biodiesel/diésel mediante análisis de ciclo de vida. Cartagena. Universidad de Cartagena. 2015

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. Protocolos de Kioto de 1997. Diciembre 11 de 1997.

Panorama Minero, Edición 370, Buenos Aires, agosto 2010.

PNUMA, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Tendencias del flujo de materiales y productividad de recursos en América Latina. 2013

PONCE MURIEL, Álvaro. Panorama del Sector Minero. Bogotá: UPME, 2.010. p. 14

PONCE MURIEL, Álvaro. Panorama del Sector Minero. Bogotá: UPME, 2.010. p. 40

RAMIREZ, H. Adyalis. Metodología para la Evaluación de Impacto Ambiental en el Hotel Iberostar Laguna Azul.

REPÚBLICA COLOMBIA. Ministerio De Minas Y Energía, Resolución 40659 de 2015, (Junio 10 de 2015), Por la cual se define el esquema de incentivos por el aprovechamiento y la explotación integral de los recursos naturales no renovables y se establece la metodología para su aplicación y asignación, para la vigencia 2016. Bogotá D.C. 2015. P. 1-8

REPÚBLICA DE COLOMBIA MINISTERIO DE AMBIENTE Y DE DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 948 (5 de junio de 1.995). Por el cual se reglamentan, parcialmente la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 75 del Decreto-Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. Diario Oficial No. 41.876.

REPÚBLICA DE COLOMBIA Y EL GOBIERNO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA Acuerdo de cooperación ambiental entre el Gobierno de la república de Colombia y el Gobierno de los Estados Unidos de América. Junio 28 de 2013. Marco de fortalecimiento de cooperación ambiental bilateral.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE. “Constitución de los Derechos Humanos” Gaceta Constitucional número 114 del domingo 4 de julio de 1991

REPÚBLICA DE COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPÚBLICA, Ley 09 de 1979, Código Sanitario Nacional. (24 de enero 1.979), “Por la cual se emiten normas sanitarias”. Diario oficial.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 99 Ley del Medio Ambiente (22 de diciembre de 1993), “Por el cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA”. Diario Oficial No. 41146 de Diciembre 22 de 1993

REPÚBLICA DE COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 373 de 1997. (6 de junio de 1.997), “por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua”. Diario Oficial No. 43.058 del 11 de junio de 1997

REPÚBLICA DE COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1252 de 2008. (27 de Noviembre de 2.008), "Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones" Diario Oficial 47186 de noviembre 27 de 2008

REPÚBLICA DE COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 633 del 2.000 (29 de diciembre de 2.000), “Por la cual se expiden normas en materia tributaria, se dictan disposiciones sobre el tratamiento a los fondos obligatorios para la vivienda de interés social y se introducen normas para fortalecer las finanzas de la Rama Judicial”. Diario Oficial No. 44.275 de 29 de diciembre de 2000

REPÚBLICA DE COLOMBIA, DEPARTAMENTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE -DAMA- Resolución 618 de 2003. Por la cual se reglamentan las condiciones ambientales para declarar los Estados de Alarma Ambiental. Decreto 2811 de 1974. TÍTULO VIII. De las emerencias Ambientales. Artículo 31.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, EL MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 2667 de 2012. Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones. Diario Oficial 48651 de diciembre 21 de 2012

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE AGRICULTURA Decreto 1449 de 1.977. Tema: Ocupación de Cauces. Diario Oficial No. 34827

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE AGRICULTURA. Decreto 1449 de 1.977 (27 de junio de 1.977). “Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley número 135 de 1961 y el Decreto-Ley número 2811 de 1974”. Diario Oficial No. 34827

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE AGRICULTURA. Decreto 1541 de1.978 (26 de julio de 1.978). Modificado por el Decreto Nacional 2858 de 1981 Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto Nacional 3930 (25 de octubre de 2010). reglamentado parcialmente por el Decreto 4728 de 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -

Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial 47873 de octubre 25 de 2010

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 1552 (20 de octubre de 2005. Por el cual se adoptan los manuales para evaluación de Estudios Ambientales y de seguimiento ambiental de Proyecto y se toman otras determinaciones".

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2154 de 2010. Por la cual se ajusta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 de 2010 y se adoptan otras disposiciones. Diario Oficial 47887 de noviembre 8 de 2010

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 601 de 2006. Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia. Diario Oficial 46232 de abril 05 de 2006.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. RESOLUCIÓN 909 DE 2008, modificada por Resolución 1309 de 2010. Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial 47051 de julio 15 de 2008

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 1414 de 2013 Por medio del cual se reglamenta parcialmente el artículo 108 de la Ley 1450 de 2011. Diario Oficial No. 48839 del 02 de julio de 2013.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 2504 de 2015. Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario número 1073 de 2015 que define los aspectos técnicos, tecnológicos, operativos y administrativos para ejercer la labor de fiscalización minera y se toman otras determinaciones. Diario Oficial No. 49735 del 23 de diciembre de 2015.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 2715 de 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 1382 de 2010. Diario Oficial 47784 de julio 28 de 2010.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 276 de 2015 Por el cual se adoptan medidas relacionadas con el Registro Único de comercializadores - RUCOM (Registro Único de Comercializadores de Minerales). Diario Oficial No. 49428 del 17 de febrero de 2015.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 933 de 2013 Por el cual se dictan disposiciones en materia de formalización de minería tradicional y se modifican unas definiciones del Glosario Minero. Diario Oficial 48785 de mayo 9 de 2013.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto Único Reglamentario 1073 de 2015. Por la cual medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía. Diario Oficial No. 49523 del 26 de mayo de 2015.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Ley 685 de 2.001 (5 de agosto de 2001). "Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones". Diario Oficial No. 44.545 de septiembre 8 de 2001

REPÚBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 2691 (23 de diciembre de 2014). Por el cual se reglamenta el artículo 37 de la Ley 685 de 2001 y se definen los mecanismos para acordar con las autoridades territoriales las medidas necesarias para la protección del ambiente sano, y en especial, de sus cuencas hídricas, el desarrollo económico, social, cultural de sus comunidades y la salubridad de la población, en desarrollo del proceso de autorización de actividades de exploración y explotación minera..

REPÚBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 095 (31 de mayo de 2.016). Por la cual se modifica la delimitación de las Áreas de Reserva Estratégica Mineras contenida la Resolución número 18 0241 del 24 de febrero de 2012 expedida por el Ministerio de Minas y Energía.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución número 000024 (16 de septiembre de 2.014). Por la cual se revoca parcialmente la Resolución número 18 0241 del 24 de febrero de 2012 expedida por el Ministerio de Minas y Energía.

REPÚBLICA DE COLOMBIA.MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 2041 (15 de Octubre de 2014). Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.

REPÚBLICA DE COLOMBIA.MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 705 (28 de Junio de 2013). Por medio de la cual se establecen unas reservas de recursos naturales de manera temporal como zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables o del ambiente y se dictan otras disposiciones.

REPULICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. “Resolución 126 (27 de marzo de 2015). Por la cual se determinan los precios de los minerales no metálicos para la liquidación de regalías”. Bogotá. Pág. 1-7

RUBIANO GALVIS, Sebastián. “La regulación ambiental y social de la minería en Colombia: comentarios al proyecto de ley de reforma al Código de Minas”. Foro Nacional Ambiental. Bogotá D.C. octubre de 2012.

SABELLA, Ángelo. Ideas sostenibles. 2005, datateca.unad.edu.co

SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. Enfoque de Ciclo de Vida. Alcaldía Mayor de Bogotá. http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=b10b7bf6-81fc-4fa9-9aeb-013f0e7cd743&groupId=24732

SELA, Sistema Económico Latinoamericano y del Caribe. 2011 Caracas, Las Relaciones de América Latina y el Caribe con África: Situación actual y áreas de oportunidad. http://www19.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2011/08460.pdf

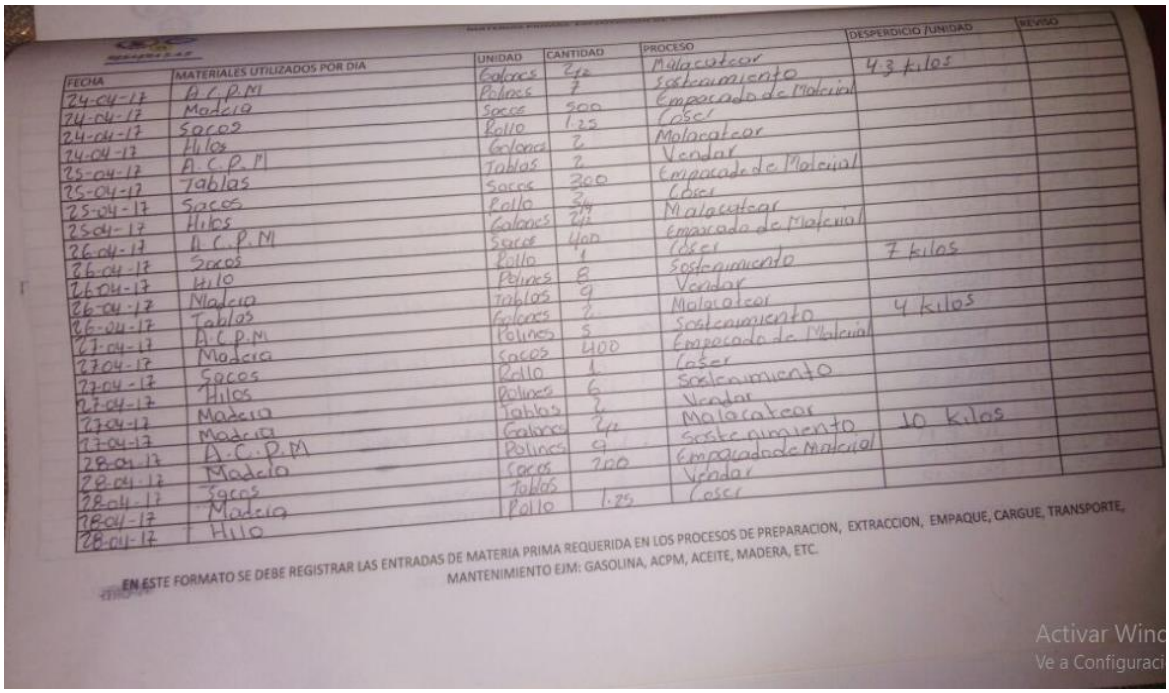
Sociedad de Historia Natural. Drenaje Ácido Generado por la Minería. Disponible en: http://defiendelasierra.org/wp-content/uploads/Drenaje-%C3%81cido-por-la-miner%C3%ADa.pdf

SMARTEXPORT. Estudio y seguimiento de los mercados de exportación. 2009

TORRADO, María Catherine TORRES, Kelly Daniela. Contribución a la explotación de asfaltita mediante el método de imagen resistiva eléctrica y su clasificación geoquímica en la vereda la Tigra, Municipio de Rionegro Santander. Universidad Industrial de Santander. 2016

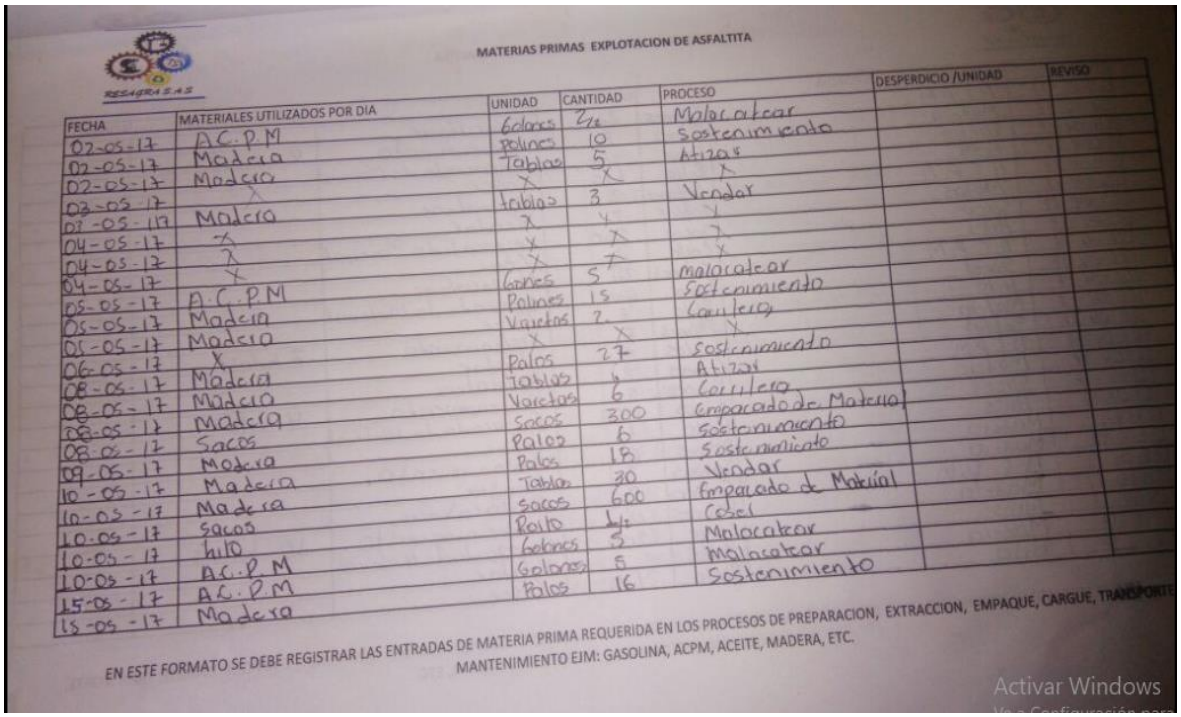
ANEXOS

ANEXO A. ENTRADAS Y SALIDAS DE MASA



FECHA	MATERIALES UTILIZADOS POR DIA	UNIDAD	CANTIDAD	PROCESO	DESPERDICIO /UNIDAD	REVISO
24-04-17	A.C.P.M	Galones	2½	Malacatear	4.3 kilos	
24-04-17	Madera	Polines	7	Sostenimiento		
24-04-17	Sacos	Sacos	500	Empacado de Material		
24-04-17	Hilos	Rollo	1.25	Coser		
25-04-17	A.C.P.M	Galones	2	Malacatear		
25-04-17	Tablas	Tablas	2	Vendar		
25-04-17	Sacos	Sacos	300	Empacado de Material		
25-04-17	Hilos	Rollo	3¼	Coser		
26-04-17	A.C.P.M	Galones	2½	Malacatear		
26-04-17	Sacos	Sacos	400	Empacado de Material		
26-04-17	Hilo	Rollo	1	Coser		
26-04-17	Madera	Polines	8	Sostenimiento	7 kilos	
26-04-17	Tablas	Tablas	9	Vendar		
27-04-17	A.C.P.M	Galones	2	Malacatear		
27-04-17	Madera	Polines	5	Sostenimiento	4 kilos	
27-04-17	Sacos	Sacos	400	Empacado de Material		
27-04-17	Hilos	Rollo	1	Coser		
27-04-17	Madera	Polines	6	Sostenimiento		
27-04-17	Madera	Tablas	2	Vendar		
28-04-17	A.C.P.M	Galones	2½	Malacatear		
28-04-17	Madera	Polines	9	Sostenimiento	10 kilos	
28-04-17	Sacos	Sacos	200	Empacado de Material		
28-04-17	Madera	Tablas		Vendar		
28-04-17	Hilo	Rollo	1.25	Coser		

EN ESTE FORMATO SE DEBE REGISTRAR LAS ENTRADAS DE MATERIA PRIMA REQUERIDA EN LOS PROCESOS DE PREPARACION, EXTRACCION, EMPAQUE, CARGUE, TRANSPORTE, MANTENIMIENTO EJM: GASOLINA, ACPM, ACEITE, MADERA, ETC.



MATERIAS PRIMAS EXPLOTACION DE ASFALTITA

FECHA	MATERIALES UTILIZADOS POR DIA	UNIDAD	CANTIDAD	PROCESO	DESPERDICIO /UNIDAD	REVISO
02-05-17	A.C.P.M	Galones	2½	Malacatear		
02-05-17	Madera	Polines	10	Sostenimiento		
02-05-17	Madera	Tablas	5	Atizar		
03-05-17	X	X	X	X		
03-05-17	Madera	Tablas	3	Vendar		
04-05-17	X	X	X	X		
04-05-17	X	X	X	X		
04-05-17	X	X	X	X		
05-05-17	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
05-05-17	Madera	Polines	15	Sostenimiento		
05-05-17	Madera	Varetas	2	Cortera		
06-05-17	X	X	X	X		
08-05-17	Madera	Palos	27	Sostenimiento		
08-05-17	Madera	Tablas	4	Atizar		
08-05-17	Madera	Varetas	6	Cortera		
08-05-17	Sacos	Sacos	300	Empacado de Material		
09-05-17	Madera	Palos	6	Sostenimiento		
10-05-17	Madera	Palos	18	Sostenimiento		
10-05-17	Madera	Tablas	30	Vendar		
10-05-17	Sacos	Sacos	600	Empacado de Material		
10-05-17	hilo	Rollo	1½	Coser		
10-05-17	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
15-05-17	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
15-05-17	Madera	Palos	16	Sostenimiento		

EN ESTE FORMATO SE DEBE REGISTRAR LAS ENTRADAS DE MATERIA PRIMA REQUERIDA EN LOS PROCESOS DE PREPARACION, EXTRACCION, EMPAQUE, CARGUE, TRANSPORTE, MANTENIMIENTO EJM: GASOLINA, ACPM, ACEITE, MADERA, ETC.

MATERIAS PRIMAS EXPLOTACION DE ASFALTITA

FECHA	MATERIALES UTILIZADOS POR DIA	UNIDAD	CANTIDAD	PROCESO	DESPERDICIO /UNIDAD	REVISO
16-05-17	Madera	Tablas	7	Vendar		
15-05-17	Sacos	Sacos	240	Empacado de material		
16-05-17	Madera	Palos	12	Sostenimiento	60 kilos	
16-05-17	Madera	Tablas	7	Vendar		
16-05-17	Sacos	Sacos	350	Empacado de Material		
16-05-17	hilo	Rollo	1	Coser		
17-05-17	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
17-05-17	Madera	Tablas	4	Vendar		
17-05-17	Palos	Palos	41	Sostenimiento	17 kilos	
17-05-17	Hilo	Rollo	1/4	Coser		
17-05-17	Sacos	Sacos	200	Empacado de Material		
18-05-17	Madera	Tablas	24	Vendar		
18-05-17	Madera	Palos	45	Sostenimiento	6 kilos	
18-05-17	Hilo	Rollo	1	Coser		
18-05-17	Sacos	Sacos	400	Empacado de Material		
19-05-17	Madera	Palos	19	Sostenimiento	8 kilos	
19-05-17	Madera	Tablas	4	Vendar		
19-05-17	Aceite	Galones	1/4	Para el buen funcionamiento		
20-05-17						
22-05-17	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
22-05-17	Madera	Palos	7	Sostenimiento	9 kilos	
22-05-17	Hilo	Rollo	1	Coser		
22-05-17	Sacos	Sacos	400	Empacado de Material		
23-05-17	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		

EN ESTE FORMATO SE DEBE REGISTRAR LAS ENTRADAS DE MATERIA PRIMA REQUERIDA EN LOS PROCESOS DE PREPARACION, EXTRACCION, EMPAQUE, CARGUE, TRANSPORTE, MANTENIMIENTO EJM: GASOLINA, ACPM, ACEITE, MADERA, ETC.

Activar Window
Ve a Configuración p

MATERIAS PRIMAS EXPLOTACION DE ASFALTITA

FECHA	MATERIALES UTILIZADOS POR DIA	UNIDAD	CANTIDAD	PROCESO	DESPERDICIO /UNIDAD	REVISO
23-05-17	Sacos	Sacos	500	Empacado de Material		
23-05-17	Hilo	Rollo	1/4	Coser		
23-05-17						
24-05-17	Madera	Tablas	9	Vendar		
24-05-17	Palinos	Palinos	2612	Sostenimiento	2 kilos	
24-05-17	Madera	Varetas	4	Cornisera		
24-05-17	Hilo	Rollo	1/2	Coser		
24-05-17	Sacos	Sacos	530	Empacado de Material		
25-05-17	Madera	Palos	6	Sostenimiento	9 kilos	
25-05-17	Sacos	Sacos	350	Empacado de Material		
25-05-17	Hilo	Rollo	1	Coser		
26-05-17	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
26-05-17	Hilo	Rollo	1/2	Coser		
26-05-17	Sacos	Sacos	200	Empacado de Material		
30-05-17	Madera	Palos	12	Sostenimiento	46 kilos	
30-05-17	Hilo	Rollo	1/2	Coser		
30-05-17	Sacos	Sacos	220	Empacado de Material		
31-05-17	Sacos	Sacos	200	Empacado de Material		
31-05-17	Hilo	Rollo	1/2	Coser		
31-05-17	Madera	Palos	9	Sostenimiento	5 kilos	
31-05-17	Madera	Tablas	3	Vendar		
01-06-17	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
01-06-17	Sacos	Sacos	240	Empacado de Material		
01-06-17	Madera	Palos	14	Sostenimiento	41 kilos	

EN ESTE FORMATO SE DEBE REGISTRAR LAS ENTRADAS DE MATERIA PRIMA REQUERIDA EN LOS PROCESOS DE PREPARACION, EXTRACCION, EMPAQUE, CARGUE, TRANSPORTE, MANTENIMIENTO EJM: GASOLINA, ACPM, ACEITE, MADERA, ETC.

Activar Windows

MATERIAS PRIMAS EXPLOTACION DE ASFALTITA

FECHA	MATERIALES UTILIZADOS POR DIA	UNIDAD	CANTIDAD	PROCESO	DESPERDICIO /UNIDAD	REVISO
01-06-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		
02-06-2017	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
02-06-2017	Madera	Palos	14	Sostenimiento		
02-06-2017	Madera	Tablas	3	Vendar		
02-06-2017	Costales	Sacos	240	Empacado de Material		
02-06-2017	Hilo - Rollo	Hilo	1	Coser		
03-06-2017	Palos - Madera	Palos	10	Sostenimiento		
03-06-2017	Madera	Varetas	3	Arreglar Cuadera		
03-06-2017	Madera	Palos	24	Sostenimiento	18 kilos	
03-06-2017	Madera	Tablas	3	Vendar		
03-06-2017	Hilo	Rollo		Coser		
03-06-2017	Sacos	Sacos	120	Empacado de Material		
06-06-2017	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
06-06-2017	Sacos	Sacos	300	Empacado de Material		
06-06-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		
06-06-2017	Madera	Palos	9	Sostenimiento	21 Kilo	
06-06-2017	Madera	Tablas	23	Vendar		
06-06-2017	A.C.P.M	Galones	8	Malacatear		
07-06-2017	Madera	Palos	20	Sostenimiento		
07-06-2017	Madera	Tablas	3	Vendar		
07-06-2017	Madera	Varetas	6	Arreglo Cuadera		
07-06-2017	Rolo	Rollo	1	Coser		
07-06-2017	Sacos	Sacos	400	Empacado de Material		
07-06-2017	Madera	Palos	12	Sostenimiento	31 kilos	

EN ESTE FORMATO SE DEBE REGISTRAR LAS ENTRADAS DE MATERIA PRIMA REQUERIDA EN LOS PROCESOS DE PREPARACION, EXTRACCION, EMPAQUE, CARGUE, TRANSPORTE, MANTENIMIENTO EJM: GASOLINA, ACPM, ACEITE, MADERA, ETC.

Activar Windows
Ve a Configuración para

FECHA	MATERIALES UTILIZADOS POR DIA	UNIDAD	CANTIDAD	PROCESO	DESPERDICIO /UNIDAD	REVISO
08-06-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		
08-06-2017	Madera	Tablas	8	Vendar		
08-06-2017	Madera	Varetas	4	Arreglo de Cuadera		
08-06-2017	Sacos	Sacos	400	Empacado de Material		
08-06-2017	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
09-06-2017	Madera	Palos	5	Sostenimiento		
09-06-2017	Madera	Tablas	3	Atizar		
12-06-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		
12-06-2017	Sacos	Sacos	400	Empacado de Material		
12-06-2017	Madera	Tablas	14	Vendar		
13-06-2017	Sacos	Sacos	400	Empacado de Material		
13-06-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		
13-06-2017	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
13-06-2017	Madera	Palos	12	Sostenimiento	22 kilos	
13-06-2017	Madera	Tablas	1	Vendar		
14-06-2017	Madera	Palos	6	Sostenimiento	18 kilos	
14-06-2017	Madera	Tablas	8	Vendar		
14-06-2017	Sacos	Sacos	200	Empacar material		
14-06-2017	Hilo	Rollo	medio	Coser		
15-06-2017	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
15-06-2017	Madera	Palos	30	Sostenimiento	25 kilos	
15-06-2017	Madera	Tablas	13	Vendar		
15-06-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		
15-06-2017	Sacos	Sacos	400	Empacado de Material		

EN ESTE FORMATO SE DEBE REGISTRAR LAS ENTRADAS DE MATERIA PRIMA REQUERIDA EN LOS PROCESOS DE PREPARACION, EXTRACCION, EMPAQUE, CARGUE, T
MANTENIMIENTO EJM: GASOLINA, ACPM, ACEITE, MADERA, ETC.

Activar Windows
Ve a Configuración para

MATERIAS PRIMAS EXPLOTACION DE ASFALTITA

FECHA	MATERIALES UTILIZADOS POR DIA	UNIDAD	CANTIDAD	PROCESO	DESPERDICIO /UNIDAD	REVISO
16-06-2017	Madera	Palos	5	Sostenimiento		
16-06-2017	Madera	Tablas	7	Vendar		
17-06-2017	Madera	Palos	3	Sostenimiento		
17-06-2017	Madera	Tablas	6	Vendar	15 kilos	
20-06-2017	Madera	Palos	10	Sostenimiento		
20-06-2017	Madera	Tablas	10	Vendar		
20-06-2017	Madera	Varetas	6	Arreglo de Carrilera		
20-06-2017	Hilo	Rollo	7	Coser		
20-06-2017	Sacos	Sacos	200	Empacado de Material		
21-06-2017	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
21-06-2017	Madera	Palos	12	Sostenimiento		
21-06-2017	Madera	Varetas	2	Arreglo de Carrilera		
21-06-2017	Costales	Costales	500	Empacado de Material		
21-06-2017	Hilo	Rollo	1/2	Coser		
22-06-2017	Madera	Palos	2	Sostenimiento		
22-06-2017	Madera	Tablas	14	Vendar		
22-06-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		
22-06-2017	Sacos	Sacos	300	Empacado de Material		
23-06-2017	Madera	Palos	10	Sostenimiento		
23-06-2017	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
23-06-2017	Hilo	Rollo	Medio	Coser		
23-06-2017	Sacos	Sacos	200	Empacado Material		
24-06-2017	Madera	Palos	12	Sostenimiento		
24-06-2017	Madera	Tablas	10	Vendar		

EN ESTE FORMATO SE DEBE REGISTRAR LAS ENTRADAS DE MATERIA PRIMA REQUERIDA EN LOS PROCESOS DE PREPARACION, EXTRACCION, EMPAQUE, CARGUE, TRANS
MANTENIMIENTO EJM: GASOLINA, ACPM, ACEITE, MADERA, ETC.

Activar Windows
Ve a Configuración para

MATERIAS PRIMAS EXPLOTACION DE ASFALTITA

FECHA	MATERIALES UTILIZADOS POR DIA	UNIDAD	CANTIDAD	PROCESO	DESPERDICIO /UNIDAD	REVISO
27-06-2017	Sacos	Sacos	400	Empacado de Material		
27-06-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		
28-06-2017	Madera	Tablas	4	Vendar		
28-06-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		
28-06-2017	Costales	Costales	430	Empacado de Material		
28-06-2017	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
29-06-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		
29-06-2017	Costales	Costales	340	Empacado de Material		
29-06-2017	Madera	Palos	6	Sostenimiento	20 kilos	
29-06-2017	Madera	Varetas	4	Arreglar Carrilera	20 kilos	
30-06-2017	Madera	Palos	10	Sostenimiento		
30-06-2017	Madera	Tablas	14	Vendar		
04-07-2017	X	X	X	X		
05-07-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		
05-07-2017	Costales	Costales	300	Empacado de Material		
05-07-2017	Madera	Palos	10	Sostenimiento	12 kilos	
05-07-2017	Madera	Tablas	6	Vendar		
05-07-2017	Madera	Varetas	3	Arreglar Carrilera		
06-07-2017	Sacos	Sacos	300	Empacado de Material		
06-07-2017	Hilo	Hilo	1	Coser		
06-07-2017	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
06-07-2017	Madera	Palos	18	Sostenimiento	15 kilos	
06-07-2017	Madera	Tablas	4	Vendar		
06-07-2017	Madera	Varetas	2	Arreglar Carrilera		

EN ESTE FORMATO SE DEBE REGISTRAR LAS ENTRADAS DE MATERIA PRIMA REQUERIDA EN LOS PROCESOS DE PREPARACION, EXTRACCION, EMPAQUE, CARGUE, TRANSPORTE,
MANTENIMIENTO EJM: GASOLINA, ACPM, ACEITE, MADERA, ETC.

Activar Windows
Ve a Configuración para

MATERIAS PRIMAS EXPLOTACION DE ASFALTITA

FECHA	MATERIALES UTILIZADOS POR DIA	UNIDAD	CANTIDAD	PROCESO	DESPERDICIO /UNIDAD	REVISO
07-07-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		
07-07-2017	Sacos	Sacos	300	Empacado de Material		
07-07-2017	Madera	Palos	4	Sostenimiento		
07-07-2017	Madera	Varidos	2	Arreglo de carretera		
08-07-2017	Hilo	Rollo	Medio	Coser		
08-07-2017	Sacos	Sacos	200	Empacado de Material		
10-07-2017	Madera	Palos	21	Sostenimiento	20 kilos	
10-07-2017	Madera	Tablas	10	Vendar		
11-07-2017	Madera	Palos	26	Sostenimiento	20 kilos	
12-07-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		
12-07-2017	Costales	Costales	300	Empacar Material		
12-07-2017	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
12-07-2017	Madera	Palos	18	Sostenimiento		
12-07-2017	Madera	Tablas	9	Vendar		
13-07-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		
13-07-2017	Costales	Costales	300	Empacar Material		
13-07-2017	Madera	Palos	21	Sostenimiento	10 kilos	
13-07-2017	Madera	Tablas	6	Vendar		
14-07-2017	X	X	X	X		
15-07-2017	X	X	X	X		
17-07-2017	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
17-07-2017	Madera	Palos	22	Sostenimiento		
18-07-2017	Costales	Costales	200	Empacado de Material		
18-07-2017	Hilo	Rollo	Medio	Coser		

EN ESTE FORMATO SE DEBE REGISTRAR LAS ENTRADAS DE MATERIA PRIMA REQUERIDA EN LOS PROCESOS DE PREPARACION, EXTRACCION, EMPAQUE, CARGUE, TRANSPORTE
MANTENIMIENTO EJM: GASOLINA, ACPM, ACEITE, MADERA, ETC.

Activar Windows
Ve a Configuración para

MATERIAS PRIMAS EXPLOTACION DE ASFALTITA

FECHA	MATERIALES UTILIZADOS POR DIA	UNIDAD	CANTIDAD	PROCESO	DESPERDICIO /UNIDAD	REVISO
18-07-2017	Madera	Palos	11	Sostenimiento		
19-07-2017	X	X	X	X		
21-07-2017	Madera	Palos	16	Sostenimiento	5 kilos	
21-07-2017	Madera	Tablas	11	Vendar		
22-07-2017	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
22-07-2017	Madera	Palos	8	Sostenimiento		
24-07-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		
24-07-2017	Sacos	Sacos	400	Empacado de Material	10 kilos	
24-07-2017	Madera	Palos	18	Sostenimiento		
24-07-2017	Madera	Varidos	6	Arreglar Carretera		
24-07-2017	Madera	Tablas	12	Vendar		
25-07-2017	A.C.P.M	Galones	9	Malacatear		
25-07-2017	Madera	Palos	10	Sostenimiento		
25-07-2017	Madera	Tablas	12	Vendar		
25-07-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		
25-07-2017	Costales	Costales	300	Empacado de Material		
26-07-2017	Sacos	Sacos	300	Empacado de Material		
26-07-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		
26-07-2017	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear	5 kilos	
26-07-2017	Madera	Palos	5	Sostenimiento		
26-07-2017	Madera	Tablas	4	Vendar		
27-07-2017	Costales	Costales	300	Empacado de Material		
27-07-2017	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
27-07-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		

EN ESTE FORMATO SE DEBE REGISTRAR LAS ENTRADAS DE MATERIA PRIMA REQUERIDA EN LOS PROCESOS DE PREPARACION, EXTRACCION, EMPAQUE, CARGUE, TRANSPORTE
MANTENIMIENTO EJM: GASOLINA, ACPM, ACEITE, MADERA, ETC.

FECHA	MATERIALES UTILIZADOS POR DIA	UNIDAD	CANTIDAD	PROCESO	DESPERDICIO /UNIDAD	REVISO
27-07-2017	Madera	Palos	18	Sostenimiento	20 kilos	
27-07-2017	Madera	Tablas	10	Vendar	30 kilos	
28-07-2017	Madera	Palos	31	Sostenimiento		
28-07-2017	Madera	Tablas	8	Vendar		
28-07-2017	Sacos	Sacos	320	Empacado de Material		
28-07-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		
31-07-2017	Sacos	Sacos	180	Empacado de Material		
31-07-2017	Hilo	Rollo	Medio	Coser		
31-07-2017	Madera	Palos	3	Sostenimiento		
01-08-2017	Costales	Costales	300	Empacado de Material		
01-08-2017	Hilo	Rollo	1	Coser		
01-08-2017	Madera	Palos	24	Sostenimiento	15 kilos	
01-08-2017	Madera	Tablas	17	Vendar		
02-08-2017	Hilo	Rollo	Medio	Coser		
02-08-2017	Costales	Costales	200	Empacar Material		
02-08-2017	Madera	Palos	12	Sostenimiento		
02-08-2017	Madera	Tablas	4	Vendar		
03-08-2017	ACPM	Galones	5	Malacatear		
03-08-2017	Sacos	Sacos	100	Empacar Material		
03-08-2017	Hilo	Rollo	1/4	Coser		
03-08-2017	Madera	Palos	8	Sostenimiento		
03-08-2017	Madera	Tablas	12	Vendar		
04-08-2017	Sacos	Sacos	200	Empacar Material		
04-08-2017	Hilo	Rollo	Medio	Coser		

EN ESTE FORMATO SE DEBE REGISTRAR LAS ENTRADAS DE MATERIA PRIMA REQUERIDA EN LOS PROCESOS DE PREPARACION, EXTRACCION, EMPAQUE, CARGUE, TRANSPORTE, MANTENIMIENTO EJM: GASOLINA, ACPM, ACEITE, MADERA, ETC.

Activar Windo

MATERIAS PRIMAS EXPLOTACION DE ASFALTITA

FECHA	MATERIALES UTILIZADOS POR DIA	UNIDAD	CANTIDAD	PROCESO	DESPERDICIO /UNIDAD	REVISO
04-08-2017	Madera	Palos	16	Sostenimiento		
04-08-2017	Madera	Varetas	4	Arreglo de carretera		
04-08-2017	Madera	Tablas	6	Vendar		
05-08-2017	Sacos	Sacos	200	Empacar Material		
05-08-2017	Hilos	Rollo	Medio	Coser		
05-08-2017	Madera	Varetas	4	Arreglo de carretera		
05-08-2017	Madera	Tablas	6	Vendar		
08-08-2017	Hilo	Rollo	Medio	Coser		
08-08-2017	Madera	Palos	12	Sostenimiento		
08-08-2017	Madera	Tablas	4	Vendar		
08-08-2017	Costales	Costales	200	Empacar Material		
09-08-2017	Madera	Palos	11	Sostenimiento		
09-08-2017	Madera	Tablas	16	Vendar		
09-08-2017	X	X	X	X		
09-08-2017	X	X	X	X		
09-08-2017	X	X	X	X		
10-08-2017	Madera	Palos	23	Sostenimiento		
10-08-2017	Madera	Tablas	18	Vendar		
10-08-2017	Costales	Sacos	240	Empacado de Material		
10-08-2017	Hilo	Tubo	1	Coser		
11-08-2017	Hilo	Tubo	1	Coser		
12-08-2017	Sacos	Costales	240	Empacado de Material		
12-08-17	Hilo	Rollo	Medio	Coser		
12-08-17	Madera	Palos	12	Sostenimiento		

EN ESTE FORMATO SE DEBE REGISTRAR LAS ENTRADAS DE MATERIA PRIMA REQUERIDA EN LOS PROCESOS DE PREPARACION, EXTRACCION, EMPAQUE, CARGUE, TRANSPORTE, MANTENIMIENTO EJM: GASOLINA, ACPM, ACEITE, MADERA, ETC.

Activar Windows
Ve a Configuración para a

MATERIAS PRIMAS EXPLOTACION DE ASFALTITA

FECHA	MATERIALES UTILIZADOS POR DIA	UNIDAD	CANTIDAD	PROCESO	DESPERDICIO /UNIDAD	REVISADO
12-08-17	Madera	Tablas	1	Atizar		
14-08-17	Sacos	Sacos	260	Empacado de Material		
14-08-17	Hilo	Rollo	medio	Coser		
14-08-17	Madera	Palos	9	Sostenimiento		
14-08-17	Madera	Tablas	12	Atizar		
15-08-17	X	X	X	X		
16-08-17	Hilo	Tubo	1	Coser		
16-08-17	Costales	Sacos	300	Empacado de Material		
16-08-17	Madera	Palos	8	Sostenimiento		
16-08-17	Madera	Varetas	3	Encerrar boca de tambores		
16-08-17	Madera	Tablas	3	Atizar		
17-08-17	Hilo	Tubo	1	Coser		
17-08-17	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
17-08-17	Costales	Sacos	300	Empacado de Material		
17-08-17	Madera	Palos	15	Sostenimiento		
17-08-17	Madera	Varetas	3	Arreglo de Linia		
17-08-17	Madera	Tablas	15	Atizar		
17-08-17	Madera	Palos	5	Sostenimiento		
18-08-17	X	X	X	X		
19-08-17	Hilo	Rollo	1	Coser		
22-08-17	Costales	Sacos	300	Empacado de material		
22-08-17	Madera	Palos	14	Sostenimiento		
22-08-17	Madera	Tablas	15	Atizar		
22-08-17	Costales	Sacos	300	Empacado de material		
23-08-17						

EN ESTE FORMATO SE DEBE REGISTRAR LAS ENTRADAS DE MATERIA PRIMA REQUERIDA EN LOS PROCESOS DE PREPARACION, EXTRACCION, EMPAQUE, CARGUE, T
MANTENIMIENTO EJM: GASOLINA, ACPM, ACEITE, MADERA, ETC.

Activar Windows
Ve a Configuración para

MATERIAS PRIMAS EXPLOTACION DE ASFALTITA

FECHA	MATERIALES UTILIZADOS POR DIA	UNIDAD	CANTIDAD	PROCESO	DESPERDICIO /UNIDAD	REVISADO
23-08-17	Hilo	Rollo	1	Coser		
23-08-17	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
23-08-17	Madera	Palos	21	Sostenimiento		
23-08-17	Madera	Tablas	24	Para el refugio		
24-08-17	Costales	Sacos	140	Empacado de Material		
24-08-17	Hilo	Rollo	Medio	Coser		
24-08-17	Madera	Palos	13	Para el refugio		
24-08-17	Madera	Tablas	21	Para el refugio		
24-08-17	Madera	Palos	18	Sostenimiento		
25-08-17	Madera	Varetas	3	Arreglo de Linia		
25-08-17	Madera	Tablas	8	Atizar		
25-08-17	Madera	Rollo	1	Coser		
25-08-17	Hilo	Galones	5	Malacatear		
25-08-17	A.C.P.M	Sacos	300	Empacado de Material		
25-08-17	Costales	X	X	X		
26-08-17	X	X	X	X		
28-08-17	Hilo	Rollo	1	Coser		
29-08-17	Costales	Sacos	400	Empacado de material		
29-08-17	Madera	Palos	9	Sostenimiento		
29-08-17	Madera	Tablas	10	Atizar		
29-08-17	Costales	Sacos	140	Empacado de Material		
30-08-17	Hilo	Rollo	Medio	Coser		
30-08-17	Madera	Palos	6	Sostenimiento		
30-08-17	Madera	Varetas	1	Arreglo de Cornisa		

EN ESTE FORMATO SE DEBE REGISTRAR LAS ENTRADAS DE MATERIA PRIMA REQUERIDA EN LOS PROCESOS DE PREPARACION, EXTRACCION, EMPAQUE, CARGUE, TRANSPO
MANTENIMIENTO EJM: GASOLINA, ACPM, ACEITE, MADERA, ETC.

RESAGRASAS

MATERIAS PRIMAS EXPLOTACION DE ASFALTITA

FECHA	MATERIALES UTILIZADOS POR DIA	UNIDAD	CANTIDAD	PROCESO	DESPERDICIO /UNIDAD	REVISO
30-08-17	Madera	Tablas	10	Afizar		
31-08-17	X	X	X	X		
01-09-17	X	X	X	X		
02-09-17	X	X	X	X		
04-09-17	Hilo	Rollo	1	Coser		
04-09-17	Costales	Sacos	300	Empacado de Material		
04-09-17	Madera	Palos	5	Sostenimiento		
05-09-17	Hilo	Rollo	1	Coser		
05-09-17	Costales	Sacos	240	Empacado de Material		
05-09-17	Madera	Palos	11	Sostenimiento	9 kilos	
05-09-17	Madera	Tablas	8	Afizar		
06-09-17	Madera	Palos	5	Sostenimiento		
06-09-17	A.P.M	Galones	5	Malacatear		
06-09-17	Costales	Sacos	200	Empacado de Material		
06-09-17	Hilo	Rollo	Medio	Coser		
07-09-17	Costales	Sacos	300	Empacado de Material		
07-09-17	Hilo	Rollo	1	Coser		
07-09-17	Madera	Palos	20	Sostenimiento	6 kilos	
07-09-17	Madera	Varetas	9	Arreglo de boca de tambor		
07-09-17	Madera	Tablas	39	Afizar		
08-09-17	Costales	Sacos	340	Empacado de Material		
08-09-17	Hilo	Rollo	1	Coser		
08-09-17	Madera	Tablas	30	Arreglo de refugio		
08-09-17	Madera	Varetas	2	Arreglo de cuneta		

EN ESTE FORMATO SE DEBE REGISTRAR LAS ENTRADAS DE MATERIA PRIMA REQUERIDA EN LOS PROCESOS DE PREPARACION, EXTRACCION, EMPAQUE, CARGUE, TRANSPO
MANTENIMIENTO EJM: GASOLINA, ACPM, ACEITE, MADERA, ETC.

RESAGRASAS

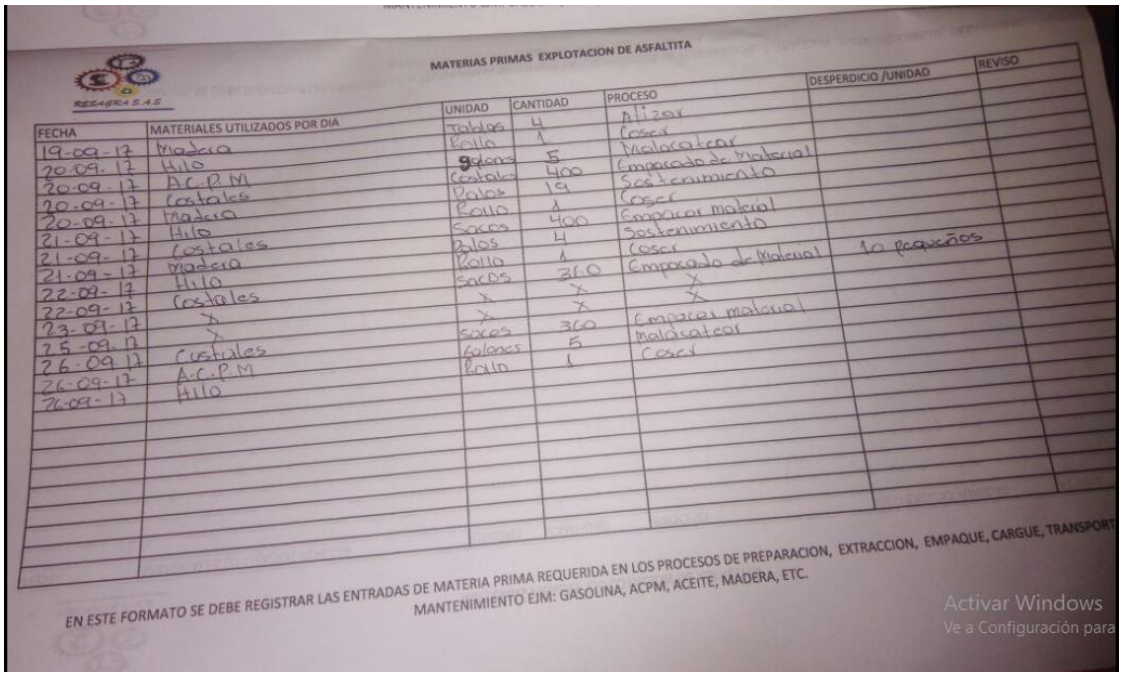
MATERIAS PRIMAS EXPLOTACION DE ASFALTITA

FECHA	MATERIALES UTILIZADOS POR DIA	UNIDAD	CANTIDAD	PROCESO	DESPERDICIO /UNIDAD	REVISO
09-09-17	Madera	Palos	13	Sostenimiento	9 kilos	
09-09-17	Madera	Tablas	16	Afizar		
11-09-17	Hilo	Tubo	1	Coser		
11-09-17	Madera	Palos	28	Sostenimiento	20 kilos	
11-09-17	Madera	Tablas	24	Afizar		
11-09-17	Costales	Sacos	310	Empacado de Material		
12-09-17	Costales	Sacos	270	Empacado de Material		
12-09-17	Hilo	Rollo	Medio	Coser		
12-09-17	Madera	Palos	10	Sostenimiento		
12-09-17	Madera	Tablas	10	Afizar	6 kilos	
12-09-17	Madera	Palos	5	Sostenimiento		
13-09-17	Madera	Tablas	4	Afizar		
13-09-17	Madera	Varetas	7	Sostenimiento		
13-09-17	Costales	Sacos	260	Empacar material		
14-09-17	X	X	X	X		
15-09-17	Sacos	Sacos	300	Empacado de Material		
16-09-17	Madera	Palos	19	Sostenimiento	9 kilos	
16-09-17	Hilo	Rollo	1	Coser		
16-09-17	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
18-09-17	Madera	Palos	9	Sostenimiento		
18-09-17	Madera	Palos	15	Sostenimiento		
19-09-17	Hilo	Rollo	1	Coser		
19-09-17	Costales	Sacos	280	Empacado de material	5 Costos	
19-09-17	Madera	Varetas	2	Sostenimiento		

EN ESTE FORMATO SE DEBE REGISTRAR LAS ENTRADAS DE MATERIA PRIMA REQUERIDA EN LOS PROCESOS DE PREPARACION, EXTRACCION, EMPAQUE, CARGUE, TRANSPORT
MANTENIMIENTO EJM: GASOLINA, ACPM, ACEITE, MADERA, ETC.

PRIMAS EXPLOTACION DE ASFALTITA

Activar Windows
Ve a Configuración para



RESAGRA S.A.S

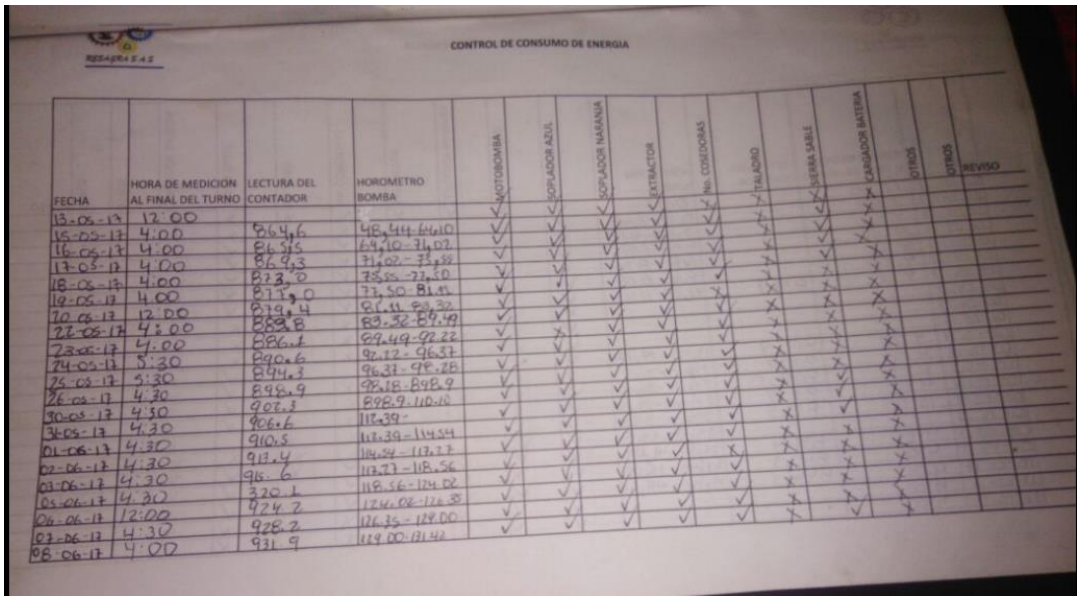
MATERIAS PRIMAS EXPLOTACION DE ASFALTITA

FECHA	MATERIALES UTILIZADOS POR DIA	UNIDAD	CANTIDAD	PROCESO	DESPERDICIO /UNIDAD	REVISO
19-09-17	Madera	Tablas	4	Alizar		
20-09-17	Hilo	Rollo	1	Coser		
20-09-17	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
20-09-17	Costales	Costales	400	Empacado de Material		
20-09-17	Madera	Palos	19	Sostenimiento		
21-09-17	Hilo	Rollo	1	Coser		
21-09-17	Costales	Sacos	400	Empacar material		
21-09-17	Madera	Palos	4	Sostenimiento		
22-09-17	Hilo	Rollo	1	Coser		
22-09-17	Costales	Sacos	360	Empacado de Material	10 Raquiños	
23-09-17	X	X	X	X		
25-09-17	X	X	X	X		
26-09-17	Costales	Sacos	360	Empacar material		
26-09-17	A.C.P.M	Galones	5	Malacatear		
26-09-17	Hilo	Rollo	1	Coser		

EN ESTE FORMATO SE DEBE REGISTRAR LAS ENTRADAS DE MATERIA PRIMA REQUERIDA EN LOS PROCESOS DE PREPARACION, EXTRACCION, EMPAQUE, CARGUE, TRANSPORT
MANTENIMIENTO EJM: GASOLINA, ACPM, ACEITE, MADERA, ETC.

Activar Windows
Ve a Configuración para

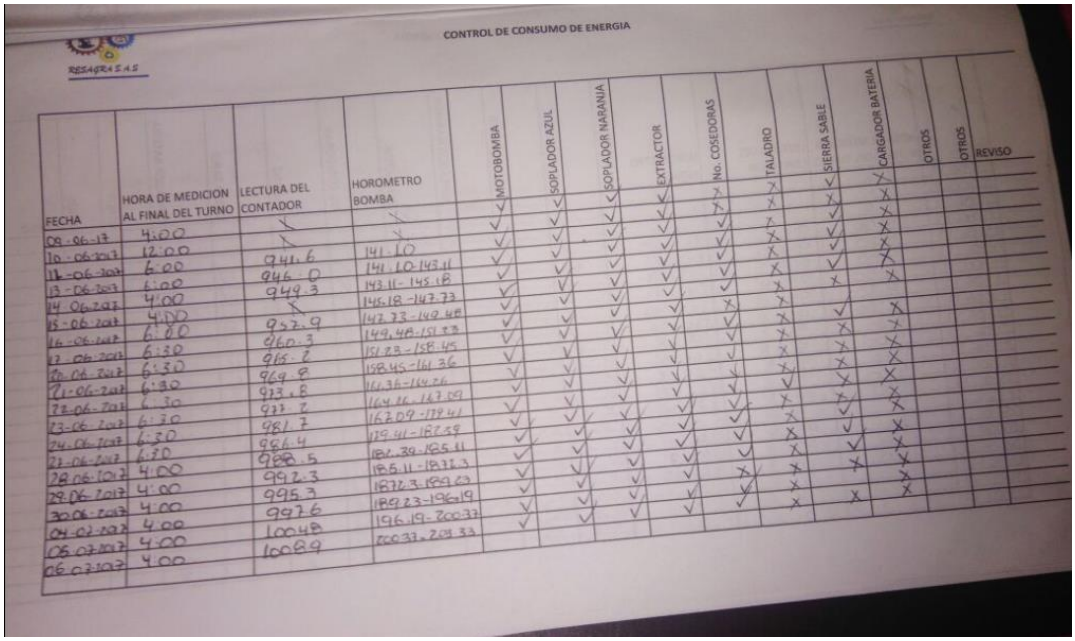
ANEXO B. REGISTRO CONTROLES DE ENERGÍA



RESAGRA S.A.S

CONTROL DE CONSUMO DE ENERGIA

FECHA	HORA DE MEDICION AL FINAL DEL TURNO	LECTURA DEL CONTADOR	HOROMETRO BOMBA	MOTOBOMBA	SOPLADOR AZUL	SOPLADOR NARANJA	EXTRACTOR	No. COSEDORAS	TALADRO	SIERRA SABLE	CARGADOR BATERIA	OTROS	OTROS	REVISO
13-05-17	12:00													
15-05-17	4:00	864,6	48,44-64,10											
16-05-17	4:00	86,515	69,10-71,02											
17-05-17	4:00	86,93	71,02-73,55											
18-05-17	4:00	873,0	73,55-77,50											
19-05-17	4:00	879,0	73,50-81,41											
20-05-17	12:00	879,4	81,41-83,32											
22-05-17	4:00	883,8	83,32-89,49											
23-05-17	4:00	886,1	89,49-92,22											
24-05-17	5:30	890,6	92,22-96,31											
25-05-17	5:30	894,3	96,31-98,28											
26-05-17	4:30	898,9	98,28-898,9											
30-05-17	4:30	902,3	898,9-110,10											
31-05-17	4:30	906,6	112,39-											
01-06-17	4:30	910,5	112,39-114,54											
02-06-17	4:30	913,4	114,54-117,27											
03-06-17	4:30	916,6	117,27-118,56											
05-06-17	4:30	320,1	118,56-124,02											
06-06-17	12:00	924,2	124,02-126,35											
07-06-17	4:30	928,2	126,35-129,00											
08-06-17	4:00	931,9	129,00-131,42											



RESAGRA S.A.S

CONTROL DE CONSUMO DE ENERGIA

FECHA	HORA DE MEDICION AL FINAL DEL TURNO	LECTURA DEL CONTADOR	HOROMETRO BOMBA	MOTOBOMBA	SOPLADOR AZUL	SOPLADOR NARANJA	EXTRACTOR	No. COSEDORAS	TALADRO	SIERRA SABLE	CARGADOR BATERIA	OTROS	OTROS	REVISO
09-06-17	4:00													
10-06-2017	12:00													
12-06-2017	6:00	941,6	141,10											
13-06-2017	6:00	946,0	141,10-143,11											
14-06-2017	4:00	949,3	143,11-145,18											
15-06-2017	4:00		145,18-147,73											
16-06-2017	6:00	952,9	147,73-149,48											
17-06-2017	6:30	960,3	149,48-151,83											
18-06-2017	6:30	965,2	151,83-158,45											
20-06-2017	6:30	969,8	158,45-161,36											
21-06-2017	6:30	973,8	161,36-164,26											
22-06-2017	6:30	977,7	164,26-167,09											
23-06-2017	6:30	981,7	167,09-169,41											
24-06-2017	6:30	986,4	169,41-182,39											
27-06-2017	6:30	988,5	182,39-185,11											
28-06-2017	4:00	992,3	185,11-187,23											
29-06-2017	4:00	995,3	187,23-189,23											
30-06-2017	4:00	997,6	189,23-196,19											
04-07-2017	4:00	1004,8	196,19-200,33											
05-07-2017	4:00	1008,9	200,33-203,33											
06-07-2017	4:00													

CONTROL DE CONSUMO DE ENERGIA

FECHA	HORA DE MEDICION AL FINAL DEL TURNO	LECTURA DEL CONTADOR	HOROMETRO BOMBA	MOTOBOMBA	SOPLADOR AZUL	SOPLADOR NARANJA	EXTRACTOR	No. COSEDORAS	TALADRO	SIERRA SABLE	CARGADOR BATERIA	OTROS	OTROS	REVISO
09-06-17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10-06-17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11-06-17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12-06-17	4:00	941.6	141.10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13-06-17	4:00	946.0	145.11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14-06-17	4:00	949.3	145.18	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15-06-17	4:00	954.8	147.33	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16-06-17	4:30	957.9	149.48	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
17-06-17	12:00	960.3	151.23	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
20-06-17	4:30	965.2	158.45	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21-06-17	4:00	969.8	161.36	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
22-06-17	4:30	973.8	164.26	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23-06-17	4:00	977.2	167.09	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
24-06-17	12:00	981.7	179.41	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
27-06-17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
28-06-17	4:30	988.5	185.11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
29-06-17	4:00	992.3	188.23	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
30-06-17	4:30	995.3	189.23	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
01-07-17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
02-07-17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
03-07-17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

CONTROL DE CONSUMO DE ENERGIA

FECHA	HORA DE MEDICION AL FINAL DEL TURNO	LECTURA DEL CONTADOR	HOROMETRO BOMBA	MOTOBOMBA	SOPLADOR AZUL	SOPLADOR NARANJA	EXTRACTOR	No. COSEDORAS	TALADRO	SIERRA SABLE	CARGADOR BATERIA	OTROS	OTROS	REVISO
04-07-17	4:00	1000.9	200.37	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
05-07-17	4:30	1004.8	203.33	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
06-07-17	4:00	1008.9	205.22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
07-07-17	4:00	1012.6	206.55	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
08-07-17	12:00	1014.5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10-07-17	4:00	X	212.42	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11-07-17	4:30	102.42	214.31	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12-07-17	4:00	102.63	221.34	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13-07-17	4:00	1033.3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14-07-17	4:00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15-07-17	12:00	1036.5	223.70	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
17-07-17	4:00	224.43	039.3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
18-07-17	4:30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
19-07-17	X	X	229.07	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
20-07-17	4:30	1043.9	230.24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21-07-17	12:00	1046.5	233.44	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
22-07-17	4:00	1051.4	235.17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
24-07-17	4:35	1052.2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
25-07-17	4:30	X	238.17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
26-07-17	4:00	1061.6												
27-07-17														

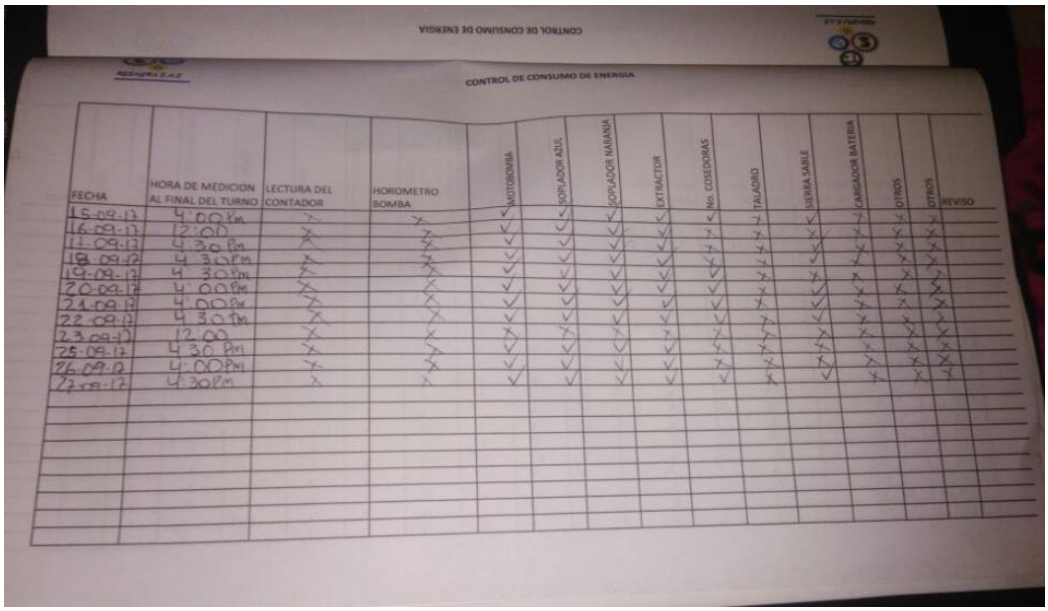
Activar Windows
Ve a Configuración para

FECHA	HORA DE MEDICION AL FINAL DEL TURNO	LECTURA DEL CONTADOR	HOROMETRO BOMBA	MOTOBOMBA	SOPLADOR AZUL	SOPLADOR NARANJA	EXTRACTOR	No. COSEDORAS	TALADRO	SIERRA SABLE	CARGADOR BATERIA	OTROS	OTROS	REVISO
28-07-17	4:00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
29-07-17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
31-07-17	4:00	2443.7	1069.9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
01-08-17	4:30	1073.8	246.10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
02-08-17	4:30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
03-08-17	4:00	1081.7	250.18	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
04-08-17	4:00	1085.6	252.26	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
05-08-17	12:00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
07-08-17	X	X	259.51	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
08-08-17	4:30	1091.6	261.32	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
09-08-17	4:00	1094.7	263.13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
10-08-17	4:30	1098.5	265.14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
11-08-17	4:30	1102.6	266.28	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
12-08-17	12:00	1105.2	269.03	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
14-08-17	4:00	1109.2	270.54	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
15-08-17	4:00	1113.0	272.34	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
16-08-17	4:34	1117.3	274.07	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
17-08-17	4:30	1121.4	281.12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
18-08-17	4:00	1125.3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
19-08-17	3:30	X	X											
21-08-17	X	X												

CONTROL DE CONSUMO DE ENERGIA

CONTROL DE CONSUMO DE ENERGIA

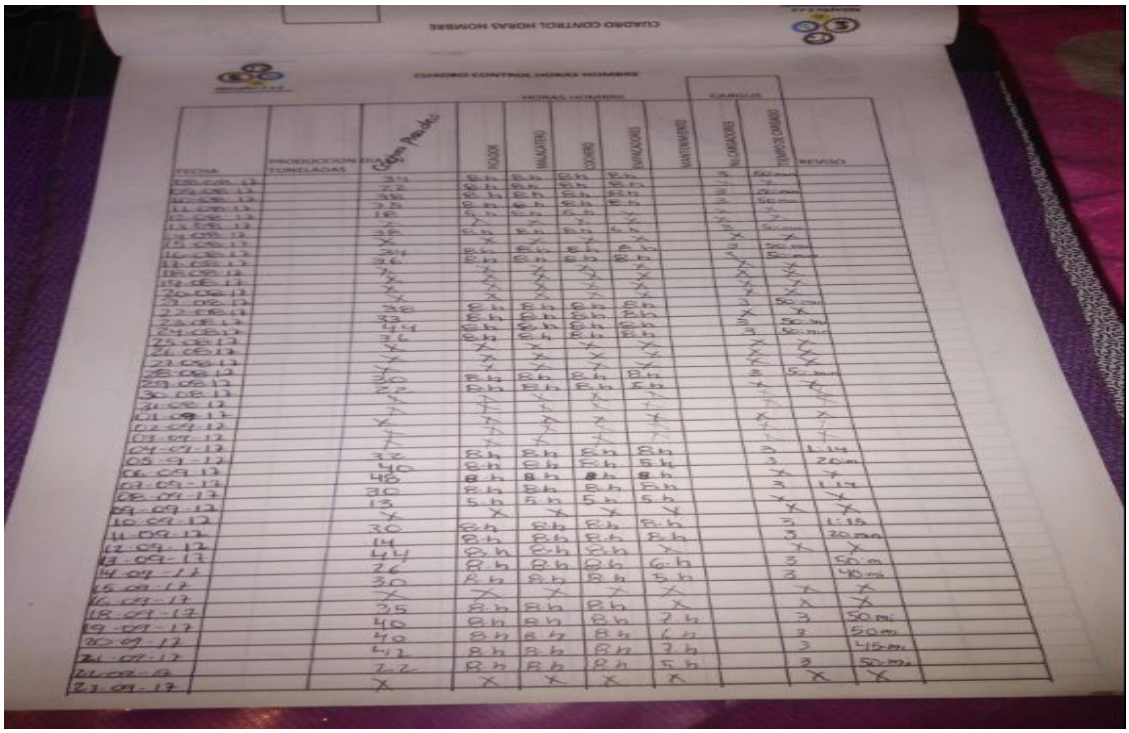
FECHA	HORA DE MEDICION AL FINAL DEL TURNO	LECTURA DEL CONTADOR	HOROMETRO BOMBA	MOTOBOMBA	SOPLADOR AZUL	SOPLADOR NARANJA	EXTRACTOR	No. COSEDORAS	TALADRO	SIERRA SABLE	CARGADOR BATERIA	OTROS	OTROS	REVISO
22-08-17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
23-08-17	4:00	1131.5	283.28	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
24-08-17	4:30	1135.4	285.07	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
25-08-17	4:30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
26-08-17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
28-08-17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
29-08-17	4:30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
30-08-17	4:00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
31-08-17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
01-09-17	4:30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
02-09-17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
04-09-17	4:30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
05-09-17	4:30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
06-09-17	4:30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
07-09-17	4:30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
08-09-17	4:30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
09-09-17	12:00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
11-09-17	4:00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
12-09-17	1:00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
13-09-17	4:00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
14-09-17	4:00	X	X											



CONTROL DE CONSUMO DE ENERGIA

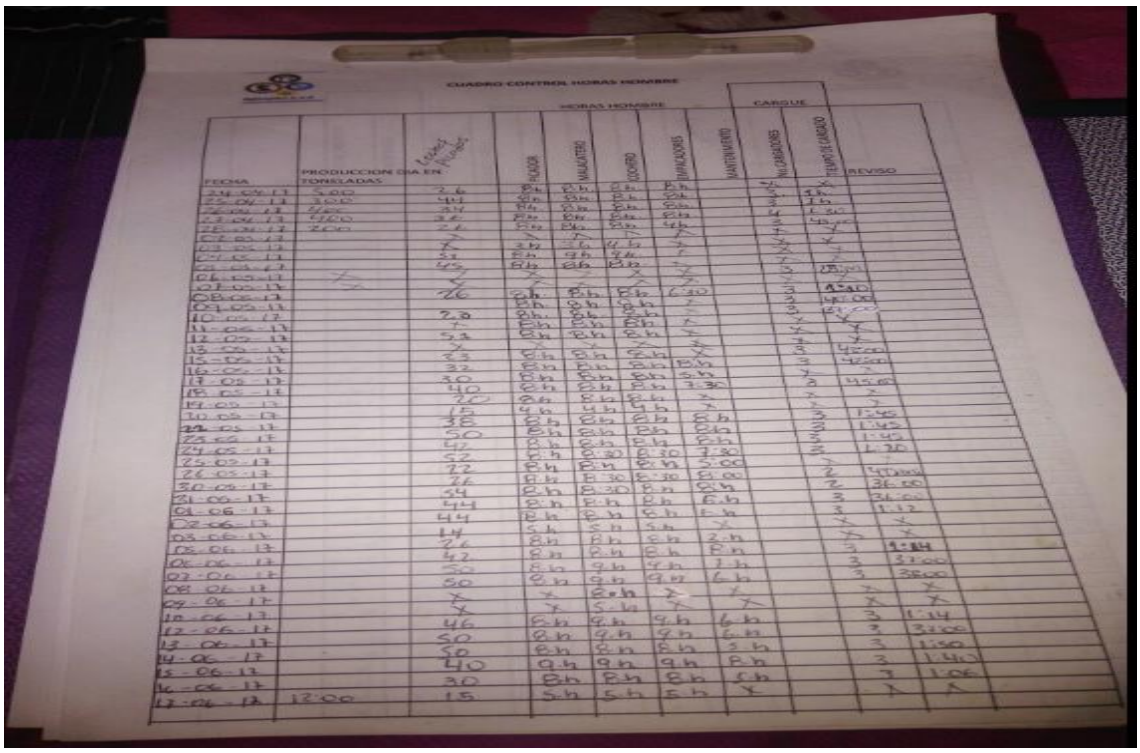
FECHA	HORA DE MEDICION AL FINAL DEL TURNO	LECTURA DEL CONTADOR	HOROMETRO BOMBA	MOTOBOMBA	SOPLADOR AZUL	SOPLADOR NARANJA	EXTRACTOR	No. COSEDORAS	TALADRO	SIERRA SABLE	CARGADOR BATERIA	OTROS	OTROS	REVISO
15-09-17	4:00 Pm	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	X	X	X	
16-09-17	12:00	X	X	✓	✓	✓	✓	X	X	✓	X	X	X	
17-09-17	4:30 Pm	X	X	✓	✓	✓	✓	X	X	✓	X	X	X	
18-09-17	4:30 Pm	X	X	✓	✓	✓	✓	X	X	✓	X	X	X	
19-09-17	4:30 Pm	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X	X	
20-09-17	4:00 Pm	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	X	X	X	
21-09-17	4:00 Pm	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	X	X	X	
22-09-17	4:30 Pm	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	X	X	X	
23-09-17	12:00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
25-09-17	4:30 Pm	X	X	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X	X	X	
26-09-17	4:00 Pm	X	X	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X	X	X	
27-09-17	4:30 Pm	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	X	X	X	

ANEXO C. REGISTRO CONTROL HORAS HOMBRE



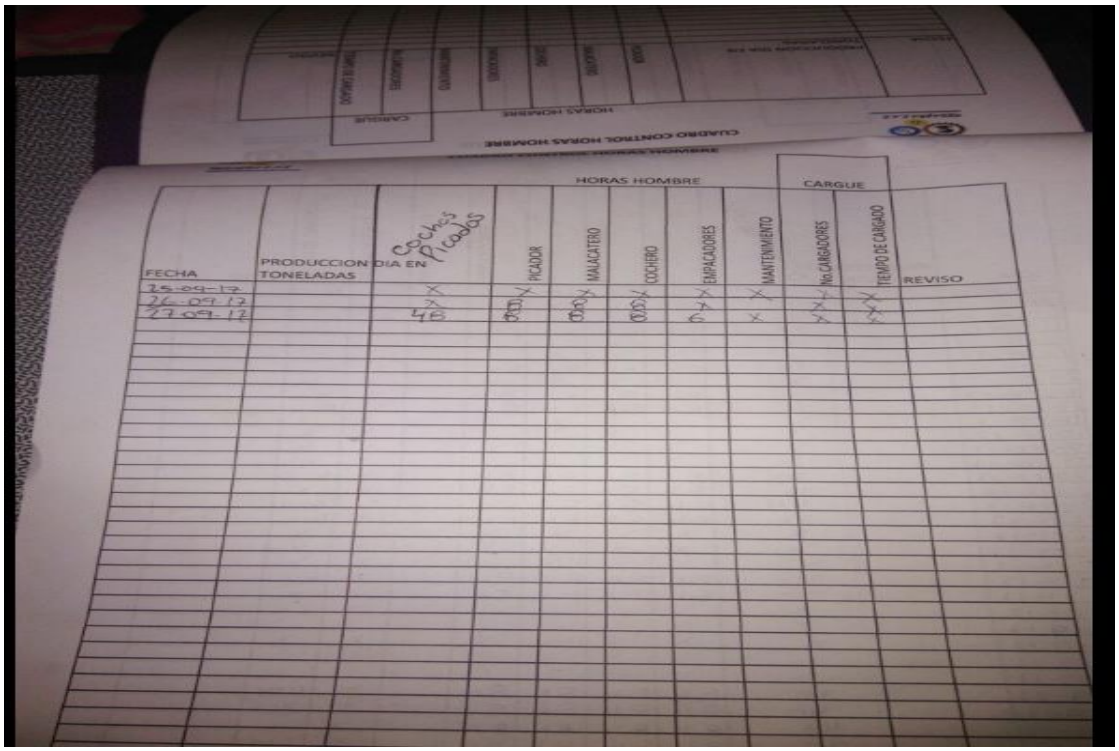
CUADRO CONTROL HORAS HOMBRE

FECHA	PRODUCCION EN TONELADAS	Cajas Pradera	HORAS HOMBRE: PICADOR	HALADERO	COCIDERO	ENVASADORES	MANTENIMIENTO	CARGUE: INCAGRADERS	TIEMPO DE CARGUE	REVISO
08-08-13		34	8 h	8 h	8 h	8 h		X	50 min	
09-08-13		22	8 h	8 h	8 h	8 h		X	60 min	
10-08-13		36	8 h	8 h	8 h	8 h		X	50 min	
11-08-13		35	8 h	8 h	8 h	8 h		X	X	
12-08-13		X	X	X	X	X		X	X	
13-08-13		35	8 h	8 h	8 h	8 h		X	60 min	
14-08-13		X	X	X	X	X		X	X	
15-08-13		34	8 h	8 h	8 h	8 h		X	50 min	
16-08-13		36	8 h	8 h	8 h	8 h		X	X	
18-08-13		X	X	X	X	X		X	X	
19-08-13		X	X	X	X	X		X	X	
20-08-13		X	X	X	X	X		X	X	
21-08-13		38	8 h	8 h	8 h	8 h		X	50 min	
22-08-13		33	8 h	8 h	8 h	8 h		X	X	
23-08-13		34	8 h	8 h	8 h	8 h		3	50 min	
24-08-13		36	8 h	8 h	8 h	8 h		3	50 min	
25-08-13		X	X	X	X	X		X	X	
26-08-13		X	X	X	X	X		X	X	
27-08-13		X	X	X	X	X		X	X	
28-08-13		X						3	50 min	
29-08-13		30	8 h	8 h	8 h	8 h		X	X	
30-08-13		29	8 h	8 h	8 h	8 h		X	X	
31-08-13		X	X	X	X	X		X	X	
01-09-13		X	X	X	X	X		X	X	
02-09-13		X	X	X	X	X		X	X	
03-09-13		X	X	X	X	X		X	X	
04-09-13		32	8 h	8 h	8 h	8 h		3	1:14	
05-9-13		40	8 h	8 h	8 h	8 h		3	20 m	
06-09-13		48	8 h	8 h	8 h	8 h		X	X	
07-09-13		30	8 h	8 h	8 h	8 h		3	1:14	
08-09-13		13	5 h	5 h	5 h	5 h		X	X	
09-09-13		X	X	X	X	X		X	X	
10-09-13		30	8 h	8 h	8 h	8 h		3	1:15	
11-09-13		14	8 h	8 h	8 h	8 h		3	20 min	
12-09-13		44	8 h	8 h	8 h	X		X	X	
13-09-13		26	8 h	8 h	8 h	6 h		3	50 m	
14-09-13		30	8 h	8 h	8 h	5 h		3	40 m	
15-09-13		X	X	X	X	X		X	X	
16-09-13		35	8 h	8 h	8 h	X		X	X	
18-09-13		40	8 h	8 h	8 h	7 h		3	50 m	
19-09-13		40	8 h	8 h	8 h	6 h		3	50 m	
20-09-13		43	8 h	8 h	8 h	7 h		3	45 m	
21-09-13		22	8 h	8 h	8 h	5 h		3	50 m	
22-09-13		X	X	X	X	X		X	X	
23-09-13		X	X	X	X	X		X	X	

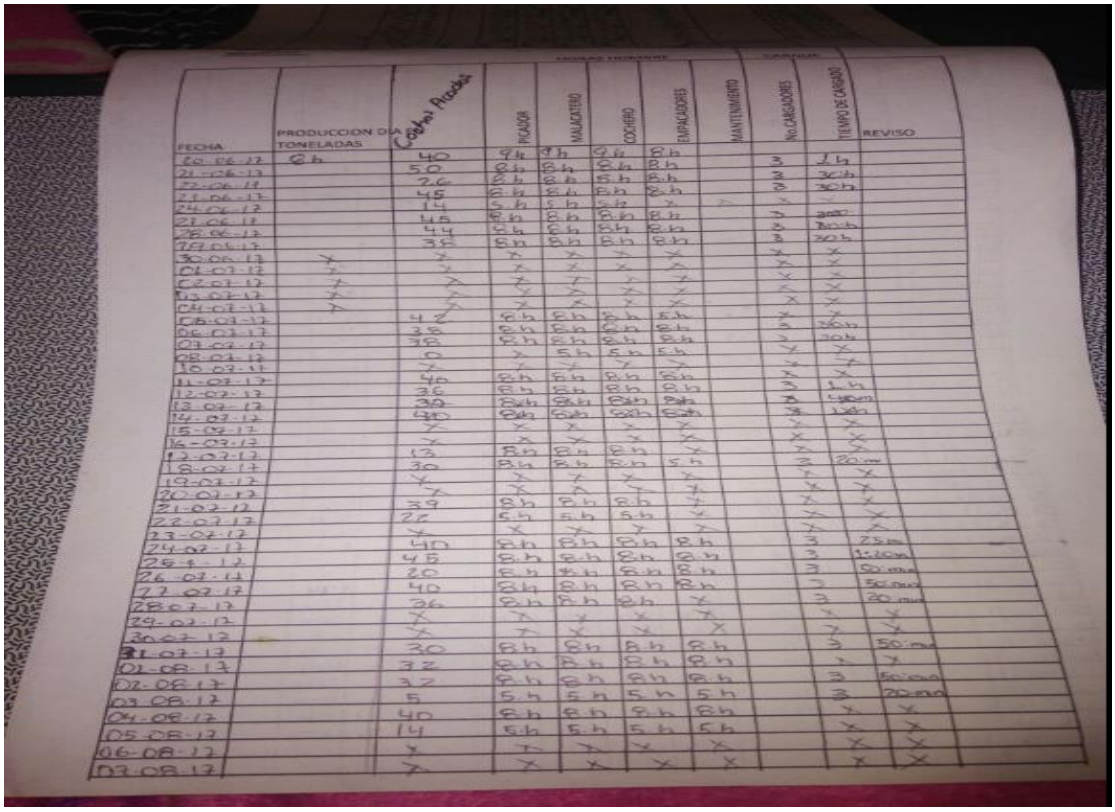


CUADRO CONTROL HORAS HOMBRE

FECHA	PRODUCCION DIA EN TONELADAS	Lenci Pradera	HORAS HOMBRE: PICADOR	HALADERO	COCIDERO	ENVASADORES	MANTENIMIENTO	CARGUE: INCAGRADERS	TIEMPO DE CARGUE	REVISO
24-04-13	5.00	26	8 h	8 h	8 h	8 h		X	X	
25-04-13	3.00	44	8 h	8 h	8 h	8 h		3	1 h	
26-04-13	5.00	34	8 h	8 h	8 h	8 h		4	1:30	
27-04-13	4.00	36	8 h	8 h	8 h	8 h		3	4:00	
28-04-13	2.00	22	8 h	8 h	8 h	4 h		3	X	
29-04-13		X	X	X	X	X		X	X	
30-04-13		X	2 h	2 h	4 h	X		X	X	
01-05-13		32	8 h	8 h	8 h	X		X	X	
02-05-13		45	8 h	8 h	8 h	X		3	25 min	
03-05-13		X	X	X	X	X		X	X	
04-05-13		X	X	X	X	X		X	X	
05-05-13		26	8 h	8 h	8 h	6:30		3	4:30	
06-05-13			8 h	8 h	8 h	X		3	4:00	
07-05-13			8 h	8 h	8 h	X		3	4:00	
08-05-13		28	8 h	8 h	8 h	X		X	X	
09-05-13		23	8 h	8 h	8 h	X		X	X	
10-05-13		23	8 h	8 h	8 h	X		3	4:00	
11-05-13		23	8 h	8 h	8 h	X		3	4:00	
12-05-13		X	X	X	X	X		X	X	
13-05-13		23	8 h	8 h	8 h	8 h		3	4:00	
14-05-13		33	8 h	8 h	8 h	8 h		X	X	
15-05-13		30	8 h	8 h	8 h	5 h		3	45 m	
16-05-13		40	8 h	8 h	8 h	7:30		X	X	
17-05-13		20	8 h	8 h	8 h	X		X	X	
18-05-13		18	4 h	4 h	4 h	X		X	X	
19-05-13		38	8 h	8 h	8 h	8 h		3	1:45	
20-05-13		30	8 h	8 h	8 h	8 h		3	1:45	
21-05-13		47	8 h	8 h	8 h	8 h		3	1:30	
22-05-13		52	8 h	8:30	8:30	7:30		3	1:30	
23-05-13		22	8 h	8 h	8 h	5:00		X	X	
24-05-13		26	8 h	8:30	8:30	8:00		2	40 min	
25-05-13		44	8 h	8:30	8 h	8 h		2	36:00	
26-05-13		44	8 h	8 h	8 h	6 h		3	36:00	
27-05-13		44	8 h	8 h	8 h	8 h		3	1:12	
28-05-13		14	5 h	5 h	5 h	X		X	X	
29-05-13		26	8 h	8 h	8 h	2 h		X	X	
30-05-13		42	8 h	8 h	8 h	8 h		3	1:14	
31-05-13		50	8 h	8 h	8 h	7 h		3	31:00	
01-06-13		50	8 h	8 h	8 h	6 h		3	35:00	
02-06-13		X	X	8 h	X	X		X	X	
03-06-13		X	X	5 h	X	X		X	X	
04-06-13		46	8 h	8 h	8 h	6 h		3	1:14	
05-06-13		50	8 h	8 h	8 h	6 h		3	31:00	
06-06-13		50	8 h	8 h	8 h	5 h		3	1:50	
07-06-13		40	8 h	8 h	8 h	8 h		3	1:40	
08-06-13		30	8 h	8 h	8 h	8 h		3	1:06	
09-06-13	12:00	15	5 h	5 h	5 h	X		X	X	

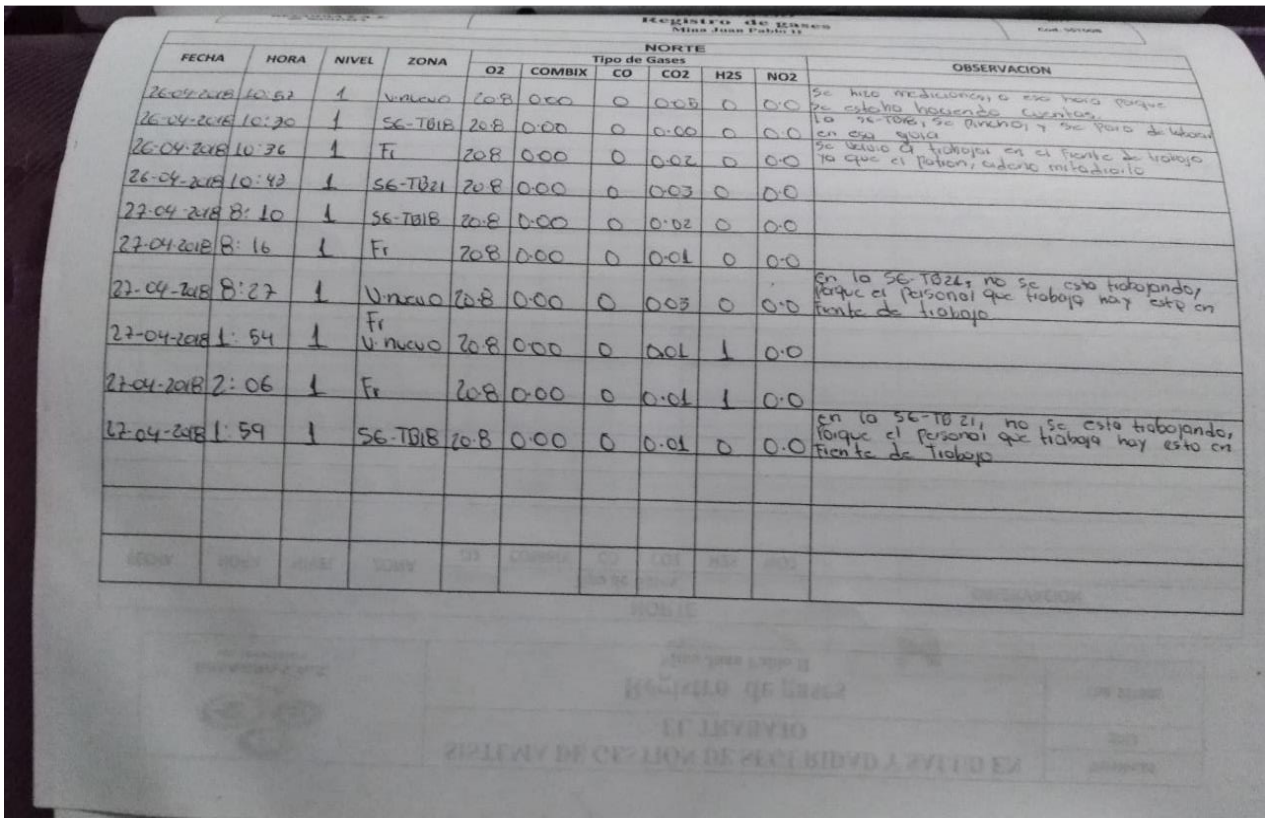


FECHA	PRODUCCION DIA EN TONELADAS	Cochos Picados	HORAS HOMBRE: PICADOR	MAJACATERO	COCHERO	EMPACADORES	MANTENIMIENTO	CARGUE: No.CARGADORES	TIEMPO DE CARGADO	REVISO
25-09-17		X	X	X	X	X	X	X	X	
26-09-17		X	(0:00) X	(0:00) X	(0:00) X	X		X	X	
27-09-17		48				6	X	X	X	



FECHA	PRODUCCION DIA TONELADAS	Cochos Picados	PICADOR	MAJACATERO	COCHERO	EMPACADORES	MANTENIMIENTO	No.CARGADORES	TIEMPO DE CARGADO	REVISO
20-06-17	8h	40	9h	9h	9h	8h		3	1h	
21-06-17		50	8h	8h	8h	8h		3	30h	
22-06-17		26	8h	8h	8h	8h		3	30h	
23-06-17		45	8h	8h	8h	8h		X		
24-06-17		14	5h	5h	5h	X		3	[illegible]	
27-06-17		48	8h	8h	8h	8h		3	30h	
28-06-17		44	8h	8h	8h	8h		3	30h	
29-06-17		35	8h	8h	8h	8h		X	X	
30-06-17	X	X	X	X	X	X		X	X	
01-07-17	X	X	X	X	X	X		X	X	
02-07-17	X	X	X	X	X	X		X	X	
03-07-17	X	X	X	X	X	X		X	X	
04-07-17	X	X	X	X	X	X		X	X	
05-07-17		48	8h	8h	8h	8h		X	X	
06-07-17		38	8h	8h	8h	8h		3	30h	
07-07-17		38	8h	8h	8h	8h		3	30h	
08-07-17		0	X	5h	5h	5h		X	X	
10-07-17		X	X	X	X	X		X	X	
11-07-17		40	8h	8h	8h	8h		3	1h	
12-07-17		36	8h	8h	8h	8h		X	40m	
13-07-17		30	8h	8h	8h	8h		X	1h	
14-07-17		40	8h	8h	8h	8h		X	X	
15-07-17		X	X	X	X	X		X	X	
16-07-17		X	X	X	X	X		X	X	
17-07-17		13	8h	8h	8h	X		3	20m	
18-07-17		30	8h	8h	8h	5h		X	X	
19-07-17		X	X	X	X	X		X	X	
20-07-17		X	X	X	X	X		X	X	
21-07-17		39	8h	8h	8h	X		X	X	
22-07-17		22	5h	5h	5h	X		X	X	
23-07-17		X	X	X	X	X		X	X	
24-07-17		40	8h	8h	8h	8h		3	25m	
25-07-17		45	8h	8h	8h	8h		3	1:10m	
26-07-17		20	8h	8h	8h	8h		3	50:00m	
27-07-17		40	8h	8h	8h	8h		3	50:00m	
28-07-17		36	8h	8h	8h	X		3	20:00m	
29-07-17		X	X	X	X	X		X	X	
30-07-17		X	X	X	X	X		X	X	
31-07-17		30	8h	8h	8h	8h		3	50:00m	
01-08-17		32	8h	8h	8h	8h		X	X	
02-08-17		32	8h	8h	8h	8h		3	50:00m	
03-08-17		5	5h	5h	5h	5h		3	20:00m	
04-08-17		40	8h	8h	8h	8h		X	X	
05-08-17		14	5h	5h	5h	5h		X	X	
06-08-17		X	X	X	X	X		X	X	
07-08-17		X	X	X	X	X		X	X	

ANEXO D. FORMATO CONTROL DE EMISIONES

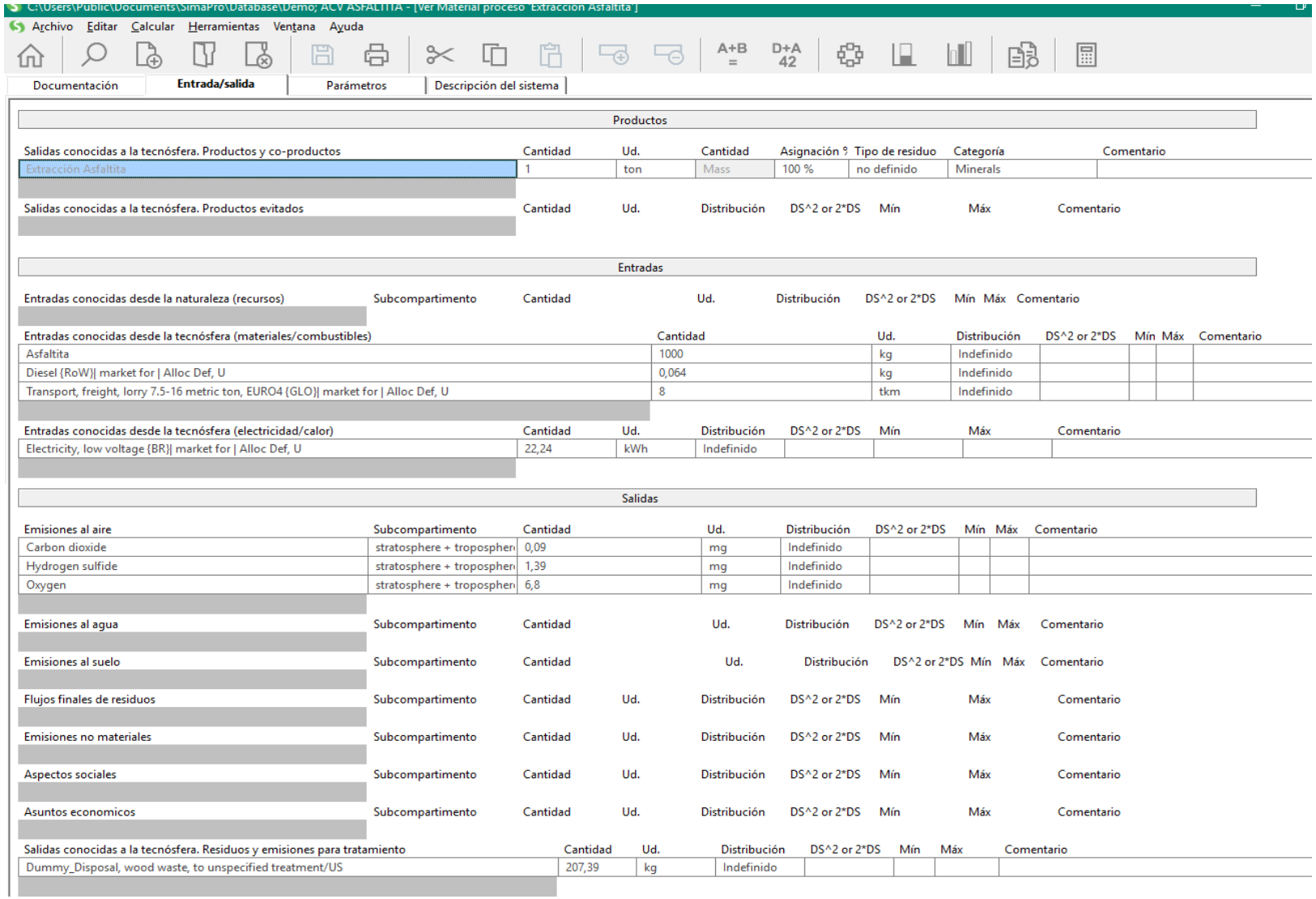


Registro de gases
Mina Juan Pablo II

NORTE

FECHA	HORA	NIVEL	ZONA	Tipo de Gases O2	COMBIX	CO	CO2	H2S	NO2	OBSERVACION
26-04-2018	10:57	1	V.nuevo	20.8	0.00	0	0.05	0	0.0	Se hizo mediciones, o eso hacia porque se estaba haciendo cuentas.
26-04-2018	10:20	1	SG-TB18	20.8	0.00	0	0.00	0	0.0	La SG-TB18, se apagó, y se para de laborar en esa guia
26-04-2018	10:36	1	Fr	20.8	0.00	0	0.02	0	0.0	Se llevo a trabajar en el frente de trabajo ya que el Patron, cadena intadiario
26-04-2018	10:43	1	SG-TB21	20.8	0.00	0	0.03	0	0.0	
27-04-2018	8:10	1	SG-TB18	20.8	0.00	0	0.02	0	0.0	
27-04-2018	8:16	1	Fr	20.8	0.00	0	0.01	0	0.0	
27-04-2018	8:27	1	V.nuevo	20.8	0.00	0	0.03	0	0.0	En la SG-TB26, no se esta trabajando, porque el Personal que trabaja hay esta en frente de trabajo
27-04-2018	1:54	1	Fr V.nuevo	20.8	0.00	0	0.01	1	0.0	
27-04-2018	2:06	1	Fr	20.8	0.00	0	0.01	1	0.0	
27-04-2018	1:59	1	SG-TB18	20.8	0.00	0	0.01	0	0.0	En la SG-TB21, no se esta trabajando, porque el Personal que trabaja hay esta en frente de Trabajo

ANEXO E. MONTAJE PROCESO SIMAPRO



C:\Users\Public\Documents\SimaPro\Database\Demo; ACV ASFALTITA - [Ver Material proceso 'Extracción Asfaltita']

Archivo Editar Calcular Herramientas Ventana Ayuda

Documentación | Entrada/salida | Parámetros | Descripción del sistema

Productos

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos	Cantidad	Ud.	Cantidad	Asignación %	Tipo de residuo	Categoría	Comentario
Extracción Asfaltita	1	ton	Mass	100 %	no definido	Minerals	

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2*DS	Mín	Máx	Comentario

Entradas

Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2*DS	Mín	Máx	Comentario

Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2*DS	Mín	Máx	Comentario
Asfaltita	1000	kg	Indefinido				
Diesel {RoW}| market for | Alloc Def, U	0,064	kg	Indefinido				
Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO4 {GLO}| market for | Alloc Def, U	8	tkm	Indefinido				

Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2*DS	Mín	Máx	Comentario
Electricity, low voltage {BR}| market for | Alloc Def, U	22,24	kWh	Indefinido				

Salidas

Emisiones al aire	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2*DS	Mín	Máx	Comentario
Carbon dioxide	stratosphere + tropospher	0,09	mg	Indefinido				
Hydrogen sulfide	stratosphere + tropospher	1,39	mg	Indefinido				
Oxygen	stratosphere + tropospher	6,8	mg	Indefinido				

Emisiones al agua	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2*DS	Mín	Máx	Comentario

Emisiones al suelo	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2*DS	Mín	Máx	Comentario

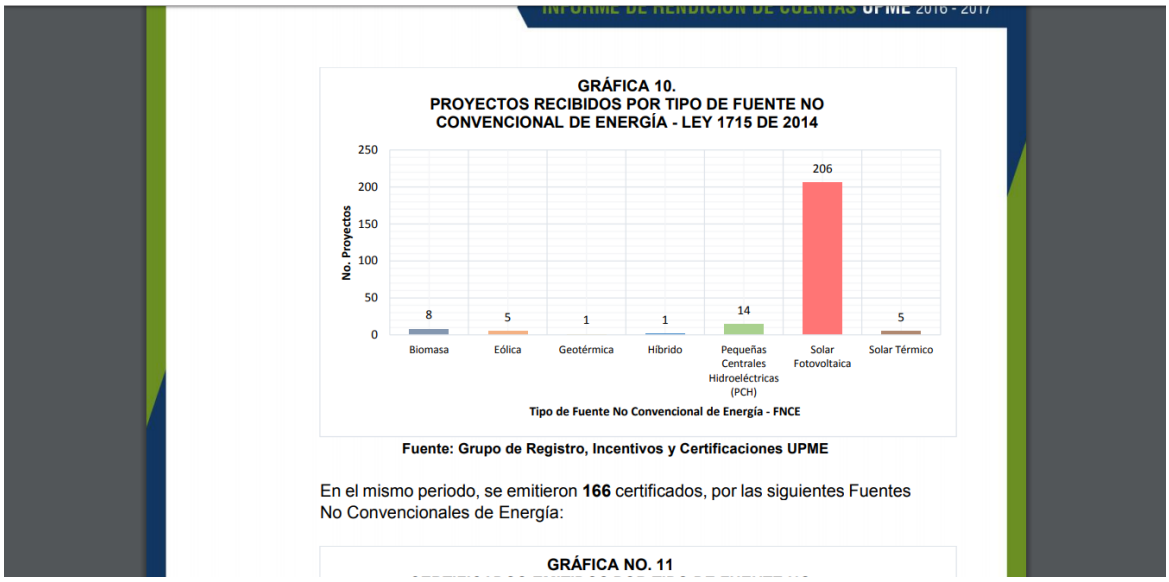
Flujos finales de residuos	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2*DS	Mín	Máx	Comentario

Emisiones no materiales	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2*DS	Mín	Máx	Comentario

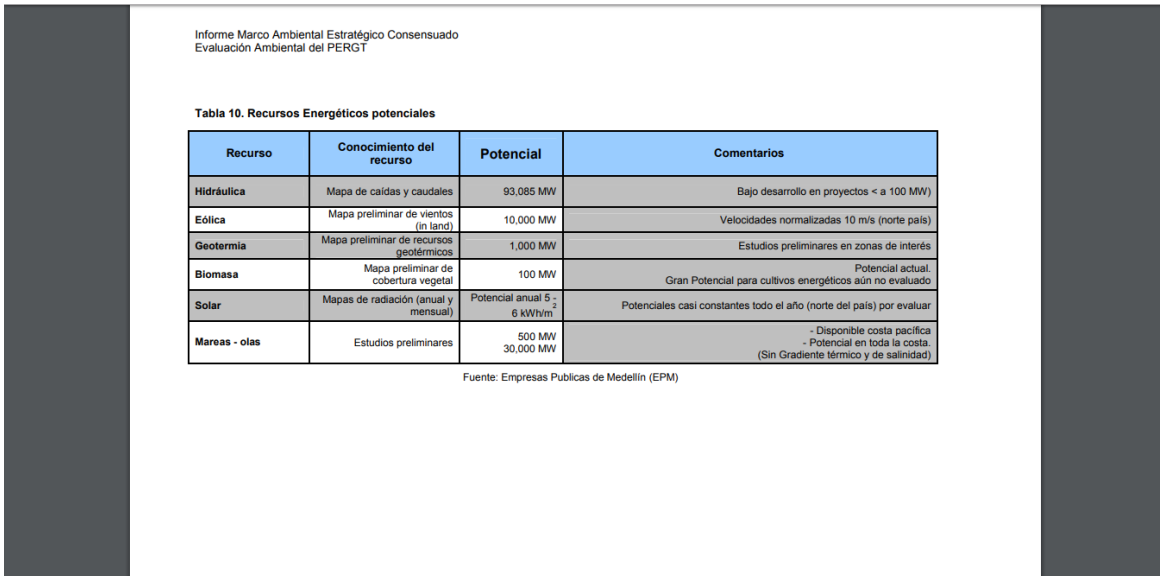
Aspectos sociales	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2*DS	Mín	Máx	Comentario

Asuntos economicos	Subcompartimento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2*DS	Mín	Máx	Comentario

Salidas conocidas a la tecnósfera. Residuos y emisiones para tratamiento	Cantidad	Ud.	Distribución	DS^2 or 2*DS	Mín	Máx	Comentario
Dummy_Disposal, wood waste, to unspecified treatment/US	207,39	kg	Indefinido				



fuente:
http://www1.upme.gov.co/InformesGestion/Memorias_Rendicion_2017.pdf



Informe Marco Ambiental Estratégico Consensuado
Evaluación Ambiental del PERGT

Tabla 10. Recursos Energéticos potenciales

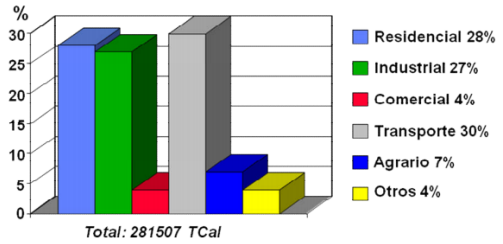
Recurso	Conocimiento del recurso	Potencial	Comentarios
Hidráulica	Mapa de caídas y caudales	93,085 MW	Bajo desarrollo en proyectos < a 100 MW)
Eólica	Mapa preliminar de vientos (in land)	10,000 MW	Velocidades normalizadas 10 m/s (norte país)
Geotermia	Mapa preliminar de recursos geotérmicos	1,000 MW	Estudios preliminares en zonas de interés
Biomasa	Mapa preliminar de cobertura vegetal	100 MW	Potencial actual. Gran Potencial para cultivos energéticos aún no evaluado
Solar	Mapas de radiación (anual y mensual)	Potencial anual 5 - 6 kWh/m^2	Potenciales casi constantes todo el año (norte del país) por evaluar
Mareas - olas	Estudios preliminares	500 MW 30,000 MW	- Disponible costa pacífica - Potencial en toda la costa. (Sin Gradiente térmico y de salinidad)

Fuente: Empresas Publicas de Medellín (EPM)

http://www.siame.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=4q10kJOy7Vk%3D&tabid=74&mid=429

El consumo de recursos energéticos en Colombia está muy repartido en tres sectores: transporte (30%) uso residencial (28%) y sector industrial (27%), véase Gráfico 1 en consecuencia, los programas y políticas del uso eficiente de los recursos deben focalizarse en estos mismos sectores.

Gráfico 1 Distribución del consumo de energía



Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana (UPB)

Diversos estudios sobre el consumo de energía sectorial realizados por la Unidad de Planeación Minero Energética, UPME, han encontrando que existe en el país un uso inadecuado de los recursos energéticos, por desconocimiento de los conceptos básicos sobre eficiencia energética.

A continuación se mostrará el panorama existente en Colombia en tornos a estos temas y adicionalmente, se contrastará esta realidad con las políticas, regulación y marco institucional vigentes. Se arrancará analizando la eficiencia del uso de los recursos hídricos destinados a la generación de electricidad y posteriormente se tocaran los temas que tradicionalmente se han considerado dentro de los programas y políticas de uso eficiente de los recursos.

Cuando se trata de los recursos hídricos destinados a la generación de

Fuente: Unión Temporal TAU Consultora Ambiental - Ambiental Consultores. Informe Marco Ambiental Estratégico Consensuado Evaluación Ambiental del PERGT

http://www.siame.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=4q10kJOy7Vk%3D&tabid=74&mid=429

Brasil - Matriz de Energía Eléctrica - Ene 2007

Fuente	Nº Usinas	MW	Estructura %
Hidreléctrica	635	73.680	72,1
Gás	101	10.799	10,6
Petróleo	569	4.466	4,4
Biomasa	270	3.718	3,6
Nuclear	2	2.007	2,0
Carvon Mineral	7	1.415	1,4
Eólica	15	237	0,2
Capacidad Instalada	**1.599**	**96.322**	**94,3**
Importación Contratada (1)		5.850	5,7
Capacidad Disponible		**102.172**	**100,0**

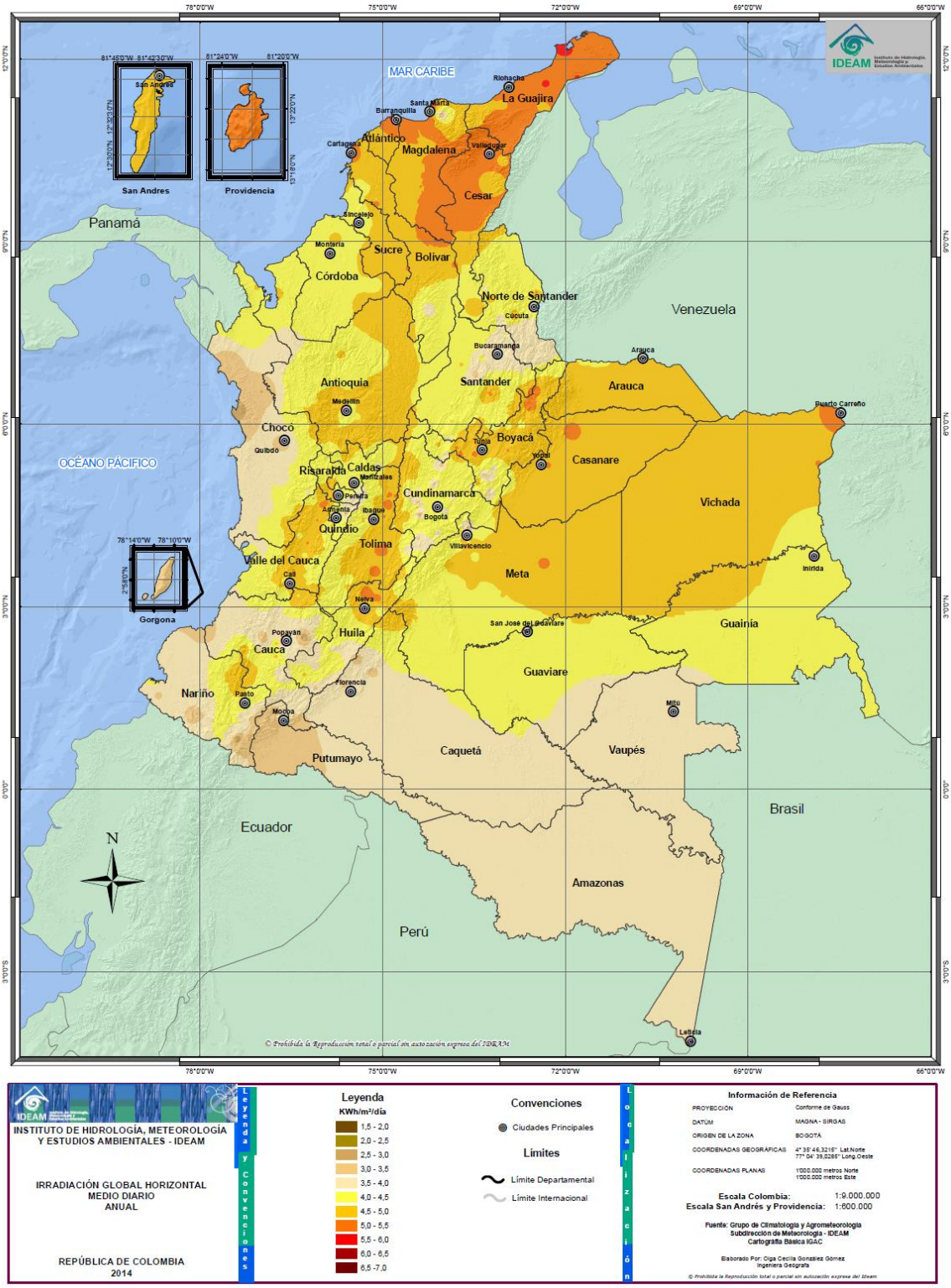
http://www.cpi.org.py/doc/biblioteca/mercado_energia_br.pdf

ANEXO F. DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LA ASFALTITA

Universidad Industrial de Santander	**LABORATORIO DE RAYOS X**		Código: **F-T-D-04**
	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		Versión: 02
	INFORME DE RESULTADOS		
Fecha (aaaa-mm-dd)	**2018-04-11**	**INFORME Nº**	INF-18038

DATOS DEL CLIENTE			
Empresa	RESAGRA SAS		
Nombre	Leonardo Gelvez Gelvez		
Dirección	Calle 51 No. 16-51. Apartamento 501	**NIT o C.C**	901043163-5
Ciudad	Bucaramanga- Colombia	**Orden de Compra**	Pendiente
e-mail	nutricionistagarces@yahoo.es	**Teléfono**	Teléfono: 6421718, Celular: 3156798011

METODOLOGÍA DE TRABAJO		
Preparación de las Muestras	El especímen de la muestra 18038001 fue molturado y homogeneizado en un mortero de ágata. Posteriormente se montaron en un portamuestra de polimetilmetacrilato (PMMA) mediante la técnica de llenado frontal.	
Condiciones de Registro	El registro de datos se realizó en un difractómetro de polvo marca BRUKER modelo D8 ADVANCE con Geometría DaVinci bajo las siguientes condiciones:	
	Voltaje (kV)	40
	Corriente (mA)	40
	Rendija de Divergencia (mm)	0,6
	Rendijas Soller Primario (°)	2,5
	Rendijas Soller Secundario (°)	2,5
	Tamaño de Paso (° 2Theta)	0,02035
	Tiempo por paso (s)	0,6
	Rango de registro (° 2 Theta)	3,5 a 70,0
	Radiación	CuKα1
	Filtro	Níquel
	Uso de Anti-dispersor de Aire	Si
	Detector	Lineal LynxEye
	Tipo de barrido	A pasos
	Observaciones	
Ensayo	DRX-01	Identificación de fases cristalinas no arcillosas por Difracción de Rayos X
Observaciones	**Análisis Cualitativo** Los análisis cualitativos se realizaron mediante la comparación de los perfiles observados con los perfiles de difracción reportados en la base de datos PDF-2 (2016) del *International Centre for Diffraction Data (ICDD).*	
Tratamiento de las muestras	Ninguno	

TOMA Y ANÁLISIS DE DATOS			
Fecha de Recepción de las Muestras (aaaamm-dd)	2018-03-21	**Fecha de Registro** (aaaa-mm-dd)	2018-04-09

ANEXO G. MAPA DE RADIACIÓN SOLAR EN COLOMBIA