

**Determinar la viabilidad económica-ambiental del aprovechamiento del aceite industrial
usado como combustible alternativo en hornos de línea 1 y 2 en Cemex Colombia-Planta
Caracolito.**

Angela Dayanna Jaramillo Barragan

Asesora:

Paola Andrea Tenorio Sánchez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA

Ingeniería Ambiental

2022

Página de Aceptación

Paola Andrea Tenorio Sánchez

Director de trabajo de grado

Jurado

Jurado

Agradecimientos

Dedico este espacio para expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que aportaron un grano de conocimiento en mi proceso de aprendizaje profesional, personal y educativo, gracias a ese apoyo incondicional puedo decir que he logrado concretar una de las etapas más lindas de mi vida, con lo cual ayudo a la realización del presente proyecto de investigación, en especial a mi familia, amigos y persona especial que me impulsaron a no rendirme, al equipo ambiental y laboratorio por inspirarme a ser una mejor persona para llegar a alcanzar todas las metas que me propongo en el ámbito profesional.

Le doy gracias a la universidad y profesores por abrirme las puertas al conocimiento a una carrera tan linda como lo es la Ingeniería Ambiental , donde cada semestre era una aventura y un reto diario que debía afrontar junto a mis compañeros, especialmente por tener una variedad de materias electivas logre encontrar una fuente de inspiración en una de ellas que me ha impulsado a ser mejor profesional cada día, en cada aventura de aprendizaje me tope con una problemática ambiental que se convirtió en un reto personal y surgió este maravilloso proyecto de investigación.

Resumen

El proyecto de investigación tuvo como objetivo principal dar la oportunidad de convertir un residuo peligroso (RESPEL) en combustible alternativo, a ser utilizado en el proceso de producción específicamente en los quemadores de los hornos de línea 1 y 2 en la planta Caracolito de Cemex Colombia ubicada en zona industrial de Ibagué, el planteamiento del problema como consecuencia de aprovechamiento del aceite industrial usado proveniente del mantenimiento general y periódico en las instalaciones.

Al realizar pruebas de laboratorio con el aceite viscoso y lodos encontrados en el acopio principal se determinó su poder calorífico, posteriormente se realizan diluciones con ACPM y Electriwell en distintos porcentajes cada uno, por medio de fórmulas matemáticas y estadísticas se determinaría el potencial del producto resultante, generando allí un valor teórico-práctico que permite clasificar la mejor alternativa económica en los procesos de producción reduciendo el impacto ambiental generado por la demanda de materia prima en combustión.

Es importante resaltar que con el estudio de laboratorio se observó el comportamiento fisicoquímico del aceite industrial usado y uno totalmente nuevo, con el cual se determinó el poder calorífico (PCS Kcal/Kg), pruebas de viscosidad cinemática y densidades (Gr/Cm³), con esto se determinó parcialmente el estado del aceite que podría ser bombeado a los hornos minimizando el impacto ambiental con posibles derrames y su plan de acción correspondiente.

Palabras clave: Combustible alternativo, desecho peligroso, recuperación energética, Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Abstract

The main objective of the research project was to give the opportunity to convert a hazardous waste (RESPEL) into an alternative fuel, to be used in the production process, specifically in the burners of the furnaces of line 1 and 2 in the Caracolito plant of Cemex Colombia located in the industrial zone of Ibagué, the approach of the problem as a consequence of taking advantage of the used industrial oil coming from the general and periodic maintenance in the facilities.

By performing laboratory tests with the viscous oil and sludge found in the main storage, its calorific value was determined, then dilutions are made with ACPM and Electriwell in different percentages each one, by means of mathematical and statistical formulas the potential of the resulting product would be determined, generating there a theoretical-practical value that allows classifying the best economic alternative in the production processes reducing the environmental impact generated by the demand of raw material in combustion.

It is important to highlight that with the laboratory study the physicochemical behavior of the used industrial oil and a totally new one was observed, with which the caloric power (PCS Kcal/Kg), kinematic viscosity tests and densities (Gr/Cm³) were determined, with this it was partially determined the state of the oil that could be pumped to the furnaces minimizing the environmental impact with possible spills and its corresponding action plan.

Keywords: Alternative fuel, hazardous waste, energy recovery, Sustainable Development Goals.

Tabla de Contenido

Introducción	12
Planteamiento del problema.....	15
Sistematización del problema	16
Justificación	19
Objetivos	22
Objetivo General	22
Objetivos Específicos.....	22
Marco Teórico.....	23
Generalidades del Aceite Lubricante Usado.....	23
Tipos de Aceite y sus Características.....	29
Materia Prima.....	34
Marco Normativo	37
Leyes Vigentes	38
Marco Contextual.....	46
Consideraciones ambientales sobre tratamiento y aprovechamiento.....	53
Metodología	55
Método	55
Diseño de la Investigación.....	55
Técnicas e Instrumentos de Investigación.....	56
Modelo Económico	61
Resultados Esperados.....	63
Ensayos Fisicoquímicos	66

Análisis.....	67
Viabilidad Económica.....	73
Viabilidad Ambiental.....	81
Discusión de Resultados	94
Conclusión	97
Recomendaciones	99
Referencias.....	100
Apéndices.....	105

Lista de Tablas

Tabla 1 Clasificación de lubricación	31
Tabla 2 Materia prima utilizada por mes	35
Tabla 3 Normativa aplicable a la gestión de aceites usados	39
Tabla 4 Almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento (Gestores)	40
Tabla 5 Transportadores.....	43
Tabla 6 Prohibiciones	44
Tabla 7 Especies endémicas y migratorias de Payande	50
Tabla 8 Encuesta sobre el manejo de aceite residual usado.....	60
Tabla 9 Poder calorífico y densidad de compuestos	63
Tabla 10 Ensayo con aceite dilución ACPM	64
Tabla 11 Ensayo con aceite dilución Electriwell	64
Tabla 12 Ensayo con lodo dilución ACPM.....	65
Tabla 13 Ensayo con lodo dilución Electriwell	65
Tabla 14 Estado fisicoquímico de las sustancias	67
Tabla 15 Contaminantes generalmente presentes en aceites usados.....	72
Tabla 16 Contaminantes generalmente presentes en aceites usados-continuación	73
Tabla 17 Resultados de costos año 2019 lodos	75
Tabla 18 Resultados de costos año 2019 aceite contaminado.....	76
Tabla 19 Resultados de costos año 2020 lodos	77
Tabla 20 Resultados de costos año 2020 aceite contaminado	77
Tabla 21 Resultados de costos año 2021 lodos	78
Tabla 22 Resultados de costos año 2021 aceite contaminado	79

Tabla 23 Expectativa de valor combustible lodos.....	80
Tabla 24 Expectativa de valor combustible aceite viscoso	80
Tabla 25 Expectativa de valor combustible Electriwell y aceite	80
Tabla 26 Riesgos al manejo del aceite usado	86
Tabla 27 Riesgos a la salud humana	88
Tabla 28 Proyección de viabilidad en posibilidades	92

Lista de Figuras

Figura 1 Área de almacenamiento.	25
Figura 2 Símbolo de identificación de sustancias clase 9.....	27
Figura 3 Símbolo sustancias que tiene efectos adversos al medio ambiente	27
Figura 4 Plan de contingencia Cemex	28
Figura 5 Clasificación de los aceites	30
Figura 6 Aprovechamiento energético en Cemex	33
Figura 7 Nivel contaminación ambiental.....	34
Figura 8 Esquema de funcionamiento de la economía del aceite usado	36
Figura 9 Procesos del cemento.....	47
Figura 10 Georreferenciación de la planta Caracolito-zona industrial Ibagué	48
Figura 11 Georreferenciación de la distribución de especies	49
Figura 12 Consideraciones y sistemas aprovechamiento interno	52
Figura 13 Etapas de la economía circular	62
Figura 14 Muestra de las mezclas establecidas con aceite viscoso	68
Figura 15 Muestra de las mezclas establecidas con lodos	69
Figura 16 Variación valores teórico-prácticos de lodo y aceite ACPM	70
Figura 17 Variación valores teórico-prácticos de lodo y aceite Electriwell	71
Figura 18 Resultados de los encuestados.....	82
Figura 19 Resultados de la pregunta 3.....	83
Figura 20 Resultados de la pregunta 4	83
Figura 21 Compuestos presentes en la combinación del aceite usado	91
Figura 22 Horno rotativo Clinker	95

Lista de Apéndices

Apéndice A Toma del segundo muestreo.....	105
Apéndice B Procedimiento laboratorio.....	106
Apéndice C Implementos utilizados para proceder hacer las diluciones.....	107
Apéndice D Ejecución de las diluciones.....	108
Apéndice E Formulas Implementadas.....	109
Apéndice F Gráficos de costos para la disposición final de los residuos peligrosos 2019.....	110
Apéndice G Gráficos de costos para la disposición final de los residuos peligrosos 2020.....	111
Apéndice H Gráficos de costos para la disposición final de los residuos peligrosos 2021.....	112
Apéndice I Datos consumo de aceite usado como combustible alterno 2019.....	113
Apéndice J Datos consumo de aceite usado como combustible alterno 2010.....	114
Apéndice K Datos consumo de aceite usado como combustible alterno 2021.....	115
Apéndice L Datos consumo de aceites y grasas en las maquinas.....	116
Apéndice M Evaluación de impacto ambiental y mitigación a las emergencias.....	118
Apéndice N Resultado del simulacro.....	119
Apéndice O Plan de emergencias.....	120
Apéndice P Fotos.....	121
Apéndice Q Impactos ambientales.....	122

Introducción

Los desechos peligrosos en el área industrial como el aceite usado tiene diversas clasificaciones, en este caso se tomó algo muy puntual como lo es el aceite viscoso y los lodos que son las grasas, estos desechos al ser derivados del petróleo lo convierten en material altamente contaminante para el medio ambiente por ello es fundamental dar una buena disposición final, se observó que esta problemática no solo afectaría el medio ambiente sino que también resultaría afectada la comunidad interna y externa de la empresa, Payande siendo la comunidad más cercana a los procesos de producción de Cemex se tomó como referencia en el estudio.

El aceite usado cuenta con altos índices de peligrosidad por el posible riesgo de accidentabilidad en el bombeo que se realiza para alimentar al horno de línea 1 y 2 como el posible derrame, llegando a contaminar cuerpos de agua superficiales y subterráneos de la zona en especial al Río Coello, al tener contacto con el suelo genera contaminación por metales pesados como: Cromo, Aluminio, Cobre, Plomo y Níquel, generalmente estos son encontrados en aditivos, gasolina plomada y aditivos anti desgastantes.

Se tiene en cuenta que el aceite lubricante es un factor primordial para cualquier industria en el país o el mundo, ya que al poseer sistemas mecánicos que generan fricción o algún tipo de desgaste es necesario el mantenimiento periódico, se determinó que al cambiar con frecuencia el aceite mineral, sintético o grasa genera más desechos peligrosos arrojando un diagnóstico alarmante para aquellas empresas que no tienen un plan de acción para darle una adecuada disposición final u aprovechamiento.

Lupien (2001), dice que la implementación de esquemas formales de recolección, transporte y aprovechamiento del residuo ha mostrado la generación de fuerzas de mercado que fomentan la participación de diversos actores de la sociedad, incentivando la recuperación y el

tratamiento más cuidadoso y facilitando las labores de acopio y tratamiento adecuado, permitiendo que el aceite usado genere nuevas oportunidades a las empresas generadoras del residuo tener un adecuado control, mientras que en los informes presentados a las autoridades ambientales se perciba la mejora al control sobre las emisiones atmosféricas en áreas industriales. (p.7).

Dentro del marco legal, las empresas industriales como lo es Cemex- Planta Caracolito, cuenta con un sistema que incrementa el valor del residuo, incentivando su utilización y disminuyendo las emisiones de compuestos contaminantes al ambiente, los planes de acción para generar el menor impacto al ambiente es tener una buena recolección del material peligroso, el manejo y separación de aceite proveniente del mantenimiento general o periodo en la planta, implica tener un equipo de clasificación de estos residuos peligrosos para así llevar un control de combustibles alternos que suelen ingresar al alimentador del horno de línea 1 y 2.

Para ejecutar con eficiencia esta actividad de separación de residuos, se deben tener en cuenta los planes de acción como en este caso la problemática central, el tratamiento y aprovechamiento del aceite viscoso y lodos, el cumplimiento de su ciclo de vida como lubricante en las maquinas al ser de corto o largo plazo pierde su valor monetario inicial, con lo cual permite que el proyecto genere un valor agregado al residuo peligroso ya que se espera la disminución del volumen del aceite usado generando múltiples beneficios a la empresa, reduciendo costos en el uso de materias primas y produciendo un producto que mitiga la contaminación de metales pesados, estos al formar parte del cemento.

Finalmente, el proyecto permite conocer que los beneficios de la investigación son amplios , ya que cuenta con una estructura medio ambiental para la protección de la comunidad de Payande-Tolima, reducción del impacto ecosistémico dentro y fuera de la planta, se amplía las

nuevas alternativas de combustibles por la utilización de un RESPEL realizando una buena gestión en su disposición final, gracias a esto se reducen los costos de la empresa Cemex al no enviar el material a empresas externas para obtener un certificado de disposición final amigable con el ambiente, en conocimientos teórico prácticos se determina que la reducción de CO₂ en la industria cementera en el Tolima cumpliría las metas propuestas por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Planteamiento del problema

Al plantear una buena estructura de este problema se parte con una pregunta de investigación específica ¿Es factible aprovechar el aceite industrial usado para crear el combustible alternativo que alimentara a los hornos y así llevar este plan de mejora a otras plantas cementeras? Este material al producir energía en un proceso de combustión genera contaminación atmosférica con diversos gases como el benzopireno, dióxido de carbono, óxido de azufre, óxido de nitrógeno y el monóxido de carbono, estos gases expulsados en el proceso de combustión causan diversas afectaciones acelerando el calentamiento global y cambio climático.

Teniendo en cuenta que, Colombia es un país que alimenta su industria y economía con distintos tipos de combustibles como: gasolina, Diesel, jet y sus derivados como aceites y grasas, estos alcanzan a ser un promedio de 302.000 barriles diarios (KBD) mientras que en el 2021 siendo un dato similar al 2019 con 299.000 (KBD), teniendo un crecimiento alrededor del 27% al 2020 (López, 2021) por medio de este estudio para el 2022 se espera el crecimiento del 10% frente al 2021, la demanda energética al ser cada vez mayor por año partimos del problema inicial frente a la industria cementera.

La empresa Cemex enfrenta una problemática central al consumir todo tipo de combustibles y sus derivados, con lo cual, generan residuos como el aceite viscoso, aceite contaminado con agua y grasas usadas y su acumulación genera un impacto negativo a la economía de la compañía, resaltando que al no ser aprovechado en los procesos como combustible, se destinan ingresos para que este sea llevado por una empresa externa a darle una disposición final adecuada, según las normas compiladas y establecidas encontradas en Manual Técnico para el manejo de aceites lubricantes usados, al ser aprovechado en los quemadores de los hornos minimiza el impacto ambiental y verse reflejado en las cifras de consumo de materia

prima, teniendo en cuenta que la posibilidad a derrames de este material afecta directamente la flora, fauna, recurso hídrico, suelo y calidad del aire en el sector de Payande Tolima.

La gestión legal de Colombia permite que las empresas multinacionales como Cemex cumplan con la normatividad ambiental, a medida que las entidades obtienen certificaciones como ISO 14001 siendo exclusiva para SGA (sistema de gestión ambiental), permite tener un control estructural de la norma ISO para evaluar las actividades de manera más fácil para las entidades encargadas de calificar las operaciones industriales del país.

Los desechos peligrosos como el aceite lubricante usado y sus derivados del petróleo como las grasas usadas tienen una estructura legal, gracias a los Decretos establecidos las empresas industriales, que son generadoras de este residuo y poseen esta problemática ambiental, la resolución 1446 de 2005 y el Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005, dice que establece los requisitos y condiciones para aprovechar el aceite de desecho o usado generado en el país como combustible. Consecuente todas las industrias, obras o actividades que pretendan utilizar en sus hornos o calderas, aceites de desecho como combustible único o mezclados con otro tipo de combustibles, requerirán permiso previo de emisión atmosférica o la modificación parcial de permiso vigente que cuenta, dando a entender que en el caso de Cemex cumpla con la normativa establecida por consumir este desecho como combustible en los hornos.

Sistematización del problema

Gracias a esta problemática se ve una oportunidad de mejora en el campo industrial por la reducción de costos de materia prima que es usada como combustible en los hornos de línea 1 y 2, al aprovechar el RESPEL como combustible alternativo brinda diversas posibilidades y beneficios, con ello incentivando la economía circular al darle un valor estimado a este producto, en reducción de costos e implementar otros métodos que mitiguen problemáticas como los

metales pesados, reducción de emisiones de fuentes fijas, se determinó que la solución a la problemática de residuos peligrosos beneficia a las empresas por ir acorde a los Objetivos de Desarrollo sostenible (ODS), implementando un sistema eficiente en la construcción de viviendas con un producto más sostenible.

Por medio de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se encontró que, para mitigar la problemática se hace un estudio medible a los impactos adversos económico-ambientales, ya que por medio del proyecto se cuenta con soluciones a corto y largo plazo en la industria; el proyecto tiene como factor principal prevenir incidentes ambientales que puedan afectar a la comunidad de Payande puesto que esto afectaría directamente la salud, medio ambiente u factor económico manejado por el municipio, al ocurrir algún incidente ambiental con este material peligroso la empresa tendrá un incumplimiento legal y posible sanción por afectación al medio, con ello Cortolima cumple la función del verificar el buen manejo legal de las empresas del Tolima.

Para la comunidad de Payande y trabajadores de Cemex se deben tener en cuenta los riesgos ambientales que implica un riego de crudo en agua superficial y subterránea, de acuerdo con Ochoa (2019), Solo un litro de aceite usado puede llegar a contaminar cerca 40.000 litros de agua, lo equivalente al consumo de agua anual de una persona en su domicilio, pues contiene aproximadamente 5.000 veces más carga contaminante que el agua residual que circula por las alcantarillas y redes de saneamiento. Siendo afectada la calidad del agua de la comunidad por un periodo de tiempo extenso.

El aceite usado al estar compuesto por diversos residuos del petróleo, es un compuesto difícil de degradar, ya que al contener metales pesados destruye la capa vegetal del suelo, la vida microbiana y acuática de los cuerpos hídricos cercanos de la zona como el Rio Coello, agua de

pozo profundo concesión de agua adquirida por Cortolima a la empresa entre otras fuentes hídricas utilizadas en los procesos de producción y para la comunidad empresarial y del pueblo aledaño, con ello trayendo consecuencias a la salud.

Justificación

La problemática ambiental generada por la acumulación de aceite industrial usado en las instalaciones de Cemex Planta Caracolito tiene una necesidad básica: se enfoca en minimizar el impacto generado por los residuos peligrosos y encontrar una alternativa para que este sea utilizado como combustible, reduciendo el consumo de materia prima, con ello ayudando a la conservación de recursos naturales; al utilizar este material peligroso se genera mayor productividad ya que al darle un tratamiento adecuado cambia su composición química, al convertirse en un nuevo combustible. La investigación tiene una amplia proyección y análisis para que la dilución del aceite que permite crear un balance económico ambiental; generando un producto del alto consumo en la industria.

Gracias a la amplia proyección toma un enfoque de recolección, separación y adecuación del aceite que es dirigido al acopio principal y tanque de aceites usados, esta herramienta ayudó a distinguir los diversos tipos de aceites utilizados en planta para lubricación y mantenimiento de las máquinas para ampliar su vida útil, al puntualizar la proveniencia del material residual se mitiga el impacto ambiental que puede derivarse por la mala separación al ser utilizándola como combustible; con ello se implementa la recolección de datos por medio de una tabla que especifica el tipo de recipiente donde será entregado y almacenado, el tipo de aceite, cantidad y observaciones.

Este proyecto tiene como base fundamental promover la innovación generación de valor en sistemas de producción y consumo, optimizando las operaciones industriales reusando materiales peligrosos como el aceite transformándolo en energía alternativa, incentivando que las empresas como Cemex desarrollen e implementen nuevos modelos de negocio a partir de

material recolectado en sus procesos de mantenimiento, cumpliendo con ello algunos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como la economía circular en el país.

La investigación tiene una alta proyección para alcanzar distintas metas establecidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible para contribuir al medio ambiente de Colombia y en la zona del Tolima, con lo cual la Ley 1931 de 2018 dice que las autoridades ambientales toman acción frente al cambio climático, para departamentos, municipios, distritos, empresas públicas y privadas, con ello en la zona industrial cementera de Ibagué, es posible que tenga altos niveles de afectación climática que a futuro puede vulnerar a la población, ecosistemas, bosque natural, afectando de forma directa por los gases de efecto invernadero (GEI), contaminación a los cuerpos hídricos entre otros factores.

Es necesario plantear soluciones óptimas y factibles que ayude a las empresas cementeras a retribuir los impactos ambientales generados por sus procesos de producción ya que, al ser invasivos como la extracción de su materia prima, transformen su sistema interno sostenible en especial teniendo en cuenta los tratados internacionales para mitigar las problemáticas ambientales, con ello los ODS permite proyectar metas con un plazo de cumplimiento al 2030, el proyecto apunta a las siguientes: salud y bienestar, agua limpia y saneamiento, energía asequible y no contaminada, industria, innovación e infraestructura y acción por el clima.

Cortolima al ser una empresa pública encargada del cumplimiento ambiental, realiza seguimientos a Cemex con informes de calidad del aire, en periodos cuatrimestrales y anuales, informe de emisiones de fuentes fijas primarias y secundarias, recalando que estos informes son presentados a la entidad pública para conservar los permisos ambientales adquiridos en producción, con ello se abarca fuentes fijas horno de línea 1 y 2 siendo estos fundamentales para ejecutar el proyecto, dentro de sus requerimiento legales ambientales cumplen con el informe de

carbones, aceites y cascarilla, otros alternos, que apunta al proyecto y la elaboración del combustible alternativo y ser implementado.

Objetivos

Objetivo General

Analizar el aprovechamiento del aceite sintético y lodos usados proveniente del mantenimiento general en máquinas del proceso de producción, con un análisis económico - ambiental en la empresa Cemex Planta Caracolito.

Objetivos Específicos

Realizar el análisis de viabilidad para el aprovechamiento del aceite sintético y lodos usados a través de técnicas innovadoras que conlleven al aprovechamiento económico.

Determinar las condiciones ambientales significativas que pueden ser generadas por el uso de aceite sintético y lodos como combustible alternativo.

Demostrar las ventajas y desventajas del aprovechamiento del aceite usado como combustible alternativo frente a la sociedad interna y externa.

Marco Teórico

Generalidades del Aceite Lubricante Usado

Para tener un concepto base de los aceites lubricantes usados, se debe definir que todo aquel aceite lubricante usado (de motor, transmisión o hidráulico, con base mineral o sintética) de desecho, generado a partir del momento en que deja de cumplir la función para la cual fue creado, se convierte en un producto altamente contaminante, se tiene presente que durante su utilización se contamina con productos orgánicos de oxidación, carbón, por desgastes y otros sólidos.

Para poder lograr una separación eficaz del aceite a utilizar, es importante definir una serie de conceptos para crear equilibrio administrativo y operativo. De acuerdo con el manual técnico para el manejo de aceites lubricantes usados, considerados RESPEL, deben cumplir con las siguientes condiciones: generador, desecho peligroso, riesgo, acopio, receptor, almacenamiento, aprovechamiento, gestión integral, gestión interna, gestión externa, condiciones para el transporte, embalaje, etiquetado, manejo integral, tratamiento, disposición final y plan de contingencia.

En este orden de ideas, el generador hace referencia a cualquier persona natural o jurídica cuya actividad produzca residuos peligrosos, el fabricante o importador de un producto o sustancia química con propiedad peligrosa, se equipará a un generador, en cuando a la responsabilidad por el manejo de los embalajes y residuos peligrosos (Decreto 4741 de 30 de diciembre de 2005). En relación con el desecho peligroso hace referencia aquel residuo que, por sus propiedades corrosivas, explosivas, tóxicas, inflamables o radioactivas pueden causar riesgos o daño para la salud humana y el ambiente (Soto et al., 2006, p.14).

Por ende, el riesgo hace referencia a la probabilidad de que el manejo, la liberación al ambiente y la exposición a un material o residuo, ocasionen efectos adversos en la salud humana y/o al ambiente. (Soto et al., 2006, p.14). en relación el acopio hace referencia al proceso de reunir los productos desechados en lugares acondicionados apropiadamente para dicha finalidad, garantizando que su almacenamiento se realice de forma segura para personas y para el medio ambiente (Soto et al., 2006, p.13) a continuación en la Figura 1 muestra el claro ejemplo de organización de un acopio de canecas de 55 galones con aceite usado.

Figura 1

Área de almacenamiento



Nota. Registro del acopio principal de Cemex. *Fuente:* Autoría propia.

El receptor hace referencia al personal encargado de realizar las actividades de almacenamiento y aprovechamiento incluyendo la recuperación, reciclaje, tratamiento y disposición final del aceite lubricante usado (Soto et al., 2006, p.14), en conjunto el almacenamiento hace referencia al depósito temporal del aceite lubricante usado con un espacio físico definido y por un tiempo determinado para que el receptor cumpla con el carácter previo de aprovechamiento o disposición final (Soto et al., 2006, p.13).

El aprovechamiento hace referencia al proceso de recuperar el poder calorífico de los materiales que componen el aceite lubricante usado, por medio de recuperación siendo reciclado o regenerándolo para ampliar su vida útil (Soto et al., 2006, p.13), mientras que la gestión integral hace referencia a la prevención de la generación hasta la disposición final de los residuos peligrosos, con el fin de lograr beneficios ambientales y así optimizar económicamente el manejo de estos (Decreto 4741 de 30 de diciembre de 2005).

La gestión interna hace referencia a la acción que desarrolla el generador, esto implica la planeación e implementación para minimizar los movimientos internos para tratar el residuo peligroso dentro de sus instalaciones (Decreto 351 de 19 de febrero de 2014), a su vez que la gestión externa hace referencia a los tramites de recolección, transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final del residuo peligroso fuera de las instalaciones (Decreto 351 de 19 de febrero de 2014).

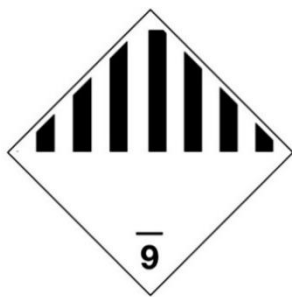
Las condiciones para el transporte hacen referencia a: que se cumplan las condiciones que garanticen un buen manejo del desecho peligroso en su transporte hasta llegar a su destino final, contando con los elementos de protección, kit de emergencias y otras condiciones establecidas en el Decreto 1609 de 2002 del Ministerio de Transporte (Fernando et al., 2006, p.29) consecuente el embalaje cumple una función importante haciendo referencia al recipiente utilizado como tambores y contenedores de 55 galones, camiones tanque, deben contar con un sistema seguro de cerrado para así evitar derrames de aceites al ser movilizados (Fernando et al., 2006, p.29).

Una parte fundamental dentro del proceso del embalaje es el etiquetado que hace referencia a que cada tanque, tambor o sistema de almacenamiento, debe de estar rotulado con las palabras sustancias liquidas potencialmente peligrosas para el medio ambiente N.E.P-

contiene aceite lubricante usado, en especial el modo de transporte al ser por carretera generalmente debe contar con un sistema de etiquetado como lo podemos observar en la figura 2 representa la mercancía de clase 9, mientras que en la figura 3 representa la peligrosidad ambiental. (Fernando et al., 2006, p.30).

Figura 2

Símbolo de identificación de sustancias clase 9



Nota. Señalización de sustancias peligrosas. *Fuente.* NTC 1692 en 2005.

Figura 3

Símbolo sustancias que tiene efectos adversos al medio ambiente.



Nota. Señalización de sustancias peligrosas. *Fuente.* NTC 1692 en 2005.

El manejo integral en el caso hace referencia a la adaptación de todas las medidas necesarias en las actividades de prevención, reducción y separación en la fuente, con ello todos los índices anteriormente mencionados, almacenamiento, transporte aprovechamiento, valorización, tratamiento y disposición final, teniendo un sistema de importación y exportación

del aceite usado, así protegiendo la salud humana y ambiente evitando efectos nocivos (Decreto 4741 de 30 de diciembre de 2005). El tratamiento en correlación hace referencia al conjunto de operaciones, procesos o técnicas para modificar las características fisicoquímicas del aceite usado, teniendo en cuenta los riesgos e incrementar la posibilidad para aprovechar el material (Soto et al., 2006, p.14).

En la disposición final de desecho peligroso puede hacer referencia al proceso de aislar y confinar los aceites usados, en especial los no aprovechables, en lugares especialmente seleccionados, diseñados y debidamente autorizados, para evitar la contaminación y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente (Soto et al., 2006, p.13). En relación de conceptos es importante resaltar la función del plan de contingencia ya que hace referencia a la estructura estratégica desarrollada por la empresa, para controlar la emergencia que se produzca durante el manejo, transporte y almacenamiento de mercancías peligrosas, en el especial al caso de ser utilizado ya el aceite usado como combustible, mitigar las consecuencias y reducir la situación o crear acciones inapropiadas durante la emergencia (Soto et al., 2006, p.13). Como se observa en la figura 4 enseña los pasos adecuados que siguen las empresas frente a un caso de derrame de aceite usado, presente el kit antiderrame, acordonar la zona, limpieza y desecho del material que absorbió el aceite en la bolsa indicada siendo la roja.

Figura 4*Plan de contingencia Cemex*

Nota. Registro fotográfico del plan de acción frente a un derrame en Cemex. *Fuente.* Autoría propia.

Al comprender los procedimientos adecuados para lograr obtener una buena disposición final del producto peligroso, la industria cementera en el caso de ser la fuente principal de contaminación deberá mitigar la problemática interna o externamente como; importador, acopiador, transportador, almacenador, tratador, disponedor final y receptor, al crear un balance conlleva a grandes ventajas medio ambientales al tener el control del proceso para convertirlo en una nueva oportunidad de combustible alternativo con ello se deriva la clasificación del aceite etc.

El aceite lubricante al ser derivado del petróleo, sus compuestos químicos son altamente contaminantes producen afectación directa a la salud humana y varios de estos productos pueden ser cancerígenos, para poder realizar un tratamiento adecuado a este material se deben conocer sus características fisicoquímicas; con ello los contaminantes presentes en el aceite son el plomo,

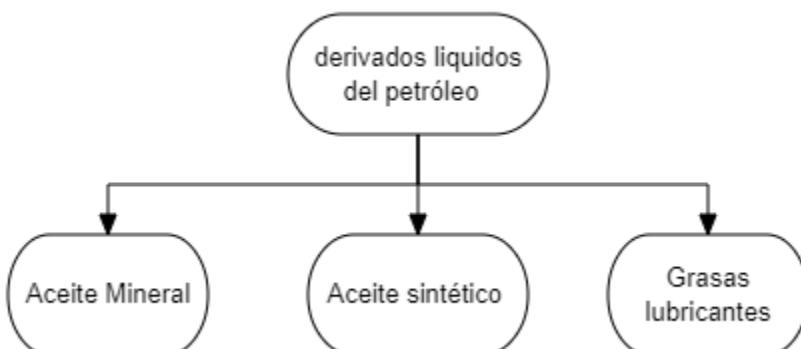
zinc, cromo, aluminio y cobre, se encuentran principalmente en aditivos anti desgastantes, desgastantes del motor, desgaste de rodamientos entre otros.

Tipos de Aceite y sus Características

Para poder identificar la clasificación de los aceites lubricantes nuevos y usados que son utilizados en Cemex, es importante comprender de donde provienen, su fabricación y su utilidad dentro del proceso con ello se considera que se deben conocer los conceptos adecuados como: aceite lubricante usado, aceite mineral, aceite sintético y su otra clasificación como las grasas.

En este orden de ideas, el aceite lubricante usado en especial el del motor, de transmisión hidráulico con base mineral o sintético de desecho que, por efectos de su utilización, ha perdido sus propiedades por el cual fue fabricado inicialmente (Resolución 415 del 13 de marzo de 1998). Consecuente a ello el aceite mineral, hace referencia a que su procedencia se deriva a la destilación del petróleo, extracción e hidro-tratamiento, permitiendo que el resultado de ello sea un producto con alto grado de lubricidad (Padial, 2018).

En los diversos productos vigentes en el mercado se encuentra el aceite sintético, haciendo referencia a que su obtención sea mediante a la reacción química por temperatura y presión, de los compuestos carbono, propileno o etileno que permiten crear un producto con grandes propiedades lubricantes (Serrano, 2020), en la cadena de derivados del petróleo también se encuentran las grasas que se refieren, a un semifluido resultado de la dispersión de un agente espesante en un líquido lubricante, se denomina como solidos plásticos con propiedades viscoelásticas, en figura 5 se percibe la clasificación de los aceites que son generalmente encontrados en la empresa.

Figura 5*Clasificación de los aceites*

Nota. Esquema explicativo de la clasificación de los derivados del petróleo. *Fuente.* Autoría propia

Al finalizar se tiene en cuenta que el aceite usado tratado hace referencia, a todo aceite lubricante usado que ha sido sometido mediante medios físicos, químicos o biológicos a un proceso de limpieza de elementos tales como sedimentos, compuestos de cloro, metales pesados, solventes y otros elementos provenientes de aditivos y de uso originales como aceite lubricante en vehículos o sistemas industriales, a excepción de aquellos usados como aceites dieléctricos e transformadores, equipos de refrigeración, entre otros, hasta niveles aceptables de tal forma pueden ser usados por su aprovechamiento energético como combustibles en actividades industriales (Resolución 415 de 13 de marzo de 1998).

Gracias a los conceptos utilizados en los puntos anteriores se conoce la definición, clasificación y características del aceite usado, las causas por las cuales es un material residual peligroso, las capacidades que tiene al darle una segunda oportunidad entre otras ventajas ya que lograr identificar la procedencia de los lubricantes utilizados en la industria, se tiene en cuenta que en la cualquier empresa en el área de mantenimiento cuenta con un sistema eficaz para poder clasificar los aceites, grasas, marcas utilizadas y componentes fisicoquímicos que contiene cada

una de estas, contando con la ficha técnica de cada una de estas, cabe resaltar la afectación medio ambiental que puede traer cada uno a la hora de tener una emergencia por riego de crudo en producción, gracias a esto el Manual Técnico para el Manejo de Aceites Lubricantes Usados nos habla de la clasificación de cada aceite, en la tabla 1 enseñara la clasificación de los aceites según su utilidad en la industria cementera.

Tabla 1

Clasificación de lubricación

Equipo	Componente	Tipo	Referencia	Cantidad
Filtro de mangas	Sello eje de entrada/salida	Grasa	MOBILGRASE XHP 222	15 gramos
	Bujes de la cadena	Grasa	MOBILGRASE XHP 222	10 gramos
	Reductor	Aceite	MOBILGREAR 600XP320	2 galones
	Motor	Grasa	MOBILITH SHC 100	15 gramos
Banda del Apilador	Chum. Tambor de cabeza cola	Grasa	MOBILGRASE XHP 222	50 gramos
	Reductor	Aceite	MOBILGREAR 600XP320	12 galones
	Motor	Grasa	MOBILITH SHC 100	15 gramos
Reclamador Frontal	Reductor	Aceite	MOBILGREAR 600XP320	15 galones
	Motor	Grasa	MOBILITH SHC 100	15 gramos
	Unidad Hidráulica levante	Aceite	DTE 25	55 galones
	Ruedas del Reclamador Lateral	Grasa	MOBILGRASE XHP 222	50 gramos

Nota. Cuadro explicativo de tipo de grasa y equipos al cual es suministrada. *Fuente.* Autoría propia.

Por medio de esta clasificación se puede determinar el tipo de aceite, minera, sintético o grasa a la hora de disponerse en el área correspondiente, el material al ser recibido se tiene en cuenta lo siguiente; que sea posible utilizar el aceite lubricante usado en forma pura o mezclado

de la forma adecuada cumpliendo unas especificaciones al momento de recibirse por el equipo de mantenimiento de la empresa ya que cada uno cumple una función, gracias a la separación y clasificación se encontró lo siguiente:

El aceite lubricante usado tratado generalmente cuenta con un proceso de filtrado o mezcla, para descomponer su estructura fisicoquímica según las condiciones del aceite usado, al aprovecharlo como combustible cumple una función alta en la economía circular de un proceso de producción cementero, generalmente estos aceites lubricantes usados tratados provienen de fuentes externas a la empresa saliéndose del enfoque principal del proyecto donde se toman los diversos factores del aceite para evaluar, abriendo la oportunidad de que las empresas cementeras permitan tener un proceso interno para reutilizar el aceite con diluciones.

El aceite lubricante usado sin tratar también cuenta con unas propiedades fisicoquímicas, ricas y con un poder calorífico alto que en la industria es muy apetecido , mediante el aprovechamiento se cuenta con una clasificación amplia por cantidades, tipo de aceite en especial mineral o sintónico, cantidad y si se obtiene el dato de que maquina en especial proviene el aceite, con ello se garantiza tanto la destrucción de los componentes orgánicos presentes en el aceite lubricante usado como la integración de los componentes inorgánicos ya inertes al Clinker, o en otros procesos con temperaturas de operación superiores a 600°C (Ramírez, 2006, p.19)

Figura 6*Aprovechamiento energético en Cementera*

Nota. Registro fotográfico de la ubicación del tanque de aceites usados. *Fuente.* Autoría propia

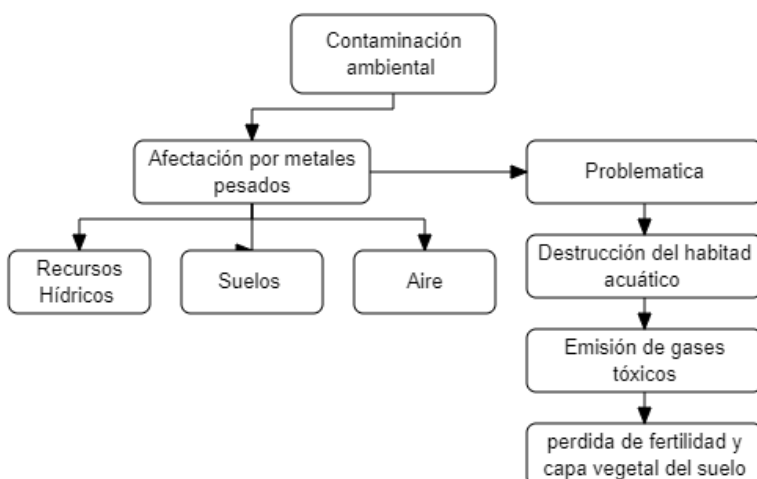
Para poder lograr obtener un combustible alternativo derivado del aceite usado se deben cumplir distintos pasos para poder llegar al objetivo principal con esto gracias a la UPME (Unidad de planeación Minero Energética); al tener un estudio establecido por el ministerio de Minas y Energía en Colombia, este proyecto de investigación analiza las fuentes principales de contaminantes siendo clasificadas en el caso a tratar de aceite lubricante y grasas provenientes del mantenimiento general de la Planta Caracolito, optimizando la calidad del combustible las afectaciones medio ambientales y soluciones optimas de convertirse en combustible alternativo, con lo cual se vio una oportunidad viable económica-ambiental de dilución con los siguientes componentes: ACPM y ELECTRIWELL.

En el orden especial el ACPM es un compuesto gasóleo del petróleo, siendo una mezcla de hidrocarburos que son obtenidos por la destilación fraccionada del petróleo (ARP SURA 2011). Mientras que el Electriwell hace referencia a una mezcla de hidrocarburos saturados cuyos límites de destilación superan a los de nafta, este componente es empleado para limpiar y desengrasar equipos eléctricos, electrónicos y electromecánicos. Es relevante en el proceso de

investigación encontrar la fuente contaminante de los aceites y lodos para mitigar la problemática de manera eficaz, con lo cual en la figura 7 será evidente la contaminación por metales pesados en los componentes a trabajar.

Figura 7

Nivel contaminación ambiental



Nota. Esquema de la afectación ambiental. *Fuente.* Autoría propia.

Materia Prima

La Planta Caracolito tiene una buena estrategia a la alternativa de economía circular ya que cuenta con los sistemas mecánicos adecuados para disponer las distintas biomásas aprovechando su poder calorífico, con ello fortalecer los MDL (Mecanismos de Desarrollo Limpio), su objetivo principal es utilizar la mayor cantidad de biomasa posible en el proceso de producción ya que cada año debe reducir sustancialmente la emisión de CO_2 en operación, en el año 2021 se logró reducir la materia prima convencional hasta un 31% siendo reemplazado con combustibles fósiles alternos.

Cemex Colombia registró en el mes de enero, un volumen acumulado de venta de 500 mil metros cúbicos de concreto reducido en emisiones de CO_2 bajo la marca Vertua, desde su lanzamiento. Este volumen ha evitado la emisión de 90.471 toneladas en huella de carbono,

equivale a la siembra y mantenimiento de un bosque de 361.884 árboles. (Gómez, 2022). En la tabla 2 se evidencia la materia prima utilizada en la empresa por mes.

Tabla 2

Materia prima utilizada por mes

Promedio utilizado por mes	
Materia	% Mes
Rajón	72,50%
Finos	18,17%
Mixtos	4,73%
Cascarilla	2,60%
Sustrato	0,82%
Diesel	0%
Aceite usado	0,95%
Borras de café	0%
RDF	0%
Orgánicos Deshidratados	0%
Madera	0%
Negro de humus	0,54%
Residuos de aceite	0%

Nota. Señalización de sustancias peligrosas. *Fuente.* NTC 1692 en 2005.

Economía Circular

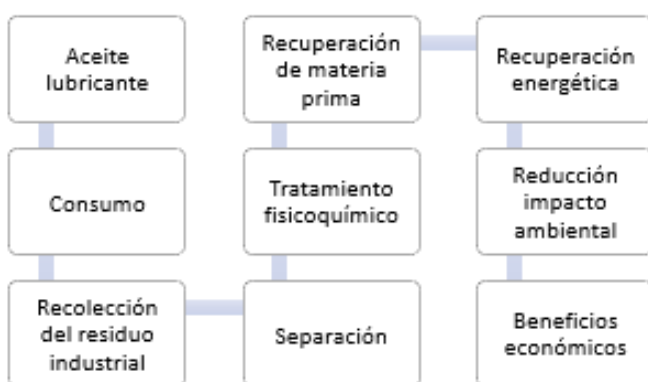
Para la implementación de un modelo de negocio sostenible en una empresa multinacional se deben plantear distintos factores económicos como; mejorar los resultados económicos al tiempo reducir el uso de materia prima, crear nuevas oportunidades de crecimiento económico e impulsar la innovación en el país frente a las ideas de combustibles alternos y otras energías, controlar el impacto frente al cambio climático y limitar el impacto medio ambiental en el uso de recursos naturales en los procesos.

Para cumplir con los estándares de economía circular en la cementera Cemex que es dependiente netamente de la extracción minera para la elaboración de su producto de construcción, el objetivo fundamental del proyecto es convertir un derivado del petróleo que fue

utilizado como lubricante en las máquinas de la empresa, en un innovadore combustible que tendrá un sistema de filtrado de información para verificar su calidad cumpliendo con los factores principales de la economía circular los cuales nos habla del equilibrio ambiental, económico y social, en la figura 8 presenta el esquema de funcionamiento económico frente al aceite usado.

Figura 8

Esquema de funcionamiento de la economía del aceite usado



Nota. Ejecución de la economía circular al nuevo combustible. *Fuente.* Autoría propia.

El proyecto al tener un gran potencial económico se percibe al tener un sistema de gestión interno de aprovechamiento del aceite y lodos reduce costos de producción, al reducir materia prima contribuye el impacto ambiental en el país, es favorable que la comunidad interna Cemex, Payande e Ibagué perciba el impacto socio-ambiental de este, ya que al contar con el plan de contingencia adecuado evitamos la contaminación de cuerpos de agua aledaños al sector, conservamos la calidad del suelo y mejoramos la calidad del aire.

Un modelo de economía circular con fuentes energéticas como el residuo lubricante liquido proveniente del mantenimiento de las instalaciones, se percibe como ingreso al reusar este material como combustible alterno en el alimentador de quemadores del horno, es

importante que se cumpla un ciclo de costos anuales del material sin invertir en agentes externos de disposición final.

Marco Normativo

La constitución reconoce la protección del medio ambiente como principio fundamental y derecho colectivo, se establece que los elementos claves que orientan el manejo ambiental del país: protección del ambiente; compromiso con la sostenibilidad y la eficiencia económica; control fiscal; participación ciudadana y respeto por la cultura, gracias a la Ley 99 de 1993- se crea el Ministerio del Medio Ambiente y desarrollo sostenible actualmente, de allí el sector público se encargó de crear distintas organizaciones para conservar los recursos naturales renovables y organiza el sistema nacional ambiental (SINA).

En la actualidad la UPME (Unidad de Planeación Minero Energético) regida por el Ministerio de Minas y Energía por la Ley 143 de 1994 y por el Decreto 255 de 2004, se encargó de realizar un estudio llamado “Utilización en Colombia de Aceite Usados como Energéticos en Procesos de Combustión Segunda Fase 2001” un método de investigación fundamental para este proyecto, ya que a pesar de la vigencia del estudio sigue vigente por tan profundo análisis, por medio de este nos enseña el potencial de los aceites usados para su reutilización en diferentes sectores industriales así como las implicaciones ambientales negativas que pueden generarse como consecuencias de su reutilización o disposición final inadecuadas (Rosenberg, 2001).

Gracias a la estructura legal del país, las empresas deben cumplir un régimen legal para poder cumplir las normas ambientales en sus procesos de producción, contando con su respectiva sanción al no cumplirlas, Cemex al mantener un régimen económico extranjero, producción extractiva con impactos ambientales a gran escala en el país debe adecuarse a las normas establecidas en Colombia, consigo llevar un control al obtener la certificación ISO 9001 Y 14001

en la Planta Caracolito, por medio de auditorías, informes- estudios mensuales, trimestrales, semestre y anual con la entidad correspondiente del estudio como el ANLA, Cortolima, Ministerio de Ambiente, Ministerio de Minas y Energía, entre otras.

En el plan de gestión ambiental regional por la entidad Cortolima junto al ANLA cuentan con un sistema evaluativo estable, es especial los requerimientos legales ambientales a la Planta en este caso, sienta un componente específico clasificado como contaminante en el aire, generando un informe mensual del consumo de los combustibles alternos utilizados en producción, “Informe de carbones, aceites y cascarilla, otros alternos”, el beneficio presente del informe es rectificar el buen manejo ambiental que se da en operaciones, siguiendo la legislación nos lleva a lo siguiente:

Leyes Vigentes

Ley 253 de 1996: Por medio de la cual se aprueba el convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, hecho en Basilea el 22 de marzo de 1989.

Teniendo presente el peligro creciente que para la salud humana y el medio ambiente representan la generación y la complejidad cada vez mayores de los desechos peligrosos y otros desechos, así como sus movimientos fronterizos; en el anexo 1 denominado alcance del convenio, dice que serán desechos peligrosos a los efectos del presente convenio los siguientes desechos que sean objeto de movimientos transfronterizos como los del anexo I: en la Y9 es la mezcla y emulsiones de desecho de aceite y agua o de hidrocarburos y agua. Y18- Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales, en las siguientes tablas 3, 4, 5 y 6 se evidencia a más profundidad en las que consisten las normas y cumplimientos legales para el proyecto.

Tabla 3*Normativa aplicable a la gestión de aceites usados (Generación)*

Norma	Denominación	Artículo	Descripción
Ley 1252 de 2008	Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones	Art. 12	El generador debe realizar la caracterización fisicoquímica y/o microbiológica; formular e implementar planes de gestión integral de residuos peligrosos con su respectivo plan de contingencia; garantizar que el envasado o empacado, embalado o encapsulado, etiquetado y gestión externa de los residuos peligrosos que genera, se realice conforme a lo establecido por la normativa vigente; poseer y actualizar las respectivas hojas de seguridad; registrarse ante la Autoridad Ambiental
Decreto 4741 de 2005	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.	Art. 8, párrafo 3 Art. 10	El generador debe actualizar la caracterización de sus residuos o desechos peligrosos El generador debe garantizar la gestión y manejo integral de los residuos o desechos peligrosos que genera; elaborar un plan de gestión integral de los residuos o desechos peligrosos; identificar las características de peligrosidad de cada uno de los residuos o desechos peligrosos; registrarse ante la Autoridad Ambiental competente; capacitar al personal encargado de la gestión y el manejo; contar con un plan de contingencia actualizado; conservar las certificaciones de almacenamiento, aprovechamiento, tratamiento o disposición final que emitan los respectivos receptores, hasta por un tiempo de 5 años; tomar todas las medidas de carácter preventivo o de control previas al cese, cierre, clausura o desmantelamiento de su actividad.

Resolución Ministerio del Medio Ambiente 415 de 1998	Por la cual se establecen los casos en los cuales se permite la combustión de aceites de desecho y las condiciones técnicas para realizar la misma	Art. 6	El generador está obligado a conocer la destinación última que se le esté dando a los volúmenes generados o manejados del mismo.
---	--	--------	--

Nota. Tabla de normativa aplicable a la gestión de aceites usados. *Fuente.* Aceites lubricantes usados Manual técnico 2014.

Tabla 4

Almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento (Gestores)

Norma	Denominación	Artículo	Descripción
Ley 1252 de 2008	Por lo cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones	Art.2	Se deben diseñar planes, sistemas y procesos adecuados, limpios y eficientes de tratamiento. Almacenamiento, transporte, reutilización y disposición final de residuos peligrosos que propendan al cuidado de la salud humana y el ambiente; implementar estrategias y acciones para sustituir por procesos de producción contaminantes por procesos limpios; y aprovechar al máximo los residuos peligrosos sustentables de ser devueltos al ciclo productivo como materia prima.
Decreto 4741 de 2005	Por lo cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos	Art.5, inciso 3	La mezcla de un residuo o desecho peligroso con uno que no lo es, le confiere a este último características de peligrosidad y debe ser manejado como residuo o desecho peligroso

Decreto 4741 de 2005	generados en el marco de la gestión integral	Art. 17	El receptor debe tramitar y obtener las licencias, permisos y autorizaciones de carácter ambiental que haya lugar; brindar un manejo seguro y ambientalmente adecuado de los residuos o desechos recibidos; expedir al generador una certificación; indicar en su publicidad el tipo de actividad y tipo de residuos o desechos peligrosos que está autorizado a manejar; contar con un plan de contingencia actualizado; tomar todas las medidas de carácter preventivo o de control previas al cese, cierre, clausura o desmantelamiento de su actividad.
		Art. 19	El responsable de la contaminación de un sitio por efecto de un manejo o una gestión inadecuada de residuos o desechos peligrosos estará obligado entre otros, a diagnosticar, remediar y reparar el daño causado a la salud y el ambiente
Resolución 1446 de 2005.	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 415 del 13 de marzo de 1998, que establece los casos en los cuales se permite la combustión de aceites de desecho o usados y las condiciones	Art. 2	Establece los requisitos y condiciones para aprovechar el aceite de desecho o usado generado en el país, como combustible.

	técnicas para realizar la misma	Art. 3	El tratador de aceites de desecho o usados deberá realizar cada cuatro meses la caracterización del aceite usado tratado o sin tratar según el caso, y archivar hasta por 3 años los resultados de los análisis de laboratorio.
Resolución 415 de 1998.	Por la cual se establecen los casos en los cuales se permite la combustión de aceites de desecho y las condiciones técnicas para realizar la misma	Art. 5	Todas las industrias, obras o actividades que pretendan utilizar en sus hornos o calderas, aceites de desecho como combustible único o mezclados con otros tipos de combustibles, requerirán permiso previo de emisión atmosférica o la modificación parcial del permiso vigente con que cuenten.
Resolución 909 de 2008	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	Art. 102	Establece los residuos permitidos mediante tratamiento térmico en instalaciones de incineración de residuos y/o desechos peligrosos que realicen co-procesamiento.
Decreto 2820 de 2010	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales	Art. 9, numeral 10	Necesidad de obtener licencia ambiental para la construcción y operación de instalaciones cuyo objeto sea el almacenamiento, aprovechamiento, recuperación y/o disposición final de residuos o desechos peligrosos.

Nota. Tabla de normativa aplicable a la gestión de aceites usados. *Fuente.* Aceites lubricantes usados Manual técnico 2014.

Tabla 5*Transportadores*

Norma	Denominación	Artículo	Descripción
Decreto 4741 de 2005	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integra	Art. 16	Obligación de garantizar la gestión y manejo integral de los residuos o desechos peligrosos que recibe para transportar; entregar la totalidad de los residuos o desechos peligrosos recibidos; realizar el embalaje y etiquetado (cundo sea el caso); contar con un plan de contingencia actualizado; no movilizar residuos o desechos peligrosos que sean incompatibles; realizar las actividades de lavado de vehículos que hayan transportado residuos o desechos peligrosos o sustancias o productos que pueden conducir a la generación de los mismos, responsabilizarse solidariamente con el remitente de los residuos en caso de contingencia.
Decreto 1609 de 2002	Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera	Art. 4 Art. 11	Rotular y etiquetar los embalajes y envases; no transportar cargas que sobresalgan por su extremo delantero; garantizar la seguridad y estabilidad de la carga durante su transporte; asegurar cada contenedor al vehículo; dar cumplimiento a lo establecido en las Normas Técnicas Colombianas NTC. durante las operaciones de transporte de mercancías peligrosas; exigir al conductor la capacitación necesaria y la tarjeta de registro nacional para el transporte de mercancías peligrosas; adquirir póliza de responsabilidad civil extracontractual.

Nota. Tabla de normativa aplicable a la gestión de aceites usados. *Fuente.* Aceites lubricantes usados Manual técnico 2014.

Tabla 6*Prohibiciones*

Norma	Denominación	Artículo	Descripción
Constitución Política		Art. 81	Queda prohibida la fabricación, importación, posesión y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, así como la introducción al territorio nacional de residuos nucleares y desechos tóxicos. El Estado regulará el ingreso al país y la salida de él de los recursos genéticos, y su utilización, de acuerdo con el interés nacional.
Resolución 1402 de 2006.	Por la cual se desarrolla parcialmente el Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005, en materia de residuos peligrosos.	Art.3	Ninguna persona natural o jurídica podrá introducir al territorio nacional residuos o desechos peligrosos si no cumple con lo consagrado en el Convenio de Basilea, Ley 253 de 1996, Ley 430 de 1998, Ley 99 de 1993 y sus disposiciones reglamentarias. En consecuencia, cualquier movimiento transfronterizo de residuos o desechos peligrosos, deberá dar cumplimiento a lo establecido en las mencionadas disposiciones.
Resolución 415 de 1998	Por la cual se establecen los casos en los cuales se permite la combustión de aceites de desecho y las condiciones técnicas para realizar la misma	Art.4	Se prohíbe que las fábricas de alimentos para humanos y para animales utilicen aceites de desecho como combustible en hornos y calderas.

Decreto 1609 de 2002	Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas.	Art. 48	Está prohibido el transporte de mercancías peligrosas en vehículos destinados al transporte de pasajeros. En los vehículos de transporte de pasajeros, los equipajes solo pueden contener mercancías peligrosas de uso personal (medicinal o de tocador), en una cantidad no mayor a un kilogramo (1 kg.) o un litro (1 L), por pasajero. Así mismo, está totalmente prohibido el transporte de mercancías de la clase 1 (explosivos), clase 7 (radiactivos) y clase 8 (corrosivos).
-----------------------------	--	---------	--

Nota. Tabla de normativa aplicable a la gestión de aceites usados. *Fuente.* Aceites lubricantes usados Manual técnico 2014.

En el marco normativo es bastante importante para resaltar las leyes y decretos vigentes, que se han ido modificando a través del tiempo en el país, el objetivo principal en el marco legal es conocer las leyes vigentes y aplicables para poner en práctica el proyecto sin alguna complicación, para las empresas industriales con un factor minero es importante cumplir cada detalle legal, alargando la vida de permisos ambientales que los beneficia, con ello es aplicable la Tabla 3 que se centra en la generación y los planes de acción a tomar por la empresa, por medio de la ley 1252 de 2008, tiene la base fundamental que las empresas realicen estudios de caracterización fisicoquímica y/o microbiología para fomentar buenos planes de gestión integral a los residuos peligrosos con un respectivo plan de contingencia, en todo el marco legal se tiene presente la ley 4741 de 2005, fue fundamental para estructurar el manual técnico para el manejo de aceites lubricantes usados de origen industrial.

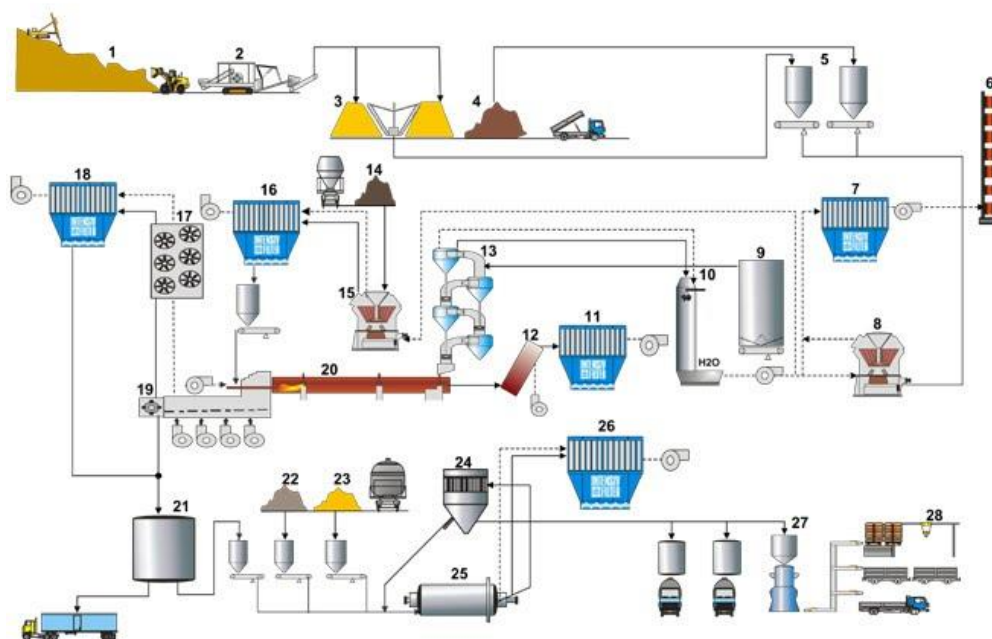
Por medio de la tabla 4, enfocada en los gestores: resalta el buen manejo del aceite lubricante usado en la industria cementera, se tiene en cuenta las divisiones establecidas en gestores por la Ley 1252, Art 2. Se debe cumplir con el proceso adecuado para no afectar la salud humana, quienes son los afectados directamente, gestionar planes de acciones como se plasmó en el Decreto 4741 de 2005, ayuda al personal clasificar los residuos peligrosos encontrando sus características y encontrar un factor de aprovechamiento o disposición final, las

empresas industriales a la hora de realizar una gestión con este material debe informar a la entidad ambiental más cercana a la zona industrial con lo cual Cemex se encarga de gestionar legalmente las buenas prácticas ambientales junto a Cortolima.

En la realización de estudios investigativos ambientales , es fundamental tener presente las leyes actuales, estar en constante búsqueda de un mejoramiento continuo en los distintos campos ambientales, en el caso de fuentes energéticas renovables al poseer alternativas viables, en Latinoamérica aún se encuentra en fase exploratoria por no contar con un sistema fuerte en esta fuente energética, gracias al Ministerio de Minas y Energía como el Ministerio de Ambiente se han encargado de recolectar información legal que beneficia al país en las diversas problemáticas, junto a esto las naciones unidas, unión europea, tratados internacionales entre otros acuerdos que llevan a Colombia a un camino energético limpio.

Marco Contextual

El cemento es uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción, ya que los materia prima es la mezcla de varios minerales y del tratamiento de las propiedades, con el objetivo de obtener un material ideal para construir, pero detrás de cada proceso hay un enfoque principal para tener un producto ideal con reducción de contaminación ambiental, por ende el proyecto planteado para la empresa Cemex es disminuir la cantidad de desechos peligrosos como en el caso de los aceites y grasas usadas, estas provienen del mantenimiento general y periódico en la planta, el mantenimiento en específico cumple la función de cambiar el aceite lubricante que ha cumplido su ciclo en cada máquina que ejecuta una actividad en los procesos de producción, con ello en la figura 9 se percibe la cadena de procesos desde la extracción de materia prima en la cantera hasta la zona de empaque y envío del producto final.

Figura 9*Procesos del cemento*

Nota. Mapa del proceso de producción cementera desde la cantera a empaque. *Fuente.* Tecnología en la construcción (2022).

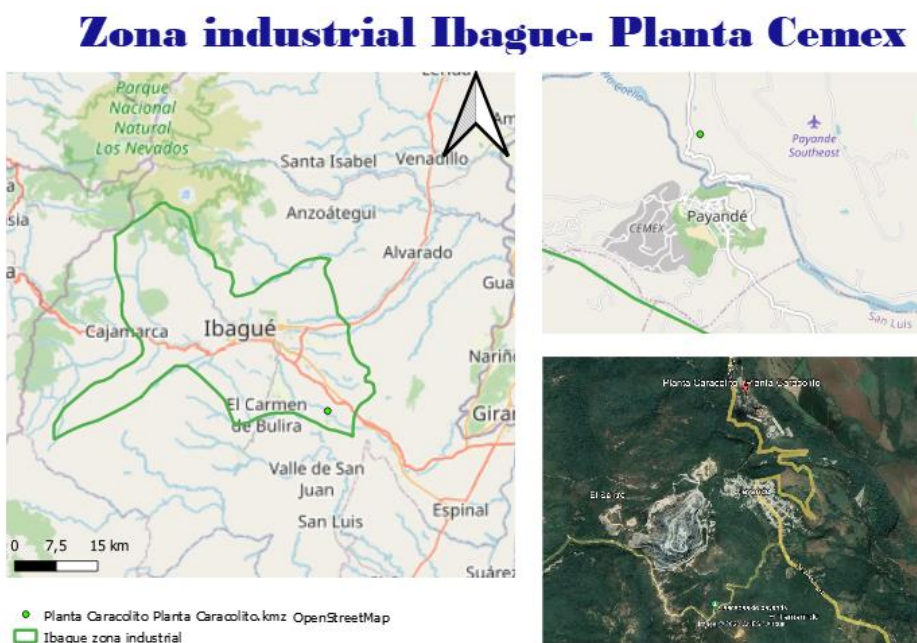
En un punto específico es crucial conocer las etapas de la elaboración del cemento para comprender el cambio de aceites lubricantes, ya que es una actividad practicada con constancia en la extracción de materia prima y su transporte implementan maquinaria pesada que necesita cambio de aceite de motor y lubricación de transmisión, rodamientos entre otros, toda maquinaria cuenta con diversos componentes como reductores, bujes, chumaceras, sellos de ejes, unidad hidráulica y motorreductores, estos se encuentran en trituración, pre-homogenización, molienda de materia prima, precalentamiento de materia prima, clinkerización, fabricación del cemento y almacenamiento.

Conociendo ya el proceso de producción la mitigación del problema abarca no solo dentro de la planta, también, toma como referencia el material peligroso proveniente de la mina y

la transportadora, en términos generales el aprovechamiento del material debe de ser óptimo en reducción de costos en materia prima para alimentar a los hornos de producción línea 1 y 2, la Planta caracolito de Cemex Colombia se encuentra ubicada en la zona industrial de Ibagué a pocos kilómetros del municipio de Payandé, en la figura 10 se realizó una georreferenciación para conocer el impacto y afectaciones que podría causar un riego de crudo entre otros factores de índole ambiental.

Figura 10

Georreferenciación de la Planta Caracolito-zona industrial Ibagué

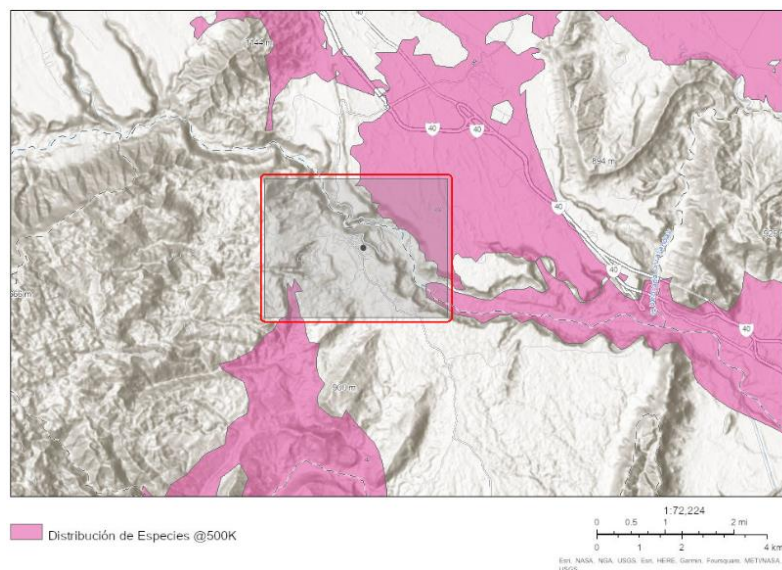


Nota. Mapa de la georreferenciación Cemex Planta Caracolito 1:50.000. *Fuente.* Autor.

Para comprender el impacto medio ambiental que se puede causar frente a un derrame de aceite usado al haber una falla en el tanque de aceites usados, recepción en el acopio entre otros riesgos generados por la operación, se percibe en la figura 11, el mapa las zonas marcadas en rosado denominado como la distribución de especies en la zona específica de la Planta Caracolito y Payandé.

Figura 11

Georreferenciación de la distribución de especies



Nota. Mapa de la georreferenciación de Cemex frente a la distribución de especies a 500k 1:75.224.

Fuente. Tremarctos (2022).

Generalmente las especies encontradas en la plataforma de tremarctos, que se mencionan en la tabla 7 de especies endémicas y migratorias de Payande pueden verse afectadas directamente al tener contacto con el material contaminado, se perciben tres zonas de alto riesgo en el mapa como se indica en; (Noreste, Sureste y Suroeste) comprendiendo su afectación directa por los cuerpos hídricos de la zona, suelos e incluso calidad del aire por la expulsión de gases en los procesos de combustión por el material ser un material con alto poder calorífico.

Tabla 7*Especies endémicas y migratorias de Payande*

Numero de zonas	Área de Distribución (Código)	Nombre Especie/Endémica/Migratoria	Área (km³)
1	3717	Aves Amazilia cyanifrons (E), Aves Anthracothorax nigricollis, Aves Arremon aurantiirrostris, Aves Arremonops conirostris, Aves Atalotriccus pilaris, Aves Basileuterus rufifrons, Aves Cantorchilus leucotis, Aves Carduelis psaltria, Aves Chloroceryle americana, Aves Chlorostilbon melanorhynchus, Aves Columbina talpacoti, Aves Cyanocorax affinis, Aves Dendroplex picus, Aves Eucometis penicillata, Aves Euphonia xanthogaster, Aves Formicivora grisea,	0,28
2	4971	Mammalia Aotus griseimembra (VU)	0,25
3	5024	Amphibia Pristimantis uranobates (LC E), Aves Actitis macularius (M), Aves Amazilia tzacatl, Aves Amazona ochrocephala, Aves Ammodramus humeralis, Aves Anas discors (M), Aves Anhinga anhinga, Aves Anthracothorax nigricollis, Aves Aramides cajanea, Aves Aratinga pertinax, Aves Aratinga wagleri, Aves Ardea alba, Aves Ardea cocoi, Aves Arremon aurantiirrostris, Aves Arremonops conirostris, Aves Calidris minutilla (M), Aves Camptostoma obsoletum,	3,04

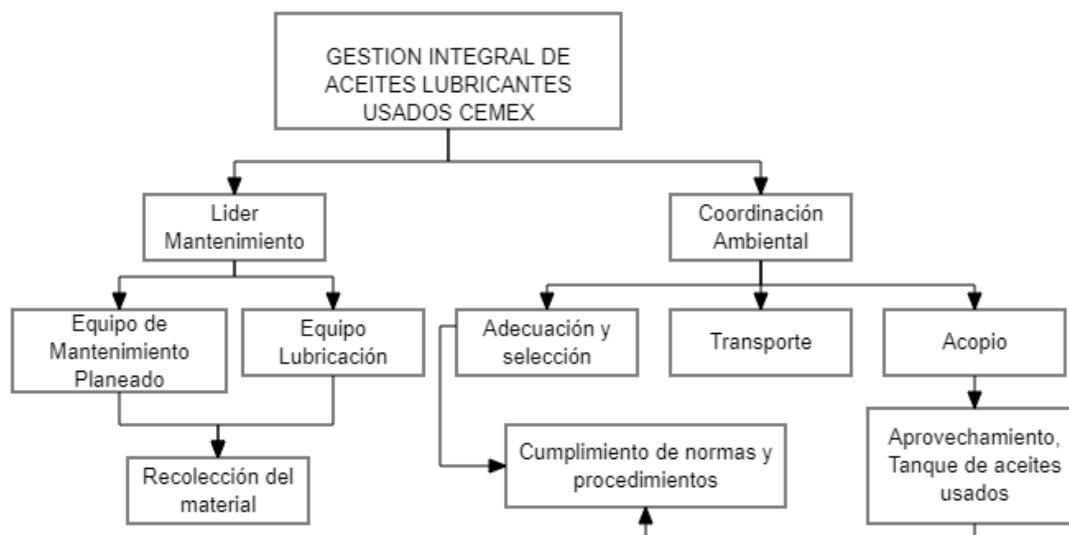
Aves Campylorhynchus griseus,
Aves Cantorchilus leucotis,
Aves Caracara cheriway, Aves
Cathartes aura (M), Aves
Cathartes burrovianus,

Nota. Datos expresados en especies que pueden ser afectadas por diversos factores ambientales, sistema de información de alertas tempranas. *Fuente.* Tremarctos (2022).

Al hacer una evaluación profunda de la composición conceptual nos ayuda a conocer los distintos tipos de contaminantes del aceite usado que es usado en las distintos equipos y componentes que necesitan de lubricación en la Planta, a partir de esto se plantea la afectación ambiental de la comunidad de empleados y Payande, en la figura 12 se plasmó las consideraciones y sistemas de aprovechamiento interno del aceite usado se tiene presente que al llegar a los resultados esperados , la composición físico química del combustible que se planteó a desarrollar, el nuevo combustible genera diversos beneficios como: ahorro de energía, ahorro de materias primas por mes, disminuye los gases de efecto invernadero como lo recomienda los ODS, disminuyen los costos para obtener materia prima ya que utilizando este recurso alternativa genera ganancias en producción, gracias a los anteriores paso el impacto ecosistémico en la zona será mucho menor al realizar un trabajo eficaz en la reutilización del material peligroso.

Figura 12

Consideraciones y sistemas aprovechamiento interno



Nota. Datos organizacionales de la gestión integral del aceite usado Planta Caracolito. *Fuente.*

Autoría propia.

En las empresas industriales como lo es Cemex se encuentran bajo un estándar de calidad legal ambiental, por lo cual estos crearon Política de Medio Ambiente que consta de los siguientes objetivos; Realizar esfuerzos estratégicos para maximizar nuestra eficiencia energética y en el uso de recursos, disminuir nuestra intensidad de carbón y reducir emisiones mediante la gestión de nuestro uso de energía, consumo de agua y gestión de residuos, Gestionar responsablemente los sitios de nuestras operaciones para proteger los ecosistemas y la biodiversidad, así como para maximizar nuestra contribución a la conservación de la naturaleza, Cumplir con las Políticas y procedimientos de la compañía, así como todas las leyes y regulaciones locales aplicables (González, 2016). Y Planear, revisar y evaluar nuestro desempeño ambiental frente a objetivos medibles y mejores prácticas de la industria, para impulsar la mejora continua.

La compañía cuenta con un sistema de gestión ambiental amplio y bien estructurado para las mejores prácticas sostenibles dentro de los procesos de producción, con ello en el marco legal aseguran que la compañía cumpla con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por el gobierno colombiano a cumplirlos y ayudar a gestionar la labor reducción de CO₂ al 2030, sin embargo, bajo la estrategia y objetivos plasmados abarcan muchos más puntos que benefician al país, en gestión al proyecto de investigación planteado por su autora en la compañía fue tomado en cuenta para el reporte de mejores prácticas en sostenibilidad 2021, VP soluciones al constructor y soluciones urbanas Cemex Colombia, proyectando a la empresa a la transición energética tan anhelada en el país.

Consideraciones ambientales sobre tratamiento y aprovechamiento.

Actualmente se está creando conciencia de darle un manejo adecuado al aceite usado, por ello se ha desarrollado distintos tratamientos, especialmente en Cemex su aprovechamiento es utilizarlo como combustible, pero tiene una falla al darle un aprovechamiento adecuado, no tienen presente que existen diversos tipos de aceites con una contaminación particular, siendo análisis de estudio aceite viscoso y lodos que son grasas contaminadas por material particulado o trozos de hierro que se fracturo de una maquina en su funcionamiento, a partir de allí surge la idea de beneficiar energéticamente al horno con estos residuos.

En el manual técnico para el manejo de aceites lubricantes usados de origen automotor e industrial, son puntuales al decir: *“el aprovechamiento energético mediante su quema directa en hornos de Clinker para la producción de cemento o, una vez tratado, utilizándolo directamente como combustible”* (Nuñez, 2005): justifica las buenas prácticas ambientales al utilizar este ya siendo tratado, allí, viendo la oportunidad de hacer mezclas para poder bajar su densidad y convertirlo en un líquido apto con un poder calorífico que beneficie al proceso cementero.

Es importante considerar que el potencial del aceite al cumplir su ciclo de vida útil es bastante alto en la industria cementera u otras alternativas, es evidente que las practicas realizadas en Europa son eficaces ya que más del 70% de aceite usado es recuperado para su aprovechamiento, Colombia debería crear planes de estrategias que permitan a jóvenes con ideas innovadoras poderlas implementar así mitigando el impacto ambiental con los derivados fósiles que deterioran los ecosistemas a su paso.

Metodología

Método

Diseño de la Investigación

Para Kirk (1972) un diseño experimental es un plan de acuerdo con el cual se asigna a los sujetos a los diferentes grupos o condiciones experimentales. Hay cuatro actividades interrelacionadas que lo caracterizan: a) La formulación de hipótesis estadísticas. b) El establecimiento de reglas de decisión para poner a prueba dichas hipótesis. c) El análisis de los datos, y d) La toma de decisiones respecto a las hipótesis y a la formulación de inferencias inductivas respecto de las hipótesis científicas o de investigación.

De acuerdo con McGuigan (1976), aparte de tratar diversos tipos de diseños experimentales, considera aspectos como: a) El planteamiento del problema. b) La formulación de la hipótesis. c) La manipulación de la variable independiente. d) La medida de la variable dependiente. e) El procedimiento. f) Tipos de análisis de los datos. Y g) anticipación de resultados posibles.

El modelo experimental tiene como objetivo principal es dar respuestas a las preguntas de investigación plasmadas por el investigador, siendo el caso fundamental ¿es factible aprovechar el aceite industrial usado para crear un combustible alternativo para alimentar a los hornos y llevar esta idea a otras plantas cementeras?, según Anua Grass (1981) en el diseño experimental no tenemos control de la varianza secundaria se corre el peligro del aumento en el margen de error, siendo notable la varianza a los datos teóricos b de los prácticos afectando la investigación y respuesta de la pregunta fundamental.

Los datos principales se obtuvieron a través de encuestas realizadas a la comunidad de Cemex y Payande, fueron personas conocedoras de las diversas temáticas ambientales presentes

en la empresa, con lo cual se observó el punto de vista de la comunidad interna (trabajadores) y externa a pocos kilómetros de la Planta Caracolito, a través de esta información pude identificar el conocimiento general o específico frente a la problemática en el caso tal de una emergencia por derrame y su afectación directa, es importante que la población conozca los riesgos en el caso tal de tener malas prácticas ambientales en la empresa.

Técnicas e Instrumentos de Investigación

En el método experimental surge como resultado del desarrollo de las diversas técnicas y conocimiento humano, con ello se explora lo desconocido para crear las condiciones adecuadas existentes estableciendo actividades y utilidad en la investigación, para el proyecto se estableció ordenar las etapas de investigación, llevar control de datos y orientar la obtención de conocimientos.

Para solucionar la problemática presente, partimos de la variable más asertiva de ejecutar y encontrar un balance económico ambiental benefactor a la empresa Cemex, con ello se implementaron los siguientes pasos:

Recolección de datos por fuentes internas y externas de la empresa Cemex.

Obtención de datos por medio de estudios cualitativos y cuantitativos.

Implementar estrategias de solución a la problemática ambiental frente al aceite industrial usado.

Evaluar las condiciones del centro de almacenamiento y recepción de aceites usados.

Evaluar las técnicas de recolección de residuos peligrosos en las instalaciones.

Creación de sistema de recolección de datos por medio de tablas para identificar la procedencia del aceite residual.

Capacitar a los operarios de mantenimiento encargados de recolectar el residuo peligroso, para obtener una buena separación de los aceites a la hora de ser entregados.

Capacitar a los operarios de ambiental para realizar la actividad de recolección y separación adecuada, así identificando el estado de aceite para hacer su disposición final.

Separación y toma de muestras de los aceites provenientes del paro general de la planta, previamente seleccionado realizando un estudio de laboratorio al aceite viscoso y lodos (grasas)

Determinar los posibles porcentajes de manera practica en ensayos de laboratorio con las sustancias ACPM y Electriwell usado para así hallar las diluciones más optimas.

Estos pasos son claves para determinar la viabilidad del proyecto, consigo se crearon diversas ideas, hipótesis, análisis, recolección de datos teóricos y prácticos, que gracias a la metodología experimental fueron posibles de realizar, para obtener los datos necesarios se implementó lo siguiente:

Con base a las fórmulas matemáticas planteadas, se podría determinar la viabilidad de las mezclas, con ello se realizaron distintos ensayos físicos en el laboratorio para plasmas el porcentaje adecuado con cada uno de los componentes, siendo un ensayo y error por ende los primero porcentajes planteados que fueron 80%-20% y 60%-40% no fueron los porcentajes viables con ello encontramos que las mezclas más óptimas para el estudio eran 50%-50% y 70%-30% información registrada en las fórmulas presentes de combinación del porcentaje según las sustancias utilizadas.

Para entender con claridad las fórmulas se dividen de la siguiente manera, dilución del aceite viscoso con el ACPM

$$\% = 50\%ACPM \leftrightarrow 50\% A. viscoso$$

$$\% = 70\%ACPM \leftrightarrow 30\% A. viscoso$$

En secuencia se dividen de la siguiente manera, dilución del lodo con el ACPM.

$$\% = 50\%ACPM \leftrightarrow 50\% Lodo$$

$$\% = 70\%ACPM \leftrightarrow 30\% Lodo$$

A la par se dividen de la siguiente manera, dilución del aceite viscoso con el Electriwell.

$$\% = 50\%Electriwell \leftrightarrow 50\% A. viscoso$$

$$\% = 70\%Electriwell \leftrightarrow 30\% A. viscoso$$

Por último, se dividen de la siguiente manera, dilución del lodo con el Electriwell.

$$\% = 50\%Electriwell \leftrightarrow 50\% Lodo$$

$$\% = 70\%Electriwell \leftrightarrow 30\% Lodo$$

Para seguir dando un análisis teórico se plantearon otras fórmulas, ya que a partir de la mitología experimental es fundamental ver las diversas variables posibles para encontrar un resultado óptimo, por medio de estos cálculos puede permitir observar las diferencias teóricas a las prácticas al momento de realizar las diluciones en el laboratorio, teniendo datos bases predeterminados por la:

implementación de fórmulas matemáticas para obtener un valor teórico de poder calorífico (PCS Kcal/Kg), densidad (DEN Gr/cm³).

$$\text{Ecuación 1: } v. \text{ teorico} = \% \text{ dilucion} * \frac{kca}{kg} + \% \text{ dilucion} * \frac{kca}{kg}$$

$$\text{Ecuación 2: } v. \text{ teorico} = \% \text{ dilucion} * gr/cm^3 + \% \text{ dilucion} * gr/cm^3$$

Para recolectar los datos necesarios se implementó un sistema de tablas con información relevantes como; Poder calorífico del aceite viscoso, lodos, ACPM y Electriwell usado con valores a determinar PCS Kcal/Kg y DEN Gr/Cm³, con ello la combinación porcentual de las sustancias (50-50), (70-30) con datos del poder calorífico y densidad teórico en comparación con el real, esta fuente de recolección de datos ayudó a interpretar y analizar los resultados obtenidos, descartando las diluciones que no fueron óptimas para convertirse en combustible con un alto poder de quemado.

Debido a los pasos plasmados en la metodología experimental para hallar la viabilidad económica se puede obtener en diversas formas como: sacar un balance económico del 2019 al 2021 en lo invertido en la empresa externa encargada en manejar los desechos peligrosos industriales, con ello tomando datos específicos del material sea lodo o aceite usado contaminado, cantidad, valor Kg y total, comparación con las cantidad a implementar en las diluciones para encontrar un valor estimado para el ACPM utilizado en la práctica de este nuevo combustible.

La encuesta encontrada en la tabla 8 se elaboró estratégicamente para conocer el nivel de conocimiento de la comunidad interna de la empresa y externa siendo el caso de Payande, en el caso tal de ocurrir algún derrame de aceite, con ellos abarcando la problemática y plasmar sus respuestas en nivel de conocimiento interno, mientras que en la comunidad de Payande se basarían por hipótesis.

Tabla 8*Encuesta sobre el manejo del aceite residual usado*

N°	ENCUESTA SOBRE EL MANEJO DEL ACEITE RESIDUAL USADO	SI	NO
1	¿Considera que la contaminación ambiental por derrame de aceite lo puede afectar directamente?		_____
2	¿En la empresa hay algún método de prevención para el control de derrame de aceite?		_____
3	¿Considera que se le está dando un buen manejo al aceite usado dentro de la Planta?		_____
4	¿Cree usted que es importante usar el aceite y grasas usados que se encuentra en el acopio como un nuevo combustible alternativo?		_____
5	¿Considera que la Planta Caracolito tiene un buen sistema en el área de tanque de aceites usados para bombear el aceite sin ningún riesgo a derrames?		_____
6	¿Considera que el equipo de combustibles alternos utiliza todo el aceite que se encuentra en el acopio?		_____
7	¿Considera que al usar el aceite industrial usado en los quemadores de los hornos reducen el impacto ambiental?		_____
8	¿Cree usted que este residuo peligroso al llegar a los cuerpos de agua subterráneos y superficiales los afectan como comunidad Cemex y a Payande?		_____
9	¿El equipo ambiental y de mantenimiento cumplen con una función importante para minimizar el impacto ambiental con los aceites usados?		_____
10	¿Es eficiente que Cemex contrate empresas externas para darle una disposición final al aceite viscoso y lodos en lugar de crear estrategias innovadoras para utilizar este material como combustible alternativo?		_____

Nota. la encuesta que se realizó para conocer si la población conoce la problemática ambiental planteada. *Fuente.* Autoría propia.

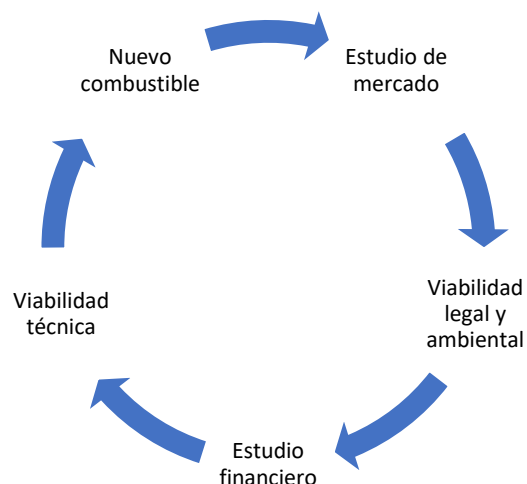
Para alcanzar los objetivos del proyecto es importante resaltar que al cumplir cada paso , legal, estudio de laboratorio, índices económicos, viabilidad económica y beneficios ambientales reúne la capacidad de innovación que el país está buscando, con ello gracias a las fuentes de energías renovables serán aún más factibles y próxima de implementar en el país, con ello

incentivando nuevos estudios para mitigar la problemáticas de emisiones de gases que provoca el efecto invernadero llevándonos al deterioro de los recursos naturales.

Modelo Económico

El modelo económico planteado en el proyecto de investigación es basado netamente del potencial visto a partir de la problemática vigente, se tomarán fuentes económicas frente al valor del ACPM, Carbón y un desecho peligroso que no cuenta con un valor monetario vigente, se analizan los aspectos técnicos, económicos y comerciales con la finalidad de valorar el retorno de la inversión a largo plazo, con ello el estudio permite conocer los objetivos comerciales y estratégicos que brinda la utilización de aceites usados en un nuevo mercado de negocio, al ser implementado en la misma industria amplía las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas sociales con la comunidad aledaña al proyecto.

Al obtener un amplio presupuesto para elaborar el proyecto en una industria cementera se verán reflejados los beneficios futuros, ya que las necesidades en el proceso de producción exigen una demanda en el mercado interno, se tiene presente que este presupuesto es variante a los cambios del dólar, actualmente se refleja su viabilidad al precio del carbón con el ACPM, el balance económico frente al dólar es cambiante con lo cual al ser una empresa multinacional es contrada con este, se analiza el estudio potencial del mercado presente y futuro en toneladas pro producción para la fabricación del cemento ampliando la posibilidad que el proyecto cuente con medios económicos por utilizar materiales que son usados con frecuencias en operación. Los elementos claves para hacer un análisis eficaz de viabilidad económica son se encuentra en la figura 13.

Figura 13*Etapas de la economía circular*

Nota. Ciclo de las etapas de la economía circular para innovar el mercado con un nuevo combustible. *Fuente:* Autoría propia

En el modelo económico es clave el valor del ACPM actualmente \$8.880 por galón para la industria frente el del Carbón que es valorizado en toneladas con un aproximado de \$1.661.095, el aceite al ser usado no cuenta con un valor comercial , ya que al ser un desecho peligroso las empresas buscan una alternativa de salida para disponer de este material, comercialmente se le podría dar un valor de un 30% de su valor neto inicial, en el caso de ser una grasa, aceite Mobil que mayormente es utilizado, la clasificación de valores por mineral, sintético, hidráulico, el Electriwell cuenta con un valor de \$20.000 por litro, de allí parte las estrategias para hallar la viabilidad.

Resultados Esperados

Para alimentar el horno hay que cumplir distintos parámetros de seguimiento por parte de entidades públicas ambientales como el Ministerio de Ambiente, ANLA, Cortolima y el Ministerio de Minas y Energías, con ello seguir un control de poder calorífico del nuevo combustible para su proceso de quemado en el horno, con esto para poder hacer factible el trasiego del aceite usado, inicialmente en este caso para lograr que el trasiego del aceite usado de las dos muestras que fueron llevadas a estudios de laboratorio, se tomaron datos de poder calorífico del aceite viscoso y lodos antes de sus diluciones correspondientes con el ACPM y Electriwell probando su factibilidad como combustible alternativo con ello en la Tabla 9 se pueden observar los resultados obtenidos en la prueba de quemado y densidades.

Tabla 9

Poder calorífico y densidad de compuestos

Poder Calorífico	Pcs Kcal/Kg	Den Gr/Cm3
Aceite Viscoso	10875	0.96
Lodos	10723	0.92
Acpm	10840	0.848
Electriwell usado	6947	0.987

Nota. Rango de temperatura a punto de combustión y densidad de los compuestos. *Fuente.*

Autoría propia.

Gracias a la obtención de los datos iniciales presentados en la Tabla 10, con ellos al realizar los cálculos con las fórmulas de valor teórico de poder calorífico (PCS Kcal/Kg) y densidad (DEN Gr/Cm³). Expresada en la ecuación 1 y 2 anteriormente mencionas, con ello

expresando los valores expuestos en la Tabla 11 y Tabla 12 específicamente de las diluciones con aceite viscoso, ACPM y Electriwell.

Tabla 10

Ensayo con aceite dilución ACPM

Dilución		Pcs Kcal/Kg	Pcs Kcal/Kg	DenGr/Cm3	Den Gr/Cm3
		Real	Teórico	Real	Teórico
ACEITE50%	ACPM50%	10797,1	10857,5	0,853	0,904
ACEITE30%	ACPM70%	10523,3	10850,5	0,844	0,881

Nota. Expresión de resultados reales y teóricos, comparando los beneficios que se pueden obtener con los ensayos. *Fuente.* Autoría propia.

Tabla 11

Ensayo con aceite dilución Electriwell

Dilución		Pcs Kcal/Kg	Pcs Kcal/Kg	DenGr/Cm3	Den
		Real	Teorico	Real	Gr/Cm3
					Teorico
ACEITE50%	ELECTRI50%	9050,47	8911	0,867	0,973
ACEITE30%	ELECTRI70%	8497,31	8125,4	0,902	0,978

Nota. Expresión de resultados reales y teóricos, comparando los beneficios que se pueden obtener con los ensayos. *Fuente.* Autoría propia.

Por medio de las fórmulas anteriormente mencionadas logramos obtener valores teórico prácticos, con ellos en las pruebas realizadas en el laboratorio se evidencia el margen de error que se podría tener a la hora de someter la prueba de quemado, los valores expresados en la Tabla 13 y Tabla 14 nos indican las condiciones PCS Kcal/Kg y DEN Gr/Cm³ reales de las diluciones realizadas con el lodo.

Tabla 12*Ensayo con lodo dilución ACPM*

Dilución		Pcs Kcal/Kg	Pcs Kcal/Kg	Dengr/Cm3	Den Gr/Cm3
		Real	teórico	Real	teórico
LODO50%	ACPM50%	10727,7	10781,5	0,892	0,884
LODO30%	ACPM70%	10639,1	10804,9	0,881	0,869

Nota. Expresión de resultados reales y teóricos de poder calórico, densidad de lodos comparando los beneficios que se pueden obtener con los ensayos. *Fuente.* Autoría propia.

Tabla 13*Ensayo con lodo dilución Electriwell*

Dilución		PcsKcal/Kg	Pcs Kcal/Kg	DenGr/Cm3	DenGr/Cm3
		Real	teórico	Real	teórico
LODO 50%	ELECTRI 50%	9004,52	8485	0,842	0,953
LODO 30%	ELECTRI 70%	8490,22	7589,8	0,917	0,966

Nota. Expresión de resultados reales y teóricos de poder calórico, densidad de lodos comparando los beneficios que se pueden obtener con los ensayos. *Fuente.* autoría propia,

En las tabas anteriormente presentadas se observan los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, es importante resaltar que por medio de las fórmulas 1 y 2 anteriormente planteadas, se pueden obtener datos aproximados a los datos reales obtenidos en el laboratorio, acertando en la mayoría de ellas, se tiene en cuenta que al ser un combustible elaborado de aceite industrial usado no se puede determinar con exactitud el tipo de aceite que fue entregado al área de sostenibilidad, ya que se trabajó con residuos peligrosos con una alta posibilidad de ser la mezcla de distintos aceites lubricantes de una línea en especial, haciendo referencia a una área de

la planta con diversas maquinas a las cuales su aceite es cambiado y depositado en una caneca de 55 galones, aun así el estudio demuestra que la mezcla es óptima por poseer un poder calorífico igual o mayor a lo planteado teóricamente.

El estudio tiene una comparación volatina frente a otros combustibles alternos creados en el país, los resultados esperados son especialmente enfocados en generar una mayor combustión en los quemadores de los hornos de línea 1 y 2, en un estudio realizado en la Universidad Santo Tomas relacionado a la creación de nuevos combustibles alternos; los estudiantes de ingeniería mecánica encontraron una idea para dar solución a los residuos peligrosos como el aceite de cocina y aceite de higuierilla.(Malagón, 2017)

En la metodológica al ser experimental tienen una línea simultánea a la planteado en este proyecto, con base a sus resultados de poder calorífico dato importante para determinar la viabilidad y consumo se halló que; en la mezcla del aceite cocina al 15% diluido en 85% de aceite de higuierilla su poder calorífico es de 36.947,4 J/g y el aceite de cocina usado tiene un valor calórico de 37.520 J/g, teniendo en cuenta que su única mezcla fue la más apropiada con los porcentajes adecuados, dejando como observación que las cifras en medidas son un poco más bajas, su densidad y viscosidad es más ligera que en el presente proyecto.

Ensayos Fisicoquímicos

Es fundamental conocer las propiedades fisicoquímicas presentes en las sustancias a trabajar, para ello expresamos algunas condiciones, las unidades de medida, compuestos, viscosidad, densidad, poder calorífico superior y el método de ensayo con el cual se realizaron las pruebas adecuadas expresadas en la Tabla 14, determinando la eficiencia de estos.

Tabla 14*Estado Fisicoquímico de las sustancias*

Parámetros	Unidades	Acpm	Electriwell	Método De Ensayo
			Usado	
Viscosidad	mm ² /s	5,8	0	VISCOCIMETRO
Densidad	Gr/cm ³	0,848	0,987	PIGNOMETRO
Poder Calorífico	Kcal/Kg	10,84	6,947	CALORIMETRO
Superior				ISOPERIBOL

Nota. Expresión de resultados reales de las sustancias sin alguna dilución y el método de ensayo implementado. *Fuente.* autoría propia.

Análisis

El planteamiento inicial al realizar las diluciones consistía en tener como objetivo obtener diferentes mezclas con una variante porcentual del material añadido, con lo cual se tomaría en los siguientes porcentajes (80%-20, 50%-50%, 20%-80%) con el aceite industrial usado y lodo (grasas contaminadas) conjunto al ACPM y Electriwell (solvente eléctrico) usado.

Con al método experimental al concretar el estudio practico y verificar las condiciones teóricas planteadas, se halló que los porcentajes para realizar las diluciones debían ser modificadas siendo las siguientes: 50%-50% y 30%-70%. Se evidencio que al cambiar los porcentajes favoreció a los compuestos para que estos se combinaran con más facilidad, analizando los factores fisicoquímicos se encontró que:

El ACPM con aceite en partes iguales 50% logran a diluirse correctamente, presenta una consistencia o densidad apropiada para ser bombeada en el tanque de aceites usados o un nuevo sistema especial para su trasiego.

El ACPM con el aceite usado en partes 70%-30%, se produjo una reacción química bajando los niveles de viscosidad que fueron tomados con el viscosímetro manual (Mobil), su estructura al convertirse más ligera en la prueba de quemado nos da un excelente resultado con un valor de 10523,3 PCS Kcal/Kg.

El Electriwell usado al reaccionar con el aceite usado a partes iguales 50% su viscosidad tiende a bajar, igualando la dilución con ACPM y en prueba PCS con valor 9050,47.

La dilución 30%-70% evidencia que el cambio fisicoquímico del aceite viscoso mejora bajando aún más su viscosidad inicial con un valor más bajo de 8497,31, en la figura 14 se encuentra el registro fotográfico de las muestras realizadas en el laboratorio.

Figura 14

Muestras de las mezclas establecidas con aceite viscoso.



Nota. Cuatro mezclas clasificadas y etiquetas de aceite usado. *Fuente.* Autoría propia.

La reacción que tiene el lodo con el ACPM al ser diluidos en partes iguales, presento un cambio exponencial ya que el lodo al ser una grasa al momento de ser retirado de la maquina tiene una contextura cremosa/ esponjosa, se identificó que no era factible la dilución cuando el lodo absorbió el ACPM, el único cambio físico presentado fue la fractura de la estructura inicial

esponjosa por una más líquida, siendo aun así inviable su bombeo, pero se tiene en cuenta la creación de un nuevo sistema para su trasiego ya que su poder calorífico es alto con valor de 10727,7.

El lodo diluido con ACPM en partes 30%-70%, presento mejor asentamiento a la dilución al bajar su estructura cremosa, convirtiéndola en una mezcla con viscosidad media-alta. El lodo en reacción al Electriwell a partes iguales 50% al momento de realizar la mezcla logra diluirse más que con la mezcla con ACPM, se realizó una segunda verificación del estado fisicoquímico ya que al cuarto día la mezcla presento una estructura más líquida, concluyendo menos viscosa.

En la última mezcla con porcentaje 30%-70%, el material no muestra alguna alteración siendo diluido no presenta viscosidad o densidad alta, con ello la única observación es: el lodo presenta micropartículas de hierro que al instante pensamos que eran el resultado del desgaste de los rodamientos o piezas en constante fricción, en la figura 15 se encuentra el registro fotográfico de las muestras realizadas en el laboratorio de las mezclas de lodos.

Figura 15

Muestras de las mezclas establecidas con Lodos



Nota. Cuatro mezclas clasificadas y etiquetas de grasa denominada lodos. *Fuente.* Autoría propia.

Para determinar cuál de las mezclas es factible para ser utilizada como combustible alternativo se tiene en cuenta dos factores: hay dos componentes cuyas características fisicoquímicas son totalmente distintas, al redondear una misma temática al ser residuos peligrosos tienen distintos factores, ambas son derivadas del petróleo que cuentan distinta utilidad.

Se realizó un estudio estadístico para determinar la viabilidad de cada combustible resultante de las ocho mezclas, con un balance y margen de error de los resultados teóricos comparados con los prácticos podemos determinar en primera instancia cual ha sido el más factible, se evidencio lo siguiente en las diluciones en su poder calorífico se logra determinar que los datos obtenidos por las fórmulas teóricas, en dos casos específicos no lograría alcanzar aquella meta establecida, en la siguiente figura 16 se perciben las variables teórico- prácticas del estudio.

Figura 16

Variación valores teórico-prácticos de lodo y aceite ACPM



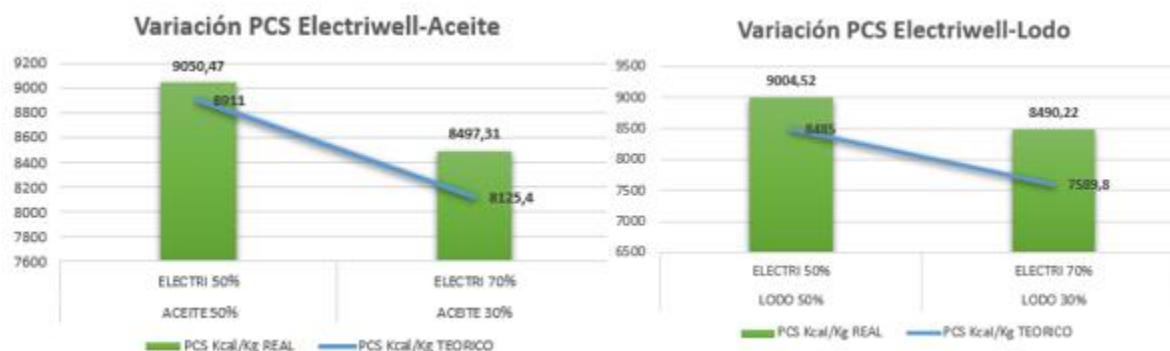
Nota. Se percibe el margen de error entre los resultados teórico y prácticos en específico de dos mezclas. *Fuente.* Autoría propia.

Los resultados adquiridos de la figura 8 nos arroja la diferencia de 1,005015 PCS de lodo en partes iguales con ACPM, teniendo un rango mínimo para alcanzar su 100% de la meta propuesta siendo factible por la capacidad calorífica de la mezcla con ello siendo apta para su

utilización sin desaprovechar material, mientras que en la variación PCS de la figura 17 se encuentra lo siguiente:

Figura 17

Variación valores teórico-prácticos de lodo y aceite Electriwell



Nota. Se percibe el margen de error entre los resultados teórico y prácticas en específico de dos mezclas. *Fuente.* Autoría propia.

Los resultados evidenciados del comportamiento del aceite, lodo con el Electriwell expresado en la Figura 9 se percibe que la dilución con aceite (50%-50%) supera la expectativa de los resultados teóricos siendo este efectivo con un 98,45%, mientras que la dilución con lodo (50%-50%) completa un 94,23% siendo la más efectiva superando su potencial en poder calorífico.

Por medio del estudio realizado en el 2001 por el Ministerio de Minas y Energía llamado “Utilización en Colombia de aceites usados como Energéticos en proceso de combustión segunda fase” podemos observar el estudio en específico es vital que se tenga en cuenta los contaminantes que se pueden encontrar en la mayor parte de los aceites lubricantes usados con ellos en la siguiente tabla 15 representa la contaminación generalmente presentada, caso que también se percibió en las muestras tomadas en la Planta Caracolito.

Tabla 15*Contaminantes generalmente presentes en aceites usados*

Contaminante/Metal Pesado	Origen	Concentración (Ppm)
Plomo (Pb)	Gasolina Plomada-Desgaste de piezas	100-1000
Zinc (Zn)	Aditivos anti-desgastes y antioxidantes	500-1000
Cromo (Cr)	Desgaste del motor	Trazas
Aluminio (Al)	Desgaste de rodamientos	Trazas
Cobre (Cu)	Desgaste de rodamientos	Trazas

Nota. Esta tabla enseña los contaminantes presentes en el aceite usado, esto fue plasmado en la utilización en Colombia de aceites usados como energéticos en procesos de combustión segunda fase, gracias a ellos se perciben la afectación medio ambiental por químicos. *Fuente.* Rosenberg (2021).

A la investigación plasmada de los aceites usados en la Planta Caracolito se pueden encontrar mayormente los siguientes contaminantes presentes en el aceite usado son metales pesados, pero también se tiene en cuenta que se encontraron distintos contaminantes, se presentan en la siguiente tabla 16.

Tabla 16*Contaminantes generalmente presentes en aceites usados- continuación*

Contaminante	Origen	Concentración (Ppm)
Bario	Aditivos detergentes	Menor a 100
Magnesio	Aditivos detergentes	100-500
Fosforo	Aditivos anti-desgastes y antioxidantes	500-1000
Hierro	Desgaste del motor	100-500
Niquel	Desgaste del motor	Trazas
Estaño	Desgaste del rodamiento	Trazas
Silicio	Aditivos	50-100

Nota. Esta tabla enseña los contaminantes presentes en el aceite usado, esto fue plasmado en la utilización en Colombia de aceites usados como energéticos en procesos de combustión segunda fase, gracias a ellos se perciben la afectación medio ambiental por químicos. *Fuente.* Rosenberg (2021).

La importancia de los estudios de laboratorio con una metodología experimental nos funciona para comprar la viabilidad económica y ambiental del proyecto ya que se percibió los contaminantes de fuentes de emisiones fijas, los procesos de combustión y como actúa el aceite en este proceso, la capacidad calorífica de las diluciones con ello el potencial de crear una nueva alternativa para los procesos de producción en plantas cementeras.

Viabilidad Económica

Gracias a la estadística plasmada con las gráficas de la figura 8 y 9 se encuentra con facilidad las muestras más factibles para ser convertidas en combustible con ello se obtuvo lo siguiente:

La dilución ACPM- aceite en partes iguales cumple el objetivo de minimizar el costo de combustible a la mitad que en la segunda muestra planteada 70-30

La dilución de Electriwell- lodo en partes iguales supera sus resultados esperados, cumpliendo con un combustible por cada muestra.

El lodo al ser una grasa y con una composición fisicoquímica distinta al aceite podemos ver que tiene un alto poder calorífico con el ACPM al 10727 PCS convirtiéndolo en apto para su bombeo y alta capacidad económica.

La viabilidad económica del proyecto consta de dos etapas, la utilización de ACPM y Electriwell y dejar la inversión de fondos para darle disposición final a los aceites lubricantes para así esos fondos sean parte de la financiación del proyecto.

Con lo cual tenemos presente el valor del ACPM (\$8.316) por galón y el valor del ELECTRIWELL es de (\$8.950) por litro.

$$1 \text{ galon ACPM} = 3.785 \text{ l}$$

$$\text{costo ACPM} \times L = 2.197$$

Para poder realizar el proyecto y analizar la viabilidad con el consumo de ACPM y Electriwell es importante recordar que su uso tiene diversos beneficios ambientales, en las características de las sustancias como el Electriwell es un disolvente eléctrico al ser un compuesto usado e utilizado en las diluciones no tiene un valor neto establecido por haber cumplido su función como el aceite usado, en porcentajes se le daría un valor neto de \$1.790 reduciendo su valor a un 80% por litro como viene en su presentación, teniendo en cuenta que este material es más utilizado en la Planta en temporadas de grandes paros llamado paro mayor teniendo un stock del material amplio dando la oportunidad a este combustible por estas temporadas al año.

Es viable utilizar estos dos tipos de diluyentes con lo cual no afectaría la economía de la compañía, por ende, en costos es más factible la utilización de ACPM por su costo y frecuente

uso, reduciendo también la cantidad de ACPM utilizado como combustible al horno al usar la nueva alternativa de combustible, con recursos altamente disponibles en Planta.

Cabe resaltar dentro del análisis planteado, realizando la investigación de los costos hechos por la empresa CEMEX, se tomaron datos desde el año 2019, ya que no se podría hacer una respectiva comparación de costos con el año 2020 frente al 2021 por la emergencia sanitaria presente, con ello se expondrán datos aproximados de pagos reflejados en las siguientes tablas 17 a la 22. El contenido que vamos a encontrar dentro de las tablas son la cantidad, valor por kilogramo, total del mes y total anual.

Tabla 17

Resultado de costos año 2019 lodos

Pagos De Caracolito Para La Diposicion Final De Lodos 2019				
Mes	Material	Cantidad	Valor/Kg	Total
Enero	Lodos	203	\$3.783	\$383.539
Febrero	Lodos	177	\$1.724	\$305.148
Marzo	Lodos	202	\$1.724	\$348.248
Abril	Lodos	18	\$1.925	\$34.650
Mayo	Lodos	152	\$1.459	\$221.768
Junio	Lodos	194	\$1.724	\$334.456
Agosto	Lodos	169	\$1.459	\$246.571
Septiembre	Lodos	5	\$1.724	\$8.620
Octubre	Lodos	186	\$1.724	\$320.664
Diciembre	Lodos	210	\$1.724	\$362.040
Total			\$2.565.704	

Nota. Información de manejo interno de la compañía (Cemex- Planta Caracolito) año 2019.

Fuente. Autoría propia.

Tabla 18

Resultado de costos año 2019 aceite contaminado

Pagos De Caracolito Para La Disposicion Final Del Aceite Contaminado 2019				
Mes	Material	Cantidad	Valor Kg	Total
Enero	Aceite Usado Contaminado	192	\$1.925	\$369.600
Marzo	Aceite Usado Contaminado	34	\$1.724	\$58.616
Abril	Aceite Usado Contaminado	25	\$1.925	\$48.125
Mayo	Aceite Usado Contaminado	26	\$1.459	\$37.934
Septiembre	Aceite Usado Contaminado	22	\$1.724	\$37.928
Total		\$552.203		

Nota. Información de manejo interno de la compañía (Cemex- Planta Caracolito) año 2019.

Fuente. Autoría propia.

La Planta Caracolito reflejo un margen de costos del año 2019 para darle una buena disposición final a los aceites contaminados y los lodos con la empresa externa de alrededor de \$3.117.907, al definir los pagos establecidos por mes la empresa cumple con los requisitos legales establecido en la Ley 1252 del 2008.

Tabla 19*Resultado de costos año 2020 lodo*

Pagos De Caracolito Para La Disposicion Final De Lodo 2020				
Mes	Material	Cantidad	Valor/Kg	Total
Enero	Lodos	66	\$1.930	\$127.380
Mayo	Lodos	620	\$1.516	\$939.920
Septiembre	Lodos	406	\$1.516	\$615.496
Octubre	Lodos	150	\$1.791	\$268.650
Total			\$1.951.446	

Nota. Información de manejo interno de la compañía (Cemex- Planta Caracolito) año 2020.

Fuente. Autoría propia.

Tabla 20*Resultado de costos año 2020 aceite contaminado*

Pagos De Caracolito Para La Disposicion Final Del Aceite Contaminado 2020				
Mes	Material	Cantidad	Valor/Kg	Total
Mayo	Acete Usado Contaminado	28	\$1.516	\$42.448
Septiembre	Aceite Usado Contaminado	34	\$1.516	\$51.544
Octubre	Aceites Contaminados	15	\$1.791	\$26.865
Total			\$120.857	

Nota. Información de manejo interno de la compañía (Cemex- Planta Caracolito) año 2020.

Fuente. Autoría propia.

Para el año 2020 en la presente emergencia sanitaria se obtuvo como resultado en un costo de \$2.072.303 se evidencio que a comparación del valor neto gastado en el 2019 bajo \$1.045.604, los resultados de la pandemia tuvieron un gran impacto, económico y ambiental, por el hecho de

parar producción, mantenimientos periódicos minimizando los diversos impactos en suelo, aire y agua por material particulado, derrame de aceites, el factor económico redujo sus costos.

Tabla 21

Resultado de costos año 2021 lodo

Pagos De Caracolito Para La Disposicion Final De Lodos 2021				
Mes	Material	Cantidad	Valor/Kg	Total
Enero	Lodos	70	\$1.540	\$107.800
Febrero	Lodos	284	\$1.540	\$437.360
Marzo	Lodos	1781	\$1.325	\$2.359.825
Mayo	Lodos	25	\$1.820	\$45.500
Junio	Lodos	90	\$1.540	\$138.600
Total			\$3.089.085	

Nota. Información de manejo interno de la compañía (Cemex- Planta Caracolito) año 2021.

Fuente. Autoría propia.

En la fase investigativa resultados de evidencio que en el año 2019 el costo para dar un buen manejo a este material (lodos) fue de \$2.566.704, como se observa en la tabla 22 con un valor de \$3.089.085 en la mitad del tiempo con un crecimiento de \$522.381, dando a entender que la empresa por su paro de producción no planeado, aumento la producción, mantenimiento y con ello los desechos peligrosos como estos materiales.

Tabla 22*Resultado de costos año 2021 aceite contaminado*

Pagos De Caracolito A Planeta Verde Por Tratar Aceite Contaminado 2020				
Mes	Material	Cantidad	Valor Kg	Total
Mayo	Aceite Usado Contaminado	20	\$182	\$3.640

Nota. Información de manejo interno de la compañía (Cemex- Planta Caracolito) año 2021.

Fuente. Autoría propia.

Al analizar los datos de la liquidación generada por la empresa externa que dispone los materiales peligrosos, se concluye que el costo a pagar por parte de CEMEX COLOMBIA del 2019 al 2021 es de (\$8.282.935), en darle la dispersión final a los Lodos y Aceite usado contaminado, generando una pérdida del recurso financiero que puede ser aprovechado para implementar nuevas estrategias, dándole un tratamiento adecuado dentro de las instalaciones cumpliendo con el marco legal como en un proyecto de ley propuesto por la cámara en el 2018 “Por la cual se establecen las condiciones de disposición final segura de los aceites lubricantes industriales usados en el territorio nacional y se prohíbe la combustión de los mismos o su reutilización parcial o total sin tratamiento de transformación” gracias a esto, el proyecto de investigación planeado tiene nuevas salidas al ser implementado este proyecto de ley.

Al ser ejecutado este interviene que todo tipo de empresa industrial en este caso cementera sea obligado a darle un tratamiento final dentro de las instalaciones si quieren seguir aprovechando su poder energético, con esto en el cierre de viabilidad económica encontramos un enfoque del valor del combustible resultante de las diluciones que se encontraban en un estado optimo al tener alto poder calorífico.

En el marco económico, se hayo que gracias a la inversión que tuvo Cemex al disponer los residuos peligrosos en específico los anteriormente mencionados, no estaba generando ganancias

solo perdidas por la certificación que avala a la empresa por buen manejo de los RESPEL industriales, con ello abriendo a la posibilidad de implementar nuevas estratégicas con viabilidad económica presentes en la tablas 23, 24 y 25, se hizo un rango de valores aproximados en el cual se puede evaluar el nuevo combustible, teniendo en cuenta que este no es el propósito principal ya que su creación fue la reducción de uso de materia prima convencional sin afectar el medio ambiente como ya se venía haciendo durante antes en la industria cementera.

Tabla 23

Expectativa del valor combustible lodos

Acpm	Lodos	PCS	Precio gal	L
50	50	10727	6041	1596
70	30	10639	6591	1741

Nota. Promedio del valor aproximado del nuevo combustible. *Fuente.* Autoría propia.

Tabla 24

Expectativa del valor combustible Aceite viscoso

Acpm	Aceite	PCS	Precio gal	L
50	50	10797	6041	1596
70	30	10523	6591	1741

Nota. Promedio del valor aproximado del nuevo combustible. *Fuente.* Autoría propia.

Tabla 25

Expectativa del valor combustible Electriwell y Aceite

ELECTRIWELL	Aceite	PCI	Precio gal	L
50	50	9050	4922	1300
70	30	8497	5370	1419

Nota. Promedio del valor aproximado del nuevo combustible Fuente: Autoría. *Fuente.* Autoría propia.

Lo que se quiere expresar con las siguientes tablas, es que en una escala real en el momento de realizar las diluciones con una maquina especial para poder ser trasegado este

material al horno, encontraríamos este tipo de valores que a comparación con el precio del carbón actualmente que es de \$430 dólares por tonelada, en la moneda Colombia por su devaluación hablaríamos de \$ 1.891.032, en un año en la industria cementera utiliza aproximadamente 25.403.542 Ton de carbón, en la generación de nuevos combustibles el impacto se genera en la reducción de la cantidad anual utilizada en los procesos de producción.

Para continuar con la reducción del impacto es importante resaltar que el uso de combustible alternos periódicamente debe superar una meta que ha sido cumplida en la Planta en el año 2021, al seguir implementando esta estrategia reducimos el consumo de energías no renovables, a aproximadamente 10 millones de toneladas anuales.

Viabilidad Ambiental

En los resultados de laboratorio y los porcentajes económicos obtenidos en este proyecto tenemos distintos puntos de vista en la figura 18, los cuales nos ayudan a despejar cuales son las ventajas y desventajas en la viabilidad ambiental, teniendo en cuenta lo biótico, abiótico y la comunidad interna y externa de la planta, para ello se realizó una encuesta a un pequeño grupo de personas perteneciente a la Planta Caracolito y personas naturales de la comunidad de Payande siendo los siguientes resultados.

Figura 18

Resultados de los encuestados



Nota. Resultados de los encuestados del sector de Payande y Planta Caracolito. *Fuente.* Autoría propia.

La encuesta tiene una variante por los resultados arrojados, con diversas conclusiones ya que algunos encuestados conocen los procesos de producción de la planta, pueden tener conocimientos de los residuos peligrosos sin ser del área ambiental o mantenimiento, mientras que por otro lado tenemos la perspectiva de personas que no conocen el proceso de producción y dar su observación desde un punto de vista externo, del cómo puede estar manejando la empresa la problemática de disponer los RESPEL.

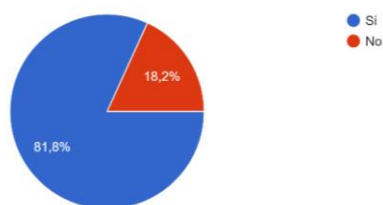
El cuestionario consto de 10 preguntas básicas, en la primera pregunta se obtuvo una respuesta positiva ya que logran identificar que el derrame de aceite los puede afectar directamente, en compañía con la segunda conocen que la empresa Cemex tiene métodos e prevención para manejar la situación frente a los derrames del desecho peligroso dentro de la operación, gracias a esto Payande tiene presente que la empresa vela por su seguridad al llegar tener un accidente que los afecta directamente en los cuerpos de agua superficiales o subterráneos.

Consiguiente la pregunta 3 y 4, figura 19 y 20 se obtuvo como resultado de un 18,2% considera que la empresa no le da un buen manejo al aceite usado dentro de la planta, por otro lado, el 100% de los encuestados tiene una opinión positiva de que es de suma importancia usar el aceite y grasas que se encuentran en el acopio principal para darle una segunda oportunidad como combustible, relacionándose con los puntos débiles presentes en la operación, viendo la alternativa de mejora con los protocolos a cumplir.

Figura 19

Resultados de la pregunta 3

¿Considera que se le está dando un buen manejo al aceite usado dentro de la Planta?
11 respuestas

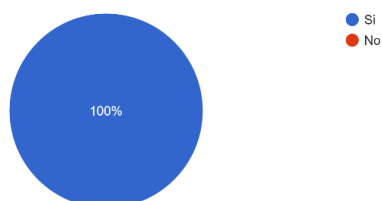


Nota. Resultados de los encuestados del sector de Payande y Planta Caracolito. *Fuente.* Autoría propia.

Figura 20

Resultados de la pregunta 4

¿Cree usted que es importante usar el aceite y grasas usados que se encuentra en el acopio como un nuevo combustible alternativo?
11 respuestas



Nota. Resultados de los encuestados del sector de Payande y Planta Caracolito. *Fuente.* Autoría propia.

Frente al sistema de bombeo en el tanque de aceites usados el 18,2% de los encuestados consideran que no es un sistema seguro para realizar el trasiego de este material al horno, previamente ya ha tenido pérdidas del material en cambios de turno, convirtiéndolo en un sistema poco seguro para evitar derrames, en correlación al aprovechamiento del aceite, en la pregunta 6 tuvo un 27,3% resultados negativos, consideran que el equipo de combustibles alternos no utiliza todo el material que brinda la planta como estos residuos peligrosos en la operación.

En las preguntas 7 y 8 se obtuvo un 90,0% de respuestas positivas a la utilización del aceite industrial usado como combustible alternativo en los quemadores del horno, con esta práctica consideran que se minimiza el impacto ambiental, por otro lado el 9,1% considera que no reduce el impacto, es importante relacionar las preguntas y las respuestas considerando que la 8 toca más los temas de contaminación a fondo, con una respuesta del 100% que los residuos peligrosos logran afectar los cuerpos de agua superficiales y subterráneos con una afectación directa a la comunidad Planta Caracolito también comunidad de Payande.

Por último, en las respuestas de las preguntas 9 y 10 se percibió que el equipo ambiental y de mantenimiento cumplen un rol importante para minimizar el impacto ambiental con los residuos manejado en estas áreas, uno encargado de recolectar el material después del mantenimiento preventivo mientras que el equipo de ambiental son los encargados de recolectar las sustancias para ser etiquetadas con la información suministrada, con apoyo de la coordinación darle una buena disposición final, pero es eficiente que Cemex contrate empresas externas para disponer estos residuos peligrosos en específico en vez de darle una segunda utilidad dentro de la operación? Con ello un 54,5% tuvo una respuesta negativa a que la empresa utilice los servicios

externos teniendo las oportunidades de mejora con los diversos equipos, generando la apertura a que la comunidad de Cemex operativa conozca del proyecto plasmado.

Al realizar la encuesta se obtuvo resultados de manera cuantitativa al ser preguntas cerradas de respuesta SI/NO, conociendo la perspectiva corta de las personas frente a la problemática, teniendo respuestas afirmativas considerando que a la comunidad interna y externa a la planta les beneficiaría el proyecto de investigación planteado al momento de realizar prácticas en dicha empresa, con el fin de valer los derechos ambientales de la comunidad vulnerable en el Tolima.

En la siguiente tabla 26 se muestran las desventajas y riesgos derivados al mal manejo de los residuos peligrosos.

Tabla 26*Riesgos al manejo del aceite usado*

Riesgos Derivados De La Mala Disposicion De Aceite Usado	
Recurso	Efectos
Aire	El Aceite Lubricante Industrial Usado Que Se Trasiega En Condiciones No Controladas Puede Emitir Más Cantidad De Plomo Al Aire Que En Una Situación Controlada, Los Componentes Aromáticos Generados Del Aceite Usado Tienden A Ser Policíclicos, Al Evaporarse Las Partículas Son Más Propensas A Incorporarse A La Atmosfera.
Agua	Los Vertimientos De Este Material A Cuerpos De Agua Forman Una Película Superficial Que Ocasiona Daños Perjudicando La Transferencia De Oxígeno Y Efectos Tóxicos En Los Organismos Cercanos A La Planta Caracolito.
Suelo	Al Contando Con El Suelo Los Componentes No Biodegradables Presentes En El Aceite Industrial Usado, Destruye El Humus Vegetal, Alterando La Fertilidad Del Suelo Y Generando También El Riesgo De Contaminación De Cuerpos De Agua Superficial O Subterránea.

Nota. Representación de los riesgos que pueden aparecer en los procesos de producción si se la da una mala disposición final. *Fuente.* Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) guía técnica para el manejo de aceites industriales usados (2007).

Los efectos sobre la salud por la exposición a cualquier sustancia peligrosa van a depender de la dosis, duración y el tipo de exposición, la presencia de otras sustancias químicas y, de las características y los hábitos de la persona.

El ser humano se expone a una sustancia al entrar en contacto directo o indirecto, con ello puede ser peligroso al inhalarla, comerla o beberla, en ocasiones con el contacto con la piel, muchos factores determinan la afectación e impacto en la salud, otros factores que determinar la desventaja al exponerse a cualquier sustancia peligrosa es la edad, sexo, estilo de vida, dieta, características y condiciones de salud, el aceite usado tiene algunas características específicas, el aceite en su estado natural contiene hidrocarburos alifáticos de cadena lineal e hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH), los cuales se destilan del petróleo y demás aditivos , mientras que el aceite usado tiene propiedades similares al benceno. ATSDR (1997).

Ya que el aceite usado tiene propiedades muy similares al benceno se tiene en cuenta que este al inhalarse en niveles muy altos puede ser fatal, produce mareo, somnolencia, aceleración del ritmo del corazón, dolor de cabeza, temblores , confusión y perdida del conocimiento, en otras presentaciones causa vómitos, irritación estomacal, hasta la muerte, por eso la importancia de los cuidados que se debe tener al manejar estas sustancias peligrosas, causando una gran desventaja por la afectación a largo plazo de igual forma en la siguiente tabla 27 podremos percibir otras afectaciones a la salud humana.

Tabla 27*Riesgos a la salud humana*

Efectos De Los Contaminantes Presentes En Los Aceites Usados En La Salud Humana	
Contaminante	Efecto En La Salud Humana
Plomo	Puede Afectar A Casi Todos Los Órganos Y Sistemas En El Cuerpo, El Más Sensible Es El Sistema Nervioso, Tanto En Niños Como Adultos, La Exposición Prolongada De Adultos Puede Causar Un Deterioro De Las Funciones Del Sistema Nervioso, También Causa Debilidad Física Entre Otras Complicaciones Médicas. (Agencia Para Sustancias Tóxicas Y El Riesgo De Enfermedades-Atsdr,2007)
Cromo	Respirar Niveles Altos De Cromo Puede Producir Irritación Del Revestimiento Interno De La Nariz, Ulceras Nasales, Secreción Nasal Y Problemas Respiratorios Tales Como Asma, Tos, Falta De Aliento O Respiración Jadeada. (Agencia Para Sustancias Tóxicas Y El Registro De Enfermedades- Atsdr, 2012).
Aluminio	La Exposición Al Aluminio Generalmente No Es Perjudicial, Pero La Exposición A Cantidades Altas Puede Afectar La Salud, Algunas Personas Con Enfermedades Del Riñón Almacenan Gran Cantidad De Aluminio En El Cuerpo Y Desarrolla Enfermedades En Los Huesos (Agencia Para Sustancias Tóxicas Y El Registro De Enfermedades- Atsdr, 2008).
Nitrobenceno	Una Pequeña Cantidad De Nitrobenceno Puede Causar Leve Irritación Si Entra En Contacto Directo Con La Piel U Ojos, Las Exposiciones Repetitivas A Una Alta Concentración De Nitrobenceno Pueden Producir Metahemoglobina, Condición En La Cual La Capacidad De La Sangre Para Transportar Oxígeno Se Reduce. (Agencia Para Sustancias Tóxicas Y El Registro De Enfermedades- Atsdr, 1999).
Cobre	Los Niveles Altos De Cobre Pueden Ser Dañinos, La Inhalación De Nieves Altas De Cobre Puede Producir Irritación De La Nariz Y La Garganta. (Agencia Para Sustancias Tóxicas Y El Registro De Enfermedades- Atsdr, 2004).

Zinc	La Inhalación De Grandes Cantidades De Polvos O Vapores De Zinc Puede Producir Una Enfermedad De Corta Duración Llamada Fiebre De Vapores De Metal. (Agencia Para Sustancias Toxicas Y El Registro De Enfermedades- Atsdr, 2005).
Cloro	La Exposición A Niveles Bajos De Cloro Puede Producir Irritación De La Nariz, La Garganta Y Los Ojos, La Exposición A Niveles Más Altos Puede Producir Tos Y Alteraciones Del Ritmo Respiratorio Y Daños En Los Pulmones (Agencia Para Sustancias Toxicas Y El Registro De Enfermedades- Atsdr, 2010).
Bifenilos Policlorados (Pcb)	El Efecto Que Se Observa Más Comúnmente En Gente Experta A Grandes Cantidades De Pcb Son Efectos En La Piel Como Acné O Salpullido, En Estudios En Trabajadores Expuestos Se Han Observado Alteraciones En La Sangre Y La Orina Que Pueden Indicar Daño Al Hígado. (Agencia Para Sustancias Toxicas Y El Registro De Enfermedades- Atsdr, 2001).

Nota. Por medio de esta tabla se perciben los riesgos a corto o largo plazo que pueden tener los humanos a la exposición de los componentes presentados, con ello una gran desventaja y la toma de precauciones dentro del proyecto de investigación. *Fuente.* Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) (2010).

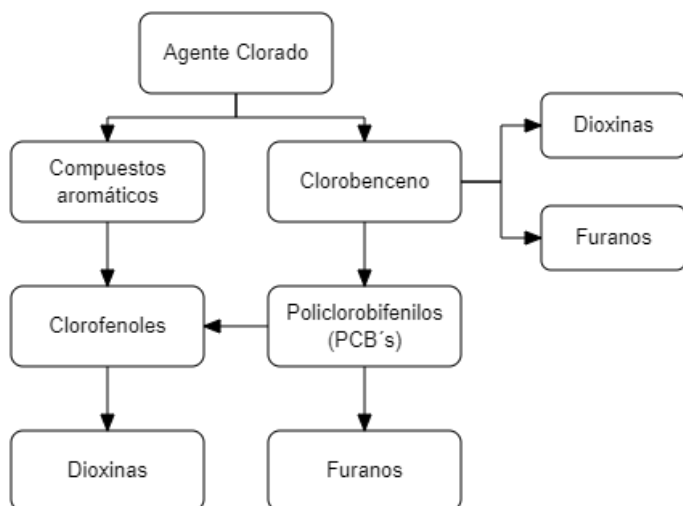
El enfoque sostenible del proyecto se obtiene de la viabilidad directa con el medio ambiente, que es la protección a la seguridad social y laboral de las personas, procurando que todos tengan las precauciones necesarias, siempre y cuando estén en contacto directo o indirecto con alguna sustancia, metal pesado entre otros compuesto que contiene el aceite usado, especialmente a las personas de la comunidad Cemex- mantenimiento como sostenibilidad, mientras que las personas que ven la problemática desde un punto de vista externa se debe manejar el plan de emergencias bien estructurado, evitando algún riesgo mayor por el riesgo de este teniendo contacto con suelo, aire en caso que llegue haber fuego y contaminación del agua intentando mitigar lo más pronto posible estas problemáticas.

La viabilidad ambiental se topan por dos partes fundamentales, las ventajas y desventajas por los riesgos que se pueden ocasionar con el contacto de este material por lo cual el enfoque ambiental se lleva cabo con distintos paso; protección de fauna, flora, recursos naturales aledaños a los predios de Cemex y de Payande, medio biótico y abiótico, mejoras en la reducción de consumo de materias primas provenientes de fuentes no renovables, minimizar el cambio climático, reducción de gases de efecto invernadero (CO₂), seguir ejecutando campañas de reforestación y planes de manejo ambiental (PMA) Planta y Mina, enriqueciendo la cultura empresarial y social frente al cuidado del medio ambiente.

Al implementar las buenas prácticas y disposición final de los residuos peligrosos en la Planta Caracolito se define que alrededor del 100% puede ser aprovechados para ser utilizados como combustibles en los procesos de producción, generando distintas alternativas de combustibles en la cementera, llevando esta idea a la creación de un nuevo programa interno en darle importancia a los residuos peligrosos provenientes del mantenimiento.

Figura 21

Compuestos presentes en la combustión del aceite usado



Nota. Esquema explicativo de formación de dioxinas y furanos en un proceso de combustión.

Fuente. Lupien et al. (2001).

En la presente figura se evidencian los compuestos que se encuentran presentes en el proceso de combustión del aceite usado, al ver la estructura de estos la empresa propone ideas para plasmar las buenas prácticas de gestión ambiental, con un estudio de emisión de fuentes fijas implicando horno de línea 1 y 2, se realizan estos estudios para verificar la cantidad de cenizas volátiles, escoria y calidad atmosfera tienen dentro de los procesos de producción en fuentes fijas, con ello asegurar las condiciones de trabajo a empleados en conjunto a la comunidad de Payande abriendo paso a enfocarnos en las ventajas y desventajas que pueda traer el proyecto.

Tabla 28*Proyección de viabilidad en posibilidades*

Ventajas	Posibles desventajas
Maximiza la reducción del material peligroso como desecho.	Requiere de un dispositivo o maquina especial para realizar las diluciones sin emplear la mano de obre operaria.
Reduce los compuestos orgánicos tóxicos.	Requiere un procedimiento para la disposicion final de las escorias cuando tienen un tamaño considerable.
Recuperación energética.	Los metales pesados no se destruyen sino se incorporan a la matriz del cemento (Encapsulamiento).
Respaldada por estudios de la UPME en quema de residuos peligrosos similares	La técnica utilizada en el modelo experimental no es comúnmente conocida en el país por la poca di función de la temática en el país.
Permite el aprovechamiento del residuo. Cuenta con una de las tecnologías universalmente más segura para la incineración de residuos peligrosos. Tiene nula un riesgo bajo o nulo de obtener sustancias como lixiviados. Es una alternativa muy sencilla de implementar y no aumenta los costos por producción. No requiere de mano de obra calificada para su elaboración (la realización del combustible por dilución en sistema mecánico). Los metales pesados quedan encapsulados dentro de la mezcla asfáltica, reduciendo su peligrosidad.	

Nota. En la tabla se plasma las ideas principales de las ventajas y desventajas basadas en el estudio de utilización en Colombia de aceites usados como energéticos en proceso de combustión. *Fuente.* Lupien (2001).

En las pruebas de laboratorio podemos exponer de forma concreta las ventajas y desventajas ambientales que tenemos como resultado a la hora de implementar el proyecto de investigación, arrojando beneficios bastantes esperados en la industria y la innovación para

reducir este tipo de materiales peligrosos con metales pesados permisibles, haciendo el correspondiente seguimiento será eficaz y sostenible.

Discusión de Resultados

Es válido resaltar que en las pruebas de laboratorio al ser un estudio experimental realizado en el 2021, en la fase de investigación se tomó en cuenta el documento “Utilización en Colombia de Aceites Usados como Energéticos en Procesos de Combustión Segunda Fase” presentado por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) se encontró información vital para realizar una comparación viable a los resultados que se querían llegar alcanzar en el proyecto con ello las alternativas de mejoras en sostenibilidad en Colombia son amplias por la falta de recursos o implementación óptima por entidades públicas, abriendo a la posibilidad de gestionar esta alternativa de mejora con entidades privadas tales como las cementeras del país, con ello se resalta el entusiasmo de la industria abrirse paso en la transición energética que requiere el país, cumplir con los objetivos y metas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) cumplir con los Planes de Manejo Ambiental (PMA) en planta y minas siendo lo requerido.

Al explorar con las diluciones se llegaron a obtener resultados positivos con todas las muestras obtenidas, afortunadamente para la industria el aceite y la grasa al cumplir su ciclo en el proceso de lubricación de la maquina no pierde por completo los componentes, a pesar de ser mayormente un producto extraído por la destilación del petróleo cuenta con la capacidad calorífica suficiente para dar energía a los hornos que tienen la temperatura alrededor de los 1.200°C, con esto se le da la importancia de capacitar al personal encargado de trasegar el aceite usado a los hornos, la razones es para evitar perdida del material, que lleven un registro de la calidad de aceite y de nuevo combustible ingresa al horno, ya que por malas prácticas ya vistas en operaciones reducen el potencial calorífico en producción afectando la calidad de material saliente, afectando la económica y reclamación por parte de los clientes internos y externos de Caracolito.

Se llevo a cabo la estrategia de hacer un seguimiento de los residuos peligrosos de este tipo en la planta para verificar cuales eran óptimos para este proyecto, en muchas ocasiones el material se encuentra contaminado con agua afectando altamente los procesos, mejorando las practicas hay diversas alternativas para seguir implementando las ideas reduciendo el consumo de materia prima convencional, en la figura 22 presenta el registro fotográfico de un proceso de producción importante para la creación del cemento.

Figura 22

Horno rotativo Clinker



Nota. Registro fotográfico del horno rotativo de Clinker Cemex. *Fuente.* Autoría propia.

Se pone en discusión que, por medio de las pruebas realizadas exactamente de ocho muestras, siendo cuatro diluidas con ACPM y cuatro con Electriwell los resultados fueron interesantes ya que demostró que los valores teóricos fueron asertivos en la mayoría de estos, sin afectar el potencial calórico siendo fundamental para su trazabilidad, la más óptimas para ser utilizadas, fue el lodo con ACPM en partes iguales con 10797,1 PCS-Kcal/Kg llegando casi a la

meta teórica , aun así siendo un valor alto para un combustible alterno, mientras que en las muestras diluidas con Electriwell se percibió que los resultados fueron más altos de lo esperado en lo plasmado teóricamente, el más viable de aceite el 50-50 con 9050,47 PCS-Kcal/Kg, con ello los dos más viables con dos posibles combustibles aptos para ser aprovechados en los procesos de la industria cementera.

Conclusión

Por medio de los estudios de laboratorio realizados, permitió observar cada cambio y llegar a la mejor alternativa de combustible alterno generado a partir de diluciones; con ello contemplando que aprovechar el aceite viscoso sintético y lodos usados es una buena estrategia de mercado para la empresa, su análisis económico muestra un valor aproximado que podría tener este combustible, beneficia a la empresa en diversas fases que van de la mano con la viabilidad ambiental, ya que reduce los impactos ambientales adversos como; menor generación de CO₂, permite reciclar materiales peligroso dentro de las instalaciones de la empresa, preservan las reservas de combustibles fósiles, tiene un bajo riesgo en afectación al suelo, agua y calidad del aire.

En la creación de una nueva alternativa de combustible, se planteó diversas opciones para llegar a la idea más innovadora, en las investigaciones anteriormente realizadas se encontró que gracias a la Unidad de Planeación Minero-Energética UPME en su estudio del 2001, tienen muchos factores verídicos y comprobables que ayudan a formar este tipo de proyectos, su análisis al ser enfocado principalmente para las empresas industriales conjunto a Ecopetrol siendo una referencia principal para aprovechar y maximizar el uso del aceite que ya ha cumplido su función en la máquina, esto ayudo que el proyecto tuviera repercusiones económicas del consumo de combustibles fósiles como el ACPM y sus derivados que pierden su valor inicial pero incentivándolos a tener un valor agregado en los procesos de producción cementero.

Como anteriormente se menciona la UPME ayuda a contemplar los diversos impactos ambientales adversos, ya que la utilización de desechos peligrosos cuanta con un riesgo significativo a la salud de las personas, contaminar el medio hablando a profundidad las

comunidades como Payande y la de la misma empresa, pero esta ayuda a determinar que el riesgo por metales pesados se convierte en mínima al ser ya un agregado al cemento, reduce la contaminación atmosférica de fuente fija en este caso estudios previamente realizados a los hornos de línea 1 y 2 que al ser enviados a la entidad correspondiente como Cortolima, ayuda a tener un control para las contaminaciones significativas.

Al aprovechar un material peligroso en la industria cementera genera diversas discusiones, por las ventajas o desventajas que puedan traer a la empresa, con ello se comprobó que maximiza la reducción de material peligroso como desecho, recupera la eficiencia energética, al incinerar el aceite usado mitiga otra problemática en especial la contaminación por metales pesados ya que estos terminan siendo parte del cemento, es una alternativa muy sencilla de implementar y no aumenta los costos por producción, estas ideas se encuentran abaladas por la UPME, por otro lado las posibles desventajas suelen aparecer por las malas prácticas al realizar las diluciones en campo, pérdida del material por el uso de ACPM en él.

Recomendaciones

Para lograr cumplir la meta que me propuse al elaborar este proyecto fue contribuir con una idea que fuera escalando de pequeña a grande, con lo cual los estudios de ingeniería ambiental me permitieron brindar una solución óptima a tan grande problemática que se pueden presentar en cualquier industria, mi enfoque principal fue poder contribuir a la minimización de gases de efecto invernadero en los productos de construcción, gestionar buenas prácticas ambientales ya que fue lo aprendido en mi etapa productiva en dicha empresa, cabe resaltar que mi labor como profesional es proteger el medio ambiente creando ideas innovadoras que puedan ser tomadas en práctica a nivel nacional.

Se desarrollo con el ideal del crecimiento de infraestructura y poblacional en el Tolima, específicamente en Ibagué por los beneficios de proyectos de vivienda y lo que implica tener un producto amigable con el ambiente en nuestras viviendas, Cemex siendo el principal proveedor de materiales a las infraestructuras de la región, aportar a los beneficios ambientales, económicos, resguardar la salud y seguridad de las personas que se encuentran en contacto directo e indirecto con este material peligroso es fundamental para este proyecto.

Referencias

- Cámara de Comercio de Oviedo (01 de octubre de 2021). *Aspectos clave para la viabilidad económica de un proyecto*. Blog MBA Cámara de Oviedo. <https://www.mba-asturias.com/empresas/viabilidad-economica-proyecto-empresarial/#:%7E:text=La%20viabilidad%20econ%C3%B3mica%20determina%20el,%20retorno%20de%20la%20inversi%C3%B3n.>
- CORTOLIMA. (9 de octubre de 2017). *Agenda ambiental para la protección de los recursos naturales*. <https://www.cortolima.gov.co/sala-de-prensa/noticias/1170-agenda-ambiental-para-la-proteccion-de-los-recursos-naturales>
- Albuja Echeverría, R. S., López Ayala, J. C., Guilcapi Mosquera, J. R., & Guamán Reinoso, C. H. (2019). Valor energético del aceite usado en sistemas de combustión térmicos de la industria cementera del país. *Ciencia Digital*, 3(4.2), 100-115. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i4.2.1012>
- ANLA-AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES. (2027). Por lo cual se modifica un plan de manejo ambiental-Resolucion No.00855 https://www.anla.gov.co/documentos/proyectos/03_seguinto/14_payande/23-09-2021-anla-res-855-2017.pdf
- Balaguera, P. A. G. (2022, 6 junio). *Precio del carbón aumentó 9 veces y toca costo del cemento*. Portafolio.co. <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/precio-del-carbon-aumento-9-veces-y-toca-coste-del-cemento-566512>
- Rosenberg, L. (01 de marzo de 2017). *Repositorio UPME: Utilización en Colombia de aceites usados como energéticos en procesos de combustión segunda fase: elaborado por Lupien Rosenberg et Associés-LRAC*. bdigital. <http://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1217>

Fong, Q., Quiñonez, E., Tejada, C. (2017). Caracterización físico-química de aceites usados de motores para su reciclaje. *Prospectiva*, 15(2). <https://doi.org/10.15665/rp.v15i2.782>

Citizens' Climate Lobby. (20 de julio de 2021). *Beneficios para la salud*. Citizens' Climate Lobby. <https://citizensclimatelobby.org/es/charlitas-laser/impactos-salud/#:%7E:text=Respuesta%3A%20El%20cambio%20clim%C3%A1tico%20y,producir%20gases%20de%20efecto%20invernadero.>

Wikipedia contributors. (s/f). *Petrodiésel*. Wikipedia, The Free Encyclopedia.

<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Petrodi%C3%A9sel&oldid=135895446>

Cemex Colombia. (2022). *Combustibles alternos*. Cemex Colombia.

<https://www.cemexcolombia.com/sostenibilidad/gestion-ambiental/estrategia-de-carbono/combustibles-alternos>

Accenture. (2021). *Construyendo organizaciones sostenibles*. [https://www.accenture.com/es-es/insights/sustainability/sustainable-](https://www.accenture.com/es-es/insights/sustainability/sustainable-organization?c=acn_glb_buildingsustainingoogle_12521291&n=psgs_1121&gclid=CjwKCAjwg5uZBhATEiwAhhRLHj_2Eqz3Ox_sgR1ADS2OJD54i_8oFesm8kymwzOvQ2A9Ob-9wGKjnhoc9w4QAvD_BwE)

[organization?c=acn_glb_buildingsustainingoogle_12521291&n=psgs_1121&gclid=CjwKCAjwg5uZBhATEiwAhhRLHj_2Eqz3Ox_sgR1ADS2OJD54i_8oFesm8kymwzOvQ2A9Ob-9wGKjnhoc9w4QAvD_BwE](https://www.accenture.com/es-es/insights/sustainability/sustainable-organization?c=acn_glb_buildingsustainingoogle_12521291&n=psgs_1121&gclid=CjwKCAjwg5uZBhATEiwAhhRLHj_2Eqz3Ox_sgR1ADS2OJD54i_8oFesm8kymwzOvQ2A9Ob-9wGKjnhoc9w4QAvD_BwE)

La República S.A.S. (26 de septiembre de 2018). *La alternativa de la economía circular*. Diario

La República. <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/la-alternativa-de-la-economia-circular-2775806>

La República S.A.S. (04 de mayo de 2022). *Así han avanzado las principales empresas en la reducción de sus emisiones de GEI*. Diario La República.

<https://www.larepublica.co/empresas/asi-han-avanzado-algunas-empresas-grandes-en-la-reduccion-de-sus-emisiones-de-gei->

3356649#: %7E: text=En%202021%2C%20con%20una%20reactivaci%C3%B3n, en%20c
erca%20de%2060.000%20toneladas.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Colombia. (19 de agosto de 2022). *El rol de las Universidades en la Estrategia Nacional de Economía Circular*. [Vídeo] YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=uXdehgl-PGA>

EYL Ecología y Lubricantes. (2021). EYL.

http://recicladodeaceites.com/beneficios_ambientales.html

Interempresas. (10 de septiembre de 2013). *Grasas lubricantes: características, ventajas y aplicaciones*. Interempresas.

<https://www.interempresas.net/Mantenimiento/Articulos/113067-Grasas-lubricantes-caracteristicas-ventajas-y-aplicaciones.html>

Estrucplan. (19 de enero de 2011). *Informe Técnico sobre Aceites Usados y sus usos*.

<https://estrucplan.com.ar/informe-tecnico-sobre-aceites-usados-y-sus-usos/>

López, A. (21 de diciembre de 2021). *Qué tanto combustible líquido consumió el país en 2021*.

Portafolio.co. <https://www.portafolio.co/economia/que-tanto-combustible-liquido-consumio-el-pais-en-2021-559861>

Lozano, L. F. (12 de noviembre de 2019). *Basura y aceite usado ya producen 30% de la energía*

de Cemex. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/basura-y-aceite-usado-ya-producen-30-de-la-energia-de-cemex/>

Rosenberg, L. (Ed.). (Octubre de 2011). *Transformación de los aceites usados para su utilización como energéticos en procesos de combustión*. UPME.

<https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1217>

Malagón, D. H. (16 de junio de 2017). *Obtención De Biodiesel A Partir De Mezclas De Aceite De Cocina Usado Y Aceite De Higuera*.

<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/2673>

SIGAUS. (2020). *Nuevas vidas para el aceite usado*. SIGAUS. <https://www.sigaus.es/nuevas-vidas-para-el-aceite-usado#:~:text=Se%20calcula%20que%20de%20cada,norteamericana%20para%20el%20Medio%20Ambiente>.

Observatorio Ambiental de Bogotá. (11 de julio de 2019). *Manual Técnico para el Manejo de Aceites Lubricantes Usados* ».

https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=3792

Ochoa, D. (27 de diciembre de 2019). *Aceite de cocina, otra amenaza para los acuíferos*.

Observatorio Ambiental de Bogotá. <https://oab.ambientebogota.gov.co/aceite-de-cocina-otra-amenaza-para-los-acuiferos/>

Padial, J. (25 de julio de 2018). *¿Qué es un aceite mineral?* Curiosoando.

<https://curiosoando.com/que-es-un-aceite-mineral>

Peña, S. V. G. (4 de febrero de 2022). *Cemex batió récord en ventas de concreto reducido en emisiones de CO2*. Portafolio.co. <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/cemex-batio-record-en-ventas-de-concreto-reducido-en-emisiones-de-co2-561352>

<https://www.portafolio.co/negocios/empresas/cemex-batio-record-en-ventas-de-concreto-reducido-en-emisiones-de-co2-561352>

Portillo, S. R. (3 de diciembre de 2020). *Impacto ambiental de los combustibles fósiles*.

ecologiaverde.com. https://www.ecologiaverde.com/impacto-ambiental-de-los-combustibles-fosiles-3191.html#anchor_1

Observatorio del principio. (16 de febrero de 2005). *Protocolo de Kyoto [De la Convención Marco sobre el Cambio Climático]*.

<https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/protocolo-kyoto-la-convencion-marco-cambio-climatico>

Serrano, A. (06 de julio de 2020). *¿Cuál es la composición del aceite de motor?* Revista

Magazine. <https://revistamagazine.com/proveedores/cual-es-la-composicion-del-aceite-de-motor/#:~:text=Este%20aceite%20se%20compone%20principalmente,se%20hace%20el%20aceite%20sint%C3%A9tico%3F>

Apéndices

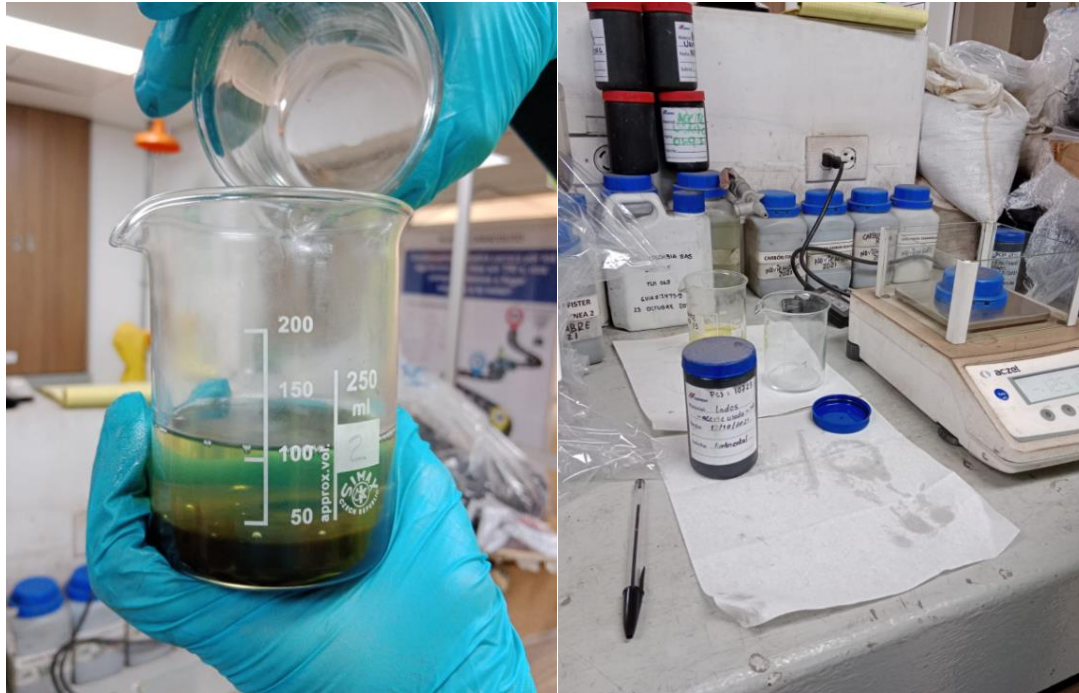
Apéndice A

Toma del segundo muestreo



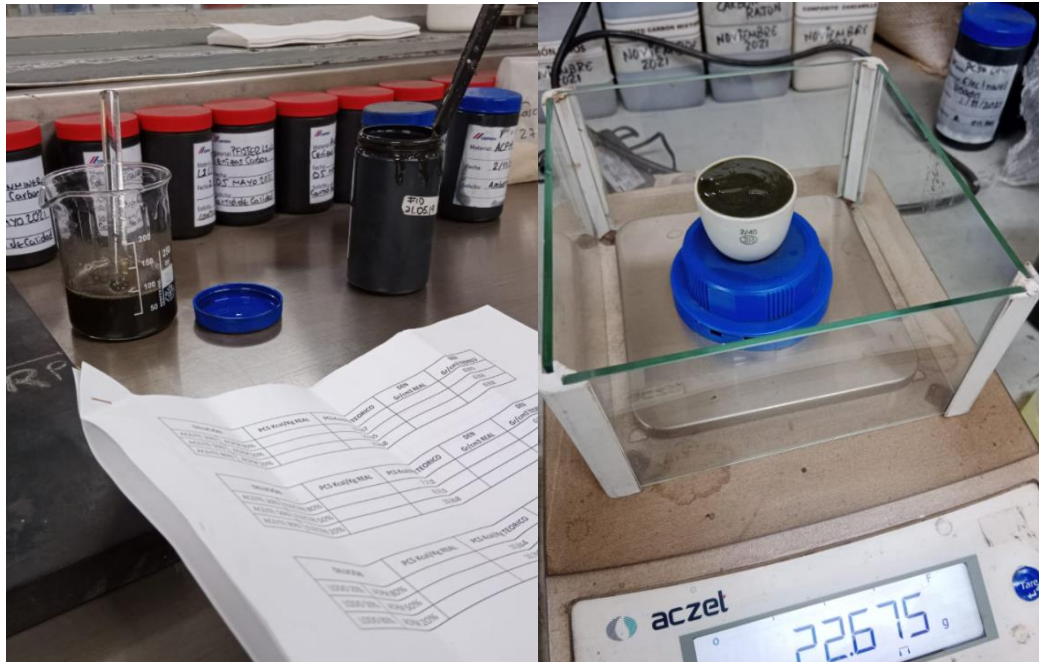
Apéndice B

Procedimiento laboratorio



Apéndice C

Implementos utilizados para proceder hacer las diluciones



Apéndice D

Ejecución de las diluciones



Apéndice E

Formulas Implementadas

$$v. teorico = \% dilucion * \frac{kca}{kg} + \% dilucion * \frac{kca}{kg}$$

Por medio de esta fórmula se implementa para sacar el valor teórico del poder calorífico de las mezclas realizadas en el laboratorio.

A esta fórmula se le anexaron los datos correspondientes de poder calorífico del aceite usado, lodos, ACPM, Electriwell usado

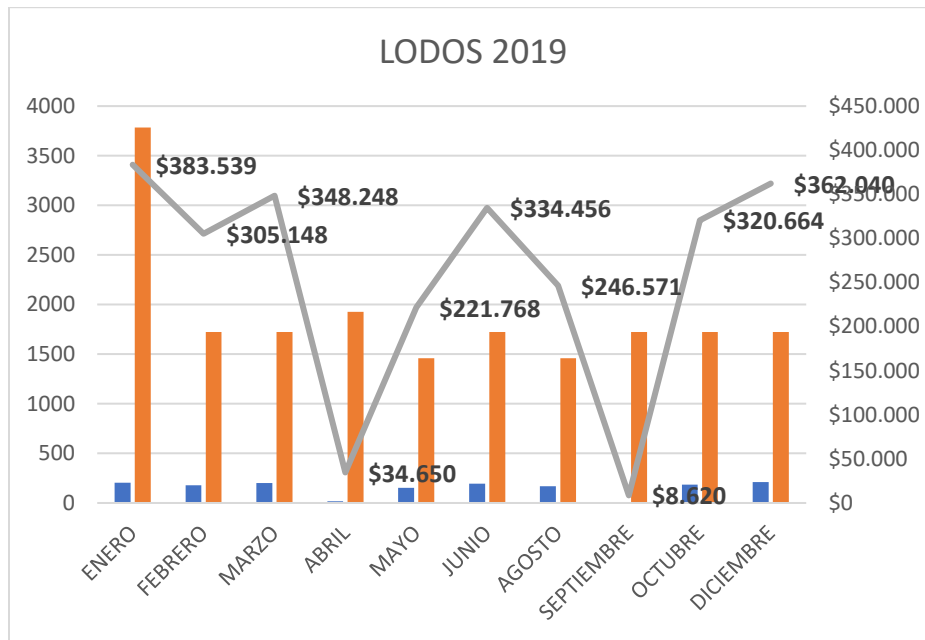
$$v. teorico = \% dilucion * gr/cm^3 + \% dilucion * gr/cm^3$$

Por medio de esta fórmula se implementó para encontrar el valor teórico de las densidades de las muestras.

Con lo cual se tomaron los datos de cada uno de los componentes anteriormente mencionados, sin dejar de lado los porcentajes que fueron de 50%-50% y 30%-70%.

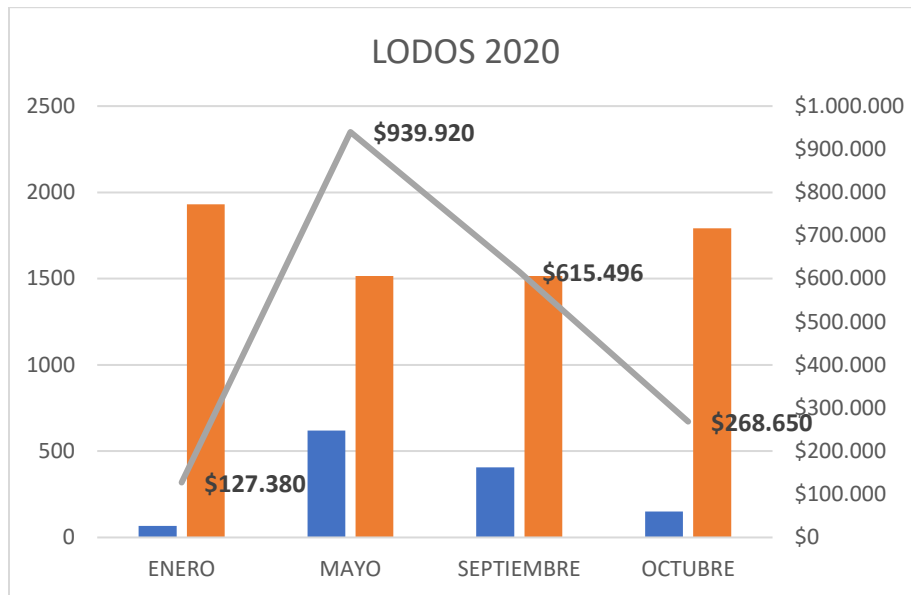
Apéndice F

Gráficos de costos para la disposición final de los residuos peligrosos 2019.



Apéndice G

Gráficos de costos para la disposición final de los residuos peligrosos 2020.



Apéndice H

Gráficos de costos para la disposición final de los residuos peligrosos 2021.



Apéndice I*Datos consumo de aceite usado como combustible alterno 2019.*

CONSUMIDO 2019	
MES	ACEITEUSADO/L
ENERO	0
FEBRERO	11,841
MARZO	0
ABRIL	393
MAYO	0
JUNIO	0
JULIO	0
AGOSTO	0
SEPTIEMBRE	0
OCTUBRE	21,034
NOVIEMBRE	0
DICIEMBRE	0
TOTAL	425,875

Apéndice J*Datos consumo de aceite usado como combustible alterno 2010.*

CONSUMIDO 2020	
MES	ACEITE USADO / L
ENERO	0
FEBRERO	0
MARZO	0
ABRIL	0
MAYO	0
JUNIO	6,015
JULIO	0
AGOSTO	0
SEPTIEMBRE	0
OCTUBRE	0
NOVIEMBRE	0
DICIEMBRE	0
TOTAL	6,015

Apéndice K*Datos consumo de aceite usado como combustible alterno 2021.*

CONSUMIDO 2021	
MES	ACEITE USADO/L
ENERO	0
FEBRERO	0
MARZO	5,477
ABRIL	0
MAYO	0
JUNIO	60,558
JULIO	0
AGOSTO	20,065
SEPTIEMBRE	66,907
OCTUBRE	31,314
NOVIEMBRE	
DICIEMBRE	
TOTAL	184,321

Apéndice L

Datos consumo de aceites y grasas en las maquinas

EQUIPO	COMPONENTE	LUBRICANTE		CANTIDAD
		TIPO	REFERENCIA	
BANDA RECIBO DIVERTIDORA DE 31405	CHUM- TAMBOR DE COLA	Grasa	MobilGrease XHP 222	40 gramos
	CHUM- TAMBOR DE CABEZA	Grasa	MobilGrease XHP 222	40 gramos
	REDUCTOR	Aceite	Mobilgear 600xp 320	7 galones
	MOTOR	Grasa	MobilLith SHC 100	10 gramos
BANDA PATIO MATERIAS PRIMAS	REDUCTOR PRINCIPAL	Aceite	Mobilgear 600xp 320	7 galones
	MOTOR	Grasa	MobilLith SHC 100	10 gramos
	ACOPLE HIDRAULICO	Aceite	Mobil DTE 26	7 litros
MIAG	UNIDAD DE ENGRASE DEL ROSCADO	Grasa	MobilGrease XHP 222	160000 gramos

PATIO PREHOMO

EQUIPO	COMPONENTE	LUBRICANTE		CANTIDAD
		TIPO	REFERENCIA	
BANDA MINA	CHUM- TAMBOR DE COLA	Grasa	Mobil Grease XHP 222	80 gramos
	CHUM- TAMBOR DE CABEZA	Grasa	Mobil Grease XHP 222	80 gramos
	REDUCTOR	Aceite	MobilGear 500XP 320	22 gramos
	MOTOR	Grasa	MobilIITH SHC 100	10 gramos
FILTRO DE MANGAS SILO DE CALIZA	CHUM-VENTILADOR	Grasa	MobilIITH SHC 100	50 gramos
	CHUM- DOBLE CLAPETA A	Grasa	Mobil Grease XHP 222	10 gramos
	CHUM- DOBLE CLAPETA B	Grasa	Mobil Grease XHP 223	10 gramos
	MOTOR DE VENTILADOR	Grasa	MobilIITH SHC 100	20 gramos

PATIO ADITIVOS

EQUIPO	COMPONENTE	LUBRICANTE		CANTIDAD
		TIPO	REFERENCIA	
ALIMENTADOR DE PLACAS TOLVA DE YESO	REDUCTOR	Aceite	Mobilgear 600xp 460	1,6 galones
	MOTOR	Grasa	N/A	
	CHUM- CABEZA COLA	Grasa	MobilGrease XHP 222	200 gramos
BANDA ENTREGA A PATIO DE ADITIVOS	MOTOR DEL VENTILADOR 1	Grasa	MobilLith SHC 100	10 gramos
	CHUM- VENTILADOR 2	Grasa	MobilLith SHC 460	30 gramos
	MOTOR DEL VENTILADOR 2	Grasa	MobilLith SHC 100	10 gramos
	CHUM- TAMBOR DE CABEZA COLA	Grasa	MobilGrease XHP 222	50 gramos
	REDUCTOR	Aceite	Mobilgear 600xp 460	15 gramos

	MOTOR	Grasa	MobilLith SHC 100	15 gramos
RECLAMADOR FRONTAL	REDUCTOR	Aceite	Mobilgear 600xp 320	15 galones
	MOTOR	Grasa	MobilLith SHC 100	15 gramos
	UNIDAD HIDRAULICA LEVANTE	Aceite	DTE 25	55 galones
	RUEDAS RECLAMADOR LATERAL	Grasa	MobilGrease XHP 222	50 gramos

MOLINO LOESCHE Y ELECTROFILTRO

EQUIPO	COMPONENTE	LUBRICANTE		CANTIDAD
		TIPO	REFERENCIA	
FILTRO DE MANGA BANDA ALIMENTACION LOESCHE	CHUM- TAMBOR DE CABEZA	Grasa	MobilGrease XHP 222	80 gramos
	REDUCTOR	Aceite	Mobilgear 600xp 320	80 gramos
	MOTOR	Grasa	MobilLith SHC 100	10 gramos
	CHUM DEL VENTILADOR	Grasa	MobilLith SHC 100	30 gramos

Apéndice M

Evaluación de impacto ambiental y mitigación a las emergencias




Apéndice N

Resultado del simulacro



RESULTADO DEL SIMULACRO

INFORME GENERAL DEL SIMULACRO			
Nombre del Evaluador	César Augusto Condia Rodríguez.		
Evento simulado	Derrame e el tanque de aceites usados.		
Sede /Área	Planta Caracolito		
Dirección	Km 3.5 vía Buenos Aires		
Fecha del ejercicio	24/04/2020	Hora	10:00 Am
DESARROLLO DE ACTIVIDADES DEL SIMULACRO			
HORA	ACTIVIDAD	OBSERVACIONES	
7:00	Reunión de Brigadistas, para repaso de procedimientos	Se realiza retroalimentación sobre aspectos importantes.	
10:00	Sonar alarma	Se escucha alarma en área operativa.	
10:05	Brigadistas se dirigen al sitio específico donde se presenta la emergencia ambiental	Personal brigadista coordina la metodología para el control de derrames dependiendo de donde fue reportada la emergencia	
10:15	<p>Etaa 1: Kit antiderrames</p> <p>Verificar si se encuentra con todos los implementos del kit antiderrames</p> <p>Etaa 2: Delimitar el área</p> <p>Acordonar el área con cinta, arena o aserrín.</p> <p>Etaa 3: Absorber</p> <p>Se realiza contención del residuo con material</p>	El material utilizado para la emergencia fue suficiente y se deja el material necesario en stock.	

3/11/2021	Derrame de aceite	Planta Caracolito	Se presento riego de aceite en el area de tanque de aceites usados	Se genero la emergencia de riego de aceite usado en esta zona por la mala administracion del material para hacer el correspondiente trasiego en las horas de la noche.	Se debe realizar una accion correctiva al momento de verter el aceite usado en el tanque para el trasiego ya que se vertio mas cantidad de la que se puede verter.	categoria 3	
-----------	-------------------	-------------------	--	--	--	-------------	---

Apéndice O

Plan de emergencias



PLAN DE EMERGENCIAS

1. OBJETIVO

Establecer el procedimiento para la preparación y respuesta en caso de que ocurra una emergencia dentro de las instalaciones de CEMEX Colombia o en el desarrollo de sus actividades; contribuyendo a preservar la seguridad y vida de los trabajadores, reducir los daños ante la ocurrencia de eventos naturales, de origen humano. Prevenir o mitigar los impactos adversos hacia el medio ambiente.

1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cumplir con los requisitos legales sobre emergencias aplicables.
- Identificar los riesgos mediante visitas e inspecciones a campo en todas y cada una de las instalaciones.
- Elaborar el análisis de riesgo que puedan generar emergencias dentro y fuera de la Organización.
- Diseñar un plan de acción para la mitigación de los riesgos identificados en el análisis de riesgos.
- Establecer niveles de respuesta ante una emergencia.
- Contar con una estructura organizacional (administrativa y operativa) para la atención de emergencias.
- Diseñar el esquema de activación, notificación y respuesta para la atención de emergencias
- Establecer procedimientos operativos y responsabilidades para la atención de emergencias.
- Capacitar y entrenar al personal en general en el uso de las medidas correctivas preventivas y operativas para el éxito en el control y manejo de cualquier situación de emergencia.
- Establecer el Plan de Evacuación, mediante la identificación de rutas de evacuación, puntos de reunión final y tiempo de salida, permitiendo la intervención inmediata y eficaz de los guías de evacuación y la Brigada para Emergencias.
- Elaborar el inventario de recursos de la organización tanto humanos, físicos, técnicos y financieros para la prevención y atención de emergencias.
- Determinar un mecanismo para revisar y auditar el Plan de Emergencia.
- Difundir el plan de emergencias a todo el personal de CEMEX Colombia.

Apéndice P

Fotos



Apéndice Q

Impactos ambientales

Medio	Componente	categoría estandarizada de impacto	Observaciones
abiótico	atmosférico	alteración a la calidad del aire	Al momento de alimentar los hornos de Clinker línea 1 y 2 con aceite usado como combustible alterno, en el proceso de combustión se generan gases de efecto invernadero
abiótico	atmosférico	alteración a la calidad del aire	El uso de diversos combustibles como el aceite usado tratado en los procesos de calentamiento de hornos produce cenizas volátiles que afectan la calidad del aire
abiótico	hidrogeológico	alteración a la calidad del recurso hídrico superficial	Fuga y riesgo de derrame en el área de tanque de aceites usados, esta zona es la encargada de bombear el lubricante usado a los hornos.
abiótico	Suelo	alteración a la calidad del suelo	Al tener un mal manejo del aceite usado en el empaque, transporte o bombeo, causa afectación directa al suelo al momento de tener riegos, genera contaminación por metales pesados
biótico	Ecosistema	alteración a ecosistemas terrestres	Al momento de tener malas prácticas en el bombeo de aceite usado, genera alto riesgo de afectación al ecosistema terrestre para la comunidad interna de la empresa.
biótico	Cobertura	alteración a cobertura vegetal	La capa del aceite usado al ser viscosa y con componentes altamente contaminantes degrada la cobertura vegetal, la zona de tanques de aceites y acopio tendrían alto riesgo.

biótico	Ecosistema	alteración a ecosistema acuático	Los operarios de mantenimiento del área de lubricación, al no tener un buen manejo pueden generar contaminación por riego de aceite en el momento de su cambio generando que la escorrentía en temporada de lluvias contamine los cuerpos de agua cercanos, así afectando el ecosistema acuático del Rio Coello.
biótico	Fauna	Alteración a comunidades de fauna terrestre	La fauna que se encuentra alrededor de la planta se encuentra en constante peligro por las zonas de almacenamiento del material ya que pueden tener fácil acceso a ellas, generalmente en el acopio principal.
Socioeconómico	Cultural	Cambio en el uso del suelo	Al momento de que la empresa se encuentre en emergencia por los contaminantes generalmente encontrados en el aceite, expulsados en el proceso de combustión pueden lograr afectar al suelo de la comunidad de Payande.