



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE ACEITES USADOS Y
SU CONTRIBUCIÓN A LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL
MEDIANTE EL COPROCESAMIENTO EN HORNOS
CEMENTEROS**

AUTOR: ING. JULIO CESAR LÓPEZ AYALA

Proyecto de investigación presentado ante el Instituto de Postgrado y Educación
Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de

**MAGÍSTER EN FORMULACIÓN, EVALUACIÓN Y GERENCIA
DE PROYECTOS PARA EL DESARROLLO**

RIOBAMBA-ECUADOR

DICIEMBRE – 2016



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, titulado “Aprovechamiento energético de aceites usados y su contribución a la sustentabilidad ambiental mediante el coprocesamiento en hornos cementeros”, de responsabilidad del Ing. Julio César López Ayala ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

Dr. Fredy Proaño PhD.
PRESIDENTE

FIRMA

Ing. Manuel Morocho M.Sc.
DIRECTOR

FIRMA

Ing. César Astudillo M.Sc.
MIEMBRO

FIRMA

Ing. Fernando González M.Sc.
MIEMBRO

FIRMA

Riobamba, Diciembre de 2016

DERECHOS INTELECTUALES

Yo Julio César López Ayala, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

FIRMA
060378829-0

©2016, Julio César López Ayala

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

DEDICATORIA

Dedico este alcance académico a Dios, razón de la vida misma, a mis hijos que son la energía de mi inspiración y fortaleza; a mi esposa, mis padres y hermanos que son el apoyo diario.

A mis amigos a quienes han llenado un espacio laboral con su soporte emocional siendo un valor muy importante.

A mis tutores, gracias por su experiencia y conocimientos profesionales.

Julio López

AGRADECIMIENTO

Finalizada la investigación previa a la obtención del título de Maestría en Formulación, Evaluación y Gerencia de Proyectos para el desarrollo; es la motivación del objetivo alcanzado donde se ha involucrado tiempo y dedicación frente a toda actividad de convivir diario, fortalecido con un crecimiento personal. Doy gracias a Dios por darme muchas oportunidades de ser mejor profesional y mejor ser humano.

Quiero agradecer de manera especial y sincera al Ing. Manuel Morocho, por aceptar dirigir la investigación, a los miembros de tribunal Ing. Fernando Gonzáles e Ing. César Astudillo que han sido un aporte invaluable en este proceso de aprendizaje.

Julio López

CONTENIDO

	Paginas
CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
SUMMARY.....	xiii
CAPITULO I	
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problema de Investigación	1
1.1.1 <i>Planteamiento del Problema</i>	1
1.1.2 <i>Formulación del Problema</i>	2
1.1.3 <i>Sistematización del problema</i>	2
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivo general.....	3
1.4 Objetivos específicos	3
1.5 Hipótesis.....	3
CAPITULO II	
2 MARCO DE REFERENCIA	4
2.1 Estudios de valorización energética de residuos peligrosos.....	4
2.2 Aspectos Legales.....	5
2.2.1 <i>Constitución del Ecuador</i>	5
2.2.2 <i>Ley de gestión ambiental</i>	6
2.3 Gestión de desechos peligros en el Ecuador	6
2.3.1 <i>Normativa de residuos peligrosos en el cantón Riobamba</i>	8
2.3.2 Información de los desechos peligrosos en el país	8
2.3.3 <i>Capacidad existente de aceites usados y su impacto ambiental</i>	9
2.3.4 <i>La generación del aceite lubricante usado en la ciudad de Riobamba</i>	11
2.4 Alternativas de gestión tecnológica de aceites usados	12
2.4.1 <i>Valorización energética de los aceites usados</i>	13
2.4.2 <i>Combustibles alternos</i>	14
2.5 Co-procesamiento de aceites usados en hornos de cemento	14
2.5.1 <i>El coprocesamiento desde la perspectiva del residuo al recurso</i>	15
2.5.2 <i>La recuperación de residuos a la reducción de las emisiones de CO2</i>	16

2.6	Valorización de aceites usados y la industria cementera	17
2.6.1	<i>El cemento</i>	17
2.6.2	<i>Producción de cemento</i>	17
2.6.3	Tecnologías	17
2.6.4	<i>Sistemas de combustión para hornos de clínker</i>	18
2.7	Características físico – químicas del aceite usado como potencial combustible.....	21
2.7.1	<i>Valor calorífico de combustión para la industria cementera.</i>	22
2.8	Impactos ambientales por uso de aceites usados en la industria cementera.....	22
CAPITULO III		
3	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	24
3.1	Metodología	24
3.1.1	<i>Diseño investigativo</i>	24
3.1.2	<i>Tipo de investigación</i>	24
3.1.3	<i>Población de estudio</i>	25
3.1.4	<i>Muestra</i>	26
3.2	Método de investigación	27
3.2.1	Técnicas de investigación	27
3.2.2	Instrumento de evaluación	28
3.2.3	Materiales y equipos	28
3.3	Modelación y procesamiento de la información	30
3.3.1	Validación del instrumento	31
CAPITULO IV		
4	RESULTADOS	32
4.1	Caracterización óptima aceite usado para combustible de horno cementero	32
4.1.1	<i>Definición de técnica análisis de varianza problema de factor</i>	32
4.1.2	Resultados de laboratorio de propiedades físico químicas	32
4.1.3	<i>Demostración experimental</i>	34
4.2	Análisis de costos proyectados en la valorización energética de aceites usados	59
4.3	Análisis de la rentabilidad del proyecto	62
4.3.1	<i>Valor actual neto (VAN)</i>	62
4.3.2	<i>Tasa interna de retorno (TIR)</i>	63
4.4	Valorización energética de aceites usados	64
4.5	Valorización energética análisis del costo & beneficio.....	64
4.6	Gestión integral de sustentabilidad ambiental de los aceites usados.....	66
4.7	Propuesta de coprocesamiento ante la sustentabilidad ambiental	67

4.7.1	<i>Política</i>	68
4.7.2	<i>Marco jurídico</i>	68
4.7.3	<i>Alcance y Aplicaciones</i>	68
4.7.4	<i>Términos y Definiciones</i>	69
4.7.5	<i>Procedimientos</i>	70
	CONCLUSIONES	75
	RECOMENDACIONES	77
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2	Número de vehículos matriculados en la provincia de Chimborazo	11
Tabla 2-2	Tasa de crecimiento vehicular en la ciudad de Riobamba	11
Tabla 3-2	Estimación de la generación de aceites usados automotrices	12
Tabla 4-2	Alternativas de Gestión Tecnológica Ambiental.	13
Tabla 5-2	Poder calorífico para distintas clases de combustibles	20
Tabla 5-3	Análisis de combustible norma ASTM para industrias	30
Tabla 7-2	Contenido de metales pesados en el combustible residuo industrial	21
Tabla 8-2	Ensayos de bases lubricantes, aceites automotrices.....	22
Tabla 9-2	Emisiones al aire de gases con carga normal del horno cementero	23
Tabla 1-3	Población de estudio aceites usados generados por la ciudad de Riobamba	26
Tabla 2-3	Resultados muestra cantidad de aceite usado a caracterizarse.....	27
Tabla 3-3	Norma de análisis de combustibles en sus propiedades físicas – químicas	28
Tabla 4-3	Equipos de laboratorio de propiedades físico química de aceites usados.....	29
Tabla 5-3	Porcentaje de la mezcla (Aceite usado y residuo industrial).	30
Tabla 1-4	Resultados del análisis físico – químico muestras dosificadas del aceite usado.	32
Tabla 2-4	Resultados estadísticos en la mezcla Residuo Petrolero y Aceite usado	59
Tabla 3-4	Comparación de resultados del ensayo de mezclas al proceso de combustible.....	60
Tabla 4-4	Proyección mensual en la generación de aceite usado de la ciudad de Riobamba ..	60
Tabla 5-4	Proyección del flujo de ingresos del proyecto aceites lubricantes usados.....	61
Tabla 6-4	Proyección del flujo de egresos del proyecto aceites lubricantes usados	62
Tabla 7-4	Indicadores de rentabilidad el proyecto aceites lubricantes usados.....	62
Tabla 8-4	Análisis del poder calorífico del aceite usado	64
Tabla 9-4	Análisis de costo & beneficio por coprocesamiento de aceite usados.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Principales residuos peligrosos no tratados por un gestor municipal.....	1
Figura 2-1	Proceso de gestión integral de desechos peligrosos.....	7
Figura 2-2	Actividad ambiental por región.....	8
Figura 2-3	Cantidad de residuos peligrosos registrados al año.....	9
Figura 2-4	El coprocesamiento en hornos de cemento	14
Figura 2-5	Reducción de la emisiones dado el coprocesamiento de residuos.....	16
Figura 2-6	Proceso de producción de cemento vía seca.....	18
Figura 2-7	Modelo de quemador de residuo petrolero y aceite usado.	19
Figura 3-1	Referencia de ubicación de proyecto investigativo	25
Figura 3-2	Técnica de control diseño de bloques del grupo al azar.....	27
Figura 1-4	Flujo de caja del proyecto	63
Figura 2-4	Condiciones de manejo de aceites usados.....	66
Figura 3-4	Condiciones de operación del aceite usado.....	66
Figura 4-4	Procedimiento al sistema de coprocesamiento de aceite usado.....	70
Figura 5-4	Ilustración coprocesamiento de aceite usado. Acopiadores primarios.....	71
Figura 6-4	Ilustración Transporte en recolección de aceite usado.	72
Figura 7-4	Ilustración de combustión ante coprocesamiento de aceite usado.	73

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el aprovechamiento energético de aceites usados generados por el parque automotor de la ciudad Riobamba y su contribución a la sustentabilidad ambiental mediante el coprocesamiento en hornos cementeros. La sustitución de los aceites lubricantes usados generados por fuentes automotrices, como parte del combustible manejado en hornos cementeros; es una estrategia que mejora los procedimientos ante una disposición final de este tipo de residuo peligroso altamente contaminante. El estudio comprueba de forma estadística las características de los aceites lubricantes usados generados por el parque automotor de la ciudad de Riobamba, determinando que su composición físico – química es apta ante una valorización energética, mediante la utilización porcentual al sistema de inyección de combustible del horno cementero de la Compañía de Economía Mixta (UCEM CEM) Planta Chimborazo. La investigación arrojó un resultado de poder calorífico de 9312 Kcal /kg de la mezcla utilizada entre aceite usado y el combustible del horno cementero. La sustitución porcentual de los aceites lubricantes usados de fuentes automotrices de la ciudad de Riobamba; generará el menor impacto ambiental ante una disposición final de este tipo de residuo, modelo de gestión que será sustentable en base a una política vigente a nivel nacional. Se recomienda una proyección de sus inversiones a mediano plazo para garantizar que el proyecto obtenga ventajas adicionales que justifiquen su accionar.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO>, <CARACTERIZACIÓN DE ACEITE USADO>, <VALORIZACIÓN ENERGÉTICA>, <COPROCESAMIENTO EN HORNO CEMENTERO>, <SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL>, <COSTO – BENEFICIO>, <GESTIÓN AMBIENTAL>.

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the scope for energy recovery from waste oils generated by the Riobamba city car park and its contribution to environmental sustainability through co-processing in cement kilns. The substitution of used lubrication oils generated by automotive sources as part of the fuel handled in cement kilns is a strategy that improves processing against a final disposal of this type of highly contaminant hazardous waste. The study tested the characteristics of the used lubricating oils generated by the city of Riobamba determining that its physicochemical composition is suitable to an energy recovery, via a percentage being utilized in the fuel injection system of the cement kiln belonging to the Compañía de Economía Mixta (UCEM CEM) Chimborazo Plant. The results of the testing yielded a heat output of 9312 Kcal / kg of the mixture used oil and cement kiln fuel. The substitution of a percentage of the used lubricating oils from automotive sources in the city of Riobamba, will generate the least environmental impact before a final disposition of this type of waste, a management model that would be sustainable based on a policy in force at the national level. A medium-term projection of its investments is recommended to ensure that the project could obtain additional benefits that would justify its implementation.

Keywords: <TECHNOLOGY ENGINEERING SCIENCES>, <MAINTENANCE ENGINEERING>, <USED OIL CHARACTERIZATION>, <ENERGY RECOVERY>, <CO-PROCESSING IN CEMENT KILNS>, <ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY>, <COST - BENEFIT>, <ENVIRONMENTAL MANAGEMENT>.

CAPITULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Problema de Investigación

Es inminente la existencia de una corriente mundial en pro de la conservación del medio ambiente. Como lo menciona Boesch, M., & Hellweg, S. (2010), a medida que las sociedades han evolucionado los cambios a nivel de producción y de consumo generan el aumento en los volúmenes de desechos peligrosos.

1.1.1 Planteamiento del Problema

En el Ecuador (2012), según datos reportados del Banco Central, el ingreso de bases aceitosas fue aproximadamente 63 497 toneladas, obteniéndose una recolección de aceite lubricante usado de aproximada de 61 736,76 kg/año.

Al año 2012 en el país el 3 % de los aceites usados, fueron tratados por gestores municipales o autorizados, la (Figura 1-1), muestra el consumo de lubricantes de fuentes automotrices.



Figura1-1. Principales residuos peligrosos no tratados por un gestor municipal.

Fuente: INEC (2012). Encuesta de información Ambiental Económica.

Es así que los países en vías de desarrollo, la problemática vinculada a la gestión y disposición final de los residuos peligrosos muestra una falta de estructura, lo que ha ocasionado altos impactos ambientales.

Por tal motivo la disposición final de los aceites lubricantes usados provenientes de fuentes automotrices, constituye un problema ambiental crítico en la ciudad de Riobamba; ocasionando un aumento de la contaminación del aire, agua y suelo.

1.1.2 *Formulación del Problema*

¿De qué manera el aprovechamiento energético de aceites usados generados por el parque automotor de la ciudad Riobamba, contribuye a la sustentabilidad ambiental mediante el coprocesamiento en hornos cementeros?

1.1.3 *Sistematización del problema*

¿La caracterización de aceites usados generados por el parque automotor de la ciudad Riobamba, contribuye a la sustentabilidad ambiental mediante el coprocesamiento en hornos cementeros?

¿El valorar energéticamente los aceites usados generados por el parque automotor de la ciudad Riobamba, contribuye a la sustentabilidad ambiental mediante el coprocesamiento en hornos cementeros?

¿El sistema de gestión ante la disposición final de aceites usados generados por el parque automotor de la ciudad Riobamba, contribuye al programa de sustentabilidad ambiental mediante el coprocesamiento en hornos cementeros?

1.2 *Justificación*

La presente investigación promueve alternativas que permita una adecuada disposición final del aceite lubricante usado generado por el parque automotor de la ciudad de Riobamba.

Estrategia que basa en el aprovechamiento energético frente a la sustitución porcentual del total de combustible de origen fósil empleado en el horno cementero de UCEM CEM Planta Chimborazo, con el mínimo de efectos negativos al medio ambiente.

En base a una caracterización de la composición físico – química del aceite usado de fuentes automotrices y un tratamiento estadístico de los resultados, se determinará la reducción de contaminantes; demostrándose un ahorro energético bajo una sustentabilidad ambiental que mejora la calidad de vida de la población en general.

1.3 Objetivo general

Evaluar el aprovechamiento energético de aceites usados generados por el parque automotor de la ciudad Riobamba y su contribución a la sustentabilidad ambiental mediante el coprocesamiento en hornos cementeros.

1.4 Objetivos específicos

- Analizar la cantidad de volumen de aceites lubricantes de fuentes automotrices de la ciudad de Riobamba y caracterizar su composición en base a la sustitución porcentual del combustible empleado en el horno cementero de UCEM CEM Planta Chimborazo.
- Determinar el aprovechamiento energético por el uso de los aceites lubricantes residuales ante un desarrollo tecnológico y análisis financiero en plantas de producción de cemento.
- Describir un modelo de sustentabilidad ambiental mediante la disposición final de aceites lubricantes usados de fuentes automotrices en hornos cementeros bajo normativa legal vigente en el país.

1.5 Hipótesis

El proponer un aprovechamiento energético en base a la caracterización de los aceites usados generados por el parque automotor del cantón Riobamba contribuye a la sustentabilidad ambiental mediante el coprocesamiento en hornos cementeros.

CAPITULO II

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 Estudios de valorización energética de residuos peligrosos

Por desconocimiento de procedimientos técnicos, por ausencia de normativas sobre su reutilización, los aceites usados requieren de análisis previos. En la revisión bibliográfica realizada, se ha encontrado información importante a conceptos de gestión ambiental que relaciona al objeto de este estudio:

De acuerdo a GTZ/Holcim. (2006). Su artículo denominado “Residuos Peligrosos”, la gestión ambiental es entendida como el manejo participativo de las situaciones ambientales de una región que involucra la participación de una planta productora de cemento, mediante los instrumentos jurídicos, de planeación, tecnológicos y económicos, lograron el mejoramiento de la calidad de vida de la población dentro de un marco de sostenibilidad ambiental.

Para López, et al. (2012). Señala en su estudio “Mejora del rendimiento en una cementera mediante el empleo de combustibles alternativos.” el Ministerio de Minas y Energía menciona que todo residuo o desecho que pueda causar daño a la salud o al medio ambiente es considerado como un residuo peligroso, fundamento por el cual los gobiernos tienen la responsabilidad de promover medidas para reducir al máximo la generación, así como establecer políticas y estrategias para que su eliminación.

Menciona Hernández (2009). Investigación “Gestión Ambiental en Pequeños Municipios”, analiza un proceso técnico-administrativo, financiero y político, por medio del cual las autoridades encargadas organizan un conjunto de recursos de diversa índole, que tienen como finalidad la protección, manejo, preservación del ambiente y de los recursos naturales renovables.

Lo anterior, en concordancia con lo señalado por la Ley de Gestión Ambiental de Ecuador, a saber: la gestión ambiental es un proceso que está orientado a resolver, mitigar y/o prevenir los problemas de carácter ambiental. La gestión ambiental es entendida, en términos pragmáticos, busca soluciones a los problemas ambientales. (MAE, 2012)

2.2 Aspectos Legales

2.2.1 Constitución del Ecuador

La nueva Constitución Política publicada en el Registro Oficial (R.O.) N° 449 el 20 de octubre de 2008, sintetiza e integra los conceptos ya conocidos del Desarrollo Sustentable y la filosofía del Buen Vivir Plan Nacional 2013 – 2017. Considerando el presente proyecto, se ha estimado pertinente, mencionar una revisión importante de aspectos legales (Constitución de la República del Ecuador, 2008), basada en los siguientes aspectos:

Biosfera, ecología urbana y energías alternativas. El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua. (Art. 413).

El Buen Vivir Plan Nacional 2013 – 2017, dentro de sus prioridades esta la conservación y el uso sostenible los recursos naturales, la inserción de tecnologías ambientalmente limpias, la aplicación de la eficiencia energética, así como la prevención, el control y la mitigación de la contaminación y la producción. (SENPLADES, 2014)

En base a este enfoque transversal surge estrategia aplicados en la formulación de esta investigación siendo los siguientes a continuación mencionados:

- **Objetivo 7. Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global.**

Objetivo 7.7. Promover la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles como medida de prevención de la contaminación ambiental.

Literal b). Promover investigaciones para el uso y la generación de energías alternativas renovables, bajo parámetros de sustentabilidad en su aprovechamiento.

Objetivo 7.8. Prevenir, controlar y mitigar la contaminación ambiental en los procesos de extracción, producción, consumo y posconsumo

Literal h). Desarrollar e implementar normas técnicas y estándares de calidad ambiental en el manejo integral de todo tipo de residuos, especialmente desechos peligrosos, aceites, minerales usados, hidrocarburos, desechos especiales, eléctricos y electrónicos, sustancias químicas y radioactivas, emisiones y vertidos y los contaminantes orgánicos persistentes, así como el uso de las radiaciones ionizantes, para precautelar la salud de las personas y reducir la contaminación ambiental.

▪ **Objetivo 10: Impulsar la transformación de la matriz productiva**

Objetivo 10.9. Impulsar las condiciones de competitividad y productividad sistémica necesarias para viabilizar la transformación de la matriz productiva y la consolidación de estructuras más equitativas de generación y distribución de la riqueza.

Literal e). Articular las acciones y metas de generación de energías limpias y eficiencia energética, con la estrategia de transformación de la matriz productiva.

2.2.2 Ley de gestión ambiental

La Ley de Gestión Ambiental establece normas básicas para la aplicación de políticas ambientales, así como un esquema de administración ambiental por parte del país a través de un manejo horizontal presidido por el Ministerio de Medio Ambiente.

Por otro lado, bajo registro oficial N° 061, se emite el Texto Unificado de Legislación Secundaria, 2015; en ella se definen las normas de calidad ambiental para los diferentes recursos o componentes.

En cuanto a la salud y seguridad ambiental, la autoridad sanitaria nacional en coordinación con el Ministerio de Ambiente, establecerá las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana, las mismas que serán de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales, entidades públicas, privadas o comunitarias.

2.3 Gestión de desechos peligrosos en el Ecuador

Se define al **desecho peligroso** a aquellos desechos sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos resultantes de un proceso de producción, transformación, reciclaje, utilización o consumo y que contengan algún compuesto que tenga características reactivas, inflamables, corrosivas, infecciosas o tóxicas, que represente un riesgo para la salud humana, los recursos naturales y el ambiente de acuerdo a las disposiciones legales. (TULS, 2015).

Art. 85 Gestor o prestador de servicios para el manejo de desechos peligrosos y/o especiales. - Constituye toda persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera, que presta servicios de almacenamiento temporal, transporte, eliminación o disposición final de desechos peligrosos y/o especiales.

“El gestor para tal efecto, tiene la obligación de obtener un permiso ambiental, según lo establecido en este Libro”.

Art. 86 Del generador de desechos peligrosos y/o especiales. - Corresponde a cualquier persona natural o jurídica, pública o privada que genere desechos peligrosos y/o especiales derivados de sus actividades productivas o aquella persona que esté en posesión o control de esos desechos.

La gestión integral de los desechos peligrosos; proceso identificado (**Figura 2-1**); señala responsabilidades particulares en cada una de sus etapas.

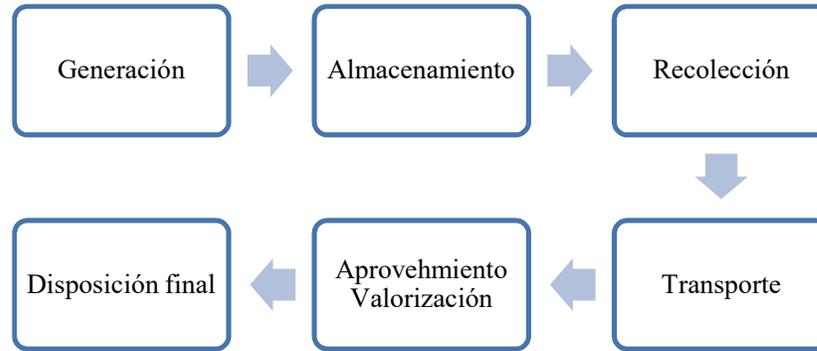


Figura 2-1. Proceso de gestión integral de desechos peligrosos.

Fuente: Ministerio del ambiente TULS, 2016

Art. 91 Del almacenaje de los desechos peligrosos y/o especiales. - Los desechos peligrosos y/o especiales deben permanecer envasados, almacenados y etiquetados, aplicando para el efecto las normas técnicas pertinentes establecidas por la Autoridad Ambiental Nacional y la Autoridad Nacional de Normalización, o en su defecto normas técnicas aceptadas a nivel internacional aplicables en el país.

Art. 123 Del aprovechamiento. - En el marco de la gestión integral de los desechos peligrosos y/o especiales, bajo el principio de jerarquización de los mismos y el de responsabilidad extendida del productor, es obligatorio para las empresas privadas generadoras del desecho, el impulsar y establecer programas de aprovechamiento-tratamiento o reciclaje como medida para la reducción de la cantidad de desechos peligrosos.

Art. 124 De la disposición final generalidades. - En el caso de desechos peligrosos, la disposición final se lo realiza en celdas o rellenos de seguridad que cuenten con el respectivo permiso ambiental.; por lo cual priorizará la prevención o minimización de la generación, el aprovechamiento, la valorización y deberá demostrar que no existen métodos de eliminación dentro y fuera del país aplicables para el desecho en cuestión.

2.3.1 Normativa de residuos peligrosos en el cantón Riobamba

En el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de ambiente en su *Artículo 57 Responsabilidades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales* señala que se garantizarán el manejo integral de residuos y/o desechos sólidos generados en el área de su competencia, ya sea por administración o mediante contratos con empresas públicas o privadas.

La ordenanza municipal (GADM de Cantón Riobamba , 2013) más actual vigente es la N° 008 del año 2004, que menciona para *la prevención y control de la contaminación por desechos industriales, de servicios, florícolas y otros de carácter peligroso generados por fuentes fijas del cantón Riobamba*. Cabe tomar en cuenta que del Acuerdo Ministerial se destaca:

Art. 25 Licencia Ambiental. - Es el permiso ambiental otorgado por la Autoridad Ambiental Competente de carácter obligatorio para aquellos proyectos, obras o actividades considerados de medio o alto impacto y riesgo ambiental.

2.3.2 Información de los desechos peligrosos en el país

El control de los desechos peligrosos y su eliminación, en el Ecuador, de acuerdo a (Gordon, 2005) se estima una generación anual total de 35.484 toneladas de desechos peligrosos, , el 44.5% se encuentran en estado líquido, el 55% en estado sólido y el 0.5% en estado gaseoso.

En el año 2014, solamente el 7,76 % de los hogares ecuatorianos al menos realiza actividades relacionadas con la protección del medio ambiente (**Figura 2-2**), registro ante desarrollado por actividad ambiental por región ecuatoriana.

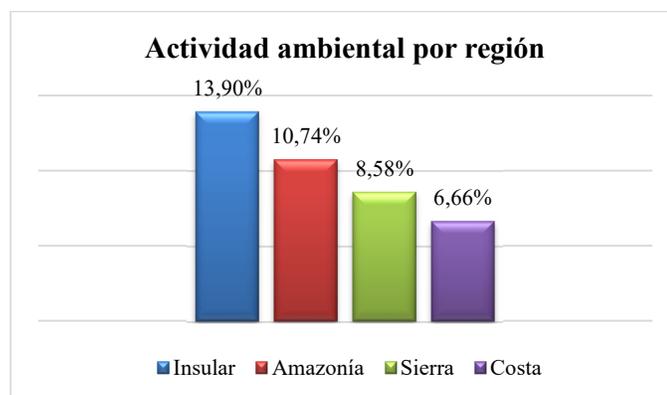


Figura 2-2. Actividad ambiental por región

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, 2012

De acuerdo al INEC, 2012 en el Ecuador, el 56% de los desechos peligrosos no reciben ningún tipo de tratamiento, el 32% se sujetan a algún tipo de reciclaje, el 12% reciben algún tipo de tratamiento previo a su descarga. (Figura 2-3),



Figura 2-3. Cantidad de residuos peligrosos registrados al año.

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, 2012

2.3.3 Capacidad existente de aceites usados y su impacto ambiental

El promedio en la generación de residuos peligrosos en el país para el caso del aceite lubricante usado de fuentes automotrices **Figura 4**, es de 61736,764 kg/año. Los aceites están constituidos por una base lubricante y una serie de aditivos; dependiendo del uso, la base lubricante sea mineral (proveniente del petróleo crudo o hidrocarbúrica), sintética o vegetal. Según Gonzalez (2008), genera la definición:

El termino aceite lubricante usado, tiene dos connotaciones, puesto que se lo utiliza para los lubricantes que están siendo utilizados, como también a los conocidos como aceites de desperdicio o quemados.

En el caso de automotores el aceite lubricante usado de cárter es el líquido aceitoso, pardo a negro, que se remueve del motor de un automóvil cuando este ha cumplido su función. De acuerdo a Delgado & Parra (2007) genera información sobre su investigación menciona:

Los productos químicos que se encontrarán en el aceite usado de cárter de todos los automóviles varían dependiendo de la marca o del tipo de aceite, el uso sea este a gasolina o diésel, y la condición del motor. Éste no se lo encuentra naturalmente en el ambiente como un contaminante, salvo su mala gestión.

El aceite lubricante después de su uso, adquiere concentraciones elevadas de metales pesados producto principalmente del desgaste del motor o maquinaria que lubricó. La presencia de solventes clorados, junto con altas concentraciones de algunos metales pesados constituyen la principal preocupación por la toxicidad.

Debido a que generalmente el aceite usado es comercializado como combustible debido a su poder calorífico, el principal impacto ambiental se concentra en la mala gestión del aceite que se origina en la combustión en condiciones no adecuadas. (p.p. 25-44).

En el Ecuador, no se han cuantificado el daño ambiental que causa los desechos resultantes del parque automotor. Son considerados potencialmente peligrosos al medio ambiente debido a esparcirse en grandes áreas en el medio biótico Rosales (2008) descrita a continuación:

Contaminación del aire. Si se determinaría por quemar 5 litros de aceite usado, sola o con combustibles, emitiríamos una contaminación atmosférica a través de la combustión incontrolado de los mismos, debido a que los componentes de metales, cloro, que contienen producen gases tóxicos que deben ser depurados que *contaminarían un volumen de aire equivalente al que respira un adulto a lo largo de 3 años de su vida.*

Contaminación del agua. Uno de los puntos ambientales donde puede producirse un alto impacto por contaminación es el agua. El vertido de aceites usados en los cursos de aguas deteriora notablemente la calidad de las mismas, al ocasionar una capa superficial que impide la oxigenación de las aguas y produce la muerte de los organismos que las pueblan. *El aceite usado no puede verterse en el agua 1 litro de aceite contamina 1.000.000 litros de agua.*

Contaminación del suelo. En efecto, los hidrocarburos saturados que contiene el aceite usado no son degradables biológicamente, recubren las tierras de una película impermeable que destruye el humus vegetal y, por tanto, la fertilidad del suelo. El vertido de aceite en el terreno, *cotamina el suelo, puede infiltrarse contaminado el agua subterránea, o escurrir o ser arrastrado por el agua de lluvia y contaminar los cursos de aguas.* (p.p.71-76)

Una manipulación incorrecta, en cualquier instancia del sistema de gestión integral de los aceites lubricantes usados, refiriéndose básicamente uso de recipientes inadecuados que pueden ser corroídos o un deterioro de las instalaciones de tratamiento, almacenamiento del aceite, puede ocasionar goteos o fugas.

2.3.4 La generación del aceite lubricante usado en la ciudad de Riobamba.

La situación en el país, en la última década ha sido notorio el incremento del parque automotor en distintas provincias. Es así, para el caso de la provincia de Chimborazo al 2015, el número vehículos motorizados (**Tabla 1-2**) fueron matriculados una cantidad de 40 541 unidades.

Tabla 1-2. Número de vehículos matriculados en la provincia de Chimborazo

	USO DEL VEHÍCULO			
	PARTICULAR	ALQUILER	ESTADO	MUNICIPIO
Provincia Chimborazo	40 541	1 863	825	272
TOTAL				43 511

Fuente: Agencia Nacional de Transito ANT, 2014

Según fuente del GADM de Riobamba al año 2012 su parque automotor generó un aproximado de 20 279,50 galones de aceite usado mensual. (Cadena, 2014)

El destino final del aceite usado de fuentes automotrices en la ciudad de Riobamba su recolección se lo realiza en el mercado en condiciones informales como la fabricación de cal, combustible en elementos quemadores en calderas, fabricación de bloques y alcantarilla.

La generación de este tipo de residuo lo relaciona al sector automotriz ante el recambio del aceite por tareas de mantenimiento a vehículos en general. La (**Tabla 2-2**) se muestra según información del GADM de Cantón Riobamba (2014) se determinó una estimación porcentual en las tasas de crecimiento a continuación señalada.

Tabla 2-2. Tasa de crecimiento vehicular en la ciudad de Riobamba

AÑO	TASA DE CRECIMIENTO		
	AUTOS	BUSES -PESADOS	CAMIONETAS
2007	2.43%	2.66%	2.26%
2011	2.43%	2.66%	2.26%
2018	2.17%	1.95%	2.03%
2027	1.78%	1.60%	1.69%

Nota: La tasa de crecimiento vehicular entre el año 2012 al 2014 fue del 16.87%

Fuente: GADM de Cantón Riobamba, 2014

La estimación frente a la generación de aceites usados al año 2018 del parque automotor de la ciudad de Riobamba, frente al análisis efectuado la (**Tabla 3-2**), se presenta datos registrados in situ en centros técnicos de mantenimiento automotriz obteniéndose la siguiente información:

Tabla 3-2. Estimación de la generación de aceites usados automotrices

TIPO AUTOMOTOR	TOTAL AUTOMOTORES	CONSUMO MENSUAL DE ACEITE USADO (GALONES)	TOTAL MENSUAL DE ACEITES USADOS (GALONES)
AUTOS	38856	1	38856
PESADOS	3215	5	1675
CAMIONETAS	7996	2,5	19990
TOTAL	50067	8.5	74921

Fuente: Centros técnicos de mantenimiento automotriz ciudad de Riobamba, 2016

2.4 Alternativas de gestión tecnológica de aceites usados

En la disposición de aceites lubricantes usados, en casi todos los países del mundo existen tendencias muy bien definidas, estas son la regeneración o re-refinación y la valorización energética.

Según Cruz (2009) menciona en la (**Tabla 4-2**) las distintas alternativas de gestión de aceites usados.

Para la regeneración o re-refinación y la valorización energética es necesario considerar de aquí en adelante al aceite lubricante usado como una sustancia susceptible de ser utilizada como materia prima o como una fuente energética.

La re-utilización destinada para distintos usos, genera un procesamiento del aceite lubricante usado, el mismo que puede ser aprovechado en otros procesos como para las alternativas de regeneración o re-refinación y valorización energética.

Dependiendo del tipo de tecnología que se utilice para la regeneración y a las especificaciones técnicas para ser utilizado como combustible en el caso de la alternativa de valorización energética. El aceite comercializado en los mercados internacionales como nacionales, es de procedencia de base mineral y semisintética. Debido a las ventajas que presentan, existe una tendencia en remplazar el aceite lubricante de base mineral por los sintéticos lo cual dificulta los procesos de recuperación. (p.p. 46-68)

Tabla 4-2. Alternativas de Gestión Tecnológica Ambiental.

FACTORES CLAVE	TECNOLOGÍA HORNO CEMENTERO
Cantidad de Aceites Existe la suficiente cantidad de aceites usados para tratarlos y procesarlos como combustibles.	Adecuada
Aprovechamiento Energético Producir aceites re- refinados causa un gasto de energía.	Elevado
Políticas que regulen la aplicación Existe política ambiental las sobre aprovechamiento energético y coprocesamiento.	Adecuada
Vialidad Ambiental Existe una viabilidad ambiental para la quema de aceites lubricantes usados en hornos cementeros..	Positiva*
Nivel tecnológico Las empresas cementeras constan de tecnología en su proceso sin mayor afectación al ambiente. La re-refinación requiere alta tecnología que mitiga los impactos ambientales.	Nivel Medio
Inversión Económica El proceso de refinamiento tiene un costo elevados, comparados al proceso en u horno cementero que su tecnología está dentro del proceso.	Casi Nula
Factor de Riesgo Económico El riesgo económico hace referencia a la incertidumbre producida en el rendimiento de la inversión.	Bajo

Fuente: Alternativas tecnológicas de gestión de aceite usado GTZ/Holcim. (2006).

2.4.1 Valorización energética de los aceites usados

La valorización energética tiene por objetivo la sustitución parcial de los combustibles fósiles tradicionales por combustibles derivados de residuos, mediante la generación de energía y/o la recuperación de calor; sin poner en riesgo la salud humana y sin la utilización de métodos que puedan dañar al ambiente. (Lagarinhos & Tenório, 2008)

La alternativa considera, la de utilizar el aceite lubricante usado como combustible, esto en industrias que cumplan con especificaciones técnicas en sus hornos industriales, calderas e incineradores.

La industria cementera, por un lado, han presentado un constante interés en utilizar el aceite lubricante usado como combustible y por otro lado cumplen con los requerimientos técnicos de combustión. debido a su proceso y a las altas temperaturas, presentan características apropiadas para quemar el aceite lubricante usado sin causar mayores perjuicios al ambiente.

2.4.2 Combustibles alternos

Un combustible alternativo es el producto obtenido a partir de uno o varios residuos industriales con poder calorífico, que cumple con una especificación definida y reglamentada por la autoridad ecológica. También se conocen con el nombre de combustibles secundarios, derivados de desechos. (PNUMA, 2012)

El análisis generado por Diosdado (2009), los residuos industriales más adecuados para la formulación de combustibles alternos son: aceites y grasas usados, solventes gastados, lodos de pinturas, lodos orgánicos, adhesivos, residuos plásticos, entre otros.

Esta alternativa permite seleccionar el componente del aceite usado con cualquier otro combustible de origen fósil generándose en variable investigativa y desarrollo tecnológico, que permitan el aprovechamiento energético de estos recursos a partir de criterios de alternativas de gestión tecnológica ambiental.

2.5 Coprocesamiento de aceites usados en hornos de cemento

El coprocesamiento es la destrucción de residuos en los hornos de la industria cementera. Estos residuos sirven como energía térmica o materia prima en el proceso de producción de cemento. (FICEM, 2014).

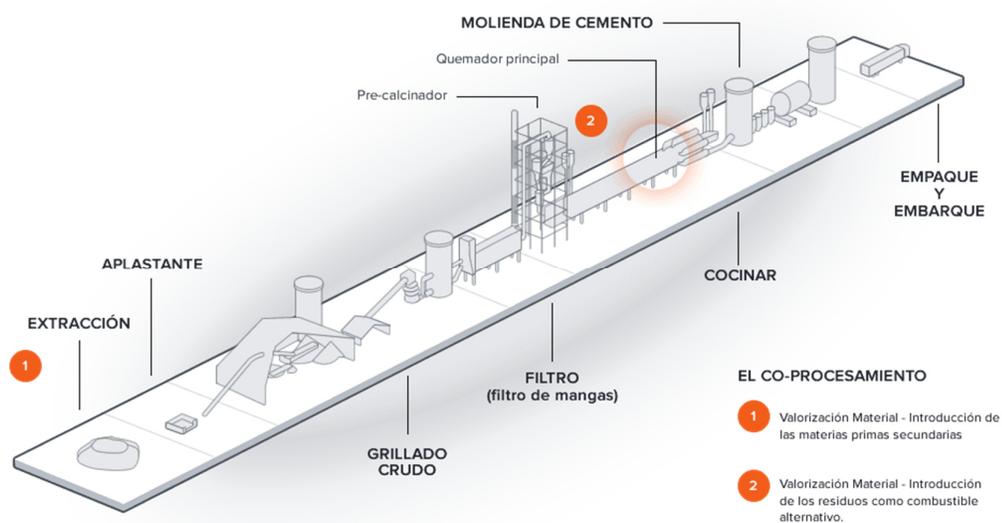


Figura 2-4. El coprocesamiento en hornos de cemento

Fuente: GHZ/Holcim. Diagrama planta cementera área de clinkerización

Este método es ampliamente utilizado en Europa, Estados Unidos y Japón, desde hace casi 40 años y comenzó a ser usada en Latinoamérica en el año 2006 con la cementera Holcim en Costa Rica. Esta es una tecnología que utiliza materiales de desecho en industrias que tienen un alto consumo energético, tales como la industria cementera (**Figura 2-4**), muestra una ilustración frente al proceso productivo.

El coprocesamiento de residuos en hornos de cemento es forma de eliminación segura de los grandes volúmenes de residuos. Además, cabe señalar que no altera la calidad del cemento y presenta una alta eficiencia y recuperación total del poder calorífico. La utilización de residuos industriales como combustible y materia prima alternativa para lo cual utiliza residuos para sustituir parcialmente el combustible que alimenta la llama del horno para convertir piedra caliza y arcilla en clínker.

2.5.1 El coprocesamiento desde la perspectiva del residuo al recurso

La industria cementera tiene el compromiso de asegurar que la sociedad disponga de suficiente cemento para cubrir necesidades y, al mismo tiempo, reducir el uso de combustibles y materias primas no renovables, disminuyendo así las emisiones.

Por otro lado, a partir del criterio de Latorre (2000), menciona el coprocesamiento como la integración ambientalmente segura de los residuos de una industria o fuente conocida a otro proceso productivo.

El coprocesamiento en la industria cementera es la forma óptima de recuperación de la energía y la materia de residuos. Ofrece una solución sólida y segura para la sociedad, el medio ambiente y la industria cementera, sustituyendo los recursos no renovables por residuos bajo estrictas medidas de control. Los tipos de residuos que pueden usarse en una planta cementera varían en función de cada instalación.

Como regla básica, los residuos aceptados como combustible y/o materia prima alternativa deben aportar un valor añadido al horno de cemento en términos de poder calorífico del valor material de la parte mineral.

Algunos combustibles alternativos cumplirán a la vez ambos requisitos, haciendo difícil formular un criterio general en relación a los materiales que son coprocesados en la industria cementera. (p. 55-96)

2.5.2 La recuperación de residuos a la reducción de las emisiones de CO₂

Las características que hacen de los hornos de cemento una alternativa técnica y ambientalmente adecuada para el tratamiento de residuos lo explica el GTZ/Holcim (2006) a partir de los siguientes dos aspectos: la destrucción de componentes orgánicos y la recuperación de energía y reducción de emisiones a la atmósfera.

Destrucción de componentes inorgánicos. Durante la incineración de residuos peligrosos impone una temperatura superior a 850°C por al menos 2 segundos para la incineración de residuos peligrosos no clorados.

El análisis de temperatura del horno de clinkerización será un análisis ante la investigación desarrollada en empresa de UCEM CEM, Planta Chimborazo.

Recuperación de energía y reducción de emisiones a la atmósfera. Con el coprocesamiento de residuos industriales, según Genon (2008), no existe un incremento en las emisiones de los hornos, sino un ahorro relevante en términos de emisiones de CO₂, SO₂ y NO_x liberadas a la atmósfera dado que los residuos reemplazan otros combustibles fósiles que generan mayores niveles de CO₂.

Debido a que su eliminación en hornos cementeros, la **(Figura 2-5)** compara las emisiones de residuos frente a las de origen fósil, donde su análisis se observa su reducción en experiencias de combustión (incineradores, quemas a cielo abierto, combustiones incontroladas) para la incineración de los residuos.

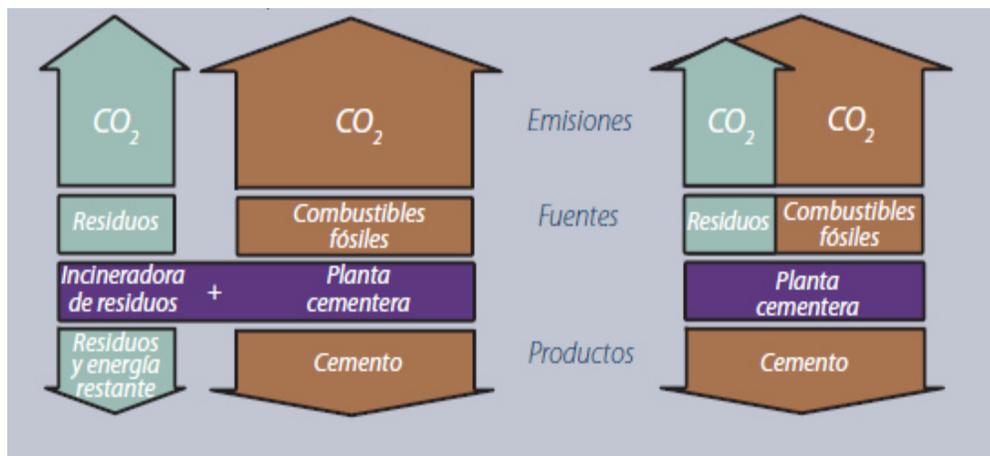


Figura 2-5. Reducción de las emisiones dado el coprocesamiento de residuos

Fuente: Disminución de emisiones globales (FICEM, 2011)

2.6 Valorización de aceites usados y la industria cementera

2.6.1 El cemento

El cemento es un polvo fino mezcla de diversos compuestos, que tiene propiedades conglomerantes y fragua de mezclarse con agua. La principal materia es el clínker, el cual es producto de la calcinación de la caliza. (Duda, 1977)

En nuestro país existen tres empresas productoras: Cementos Rocafuerte Holcim, Cementos Selva Alegre Lafarge, UCEM CEM Planta Chimborazo, concentrando el 67.90%, el 17.74% el 14.27% del mercado nacional, respectivamente. (FICEM, 2014)

En nuestro país, la totalidad del consumo de cemento es de producción nacional y su utilización está destinada a la industria de la construcción. En el caso de la Unión Cementera Compañía de Economía Mixta, la planta de Chimborazo tiene un promedio de 600 toneladas de clínker y un aproximado de 90 toneladas hora de producción de cemento. (UCEM CEM, 2016)

2.6.2 Producción de cemento

La producción de cemento recibe gran atención en el campo de la sostenibilidad debido a su alto consumo de energía, intensidad del uso de recursos y su gran demanda a nivel mundial. (Boesch, M., & Hellweg, S., 2010)

La fabricación de cemento inicia con la extracción de la materia prima, en donde la piedra caliza es el principal componente. Una vez molida, la caliza es mezclada con otras materias, como lo son arcilla, hierro, silicio y aluminio; formando una mezcla que es llamada crudo. Esta mezcla es enviada a los hornos, dónde se cocina a temperaturas entre los 1200 y 1500°C y se da la formación del clínker. Este material es enfriado y mezclado con una pequeña cantidad de otros materiales Boesch, M., & Hellweg, S (2010), la producción mundial de cemento en el 2009 fue alrededor de 2,8 giga toneladas.

2.6.3 Tecnologías

La fabricación del cemento para el análisis de su tecnología según Duda, 1977 inicia con la extracción de las materias primas de la cantera, luego estas son transportadas a la planta por camiones o bandas para continuar con el proceso de trituración de estas materias primas extraídas, posterior a esto se da una pre homogenización de los materiales.

Cada una de estas materias primas es almacenada, para luego continuar con la molienda de la materia prima y la homogenización el material. Posterior a esto, el proceso de calcinación se da en hornos rotatorios en donde la harina cruda se convierte en clínker, este clínker tiene forma esférica con diámetro de 3 a 4 cm. El clínker luego es enfriado y se le añaden los aditivos. Continúa el proceso de molida para obtener así el cemento que finalmente es enviado a silos de almacenamiento para posterior politizado y despacho (GTZ/Holcim, 2006)

La (Figura 2-6) se muestra un esquema simplificado de la fabricación del cemento y observan los siguientes sub- procesos: 1. Extracción de las materias primas en canteras, 2. Trituración, 3. Pre homogenización.; 4. Molienda de crudo 5. Homogenización, 6. Preparación de combustibles, 7. Proceso de combustión – clinkerización, 8. Molienda de cemento, 10. Ensayado y despacho.

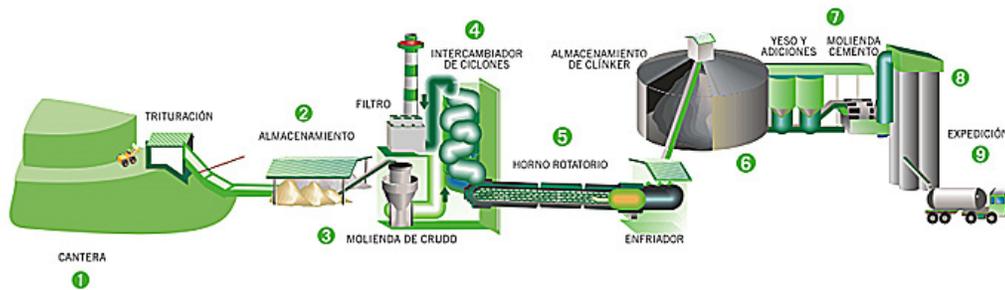


Figura 2-6. Proceso de producción de cemento vía seca.

Fuente: Guía proceso productivo de cemento Planta Flacema España 2015.

2.6.4 *Sistemas de combustión para hornos de clínker*

Los hornos rotativos cementeros, su función principal es la calcinación de caliza para producir clínker, materia prima de la producción del cemento, siendo un consumidor de grandes cantidades de energía.

Hay dos tipos de proceso básicos en la producción de cemento, proceso seco (vía seca) con precalentador y el proceso húmedo (vía húmeda). Según Diosdado (2009), los hornos largos de vía seca son de tecnologías que incorporan al menos el precalentador en el sistema. Esto debido a su baja eficiencia en la transferencia de calor y alto consumo de energía.

El horno rotativo de cemento el principal factor a controlarse es la combustión, siendo su principal función quemar por completo cualquier combustible sea de origen fósiles, carbón, coque, aceite, gas natural, combustibles de desecho, entre otros. Una reacción de combustión es el proceso clave en la fabricación de cemento, que transforma la materia prima en clínker.

La alta temperatura de la llama, el tiempo de residencia del gas, la turbulencia dentro del horno y otros parámetros en la combustión para la producción de cemento son ideales, e incluso superiores a las requeridas, para la destrucción ambientalmente segura de residuos peligrosos. La temperatura de la llama depende de la composición química del combustible y de la cantidad de exceso de aire que participa en la combustión en uno de sus elementos llamado quemador como muestra la (Figura 2-7) a continuación presentada.

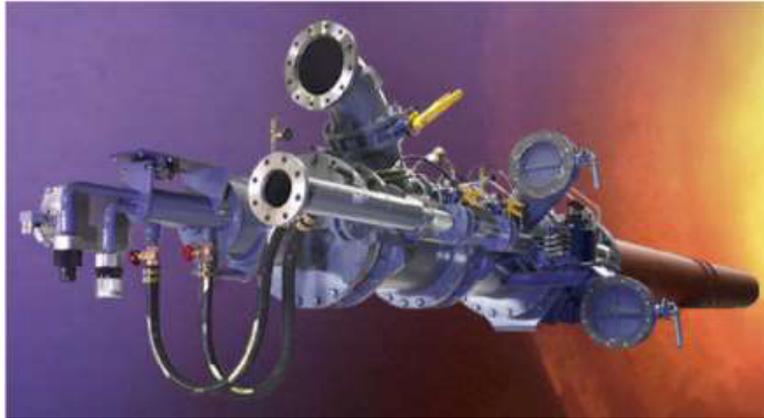


Figura 2-7. Modelo de quemador de residuo petrolero y aceite usado.

Fuente: Tecnología francesa PILLARD. UCEM CEM, Planta Chimborazo (2015).

Un quemador funciona como un inyector cuyo propósito es atraer el aire secundario que viene hacia la llama a fin de que el combustible se quemé lo más cerca posible de la línea central del horno rotativo de los siguientes factores dominantes:

La temperatura del aire de combustión depende del calor del material quemado. Cantidad óptima de exceso de aire. La velocidad de mezclado del combustible y el aire de combustión. El tipo y la cantidad de combustible utilizado. Con el paso del tiempo se ha ido mejorando la eficiencia energética. Es por ello que una alternativa para reducir el consumo energético en la fabricación de cemento, es emplear otras sustancias diferentes a las de origen fósil como combustibles.

El grado de sustitución de los combustibles convencionales por combustibles alternos en un horno de clínker depende del poder calorífico es identificado en la (Tabla 5-2), indica algunos materiales utilizados en la combustión de un horno cementero. La combustión en los hornos de cemento se realiza con un exceso de oxígeno que debe limitarse para no sacrificar en exceso la eficiencia energética que se encuentra condicionada, además, a la uniformidad del combustible y a su adecuado manejo para facilitar una correcta y completa combustión. (pp. 25-48)

Tabla 5-2. Poder calorífico para distintas clases de combustibles

CLASE DE COMBUSTIBLE	PODER CALORÍFICO (KCAL/ KG)
COQUE	7100
CARBÓN MINERAL	5100 - 5500
RESIDUO PETROLERO TIPO A	9200 - 9800
ACEITE USADO	8900 - 9000

Fuente: Análisis de combustible UCEM Planta Chimborazo (2015)

Los diferentes tipos de combustibles convencionales o fósiles usados en la industria cementera en el país, el más común es el residuo petrolero industrial, de acuerdo a la normativa ASTM analiza las diferentes características físicas – químicas; la (Tabla 6-2) muestra el valor condenatorio o máximo permisible. (Audibert, 2006).

Tabla 6-2. Análisis de combustible norma ASTM para industrias

ENSAYO	NORMA	UNIDAD	VALOR CONDENATORIO
Valor Calórico Superior	ASTM D 440	kcal/kg	—
Valor Calórico Inferior	ASTM D 240	kcal/kg	9500 Mínimo
Gravedad API	ASTM D 287-92	°API	11 Mínimo
Gravedad específica 60° F	ASTM D 1298	—	0.9924 Máximo
Agua	ASTM D 95-83	% V	1.5 Máximo
Azufre Total	ASTM D 129-95	% P	3.5 Máximo
Sedimentos	ASTM D 95-58	% P	0.15 Máximo
Res. Carbón Conradson	ASTM D 189-95	% P	14 Máximo
Cenizas	ASTM D 482	% P	0.1 Máximo
Viscosidad a 50 °C	ASTM D 445-96	cSt	650 Máximo
Viscosidad a 100 °C	ASTM D 445-96	cSt	—
Punto de inflamación	ASTM D 93-96	°C	60 Mínimo
Vanadio	IP 285	mg/Kg	400 Máximo
Asfáltenos	IP 143-90	% P	2/3 CC
Hidrógeno	Por cálculos	% P	—
Carbono	Por cálculos	% P	—

Fuente: Norma de la Sociedad Americana para Prueba y Materiales ASTM (2015)

2.7 Características físico – químicas del aceite usado como potencial combustible

Las variables fisicoquímicas que se deben tener en cuenta en la identificación de los componentes de los aceites usados como un potencial combustible alternativo, mencionan ensayos de laboratorio bajo normativa ASTM - D. (Gordon, 2005)

Los parámetros a ser analizados durante una caracterización del aceite usado generado por el parque automotor son presentados en la **(Tabla 7-2)** observándose el contenido de metales pesados, donde el ensayo de laboratorio muestra la cantidad de su contenido.

Tabla 7-2: Contenido de metales pesados en el combustible residuo industrial

DETERMINACIÓN	UNIDADES
PLATA	mg/kg
COBRE	mg/kg
NÍQUEL	mg/kg
PLOMO	mg/kg
VANADIO	mg/kg
CROMO	mg/kg
MANGANESO	mg/kg
ARSÉNICO	µg/kg
CADMIO	mg/kg
BARIO	mg/kg
ESTAÑO	mg/kg

Fuente: Control Internacional del Ecuador C.A. 2015

Romay (2004), mencionó que para el azufre y el cloro es también un factor limitante en un desecho peligroso en especial del aceite usado y determina la calidad del residuo no sólo por razones ecológicas, sino por razones técnicas (para operación en planta a <1% peso).

La **(Tabla 8-2)** muestra la composición en los aceites automotrices en condiciones normales, valores que analizan los rangos condenatorios de los parámetros contemplados del contenido del aceite usado siendo considerados en una planta cementera ante el coprocesamiento.

Tabla 8-2. Ensayos de bases lubricantes, aceites automotrices.

ENSAYO	NORMA ASTM	LÍMITE	BASE	SAE 20-50
Punto de Inflamación (°C)	D - 92	Min. 250	257	241
Densidad relativa a 60 ° C	D- 1298	Reportar	0,8916	0,8849
Densidad relativa 60/60 °F (°API)	D - 287	Reportar	27,2	28,4
Agua y sedimentos básicos (% V)	D - 96	Max 1,0	—	—
Azufre (% P)	D- 4294	Max 2,0	0,788	0,996
Viscosidad cinemática a 50°C, (cSt)	D- 445	>201	93	108,7
Cenizas (% P)	D - 482	Max. 0,1	0,54	0,754
Carbón Conradson (%P)	D - 189	Max.16	2,34	0,958
Poder calorífico bruto (kcal/kg)	D - 240	Reportar	10000	10000
Vanadio (mg/kg)	D-5056	Reportar	—	—
Cromo (mg/kg)	D-5057	Reportar	—	—
Níquel (mg/kg)	D-5058	Reportar	—	—
Plomo (mg/kg)	D-5059	Reportar	—	—

Fuente: Control Internacional del Ecuador C.A. 2015

2.7.1 Valor calorífico de combustión para la industria cementera.

Por su capacidad calorífica el aceite usado se constituye en uno de los residuos con mayor potencial a ser empleado como combustible en los hornos cementeros. Es factible estimar no solo por sus propiedades y características sino por la necesidad de contar con alternativas energéticas que la industria cementera. El valor calorífico caracteriza depende del análisis que precisan al cálculo de un sistema de combustión.

Como el aceite usado se puede utilizarse como combustible suplementario en el horno de cemento, hay algunos criterios para para la combustión en la industria del cemento. A partir de la información de la composición fisicoquímica. Esto permite inferir a priori que los componentes de los aceites usados pueden desde ya considerarse como potenciales en la utilización como combustibles.

2.8 Impactos ambientales por uso de aceites usados en la industria cementera

La normativa ambiental internacional para el uso y aprovechamiento de combustibles a base de residuos peligrosos en especial aceites usado generado por el parque automotor, sugiere el control de sustancias altamente contaminantes cuyos límites de emisión demandan mejoramiento tecnológico tanto en las plantas de producción industrial.

De acuerdo a Diosdado (2009), en las industrias logran establecer sistemas de generación de combustibles alternativos y modificaciones tecnológicas para su uso, los costos podrían disminuir y los beneficios tanto empresariales como sociales podrían aumentar.

La cadena de procesos de producción y uso de residuos aceitosos está asociada con muchos de los impactos, comenzando por la recolección, transporte y disposición final. La producción de residuos de aceites usados por si misma causa al menos dos diferentes tipos de impactos ambientales:

- Las cargas debidas al consumo de los procesos energéticos.
- Procesos de descarga o emisiones al aire

En un horno cementero las altas temperaturas son causa de una alta producción de óxidos de nitrógeno (NOx), la (Tabla 9-2), analiza las emisiones al aire máximas permisibles de u horno cementero tomándose en cuenta por oxidación del nitrógeno molecular del aire de combustión, como de los combustibles.

Tabla 9. Emisiones al aire de gases con carga normal del horno cementero

PARÁMETRO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
NOx	1800 PPM
So ₂	800 PPM
Partículas	150 PPM

Fuente: UCEM Planta Chimborazo (2015).

CAPITULO III

3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Metodología

La metodología en el estudio de coprocesamiento de aceites usados considera el análisis de las diferentes etapas investigativas A partir de la caracterización siendo una investigación de laboratorio con su propia metodología.

3.1.1 Diseño investigativo

La presente investigación se encamina a proponer en base a un enfoque transversal la relación o no; entre el aprovechamiento energético de los aceites usados y su estrategia ante un *diseño experimental*, finalmente se analiza la contribución a la sustentabilidad ambiental mediante el coprocesamiento en hornos cementero.

Se analizará un concepto multigrupo tomado al azar bajo una asignación aleatoria de la muestra de los distintos grupos; para el caso de estudio se controlará la variable independiente, donde contempla la extracción de valores y su relación funcional con la variable dependiente.

3.1.2 Tipo de investigación

La metodología aplicada será *cuantitativa* con un nivel de conocimiento *correlacional* entre variables, con enfoque investigativo de campo y laboratorio que relaciona entre dos variables una prueba estadística, bajo comprobación de una hipótesis planteada. Esta herramienta tendrá el uso adecuado de acuerdo a su propósito y facilidades que brinda.

Definiéndose al presente estudio la variable independiente en base a la caracterización de los aceites usados generados de fuentes automotrices y por otro lado una variable dependiente que relaciona la sustentabilidad ambiental mediante coprocesamiento en hornos cementeros; estudio que persigue medir el grado de relación existente entre estas dos variables.

3.1.3 Población de estudio

Las facilidades para el desarrollo de la investigación ocupan dos ubicaciones (**Figura 3-1**) previstas en el país Ecuador, provincia de Chimborazo cantón Riobamba.

1. GADM de la ciudad de Riobamba - área destinada a desechos peligrosos – aceites usados. Talleres Municipales Av. de la Prensa S/N Av. Circunvalación Frente a los talleres del ferrocarril. Teléfono (03) 22306468 Localización donde se ubica la disposición final de envío de tanque de aceite usado reciclados.
2. Empresa Publica Cementera del Ecuador ECPE Planta Chimborazo. Dirección: Panamericana Sur, km. 14, vía a la costa. Teléfono: 032998800. Locación donde se ubicará la planta industrial en especial el horno de cemento.

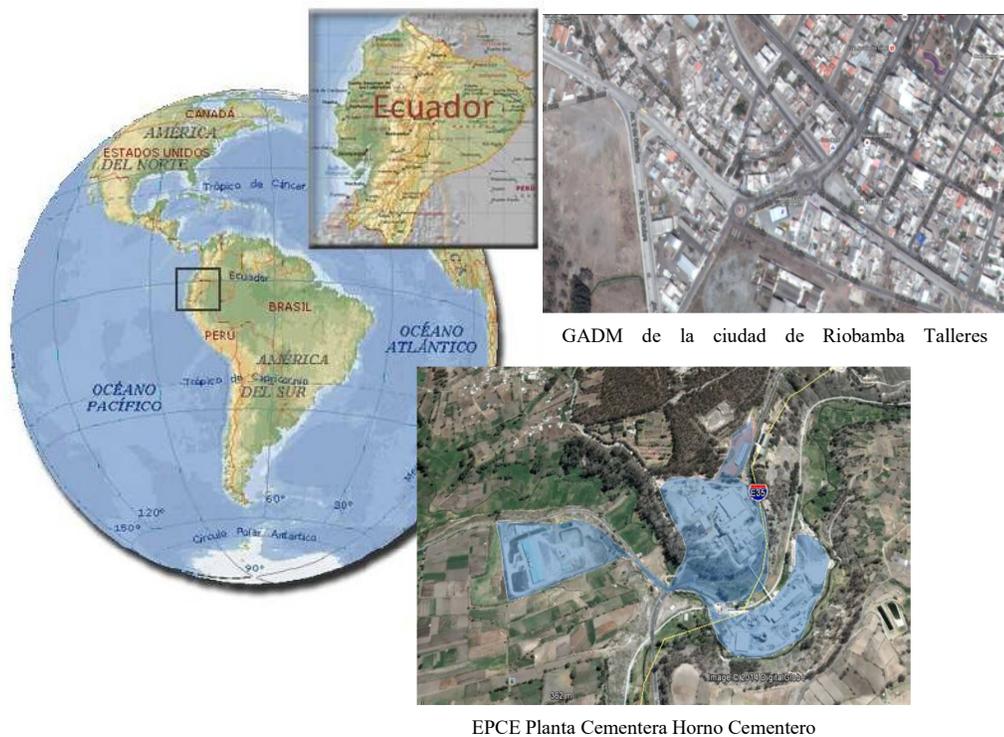


Figura 3-1. Referencia de ubicación de proyecto investigativo

Fuente: Google maps, 2015

La presente investigación toma inicialmente la población de estudio al grupo generador de aceite usado del parque automotor de Riobamba, para el análisis se encuentra el grupo de lubricadoras, lavadoras, autoservicios y mecánicas.

La información en la (Tabla 1-3) hace referencia al detalle de las cantidades generadas por la ciudad de Riobamba, reportándose un aproximadamente de 23 441 galones de aceite usado.

Tabla1-3. Población de estudio aceites usados generados por la ciudad de Riobamba

CATEGORÍAS	POBLACIÓN
116 LUBRICADORAS	Cantidad de aceite generado de 280 tanques de aceite usado. (15 362 gal / mes)
61 LAVADORAS	Cantidad de aceite generado de 147 tanques de aceite usado. (8 078 gal / mes)

Fuente: GADM Cantón Riobamba, 2015

3.1.4 Muestra

Se analizará a partir del tamaño de la muestra del aceite usado generado por el parque automotor de la ciudad de Riobamba, cantidad que será evaluada al análisis y caracterización. La muestra de la investigación se estructura a través de la formula estadística para población finita, utilizando un nivel de confianza del 95%, que equivale a el valor de 1.96, con un margen de error del 5%, y con una probabilidad de éxito del 50%, al igual, un 50% de probabilidad de fracaso. El análisis y resultado de la muestra generada está bajo el criterio al procedimiento de formulación de muestras finitas a continuación expuesta:

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q \times N}{N_e^2 + Z^2 \times p \times q}$$

Donde:

(Z) es el nivel de confianza = 1.96

(e) es el grado de error = 0.05

(N) es el universo generador = 116 lubricadoras

(N) es el universo generador = 61 lavadoras

(N) es el universo aceite usado = 280 tanques de aceite usado

(N) es el universo aceite usado = 147 tanques de aceite usado

(p) es la probabilidad de ocurrencia = 0.5

(q) es la probabilidad de no ocurrencia = 0.5

Resultados:

(n) muestra de generadoras = 3 lubricadoras

(n) muestra de generadoras = 6 lavadoras

(n) muestra lubricadoras = 1.4 tanques de aceite usado

(n) muestra lavadoras = 2.6 tanques de aceite usado

La información indicada en la (Tabla 2-3) presenta los resultados de la muestra a partir de su respectiva población para el caso del grupo generador de los aceites usados de la ciudad de Riobamba.

Tabla 2-3: Resultados muestra cantidad de aceite usado a caracterizarse

CATEGORÍAS	MUESTRA
3 LUBRICADORAS	Cantidad una muestra en 1.4 tanques de aceite usado
6 LAVADORAS	Cantidad una muestra en 2.6 tanques de aceite usado

Fuente: GADM Cantón Riobamba, 2015

3.2 Método de investigación

Al presente estudio se aplica el método hipotético – deductivo, ya que a través de observaciones realizadas de la problemática planteada en el caso una valorización de los aceites usados de fuentes automotrices, conlleva a un proceso de formulación de hipótesis que a través de un proceso deductivo obteniendo conclusiones de acuerdo a un modelo estadístico determinado.

3.2.1 Técnicas de investigación

La técnica de control al diseño experimental de bloques que permite, conseguir mayor homogeneidad; esta formación se la realizará a partir de los valores encontrados de una variable independiente, altamente relacionada con la variable dependiente.

La (Figura 3-2), analiza mediante un proceso de validación de datos en cuanto a la caracterización del aceite usado simulando las condiciones que supone el modelo experimental.

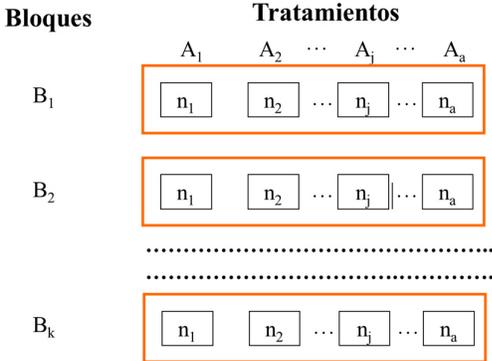


Figura 3-23. Técnica de control diseño de bloques del grupo al azar

Fuente: (Walpole , Myers, & Myers, 1999), Probabilidad y Estadística para Ingenieros.

3.2.2 Instrumento de evaluación

El instrumento corresponderá a la guía de caracterización ante un diagnóstico inicial sobre la composición físico-química del aceite usado generado por el parque automotor de la ciudad de Riobamba; adicional al análisis del combustible utilizado en el horno cementero de la UCEM Planta Chimborazo.

Para ello se establece una estrategia metodológica en función al análisis de la inferencia estadística o llamada Análisis de Varianza (ANOVA), como una alternativa adecuada para el desarrollado de variables de la composición físico – química del aceite usado ante el coprocesamiento y criterio de sustentabilidad ambiental. Para la tabulación de información, procesamiento de datos y la comprobación de la hipótesis, se utiliza las herramientas informáticas EXCEL y MINITAB, permitiendo visualizar los resultados en tablas y gráficos estadísticos para su análisis e interpretación correspondiente.

3.2.3 Materiales y equipos

Para el análisis de la muestras tomadas la (**Tabla 3-3**) demuestra el método del análisis en cuanto a la caracterización de las propiedades físico – químicas de combustibles, los estándares aceptados la investigación están bajo norma Internacional (ASTM, 2016).

Tabla 3-3. Norma de análisis de combustibles en sus propiedades físicas – químicas

ENSAYO	NORMA	U/M	VALOR CONDENATORIO
VALOR CALÓRICO INFERIOR	ASTM D 240	kcal/kg	9300 MÍNIMO
GRAVEDAD API	ASTM D 287-92	°API	11 MÍNIMO
AZUFRE TOTAL	ASTM D 129-95	% P	3.5 MÁXIMO
VISCOSIDAD A 50 °C	ASTM D 445-96	cSt	650 MÁXIMO
PUNTO DE INFLAMACIÓN	ASTM D 93-96	° C	60 MÍNIMO
VANADIO	IP 285	mg/kg	400 MÁXIMO
CARBONO	POR CÁLCULOS	MG/KG	—

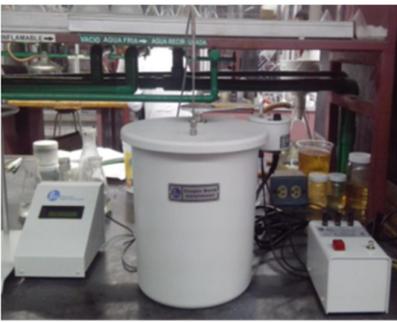
Fuente: UCEM Planta Chimborazo (2015).

En cuanto al laboratorio seleccionado actualmente el que brinda mayor soporte para este tipo de pruebas es la Escuela Química de la Universidad Central del Ecuador; Departamento de Petróleos, Energía y Contaminación.

En este estudio se evalúa la composición del aceite usado datos que serán comparados a los impactos ambientales asociados al coprocesamiento de en hornos de cemento de vía seca y se comparan.

La información presentada en la (Tabla 4-3) muestra los equipos de laboratorio utilizados para esta investigación corresponden específicamente a este laboratorio enmarcados en la norma ASTM y con la información de las pruebas y comparaciones realizadas.

Tabla 4-3. Equipos de laboratorio de análisis de propiedades físico química de aceites usados

ENSAYO NORMADO DEL VALOR CALORÍFICO				
ENSAYO	NORMA	U/M	VALORES	EQUIPO
Valor Calórico Superior	ASTM D 440	kcal/kg	-	
Valor Calórico Inferior	ASTM D 240	kcal/kg	9300 Mínimo	
Bomba calorimétrica marca Parr Modelo 1341. Permite una medición de temperatura, registrándola hasta que ya no se aprecie una variación				
ENSAYO NORMADO DE PUNTO DE INFLAMACIÓN Y GRAVEDAD API				
ENSAYO	NORMA	U/M	VALORES	EQUIPO
Gravedad API	ASTM D287-92	°API	11 Mínimo	
Punto de inflamación	ASTM D 92	° C	-	
Centrífuga marca SOLBAT modelo C-600 Permite medir la gravedad API y específica a 60 ° F de cualquier muestra				

Fuente: Universidad Central del Ecuador Escuela de Ingeniería Química, 2015

3.3 Modelación y procesamiento de la información

La recolección de datos inicia, con la apertura de muestras de aceite usado generado por el parque automotor la ciudad de Riobamba en lavadoras, lubricador, autoservicios y mecánicas en general.

Por otro lado, la apertura de la Empresa Pública Cementera del Ecuador ante la toma de muestras necesarias al depósito número dos del combustible del horno cementero.

La frontera del estudio se limita al análisis físico químico de la composición entre el aceite lubricante usado y el combustible del horno cementero, en base a una investigación en cuanto a la caracterización y posible uso como un combustible alternativo.

El análisis de caracterización y bajo una sustitución porcentual, se define una codificación de las distintas muestras recolectadas. La información de la **(Tabla 5-3)** ilustra la técnica de recolección de mezclas entre el residuo industrial del horno cementero de UCEM Planta Chimborazo y el aceite usado recolectado en el acopio provisional del GADM de la ciudad de Riobamba.

Tabla 5-3. Porcentaje de la mezcla (Aceite usado y residuo industrial).

RESIDUO PETROLERO INDUSTRIAL	ACEITE USADO	MUESTRA
80%	20%	A
76%	24%	B
72%	28%	C
70%	30%	D

Realizado por Julio López, 2016

- **Muestra A.** Cantidad de 80cm³ de Residuo Petrolero Industrial + 20cm³ de Aceite Usado en una proporción de 1 litro de Combustible Mezclado. Total, de muestras tomadas P1-P3-P9
- **Muestra B.** Cantidad de 76cm³ de Residuo Industrial + 24cm³ de Aceite Usado en una proporción de 1 litro de Combustible Mezclado. Total, de muestras tomadas P2-P4-P6
- **Muestra C.** Cantidad de 72cm³ de Residuo Industrial + 28cm³ de Aceite Usado en una proporción de 1 litro de Combustible Mezclado. Total, de muestras tomadas P5-P7-P11
- **Muestra D.** Cantidad de 70cm³ de Residuo Industrial + 30cm³ de Aceite Usado en una proporción de 1 litro de Combustible Mezclado. Total, de muestras tomadas P8-P10-P12

Para la adaptación se tomaron las muestras de aceite usado y del combustible del sistema de procesamiento de Clinker. El proceso de combustible mezclado la aceptación es la orimulsión; para lo cual a cada tratamiento porcentual corresponde a las letras (A, B, C, D) código que servirá para el análisis, así como para su envío el total de doce muestras, con una cantidad de un litro respectivamente.

3.3.1 Validación del instrumento

La validación del instrumento se precisa a la *investigación experimental* misma que toma las muestras de una orimulsión permitiendo generar un grupo donde hay un *factor*, que se denomina *tratamiento*, que tabula una caracterización físico – química. A partir de una dosificación entre el residuo industrial petrolero y el aceite usado propuesta ante el aprovechamiento energético como combustible al horno cementero de la UCEM Planta Chimborazo.

El tratamiento estadístico utiliza un grupo de control a cada una de las mezclas seleccionadas que determinan si existe evidencia estadística de que alguno de los tratamientos aplicados y el grupo de control presenta alguna diferencia en cuanto en a los niveles de cada una de las variables de caracterización. Mediante el procedimiento del análisis de varianza ANOVA se verificará el rechazo de la hipótesis nula del control bajo una comparación de múltiple a los tratamientos verificando si existe una respuesta diferente en algunas de sus medias y confirmándose con la prueba de DUNNET.

CAPITULO IV

4 RESULTADOS

4.1 Caracterización óptima aceite usado para combustible de horno cementero

4.1.1 Definición de técnica análisis de varianza problema de factor

A partir del diagnóstico inicial de la composición físico química de una serie de muestras que son analizadas para determinar las características de los aceites usados, así como las del residuo petrolero, llegándose a establecer mediante el empleo de la inferencia estadística **Análisis de Variancia** (ANOVA) y comprobación con la prueba de DUNNET, a partir de las muestras codificadas que registran los porcentajes entre el crudo residual y el aceite usado.

4.1.2 Resultados de laboratorio de propiedades físico químicas

Los resultados de laboratorio de las muestras analizadas, en función a porcentaje establecidos fueron ensayadas de acuerdo a la norma ASTM, el (ANEXO A) muestra los resultados entregados por el laboratorio de la Universidad Central del Ecuador de la Escuela de Ingeniería Química, resumidos en la (Tabla 1-4) a continuación presentados:

Tabla 1-4. Resultados del análisis físico – químico del aceite usado y combustible

MUESTRA A			
80% Residuo Petrolero Industrial Shushufindi.			
20% Aceite Usado			
RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS	MUESTRAS		
	P1	P5	P9
Poder Calorífico Bruto (kcal/kg)	8608	9545	9304
Punto de Inflamación °C	161	169	171
Densidad API (° API)	16.4	17.6	17.2
Viscosidad Cinemática a 50°C (cSt)	407.1	395.4	425.04
Azufre (%P)	12.106	11.933	11.211
Vanadio (mg/ kg)	161.35	159.432	156.606
Plomo (mg/kg)	9.875	3.724	3.928

MUESTRA B			
76% Residuo Petrolero Industrial Shushufindi.			
24% Aceite Usado			
RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS	MUESTRAS		
	P2	P6	P10
Poder Calorífico Bruto (kcal/kg)	9503	9283	9166
Punto de Inflamación °C	154	181	157
Densidad API (° API)	16.9	17.9	17.7
Viscosidad Cinemática a 50°C (cSt)	380.97	367.67	381.33
Azufre (%P)	12.263	12.103	11.315
Vanadio (mg/ kg)	147.57	144.468	134.899
Plomo (mg/kg)	10077	4.45	3633
MUESTRA C			
72% Residuo Petrolero Industrial Shushufindi.			
28% Aceite Usado			
RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS	MUESTRAS		
	P3	P7	P11
Poder Calorífico Bruto (kcal/kg)	9564	9561	9184
Punto de Inflamación °C	159	177	161
Densidad API (° API)	17.5	18	17.8
Viscosidad Cinemática a 50°C (cSt)	344.6	323.22	329.5
Azufre (%P)	12564	11104	11506
Vanadio (mg/ kg)	156.067	173.955	126.224
Plomo (mg/kg)	5603	8347	3552
MUESTRA D			
70% Residuo Petrolero Industrial Shushufindi.			
30% Aceite Usado			
RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS	MUESTRAS		
	P4	P8	P12
Poder Calorífico Bruto (kcal/kg)	9338	9566	9122
Punto de Inflamación °C	159	167	155
Densidad API (° API)	16.6	17.7	18.2
Viscosidad Cinemática a 50°C (cSt)	307.7	285.13	284.86
Azufre (%P)	12137	11806	12103
Vanadio (mg/ kg)	153.323	192.97	163.11
Plomo (mg/kg)	8102	10812	3154

Fuente: Resultados laboratorio de la UCE Escuela de Ingeniería Química, 2016

4.1.3 *Demostración experimental*

La demostración experimental es encontrar la mezcla ideal al proceso de combustión del horno cementero en la empresa de UCEM CEM Planta Chimborazo, en base a los resultados encontrados de las propiedades físicas – químicas del análisis en laboratorio.

La mezcla analizada servirá y no deberá afectar el proceso de combustión dentro de la aplicación al horno cementero, más bien deberá mejorarlo. Para lo cual los resultados de laboratorio expuestos en la (**Tabla 1-4**), son parte fundamental para el desarrollo de la investigación.

El tratamiento evaluado durante la fase de laboratorio entre el aceite usado y el combustible utilizado en el horno cementero de UCEM CEM Planta Chimborazo, genera la suficiente información para el análisis estadístico, donde su evaluación en cuanto a los resultados genera información referente a verificar mediante indicadores cuantitativos si es apto para el uso como un combustible alternativo dentro del proceso de fabricación de cemento.

El análisis de los resultados ante la caracterización de la propiedades físico - químicas de la mezcla entre el residuo petrolero y el aceite usado frente a una valorización energética como alternativa de un combustible; genera tratamientos observados frente a la existencia de diferencias significativas que pudieran afectar al *proceso de combustión*.

Para su demostración se detalla los resultados de las hipótesis ante las variables de los distintos tratamientos estadísticos mediante el análisis de la varianza ANOVA y comprobación con la prueba de DUNNET.

El enfoque del análisis de varianza genera una división entre la suma total de cuadrados, a partir de la regresión y por otra debida al error, con ello se prueba las hipótesis relevantes sobre los parámetros a la caracterización de las distintas mezclas de combustibles.

La demostración mediante *Procedimiento analítico y aplicación de paquetes informáticos estadísticos Excel y Minitab versión 1.7* genera los resultados de análisis físico – químico en muestras dosificadas del aceite usado y residuo petrolero, mismo que son evaluados mediante hipótesis planteadas a parámetros físico –químico analizados anteriormente presentados a continuación:

ANÁLISIS DEL PODER CALORÍFICO (°C)

Hipótesis:

$H_0 = \mu_1 = \mu_2$

$H_1 =$ Al menos 2 de las medidas no son iguales

Análisis de varianza de un factor Método analítico

Observaciones	y_{ij}	A	B	C	D
	1	8608	9503	9564	9338
	2	9545	9283	9561	9566
	3	9304	9166	9184	9122
Sumatoria		27457	27952	28309	28026
	y _i	9152,33	9317,33	9436,33	9342,00
	ŷ	ŷ ₁	ŷ ₂	ŷ ₃	ŷ ₄
				9312	ŷ...
	n=			3	
	k=			4	
	$SSA = n \sum_{i=1}^k (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2$	125642			
	$SST = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2$	851788			
	$SSE = SST - SSA$	726146			
	$S_1^2 = \frac{SSA}{K - 1}$	41880,66667			
	$S^2 = \frac{SSE}{K(n - 1)}$	90768,25			
	$f = \frac{S_1^2}{S^2}$	0,461402161			
	[(k - 1), k (n - 1)]	3	POR TABLA DISTRIBUCIÓN "T"		
		8			

Análisis de varianza de un factor

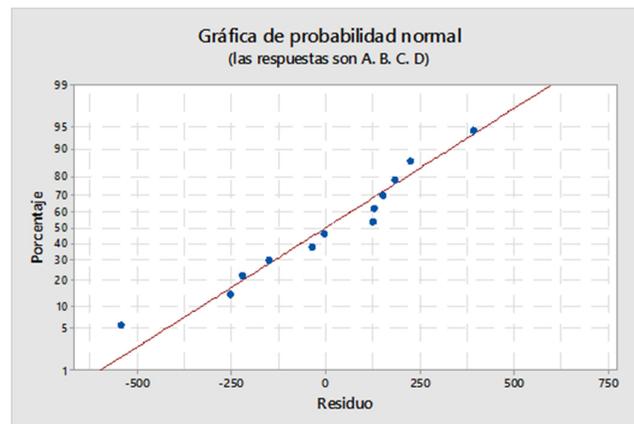
Procedimiento aplicación Excel.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
A	3	27457	9152,333333	236744,3333
B	3	27952	9317,333333	29276,33333
C	3	28309	9436,333333	47756,33333
D	3	28026	9342	49296

Análisis de varianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	125642	3	41880,66667	0,461402161	0,716935425	4,066180551
Dentro de los grupos	726146	8	90768,25			
Total	851788	11				



La Hipótesis H₀ se ACEPTA. De acuerdo a propiedades físico - químicas obtenidas de los tratamientos no hay diferencias significativas en las variables del PODER CALORÍFICO en cada una de las mezclas.

Análisis de comparaciones múltiples de Dunnett con un control

Procedimiento aplicación Minitab versión 17.

Método:

Hipótesis nula

Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna

Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia

$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis

Agrupar información utilizando el método de Dunnett y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
A (control)	3	9152	A
C	3	9436	A
D	3	9342	A
B	3	9317,3	A

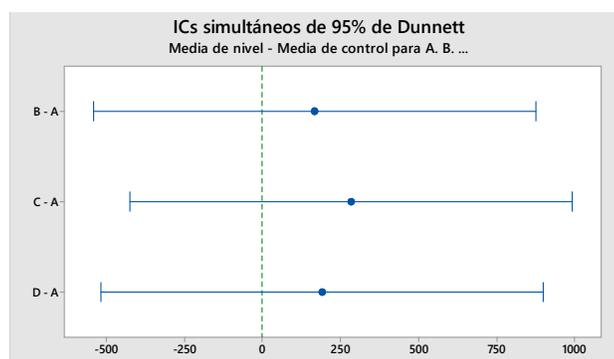
Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

Pruebas simultáneas de Dunnett para la media de nivel - Media de control

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
B - A	165	246	(-543. 873)	0,67	0,842
C - A	284	246	(-424. 992)	1,15	0,549
D - A	190	246	(-519. 898)	0,77	0,785

Nivel de confianza individual = 97,95%

Gráfica Dunnett: A. B. C. D



La Hipótesis nula se ACEPTA. De acuerdo a propiedades físico - químicas obtenidas de los tratamientos como se dijo anteriormente no hay diferencias significativas en las variables del PODER CALORÍFICO en cada una de las mezclas.

ANÁLISIS DEL PUNTO DE INFLAMACIÓN (°C)

Hipótesis:

$H_0 = \mu_1 = \mu_2$

$H_1 =$ Al menos 2 de las medidas no son iguales

Análisis de varianza de un factor Método analítico

Observaciones	y_{ij}	A	B	C	D
	1	161	154	159	159
	2	169	181	177	167
	3	171	157	161	155
Sumatoria		501	492	497	481
	$y_{i.}$	167,00	164,00	165,67	160,33
	\hat{y}	\hat{y}_1	\hat{y}_2	\hat{y}_3	\hat{y}_4
				164,25	$\hat{y}...$
	n=			3	
	k=			4	
	$SSA = n \sum_{i=1}^k (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2$	74,91666667			
	$SST = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2$	838,25			
	$SSE = SST - SSA$	763,3333333			
	$S_1^2 = \frac{SSA}{K - 1}$	24,97222222			
	$S^2 = \frac{SSE}{K(n - 1)}$	95,41666667			
	$f = \frac{S_1^2}{S^2}$	0,261717613			
	[(k - 1), k (n - 1)]	3	POR TABLA DISTRIBUCIÓN "T" 4,066		
		8			

Análisis de varianza de un factor.

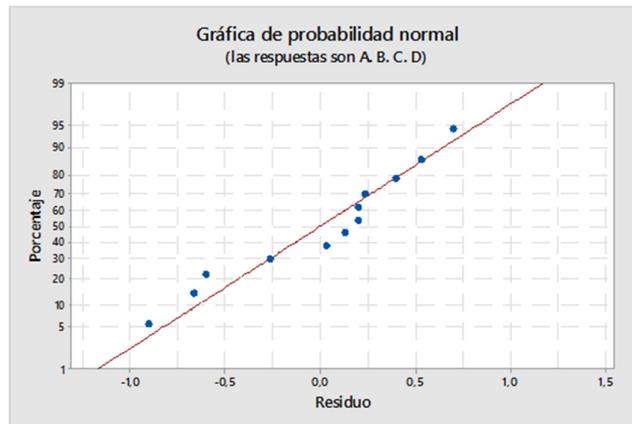
Procedimiento aplicación Excel.

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
A	3	51,2	17,06666667	0,373333333
B	3	52,5	17,5	0,28
C	3	53,3	17,76666667	0,063333333
D	3	52,5	17,5	0,67

Análisis de varianza

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,755833333	3	0,251944444	0,726762821	0,564084449	4,066180551
Dentro de los grupos	2,773333333	8	0,346666667			
Total	3,52916667	11				



La Hipótesis H0 se ACEPTA. De acuerdo a propiedades físico - químicas obtenidas de los tratamientos no hay diferencias significativas en las variables del PUNTO DE INFLAMACIÓN en cada una de las mezclas.

Análisis de comparaciones múltiples de Dunnett con un control

Procedimiento aplicación Minitab versión 17.

Método:

Hipótesis nula

Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna

Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia

$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis

Agrupar información utilizando el método de Dunnett y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
A (control)	3	17,067	A
C	3	17,767	A
D	3	17,500	A
B	3	17,500	A

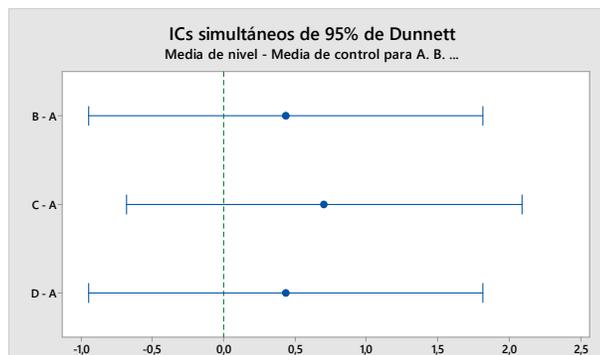
Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

Pruebas simultáneas de Dunnett para la media de nivel - Media de control

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
B - A	0,433	0,481	(-0,951. 1,818)	0,90	0,706
C - A	0,700	0,481	(-0,684. 2,084)	1,46	0,384
D - A	0,433	0,481	(-0,951. 1,818)	0,90	0,706

Nivel de confianza individual = 97,95%

Gráfica Dunnett: A. B. C. D



Hipótesis nula se ACEPTA. De acuerdo a propiedades físico - químicas obtenidas de los tratamientos como se dijo anteriormente no hay diferencias significativas en las variables de PUNTO DE INFLAMACIÓN en cada una de las mezclas.

ANÁLISIS DE LA DENSIDAD (API)

Hipótesis:

$H_0 = \mu_1 = \mu_2$

$H_1 =$ Al menos 2 de las medidas no son iguales

Análisis de varianza de un factor Método analítico

Observaciones	y_{ij}	A	B	C	D
	1	16,4	16,9	17,5	16,6
	2	17,6	17,9	18	17,7
	3	17,2	17,7	17,8	18,2
Sumatoria		51,2	52,5	53,3	52,5
	$y_{i.}$	17,07	17,50	17,77	17,50
	\hat{y}	\hat{y}_1	\hat{y}_2	\hat{y}_3	\hat{y}_4
				17,45833333	$\hat{y}...$
	n=		3		
	k=		4		
	$SSA = n \sum_{i=1}^k (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2$	0,755833333			
	$SST = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2$	3,529166667			
	$SSE = SST - SSA$	2,773333333			
	$S_1^2 = \frac{SSA}{K - 1}$	0,251944444			
	$S^2 = \frac{SSE}{K(n - 1)}$	0,346666667			
	$f = \frac{S_1^2}{S^2}$	0,726762821			
	$[(k - 1), k(n - 1)]$	3	POR TABLA DISTRIBUCIÓN "T"		
		8			

Análisis de varianza de un factor.

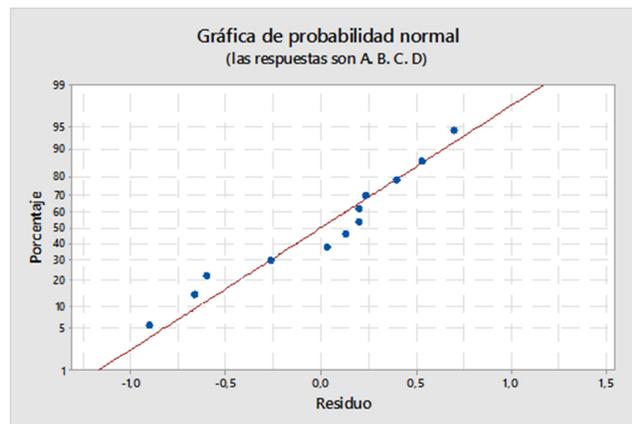
Procedimiento aplicación Excel.

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
A	3	51,2	17,06666667	0,373333333
B	3	52,5	17,5	0,28
C	3	53,3	17,76666667	0,063333333
D	3	52,5	17,5	0,67

Análisis de varianza

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,755833333	3	0,251944444	0,726762821	0,564084449	4,066180551
Dentro de los grupos	2,773333333	8	0,346666667			
Total	3,52916667	11				



La Hipótesis H0 se ACEPTA. De acuerdo a propiedades físico - químicas obtenidas de los tratamientos no hay diferencias significativas en las variables de la DENSIDAD API en cada una de las mezclas.

Análisis de comparaciones múltiples de Dunnett con un control

Procedimiento aplicación Minitab versión 17.

Método:

Hipótesis nula

Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna

Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia

$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis

Agrupar información utilizando el método de Dunnett y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
A (control)	3	17,067	A
C	3	17,767	A
D	3	17,500	A
B	3	17,500	A

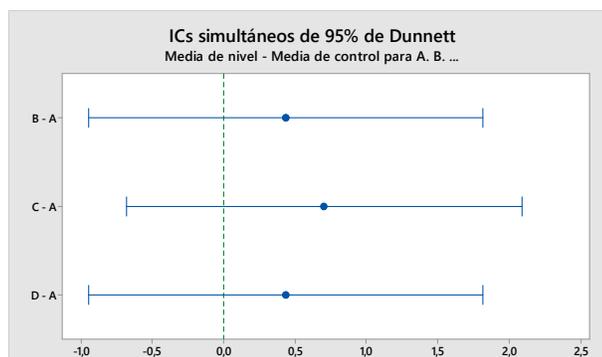
Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

Pruebas simultáneas de Dunnett para la media de nivel - Media de control

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
B - A	0,433	0,481	(-0,951. 1,818)	0,90	0,706
C - A	0,700	0,481	(-0,684. 2,084)	1,46	0,384
D - A	0,433	0,481	(-0,951. 1,818)	0,90	0,706

Nivel de confianza individual = 97,95%

Gráfica Dunnett: A. B. C. D



Hipótesis nula se ACEPTA. De acuerdo a propiedades físico - químicas obtenidas de los tratamientos como se dijo anteriormente no hay diferencias significativas en las variables de la DENSIDAD API en cada una de las mezclas.

ANÁLISIS DE LA VISCOSIDAD CINEMÁTICA A 50° C

Hipótesis:

$H_0 = \mu_1 = \mu_2$

$H_1 =$ Al menos 2 de las medidas no son iguales

Análisis de varianza de un factor Método analítico

Observaciones	y_{ij}	A	B	C	D
	1	407,1	380,97	344,6	307,7
	2	395,4	367,67	323,22	285,13
	3	425,04	381,33	329,5	284,86
Sumatoria		1227,54	1129,97	997,32	877,69
	y _i	409,18	376,66	332,44	292,56
	\hat{y}	\hat{y}_1	\hat{y}_2	\hat{y}_3	\hat{y}_4
				352,71	$\hat{y}...$
	n=			3	
	k=			4	
	$SSA = n \sum_{i=1}^k (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2$	23372,39447			
	$SST = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{..})^2$	24524,586			
	$SSE = SST - SSA$	1152,191533			
	$S_1^2 = \frac{SSA}{K - 1}$	7790,798156			
	$S^2 = \frac{SSE}{K(n - 1)}$	144,0239417			
	$f = \frac{S_1^2}{S^2}$	54,09377125			
	[(k - 1), k (n - 1)]	3	POR TABLA DISTRIBUCIÓN "T"		
		8			

Análisis de varianza de un factor.

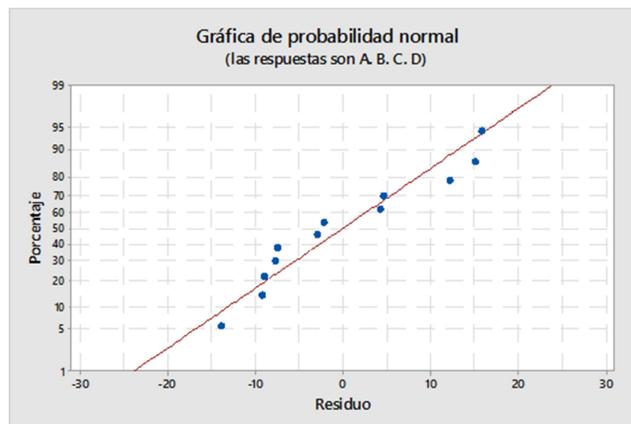
Procedimiento aplicación Excel.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
A	3	1227,54	409,18	222,8772
B	3	1129,97	376,6566667	60,60253333
C	3	997,32	332,44	120,7588
D	3	877,69	292,5633333	171,8572333

Análisis de varianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	23372,39447	3	7790,798156	54,09377125	1,17617E-05	4,066180551
Dentro de los grupos	1152,191533	8	144,0239417			
Total	24524,586	11				



La Hipótesis H0 se RECHAZA. De acuerdo a propiedades físico - químicas obtenidas de los tratamientos no hay diferencias significativas en las variables de la VISCOSIDAD CINEMÁTICA A 50 ° C en cada una de las mezclas.

Análisis de comparaciones múltiples de Dunnett con un control

Procedimiento aplicación Minitab versión 17.

Método:

Hipótesis nula

Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna

Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia

$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis

Agrupar información utilizando el método de Dunnett y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
A (control)	3	409,18	A
B	3	376,66	
C	3	332,44	
D	3	292,56	

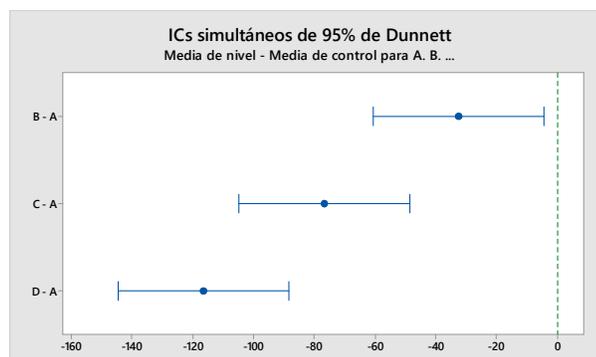
Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

Pruebas simultáneas de Dunnett para la media de nivel - Media de control

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
B - A	-32,52	9,80	(-60,74. -4,31)	-3,32	0,026
C - A	-76,74	9,80	(-104,96. -48,52)	-7,83	0,000
D - A	-116,62	9,80	(-144,83. -88,40)	-11,90	0,000

Nivel de confianza individual = 97,95%

Gráfica Dunnett: A. B. C. D



Hipótesis nula se RECHAZA. De acuerdo a propiedades físico - químicas obtenidas de los tratamientos como se dijo anteriormente no hay diferencias significativas en las variables de la VISCOSIDAD CINEMÁTICA A 50 ° C (cSt) en cada una de las mezclas.

ANÁLISIS DEL AZUFRE (%P)

Hipótesis:

$H_0 = \mu_1 = \mu_2$

$H_1 =$ Al menos 2 de las medidas no son iguales

Análisis de varianza de un factor Método analítico

Observaciones	y_{ij}	A	B	C	D
	1	1,2106	1,2263	1,2564	1,2137
	2	1,1933	1,2103	1,1104	1,1806
	3	1,1211	1,1315	1,1506	1,2103
Sumatoria		3,525	3,5681	3,5174	3,6046
	y_i	1,18	1,19	1,17	1,20
	\hat{y}	\hat{y}_1	\hat{y}_2	\hat{y}_3	\hat{y}_4
				1,184591667	$\hat{y}...$
	n=		3		
	k=		4		
	$SSA = n \sum_{i=1}^k (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2$	0,001646509			
	$SST = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{..})^2$	0,023343109			
	$SSE = SST - SSA$	0,0216966			
	$S_1^2 = \frac{SSA}{K - 1}$	0,000548836			
	$S^2 = \frac{SSE}{K(n - 1)}$	0,002712075			
	$f = \frac{S_1^2}{S^2}$	0,202367703			
	[(k - 1), k(n - 1)]	3	POR TABLA DISTRIBUCIÓN "T"		
		8			

Análisis de varianza de un factor.

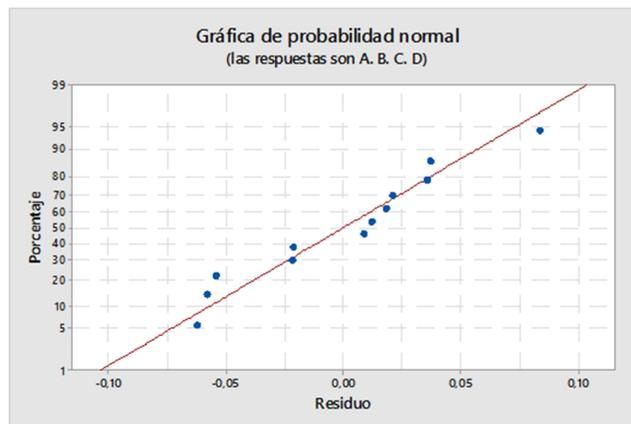
Procedimiento aplicación Excel.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
A	3	3,525	1,175	0,00225373
B	3	3,5681	1,189366667	0,002575413
C	3	3,5174	1,172466667	0,005687613
D	3	3,6046	1,201533333	0,000331543

Análisis de varianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,001646509	3	0,000548836	0,202367703	0,891900743	4,066180551
Dentro de los grupos	0,0216966	8	0,002712075			
Total	0,02334311	11				



La Hipótesis H0 se ACEPTA. De acuerdo a propiedades físico - químicas obtenidas de los tratamientos no hay diferencias significativas en las variables del AZUFRE (% P) en cada una de las mezclas.

Análisis de comparaciones múltiples de Dunnett con un control

Procedimiento aplicación Minitab versión 17.

Método:

Hipótesis nula

Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna

Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia

$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis

Agrupar información utilizando el método de Dunnett y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
A (control)	3	1,1750	A
D	3	1,2015	A
B	3	1,1894	A
C	3	1,1725	A

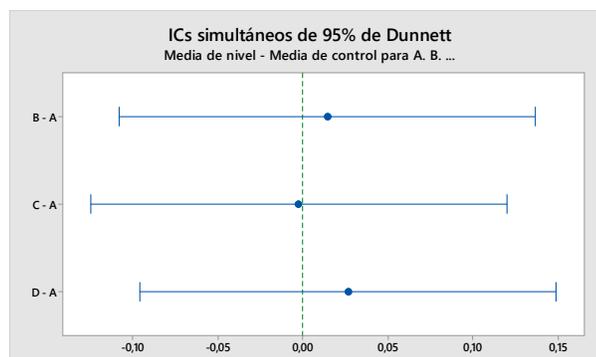
Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

Pruebas simultáneas de Dunnett para la media de nivel - Media de control

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
B - A	0,0144	0,0425	(-0,1081. 0,1368)	0,34	0,973
C - A	-0,0025	0,0425	(-0,1250. 0,1199)	-0,06	1,000
D - A	0,0265	0,0425	(-0,0959. 0,1490)	0,62	0,867

Nivel de confianza individual = 97,95%

Gráfica Dunnett: A. B. C. D



Hipótesis nula se ACEPTA. De acuerdo a propiedades físico - químicas obtenidas de los tratamientos como se dijo anteriormente no hay diferencias significativas en las variables del AZUFRE (% P) en cada una de las mezclas.

ANÁLISIS DEL AGUA Y SEDIMENTO (% V)

Hipótesis:

$H_0 = \mu_1 = \mu_2$

$H_1 =$ Al menos 2 de las medidas no son iguales

Análisis de varianza de un factor Método analítico

Observaciones	y_{ij}	A	B	C	D
	1	4,5	4,8	5,8	6,4
	2	3,3	4,5	5	5,1
	3	4,95	4,16	3,97	5,8
Sumatoria		12,75	13,46	14,77	17,3
	$y_{.i}$	4,25	4,49	4,92	5,77
	\hat{y}	\hat{y}_1	\hat{y}_2	\hat{y}_3	\hat{y}_4
				4,856666667	$\hat{y}...$
	n=		3		
	k=		4		
	$SSA = n \sum_{i=1}^k (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2$	4,012466667			
	$SST = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2$	8,202466667			
	$SSE = SST - SSA$	4,19			
	$S_1^2 = \frac{SSA}{K - 1}$	1,337488889			
	$S^2 = \frac{SSE}{K(n - 1)}$	0,52375			
	$f = \frac{S_1^2}{S^2}$	2,553678069			
	$[(k - 1), k(n - 1)]$	3	POR TABLA DISTRIBUCIÓN "T"		
		8			

Análisis de varianza de un factor.

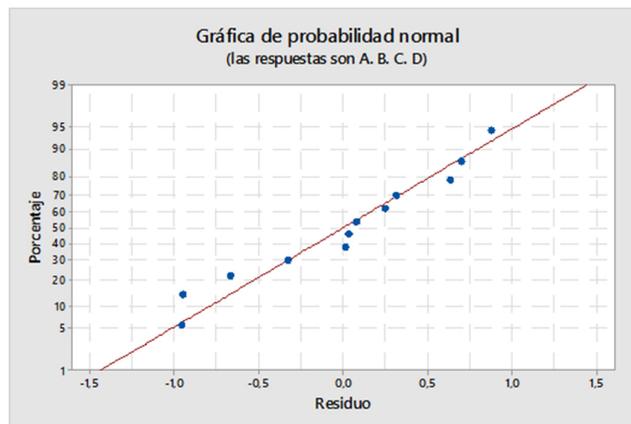
Procedimiento aplicación Excel.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
A	3	12,75	4,25	0,7275
B	3	13,46	4,486666667	0,102533333
C	3	14,77	4,923333333	0,841633333
D	3	17,3	5,766666667	0,423333333

Análisis de varianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	4,012466667	3	1,337488889	2,553678069	0,128551286	4,066180551
Dentro de los grupos	4,19	8	0,52375			
Total	8,20246667	11				



La Hipótesis H0 se ACEPTA. De acuerdo a propiedades físico - químicas obtenidas de los tratamientos no hay diferencias significativas en las variables del AGUA Y SEDIMENTO (% V) en cada una de las mezclas.

Análisis de comparaciones múltiples de Dunnett con un control

Procedimiento aplicación Minitab versión 17.

Método:

Hipótesis nula

Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna

Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia

$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis

Agrupar información utilizando el método de Dunnett y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
A (control)	3	4,250	A
D	3	5,767	A
C	3	4,923	A
B	3	4,487	A

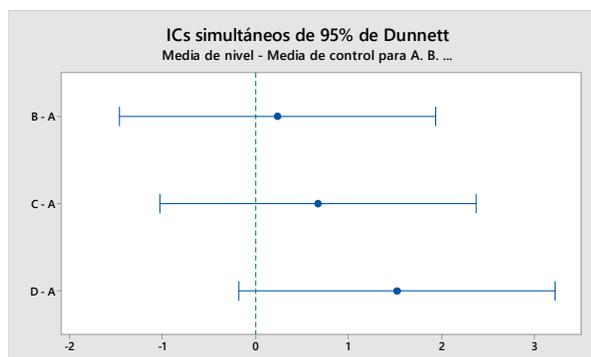
Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

Pruebas simultáneas de Dunnett para la media de nivel - Media de control

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
B - A	0,237	0,591	(-1,465. 1,938)	0,40	0,957
C - A	0,673	0,591	(-1,028. 2,375)	1,14	0,558
D - A	1,517	0,591	(-0,185. 3,218)	2,57	0,080

Nivel de confianza individual = 97,95%

Gráfica Dunnett: A. B. C. D



Hipótesis nula se ACEPTA. De acuerdo a propiedades físico - químicas obtenidas de los tratamientos como se dijo anteriormente no hay diferencias significativas en las variables del AGUA Y SEDIMENTO (% V) en cada una de las mezclas.

ANÁLISIS DE VANADIO (mg/ Kg)

Hipótesis:

$H_0 = \mu_1 = \mu_2$

$H_1 =$ Al menos 2 de las medidas no son iguales

Análisis de varianza de un factor Método analítico

Observaciones	y ij	A	B	C	D
	1	161,35	147,57	156,067	153,323
	2	159,432	144,468	173,955	192,97
	3	156,606	134,899	126,224	163,11
Sumatoria		477,388	426,937	456,246	509,403
	y_i	159,13	142,31	152,08	169,80
	\hat{y}	\hat{y}_1	\hat{y}_2	\hat{y}_3	\hat{y}_4
				155,8311667	$\hat{y}...$
	n=		3		
	k=		4		
	$SSA = n \sum_{i=1}^k (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2$	1208,547756			
	$SST = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{..})^2$	3323,226448			
	$SSE = SST - SSA$	2114,678691			
	$S_1^2 = \frac{SSA}{K - 1}$	402,8492521			
	$S^2 = \frac{SSE}{K(n - 1)}$	264,3348364			
	$f = \frac{S_1^2}{S^2}$	1,524011203			
	$[(k - 1), k(n - 1)]$	3	POR TABLA DISTRIBUCIÓN "T"		
		8			

Análisis de varianza de un factor.

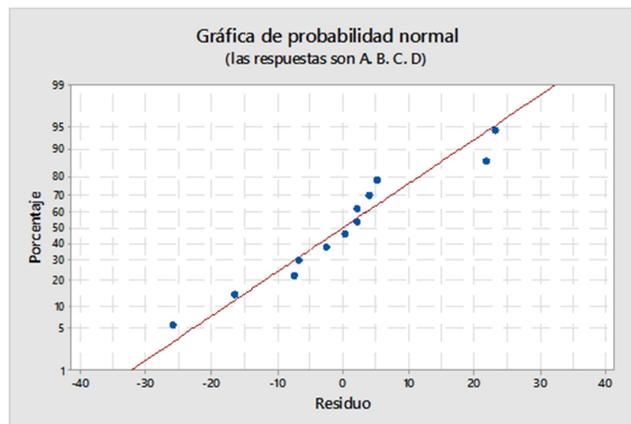
Procedimiento aplicación Excel.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
A	3	477,388	159,1293333	5,695089333
B	3	426,937	142,3123333	43,62373433
C	3	456,246	152,082	581,472259
D	3	509,403	169,801	426,548263

Análisis de varianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1208,547756	3	402,8492521	1,524011203	0,281245746	4,066180551
Dentro de los grupos	2114,678691	8	264,3348364			
Total	3323,22645	11				



La Hipótesis H0 se ACEPTA. De acuerdo a propiedades físico - químicas obtenidas de los tratamientos no hay diferencias significativas en las variables de VANADIO (mg/ Kg) en cada una de las mezclas.

Análisis de comparaciones múltiples de Dunnett con un control

Procedimiento aplicación Minitab versión 17.

Método:

Hipótesis nula

Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna

Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia

$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis

Agrupar información utilizando el método de Dunnett y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
A (control)	3	159,13	A
D	3	169,8	A
C	3	152,1	A
B	3	142,31	A

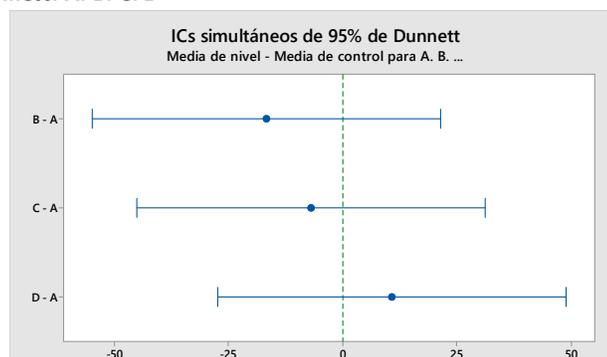
Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

Pruebas simultáneas de Dunnett para la media de nivel - Media de control

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
B - A	-16,8	13,3	(-55,0. 21,4)	-1,27	0,483
C - A	-7,0	13,3	(-45,3. 31,2)	-0,53	0,910
D - A	10,7	13,3	(-27,6. 48,9)	0,80	0,766

Nivel de confianza individual = 97,95%

Gráfica Dunnett: A. B. C. D



Hipótesis nula se ACEPTA. De acuerdo a propiedades físico - químicas obtenidas de los tratamientos como se dijo anteriormente no hay diferencias significativas en las variables de VANADIO (mg / Kg) en cada una de las mezclas.

ANÁLISIS DEL PLOMO (mg/Kg)

Hipótesis:

$H_0 = \mu_1 = \mu_2$

$H_1 =$ Al menos 2 de las medidas no son iguales

Análisis de varianza de un factor Método analítico

Observaciones	y ij	A	B	C	D
	1	9,875	10,077	5,603	8,102
	2	3,724	4,45	8,347	10,812
	3	3,928	3,633	3,552	55,01
Sumatoria		17,527	18,16	17,502	73,924
	y_i	5,84	6,05	5,83	24,64
	\hat{y}	\hat{y}_1	\hat{y}_2	\hat{y}_3	\hat{y}_4
				10,59275	$\hat{y}...$
	n=		3		
	k=		4		
	$SSA = n \sum_{i=1}^k (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2$	789,5434723			
	$SST = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2$	2237,208442			
	$SSE = SST - SSA$	1447,66497			
	$S_1^2 = \frac{SSA}{K - 1}$	263,1811574			
	$S^2 = \frac{SSE}{K(n - 1)}$	180,9581213			
	$f = \frac{S_1^2}{S^2}$	1,454376049			
	$[(k - 1), k(n - 1)]$	3	POR TABLA DISTRIBUCIÓN "T"		
		8			

Análisis de varianza de un factor.

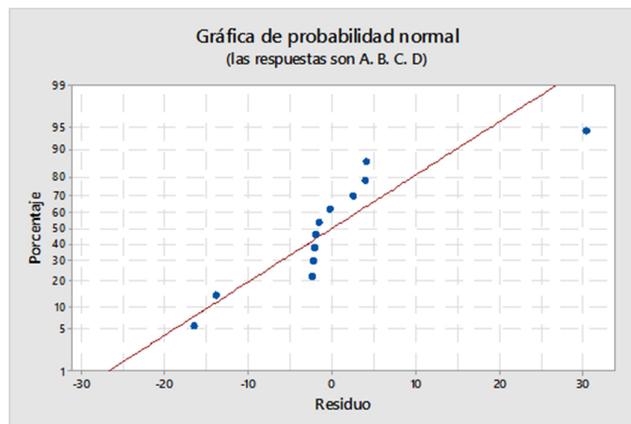
Procedimiento aplicación Excel.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
A	3	17,527	5,842333333	12,20720433
B	3	18,16	6,053333333	12,30929233
C	3	17,502	5,834	5,788027
D	3	73,924	24,64133333	693,5279613

Análisis de varianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	789,5434723	3	263,1811574	1,454376049	0,297987394	4,066180551
Dentro de los grupos	1447,66497	8	180,9581213			
Total	2237,20844	11				



La Hipótesis H0 se ACEPTA. De acuerdo a propiedades físico - químicas obtenidas de los tratamientos no hay diferencias significativas en las variables del PLOMO (mg/ Kg) en cada una de las mezclas.

Análisis de comparaciones múltiples de Dunnett con un control

Procedimiento aplicación Minitab versión 17.

Método:

Hipótesis nula

Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna

Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia

$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis

Agrupar información utilizando el método de Dunnett y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
A (control)	3	5,84	A
D	3	24,6	A
B	3	6,05	A
C	3	5,83	A

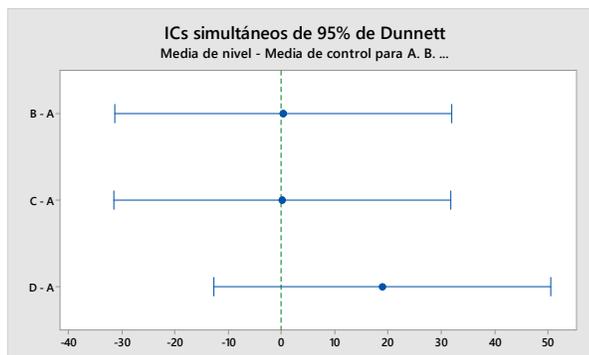
Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

Pruebas simultáneas de Dunnett para la media de nivel - Media de control

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
B - A	0,2	11,0	(-31,4. 31,8)	0,02	1,000
C - A	-0,0	11,0	(-31,6. 31,6)	-0,00	1,000
D - A	18,8	11,0	(-12,8. 50,4)	1,71	0,274

Nivel de confianza individual = 97,95%

Gráfica Dunnett: A. B. C. D



Hipótesis nula se ACEPTA. De acuerdo a propiedades físico - químicas obtenidas de los tratamientos como se dijo anteriormente no hay diferencias significativas en las variables del PLOMO (mg / Kg) en cada una de las mezclas.

A partir de los resultados obtenidos del análisis físico químico de las distintas mezclas de combustible y tratamiento estadístico los resultados son resumidos en la (Tabla 2-4) para su respectiva discusión.

Tabla 2-4. Resultados estadísticos en la mezcla Residuo Petrolero y Aceite usado

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS	HIPÓTESIS NULA H_0
Poder Calorífico Bruto (kcal/kg)	ACEPTADA
Punto de Inflamación °C	ACEPTADA
Densidad API (° API)	ACEPTADA
Viscosidad Cinemática a 50°C (cSt)	RECHAZADA
Azufre (%P)	ACEPTADA
Vanadio (mg/ kg)	ACEPTADA
Cromo (mg/kg)	ACEPTADA
Plomo (mg/kg)	ACEPTADA

Realizado por Julio López, 2016

El resultado indica el Análisis de la Varianza (ANOVA) de cada una de las distintas mezclas de los combustibles y la comprobación con la prueba de DUNNET. En la mezcla de combustible ante una valorización energética en el horno cementero de UCEM CEM Planta Chimborazo, todas las variables analizadas en su caracterización físico – química son aceptadas a la hipótesis H_0 , a excepción de las viscosidades.

En el caso de las viscosidades, existe una relación directa entre el punto de inflamación, es decir, mientras menos viscoso es el combustible, necesitaremos calentarlo menos para que se inflame y como consecuencia su punto de inflamación será menor.

4.2 Análisis de costos proyectados en la valorización energética de aceites usados

La consolidación estimada de costos técnicos, legales y ambientales, se proyectará a un flujo de caja durante la ejecución del proyecto de aceites usados, con un periodo de 5 años a partir del año 2017, así como un resumen cualitativo de los resultados del proyecto.

Para el efecto se utilizó el paquete computacional de “Excel 2016”, herramienta empleada para una proyección de los ingresos y costos. El análisis de información inicia bajo el análisis de la cantidad de generación de aceite usado en el parque automotor de la ciudad de Riobamba.

La investigación realizada anteriormente reveló una tasa de crecimiento vehicular entre el año 2012 al 2014 fue del 16% (GADM Riobamba, 2016); la (Tabla 3-4) analiza la cantidad de generación de aceite usado de acuerdo al tipo de automotor proyectada hasta el año 2021; cuya relación genera una tasa de generación de aceite usado del 23%.

Tabla 2-5. Proyección mensual en la generación de aceite usado de la ciudad de Riobamba

AÑO	TASA DE CRECIMIENTO 16 %	TOTAL DE AUTOMOTORES	TASA DE GENERACIÓN 23%	GENERACIÓN MENSUAL ACEITE USADO
2012		23838,00	6057,51	20279,50
2014	3814,08	27652,08	7866,90	26337,01
2016	4424,33	32076,41	10216,75	34203,91
2018	5132,23	37208,64	13268,51	44420,66
2020	5953,38	43162,02	17231,83	57689,17
2021	6905,92	50067,94		74921,00

Realizado por Julio López, 2016

La proyección de los ingresos durante cinco años es señalada en la (Tabla 4-4), donde se analiza una política de precios del mercado mismos que se encuentra en 0.54 US\$/galón. La estrategia de venta, compara valores con respecto al combustible utilizado en el horno cementero de UCEM CEM Planta Chimborazo.

Para el análisis de los ingresos al proyecto, el valor mínimo establecido es de 0.34 US\$/galón de aceite usado; costo que disminuye por tema de transporte hacia la planta cementera; donde la su ejecución considera una pérdida del 26% por tareas de manejo. (Lubricantes Gulf, 2012).

Tabla 4-4. Proyección del flujo de ingresos del proyecto aceites lubricantes usados

AÑO	TOTAL DE AUTOMOTORES	GENERACIÓN MENSUAL (GLS / MES)	GENERACIÓN ANUAL (GLS / AÑO)	COSTO POR GALÓN (0,34 USD)
2017	27652,00	26337,00	316044,00	\$ 107.454,96
2018	32076,00	34204,00	410448,00	\$ 139.552,32
2019	37208,00	44421,00	533052,00	\$ 181.237,68
2020	43162,00	57689,00	692268,00	\$ 235.371,12
2021	50067,00	74921,00	899052,00	\$ 305.677,68
TOTAL DE INGRESOS				\$ 969.293,76

Realizado por Julio López, 2016

La (Tabla 5-4) presenta el flujo de caja proyectado, se presenta los valores de la inversión requeridas para la ejecución del proyecto y por otro lado se ingresa la proyección de costos e ingresos para cinco años analizados, generándose un resumen cualitativo de los resultados.

Tabla 5-4. Proyección del flujo de egresos del proyecto aceites lubricantes usados

INVERSIÓN DE ACTIVOS	2017	2018	2019	2020	2021
FIJOS					
Terreno / Edificios	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Instalaciones (Depr. 10%)	\$ 60.000,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total en edificios e instalaciones	\$ 60.000,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Maquinaria Camión Recolector.	\$ 62.000,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Máquinas y equipos industriales	\$ 5.000,00	\$ 4.000,00	\$ 8.000,00	\$ 10.000,00	\$ 15.000,00
Maquinaria y equipos	\$ 67.000,00	\$ 4.000,00	\$ 8.000,00	\$ 10.000,00	\$ 15.000,00
Costos de iniciación del proyecto	\$ 6.000,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo del proyecto gasto directo	\$ 6.000,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL DEL COSTO	\$ 133.000,00	\$ 4.000,00	\$ 8.000,00	\$ 10.000,00	\$ 15.000,00
ACTIVOS FIJOS					
TOTAL DEL COSTO DE INVERSIÓN				\$ 170.000,00	
COSTOS OPERATIVOS	2017	2018	2019	2020	2021
Logística de transporte	\$ 4.800,00	\$ 6.000,00	\$ 7.200,00	\$ 8.400,00	\$ 12.000,00
Total costos de distribución	\$ 4.800,00	\$ 6.000,00	\$ 7.200,00	\$ 8.400,00	\$ 12.000,00
Análisis físico-químico	\$ 1.500,00	\$ 1.800,00	\$ 2.100,00	\$ 2.500,00	\$ 2.900,00
Sustitución térmica	\$ 1.500,00	\$ 2.100,00	\$ 2.600,00	\$ 3.100,00	\$ 3.600,00
Coprocesamiento EPP	\$ 600,00	\$ 1.200,00	\$ 1.900,00	\$ 2.600,00	\$ 3.500,00
Mantenimiento y Herramientas	\$ 1.400,00	\$ 1.600,00	\$ 2.000,00	\$ 2.400,00	\$ 2.800,00
Impactos en el proceso	\$ 900,00	\$ 2.000,00	\$ 3.200,00	\$ 4.700,00	\$ 6.300,00
Total costos de coprocesamiento	\$ 5.900,00	\$ 8.700,00	\$ 11.800,00	\$ 15.300,00	\$ 19.100,00
Gastos administrativos	\$ 900,00	\$ 1.200,00	\$ 2.100,00	\$ 2.600,00	\$ 3.100,00
Servicio de terceros	\$ 400,00	\$ 800,00	\$ 1.200,00	\$ 1.600,00	\$ 2.000,00
Total gastos administrativos	\$ 1.300,00	\$ 2.000,00	\$ 3.300,00	\$ 4.200,00	\$ 5.100,00
Costos ambientales	\$ 11.000,00	\$ 15.000,00	\$ 19.000,00	\$ 21.000,00	\$ 27.000,00
Total costos legal Ambientales	\$ 11.000,00	\$ 15.000,00	\$ 19.000,00	\$ 21.000,00	\$ 27.000,00
TOTAL DE COSTOS	\$ 23.000,00	\$ 31.700,00	\$ 41.300,00	\$ 48.900,00	\$ 63.200,00
OPERATIVOS					
TOTAL DE COSTOS OPERATIVOS				\$ 208.100,00	

Realizado por Julio López, 2016

4.3 Análisis de la rentabilidad del proyecto

Para este análisis se tomaron en cuenta los siguientes indicadores Valor presente “VP”, Valor actual Neto “VAN” y la Tasa Interna de Retorno “TIR” son presentados en la (Tabla 6-4) y (Tabla 7-4) frente a un análisis de una inversión inicial, una tasa al 12 % de interés; obteniéndose un flujo efectivo neto a partir de los de ingreso y egresos generados al proyecto.

Tabla 6-4. Proyección del flujo de egresos del proyecto aceites lubricantes usados

TOTAL DEL COSTO DE INVERSIÓN	\$ 170.000,00	
TASA DE INTERÉS	12%	
Total flujo de ingresos (A)	AÑO	VALOR
	2017	\$ 107.454,96
	2018	\$ 139.552,32
	2019	\$ 181.237,68
	2020	\$ 235.371,12
	2021	\$ 305.677,68
	TOTAL	\$ 969.293,76
Total flujo de egresos(B)	AÑO	VALOR
	2017	\$ 23.000,00
	2018	\$ 31.700,00
	2019	\$ 41.300,00
	2020	\$ 48.900,00
	2021	\$ 63.200,00
	TOTAL	\$ 208.100,00
FLUJO DE EFECTIVO NETO (A-B)	AÑO	VALOR
	2017	\$ 84.454,96
	2018	\$ 107.852,32
	2019	\$ 139.937,68
	2020	\$ 186.471,12
	2021	\$ 242.477,68

Realizado por Julio López, 2016

4.3.1 Valor actual neto (VAN)

El proyecto presenta un VAN positivo de USD\$ 347.084,42 (incluyendo el valor terminal del proyecto) considerando un costo de capital promedio ponderado de 12% anual. Esto demuestra un resultado favorable para el proyecto; implica que, llevando los flujos de caja del proyecto a valor presente, se obtendría un beneficio y no un costo por invertir en el proyecto.

Tabla 7-4. Indicadores de rentabilidad el proyecto aceites lubricantes usados

AÑO	FLUJOS EFECTIVOS	VALOR PRESENTE
0	\$ -(170.000,00)	(\$ 170.000,00)
2017	\$ 84.454,96	\$ 75.406,21
2018	\$ 107.852,32	\$ 85.979,21
2019	\$ 139.937,68	\$ 99.604,88
2020	\$ 186.471,12	\$ 118.505,77
2021	\$ 242.477,68	\$ 137.588,35
SUMATORIA VALOR PRESENTE		\$ 347.084,42
VALOR PRESENTE NETO "VAN"		\$ 347.084,42
TASA INTERNA DE RETORNO "TIR"		64%
COMPROBACIÓN "VAN" AL 64%		\$ 0,00

Realizado por Julio López, 2016

4.3.2 Tasa interna de retorno (TIR)

El proyecto tiene una tasa interna de retorno (sin incluir el valor terminal del proyecto) de 64%. Este resultado muestra un escenario positivo por la ejecución del proyecto pues indica que, de invertir el dinero en el proyecto se va obtener un rendimiento 6 veces superior al rendimiento esperado si el dinero se deja en un banco (se consideró un costo promedio ponderado de capital del 12% anual).

La información presentada en la (Figura 1-4) presenta el gráfico del flujo de caja del proyecto, el cual fácilmente permite observar los impactos positivos del proyecto.

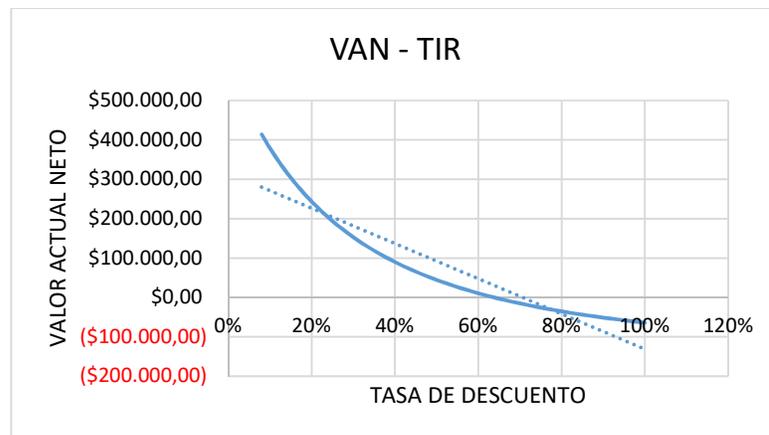


Figura 1-4. Flujo de caja del proyecto

Realizado por Julio López, 2016

4.4 Valorización energética de aceites usados

La elaboración de cemento conlleva el proceso de clinkerización proceso sujeto a altas temperaturas, es así el horno cementero de UCEM CEM Planta Chimborazo, presentan características apropiadas para el desarrollo del presente proyecto del coprocesamiento.

Las altas temperaturas en la zona del clinkerización, alcanzan una temperatura en la llama del quemador entre 1800 °C hasta 2000 °C procesándose clinker, para lo cual el (ANEXO B) muestra el análisis temperaturas del horno cementero de UCEM CEM Planta Chimborazo.

Por otro lado, el proceso de coprocesamiento requiere caracterizar distintos componentes que posee aceite lubricante usado, en especial el poder calorífico; ante estos parámetros podremos encontrar una valorización energética, empleándolo como un combustible alternativo e incorporándose a una dosificación con a la combustión brindando un beneficio ambiental.

La (Tabla 8-4) muestra los resultados del poder calorífico de la caracterización antes analizada observándose la ventaja presente del aceite lubricante usado, mismo que tiene gran opción de ser utilizado como combustible alternativo al proceso productivo de clinker.

Tabla 8-4. Análisis del poder calorífico del aceite usado

COMBUSTIBLE UTILIZADO	PODER CALORÍFICO Kcal/kg
Residuo Petrolero Industrial	9293
Residuo Perolero Industrial y Aceites Usados	9342

Fuente: UCEM Planta Chimborazo, 2016

Adicionalmente, existe beneficios ambientales la quema de combustibles convencionales (Residuo petrolero) comparado con la quema del aceite lubricante usado, generan la misma cantidad de emisiones a más de la conservación del recurso no renovable como son los combustibles fósiles, sin generar cenizas ni subproductos.

4.5 Valorización energética análisis del costo & beneficio

Para el presente proyecto el coprocesamiento de aceites usados genera un valor tanto desde punto de vista ambiental y energético y su valor económico lo determina el mercado informal. El análisis productivo del horno cementero de UCEM CEM Planta Chimborazo, entre al año 2016 y 2017 tendrá un promedio de 600 toneladas de clinker al día.

Para producir una tonelada se utiliza en un promedio 26 galones de residuo industrial petrolero a un valor de de 0.64 US\$/galón. El análisis costo beneficio se lo evalúa dentro de la (Tabla 9-4) que muestra una demanda y una valorización energética del aceite lubricante usado, todo ello dentro del proceso productivo de la fabricación de cemento y en su caso especial el horno cementero de UCEM CEM Planta Chimborazo.

Tabla 9-4. Análisis de costo & beneficio por coprocesamiento de aceite usados.

AÑO	PRODUCCIÓN DE CLÍNKER UCEM CEM (TON / DÍA)	CONSUMO RESIDUO PETROLERO (GLS / DÍA)	CONSUMO DE RESIDUO PETROLERO (GLS / AÑO)	COSTO ANUAL POR GALÓN (0,64 USD)
2017	600,00	15600,00	5694000,00	\$ 3.644.160,00
2018	640,00	16640,00	6073600,00	\$ 3.887.104,00
2019	680,00	17680,00	6453200,00	\$ 4.130.048,00
2020	800,00	20800,00	7592000,00	\$ 4.858.880,00
2021	1200,00	31200,00	11388000,00	\$ 7.288.320,00
TOTAL COSTO ANUAL RESIDUO PETROLERO				\$ 23.808.512,00
AÑO	TOTAL DE VEHÍCULOS	GENERACIÓN MENSUAL DE ACEITE USADO (GLS / MES)	GENERACIÓN ANUAL DE ACEITE USADO (GLS / AÑO)	COSTO ANUAL POR GALÓN (0,34 USD)
2017	27652,00	26337,00	316044,00	\$ 107.454,96
2018	32076,00	34204,00	410448,00	\$ 139.552,32
2019	37208,00	44421,00	533052,00	\$ 181.237,68
2020	43162,00	57689,00	692268,00	\$ 235.371,12
2021	50067,00	74921,00	899052,00	\$ 305.677,68
TOTAL COSTO ANUAL ACEITE USADO				\$ 969.293,76

PROYECCIÓN DE AHORRO POR COSTOS DE ENERGÍA TÉRMICA			
AÑO	GENERACIÓN ANUAL ACEITES USADOS (GLS)	COSTO ANUAL (0.64 USD) RESIDUO PETROLERO	COSTOS ANUAL (0.34 USD) ACEITE USADOS
2017	316044,00	\$ 202.268,16	\$ 107.454,96
AHORRO ENERGÉTICO ANUAL			\$ 94.813,20 USD

Realizado por Julio López, 2016

En general el aceite posee ventajas energéticas como su elevado poder calorífico, y no necesita un tratamiento de calentamiento para su inyección en el horno, por ende, existe un ahorro de energía para esta industria.

4.6 Gestión integral de sustentabilidad ambiental de los aceites usados

Riobamba actualmente no tiene definido una gestión integral del aceite lubricante usado, aunque haya un programa de recolección; y existan guías de buenas prácticas ambientales en las instalaciones de las mecánicas. Para confirmar esta realidad, se realizaron encuestas detalladas en el (ANEXO C), donde se realizaron a 30 empresas que generan aceites lubricantes usados, dichas empresas fueron 19 mecánicas, 5 Lavadoras, 6 Lubricadoras.

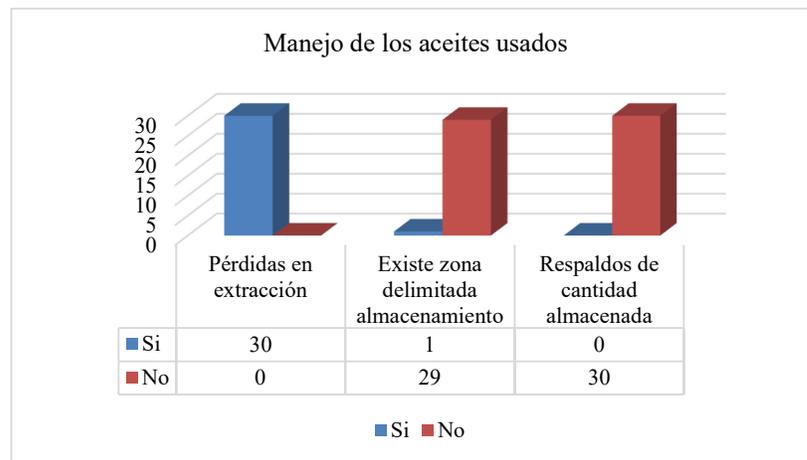


Figura 2-4. Condiciones de manejo de aceites usados

Realizado por Julio López, 2016

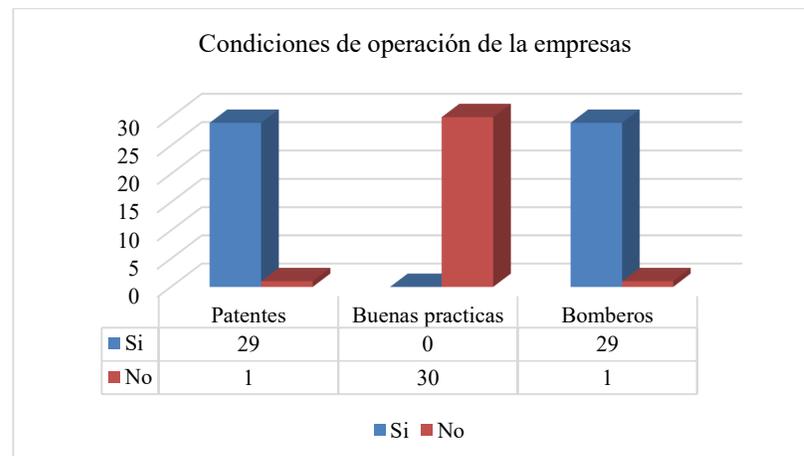


Figura 3-4. Condiciones de operación del aceite usado

Realizado por Julio López, 2016

En cuanto al manejo de los aceites usados de las 30 empresas, en la **(Figura 2-4)** muestra que el 100% admitió tener pérdidas en la extracción de los mismos, así no cuentan con respaldos físicos que validen la cantidad exacta del volumen que se maneja dichas instalaciones. Además, se evidenció además que el 96,67% no posee una zona delimitada para el almacenamiento seguro de los aceites extraídos de los vehículos, ilustrada en la **(Figura 3-4)**.

Dadas las características de ubicación de la empresa industrial cementera UCEM CEM Planta Chimborazo y la cercanía al centro urbano de la ciudad de Riobamba, se consideran las alternativas de mezcla de los aceites usados – residuo industrial para el coprocesamiento como combustible en el horno cementero que permita prevenir los impactos ambientales negativos.

4.7 Propuesta de coprocesamiento ante la sustentabilidad ambiental

Tanto la cantidad de calor no aprovechada, como el costo de esta energía es elevada, se considera muy pertinente aplicar esta alternativa de gestión en la ciudad de Riobamba.

Esta alternativa considera, la utilización del aceite lubricante usado como combustible, en la industria cementera, existiendo beneficios ambientales, la quema de combustibles convencionales comparado con la quema del aceite lubricante usado, genera la misma cantidad de emisiones a más de la conservación del recurso no renovable como son los combustibles fósiles.

El sistema de coprocesamiento integral es la propuesta final ante el proyecto de investigación donde incluye el manejo del aceite usado desde la generación hasta su procesamiento y/o disposición final, cumpliéndose criterios de legislación, las buenas prácticas ambientales y el aprovechamiento energético de los residuos cuya finalidad es:

- Definir metodologías de comunicación entre los distintos participantes del sistema de coprocesamiento, en los aspectos referidos a las actividades de almacenamiento, recolección, movilización y disposición final de los aceites lubricantes usados.
- Identificar, mantener y disponer la documentación y los registros del manejo integral de los aceites lubricantes producidos por el parque automotor de la ciudad de Riobamba.
- Identificar y tener acceso a los requisitos legales, ambientales y otros relacionados con el manejo de los aceites lubricantes usados.
- El proceso de combustión reducirá el volumen de aceite usado que existe en la ciudad de Riobamba, mediante la revalorización energética de los mismos.

4.7.1 Política

Su marco de referencia establece objetivos de calidad ambiental, de salud seguridad y del aprovechamiento energético de este tipo de residuo, a través de los siguientes compromisos:

- Proveer soluciones tecnológicas adecuadas para una eficiente gestión de los aceites lubricantes usados, y sus residuos.
- Utilizar eficientemente los aceites lubricantes usados, prevenir la contaminación, asegurar el control y reducción de impactos ambientales significativos.
- Eliminar o minimizar los riesgos, para preservar la integridad física, la salud de cada uno de los actores del sistema de coprocesamiento.

4.7.2 Marco jurídico

La gestión en base al coprocesamiento de los aceites usados del parque automotor de Riobamba, contará con la autorización otorgada por el Ministerio del Ambiente (MAE) para su funcionamiento y operaciones normales, definido en el acuerdo N°026, siendo:

- Constitución Política de la República del Ecuador.
- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria TULS
- Sistema Único de Manejo Ambiental.

En la ciudad de Riobamba actualmente se recolecta un aproximado de 30% de los aceites lubricantes usados, pero no se tiene certeza de lo que se realiza con su diferencia porcentual. Por lo que existen oportunidades para aumentar la recolección de este residuo dándole una adecuada disposición final.

4.7.3 Alcance y Aplicaciones

El procedimiento del sistema de coprocesamiento de los aceites lubricantes usados es una herramienta que permitirá un manejo adecuado aprovechando su contenido energético y situándolos de una forma responsable en términos ambientalmente sostenible.

Uno de los actores que estará a cargo es el GADM de la ciudad de Riobamba para el caso una institución pública, siendo común para los proyectos de esta magnitud en donde se persiguen beneficios en favor de la sociedad y de gestión.

Por otro lado, en cuanto a una disposición final, el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) involucra la utilización de aceite usado generado de fuentes automotrices por la ciudad de Riobamba al horno rotatorio de UCEM Planta Chimborazo.

4.7.4 Términos y Definiciones

- **Aceite lubricante usado:** Todo aceite lubricante, de fuentes automotrices, con base mineral o sintética de desecho que, por efectos de su utilización, se haya vuelto inadecuado para el uso asignado originalmente.
- **Acopiador primario:** Persona Natural o Jurídica que cuenta con los permisos requeridos por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), y que en el desarrollo de su actividad acopia y almacena temporalmente los aceites lubricantes usados, provenientes de los distintos generadores.
- **Acopiador secundario:** Persona Natural o Jurídica que cuenta con los permisos requeridos por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), que acopia y almacena temporalmente a los aceites lubricantes usados provenientes de dos o más acopiadores primarios, para su redistribución posterior.
- **Almacenamiento.** Acción de guardar temporalmente desechos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entrega al servicio de recolección, o se disponen de ellos.
- **Combustible alterno.** Combustible derivado de una mezcla controlada de varias corrientes de desechos, líquidos, sólidos y/o lodos, incluyendo desechos peligrosos, con poder calorífico susceptible de ser recuperado y que es elaborado por una planta formuladora autorizada por el ministerio o recibido directamente en la planta del proceso de clínker de acuerdo a sus posibilidades de pre-procesamiento.
- **Contaminación.** Es la presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellas, en concentraciones y permanencia superiores o inferiores a las establecidas en la legislación vigente.
- **Coprocesamiento.** Uso de desechos peligrosos en un proceso industrial tal como cemento, o cualquier otra planta de combustión. El coprocesamiento es la sustitución de combustible tradicional por desechos con valorización energética
- **Desecho peligroso:** Todo aquel desecho sólido, líquido o gaseoso resultante de un proceso de producción, transformación reciclaje, utilización o consumo, que contenga algún compuesto con características reactivas, inflamables, corrosivas, infecciosas o tóxicas, que represente un riesgo para la salud humana, los recursos humanos, naturales y del ambiente.

- **Dispositivo final:** Persona Natural o Jurídica que cuenta con los permisos requeridos por el Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador (MAE) y que recibe los aceites lubricantes usados de un movilizador calificado, para su disposición final, de acuerdo a las normas establecidas en el presente Manual de Procedimientos para la gestión integral de los aceites lubricantes usados.
- **Generador:** Persona natural o jurídica responsable de los vehículos de los que se remueven los aceites usados.
- **Movilizador de aceites usados:** Persona natural o jurídica que debidamente registrado ante el ministerio del ambiente del Ecuador (MAE), es titular de la actividad de recibir, movilizar y entregar cualquier cantidad de aceites lubricantes usados.
- **Sistemas de control de emisiones.** Dispositivo de control operado al final de los equipos de proceso y cuyo propósito es reducir al mínimo la emisión de partículas y gases de combustión.
- **Plan de manejo ambiental:** Documento que producto de una evaluación ambiental establece, de manera detallada, las acciones que se implementarán para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales negativos

4.7.5 Procedimientos

Es necesario implementar procedimientos específicos, que involucren a cada uno de los actores de este sistema, con el fin de garantizar el manejo adecuado de los aceites lubricantes usados, y no desperdiciar su contenido energético.

La (Figura 4-4) muestra el procedimiento propuesto en el sistema de coprocesamiento ante la sustentabilidad ambiental de la disposición final del aceite usado del parque automotor de la ciudad de Riobamba.

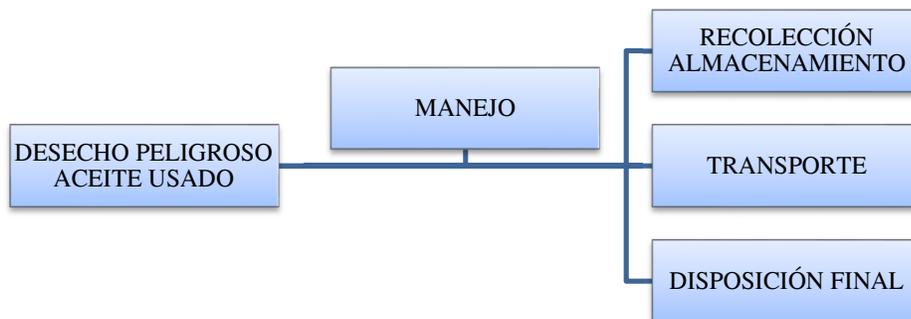


Figura 4-4. Procedimiento al sistema de coprocesamiento de aceite usado

Fuente: Adaptación (TULS, 2015)

4.7.5.1 Instalaciones de acopiadores primarios procedimiento de recolección y almacenamiento de aceites usados

Proceso de recolección y almacenamiento temporal del aceite lubricantes usados deben cumplir condiciones definidas de la siguiente forma:

- En lavadoras y mecánicas en general, al realizar el cambio de los aceites lubricantes usados; deben verificar herramientas apropiadas, sistemas de drenaje, recipiente de recolección temporal y material para control, fugas o derrames.
- La extracción de los aceites lubricantes usados, se realiza mediante el uso de un embudo u otro sistema de drenaje, de ahí, trasladado a un recipiente de recepción primaria evitando su derrame, goteo o fuga.
- Posteriormente deberán ser trasladados en forma manual o mecánica, a la zona de almacenamiento temporal evitando su derrame, goteo o fuga.
- Su diseño permitirá el traslado del aceite lubricante usado desde el recipiente de recolección temporal, hasta su movilización, y se garantizará que no se presenten derrames, goteos o fugas del aceite lubricante usado.

Tanto los elementos y las condiciones de las instalaciones de los acopiadores primarios deben garantizar que la recepción, almacenamiento y entrega de los aceites se realice de manera exitosa sin poner en riesgo a la salud de los trabajadores ni desperdiciando este residuo.

La (Figura 5-4) muestra información gráfica referente a los acopiadores primarios, los aceites usados deben ser almacenados en tanques superficiales o tambores debidamente rotulados y localizados en una zona dotada de un dique o muro de contención secundaria.

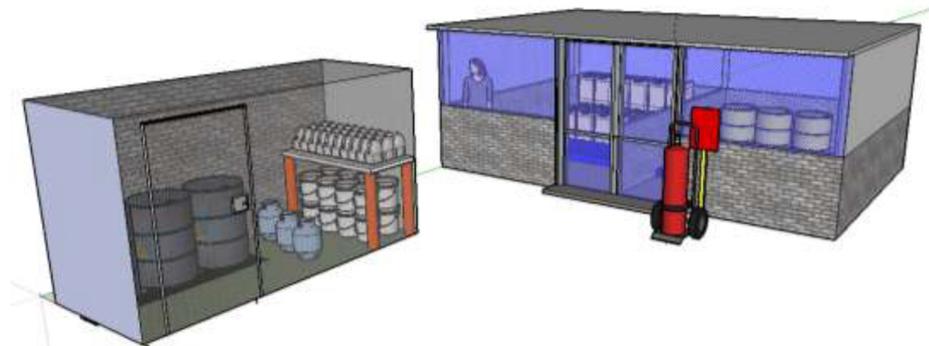


Figura 5-4. Ilustración coprocesamiento de aceite usado. Acopiadores primarios

Realizado por Julio López, 2016

4.7.5.2 Procedimiento de transporte en la recolección de aceites usados

Al procedimiento, la movilización de aceites usados la unidad de transporte debe localizarse en la zona de almacenamiento temporal donde no cause interferencia, en posición de salida rápida de acuerdo con las instrucciones impartidas por el encargado de las instalaciones.

Antes de iniciar la recirculación de aceites usados del tanque, tambores o sistema de almacenamiento a la unidad de transporte se deben realizar las siguientes actividades:

- Ubicar un extintor cerca del carro tanque o sistema de almacenamiento y contar con un equipamiento de bombeo de donde se va a realizar la recirculación.
- Ubicar vallas o conos para bloquear el tráfico cerrando el área circundante a la zona de recibo en un radio de 5 metros y verificar que no haya fuente de ignición alguna.

La (Figura 6-4) ilustra la movilización de los aceites usados de acuerdo a normas de seguridad expedidas en la sección de *reglamento para la prevención y control de la contaminación por sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales*. (TULS, 2015).

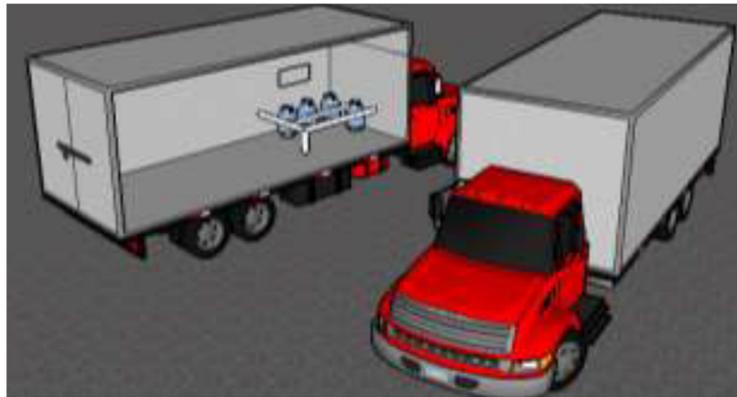


Figura 6-4. Ilustración Transporte en recolección de aceite usado.

Realizado por Julio López, 2016

4.7.5.3 Procedimiento para el manejo de aceites lubricantes usados en las instalaciones de procesadores y/o dispositivos finales

Se debe considerar los elementos requeridos en esta instancia deberán estar en buenas condiciones de operación, para recibir, almacenar y/o entregar los aceites lubricantes usados; cumpliéndose requisitos por parte del Ministerio del Ambiente del Ecuador; entre ellos:

- Sistema de válvulas y tuberías de acero para el bombeo de los aceites usados.
- Los tanques superficiales deben estar fabricados en lámina metálica con capacidad mínima de 2000 galones.
- Permitir el traslado por bombeo del aceite lubricante usado desde y hacia las unidades de transporte autorizadas, garantizando que no exista derrames o fugas.
- Estar rotulados con las palabras ACEITE USADO en tamaño legible, las cuales deberán estar a la vista en todo momento.

Permitir el traslado por bombeo del aceite lubricante usado desde y hacia las unidades de transporte autorizadas, garantizando que no se presenten derrames goteos o fugas.

Se debe drenar los sedimentos que se acumulan en los tanques periódicamente, esto se lo hace mediante un sistema de drenaje controlado por válvulas que está en el diseño del tanque.

4.7.5.4 Procedimiento de coprocesamiento de los aceites usados para el manejo de aceites lubricantes usados en dispositivos finales

El proceso de combustión en el horno cementero se efectúa en 5 etapas: calentamiento, ignición, mezcla, reacción y desplazamiento de los gases de combustión, Se debe considerar los elementos requeridos en esta instancia deberán estar en buenas condiciones de operación, para recibir, almacenar y/o entregar los aceites lubricantes usados; cumpliéndose requisitos por parte del Ministerio del Ambiente del Ecuador

- Los tanques superficiales deben estar fabricados en lámina metálica con capacidad mínima de 2000 galones.
- El tanque de almacenamiento debe cumplir con los requisitos de construcción según las normas API.
- Estar rotulados con las palabras ACEITE USADO en tamaño legible, las cuales deberán estar a la vista en todo momento.
- Calentamiento: El residuo petrolero que generalmente es usado en las cementeras, se lo recalienta hasta una temperatura de 105°C para disminuir su viscosidad; por otro lado, el aceite no necesita de un calentamiento, para su alimentación.
- Mezcla: Se la realiza por atomización en el quemador del horno, donde se dividen en finas partículas tanto el bunker como el aceite lubricante usado de modo que permitan un contacto íntimo y constante para la generación de la llama.

El control de los compuestos o elementos presentes en los aceites lubricantes usados tratados que se utilizan en la mezcla con combustibles industriales y otros subproductos no deberán exceder las siguientes concentraciones estipuladas desde el punto de vista ambiental.

La (Figura 7-4) muestra un horno cementero y el grado de atomización de la llama ya que provee ese contacto con el aire y la mezcla entre el aceite usado y el residuo petrolero como combustible.

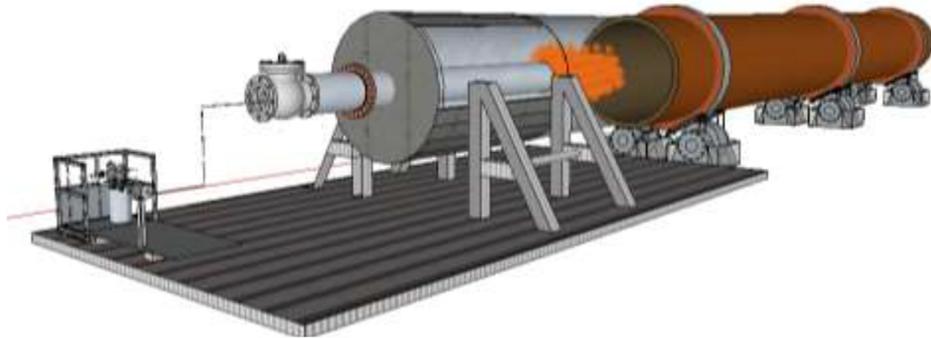


Figura 7-4. Ilustración de combustión ante coprocesamiento de aceite usado.

Realizado por Julio López, 2016

Al proyecto de investigación presentado se anexa un documento emitido por el GADM de la ciudad de Riobamba, que hace referencia a la necesidad de un proyecto sobre la caracterización, valorización energética y disposición final de los aceites usados del parque automotor en beneficio del ambiente dentro del marco del eje de sustentabilidad al Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial.

CONCLUSIONES

- La mezcla óptima cumplió con propiedades físico químicas ante la propuesta de coprocesamiento al horno rotatorio de clínker de UCEM CEM Planta Chimborazo; los contenidos en especial su poder calorífico obtuvo un resultado eficiente, siendo necesario al proceso del sistema de combustión.
- En la fase experimental de la investigación se caracterizó varias mezclas llegando a una propuesta óptima entre el 70% de residuo petrolero y 30% de aceite usado; el tratamiento estadístico demuestra que no existen diferencias significativas en sus componentes, es decir es apto a un proceso de combustión del horno cementero.
- El coprocesamiento en el país se encuentra en desarrollo con políticas públicas, se realizó un análisis sobre resoluciones y reglamentos a nivel del GADM de Riobamba, actor relacionado a una política ambiental ante el manejo y disposición final de residuos peligrosos.
- Al analizar los impactos ambientales asociados al coprocesamiento al aceite usado de fuentes automotrices de la ciudad de Riobamba en hornos cementeros, se concluye que su sustitución porcentual brindará un menor impacto ambiental con respecto a un proyecto sustentable urbano.
- Se estableció un estimado de generación de aceite usado para año 2018 en la ciudad de Riobamba cerca a los 410.448 galones anuales, a un incremento vehicular del 16 % promedio, el impacto ambiental asociado a las etapas de recolección se elevó para la zona urbana.
- Al observar la perspectiva legal - ambiental al coprocesamiento de aceites usados generados el impacto ambiental demostró que los límites para NOx señalados por TULS presenta una disminución del 6 % en cuanto a la sustitución de aceites usados.
- Técnicamente, la inyección de aceite usado proveniente de fuentes automotrices al horno de cemento de UCEM CEM Planta Chimborazo, genera un impacto en la capacidad de producción con un ahorro energético anual; esto es, \$ 0.30 USD menos por tonelada de clínker producida, con lo que se cumpliría el objetivo planteado de reducción del costo específico de la energía térmica.
- Conjuntando lo anterior, la proyección de los flujos de efectivo para el periodo 2017 - 2021 proyecta buenos resultados en los valores netos, y comparados del precio del residuo industrial petrolero, se prevé que al 2018 el proyecto genere un ahorro en costos de energía térmica de \$ 94.813,20 USD.
- Con un Valor Actual Neto de \$ 347.084,42 USD, una Tasa Interna de Retorno de 64 % (en comparación con un costo del capital ponderado de 12 % anual), se concluye que el proyecto es rentable y por ende financieramente factible.

- Conjugando las proyecciones de costo - beneficio, se evidencia la existencia de una oferta no aprovechada en la totalidad de galones de aceite usado generado en la ciudad de Riobamba, condición que favorece al proyecto y que apoya su factibilidad desde la preventiva ambiental.
- Los resultados obtenidos confirman una demanda total por aceite usado generado por fuentes automotrices en la ciudad de Riobamba, se proyecta al año 2018 el 100% de su requerimiento ante un coprocesamiento en la UCEM CEM Planta Chimborazo.
- La propuesta de valorización energética aceites usados ante un coprocesamiento, mostró una alternativa de gestión energética basada en un programa de control ambiental ante su disposición final, mostrando ser secundarios a los beneficios establecidos por la recuperación.
- El ahorro energético se proyectó en base al costo beneficio respecto al precio de residuo petrolero al año 2018, el mismo que estaría cerca de 58.488,67 USD de energía térmica; principal beneficiario la planta productora de cemento UCEM Planta Chimborazo.
- La potencialidad del aceite usado al remplazarse al 30 % del crudo residual del horno cementero, se observó que su poder calorífico está cerca de 9.300 kcal/kg de clínker, siendo un balance positivo, lo cual impacta directamente en el sector energético ecuatoriano.
- La tecnología que cuenta el quemador principal del horno rotatorio de UCEM CEM Planta Chimborazo, demostró que es apto para la destrucción controlada y efectiva de los aceites usados, además de segura por todas las condiciones por su encapsulamiento en la estructura interna del clínker que posee este proceso.
- El utilizar un sistema de gestión ante su disposición final de aceites usados en la ciudad de Riobamba propone una implementación desde la preventiva de responsabilidades a cada etapa permitiéndose garantizar que exista un mínimo de pérdidas de los aceites que poseen un alto contenido energético.
- La propuesta de re-uso del aceite usado generó alternativas de disposición final y aprovechamiento energético para la industria cementera, se verá reflejado en el crecimiento económico del cantón Riobamba a la medida que contribuya en la reducción de este tipo de desechos peligrosos y mantenga una sustentabilidad ambiental acorde a generar mayor valor agregado.
- Al analizar un coprocesamiento del aceite usado se concluye que es una alternativa de solución tangible al problema de disposición de residuos peligrosos al aprovechar su capacidad calorífica como combustible. Por otro lado, el ahorro energético y reducción global de emisiones de sustancias contaminantes conlleva beneficios a nivel ambiental.

RECOMENDACIONES

- El proyecto de coprocesamiento de aceites lubricantes usados es una alternativa válida al horno cementero de UCEM CEM Planta Chimborazo; para ello se recomienda su implementación, previo al cumplimiento de la legislación ambiental vigente en el país.
- Durante el manejo de aceites lubricantes usados generados del parque automotor de la ciudad de Riobamba, se recomienda una proyección de sus inversiones a mediano plazo para garantizar su pago total y la obtención de ventajas adicionales que justifiquen su accionar.
- Se recomienda ejecutar un estudio de impactos ambientales por la utilización de aceite lubricante usado en la chimenea del horno cementero en situ, análisis que contemplaría un monitoreo de material participado identificando el grado de contaminación por emisiones.
- El proyecto sostiene una mitigación ambiental ante la disposición final del aceite lubricante usado, adicional a ello se recomienda investigaciones sobre la regeneración de este tipo de residuo peligroso manteniéndose un mismo criterio de menor impacto ambiental y usando técnicas acordes a la legislación vigente el país.
- Los actores involucrados al proyecto promueven estrategias de desarrollo local, se recomienda una vinculación entre Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, el GADM de la ciudad de Riobamba y la empresa privada; con el objetivo de fortalecer esta investigación realizada.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, F.** (31 de 12 de 2013). Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión en el Ecuador. (ESPOL, Ed.) *Revista FENopina*.(46), 1.
- ANT. ECUADOR** (2014). Agencia Nacional de Transito. *Estadística 2014*, 42-208. <http://www.astm.org>.
- AUDIBERT, F.** (2006). *Waste engine oils: Rerefining and energy recovery*. Países bajos: Elsevier.
- AZEVEDO, P.** (2008). *Revisión y análisis de las experiencias de Argentina , Brasil, Colombia .* Argentina: s.n.
- BANCO CENTRAL DEL ECUADOR.** (24 de Julio de 2014). *Estadísticas Macro Económicas*:www.bce.fin.ec:/<http://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorReal/Previsiones/IndCoyuntura/EstMacro012014.pdf>
- BOESCH, M., & HELLWEG, S.** (2010). Identifying improvement potentials in cement production with life cycle assessment. . *Environ. Sci. Technol.*, 9143-9149.
- BUSTOS, F.** (2007.). Manual de gestión y control ambiental. Quito: RN Industria Gráfica.
- CADENA, N.** (2014). La Renovación de Riobamba. *Plan de Trabajo*, 26-54.
- CASTELLS, J.** (2005). *Tratamiento y valorización energética de residuos*. España: Ediciones Díaz Santos.
- CENSOS, I. N.** (2012). *INEC*. Obtenido de Proporciones de residuos peligrosos no tratados http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas_Ambientales/Empr esas_Privadas/Presentacion_Empresas.pdf
- CISNEROS MORENO, M. G. (10 de 2013).** *Repositorio Digital-UPS* . Recuperado el 26 de 07 de 2014, de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6369>
- COMUNIDAD ANDINA. (19 DE 12 DE 2013).** *Parque Vehicular en la Comunidad Andina*. Obtenido de http://estadisticas.comunidadandina.org/eportal/contenidos/2454_8.pdf
- CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. (2008).** *Registro Oficial No. 449*. Monte Cristi.

- CRUZ, J. (2009).** *Levantamiento del Catastro de Generadores, Diseño de un Plan de Recolección y Alternativas del Aceite Usado.* Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- DELGADO, E., & PARRA, J. (2007).** *Combustibles Alternativos a partir de Aceites Usados con Tratamiento de Limpieza .* Chile: Investigaciones de Ingeniería.
- DIOSDADO, J. (2009).** *Recuperación de energía en hornos cementeros, residuos y energéticos alternos .* México: INE.
- DUDA, W. (1977).** *Manual Tecnológico del cemento.* Reverté.
- ECUADOR, G. N. (2013-2017).** Plan Nacional del buen Vivir . En G. N. Ecuador, *Plan Nacional del buen Vivir* (pág. 600). Quito : Gobierno de la revolucion ciudadana .
- FEDERACIÓN INTERNACIONAL DEL CEMENTO (2011).** Recursos Alternativos en Colombia. *Taks Force de Co-procesamiento*, 10-32.
- FEDERACIÓN INTERNACIONAL DEL CEMENTO (1 de 04 de 2014).** *Federación Internacional de Cemento.* Obtenido de Co - procesamiento:<http://www.ficem.org/ficem/temas-clave/recuperacion-deresiduos.html>
- GOBIERNO AUTONOMO DECENTRALIZADO DEL CANTON RIOBAMBA . (2013).** La renovación de Riobamba. En *Ordenanzas Municipales.* Riobamba .
- GENON, G. (2008).** Perspectives and limits for cement kilns as a destination for RDF. *Science Direct Waste Management.*, 24-52.
- GONZALEZ, F. (2008).** *Diagnóstico de Motores de Combustión Interna el Anáalisis del Aceite Usado .* Valencia: CEMA .
- GORDON, D. (2005).** *Diagnóstico del Manejo de los Residuos Peligrosos en el Ecuador.* Quito: Fundación Natura.
- GTZ/HOLCIM. (2006).** Guía para el Co-procesamiento de residuos en la producción de cemento. *Cooperación Público-Privada GTZ-Holcim.*
- HERNADEZ, A. J. (2009).** *Esquema de manejo adecuado de aceites lubricantes usados en municipios urbanos.* Mexico: Instituto Politécnico Nacional.

- INEC. ECUADOR** (2012). *Encuesta de Información Ambiental Económica*. Obtenido de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas_Ambientales/Empr esas_Privadas/Presentacion_Empresas.pdf
- INEC. ECUADOR** (11 de 2013). *Ecuador en cifras*. Recuperado el 25 de 03 de 2014, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Infoeconomia/info8.pdf>
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.** (02 de 2014). Obtenido de Instituto Ecuatoriano <http://www.normalizacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/03/1334-1-4.pdf>
- LAGARINHOS , C., & TENÓRIO, J.** (2008). *Tecnologías utilizadas para la reutilización, reciclaje y valorización energética de aceites usados*. Brasilia: Ciencia y Tecnología.
- LARREA, C.** (2006). *Hacia una historia ecológica del Ecuador: propuestas para el debate*. Quito: Corporación Editora Nacional.
- LATORRE, E.** (2000). *Herramientas para la Participación en Gestión Ambiental*. . Bogotá: Editorial Prisma Asociados.
- LÓPEZ, D. A., COBO, H. C., BLANCO, S. F., & GUTIÉRREZ, G. M.** (2012). *Revista Electrónica@ de Medioambiente. Mejora del rendimiento en una cementera mediante el empleo de combustibles alternativos. UCM.*, págs. 47-61.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR** (2012). *Ministerio del Ambiente*. Obtenido http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm
- MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR** (2014). *Ley de Gestión Ambiental*. Obtenido <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE** (2012). *Directrices técnicas sobre el coprocesamiento ambientalmente racional de los desechos peligrosos en hornos de cemento. Convenio de Basilea*, (pág. 62). Basilea. Obtenido de *Directrices técnicas sobre el coprocesamiento ambientalmente racional de los desechos peligrosos en hornos de cemento*.

- QUESADA, V.** (2003). *Elaboración de un Protocolo de Pruebas para la Caracterización de Combustibles Alternos para el Horno de Cementos INCSA*. San Pedro.
- ROMAY, M.** (2004). *Valorización de residuos en al industria Española del cemento*. España: Departamento Técnico y Medio Ambiente.
- ROSALES, L.** (2008). *Bioremedación de los Suelos Contaminados con Aceite Usado de Automovil*. Victoria de Durango: Instituto Politécnico Nacional .
- SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO** (2013). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017*. Quito. Recuperado el Mayo de 2014, de <http://www.buenvivir.gob.ec/>
- TORRES , H. A., & MINAYA , L.** (1980). Escalificadora de quinua diseño y contrucción . Lima: Publicaciones Miselaneas N° 243.
- TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA.** (2015). Texto Unificado de Legislación Secundaria. En D. P. Hugo, *Reforma del libro VI de Texto Unificado de Legislación Secundaria* (págs. 3-53). Quito.
- UNIÓN CEMENTERA NACIONAL COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA , PLANTA CHIMBORAZO.** (2015). Proceso productivo de clinkerización.
- WALPOLE , R. E., MYERS, R. H., & MYERS, S. L.** (1999). *Probabilidad y estadística para ingenieros*. Mexico: Hall Hispanoamerica.
- YUGUANG, G., & GOLOSINSKI, S.** (1996). *Mining Science and Technology*. CRC- PRESS.

ANEXOS

Anexo A. Resultados de análisis físico – químico en muestras dosificadas del aceite usado y residuo petrolero.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS, FÍSICA Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



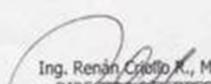
INFORME DE RESULTADOS

	Informe N°	1013 -P1
	Fecha	08/04/2016
Atención	Ing. Julio López	
Empresa	_____	
Dirección	_____	
Tipo de Ensayo	Físico químicos	
Tipo de muestra	Aceite - Residuo Industrial	
Identificación de la muestra	MUESTRA 1	
Muestreado por	EL CLIENTE	
Descripción de la muestra	Muestra receptada en vase plástico	
Fecha de Recepción de la muestra	10/02/2016	
Código de ingreso	1013 -P1	
Fecha de realización de ensayos	Del 18 de Febrero al 18 de Marzo del 2016	

DETERMINACIÓN	UNIDADES	NORMA	RESULTADO
Punto de Inflamación	°C	ASTM D 92	161
Densidad Relativa	(-)	ASTM D 1298	0.9567
Densidad API	°API	ASTM D 287	16.4
Densidad a 15° C	kg/l	ASTM D 1298	0.9562
Agua y Sedimentos Básico, BSW	%V	ASTM D 96	4.5
Azufre (%P)	%P	ASTM D 4294	1.2106
Viscosidad Cinemática a 50°C	cSt	ASTM D 445	407.1
Viscosidad Redwood N° 1a 100° F	s	INEN 1981	No fluye
Cenizas	%P	ASTM D 482	1.13
Poder Calorífico Bruto	kcal/kg	ASTM D 240	8.608
Carbón Coradson	%P	ASTM D 189	12.1
Vanadio	mg/ kg	ASTM D 5056	161.35
Cromo	mg/ kg	ASTM D 5056	0.877
Níquel	mg/ kg	ASTM D 5056	55.954
Plomo	mg/ kg	ASTM D 5056	9.875

A: P/G
 AN: SAH.
 jr

Revisado y Aprobado por:



Ing. Renán Cabello R., MSc
 DIRECTOR DEL DPEC



INFORMACIÓN: LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SE APLICAN SOLO A LAS MUESTRAS QUE EL CLIENTE A ENTREGADO AL DPEC.
 ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS. SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL DPEC.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral · Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 104 · Fax: 2529676 · E-mail: uq.uc@andinet.net
 QUITO - ECUADOR

MC2201-P01-1 Hoja 1 de 1



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS, FÍSICA Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS

	Informe N°	1013-P2
	Fecha	08/04/2016
Atención	Ing. Julio López	
Empresa		
Dirección		
Tipo de Ensayo	Físico químicos	
Tipo de muestra	Aceite - Residuo Industrial	
Identificación de la muestra	MUESTRA 2	
Muestreado por	EL CLIENTE	
Descripción de la muestra	Muestra receptada en vase plástico	
Fecha de Recepción de la muestra	10/02/2016	
Código de ingreso	1013 -P2	
Fecha de realización de ensayos	Del 18 de Febrero al 18 de Marzo del 2016	

DETERMINACIÓN	UNIDADES	NORMA	RESULTADO
Punto de Inflamación	°C	ASTM D 92	154
Densidad Relativa	(-)	ASTM D 1298	0.9535
Densidad API	°API	ASTM D 287	16.9
Densidad a 15° C	kg/l	ASTM D 1298	0.9530
Agua y Sedimentos Básico, BSW	%V	ASTM D 96	4.8
Azufre (%P)	%P	ASTM D 4294	1.2263
Viscosidad Cinemática a 50°C	cSt	ASTM D 445	380.97
Viscosidad Redwood N° 1a 100° F	s	INEN 1981	2816.8
Cenizas	%P	ASTM D 482	0.95
Poder Calorífico Bruto	kcal/kg	ASTM D 240	9.503
Carbón Coradson	%P	ASTM D 189	13.5
Vanadio	mg/ kg	ASTM D 5056	147.570
Cromo	mg/ kg	ASTM D 5056	0.696
Níquel	mg/ kg	ASTM D 5056	37
Plomo	mg/ kg	ASTM D 5056	10.077

A:PG

AN: SAM.

JR

Revisado y Aprobado por:

Ing. Renán Criollo R., MSc
 DIRECTOR DEL DPEC



INFORMACIÓN: LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SE APLICAN SOLO A LAS MUESTRAS QUE EL CLIENTE A ENTREGADO AL DPEC.
 ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS. SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL DPEC.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 104 Fax: 2529676 E-mail: uq.uc@andinet.net
 QUITO - ECUADOR

MC2201-P01-1

Hoja 1 de 1



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS, FÍSICA Y MATEMÁTICA
 ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS

	Informe N°	1013 -P3
	Fecha	08/04/2016
Atención	Ing. Julio López	
Empresa		
Dirección		
Tipo de Ensayo	Físico químicos	
Tipo de muestra	Aceite - Residuo Industrial	
Identificación de la muestra	MUESTRA 3	
Muestreado por	EL CLIENTE	
Descripción de la muestra	Muestra receptada en vase plástico	
Fecha de Recepción de la muestra	10/02/2016	
Código de ingreso	1013 -P3	
Fecha de realización de ensayos	Del 18 de Febrero al 18 de Marzo del 2016	

DETERMINACIÓN	UNIDADES	NORMA	RESULTADO
Punto de Inflamación	°C	ASTM D 92	159
Densidad Relativa	(-)	ASTM D 1298	0.9497
Densidad API	°API	ASTM D 287	17.5
Densidad a 15° C	kg/l	ASTM D 1298	0.9491
Agua y Sedimentos Básico, BSW	%V	ASTM D 96	5.8
Azufre (%P)	%P	ASTM D 4294	1,2564
Viscosidad Cinemática a 50°C	cSt	ASTM D 445	344,6
Viscosidad Redwood N° 1a 100° F	s	INEN 1981	2360
Cenizas	%P	ASTM D 482	0,89
Poder Calorífico Bruto	kcal/kg	ASTM D 240	9564
Carbón Coradson	%P	ASTM D 189	13,1
Vanadio	mg/ kg	ASTM D 5056	156,067
Cromo	mg/ kg	ASTM D 5056	1,183
Níquel	mg/ kg	ASTM D 5056	52,662
Plomo	mg/ kg	ASTM D 5056	5,603

A:P/G

AN: SAM.

Jr

Revisado y Aprobado por:

Ing. Renán Criollo K., MSc
 DIRECTOR DEL DPEC



INFORMACIÓN: LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SE APLICAN SOLO A LAS MUESTRAS QUE EL CLIENTE A ENTREGADO AL DPEC.
 ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS. SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL DPEC.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 104 Fax: 2529676 E-mail: uq.uc@andina.net
 QUITO - ECUADOR

MC2201-P01-1

Hoja 1 de 1



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS, FÍSICA Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS

	Informe N°	1013 -P4
	Fecha	08/04/2016
Atención	Ing. Julio López	
Empresa		
Dirección		
Tipo de Ensayo	Físico químicos	
Tipo de muestra	Accite - Residuo Industrial	
Identificación de la muestra	MUESTRA 4	
Muestreado por	EL CLIENTE	
Descripción de la muestra	Muestra receptada en vase plástico	
Fecha de Recepción de la muestra	10/02/2016	
Código de ingreso	1013 -P4	
Fecha de realización de ensayos	Del 18 de Febrero al 18 de Marzo del 2016	

DETERMINACIÓN	UNIDADES	NORMA	RESULTADO
Punto de Inflamación	°C	ASTM D 92	159
Densidad Relativa	(-)	ASTM D 1298	0.9554
Densidad API	°API	ASTM D 287	16,6
Densidad a 15° C	kg/l	ASTM D 1298	0.9549
Agua y Sedimentos Básico, BSW	%V	ASTM D 96	6,4
Azufre (%P)	%P	ASTM D 4294	1,2137
Viscosidad Cinemática a 50°C	cSt	ASTM D 445	307,7
Viscosidad Redwood N° 1a 100° F	s	INEN 1981	2163
Cenizas	%P	ASTM D 482	0,99
Poder Calorífico Bruto	kcal/kg	ASTM D 240	9338
Carbón Coradson	%P	ASTM D 189	14,2
Vanadio	mg/ kg	ASTM D 5056	153,323
Cromo	mg/ kg	ASTM D 5056	1,536
Níquel	mg/ kg	ASTM D 5056	50,437
Plomo	mg/ kg	ASTM D 5056	8,102

A:PG

AN: SAH.

JR

Revisado y Aprobado por:

Ing. Renán Criollo R., MSc
 DIRECTOR DEL DPEC



INFORMACIÓN: LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SE APLICAN SOLO A LAS MUESTRAS QUE EL CLIENTE A ENTREGADO AL DPEC.
 ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS. SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL DPEC.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 104 Fax: 2529676 E-mail: uq.uc@andinet.net
 QUITO - ECUADOR

MC2201-P01-1

Hoja 1 de 1



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS, FÍSICA Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS

	Informe N°	1013 -P5
	Fecha	08/04/2016
Atención	Ing. Julio López	
Empresa	_____	
Dirección	_____	
Tipo de Ensayo	Físico químicos	
Tipo de muestra	Aceite - Residuo Industrial	
Identificación de la muestra	MUESTRA 5	
Muestreado por	EL CLIENTE	
Descripción de la muestra	Muestra receptada en vase plástico	
Fecha de Recepción de la muestra	10/02/2016	
Código de ingreso	1013 -P5	
Fecha de realización de ensayos	Del 18 de Febrero al 18 de Marzo del 2016	

DETERMINACIÓN	UNIDADES	NORMA	RESULTADO
Punto de Inflamación	°C	ASTM D 92	169
Densidad Relativa	(-)	ASTM D 1298	0,949
Densidad API	°API	ASTM D 287	17,6
Densidad a 15° C	kg/l	ASTM D 1298	0,9485
Agua y Sedimentos Básico, BSW	%V	ASTM D 96	3,3
Azufre (%P)	%P	ASTM D 4294	1,1933
Viscosidad Cinemática a 50°C	cSt	ASTM D 445	395,4
Viscosidad Redwood N° 1a 100° F	s	INEN 1981	No fluye
Cenizas	%P	ASTM D 482	0,15
Poder Calorífico Bruto	kcal/kg	ASTM D 240	9545
Carbón Coradson	%P	ASTM D 189	14,01
Vanadio	mg/ kg	ASTM D 5056	159,432
Cromo	mg/ kg	ASTM D 5056	1,655
Níquel	mg/ kg	ASTM D 5056	62,606
Plomo	mg/ kg	ASTM D 5056	3,724

A:PG

AN: SAH.

JR

Revisado y Aprobado por:

Ing. Renán Criollo R., MSc
 DIRECTOR DEL DPEC



INFORMACIÓN: LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SE APLICAN SOLO A LAS MUESTRAS QUE EL CLIENTE A ENTREGADO AL DPEC.
ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS. SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL DPEC.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 104 Fax: 2529676 E-mail: uq.uce@andinet.net
 QUITO - ECUADOR

MC2201-P01-1

Hoja 1 de 1



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS, FÍSICA Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS

	Informe N°	1013 -P6
	Fecha	08/04/2016
Atención	Ing. Julio López	
Empresa	_____	
Dirección	_____	
Tipo de Ensayo	Físico químicos	
Tipo de muestra	Aceite - Residuo Industrial	
Identificación de la muestra	MUESTRA 6	
Muestreado por	EL CLIENTE	
Descripción de la muestra	Muestra receptada en vase plástico	
Fecha de Recepción de la muestra	10/02/2016	
Código de ingreso	1013 -P6	
Fecha de realización de ensayos	Del 18 de Febrero al 18 de Marzo del 2016	

DETERMINACIÓN	UNIDADES	NORMA	RESULTADO
Punto de Inflamación	°C	ASTM D 92	181
Densidad Relativa	(-)	ASTM D 1298	0,9471
Densidad API	°API	ASTM D 287	17,9
Densidad a 15° C	kg/l	ASTM D 1298	0,9466
Agua y Sedimentos Básico, BSW	%V	ASTM D 96	4,5
Azufre (%P)	%P	ASTM D 4294	1,2103
Viscosidad Cinemática a 50°C	cSt	ASTM D 445	367,67
Viscosidad Redwood N° 1a 100° F	s	INEN 1981	2603,3
Cenizas	%P	ASTM D 482	0,21
Poder Calorífico Bruto	kcal/kg	ASTM D 240	9283
Carbón Coradson	%P	ASTM D 189	13,53
Vanadio	mg/ kg	ASTM D 5056	144,468
Cromo	mg/ kg	ASTM D 5056	1,978
Níquel	mg/ kg	ASTM D 5056	61,653
Plomo	mg/ kg	ASTM D 5056	4,450

A:PG

AN: SAH.

JR

Revisado y Aprobado por:

Ing. Renán Criollo R., MSc
 DIRECTOR DEL DPEC



INFORMACIÓN: LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SE APLICAN SOLO A LAS MUESTRAS QUE EL CLIENTE A ENTREGADO AL DPEC.
 ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS. SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL DPEC.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral. Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 104 Fax: 2529676 E-mail: uq.uc@andinet.net
 QUITO - ECUADOR.

MC2201-P01-1

Hoja 1 de 1



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS, FÍSICA Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS

	Informe N°	1013 -P7
	Fecha	08/04/2016
Atención	Ing. Julio López	
Empresa	_____	
Dirección	_____	
Tipo de Ensayo	Físico químicos	
Tipo de muestra	Aceite - Residuo Industrial	
Identificación de la muestra	MUESTRA 7	
Muestreado por	EL CLIENTE	
Descripción de la muestra	Muestra receptada en vase plástico	
Fecha de Recepción de la muestra	10/02/2016	
Código de ingreso	1013 -P7	
Fecha de realización de ensayos	Del 18 de Febrero al 18 de Marzo del 2016	

DETERMINACIÓN	UNIDADES	NORMA	RESULTADO
Punto de Inflamación	°C	ASTM D 92	177
Densidad Relativa	(-)	ASTM D 1298	0,9465
Densidad API	°API	ASTM D 287	18
Densidad a 15° C	kg/l	ASTM D 1298	0,9459
Agua y Sedimentos Básico, BSW	%V	ASTM D 96	5
Azufre (%P)	%P	ASTM D 4294	1,1104
Viscosidad Cinemática a 50°C	cSt	ASTM D 445	323,22
Viscosidad Redwood N° 1a 100° F	s	INEN 1981	2397
Cenizas	%P	ASTM D 482	0,23
Poder Calorífico Bruto	kcal/kg	ASTM D 240	9561
Carbón Coradson	%P	ASTM D 189	13,01
Vanadio	mg/ kg	ASTM D 5056	173,955
Cromo	mg/ kg	ASTM D 5056	1,33
Níquel	mg/ kg	ASTM D 5056	61,554
Plomo	mg/ kg	ASTM D 5056	8,347

A:PG

AN: SAH.

JR

Revisado y Aprobado por:

Ing. Renán Criollo R., MSc
 DIRECTOR DEL DPEC



INFORMACIÓN: LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SE APLICAN SOLO A LAS MUESTRAS QUE EL CLIENTE A ENTREGADO AL DPEC.
 ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS. SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL DPEC.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 104 Fax: 2529676 E-mail: uq.uc@andinet.net
 QUITO - ECUADOR

MC2201-P01-1

Hoja 1 de 1



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS, FÍSICA Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS

	Informe N°	1013 -P8
	Fecha	08/04/2016
Atención	Ing. Julio López	
Empresa	_____	
Dirección	_____	
Tipo de Ensayo	Físico químicos	
Tipo de muestra	Aceite - Residuo Industrial	
Identificación de la muestra	MUESTRA 8	
Muestreado por	EL CLIENTE	
Descripción de la muestra	Muestra receptada en vase plástico	
Fecha de Recepción de la muestra	10/02/2016	
Código de ingreso	1013 -P8	
Fecha de realización de ensayos	Del 18 de Febrero al 18 de Marzo del 2016	

DETERMINACIÓN	UNIDADES	NORMA	RESULTADO
Punto de Inflamación	°C	ASTM D 92	167
Densidad Relativa	(-)	ASTM D 1298	0,9484
Densidad API	°API	ASTM D 287	17,7
Densidad a 15° C	kg/l	ASTM D 1298	0,9478
Agua y Sedimentos Básico, BSW	%V	ASTM D 96	5,1
Azufre (%P)	%P	ASTM D 4294	1,1806
Viscosidad Cinemática a 50°C	cSt	ASTM D 445	285,13
Viscosidad Redwood N° 1a 100° F	s	INEN 1981	1976
Cenizas	%P	ASTM D 482	0,14
Poder Calorífico Bruto	kcal/kg	ASTM D 240	9566
Carbón Coradson	%P	ASTM D 189	14
Vanadio	mg/ kg	ASTM D 5056	192,97
Cromo	mg/ kg	ASTM D 5056	1,723
Níquel	mg/ kg	ASTM D 5056	57,073
Plomo	mg/ kg	ASTM D 5056	10,812

A:PG

AN: SAH.

JR

Revisado y Aprobado por:

Ing. Renán Criollo R., MSc
 DIRECTOR DEL DPEC



INFORMACIÓN: LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SE APLICAN SOLO A LAS MUESTRAS QUE EL CLIENTE A ENTREGADO AL DPEC.
 ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS. SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL DPEC.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral. Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 104 Fax: 2529676 E-mail: uq.uc@andinet.net
 QUITO - ECUADOR.

MC2201-P01-1

Hoja 1 de 1



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS, FÍSICA Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS

	Informe N°	1013 -P9
	Fecha	08/04/2016
Atención	Ing. Julio López	
Empresa	_____	
Dirección	_____	
Tipo de Ensayo	Físico químicos	
Tipo de muestra	Aceite - Residuo Industrial	
Identificación de la muestra	MUESTRA 9	
Muestreado por	EL CLIENTE	
Descripción de la muestra	Muestra receptada en vase plástico	
Fecha de Recepción de la muestra	10/02/2016	
Código de ingreso	1013 -P9	
Fecha de realización de ensayos	Del 18 de Febrero al 18 de Marzo del 2016	

DETERMINACIÓN	UNIDADES	NORMA	RESULTADO
Punto de Inflamación	°C	ASTM D 92	171
Densidad Relativa	(-)	ASTM D 1298	0,9516
Densidad API	°API	ASTM D 287	17,2
Densidad a 15° C	kg/l	ASTM D 1298	0,951
Agua y Sedimentos Básico, BSW	%V	ASTM D 96	4,95
Azufre (%P)	%P	ASTM D 4294	1,1211
Viscosidad Cinemática a 50°C	cSt	ASTM D 445	425,04
Viscosidad Redwood N° 1a 100° F	s	INEN 1981	2312
Cenizas	%P	ASTM D 482	0,17
Poder Calorífico Bruto	kcal/kg	ASTM D 240	9304
Carbón Coradson	%P	ASTM D 189	13,63
Vanadio	mg/ kg	ASTM D 5056	156,606
Cromo	mg/ kg	ASTM D 5056	1,746
Níquel	mg/ kg	ASTM D 5056	71,058
Plomo	mg/ kg	ASTM D 5056	3,928

A:PG

AN: SAH.

JR

Revisado y Aprobado por:

Ing. Renán Criollo R., MSc
 DIRECTOR DEL DPEC



INFORMACIÓN: LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SE APLICAN SOLO A LAS MUESTRAS QUE EL CLIENTE A ENTREGADO AL DPEC.
 ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS. SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL DPEC.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral · Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 104 · Fax: 2529676 · E-mail: uq.uc@andinet.net
 QUITO - ECUADOR

MC2201-P01-1

Hoja 1 de 1



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS, FÍSICA Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS

	Informe N°	1013 -P10
	Fecha	08/04/2016
Atención	Ing. Julio López	
Empresa		
Dirección		
Tipo de Ensayo	Físico químicos	
Tipo de muestra	Aceite - Residuo Industrial	
Identificación de la muestra	MUESTRA 10	
Muestreado por	EL CLIENTE	
Descripción de la muestra	Muestra receptada en vase plástico	
Fecha de Recepción de la muestra	10/02/2016	
Código de ingreso	1013 -P10	
Fecha de realización de ensayos	Del 18 de Febrero al 18 de Marzo del 2016	

DETERMINACIÓN	UNIDADES	NORMA	RESULTADO
Punto de Inflamación	°C	ASTM D 92	157
Densidad Relativa	(-)	ASTM D 1298	0,9484
Densidad API	°API	ASTM D 287	17,7
Densidad a 15° C	kg/l	ASTM D 1298	0,94478
Agua y Sedimentos Básico, BSW	%V	ASTM D 96	4,16
Azufre (%P)	%P	ASTM D 4294	1,1315
Viscosidad Cinemática a 50°C	cSt	ASTM D 445	381,33
Viscosidad Redwood N° 1a 100° F	s	INEN 1981	2227
Cenizas	%P	ASTM D 482	0,19
Poder Calorífico Bruto	kcal/kg	ASTM D 240	9166
Carbón Coradson	%P	ASTM D 189	13,78
Vanadio	mg/ kg	ASTM D 5056	134,899
Cromo	mg/ kg	ASTM D 5056	2,26
Níquel	mg/ kg	ASTM D 5056	69,266
Plomo	mg/ kg	ASTM D 5056	3,633

A:PG

AN: SAH.

JR

Revisado y Aprobado por:

Ing. Renán Criollo R., MSc
 DIRECTOR DEL DPEC



INFORMACIÓN: LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SE APLICAN SOLO A LAS MUESTRAS QUE EL CLIENTE A ENTREGADO AL DPEC.
 ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS. SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL DPEC.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 104 Fax: 2529676 E-mail: uq.uc@andinet.net
 QUITO - ECUADOR

MC2201-P01-1

Hoja 1 de 1



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS, FÍSICA Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS

	Informe N°	1013 -P11
	Fecha	08/04/2016
Atención	Ing. Julio López	
Empresa		
Dirección		
Tipo de Ensayo	Físico químicos	
Tipo de muestra	Aceite - Residuo Industrial	
Identificación de la muestra	MUESTRA 11	
Muestreado por	EL CLIENTE	
Descripción de la muestra	Muestra receptada en vase plástico	
Fecha de Recepción de la muestra	10/02/2016	
Código de ingreso	1013 -P11	
Fecha de realización de ensayos	Del 18 de Febrero al 18 de Marzo del 2016	

DETERMINACIÓN	UNIDADES	NORMA	RESULTADO
Punto de Inflamación	°C	ASTM D 92	161
Densidad Relativa	(--)	ASTM D 1298	0,9478
Densidad API	°API	ASTM D 287	17,8
Densidad a 15° C	kg/l	ASTM D 1298	0,9172
Agua y Sedimentos Básico, BSW	%V	ASTM D 96	3,97
Azufre (%P)	%P	ASTM D 4294	1,1506
Viscosidad Cinemática a 50°C	cSt	ASTM D 445	329,5
Viscosidad Redwood N° 1a 100° F	s	INEN 1981	3093
Cenizas	%P	ASTM D 482	0,23
Poder Calorífico Bruto	kcal/kg	ASTM D 240	9184
Carbón Coradson	%P	ASTM D 189	13,69
Vanadio	mg/ kg	ASTM D 5056	126,224
Cromo	mg/ kg	ASTM D 5056	1,579
Níquel	mg/ kg	ASTM D 5056	64,651
Plomo	mg/ kg	ASTM D 5056	3,552

A:PG

AN: SAH.

JR

Revisado y Aprobado por:

Ing. Renán Criollo R., MSc
 DIRECTOR DEL DPEC



INFORMACIÓN: LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SE APLICAN SOLO A LAS MUESTRAS QUE EL CLIENTE A ENTREGADO AL DPEC.
 ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS. SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL DPEC.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 104 Fax: 2529676 E-mail: uiq.uc@andina.net.ec
 QUITO - ECUADOR

MC2201-P01-1

Hoja 1 de 1



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS, FÍSICA Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN



INFORME DE RESULTADOS

	Informe N°	1013 -P12
	Fecha	08/04/2016
Atención	Ing. Julio López	
Empresa		
Dirección		
Tipo de Ensayo	Físico químicos	
Tipo de muestra	Aceite - Residuo Industrial	
Identificación de la muestra	MUESTRA 12	
Muestreado por	EL CLIENTE	
Descripción de la muestra	Muestra receptada en vase plástico	
Fecha de Recepción de la muestra	10/02/2016	
Código de ingreso	1013 -P12	
Fecha de realización de ensayos	Del 18 de Febrero al 18 de Marzo del 2016	

DETERMINACIÓN	UNIDADES	NORMA	RESULTADO
Punto de Inflamación	°C	ASTM D 92	155
Densidad Relativa	(-)	ASTM D 1298	0,9452
Densidad API	°API	ASTM D 287	18,2
Densidad a 15° C	kg/l	ASTM D 1298	0,9447
Agua y Sedimentos Básico, BSW	%V	ASTM D 96	5,8
Azufre (%P)	%P	ASTM D 4294	1,2103
Viscosidad Cinemática a 50°C	cSt	ASTM D 445	284,86
Viscosidad Redwood N° 1a 100° F	s	INEN 1981	1952
Cenizas	%P	ASTM D 482	0,16
Poder Calorífico Bruto	kcal/kg	ASTM D 240	9122
Carbón Coradson	%P	ASTM D 189	13,11
Vanadio	mg/ kg	ASTM D 5056	163,11
Cromo	mg/ kg	ASTM D 5056	2,001
Níquel	mg/ kg	ASTM D 5056	55,010
Plomo	mg/ kg	ASTM D 5056	3,154

A: P/G

AN: SAH.

JR

Revisado y Aprobado por:

Ing. Renán Criollo R., MSc
 DIRECTOR DEL DPEC



INFORMACIÓN: LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SE APLICAN SOLO A LAS MUESTRAS QUE EL CLIENTE A ENTREGADO AL DPEC.
 ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS. SE PROHIBE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL DPEC.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 104 Fax: 2529676 E-mail: uiq.uc@andina.net
 QUITO - ECUADOR

MC2201-P01-1

Hoja 1 de 1

Anexo B.

Registro de temperaturas del Horno Cementero de UCEM CEM Planta Chimborazo.

Puntos de temperatura de pirómetro láser (°C) a nivel exterior	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8	Punto 9	Punto 10	Punto 11	Punto 12	Punto 13	Punto 14	Punto 15	Punto 16
	67.3	116.7	105.6	131.1	302.9	230	276	114.4	163.5	249.2	302.9	352.2	362.2	201.2	398.4	337.2
	66.9	128.3	96.1	133	305.5	256	273.6	116.5	169.6	248.2	303.1	342.8	363.1	192.5	397	333.9
	69.1	126.9	105.2	130.3	288.9	215.3	278.5	115.7	172.1	246.1	301.6	354.1	379.5	195.5	392	329.7
	68.3	106.7		313.7				172.8	244.3	300.3	355.3	374.1	195.1	400.6	341.3	
											346.8	366.5	193.9	392.3		
T° EXTERIOR PROMEDIO (°C)	67.90	123.97	103.40	131.47	302.75	233.77	276.03	115.53	169.50	246.95	301.98	350.24	369.08	195.64	396.06	335.53
T° PROYECTADA (°C)	524.30	957.23	798.42	1015.14	2337.73	1805.06	2131.43	892.11	1308.82	1906.86	2331.75	2704.43	2849.91	1510.66	3058.24	2590.81
T° PROYECTADA CON PÉRDIDAS/AJUSTADA (°C)	524.30	627.85	523.68	665.83	1533.32	1183.94	1398.01	585.13	858.45	1250.71	1529.39	1773.84	1869.25	990.84	2005.90	1699.31



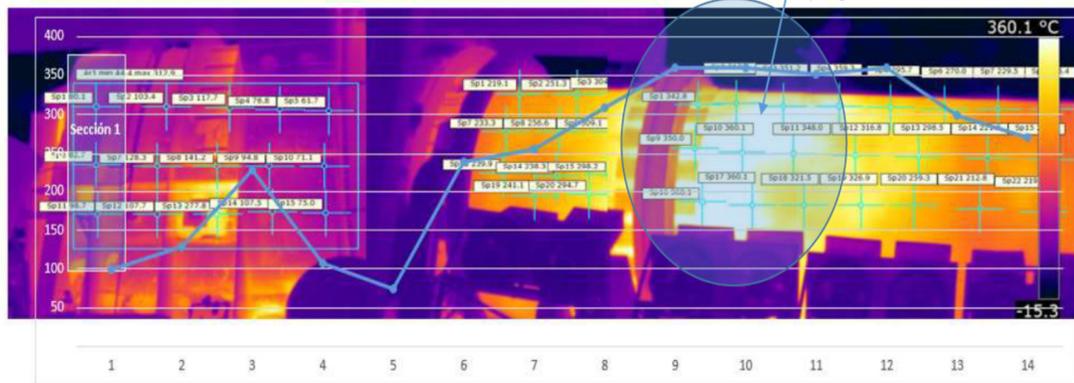
Punto de interés de mayor temperatura para garantizar destrucción de CFCs

Temperatura °C:

- EXTERIOR
- PROYECCIÓN
- PROYECCIÓN AJUSTADA

Puntos de temperatura de cámara termo gráfica (°C) a nivel exterior	Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5	Sección 6	Sección 7	Sección 8	Sección 9	Sección 10	Sección 11	Sección 12	Sección 13	Sección 14
	80.1	103.4	117.7	76.8	61.7	219.1	251.3	304.8	338.9	360.1	351.2	359.3	295.7	270
	82.7	128.3	141.2	94.8	71.1	233.3	256.6	309.1	360.1	351.4	348	316.8	298.5	221.3
	98.7	107.7	227.8	107.5	75	239.9	238.3	298.2	360.1	359.8	321.5	326.9	259.3	212.8
							241.1	294.7	360.1	331.5				
Valor máximo de sección	98.7	128.3	227.8	107.5	75	239.9	256.6	309.1	360.1	360.1	351.2	359.3	298.5	270

Punto de interés de mayor temperatura para garantizar destrucción de CFCs



Anexo C

Diseño de encuestas para investigación de aceites usados generados por el parque automotor de la ciudad de Riobamba.

Segmentación

Primera Segmentación	Segunda. Segmentación	Tercera Segmentación	Fuente
Población de estudio de aceites lubricantes usados generador por fuentes automotrices del cantón Riobamba	116 Lubricadoras y 61 Lavadoras de la ciudad de Riobamba.	Parque automotor de la ciudad de Riobamba (año 2016) 32077 vehículos. Aceite usado generado por mes (año 2016) 34204 galones por mes	GADM del Cantón Riobamba Manual de educación ambiental para el manejo adecuado de los aceites usados en la ciudad de Riobamba.
Potencial consumo de aceite usado	Compañía de Economía Mixta (UCEM CEM) Planta Chimborazo.	Producción de clínker (año 2016) 600 t /día Consumo residuo petrolero (año 2016) 15600 galones por día	UCEM CEM Planta Chimborazo Superintendencia de Compañías.

Objetivos de la encuesta

Objetivos Investigativos	Decisión	Fuente de Información
<p>Identificar características de aceite lubricante usado.</p> <p>Identificar la cantidad de generación y su disposición final.</p> <p>Conocer el procedimiento de transporte de la disposición final.</p> <p>Identificar las normativas legales, seguridad y medio ambiente en el manejo.</p> <p>Conocer el impacto ambiental en el entorno.</p>	<p>Conocer la estructura de la demanda</p>	<p>Lubricadoras/Lavadoras de la ciudad de Riobamba</p> <p>Comunidad de la ciudad de Riobamba</p>
<p>Conocer el precio por galón de aceite lubricante usado.</p>	<p>Determinar la estructura de precios</p>	<p>Mercado informal</p>
<p>Generar expectativas de entrega</p> <p>Establecer acceso y transporte</p> <p>Generar valor agregado</p>	<p>Analizar la propuesta del servicio</p>	<p>MAE Licencia Ambiental</p> <p>GADM de la ciudad de Riobamba</p>
<p>Aplicar normativas legales, seguridad y medio ambiente.</p>	<p>Determinar el diseño de producto</p>	

Encuesta dirigida a generadores

Objetivo de la investigación	Preguntas abiertas de la entrevista
<p>Identificar características de aceite lubricante usado.</p> <p>Identificar la cantidad de generación y su disposición final.</p>	<p>1.- ¿Qué tipo de aceite es el que genera su lavadora y/o lubricadora?</p> <p>a) Aceite quemado b) Aceite sucio</p> <p>2.- ¿Qué hace usted con el aceite lubricante usado?</p> <p>a) Devuelve al dueño b) Vende c) Entrega al GAD</p> <p>3.- ¿Cuál es la cantidad de aceite lubricante usado que usted genera mensualmente?</p> <p>a) (0-5 tanques) b) (5-10 tanques) c) (> a 10 tanques)</p>
<p>Conocer el procedimiento de transporte de la disposición final.</p>	<p>1.- ¿En que almacena el aceite usado?</p> <p>a) En tanques de 55 galones b) En canecas de 5 galones c) galones</p> <p>2.- ¿Posee cubeto de contención en zona delimitada?</p> <p>a) SI b) NO</p> <p>3.- ¿Conoce usted como debe almacenar el aceite usado?</p> <p>a) SI b) NO)</p> <p>4.- ¿En caso de derrame del aceite usado que haría?</p> <p>a) Utiliza aserrín b) Accesorios</p> <p>5.- ¿Del aceite usado generado en su lavadora y/o lubricadora que porcentaje termina en la alcantarilla?</p> <p>a) 1-25% b) 26%-50% c) 51%-100% d) 0%</p>
<p>Identificar las normativas legales, seguridad y medio ambiente en el manejo.</p>	<p>1.- ¿Conoce la normativa legal vigente en la ciudad de Riobamba?</p> <p>a) SI b) NO)</p> <p>2.- ¿En el manejo del aceite usado utiliza el equipo de protección?</p> <p>a) Epp b) otros</p>
<p>Conocer el impacto ambiental en el entorno</p>	<p>1.- ¿Conoce una disposición final adecuada del aceite lubricante usado?</p> <p>a) SI b) NO)</p>
<p>Establecer acceso y transporte</p>	<p>1.- ¿Por qué medio recibe el combustible?</p> <p>a) Por bombonas b) Por tanque c) Otros</p>