



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

“TRABAJO DE TITULACIÓN ESPECIAL”
PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGISTER EN
GESTION AMBIENTAL”

“CARACTERIZACIÓN DEL CATALIZADOR GASTADO DE FCC
EN REFINERÍA ESMERALDAS PARA ESTABLECER OPCIONES
PARA SU MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL”

AUTOR: ANDREA LILIANA QUINDE BRAVO

TUTOR: MSc. SANDRA PEÑA M.,

GUAYAQUIL – ECUADOR

Septiembre del 2016



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN ESPECIAL	
TÍTULO: “CARACTERIZACIÓN DEL CATALIZADOR GASTADO DE FCC EN REFINERÍA ESMERALDAS PARA ESTABLECER OPCIONES PARA SU MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL ”	
	REVISORES:
INSTITUCIÓN: Universidad de Guayaquil	FACULTAD: Ingeniería Química
CARRERA: Maestría en Gestión Ambiental	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	N° DE PÁGS.:
ÁREA TEMÁTICA:	
PALABRAS CLAVES: <i>catalizador gastado, FCC, residuos peligrosos, especiales, lixiviación, gestión.</i>	
RESUMEN: La caracterización de residuos es un proceso integrado que permite identificar, cuantificar y categorizar un material de desecho. Este fue aplicado en la evaluación de peligrosidad del catalizador gastado de FCC de la Refinería Esmeraldas. Para este fin, se analizó el contenido de metales sobre el extracto PECT de muestras catalizadores agotados de la industria en mención. También se analizó el contenido de metales sobre matriz sólida, a fin de identificar la migración de contaminantes, como referentes de toxicidad ambiental. Los resultados se contrastaron con los límites permisibles de la EPA y el RAOHE. El análisis definió al material como desecho especial. A partir de este resultado se determinó la existencia de otras opciones de tratamiento, reuso y reciclaje para este material, con el objetivo de evitar la generación de pasivos ambientales. Entre las opciones se distinguen la reutilización en procesos de catálisis, tratamiento para recuperación de metales y utilización como agregado para preparación de cemento. A fin de establecer las mejoras en el proceso de gestión del catalizador y se cumpla con la regulaciones de control de desecho especial, se evaluaron las condiciones actuales de manejo y almacenamiento del material dentro de la instalación. Con las observaciones obtenidas, se propusieron las acciones de mejora enfocadas a infraestructura, procedimientos de control entre otras.	
N° DE REGISTRO(en base de datos):	N° DE CLASIFICACIÓN: N°
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	
ADJUNTO PDF	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR:	Teléfono: E-mail: andrekl287@hotmail.com
CONTACTO DE LA INSTITUCIÓN	Nombre:
	Teléfono:

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del estudiante Andrea Liliana Quinde Bravo, del Programa de Maestría de Gestión Ambiental, nombrado por el Decano de la Facultad de Ingeniería Química CERTIFICO: que el trabajo de titulación especial titulado “CARACTERIZACIÓN DEL CATALIZADOR GASTADO DE FCC EN REFINERÍA ESMERALDAS PARA ESTABLECER OPCIONES PARA SU MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL ”, en opción al grado académico de Magíster en Gestión Ambiental, cumple con los requisitos académicos, científicos y formales que establece el Reglamento aprobado para tal efecto.

Atentamente

Ing. Sandra Peña Murillo, MSc.

TUTOR

Guayaquil, Septiembre de 2016

DEDICATORIA

A mis padres Carmen y Vicente, eterna motivación para mi superación. A mis hermanos Virginia, Giovanni y Efraín; y a mis sobrinos.

AGRADECIMIENTO

A EP Petroecuador y los directivos de Refinería Esmeraldas por permitir el desarrollo de este trabajo. Al personal técnico operativo, en especial al Ing. Raúl Molina, Ing. Luis Villacreces e Ing. Carlos Marchán, por el apoyo, apertura y cooperación brindada durante el proceso de investigación. Un especial agradecimiento al Ing. Raúl Serrano por ser el precursor de esta idea de investigación.

A mi familia que siempre me acompaña en mis decisiones y proyectos personales y académicos; y por supuesto, al ser supremo del universo por permitirme vivir esta experiencia de vida y cumplir esta etapa.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este trabajo de titulación especial, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL”

FIRMA

Andrea Liliana Quinde Bravo

ABREVIATURAS

RE	Refinería Esmeraldas
FCC	Craqueo Catalítico Fluido
GLP	Gas licuado de petróleo
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
RAOHE	Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador
MAE	Ministerio del Ambiente del Ecuador
EPA	Environmental Protection Agency
SEMARNAT	Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México
INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización
CRETIB	Corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, infeccioso, biológico
RCRA	Resource Conservation and Recovery Act
TCLP	Toxicity characteristic leaching procedure
PECT	Procedimiento de extracción de constituyentes peligrosos
LABSSA	Laboratorio de Seguridad, Salud y Ambiente
NRC	National Research Council (De California)
IT	Intendencia Técnica de Refinería Esmeraldas
LMP	Límite máximo permisible

Índice de contenido

Resumen	IX
Abstract.....	X
Introducción.....	1
Delimitación del problema:	2
Formulación del problema.	3
Justificación	4
Objeto de estudio:	5
Campo de acción o de investigación:	5
Objetivo General:	5
Objetivos Específicos:	5
La novedad científica:	6
Capítulo 1	
MARCO TEORICO	7
1.1. Teorías Generales.....	7
1.2. Teorías Sustantivas	9
1.2.1. Aspectos legales.	9
1.2.2. Residuos peligrosos en la industria de refinación de hidrocarburos	12
1.2.3. Caracterización de residuos peligrosos	14
1.2.4. Sistemas de gestión de residuos peligrosos y especiales.	15
1.3. Referentes empíricos.....	18
1.3.1. Refinería Esmeraldas	18
1.3.2. Caracterización de catalizadores de FCC.....	19
Capítulo 2	
MARCO METODOLÓGICO.....	24
2.1. Metodología	24
2.2. Métodos:	24
2.3. Premisas o hipótesis	25
2.4. Universo y muestra	26
2.5. Operacionalización de variables	26
2.5.1. Dimensión conceptual de las variables	26
2.5.2. Dimensiones de las variables	28
2.6. Gestión de datos	30
2.7. Criterios éticos de la investigación	31
Capítulo 3	
RESULTADOS.....	32
3.1. Antecedentes de la unidad de análisis o población	32
3.2. Estudio de campo.....	33
3.2.1. Caracterización y categorización del residuo	33
3.2.2. Gestión del residuo en la instalación.....	36

Capítulo 4

DISCUSIÓN.....	40
4.1. Contrastación empírica	40
4.2. Limitaciones.....	46
4.3. Líneas de investigación.....	46

Capítulo 5

PROPUESTA.....	48
Conclusiones	50
Recomendaciones	51
Bibliografía	53
ANEXOS	57

Índice de Tablas

Tabla 1. Composición porcentual de un catalizador gastado de FCC.....	20
Tabla 2. Composición media del catalizador fresco y agotado.....	20
Tabla 3. Concentración de metales en muestras de lixiviados obtenido por TCLP, de morteros adicionados con catalizador agotado y catalizador agotado sin ningún tratamiento	23
Tabla 4. Operacionalización de las variables de estudio.....	27
Tabla 5. Resumen de datos operacionales respecto a utilización de catalizador gastado en el proceso	34
Tabla 6. Concentraciones de metales en muestras sólidas de catalizador agotado de FCC.....	35
Tabla 7. Resultados de concentraciones de metales en muestras de lixiviados del catalizador agotado	35
Tabla 8. Lista de verificación de propiedades para clasificación de residuos peligrosos o especiales.	36
Tabla 9. Resultados de la evaluación de requisitos que se debe cumplir para la manipulación y almacenamiento del catalizador agotado dentro de la instalación	37
Tabla 10. Tabla comparativa de resultados de ensayos realizados sobre lixiviados en muestra de catalizador agotado y en aditivo de cemento	42

Índice de Figuras

Figura 1. Esquema de corrientes de entrada y salida del proceso de Craqueo Catalítico Fluido.	19
Figura 2. Generación Anual de Catalizador Gastado de Refinería Esmeraldas periodo 2012-2016.....	33
Figura 3. Porcentaje promedio de cumplimiento registrado en la instalación	38
Figura 4. Estructura molecular típica de una zeolita- Y.....	41

Resumen

La caracterización de residuos es un proceso integrado que permite identificar, cuantificar y categorizar un material de desecho. Este fue aplicado en la evaluación de peligrosidad del catalizador gastado de FCC de la Refinería Esmeraldas. Para este fin, se analizó el contenido de metales sobre el extracto PECT de muestras catalizadores agotados de la industria en mención. También se analizó el contenido de metales sobre matriz sólida, a fin de identificar la migración de contaminantes, como referentes de toxicidad ambiental. Los resultados se contrastaron con los límites permisibles de la EPA y el RAOHE. El análisis definió al material como desecho especial. A partir de este resultado se determinó la existencia de otras opciones de tratamiento, reuso y reciclaje para este material, con el objetivo de evitar la generación de pasivos ambientales. Entre las opciones se distinguen la reutilización en procesos de catálisis, tratamiento para recuperación de metales y utilización como agregado para preparación de cemento. A fin de establecer las mejoras en el proceso de gestión del catalizador y se cumpla con la regulaciones de control de desecho especial, se evaluaron las condiciones actuales de manejo y almacenamiento del material dentro de la instalación. Con las observaciones obtenidas, se propusieron las acciones de mejora enfocadas a infraestructura, procedimientos de control entre otras.

Palabras claves: catalizador gastado, FCC, residuos peligrosos, especiales, lixiviación, gestión.

Abstract

The characterization of waste is an integrated process that allows us to identify, quantify and categorize a waste material. The characterization was applied in the hazard assessment of spent FCC catalyst from Esmeraldas Refinery. The toxicity characteristic leaching procedure was used to obtain samples from spent catalyst and analysed their metal content. The results were assessed for identifying migration of contaminants as reference environmental toxicity and compared the permissible limits of the EPA and RAOHE. The analysis defined the material like special waste. These results unveiled the possibility xxx of other treatment options, like reusing and/or recycling this material, in order to avoid the generation of environmental liabilities was determined. Amongst the options reuse in catalysis processes, treatment for metals recovery and use as aggregate for cement preparation are distinguished should be given special consideration.. In order to establish improvements in the management process and catalyst compliance with control regulations for special waste, the current conditions of handling and storage of the material inside the facility were evaluated. The improvement actions focused on infrastructure, and control procedures, among other, were proposed.

Key words: spent catalyst, FCC, hazardous waste, special, leaching, management.

Introducción

En la industria de refinación de hidrocarburos, se cuenta con unidades de proceso que requieren de catalizadores para obtener una mayor conversión de las fracciones de crudo en combustibles más valiosos y de mejor calidad; jugando un papel importante los procesos de craqueamiento catalítico fluidizado, que emplean catalizadores compuestos de zeolitas, para obtener mezclas de gasolinas y GLP, a partir de gasóleo. Tan solo para el 2014, se estimaba una demanda de este insumo en los mercados mundiales, de aproximadamente 80000 toneladas (Lorin Crenshaw, VP, Treasurer & investor Relations, 2015).

Durante el proceso de craqueo, el catalizador se ve afectado por factores como el contenido de coque y contaminación por metales presentes en la carga, principalmente níquel y vanadio (venenos del catalizador), debido a que obstruyen su porosidad e interfieren con los sitios activos, afectando su actividad catalítica. En la etapa de regeneración del catalizador, se elimina el coque depositado en la superficie de este y parte de los metales son convertidos en óxidos, sin embargo las altas temperaturas del proceso que afectan a la cristalinidad y su área superficial, así como la pérdida progresiva de los sitios activos ácidos, hacen que en cierto punto el catalizador gastado sea reemplazado con catalizador fresco. Es así como el catalizador retirado del proceso se convierte en un desecho, que en países como Estados Unidos, se cataloga como residuo no peligroso, lo que permite a sus generadores opciones de disposición final menos costosas, su reciclaje para obtención de materiales constructivos o su venta como catalizador de equilibrio para otras refinerías.

En Ecuador, la Refinería Esmeraldas cuenta con el proceso de craqueo catalítico fluido (FCC) que a partir del gasóleo de vacío, produce gas licuado de petróleo y gasolinas de alto octano. La FCC cuenta con una unidad de regeneración para el

catalizador utilizado en el proceso, de donde es retirado como residuo, una vez que está agotado; y el cual según el Acuerdo Ministerial No. 142 “Listado de Sustancias Químicas Peligrosas, Desechos Peligrosos y Especiales” del Ministerio del Ambiente, es un residuo de características tóxicas.

Antes de ejecutarse el Proyecto de Rehabilitación de la Refinería Esmeraldas en 2014, y con el cual se amplió la capacidad de procesamiento de la unidad FCC de 18000 bpd a 20000 bpd, la generación de catalizador gastado oscilaba entre 250 a 300 toneladas anuales. Para el año 2016, se estima una generación de aproximadamente 500 toneladas anuales, el cual se sumaría a las grandes cantidades de catalizador gastado que aún se encuentra almacenado en las instalaciones de la refinería. Este, por su categorización de toxicidad, solo puede ser destinado a rellenos de seguridad, el cual en la actualidad es un servicio limitado y de alto costo en el país.

Delimitación del problema:

Para las condiciones en las que actualmente opera la Unidad de Craqueo Catalítico Fluido de Refinería Esmeraldas, se desconoce las sustancias que se encuentran presentes en el catalizador gastado y si las concentraciones de estas, son compatibles con el criterio de toxicidad ambiental definido por las normas ambientales vigentes como el Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas (RAOHE) u otras legislaciones internacionales de referencia como la norma 40 CFR 261 de la EPA. El no contar con esta información afecta la cadena de gestión y limita el acceso a opciones de tratamiento o disposición final, además de contribuir a la generación de un pasivo ambiental, debido a que la cantidad enviada a confinamientos de seguridad es muy inferior a la cantidad generada, además de no contarse con sitios adecuados en el interior de la refinería, que garanticen un almacenamiento apropiado y minimicen el riesgo de contaminación cruzada.

Con estos antecedentes, se requiere llevar a cabo una caracterización del residuo que considere aspectos de frecuencias de producción, cantidades a generar basado en registro de los periodos 2012-2015 y propiedades de peligrosidad por toxicidad ambiental, que permita definir qué tipo de clasificación es la más apropiada para este residuo y con ello recomendar las opciones de tratamiento o disposición final más adecuadas. Por otro lado se requiere considerar la evaluación de la cadena de gestión actualmente aplicada a este tipo de residuo en el interior de la instalación (manejo y almacenamiento temporal) y determinar las mejoras, las mismas que deben guardar concordancia con el tipo de clasificación de peligrosidad del residuo.

Formulación del problema.

En otros países, catalizadores gastados de similares características al generado en la Refinería Esmeraldas, no se consideran peligrosos y motivo por el cual para su gestión son reutilizados, reciclados o enviados a sistemas de disposición final que representan menos costes que la disposición en un vertedero controlado; por lo que en esta investigación es preciso plantear los siguientes cuestionamientos:

- ¿Cuáles son las concentraciones de contaminantes presentes en el lixiviado del catalizador gastado proveniente de la Unidad FCC en la Refinería Esmeraldas, que lo vuelven un residuo peligroso por su toxicidad ambiental?
- Considerando las concentraciones de contaminantes en los lixiviados del catalizador, como un indicador de toxicidad ambiental, cuales son las opciones a las que puede acceder el generador para mejorar la gestión integral del desecho.
- ¿Qué aspectos de la cadena de manejo y gestión interna aplicados al catalizador gastado, deben ser mejorados para reducir los riesgos ambientales asociados?

Justificación

Se han identificado impactos ambientales de diversa índole, derivados de la industria de refinación de hidrocarburos, muchos de ellos ligados a la generación de residuos sólidos peligrosos, que en ciertos casos se han convertido en pasivos ambientales. Para mitigar este impacto, son cada vez más difundidas y adoptadas a nivel mundial, políticas de jerarquización de residuos, que incluyen entre sus primeras opciones la reducción, reutilización y reciclaje, y como última opción la disposición final.

En el caso del catalizador gastado de FCC, se reportan casos de reuso y reciclaje en Europa, desde la década del año 90 (Schmitt, 1991), basados en los resultados de las pruebas de toxicidad con el método de lixiviación (Test TCLP), con el cual determinaron una liberación de metales y otras sustancias por debajo del límite máximo permisible propuesto por normativas de la EPA y la Unión Europea. A partir de estos datos, se han realizado diversos estudios acerca del reciclaje de este material como elemento de construcción o su tratamiento para recuperación de metales preciosos.

En Ecuador ya se han realizado estudios que sugieren la utilización del catalizador gastado como sustituto parcial del cemento portland, sin embargo estos no contemplan la caracterización del material bajo las nuevas condiciones de operación de la Unidad FCC después de la rehabilitación integral y no evalúan la cadena de gestión de este residuo dentro de las instalaciones de la Refinería Esmeraldas, siendo un factor importante la alta generación que se espera a partir del año 2016. Por ello, esta investigación pretende demostrar que este tipo de material no posee peligro de toxicidad para el ambiente, brindando propuestas de gestión más adecuadas y compatibles a las políticas ambientales que se están impulsando e implantando en la EP PETROECUADOR, contribuyendo así a la reducción de pasivos ambientales.

Objeto de estudio:

Realizar la caracterización de peligrosidad del catalizador gastado generado en el proceso de Craqueo Catalítico Fluido (FCC) y evaluar las condiciones de manejo, almacenamiento y disposición final que actualmente se aplican, para proponer mejoras en la cadena de gestión y nuevas opciones de reutilización y reciclaje.

Campo de acción o de investigación:

El campo de investigación se centra en las características de peligrosidad ambiental del catalizador gastado de FCC y la cadena de gestión como desecho, dentro de la Refinería Esmeraldas.

Objetivo General:

Evaluar las condiciones actuales de manejo y caracterizar el Catalizador Gastado de FCC respecto a sus propiedades de peligrosidad, para proponer mejoras en la cadena de gestión y nuevas opciones de reusó y/o reciclaje.

Objetivos Específicos:

- Determinar las cantidades, frecuencias de generación y propiedades de peligrosidad del catalizador gastado en la Unidad de Craqueo Catalítico Fluido.
- Determinar a través de análisis de laboratorio, la toxicidad ambiental del catalizador gastado, tanto en muestras solidas como en muestras de lixiviado y a partir de esta información establecer la categoría ambiental del residuo más apropiada.

- Proponer opciones de reutilización, reciclaje o tratamiento más viables para el catalizador gastado de FCC.
- Determinar a partir de observaciones de campo, las mejoras requeridas en la cadena de manejo y gestión del catalizador gastado dentro de las instalaciones de Refinería Esmeraldas.

La novedad científica:

En el país no se cuenta con información sobre las características de peligrosidad del catalizador gastado que se genera en la Refinería Esmeraldas, después de los cambios realizados al proceso durante el Proyecto de Rehabilitación, por lo que con esta tesis se proporcionará información que servirá a la institución para aplicar nuevas directrices para la gestión integral adecuada de este desecho, además de aperturar intereses de nuevas investigaciones en aplicaciones industriales y ambientales, para procesos de reutilización o reciclaje.

Capítulo 1

MARCO TEORICO

1.1. Teorías Generales

Los impactos ambientales se definen como la alteración que introduce una actividad humana en su entorno, en términos de calidad de vida población, entendiéndose como entorno a una parte del medio ambiente, según lo definición de Gómez O. y Gómez V. (2013). A partir de esta definición general, han surgido modelos de causalidad para determinar la relación entre la contaminación ambiental como impacto ambiental, y los factores que lo generan, identificándose así problemáticas importantes respecto a la contaminación por residuos sólidos. Esta no solo afecta la salud humana sino que, también está relacionada con la generación de contaminación atmosférica, del suelo, aguas superficiales y subterráneas, tal como se menciona en el Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en Colombia, preparado para la Organización Panamericana de la Salud en 1996.

Los residuos sólidos según definición de Tchobanoglous (1994), son considerados dentro de una gran variedad de materiales sólidos (incluyendo algunos líquidos) que se desechan o rechazan por estar gastados, sin valor o estar en exceso. Por su origen estos pueden ser domésticos, industriales, agrícolas, comerciales, urbanos, o de construcción. Por sus propiedades o características estos pueden clasificarse como no peligrosos o peligrosos (Olguín, 2007).

La gestión integral de residuos se define como la disciplina orientada al control del manejo de residuos abarcando la reducción en la fuente, reuso, reciclaje, barrido, almacenamiento, recolección, transferencia, tratamiento y disposición final; en armonía con los principios de salud pública, de la economía, de la ingeniería y otras consideraciones ambientales (Herrera, 2012).

Para la aplicación adecuada de las diferentes etapas consideradas en la gestión integral de residuos, se debe conocer los tipos de desechos que se generan en la instalación objeto de estudio, fuentes de generación, características fisicoquímicas y cantidades producidas, que permitan en consecuencia definir las opciones más adecuadas de manejo, recuperación y/o disposición final. Este conocimiento como tal permite establecer criterios de clasificación para los desechos y a partir de un enfoque de jerarquización de la gestión, aplicar los esquemas de manejo más convenientes.

Los residuos pueden ser clasificados bajo una multitud de esquemas, que McDougall et al (2001) indica suelen ser: por su estado físico, por su uso original, por el material que lo compone, por sus propiedades físicas, por su origen o por su nivel de seguridad. En lo referente a su origen, estos pueden ser clasificados como domésticos comerciales, agrícolas, industriales, hospitalarios entre otros; mientras que por su nivel de seguridad, estos pueden catalogarse como peligrosos y no peligrosos (McDougall, 2001). Esta última categoría es fácilmente apreciable en las actividades de tipo industrial, en donde por la naturaleza de los procesos que se realicen, se pueden generar diferentes tipos de residuos peligrosos.

De forma general, tomando como referencia la NORMA INEN 2266:2013, los residuos peligrosos se encuentran definidos como aquellos desechos que por sus características físico químicas, corrosivas, tóxicas, reactivas, explosivas, inflamables, biológico infecciosas, representan un riesgo de afectación a la salud humana, los recursos naturales y el ambiente o destrucción de bienes, lo cual obliga a controlar su uso y limitar la exposición al mismo, de acuerdo a las disposiciones legales.

En este sentido las características de peligrosidad que se identifiquen en un residuo peligroso, definirán su cadena de gestión como tal y si es posible utilizar el enfoque de jerarquía de manejo de desechos, cuyo objetivo principal es priorizar las

acciones y tipos de tratamiento que debe recibir un residuo, estableciendo la reducción en la fuente como primera opción, seguida de la reutilización, la recuperación, reciclaje o tratamiento y dejando como última y menos deseable, a la disposición final (Olmos, 2011).

1.2. Teorías Sustantivas

1.2.1. Aspectos legales.

A nivel internacional, entidades como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos – EPA- y la Comunidad Europea, han instaurado desde los años 70`s diferentes guías e instrumentos de control para hacer frente a los efectos adversos derivados del manejo y disposición inadecuada de los residuos peligrosos, sobre el ambiente y la salud humana. Estas prácticas sirvieron de referente para que otros países, suscribieran acuerdos y establecieran legislaciones cada vez más restrictivas. Bajo este esquema, en Ecuador existe normativa que regula todo lo relativo a la gestión de residuos contemplado dentro del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. En su versión vigente al año 2015, en el Libro VI De la Calidad Ambiental, hace referencia a la gestión de residuos peligrosos como se cita a continuación.

Definición de residuos peligrosos.- Dentro de esta norma se considera residuos peligrosos a todo aquel material que se enmarca en alguno de los siguientes preceptos:

- a) *“Los desechos sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos resultantes de un proceso de producción, extracción, transformación, reciclaje, utilización o consumo y que contengan alguna sustancia que tenga características corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables, biológico- infecciosas y/o radioactivas.*

b) *Aquellos que se encuentren determinados en los listados nacionales de desechos peligrosos, a menos que no tengan ninguna de las características descritas en el numeral anterior. Estos listados serán establecidos y actualizados mediante acuerdos ministeriales.*

Para determinar si un desecho debe o no ser considerado como peligroso, a caracterización del mismo deberá realizarse conforme las normas técnicas establecidas por la Autoridad Nacional y/o la Autoridad Nacional de Normalización o en su defecto por normas técnicas aceptadas a nivel internacional, acogidas de forma expresa por la Autoridad Ambiental Nacional.” (Art. 79- Libro VI del TULSMA, 2015).

Definición de residuos especiales.- Dentro de esta norma también se brinda una consideración para reconocer ciertos tipos de desechos, que se enmarquen en los siguientes preceptos:

- a) *“Aquellos desechos que sin ser peligrosos, por su naturaleza, pueden impactar al ambiente o a la salud, debido al volumen de generación y/o difícil degradación y, para los cuales se debe implementar un sistema de recuperación, reuso y/o reciclaje con el fin de reducir la cantidad de desechos generados, evitar su inadecuado manejo y disposición, así como la sobresaturación de los rellenos sanitarios municipales;*
- b) *Aquellos cuyo contenido de sustancias tengan características corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables, biológico – infecciosas y/o radioactivas, no superen los límites de concentración establecidos en la normativa ambiental nacional o en su defecto la normativa internacional aplicable.*
- c) *Aquellos que se encuentran determinados en el listado nacional de desechos especiales. Estos listados serán establecidos y actualizados*

mediante acuerdos ministeriales”. (Art. 80- Libro VI del TULSMA, 2015).

Además establece que para determinar si un desecho debe o no ser considerado como especial, la caracterización del mismo deberá realizarse conforme a las normas técnicas establecidas por la Autoridad Ambiental Nacional y/o la Autoridad Nacional de Normalización o en su defecto, por normas técnicas aceptadas a nivel internacional (Art. 80- Libro VI del TULSMA, 2015).

Fases de gestión.- En el artículo 83 del Libro VI del TULSMA, se define las fases de gestión del sistema de gestión integral de los desechos peligrosos y especiales, el cual comprende la generación, almacenamiento, recolección, transporte, aprovechamiento y/o valorización, y/o tratamiento, incluye el reuso y reciclaje y como última fase se contempla la disposición final. Todas estas fases cuentan con requisitos que el regulado debe cumplir, desde la documentación legal generada en el proceso hasta infraestructura técnicamente adecuada para la manipulación y almacenamiento, pasando por prácticas de envasado y etiquetado del desecho.

Transporte, almacenamiento y manejo. – Aunque el TULSMA dentro de su Libro VI estipula todo lo referente a la gestión de residuos, la norma técnica INEN 2266 en su versión 2013, establece una serie de requisitos específicos que se deben cumplir durante el transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos (sustancias y desechos peligrosos). Además emite una clasificación de peligros, agrupados en nueve clases, siendo la clase 9 la que generalmente aplica a los residuos peligrosos. También incluye requisitos enfocados a la información que el personal participante de cualquiera de las fases de gestión debe conocer para prevenir, controlar o reaccionar ante los riesgos asociados a la manipulación de materiales peligrosos.

Listados Nacionales de Residuos Peligrosos.- A partir del año 2012, se encuentran en vigencia en el Ecuador, los Listados Nacionales de Sustancias Químicas Peligrosas, Desechos Peligrosos y Especiales, mediante el cual el Ministerio de Ambiente definió bajo ciertos criterios formales, que tipo de materiales son considerados peligrosos o especiales en el país. Esta documentación se promulgo a través del Acuerdo Ministerial No. 141 y se compone de tres listados, siendo los del Anexo B y C, los concernientes a residuos peligrosos y especiales respectivamente. En lo que refiere al anexo B, este considera la identificación de los residuos por fuente específica de generación (listado 1) y por fuente no específica (listado 2). El listado 1, identifica en la sección C19 los residuos peligrosos generados en las actividades de fabricación de productos de la refinación del petróleo y coque.

Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador.-

Este cuerpo legal vigente desde el año 2001, establece una serie de controles, parámetros, límites permisibles, métodos y formatos para regular las actividades hidrocarburíferas en todas sus fases, basados en el impacto ambiental que estas causan. Así se incluye un acápite respecto al manejo de desechos en general (artículo 28) que abarca la reducción de desechos en la fuente, clasificación, disposición así como el registro de estas actividades en formatos y documentos apropiados.

1.2.2. Residuos peligrosos en la industria de refinación de hidrocarburos

La industria de refinación de petróleos, genera residuos peligrosos de diversa índole, cuyas propiedades dependen del proceso en el cual se originen. En la Guía de Gestión y Minimización de Residuos en Refinerías de Petróleo de IPIECA (2014), se indica: “Las refinerías producen residuos de los procesos industriales propios de las

actividades que estas llevan a cabo para la manipulación y procesamiento del petróleo crudo y sus derivados”.

Las unidades de operación en una refinería son diseñadas para convertir el petróleo a través de procesos de conversión físicos y químicos , a una combinación de combustibles, lubricantes a base de aceite y asfalto para comercialización y otros productos intermedios que son suministrados a otras facilidades (IPIECA, 2014). Algunos de estos procesos emplean catalizadores y soluciones químicas en concentraciones variables. De esta forma se logra generalizar tres categorías de desecho en relación a los procesos presentes en este tipo de industria, los cuales comprenden residuos de fondo del crudo procesado, residuos de catalizador y desechos de soluciones del tratamiento de gases.

En particular los residuos de catalizadores, se generan toda vez que la actividad catalítica de este insumo se encuentra reducida al mínimo o un cambio de variables en el proceso requiera el reemplazo del catalizador en uso por uno nuevo. Los catalizadores toman contacto directo con la carga de crudo a procesar y suelen atrapar en ellos, ciertos contaminantes que dependerán en gran medida del tipo de materia prima empleada y las condiciones del proceso. Por ello, como características generales que se pueden dar a este tipo de residuos, según IPIECA (2014) son:

1. Presencia de metales asociados propios del catalizador, lo que depende de la especificidad del catalizador y tipo de servicio al que está destinado, pero puede incluir níquel, cobalto y molibdeno.
2. Presencia de metales pesados que dependen de la composición del petróleo a procesar. Comúnmente puede identificarse al níquel y vanadio.
3. Sulfuros metálicos, producto de reacciones secundarias sobre el catalizador.

1.2.3. Caracterización de residuos peligrosos

En la ejecución de cualquier programa o plan de gestión de residuos peligrosos, el primer paso a tomar en cuenta es la identificación del tipo de residuo y sus características CRETIB (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable, biológico infeccioso) (Soto, Obaya, & Guerrero, 1996). Las principales razones para considerar estas características en el proceso de caracterización se resumen a continuación.

1. **Inflamabilidad:** se han identificado desechos que pueden provocar incendios durante el transporte, almacenamiento o disposición final (Blackman, 2001). Una definición más amplia sobre inflamabilidad puede ser consultada en la norma INEN 2266:2013.
2. **Corrosividad:** se considera el pH como indicador de corrosividad, porque existen residuos con alto o bajo pH que pueden reaccionar peligrosamente con otros desechos o producir contaminantes tóxicos al migrar desde ciertos residuos. Aquellos desechos capaces de corroer el acero pueden escapar de sus contenedores y liberar otros desechos o sustancias corrosivas (Blackman, 2001).
3. **Reactividad:** se han identificado desechos inestables que pueden suponer un problema, en cualquier etapa del ciclo de gestión de residuos, debido a riesgos de explosión o reacciones secundarias (Blackman, 2001).
4. **Toxicidad:** La liberación de contaminantes tóxicos que entren en contacto con el entorno y afecten a la salud humana o al ecosistema, pueden suponer un problema para la instalación donde se manipulan. Por otro lado existen desechos que generan lixiviados cuando se encuentran en reposo o son depositados en rellenos sanitarios, los cuales pueden filtrar el suelo y afectar fuentes de agua.

La clasificación de residuos debe ser realizada en concordancia con los requisitos legales vigentes a nivel país (IPIECA, 2014), lo que en algunos casos incluye listados específicos con corrientes de residuos sobre los que existe una preocupación, como en el caso de Ecuador, y que emplean como base las características CRETIB. Esto es viable cuando ya se dispone de información concreta sobre propiedades del material a ser clasificado. Sin embargo cuando esto no es así o algún desecho no cubre de forma total los criterios planteados, como menciona Soto et al. (1996), se recurren a planes de muestreo y análisis, teniendo como uno de los objetivos principales analizar detalladamente las características fisicoquímicas del residuo, para encontrar dentro de estas la principal característica peligrosa que facilite la identificación. Recurrir a métodos analíticos más detallados como se explica en el manual de IPIECA (2014), incluso puede llevar a reducir en general los costos de disposición, si se confirma por ejemplo la ausencia de alguna propiedad de peligrosidad, permitiendo por tanto considerar opciones de disposición menos costosas.

El análisis de los desechos que se generan en la industria de refinación de hidrocarburos puede incluir propiedades físicas (densidad, gravedad específica, pH, punto de inflamación), contenidos de metales (incluyendo plomo orgánico si alquilos de plomo son o fueron utilizados en la instalación), presencia de material pirofórico, carbón orgánico total, contenido de aceites y grasas (IPIECA, 2014).

Otros aspectos importantes que se deben considerar en la caracterización son las (a) puntos o procesos de generación, (b) la cantidad y/o volúmenes generados, (c) frecuencia de producción, y (d) personal relacionado con el manejo.

1.2.4. Sistemas de gestión de residuos peligrosos y especiales.

Como se menciona en el apartado de fases de gestión, contempladas por el TULSMA, un sistema de manejo de residuos peligrosos y especiales incluye de forma

básica tres etapas principales: (a) almacenamiento, (b) colección y transporte (c) tratamiento y disposición final. Para todas estas etapas se deben tener acciones de contingencia y emergencia previamente establecidas. De forma general ya sea en una refinería o cualquier tipo de industria, los residuos que se ha destinado su manejo in situ, se deben desarrollar y documentar los procedimientos para su manejo y para los equipos de operación involucrados. Esto ayudará a garantizar el cumplimiento de la legislación aplicable, y minimizar los riesgos de la exposición del personal a sustancias peligrosas y el potencial de contaminación de suelos y aguas subterráneas (IPIECA, 2014).

En lo que refiere al almacenamiento Dando & Martin (CONCAWE, 2003) comentan que los residuos que serán enviados a disposición final deben ser almacenados en una forma ambientalmente aceptable. El almacenamiento no debe transformarse en problema ambiental secundario tales como emisión de olores o contaminación de acuíferos debido a la percolación de las aguas lluvias o escurrimientos en el sitio. El almacenamiento debe ser óptimo en recipientes cerrados, contenedores o bolsas. El material de los recipientes debe ser compatible con el residuo a contener. Por lo regular, esta actividad se cumple acorde con las disposición locales aplicables.

Respecto al transporte, como especifica el TULSMA, este debe realizarse en vehículos que cuenten con las autorizaciones para tal actividad, emitidos por el Ministerio de Ambiente. Los vehículos que se empleen para esta fase deben estar diseñados, contruidos y operados de modo que cumplan su función con plena seguridad. Durante esta etapa se debe además contar con la documentación sobre el movimiento de residuo.

Dentro de las etapas de gestión se debe considerar el aprovechamiento o tratamiento que pueden recibir los residuos generados en la instalación. El tratamiento como tal puede conllevar a reducir la cantidad o flujo de los residuos, mejorar sus características o permitir que el desecho sea reciclado o dispuesto de una forma más

segura. Las técnicas más comúnmente empleadas en la industria de refinación, relacionada a este tema pueden involucrar procesos químicos, físicos o biológicos. Los tratamientos pueden ser en el sitio o fuera de él (instalaciones especializadas). Los catalizadores gastados dependiendo de su origen y composición, pueden ser sometidos a tratamientos químicos tales como:

- La remoción de metales para su recuperación, en casos donde los metales presentes son de alto valor en el mercado y se encuentran en concentraciones viables para este tipo de proceso.
- “Estabilización, que comprende la conversión de desecho a una forma de material químicamente estable que resista la lixiviación de contaminantes contenidos en el material, cuando es colocado en un relleno sanitario”. (IPIECA, 2014)
- “Encapsulación, que involucra la adición de un material que cubre al desecho y lo hace parte de sí mismo encerrando completamente al residuo en una capa de material encapsulante. Este proceso es casi siempre realizado utilizando cemento para formar monolitos que son enviados al relleno sanitario” (IPIECA, 2014).

La disposición final está definida como el almacén permanente para los desechos, donde se espera que estos no sean movidos, retornados o trasladados a otro sitio. En la industria de refinación, los residuos pueden recibir disposición final en las siguientes formas: (a) rellenos sanitarios o vertederos controlados, (b) incineración e (c) inyección en pozo profundo. (IPIECA, 2014). Por lo general los catalizadores cuando se han sometido a procesos de estabilización/ encapsulación, son enviados a rellenos sanitarios.

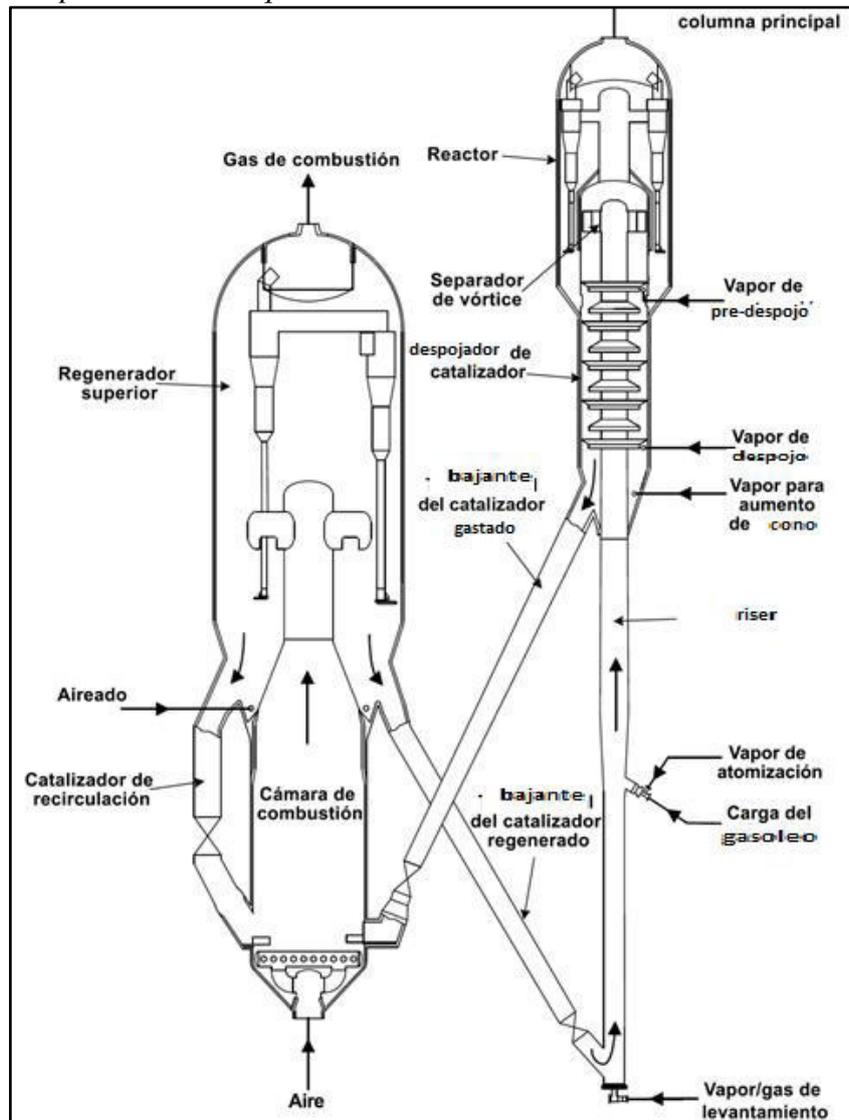
1.3. Referentes empíricos

1.3.1. Refinería Esmeraldas

El principal referente empírico de esta investigación es la Refinería Esmeraldas ubicada en el Km 7.5 de la Vía Atacames, ciudad de Esmeraldas. Esta instalación industrial cuenta con un sistema de manejo de residuos dentro del cual se encuentra considerado el catalizador gastado generado en la unidad de Craqueo Catalítico Fluido (FCC). En este proceso, con una capacidad actualmente de 20000 BPD, el gasóleo de vacío es sometido a temperaturas de unos 520°C en contacto con el catalizador zeolítico en estado fluidizado, se transforma por craqueo catalítico en fracciones más livianas como gases, gas licuado de petróleo, gasolina de alto octanaje y destilados medios conocidos como aceites cíclicos que se usan como diluyentes del Fuel Oil (Guerrero citado por Tapia, 2013).

El catalizador utilizado, se separa y es fluidizado con vapor, de forma que pase desde el reactor hasta el recipiente de regeneración, en donde se quema el coque depositado en la etapa de reacción y así restaurar su actividad. El catalizador regenerado se devuelve al reactor para suministrar el calor necesario captado en el regenerador, a fin de impulsar la reacción del proceso. Esto se hace de forma continua, hasta que la actividad del catalizador se encuentra mermada y debe ser reemplazado por catalizador fresco.

Figura 1. Esquema de corrientes de entrada y salida del proceso de Craqueo Catalítico Fluido.



Fuente: Intendencia Técnica de RE

1.3.2. Caracterización de catalizadores de FCC

Catalizadores gastados del craqueo catalítico fluidizado.- Los catalizadores gastados de los procesos de craqueo catalítico fluido son en un principio “material formado por zeolita –Y, que es silico-aluminato cristalino y microporoso, constituido por tetraedros de $[\text{SiO}_4]^{4-}$ y $[\text{AlO}_4]$, que se encuentran coordinados a través de puentes de oxígeno no lineales” (Pertuz, 2006 citado por Strubinger, Morales y Aponte, 2014). Este experimenta durante su uso, tratamientos que modifican su comportamiento, puesto que el

vapor de agua a altas temperaturas desplaza el aluminato de la estructura de zeolita, destruyendo consecuentemente su microporosidad. Una vez que se destruye dicha estructura, se genera un material amorfo que no tiene actividad catalítica, convirtiéndose en lo que se conoce como catalizador gastado (Furimsky & Massoth, 1999, citado por Strubinger et al., 2014).

Algunos estudios han analizado las características químicas y físicas de los catalizadores gastados identificando, como en el caso de Martínez (2013), la siguiente composición media.

Tabla 1. *Composición porcentual de un catalizador gastado de FCC*

COMPONENTE	% PESO
SIO2	48,145
AL2O3	43,785
FE2O3	0,93
CAO	0,175
MGO	0,13
K2O	0,09
TIO2	0,85

Fuente: Martínez, Torres, Mejía, Mellado & Paya (2013): Uso de test de Lixiviación para determinar la migración de contaminantes en morteros de sustitución con residuos de catalizador de craqueo catalítico (FCC).

Respecto al contenido de metales, otros autores identifican la presencia de metales níquel, hierro, vanadio, titanio, bario, plomo, arsénico como se muestra en la tabla preparada por Gerber et al (1999) y citada en el estudio realizado por Ferella, Innocenzi & Maggiore (2016). Por otro lado, en estudios realizados sobre el catalizador gastado de Refinería Esmeraldas, se ha determinado concentraciones promedio de níquel y vanadio de 43.1 ppm y 225.4 ppm, respectivamente (Cadena, 2015).

Tabla 2. *Composición media del catalizador fresco y agotado*

ELEMENTO	FRESCO PPM	AGOTADO PPM
ALUMINIO	141,10	161,47
SILICIO	260,00	332,00
VANADIO	33,00	1455,00
NIQUEL	31,00	3930,00

ELEMENTO	FRESCO PPM	AGOTADO PPM
HIERRO	3880,00	6500,00
TITANIO	3980,00	6430,00
BARIO	1684,00	93,00
ANTIMONIO	1,90	1326,00
LANTANO	2700,00	3490,00
CERIO	3470,00	4077,00
AZUFRE	3440,00	1100,00

Fuente: Gerber et al, 1999, citado por Ferella, Innocenzi & Maggiore (2016): “Oil refining spent catalyst: a review of possible recycling technologies”.

Peligrosidad del Catalizador Gastado.- La determinación de las propiedades de peligrosidad de un material sólido de naturaleza zeolítica como los catalizadores agotados, se centra en la toxicidad ambiental, por cuanto el proceso de craqueo y el ciclo de regeneración no confieren características de reactividad, corrosividad o inflamabilidad; y estas tampoco se encuentran presentes en el material previo a su uso. Así muchos de los estudios emplean procedimientos de evaluación de toxicidad ambiental, crónica y aguda, siendo la primera empleada como un primer filtro de valoración.

La toxicidad ambiental puede ser evaluada a partir de métodos que simulen el proceso de interacción entre el residuo y el medio, ya que como lo expone Martínez (2013) a través de Pacheco (2009): “Un elemento tóxico puede ser menos peligroso desde la perspectiva medioambiental, si se encuentra fijado a la matriz del material, en comparación con otro que esté presente en una menor cantidad, pero que posea una gran movilidad, siendo fácilmente lixiviable”. Bajo este contexto, se cuenta con ensayos de lixiviación, siendo los de mayor aplicación aquellos propuestos por la EPA, conocidos como Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) y el Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP), que permiten cuantificar la extractabilidad de un residuo sólido, bajo un conjunto de condiciones de laboratorio, de algunos constituyentes peligrosos como metales, compuestos orgánicos volátiles y pesticidas. (Rihm, Arellano, Sancha)

El procedimiento del TCLP simula la acción que tienen los ácidos orgánicos generados en un sitio de co-disposición sin impermeabilización de fondo, sobre los residuos depositados en este, asumiendo de esta forma escenarios probables de liberación de contaminantes como lo sería percolación de lixiviados en régimen estable, transporte de contaminantes y atenuación natural; y explotación de pozo para agua potable 500 pies aguas abajo del sitio de disposición del residuo en estudio. (Rihm et al.)

Varios estudios como se indicó en el numeral anterior, han llevado a cabo el análisis de composición elemental sobre los cuales se pueden discriminar a modo de línea base, los contaminantes presentes en residuos de catalizador agotado. Sin embargo el ensayo TCLP o extracto PECT como se conoce bajo los términos de la norma SEMARNAT 052, se ha realizado en la mayoría de estudios reportados, sobre muestras de materiales cementantes adicionados con catalizador de desecho o materiales geopoliméricos obtenidos a partir de este residuo. Los resultados de estos diversos ensayos confluyen en que metales como el níquel, plomo o cadmio se encuentran en concentraciones por debajo de los límites permisibles respecto a las normativas tomadas como referencia.

En el caso del catalizador gastado de Refinería Esmeraldas, se registra un estudio realizado sobre muestras de catalizador mezcladas con cemento portland, bajo el procedimiento de inertización química. Este estudio enfocado en la determinación de concentraciones de níquel y vanadio después de los ensayos de lixiviación, concluyen en que el contenido de estos metales es nula (no detectable en el equipo de medición utilizado). Los resultados de otras investigaciones en los que se ha aplicado el ensayo TCLP en morteros se muestran a continuación:

Tabla 3. Concentración de metales en muestras de lixiviados obtenido por TCLP, de morteros adicionados con catalizador agotado y catalizador agotado sin ningún tratamiento

Parámetros (mg/l)	Lixiviado Mortero sustituido al 20% con C. G. ¹	Lixiviado Mortero sustituido al 20% con C. G. ²	Lixiviado C. G. ³	Lixiviado mortero sustituido al 20% con C. G. ³
Zn	0,12	<0,05	0,55	0,41
Cr	<0,05	<0,05	0,09	0,11
Pb	<0,13	<0,05	<0,025	ND
As	<0,002	<0,01	<0,04	ND
Cd	<0,05	<0,01	NR	NR
Ni	1,18	<0,05	NR	NR
V	<0,95	0,17	NR	NR
Ba	ND	0,06	NR	NR
Sr	ND	NR	NR	NR
Hg	NR	<0,001		
La	NR	<0,05	1020	ND

Nota: NR: parámetro no ensayado en el estudio; ND: Las concentraciones fueron muy bajas que no fueron detectadas por el equipo de medición utilizado en el estudio; C. G.: catalizador gastado de FCC. Fuente: 1. Martínez, Torres, Mejía (2013); 2. Strubinger, Morales, Aponte (2014); 3. Torres, Trochez, Mejía (2012).

Capítulo 2

MARCO METODOLÓGICO

2.1. Metodología

Para cumplir con el objeto de estudio de este proyecto, se empleará una metodología de investigación con enfoque mixto. Este enfoque como lo define Hernández y Mendoza, (2008), implica la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (meta inferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio.

En la aplicación de estas metodologías, la de tipo de cuantitativa permitirá medir como parte de la caracterización, los tipos de contaminantes y las concentraciones presentes en el catalizador gastado de FCC, así como las cantidades generadas en la instalación en calidad de desecho. La cualitativa, permitirá describir las características propias del catalizador basados en información bibliográfica y registros documentales; y como este se maneja (con observación directa) dentro del sistema de gestión de residuos de Refinería Esmeraldas. Los resultados de ambos enfoques permitirán proponer las opciones de tratamiento o disposición final más convenientes.

2.2. Métodos:

El desarrollo de este trabajo se enmarco en el método general de investigación desarrollado por Hernández, Fernández & Batipsta en 1998, y en el que se incluyó la investigación descriptiva con el fin de especificar características y propiedades del catalizador objeto de estudio, tomando información existente en la instalación. Para complementar el proceso de caracterización y determinar la categoría de peligrosidad del residuo, se recurrió a la investigación experimental aleatoria empleando el procedimiento

de extracción de contaminantes tóxicos PECT; método estandarizado por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México a través de la Norma SEMARNAT - 053. Así luego de un tratamiento para simular condiciones de disposición de un residuo en un relleno sanitario sin impermeabilización, se determina la concentración de contaminantes en los lixiviados obtenidos y se relaciona con las concentraciones iniciales del residuo sin ningún tratamiento. De esta forma se verifica la movilidad de los contaminantes presentes, como sinónimo de riesgo de toxicidad ambiental. Los resultados obtenidos tanto por los métodos descriptivos como experimentales, se unifican y contrastan con criterios de normas de referencia.

El método de diseño investigación – acción, se empleó con el objeto de evaluar el proceso actual de manejo del catalizador gastado, contrastado con los requerimientos legales vigentes y proponer de este modo las acciones más apropiadas para mejorar dicho proceso. Esta evaluación de sustento en la observación directa del proceso y de las prácticas rutinarias de los colaboradores de la empresa que lo llevan a cabo.

La investigación bibliográfica documental, se empleó para contrastar los resultados con otros referentes de interés relacionados y recabar datos sobre prácticas de manejo y tratamiento de residuos de catalizador en otros países.

2.3. Premisas o hipótesis

Atendiendo a la problemática que actualmente existe respecto al manejo y disposición final del catalizador gastado de FCC en la Refinería Esmeraldas, se han planteado las siguientes hipótesis:

1. El catalizador agotado de FCC contiene contaminantes que no son liberados en el lixiviado por lo que este no es tóxico para el ambiente y por tanto no es un residuo de categoría peligrosa.
2. El catalizador gastado de FCC es un residuo de categoría especial, por lo que puede ser reutilizado, reciclado o enviado a tratamientos diferentes de la disposición final en relleno de seguridad.
3. El sistema de gestión aplicado al catalizador gastado en la Refinería Esmeraldas no cumple con algunos de los requerimientos técnicos para este tipo de desecho, por lo que al corregirlos este sistema puede ser mejorado.

2.4. Universo y muestra

El universo examinado como tal corresponde al sistema de gestión de residuos peligrosos de Refinería Esmeraldas dentro de este se define lo relacionado estrictamente al catalizador gastado de la unidad de proceso de Craqueo Catalítico Fluido. Para los análisis de laboratorio que se efectuaron en esta investigación, se tomaron 6 muestras de catalizador agotado en diferentes días; mientras que en lo relativo a la cadena de gestión se tomaron muestras de registros documentales existentes y observación en dos momentos diferentes de las actividades de desalojo y almacenamiento efectuadas en la instalación.

2.5. Operacionalización de variables

2.5.1. Dimensión conceptual de las variables

Las variables definidas para esta investigación son la caracterización de residuos, categorización de peligrosidad y la gestión del residuo en el interior de la instalación. Estos se definen conceptualmente como sigue;

Caracterización de residuos.- Proceso de identificación de la composición, propiedades físicas, químicas y flujo de producción de un residuo en un proceso o área en particular.

Categorización de peligrosidad.- Clasificar un residuo como peligroso, no peligroso o especial, en función de las propiedades intrínsecas de este y los preceptos normativos establecidos en el país.

Gestión del residuo en la instalación.- Manejo, almacenamiento, tratamiento o disposición final que se da al residuo dentro de la instalación que lo genera.

Tabla 4. Operacionalización de las variables de estudio

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
CARACTERIZACIÓN DEL RESIDUOS	Flujo de generación	Cantidad generada al año Frecuencia de generación	Registros de movimiento de residuos
	CATEGORIZACIÓN DE PELIGROSIDAD	Nivel de toxicidad	Concentración de metales
Propiedades CRETIB		Reactivo Explosivo Toxico Inflamable	Hojas de seguridad del producto previo uso. Análisis de propiedades
Categoría del residuo		Tipo de categoría que le aplica al residuo	Listados de residuos Criterio de clasificación del residuo basada en el riesgo.
GESTIÓN DEL RESIDUO EN LA INSTALACIÓN	Manipulación	Requisitos que se cumplen en la etapa de manipulación	Ficha de observación Legislación vigente sobre gestión de residuos
	Almacenamiento	Requisitos que se cumplen en el almacenamiento	Ficha de observación Legislación vigente sobre gestión de residuos

Fuente: Andrea Quinde B.

2.5.2. Dimensiones de las variables

A continuación se describen las dimensiones que componen cada variable de estudio y su forma de determinación. De forma general los instrumentos empleados en estas determinaciones versaron en revisión documental de campo referida a los registros y documentos existentes en la instalación; muestreo en campo referido a la colección de muestras de catalizador en su punto de origen; y fichas de observación para evaluación de prácticas dentro de la planta industrial.

Flujo de generación: Con el conocimiento de las cantidades de catalizador gastado generados en términos de masa por mes o masa por año, la refinería puede redefinir los procedimientos de manejo dentro de la instalación. Actualmente estos datos han sido reportados en las declaraciones anuales de residuos peligrosos a la autoridad de control, por lo que para obtener esta información, se revisaron las declaraciones de los periodos 2013, 2014, 2015 e información del inventario de desechos estimado al año 2012. En lo que ha transcurrido del año 2016, se recolecto información directa de las áreas operativas, respecto a cantidades añadidas y retiradas del proceso y través de un análisis de tendencia, se obtuvo el valor estimado de generación para el referido periodo.

Nivel de toxicidad ambiental.- Los listados de residuos peligrosos en el Ecuador, consideran cualquier catalizador con presencia de metales como un residuo tóxico y por lo tanto peligroso, sin discriminar límites de concentración permisibles de tales sustancias, que permitan dar un tratamiento diferente a los desechos. En el caso de la refinería, se aplicó a las muestras de catalizador, el procedimiento de extracto PECT estandarizado bajo la Norma 053-SEMARNAT-1993 (procedimiento basado en el test TCLP de la EPA); a través del cual se obtuvo las muestras de lixiviado adecuadas para ser sometidas a los análisis de determinación de concentración de metales y así contrastar los

valores obtenidos con los límites permisibles establecidos por la EPA en su norma 40 CFR sección 264.21.

La obtención y análisis del lixiviado fue realizado por personal del Laboratorio de Seguridad, Salud y Ambiente LABSSA de EP PETROECUADOR y consistió en la toma de muestras de catalizador durante 6 días diferentes. Estas se pesaron y sometieron a una extracción ácida durante 48 horas, siguiendo el procedimiento de extracto PECT. Los extractos obtenidos se analizaron con espectrometría de absorción atómica, empleando métodos referenciados de la EPA, para determinación de metales. Para contar con una línea base de la composición neta del catalizador agotado, se tomó los resultados de análisis realizados por un laboratorio acreditado externo. Por otro lado se compilo información de análisis realizados al catalizador agotado por parte de un laboratorio acreditado, bajo la responsabilidad de la Intendencia Técnica de RE, donde se analizaron por varias semanas características físico químicas del catalizador agotado y regenerado, lo que incluyó la determinación de la concentración de algunos metales que representan una variable importante para el control del proceso de craqueo y regeneración.

Propiedades CRETIB.- En función de las características CRETIB, se determina la categoría de peligrosidad si una de estas se encuentran presente en el residuo. Para el caso del catalizador se empleó esto como complemento al análisis de toxicidad ambiental efectuado a través del ensayo PECT. Para la verificación se tomó información proporcionada por el proveedor a través de la hoja de seguridad del producto y se analizó bajo el contexto de las influencias o cambios que puede ejercer el proceso de craqueo catalítico y la regeneración sobre el catalizador zeolítico.

Categoría del residuo.- Los resultados obtenidos del nivel de toxicidad y su contrastación con los límites permisibles, así como la determinación de las propiedades CRETIB; se analizaron bajo los criterios de clasificación de residuos, los cuales se

obtuvieron de los preceptos establecidos en el TULSMA sobre cómo determinar si un residuo es o no peligroso y referencias dadas por el Consejo de Estudios Ambientales y Toxicología de la Comisión de Ciencias de la Vida del Consejo Nacional de Investigación (NRC) de California – Estados Unidos, respecto a la clasificación de desechos basada en el riesgo. Así se pudo discernir bajo que categoría puede catalogarse al catalizador agotado de FCC, utilizando una lista de chequeo de propiedades CRETIB.

Manipulación.- Esto se refiere concretamente a la evaluación de las prácticas de manejo desde que el residuo se genera hasta que es trasladado al área de almacenamiento de desechos de la refinería. Para ello se recurrió a la elaboración de fichas de observación que considero los criterios técnicos sobre manejo de desechos establecidos en el TULSMA.

Almacenamiento.- Se refiere concretamente a la evaluación de las prácticas de almacenamiento que se llevan a cabo en la instalación, una vez que el residuo ingresa al área de acopio, para lo cual se empleó una ficha de observación conteniendo criterios técnicos sobre infraestructura, forma de acopio, identificación entre otros aspectos; establecidos en el TULSMA y que todo regulado debe cumplir.

2.6. Gestión de datos

Los datos e información obtenida se trataron según su naturaleza. Los datos numéricos obtenidos en relación a las cantidades de residuos producidas en la instalación, así como los relacionados con las concentraciones de metales presentes en las muestras analizadas se procesaron bajo criterios de estadística descriptiva. La información relacionada con las observaciones sobre las etapas de manejo interno del catalizador gastado en la instalación refinadora, se contrastaron con los requisitos legales vigentes a

nivel país, con el objetivo de determinar un grado de cumplimiento con criterios de estadística básica.

2.7. Criterios éticos de la investigación

El desarrollo de este trabajo de investigación ha sido autorizado por los máximos responsables de sitio de Refinería Esmeraldas y cuenta con el aval de las Unidades Técnicas de Procesos e Intendencia de Seguridad Industrial y Ambiente. Cabe indicar que la información proporcionada por EP PETROECUADOR, a través de las dependencias indicadas, no es solo con fines académicos sino también de implantación como parte del Proyecto de Mejores Prácticas (PMP) y se rige además por el código de ética y normas de control de la información de dicha institución.

Capítulo 3

RESULTADOS

3.1. Antecedentes de la unidad de análisis o población

Dentro del sistema de gestión de residuos de Refinería Esmeraldas, se cuenta con una caracterización general de estos, identificados por corriente, fuente de generación y propiedades de los desechos. Esta clasificación ha sido realizada de forma empírica o basada en información secundaria, y no dispone de análisis de composición química de algunos de los residuos peligrosos de marcada importancia para la instalación, como es el caso de los catalizadores gastados.

Por otro lado la refinería cuenta con el Registro de Generador de Residuos Peligrosos emitido por el Ministerio del Ambiente, bajo el cual se ha declarado la generación de 27 corrientes de desechos, y entre las cuales se ha identificado al catalizador gastado de FCC con el código C.19.12 que corresponde a “catalizadores agotados que contienen alguno de los siguientes elementos: Ni, Pd, Pt, V, Mn, As, Se, Cd, Sb, Te, Hg, TI, Pb, Se, Co, Cu, Y, Nb, Hf, W, Ti, Cr, Ni, Zn, Mo, Zr, Ta, Re”.

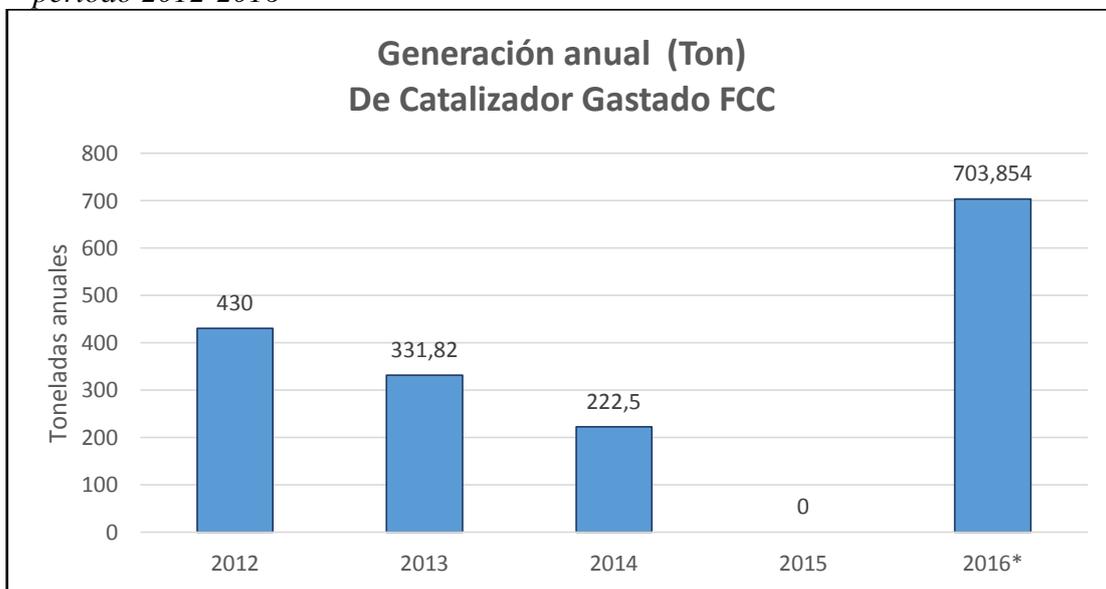
En el reinicio de operaciones de la Unidad FCC culminado el proyecto de rehabilitación en el año 2015, cambiaron las especificaciones del catalizador empleado en el proceso, con el fin de aumentar la producción de gasolinas; por lo que el nuevo catalizador zeolítico incluye agregados de tierras raras en su composición. Por otro lado se fijaron condiciones de operación diferentes a las que se mantenían antes de la rehabilitación, es decir se aumentó la cantidad de catalizador fresco añadido al proceso, lo cual requiere el retiro de una tasa promedio de entre 1,5 a 2,5 toneladas métricas- día de catalizador usado del ciclo de operación. Este catalizador aunque aún tiene actividad catalítica, no es reincorporado al proceso y se considera como desecho.

3.2. Estudio de campo

3.2.1. Caracterización y categorización del residuo

Flujos de generación.- Del análisis de la información obtenida de inventarios de residuos y declaraciones de manejo de desechos realizadas a la autoridad de control, se determinó que entre el periodo 2012-2014, se generaron en promedio 328.11 ton/año. Durante el año 2015, por el cese de operaciones por el proyecto de rehabilitación no se generó catalizador agotado por lo que no se incluye en los valores promediados; mientras que para el año 2016, se estima una generación de 703.85 ton/año. En la figura No. 1 se visualizan los valores anuales generados incluyendo la estimación del año 2016.

Figura 2. *Generación Anual de Catalizador Gastado de Refinería Esmeraldas periodo 2012-2016*



Nota: * Generación estimada basada en la tendencia mensual registrada por el área operativa.
Fuente: Declaraciones anuales de residuos peligrosos Refinería Esmeraldas. Elaboración: Andrea Quinde.

Con los datos registrados por la unidad operativa, se determinó como promedio de consumo de catalizador en el proceso el valor de 73.51 ton/mes, mientras que el flujo de generación (ene-jul 2016), es de 58.13 ton/mes. La tasa de retiro de catalizador del proceso varía entre 1.8 – 2,2 ton/día y la frecuencia de descarga para vaciar las tolvas

de recepción del catalizador es de cada 5 a 6 meses. Con toda esta información se estimó la generación de residuos para el año 2016, la misma se registra en la figura No. 1.

Cabe indicar que durante le revisión documental se verificó que la tasa de catalizador enviada a disposición final es de aproximadamente 250 ton/anuales, lo que ha generado una acumulación de residuos hasta el año 2014, de 1566 toneladas (almacenadas sin recibir disposición final).

Tabla 5. *Resumen de datos operacionales respecto a utilización de catalizador gastado en el proceso*

Dato	Cantidad / Flujo
Flujo promedio carga mensual	73.51 ton
Flujo promedio descarga mensual	58.13 ton
Flujo promedio diario añadido al proceso	2.41 ton / día
Generación promedio anual hasta 2014	328.11 ton/ año
Generación promedio anual a 2016	703.85 ton/ año

Fuente: Intendencia Tecnica RE. Elaboración: Andrea Quinde.

Determinación de Toxicidad Ambiental.- Información otorgada por la Intendencia de Procesos, sobre análisis de laboratorio realizados por dos laboratorios (UCE y GRUENTEC), se compilaron para obtener información acerca de la composición, en especial de la concentración de metales que el catalizador posee una vez que es retirado del proceso. Estos se datos se presentan a continuación comparados con los límites permisibles definidos por el RAOHE, para la intervención y remediación de suelos contaminados, siendo las concentraciones de níquel las que superan el umbral fijado por la norma de referencia y el vanadio aunque no tiene un valor para su contraste, presenta una concentración elevada.

Tabla 6. Concentraciones de metales en muestras sólidas de catalizador agotado de FCC

Parámetro (ppm)	Catalizador gastado promedio (1)	Catalizador gastado (2)	RAOHE LMP Suelos Contaminados**
As	NR	2	-
Ba	NR	NR	-
Cd	NR	< 0,10	< 1
Cr	NR	27	-
Hg	NR	< 0,10	-
Ni	243,60	190	< 40
Pb	NR	24	< 80
V	503,16	455	-

Nota: (1) Ensayos sobre muestras al inicio de operaciones después de la rehabilitación. (2) Ensayos sobre muestras obtenidas en etapa de estabilización de operaciones. ** Límites permisibles para la identificación y remediación de suelos contaminados en todas las fases de la industria hidrocarburífera, incluidas las estaciones de servicio. Valores límite para ecosistemas sensibles.

“ - ” Valores no disponibles en las normas de referencia. Fuente: Intendencia Técnica RE

Los resultados de los análisis realizados sobre las muestras de lixiviados del catalizador obtenidos por el procedimiento PECT, se muestran en la tabla No. 7, contrastados con los límites máximos permisibles de 3 normativas: (a) EPA 40 CFR 261.24, (b) SERMANAT – 052 y (c) Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE). Como se evidencia, las concentraciones de metales en el lixiviado no superan ninguno de los límites establecidos para la comparación.

Tabla 7. Resultados de concentraciones de metales en muestras de lixiviados del catalizador agotado

PARAMETROS	LIXIVIADO CATALIZADOR GASTADO mg/l	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES		
		EPA mg/l	SEMARNAT 052 mg/l	RAOHE (a)
As	< 0,0020	5,00	5,00	-
Ba	< 0,0050	100,00	10,00	<5,00
Cd	< 0,0200	1,00	1,00	<0,05
Cr	< 0,0300	5,00	5,00	<1,00
Hg	0,0029	0,20	0,20	-
Ni	< 0,0050	-	-	-
Pb	< 0,0800	5,00	5,00	-
V	< 0,0800	-	-	<0,20

Nota: (a) Límites permisibles de lixiviados para la disposición final de lodos y rípios de perforación para disposición final en superficie sin impermeabilización de la base. “ - ” Valores no disponibles en las normas de referencia. Fuente: Resultados de Ensayos Analíticos LABSSA

Para complementar este análisis, la información de la hoja de seguridad del producto, MSDS del catalizador fresco, indica que este no posee características reactivas, explosivas, inflamables o corrosivas. El proceso en el que el catalizador participa, no confiere estas características al catalizador, por lo tanto estas quedan descartadas. Todas estas características se compilaron en una matriz de verificación.

Tabla 8. Lista de verificación de propiedades para clasificación de residuos peligrosos o especiales.

Clasificación	Característica	Etapas del material evaluado			Observaciones
		Producto antes del uso	Residuo proceso	Lixiviado	
PELIGROSO	Corrosivo	No	No	No	Verificado a través de la hoja de seguridad del producto
	Reactivo	No	No	No	
	Explosivo	No	No	No	
	Toxico Ambiental (contaminantes superiores al LMP)	No	Si	No	Resultados del desecho solido comparados con RAOHE muestran al níquel por encima del LMP
ESPECIAL	Alto Volumen de Generación	Si	Si	NA	Determinado con datos proporcionados por la IT
	Concentraciones inferiores a los LMP	Si	Si	Si	Ensayos sobre lixivios muestran concentraciones inferiores a los LMP
	Requiere condiciones especiales de manejo	Si	Si	NA	Por el alto volumen de generación requieren de procedimientos e infraestructura particular para su manejo

Nota: Características tomadas de los artículos 79 y 80 del Libro VI del TULSMA (Acuerdo 061, 2015) y complementados con propuesta de la NCR de California, para clasificación de residuos basada en el riesgo. Elaboración: Andrea Quinde.

3.2.2. Gestión del residuo en la instalación

De la evaluación realizada sobre 14 ítems; a la etapa de manipulación del catalizador en el área de proceso y durante las operaciones de descarga; se obtuvo como resultado un 36% de cumplimiento de requisitos. El 29% se determinó como cumplimiento parcial y el 36% restante como no cumplimientos. Adicionalmente se

identificó que no se cuenta con procedimientos formales de control para las operaciones de carga y descarga del catalizador.

En lo que refiere al almacenamiento, se evaluaron 18 requisitos de los cuales el 17% se determinaron como cumplimientos, mientras que el 56% se registraron como no cumplimientos y el 28% restantes como cumplimientos parciales. Como parte de esta evaluación se identificó que la instalación cuenta con dos sitios para el acopio de catalizador gastado, cuyas infraestructuras no cumplen con los requerimientos técnicos establecidas en la normativa. Una de ellas identificada como “galpón de catalizador” solo permite el almacenamiento de 350 tn y en el mismo se encuentran acopiados catalizadores frescos y agotados, arcillas y carbón activado de otros procesos de la refinería, así como catalizador de FCC generado entre el 2013 y 2014.

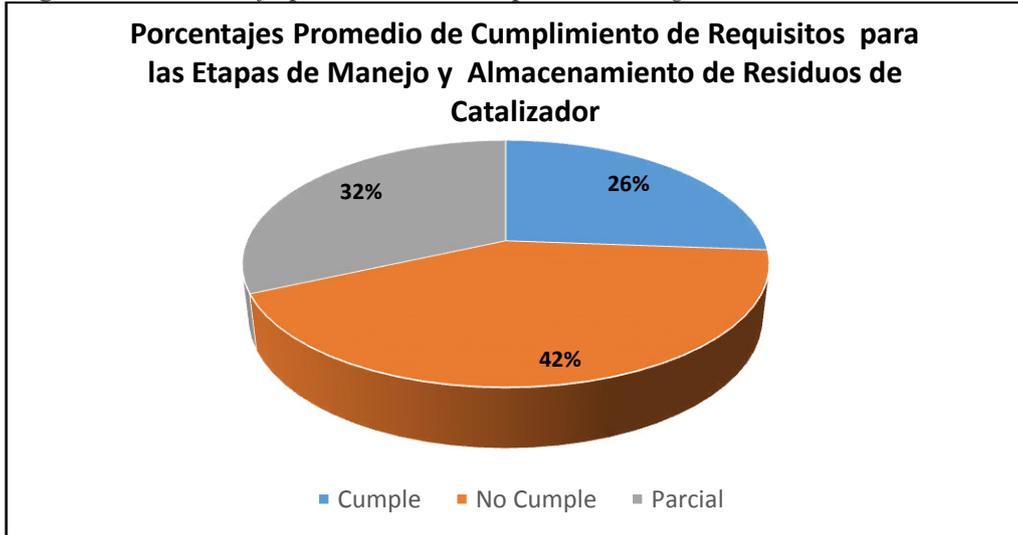
Los resultados de la evaluación realizada y compiladas en las fichas de observación insertas en los anexos del presente trabajo, se resumen en la tabla siguiente. A partir de estos datos se muestra el nivel de cumplimiento promedio en la figura no. 2, en la que se refleja que la instalación solo cumple en un 26% los requisitos de gestión interna.

Tabla 9. Resultados de la evaluación de requisitos que se debe cumplir para la manipulación y almacenamiento del catalizador agotado dentro de la instalación

CRITERIO	ETAPA EVALUADA			
	Manipulación		Almacenamiento	
CUMPLE	5	36%	3	17%
NO CUMPLE	4	29%	10	56%
PARCIAL	5	36%	5	28%
TOTAL ÍTEMS	14	100%	18	100%

Nota: datos obtenidos de las fichas de observación del proceso de gestión interna del residuo en la instalación refinadora. Criterios de evaluación se tomaron de Libro VI del TULSMA (Acuerdo 061) y recomendaciones de asociaciones internacionales afines al área de hidrocarburos.

Figura 3. *Porcentaje promedio de cumplimiento registrado en la instalación*



Elaboración: Andrea Quinde

Para complementar estos resultados de campo, se determinó que existe alrededor de 1500 toneladas en almacenamiento en los dos sitios de acopio, la mayor parte de estos en el sitio identificado como “Acopio de Residuos Peligrosos”, donde han permanecido almacenados por más de 2 años.

Como se observa existen marcadas falencias en el sistema de gestión interna aplicado a los residuos de catalizador agotado, las cuales se encuentran ligadas a 6 factores que se determinaron a partir de la información recopilada en campo y que son:

1. Permisos ambientales
2. Infraestructura y equipamiento
3. Seguridad personal
4. Procedimientos operacionales
5. Disposición de insumos
6. Capacitación / entrenamiento del personal

Todos estos factores están distribuidos en 24 aspectos o requisitos que la instalación debe implementar o corregir para alcanzar un nivel de cumplimiento óptimo,

que garantice una gestión adecuada y disminuya los riesgos durante la etapa de manipulación y almacenamiento.

Capítulo 4

DISCUSIÓN

4.1. Contrastación empírica

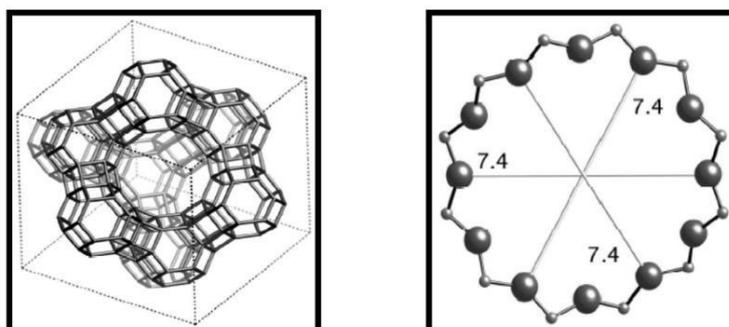
Los resultados obtenidos respecto a los flujos de generación en toneladas anuales ente el periodo 2012-2014 y 2016 (328.11 y 703.85 Ton/ anuales respectivamente), dan cuenta de un significativo aumento en la generación de catalizador gastado de alrededor del 200%, producto de las modificaciones realizadas al proceso durante el proyecto de rehabilitación, esta información relacionada con los datos obtenidos de la evaluación al sistema de gestión, permiten inferir que la instalación no cuenta con la capacidad de almacenamiento adecuada para el volumen generado, aunado a las pocas cantidades que son liberadas para disposición final. Es decir se requiere de un sitio que garantice una capacidad de almacenamiento de al menos 400 toneladas anuales, tomando en cuenta que se deberá aumentar la frecuencia con la cual se envía el residuo a gestión final.

Los valores generados de catalizador agotado como se percibe en la tabla 5, están directamente influenciadas por la cantidad adicionada al proceso. En ese sentido se esperaría que la generación como residuo sea igual a lo agregado como producto, sin embargo existe una pérdida durante el proceso de regeneración, puesto que una parte de los finos del catalizador escapan con los gases de combustión y otra queda retenida en los fondos de la fraccionadora o slurry (corriente residual obtenida después del craqueamiento). Esta diferencia es apreciable al cuantificar las cantidades adicionadas al proceso y las acumuladas en las tolvas de almacenamiento de catalizador en planta, la misma que radica en un rango de entre 20 y 25 %. Este comportamiento de pérdida concuerda con las características propias del proceso citadas en la recopilación realizada por Ferrella et al. (2016). Para visualizar con mayor detalles estas inferencias, se puede

observar en la figura no. 1 (sección Marco Teórico) un esquema de las corrientes del proceso de craqueo catalítico y la circulación de catalizador.

La categorización de peligrosidad es de vital importancia, puesto que permite definir el tratamiento y disposición final más apropiados, que en muchos casos ya se encuentra preestablecido por las leyes y normativas ambientales. Para el caso del catalizador gastado de FCC, las concentraciones de metales presentes en el lixiviado obtenido, se encuentran en niveles muy inferiores a los límites establecidos por las normas escogidas para la comparación; tal como se muestra en la tabla no. 6; lo que confirma que el residuo no puede ser considerado como un material peligroso, como lo dispone la normativa ecuatoriana. Las concentraciones presentes en la matriz sólida del catalizador son superiores a los valores límites y muy inferiores en el lixiviado, lo que permite inferir que el material zeolítico del cual se compone el catalizador es muy estable y no permite una fácil migración o liberación de los componentes hacia el ambiente. Esto concuerda con las propiedades citadas por B. Sherhan (2011) respecto a la estabilidad de la estructura cristalina que conforma al catalizador, así como la microporosidad y canales internos uniformes que le permiten adsorber gases, vapores y otras moléculas. Para una mayor comprensión, se presenta un esquema de esta molécula.

Figura 4. Estructura molecular típica de una zeolita- Y



Fuente: B. Sherhan (2011): “The effect of modification techniques on the performance of zeolite-Y catalysts in hydrocarbon cracking reactions”

Aunque muchos de los estudios realizados se centran en caracterizar el riesgo sobre muestras en las que el catalizador ha sido agregado a matrices de solidificación o incorporado como parte de la obtención de geopolímeros, los datos obtenidos convergen con criterios y resultados logrados en estudios como los de Strubinger et al. (2014) o las inferencias de las pruebas efectuadas por Cadena en 2015, en lo que se demuestra que el riesgo de toxicidad ambiental es mínimo debido a la muy baja liberación de contaminantes al ambiente, lo que hace viable el uso del material en otros procesos. A continuación se presenta una tabla comparativa entre los resultados obtenidos en otros estudios y los del presente trabajo.

Tabla 10. *Tabla comparativa de resultados de ensayos realizados sobre lixiviados en muestra de catalizador agotado y en aditivo de cemento versus resultados del presente estudio*

Elemento	Lixiviado Mortero Suspendido Al 20% Con C. G. ¹	Lixiviado Mortero Suspendido Al 20% Con C. G. ²	Lixiviado C. G. ³	Lixiviado Catalizador Gastado ⁴ Mg/l (promedio)	Límites Máximos Permisibles		
					EPA mg/l	SEMARN AT 052 mg/l	RAOH E (a)
As	<0,002	<0,01	<0,04	< 0,0020	5,00	5,00	-
Ba	ND	0,06	NR	< 0,0050	100,00	10,00	<5,00
Cd	<0,05	<0,01	NR	< 0,0200	1,00	1,00	<0,05
Cr	<0,05	<0,05	0,09	< 0,0300	5,00	5,00	<1,00
Hg	NR	<0,001	NR	0,0029	0,20	0,20	-
Ni	1,18	<0,05	NR	< 0,0050	-	-	-
Pb	<0,13	<0,05	<0,025	< 0,0800	5,00	5,00	-
V	<0,95	0,17	NR	< 0,0800	-	-	<0,20

Nota: NR: parámetro no ensayado en el estudio; C. G.: catalizador gastado de FCC. Fuente: 1. Martínez, Torres, Mejía (2013); 2. Strubinger, Morales, Aponte (2014); 3. Torres, Trochez, Mejía (2012). 4. Ensayos LABSSA

A pesar de que se comprueba que el catalizador no libera contaminantes en cantidades perjudiciales para el ambiente, no se puede negar el hecho de que existen sustancias presentes en el material que son de reconocida preocupación, por lo que adoptando la definición del artículo 80 literal b, del Libro VI del TULSMA y los criterios de clasificación planteados por la NCR; los residuos de catalizador agotado de FCC bajo

las condiciones actuales de proceso debe ser catalogado como un residuo especial. De esta forma no se descartan los riesgos implícitos en la manipulación de este material y se obliga a la instalación generadora a acogerse a las disposiciones vigentes en materia de gestión de residuos. Por otro lado, esto apertura el camino para que el ente de control ambiental, permita a la industria emplear el catalizador gastado de FCC en procesos de reuso o de reciclaje, acordes con las políticas y tendencias actuales de ciclo de vida y reducción en la fuente.

Con el hecho de recategorizar el residuo como especial, no se eliminan las obligaciones del productor de contar con un sistema de gestión de residuos apropiado a los volúmenes generados y a los riesgos implícitos del manejo y almacenamiento, dos aspectos de relevante importancia en el caso del catalizador agotado. Como se indicó en la sección de resultados, existen 6 factores que afectan al sistema de gestión de residuos de la RE, siendo uno de ellos ligados a la infraestructura disponible para el almacenamiento puesto que las áreas de acopio existentes no son adecuadas, en principio porque no brindan la capacidad de almacenamiento requerida, obligando a buscar sitios de acopio temporales en distintos sitios de la instalación refinadora. Otro factor importante está ligado a los permisos ambientales con los que cuenta la empresa, que si bien es cierto están vigentes, imponen restricciones permitiendo enviar cualquier tipo de catalizador solo a rellenos de seguridad, provocando una alta acumulación de este desecho, puesto que los servicios de gestión a los que accede la refinería son contratados bajo cuotas de gestión anuales preestablecidas por los presupuestos económicos de la empresa y no cuentan con la capacidad para gestionar el volumen que se produce. Por tanto existe un pasivo ambiental que merma las capacidades de acopio no solo del catalizador agotado de FCC sino también de otros residuos y genera riesgos ambientales asociados a la dispersión de polvos y contaminación cruzada.

La normativa exige que los residuos tanto peligrosos como especiales permanezcan etiquetados durante todo el ciclo de gestión, situación que se cumple de forma parcial ya que se aplica un etiquetado sobre los sacos empleados para el envasado, durante la operación de descarga, pero una vez en el sitio de almacenamiento este ya se ha deteriorado o el saco carece del etiquetado. Todo esto se encuentra ligado al factor de disposición de insumos, que no siempre son de fácil acceso para el personal de la RE o está limitada por cuotas contractuales establecidas en los servicios externos. Ligada a esta situación y como parte del factor infraestructura, está el hecho de que los sitios de almacenamiento no ofrecen la protección a las condiciones del entorno más apropiada, lo que incide en que el etiquetado se malogre al poco tiempo y los sacos se deterioren rápidamente, ocasionando el derrame del producto sobre el suelo, su humedecimiento o incluso su mezcla con otras sustancias próximas.

Existen riesgos a la salud claramente identificados durante la manipulación de catalizadores, asociados a la dispersión y exposición a los polvos (CONCAWE, Report 57, 1997), por lo que se requieren de procedimientos operativos, un factor de marcada importancia, puesto que permite establecer la protección más adecuada para los trabajadores y por lado la implementación de controles de ingeniería para la reducción de impactos ambientales. Sin embargo, bajo las observaciones realizadas a esta etapa, la instalación productora carece de estos aspectos. Las operaciones de carga y descarga se realizan de forma manual y el personal que participa en estas, aunque conoce el procedimiento, este no se encuentra formalmente establecido, permitiendo clara desviaciones en temas de uso de equipos de protección individual, etiquetado, forma de transporte entre otros. Además la unidad de proceso como tal no cuenta con equipos para captura de finos. Por tanto se requiere la instalación de controles de ingeniería e implementación de un procedimiento formal para el manejo en planta del catalizador.

Es importante explicar que aunque se apliquen los controles de ingeniería y se instauren los procedimientos operacionales apropiados, parte de los riesgos e impactos identificados en el sistema de gestión de residuos de catalizador, depende en gran medida a la frecuencia con la cual el desecho se desaloja y dispone, la misma que no se efectúa con una periodicidad menor a 12 meses y se limita al envío del material a rellenos de seguridad. Por ello, tomando en cuenta la inferencia respecto a la categoría especial del catalizador gastado, composición y naturaleza, si es posible aplicar opciones de reutilización o tratamiento con fines de reciclaje. Las opciones más accesibles para el caso de Refinería Esmeraldas son:

- Entrega para reutilización como catalizador de equilibrio, esto debido a que bajo las condiciones actuales de operación el catalizador retirado del proceso aún posee actividad catalítica, pues los niveles de los contaminantes considerados venenos del catalizador (entre ellos Ni, V) se mantienen en una relación baja. Este tipo de catalizador es deseable en otras instalaciones de refinación con procesos de craqueamiento y objetivos de producción similares, además de que se reducen los costos operativos relacionados a la adquisición de catalizadores frescos, así como los costos de disposición final (Ferella et al., 2016).
- Tratamiento para disminución de contaminantes, el cual puede ser aplicado con tratamientos ácidos fuertes de digestión con la finalidad de que el producto una vez tratado pueda ser dispuesto directamente en el suelo sin riesgos de contaminación ambiental o como matriz en procesos de remediación de suelos.
- Utilización como aditivo de preparación de cemento portland, como lo propone Torres, Trochez & Mejía (2012), quienes en su estudio evaluaron

la adición de este tipo de materiales hasta en una concentración del 20% en peso, obteniendo resultados favorables para su uso. Esto aprovechando la composición de la zeolita que contiene SiO_2 y Al_2O_3 y posee una red estructural tridimensional que incide en la resistencia de los morteros preparados con catalizador gastado.

- Tratamientos de recuperación metales. Aun siendo un material peligroso este tratamiento se aplica con el objeto de recuperar metales de interés como el níquel, vanadio y cobalto. En los últimos tiempos, el interés también se ha volcado hacia las recuperación de tierras raras que se encuentran como aditivos en el catalizador de FCC (Innocenzi, Ferella, Michelis, & Veglio, 2014).

4.2. Limitaciones

Una limitación importante dentro de este trabajo de investigación, verso en las actividades de muestreo del catalizador, ya que la unidad operativa donde se genera no cuenta con un sistema apropiado para la toma de muestras de catalizador gastado. Por otro lado, los resultados aquí obtenidos se encuentran limitados a las condiciones actuales de operación de la unidad FCC y el tipo de hidrocarburo que se está procesando (gasóleo de vacío). Esta mención es relevante por cuanto la unidad fue rehabilitada con el fin de procesar una carga combinada de gasóleo y crudo reducido, siendo decisión operar solo con la primera corriente de hidrocarburo. Es decir que de cambiar la condición de la operación respecto a la carga de proceso, una nueva evaluación debe ser realizada.

4.3. Líneas de investigación

Considerando los enfoques de ciclo vida, y principios de jerarquización para la gestión integral de residuos, los resultados de esta investigación aperturan posibilidades

para investigar tratamientos de recuperación de metales a partir de catalizadores generados en la industria de refinación, utilización de catalizadores zeolíticos para obtención de zeolitas de bajo contenido de sílice, recuperación de tierras raras, empleo en recuperación de cromo de efluentes contaminados, obtención de geopolímeros, entre otros temas relacionados.

Capítulo 5

PROPUESTA

Como se ha indicado en las secciones anteriores de este informe, existe en el país regulaciones que controlan el ciclo integral de gestión de residuos peligrosos y especiales, lo que incluye autorizaciones emitidas por los entes reguladores respecto a categorización y codificación de los desechos generados en una instalación. Por esta razón, previo a la presentación de este documento se ha iniciado ante la Entidad de Control Ambiental Nacional, la solicitud de re categorización del catalizador gastado producido en la FCC, con la finalidad de obtener una nueva categoría que permita acceder a otras opciones de reuso y reciclaje. Una vez obtenida las aprobaciones del MAE, la instalación generadora, debe seleccionar las opciones de reutilización o reciclaje que sean más convenientes, según lo discutido en el capítulo 4.

Concomitantemente a las autorizaciones que se debe obtener ante el ente de regulación ambiental, se debe iniciar con la implementación de las mejoras al sistema de gestión de residuos. Basados en la evaluación de campo efectuada y tomando como referencia las recomendaciones establecidas en la guía “Procedimientos de Manejo de Catalizador para Minimizar la Exposición” (CONCAWE, 1995), las acciones a tomar son:

- Establecer procedimientos formales para las operaciones de carga y descarga de catalizador, tanto para las operaciones manuales como las que emplean las tolvas móviles con sistemas de succión.
- Difundir con trabajadores propios y contratistas los nuevos procedimientos de manejo de catalizador y efectuar charlas de concientización acerca de los riesgos inherentes a la manipulación de materiales en polvo.
- Mantener los controles respecto al uso de equipos de protección personal requeridos en las operaciones de carga y descarga.

- Cuando se efectúen los trabajos de carga y descarga de forma manual, deberá contarse con la respectiva de evaluación de riesgo de manera que se verifique, la necesidad de utilización de equipo de suministro de aire asistido o si es suficiente la protección respiratoria con filtros para polvos.
- Implementar controles de ingeniería para la captura de material particulado. Estas opciones pueden ser ciclones electrostáticos, filtros de presión positiva, entre otros.
- Realizar la construcción de un galpón de almacenamiento para acopio exclusivo de catalizadores gastados que cuente con pisos impermeabilizados, cubierta, iluminación, ventilación y un área para maniobras de los vehículos que realizan la descarga, además de rotulación acorde a los riesgos propios de las actividades de acopio de residuos.
- La capacidad para almacenamiento del sitio debe garantizar el acopio de alrededor de 400 toneladas métricas anuales.
- Eliminación del “Galpón de Catalizadores”, puesto que se encuentra dentro de un área operativa e interfiere con las actividades de mantenimiento de la planta de proceso donde se ubica.
- Eliminación del catalizador que se encuentra como pasivo ambiental en el área de acopio de Residuos Peligrosos. Por la contaminación cruzada al que este se ha expuesto, debe gestionarse su disposición en vertedero de seguridad controlado.

Conclusiones

A partir de la información recopilada sobre los registros facilitados por Refinería Esmeraldas, información operacional y las observaciones de campo, se concluye:

- La generación de catalizador gastado se vio significativamente afectada por el proyecto de Rehabilitación de la Unidad de Craqueamiento Catalítico Fluido FCC, lo que incidió en un aumento de aproximadamente 200% respecto a los años previos al proyecto, por lo que actualmente se generan en promedio 58.63 toneladas/mes, con una generación anual estimada a partir del 2016, de aproximadamente 703 toneladas.
- El catalizador de FCC no posee propiedades corrosivas, explosivas, inflamables o reactivas ni como insumo (antes del uso) ni como desecho.
- El catalizador gastado de FCC no posee toxicidad ambiental, puesto que los contaminantes encontrados en el lixiviado se encuentran en concentraciones muy inferiores a los límites permisibles establecidos por el RAOHE y la EPA sobre todo el Níquel, Vanadio y Plomo con valores de menores de 0.0050, 0.0800 y 0.0800 ppm respectivamente.
- El catalizador registra en la matriz sólida concentraciones altas de níquel y vanadio y menores de cromo, arsénico y plomo. Sin embargo estas concentraciones se ven disminuidas en el lixiviado, por lo que la migración o liberación de contaminantes es muy baja, bajo las condiciones ensayadas.
- Por la presencia de contaminantes inferiores a los límites máximos permisibles, su alto volumen de generación y condiciones particulares de manejo; el catalizador se clasifica como un residuo especial.

- Por la baja concentración de contaminantes, el catalizador puede ser sometido a proceso de reuso como catalizador de equilibrio, reciclaje en procesos de elaboración de cemento portland, tratamientos de reducción de metales para uso como soporte en procesos de tratamiento de suelos y tratamientos de recuperación de metales en particular tierras raras presentes en este material.
- El sistema de gestión interno de residuos de RE no cumple con los requerimientos técnicos para un manejo y almacenamiento adecuado de los residuos del catalizador, registrando en la evaluación efectuada 14 ítems como no cumplimientos y 10 ítems como cumplimientos parciales.
- Los cumplimientos parciales y no cumplimientos registrados están ligados a 6 factores que al implementarse o corregirse, mejorarían el sistema de gestión de residuos de la refinería. Estos son: falta de infraestructura/ equipamiento, procedimientos operativos inexistentes o con alcances muy generales, capacitación y entrenamiento, disponibilidad de insumos y seguridad personal.

Recomendaciones

La gestión integral de residuos en Ecuador, requiere en la práctica, de la incorporación de criterios no solo de las propiedades de las sustancias sino también de las condiciones de proceso que las generan, de forma que la evaluación de estos sea exhaustiva e integral, por lo que se recomienda emplear criterios de toxicidad en todos sus aspectos (ambiental, aguda, tetrarogénica, entre otras), no solo para determinar la categoría más apropiada de clasificación de ciertas corrientes de residuos sino también para determinar las medidas de manejo y tratamiento, no solo en industrias de hidrocarburos sino en las de todo tipo; de forma que se amplíen las opciones de tratamiento y reciclaje para otros tipos de residuos.

Lo niveles jerárquicos superiores no solo de la Refinería sino también de EP PETROECUADOR, deben ser concientizados de los riesgos potenciales de no gestionar en las frecuencias adecuadas los residuos peligrosos y especiales de una instalación, así como debe darse a conocer los beneficios potenciales que representa aplicar mecanismos de jerarquización de manejo de desechos e implementar los mecanismos de mejora propuestos en el presente documento.

Bibliografía

- Al-Dhamri, H., & Melghit, K. (2010). Use of alumina spent catalyst and RFCC wastes from petroleum refinery to substitute bauxite in the preparation of Portland clinker. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 179, pp. 852-859.
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación* (3era Ed. ed.). Colombia, Colombia: Pearson Educación .
- Blackman, W. C. (2001). *Basic Hazardous Waste Management* (Tercera ed.). Estados Unidos: Lewis Publishers.
- Cadena, A. (2015). Tesis de Pregrado *Disposicion segura del Catalizador Usado de la Refinería Esmeraldas "REE" mediante inertización química*. Universidad Internacional SEK , Facultad de Ciencias Ambientales . Quito: Universidad Internacional SEK.
- CONCAWE (Health Management Group). (1995). *Report No. 95/57: Catalyst handling procedures to minimize exposures*. CONCAWE, Health Management Group. Bruselas: CONCAWE.
- Dando, D., & Martin, D. E. (2003). *A guide for reduction and disposal of waste from oil refineries and marketing installations*. Reporte No. 6/03, CONCAWE, Bruselas.
- EPA. (1991). *Test Method 1311. Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)*. Code of Federal Regulations, 40 CFR part 261, appendix II.
- Ferella, F., Innocenzi, V., & Maggiore, F. (2016). Oil refining spent catalyst: a review of possible recycling technologies. *Resources, Conservation and Recycling*(108), pp. 10-20.
- Hernandez, R., Collado, C. F., & Lucio, M. d. (2010). *Metodología de la Investigación* (5ta ed. ed.). Mexico D.F.: Mc Graw Hill.

- Herrera, H. R. (2012). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Bogotá, Colombia: Fundación Universitaria del Área Andina.
- Hidrocarburos, M. d. (2001). Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocaburíferas en el Ecuador. Ecuador.
- INEN, S. E. (2013). NORMA 2266:2013. *Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. Requisitos., Primera*. Ecuador: INEN.
- Innocenzi, V., Ferella, F., Michelis, I. D., & Veglio, F. (2014). Treatment of fluid catalytic cracking spent catalysts to recover lanthanum and cerium: Comparison between selective precipitation and solvent extraction. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 24(2015), pp. 92-97.
- IPIECA. (2014). Petroleum refinery waste management and minimization. Reino Unido : IPIECA .
- Lorin Crenshaw, VP, Treasurer & investor Relations. (2015). Investor Presentation JP Morgan- Global Leaders 1x1 Forum . *JP Morgan Global Leaders Conference* (pág. 25). ALBEMARLE.
- Marafi, M., & Stanislaus, A. (Febrero de 2003). Options and processes for spent catalyst handling and utilization. *Journal of Hazardous Materials*, B101, 123-132.
- Martínez, C., Torres, J., Mejía, R., Mellado, A. M., Payá, J., & Monzo, J. (Octubre de 2013). Uso de test de Lixiviación para determinar la migración de contaminantes en morteros de sustitución con residuos de catalizador de craqueo catalítico (FCC). *Revista DYNA*, Vol. 80(Nro. 181), pp.163-170.
- McDougall, F., White, P., Franke, M., & Hindle, P. (2001). *Integrated Solid Waste Management: A Life Cycle Inventory* (Segunda ed.). Reino Unido, Reino Unido: Blackwell Science.

- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2015). Libro VI de la Calidad Ambiental. *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente*. Ecuador: Acuerdo Ministerial 061.
- Olguín, G. S. (Marzo, 2007). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en los Municipios de Actopan, San Salvador y El Arenal del Estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Centro de Investigaciones Químicas. Estado Hidalgo: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Olmos, A. R. (2011). *Sitio web UNAD*. Recuperado el 27 de Julio de 2016, de RECUPERACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358043/358043.pdf>
- Orea, D. G., & Villarino, M. T. (2013). Evaluación del Impacto Ambiental. En D. G. Orea, & M. T. Villarino, *Evaluación del Impacto Ambiental* (págs. 155-156). España, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- ORPIC. (2013). Solution for reuse of spent catalyst from RFCC. *The 21st Joint GCC-Japan Environment* (págs. pp. 1-11). Qatar: ORPIC.
- Ramirez, A. M., Ramirez, A., Carrillo, F., Martínez, G., & Vite, P. (2010). Caracterización de productos metálicos de catalizadores gastados utilizados en la industria petrolera. *Avances en Ciencias e Ingeniería ACI, Vol. 1*, pp. 15-24.
- Rihm, A., Arellano, J., & Sancha, A. (1998). *Uso de test de lixiviación para caracterización de residuos del área minera y reflexiones sobre gestión de residuos peligrosos en América Latina*. Recuperado el 31 de Julio de 2016, de Biblioteca Virtual de Desarrollo sostenible y salud ambiental - Organización Panamericana de la Salud: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/peru/chires020.pdf>

- Rodríguez, E., Bernal, S., Provis, J., Gehman, J., Monzó, J., Paya, J., y otros. (2013). Geopolymers based on spent catalyst residue from a fluid catalytic cracking (FCC) process. *Fuel*, Vol. 109, pp. 493-502.
- Schmitt, R. (1991). FCC Catalyst finds three safe reuse outlets in Europe. *Oil & Gas Journal*, 89(46), volume 89, edición 46.
- Sherhan, B. (2011). *The effect of modification techniques on the performance of zeolite-Y catalysts in hydrocarbon cracking reactions*. Tesis Doctoral. , Universidad de Manchester , Escuela de Ingeniería Química y Ciencias Analíticas .
- Soto, F., Obaya, A., & Guerrero, C. (1996). Almacenamiento y manipulación de los residuos peligrosos. *Journal of the Mexican Chemical Society*, vol. 40(no. 5), pp. 220-229.
- Strubinger, A., Morales, F., & Aponte, K. (2014). Riesgo ambiental y uso de catalizador gastado de FCC en mezclas de morteros. *Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V*, Vol. 29(No. 24), 93-106.
- Tapia, D. (Septiembre de 2013). *Reconfiguración de la Refinería Esmeraldas para mejorar la calidad de los combustibles*. Tesis , Universidad Internacional SEK , Facultad de Ciencias Ambientales , Quito.
- Tchobanoglous, G., Vigil, S., & Theisen, H. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. España, España: McGraw Hill Interamericana de España.
- Torres, J., Trochez, J., & Mejía, R. (Junio de 2012). Reutilización de un residuo de la industria petroquímica como adición al cemento portland. *Ingeniería y Ciencia de la Universidad EAFIT*, Vol. 8(Nro. 15), 141-156.
- Villaquirán, M., & Gutierrez, R. M. (2015). Aprovechamiento del catalizador gastado de FCC en la síntesis de zeollitas de bajo contenido de sílice. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, Vol. 35(Nro. 2), pp. 334-343.

ANEXOS

**A1. Datos de Generación del Catalizador Gastado de FCC en Refinería
Esmeraldas**

Tabla a1. Generación anual 2012-2015 de Catalizador Gastado

CALCULO GENERACIÓN PROMEDIO ANUAL		
Año	Generación anual (Tn)	Promedio Anual (Tn)
2012	430	328,11
2013	331,82	
2014	222,5	
2015	0	
2016*	703,854	703,854

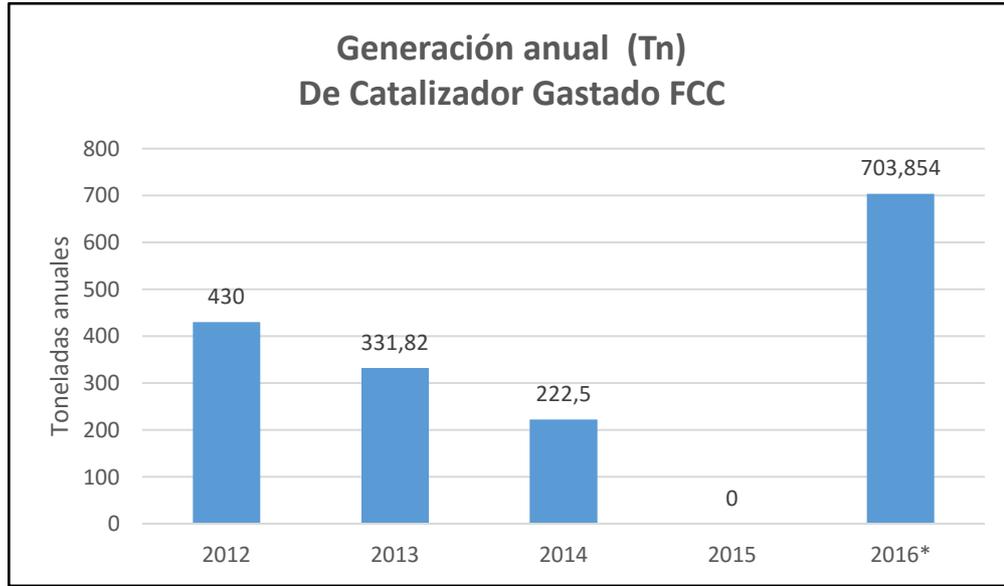


Tabla a2. Catalizador añadido al proceso y estimacion del flujo fe catalizador gastado generado

Estimación de la Generación				
Mes 2016	Tiempo transcurrido	Catalizador Añadido (Tn)	Catalizador Gastado Retirado	Catalizador Gastado Acumulado
Ene	31	68,05	55,12	55,12
Feb.	60	72,06	63,41	118,53
Mar.	91	71,54	58,94	177,47
Abr.	121	102,09	82,78	260,25
May.	152	55,67	43,42	303,67
Jun.	182	76,75	57,56	361,23
Jul.	213	63,07	42,3	403,53
Ago.	244	78,87	61,52	465,05
Total		588,1	465,05	

Flujos de Generacion al 2016

$$y = 1,9091x + 7,0325$$

703,854 tn/año
58,7 Tn/mes

promedio mes descarga 58,131 Tn/mes

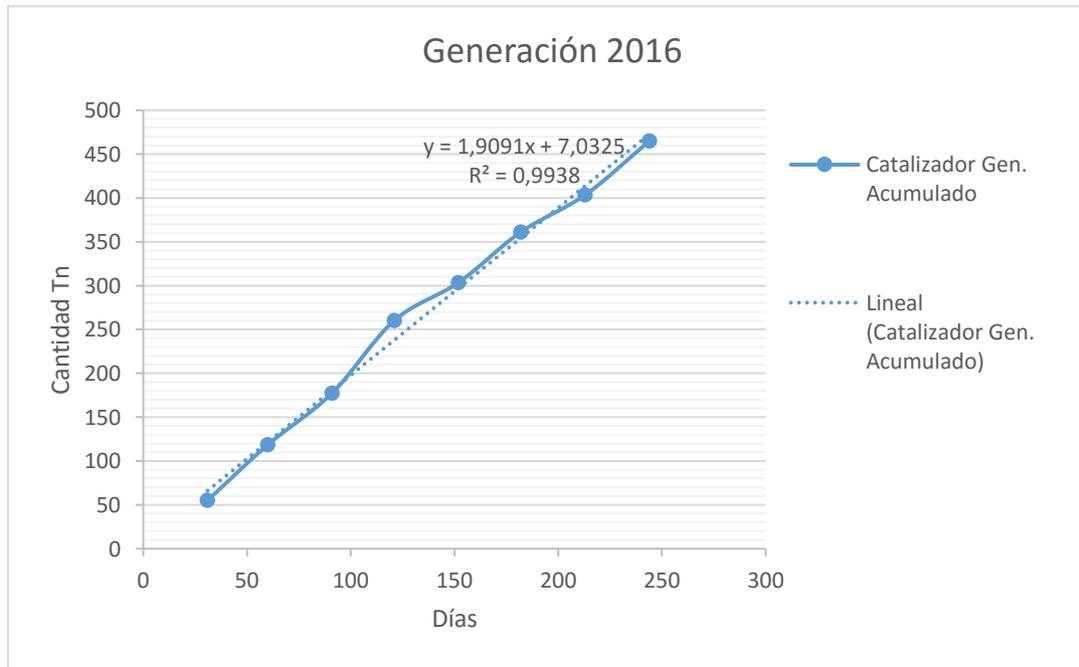
promedio carga 73,513 Tn/mes

Promedio diario añadido 2,41 tn/día

Aumento % generacion

215%

703,85



A2. Datos de Toxicidad Ambiental Bajo Ensayos PECT

A3. Fichas de observación del Proceso de Manipulación y Almacenamiento del catalizador

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO SOBRE MUESTRAS DE CATALIZADOR AGOTADO Y SUS LIXIVIADOS

Datos Obtenidos Sobre Muestras Solidas de Catalizador Agotado							
Parametros	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 6	Muestra 7	Muestra 8	Muestra 9	Promedio
Ni (mg/kg)	170,62	158,15	268,64	262,59	286,38	315,24	243,60
V (mg/kg)	52,54	155,39	608,18	710,21	500,43	992,21	503,16
Fe (mg/kg)	4474,58	3738,71	3615,45	3744,98	3784,68	4674,61	4005,50
Cu (mg/kg)	57,63	7,93	5,9091	0	0	0	11,91
Al (mg/kg)	23247,88	30860,94	25662,73	25796,26	24003,83	22587,99	25359,94
Sb (mg/kg)	199,58	75,13	4,5455	48,59	53,19	93,03	79,01
Pt (mg/kg)	30,93	0	0	0	0	0	5,16

Fuente: informaciòn obtenida analisis Laboratorio Universidad Central Elaboraciòn: Andrea Quinde

Datos obtenidos sobre muestras de Lixiviado por Test TCLP Catalizador Gastado							
Parámetro	L1607-003	L1607-004	L1607-005	L1607-006	L1607-007	L1607-008	Promedio
* As (mg/l)	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020
* Ba (mg/l)	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050
* Cd (mg/l)	< 0,0200	< 0,0200	< 0,0200	< 0,0200	< 0,0200	< 0,0200	< 0,0200
* Cr (mg/l)	< 0,0300	< 0,0300	< 0,0300	< 0,0300	< 0,0300	< 0,0300	< 0,0300
* Hg (mg/l)	0,003	0,0043	0,0028	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	0,0029
* Ni (mg/l)	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050
* Pb (mg/l)	< 0,0800	< 0,0800	< 0,0800	< 0,0800	< 0,0800	< 0,0800	< 0,0800
* V (mg/l)	< 0,0800	< 0,0800	< 0,0800	< 0,0800	< 0,0800	< 0,0800	< 0,0800

Fuente: analisis realizador por LABSSA Elaboraciòn: Andrea Quinde

Comparaciòn de resultados obtenidos de Contaminantes entre Muestras Catalizador Agotado y Lixiviados del Catalizador							
Parámetro (ppm)	Catalizador Gastado Promedio (1)	Catalizador Gastado (2)	Lixiviado del Catalizador Gastado Promedio	EPA	SEMARNAT 052	RAOHE (ripios)	RAOHE (Suelos contaminados - Ecosistemas Sensibles)
As	NR	2	< 0,0020	5,00	5,00	-	-
Ba	NR	NR	< 0,0050	100,00	10,00	5,00	-
Cd	NR	< 0,10	< 0,0200	1,00	1,00	0,05	< 1
Cr	NR	27	< 0,0300	5,00	5,00	1,00	-
Hg	NR	< 0,10	0,0029	0,20	0,20	-	-
Ni	243,60	190	< 0,0050	-	-	-	< 40
Pb	NR	24	< 0,0800	5,00	5,00	-	< 80
V	503,16	455	< 0,0800	-	-	0,20	-

1) informaciòn de ensayos realizados sobre catalizador agotado en la etapa de arranque de la unidad FCC.

2) Informaciòn de ensayo realizado a una muestra de catalizador agotado obtenido en la etapa de estabilizaciòn (condiciones fijas de operaciòn)

A4. Análisis de Composición del Catalizador por Laboratorios de la Universidad Central



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



LABORATORIO DE CATALIZADORES
CONVENIO EP PETROECUADOR- UCE

MUESTRA: CATALIZADOR DE FCC DE LA REFINERÍA ESMERALDAS

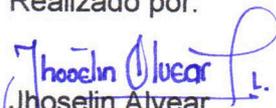
SOLICITADO POR: Ing. Rubén Vásquez

FECHA: 2015-12-23

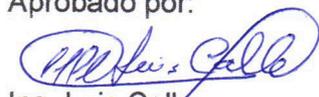
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL CATALIZADOR

PARÁMETRO	MUESTRAS 6 – 2015/12/04		
	UNIDADES	FCC REGENERADO 6	FCC GASTADO 6
Densidad Aparente Promedio	g/mL	0,7691	0,7805
Densidad Real	g/mL	2,4348	2,2541
Volumen de Poro	mL/g	0,1086	0,1013
Área Superficial BET	m ² /g	158,87	149,19
Distribución de Tamaño de Partículas	-	-	-
(0-20)µm	%	0,00	0,01
(20-40)µm	%	0,55	0,14
(40-80)µm	%	29,40	27,84
>80 µm	%	70,05	68,37
Contenido de Metales	-	-	-
Ni	mg/kg	273,85	268,64
V	mg/kg	649,06	608,18
Fe	mg/kg	3554,94	3615,45
Cu	mg/kg	3,8330	5,9091
Al	mg/kg	23409,28	25662,73
Sb	mg/kg	2,5554	4,5455
Pt	mg/kg	0,0	0,0
Tamaño Promedio de Partícula	µm	102,30	95,70
Contenido de Carbono	%	0,9934	0,9865

Realizado por:


Jhoselin Alvear
INVESTIGADORA

Aprobado por:


Ing. Luis Calle
DIRECTOR DEL CONVENIO





LABORATORIO DE CATALIZADORES

CONVENIO EP PETROECUADOR- UCE

MUESTRA: CATALIZADOR DE FCC DE LA REFINERÍA ESMERALDAS

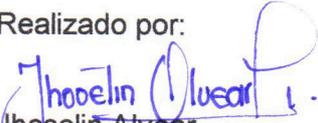
SOLICITADO POR: Ing. Rubén Vásquez

FECHA: 2015-12-23

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL CATALIZADOR

PARÁMETRO	UNIDADES	MUESTRAS 7 – 2015/12/08	
		FCC REGENERADO 7	FCC GASTADO 7
Densidad Aparente Promedio	g/mL	0,8170	0,8278
Densidad Real	g/mL	2,2045	2,4119
Volumen de Poro	mL/g	0,1062	0,0978
Área Superficial BET	m ² /g	159,32	147,37
Distribución de Tamaño de Partículas	-	-	-
(0-20)µm	%	0,00	0,02
(20-40)µm	%	0,68	2,31
(40-80)µm	%	38,16	38,95
>80 µm	%	61,16	58,72
Contenido de Metales	-	-	-
Ni	mg/kg	265,00	262,59
V	mg/kg	741,67	710,21
Fe	mg/kg	4104,58	3744,98
Cu	mg/kg	0,00	0,00
Al	mg/kg	27316,67	25796,26
Sb	mg/kg	27,08	48,59
Pt	mg/kg	0,0	0,0
Tamaño Promedio de Partícula	µm	90,1	90,3
Contenido de Carbono	%	0.9950	0.9856

Realizado por:


Jhoselin Alvear
INVESTIGADORA

Aprobado por:


Ing. Luis Calle
DIRECTOR DEL CONVENIO





LABORATORIO DE CATALIZADORES
CONVENIO EP PETROECUADOR- UCE

MUESTRA: CATALIZADOR DE FCC DE LA REFINERÍA ESMERALDAS

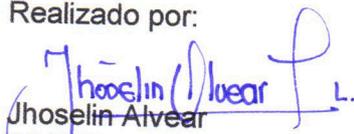
SOLICITADO POR: Ing. Rubén Vásquez

FECHA: 2015-12-23

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL CATALIZADOR

PARÁMETRO	MUESTRAS 8 – 2015/12/15 – 09:10		
	UNIDADES	FCC REGENERADO 8	FCC GASTADO 8
Densidad Aparente Promedio	g/mL	0,7684	0,8142
Densidad Real	g/mL	2,5051	1,5714
Volumen de Poro	mL/g	0,1087	0,0941
Área Superficial BET	m ² /g	157,50	141,92
Distribución de Tamaño de Partículas	-	-	-
(0-20)µm	%	0,00	0,02
(20-40)µm	%	0,46	0,85
(40-80)µm	%	33,55	18,13
>80 µm	%	65,99	81,02
Contenido de Metales	-	-	-
Ni	mg/kg	311,97	286,38
V	mg/kg	838,01	500,43
Fe	mg/kg	4757,45	3784,68
Cu	mg/kg	22,70	0,00
Al	mg/kg	27198,04	24003,83
Sb	mg/kg	25,36	53,19
Pt	mg/kg	0,0	0,0
Tamaño Promedio de Partícula	µm	96,0	121,5
Contenido de Carbono	%	0.9919	0.9825

Realizado por:


Jhoselin Alvear
INVESTIGADORA

Aprobado por:


Ing. Luis Calle
DIRECTOR DEL CONVENIO





CONVENIO EP PETROECUADOR- UCE

MUESTRA: CATALIZADOR DE FCC DE LA REFINERÍA ESMERALDAS

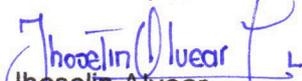
SOLICITADO POR: Ing. Rubén Vásquez

FECHA: 2015-12-23

CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DEL CATALIZADOR

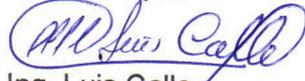
PARÁMETRO	MUESTRAS 9 – 2015/12/15 – 20:30		
	UNIDADES	FCC REGENERADO 9	FCC GASTADO 9
Densidad Aparente Promedio	g/mL	0,8158	0,7632
Densidad Real	g/mL	2,2841	1,5613
Volumen de Poro	mL/g	0,1076	0,0981
Área Superficial BET	m ² /g	147,51	132,73
Distribución de Tamaño de Partículas	-	-	-
(0-20)µm	%	0,00	0,01
(20-40)µm	%	0,03	0,34
(40-80)µm	%	16,49	8,97
>80 µm	%	83,48	90,68
Contenido de Metales	-	-	-
Ni	mg/kg	315,24	0,00
V	mg/kg	939,46	992,21
Fe	mg/kg	3174,95	4674,61
Cu	mg/kg	2,50	0,0
Al	mg/kg	39683,92	22587,99
Sb	mg/kg	75,99	93,03
Pt	mg/kg	0,0	0,0
Tamaño Promedio de Partícula	µm	105,0	168,0
Contenido de Carbono	%	0.9940	0.9836

Realizado por:


Jhoselin Alvear
INVESTIGADORA



Aprobado por:


Ing. Luis Calle
DIRECTOR DEL CONVENIO



LABORATORIO DE CATALIZADORES
CONVENIO EP PETROECUADOR- UCE

MUESTRA: CATALIZADOR DE FCC DE LA REFINERÍA ESMERALDAS

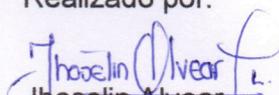
SOLICITADO POR: Ing. Rubén Vásquez

FECHA: 2015-11-11

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL CATALIZADOR

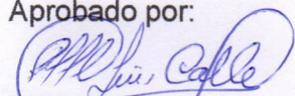
PARÁMETRO	MUESTRAS 3 – 2015/11/06		
	UNIDADES	FCC REGENERADO 3	FCC GASTADO 3
Densidad Aparente Promedio	g/mL	0,8644	0,8486
Densidad Real	g/mL	2,4091	2,4494
Volumen de Poro	mL/g	0,1023	0,0934
Área Superficial BET	m ² /g	153,44	134,58
Distribución de Tamaño de Partículas	-	-	-
(0-20)µm	%	0,02	0,04
(20-40)µm	%	1,41	1,82
(40-80)µm	%	30,67	30,71
>80 µm	%	67,90	67,43
Contenido de Metales	-	-	-
Ni	mg/kg	136,42	158,15
V	mg/kg	175,32	155,39
Na	mg/kg	11160,58	15859,16
Fe	mg/kg	3308,71	3738,71
Cu	mg/kg	32,35	7,93
Al	mg/kg	27232,03	30860,94
Sb	mg/kg	55,51	75,13
Pt	mg/kg	0	0
Tamaño Promedio de Partícula	µm	99,90	102,90
Porcentaje de Carbono	%	0,99	0,98

Realizado por:


Jhoselin Alvear
INVESTIGADORA



Aprobado por:


Ing. Luis Calle
DIRECTOR DEL CONVENIO



LABORATORIO DE CATALIZADORES

CONVENIO EP PETROECUADOR- UCE

MUESTRA: CATALIZADOR DE FCC DE LA REFINERÍA ESMERALDAS

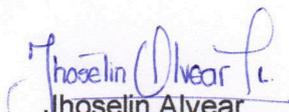
SOLICITADO POR: Ing. Rubén Vásquez

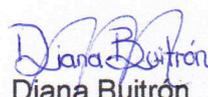
FECHA: 2015-11-05

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL CATALIZADOR

PARÁMETRO	UNIDADES	MUESTRAS	
		FCC REGENERADO 2	FCC GASTADO 2
Densidad Aparente Promedio	g/mL	0,8108	0,8516
Densidad Real	g/mL	2,4700	2,3909
Volumen de Poro	mL/g	0,1047	0,0919
Área Superficial BET	m ² /g	155,64	134,28
Distribución de Tamaño de Partículas	-	-	-
(0-20)µm	%	0,00	0,01
(20-40)µm	%	0,73	1,03
(40-80)µm	%	35,20	30,59
>80 µm	%	64,07	68,37
Contenido de Metales	-	-	-
Ni	mg/kg	141,25	170,62
V	mg/kg	163,01	52,54
Na	mg/kg	12270,49	16440,68
Fe	mg/kg	4567,85	4474,58
Cu	mg/kg	67,62	57,63
Al	mg/kg	18939,99	23247,88
Sb	mg/kg	112,85	199,58
Pt	mg/kg	0	30,93
Tamaño Promedio de Partícula	µm	91,90	97,00

Realizado por:


Jhoselin Alvear
INVESTIGADORA


Diana Buitrón
ANALISTA DE LABORATORIO

Aprobado por:


Ing. Luis Calle
DIRECTOR DEL CONVENIO



A5. Análisis de composición del catalizador por Laboratorios GRUENTEC

REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: EP Petroecuador
Alpallana E8-86 y Av. 6 de Diciembre
Telf: 2563-060

Atn: Dr. Luis Villacreces

Proyecto: Análisis de Muestra de Catalizador

Muestra Recibida: 23-mar-16

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Desecho Sólido

Análisis Completado: 04-abr-16

Número reporte Gruentec: 1603298-DS001

Rotulación Muestra:	Catalizador Agotado/Gastado/ Contaminado	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	n.d	
No. Reporte Gruentec:	1603298-DS001	
Parámetros Generales en Suelos:		
Humedad % ^(1,3)	<5	ASTM-4959-07 / MM-S-02
Metales en peso seco:		
Antimonio mg/kg ^(1,3)	<0.2	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Arsénico mg/kg *	2.0	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Cadmio mg/kg *	<0.1	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Cobalto mg/kg *	4.1	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Cobre mg/kg *	2.5	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Cromo mg/kg *	27	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Escandio mg/kg *	<25	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Hafnio mg/kg ^(1,3)	<0.5	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Itrio mg/kg *	185	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Manganeso mg/kg *	12	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Mercurio mg/kg *	<0.1	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Molibdeno mg/kg *	1.3	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Niobio mg/kg *	<0.5	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Níquel mg/kg *	190	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Paladio mg/kg *	0.15	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Platino mg/kg *	0.53	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Plomo mg/kg ^(1,3)	24	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Renio mg/kg *	<0.05	EPA 6020 A / MM-AG/S-39



Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opciones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada por personal técnico de Gruentec.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: EP Petroecuador
Alpallana E8-86 y Av. 6 de Diciembre
Telf:2563-060

Atn: Ing. Lucía Cáceres

Proyecto: Análisis de Catalizador

Muestra Recibida: 23-mar-16

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Desecho Sólido

Análisis Completado: 04-abr-16

Número reporte Gruntec: 1603298-DS001

Rotulación Muestra:	Catalizador Agotado/Gastado/ Contaminado	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	n.d	
No. Reporte Gruntec:	1603298-DS001	
Metales en peso seco:		
Selenio mg/kg ^(1,3)	8	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Talio mg/kg ^(1,3)	0.1	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Tantalo mg/kg ^(1,3)	<0.5	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Teluro mg/kg ^(1,3)	<0.5	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Titanio mg/kg ^(1,3)	226	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Vanadio mg/kg ^(1,3)	455	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Wolframio mg/kg ^(1,3)	<0.5	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Zinc mg/kg ^(1,3)	240	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Zirconio mg/kg ^(1,3)	13	EPA 6020 A / MM-AG/S-39

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

⁽³⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

n.d - No Determinado

INCERTIDUMBRE (U):

Metales preciosos en sólidos = 0.30; Metales en sólidos = 0.30;

Metales especiales en sólidos = 0.30; Metales en lixiviado = 0.3; Humedad = 0.05

Cálculo: C +/- UxC en donde: C=valor medido; U= incertidumbre.



Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opciones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada por personal técnico de Gruntec.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

REPORTE DE ANÁLISIS ADICIONAL

Cliente: EP Petroecuador
Alpallana E8-86 y Av. 6 de Diciembre
Telf:2563-060

Atn: Dr. Luis Villacreces

Proyecto: Análisis de Muestra de Catalizador

Muestra Recibida: 23-mar-16

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Desecho Sólido

Análisis Completado: 04-abr-16

Número reporte Gruentec: 1603298-DS001

Rotulación Muestra:	Catalizador Agotado/Gastado/Contaminado	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	n.d	
No. Reporte Grüntec:	1603298-DS001	
Parámetros Generales en Suelos:		
Humedad % ^(1,3)	<5	ASTM-4959-07 / MM-S-02
Metales en peso seco:		
Aluminio mg/kg *	131102	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Azufre mg/kg *	545	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Bario mg/kg *	164	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Berilio mg/kg ^(1,3)	0.5	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Boro mg/kg *	<20	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Bromo mg/kg *	<250	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Bismuto mg/kg *	<5	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Calcio mg/kg *	<500	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Cesio mg/kg ^(1,3)	<0.5	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Disprosio mg/kg ^(1,3)	4.5	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Erbio mg/kg ^(1,3)	3.6	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Estaño mg/kg *	1.6	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Estroncio mg/kg ^(1,3)	63	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Europio mg/kg ^(1,3)	1.0	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Fósforo % *	0.1	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Gadolinio mg/kg ^(1,3)	5.9	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Germanio mg/kg ^(1,3)	1.6	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Hierro % *	0.4	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Iterbio mg/kg ^(1,3)	3.0	EPA 6020 A / MM-AG/S-39



Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opciones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada por personal técnico de Gruentec.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

A6. Análisis de Lixiviados realizados al Catalizador Agotado por LABSSA

Laboratorio de Seguridad, Salud y Ambiente (LABSSA)

 Nueva Loja, Km 1 vía al Coca, Campamento de EP PETROECUADOR, Sucumbios - Ecuador. **Tel.: 3942000 Ext. 18510, 61719**
1. DESCRIPCIONES GENERALES

Fecha de toma de muestras:	Del 15,17,20,22,24,27 -06 -2016
Fecha de recepción de muestras:	2016-07-06
Periodo de Análisis:	2016-07-06 hasta 2016-07-20
Fecha de Emisión:	2016-07-23

Peticionario:	Ing. Andrea Quinde
Cargo:	ESP. Cumplimiento Legal y Regulatorio REE
Dirección del Usuario:	REE
Documento:	MEMORANDO N° 00092-OPE-REE-ISA-GAM-2016
Número Telefónico:	3942000 Ext: 85531
Email para entrega de informe en PDF:	andrea.quinde@epetroecuador.ec

2. DATOS DE LA TOMA DE MUESTRAS

Matriz/Envase de muestras:	Suelos (recolectados en fundas de cierre hermetico), Lixiviados (recolectados en fundas de cierre hermetico) y transportados en frío.
Recolectadas por:	REE: Ing. Andrea Quinde (35766)
Método de toma de muestra:	No aplica.
Personas presentes:	ND
Lugar de toma de muestras:	Provincia de esmeraldas, Cantón esmeraldas, Refinería Estatal esmeraldas
Objetivo de la toma de muestras:	Caracterización de Peligrosidad de Catalizadores de la FCC
Condiciones Ambientales:	No aplica.
Solicitud de Servicio-Hoja de Toma de Muestras-Custodia N°:	16-348
Receptadas por:	LABSSA: Dr. Jofre Armendáriz (Rol: 93030).

3. PARÁMETROS, METODOLOGÍA DE REFERENCIA Y LÍMITES PERMISIBLES

Parámetro	Expresado como	Unidad	Procedimiento Interno	Método de Referencia ⁽¹⁾⁽³⁾
Arsénico	As	mg/kg	MESS-13	EPA 3050 B / 7061 A
Bario	Ba	mg/kg	MESS-01 / 08	EPA 3050 B / 7081
Cadmio	Cd	mg/kg	MESS-01 / 07	EPA 3050 B / 7130
Cromo Total	Cr	mg/kg	MESS-01 / 09	EPA 3050 B / 7190
Mercurio	Hg	mg/kg	MESS-04	EPA 3050 B / 7471 A
Níquel	Ni	mg/kg	MESS-01 / 07	EPA 3050 B / 7520
Plomo	Pb	mg/kg	MESS-01 / 07	EPA 3050 B / 7420
Vanadio	V	mg/kg	MESS-01 / 08	EPA 3050 B / 7911

(1) Reglamento Sustitutivo al Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarbúricas en el Ecuador, Decreto 1215, TABLA 6 Límites permisibles para la identificación y remediación de suelos contaminados en todas las fases de la Industria Hidrocarbúrica. Incluidas las Estaciones de Servicios. a) Ecosistema Sensible; b) Uso Agrícola; c) Uso Industrial.

Parámetro	Expresado como	Unidad	Procedimiento Interno	Método de Referencia ⁽¹⁾⁽²⁾
Arsénico	As	mg/kg	MESS-13	EPA 3050 B / 7061 A
Bario	Ba	mg/kg	MESS-01 / 08	EPA 3050 B / 7081
Cadmio	Cd	mg/kg	MESS-01 / 07	EPA 3050 B / 7130
Cromo Total	Cr	mg/kg	MESS-01 / 09	EPA 3050 B / 7190
Mercurio	Hg	mg/kg	MESS-04	EPA 3050 B / 7471 A
Níquel	Ni	mg/kg	MESS-01 / 07	EPA 3050 B / 7520
Plomo	Pb	mg/kg	MESS-01 / 07	EPA 3050 B / 7420
Vanadio	V	mg/kg	MESS-01 / 08	EPA 3050 B / 7911

(2) Reglamento Sustitutivo al Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarbúricas en el Ecuador, Decreto 1215, TABLA 7 Límites permisibles de lixiviados para la disposición final de lodos y rípios de perforación en superficie.

(3) Los criterios de aplicación legal (parámetros, límites) son de responsabilidad del peticionario: Ing. Andrea Quinde

4. CÓDIGOS Y DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS

Código de Toma de Muestra	Código LABSSA	Matriz	Descripción (Según Solicitud de Servicios - Hoja de Toma de Muestras - Custodia)
Cat. Regenerado -1	S1607-025	Suelo	Catalizador Regenerado , muestra N° 1
Cat. Regenerado -2	S1607-026	Suelo	Catalizador Regenerado , muestra N° 2
Cat. Regenerado -3	S1607-027	Suelo	Catalizador Regenerado , muestra N° 3
Cat. Regenerado -4	S1607-028	Suelo	Catalizador Regenerado , muestra N° 4
Cat. Regenerado -5	S1607-029	Suelo	Catalizador Regenerado , muestra N° 5
Cat. Regenerado -6	S1607-030	Suelo	Catalizador Regenerado , muestra N° 6
Tolva FV - 1,M-1	L1607-003	Rípios	Catalizador Agotado 1, muestra N° 1
Tolva FV - 1,M-2	L1607-004	Rípios	Catalizador Agotado 1, muestra N° 2
Tolva FV - 1,M-3	L1607-005	Rípios	Catalizador Agotado 1, muestra N° 3
Tolva FV - 1,M-4	L1607-006	Rípios	Catalizador Agotado 1, muestra N° 4
Tolva FV - 1,M-5	L1607-007	Rípios	Catalizador Agotado 1, muestra N° 5
Tolva FV - 1,M-6	L1607-008	Rípios	Catalizador Agotado 1, muestra N° 6

5. IDENTIFICACIÓN Y RESULTADOS DE LAS MUESTRAS

ANÁLISIS EN LABORATORIO

Matriz: SUELOS

Parámetro	Unidad	S1607-025	S1607-026	S1607-027	S1607-028	S1607-029	S1607-030
* As	mg/kg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
* Ba	mg/kg	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
* Cd	mg/kg	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
* Cr	mg/kg	5	5	4	4	6	5
* Hg	mg/kg	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,6
* Ni	mg/kg	10	16	8	8	15	<8
* Pb	mg/kg	< 17	< 17	< 17	< 17	< 17	< 17
* V	mg/kg	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8

Matriz: RIPIOS

Parámetro	Unidad	L1607-003	L1607-004	L1607-005	L1607-006	L1607-007	L1607-008
* As	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
* Ba	mg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
* Cd	mg/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
* Cr	mg/L	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
* Hg	mg/L	0,003	0,0043	0,0028	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025
* Ni	mg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
* Pb	mg/L	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
* V	mg/L	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08

Nota : Las siguientes observaciones están fuera del alcance de acreditación:

a.- Los ensayos marcados con (*) son subcontratados al Laboratorio HAVOC, con número de acreditación OAE LE 2C 05-007

6. DECLARACIÓN DE INCERTIDUMBRES DE MÉTODOS ANALÍTICOS. ANEXO 1.

7. FIRMAS Y RESPONSABLES



Dr. Luis Villacreces (Rol. 95428)
JEFE DE LABORATORIO




Ing. Marcia Miranda (Rol: 92527)
RESPONSABLE TÉCNICO DE AGUAS Y SUELOS

Transcrito por: Dr. Jofre Armendariz (Rol: 93030)

Los resultados expresados en el presente Informe de Ensayo corresponden expresamente a las muestras analizadas. LABSSA ofrece al usuario interno respaldo técnico con respecto a la información relacionada en el contenido de este informe. Se mantiene reserva de los resultados obtenidos y su reproducción para los fines que EP - PETROEQUADOR disponga y autorice.

DECLARACIÓN DE INCERTIDUMBRES DE MÉTODOS ANALÍTICOS. ANEXO 1.

Parámetro	Expresado como	Rango Validado	Límite de Detección	Límite de Cuantificación	Nivel	Incertidumbre +/- U (K=2)
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	25-150	5	25	25 hasta 150	24 (%)
Potencial Hidrógeno	upH	4-10	No aplica	4	4 a 10	5,0 (%)
Conductividad Eléctrica	uS/cm	5-1005	No aplica	5	5,00 a >104,5	20,5 (%)
	uS/cm	1005-5000	No aplica	1005	104 a 5000	1,8 (%)
Sólidos Totales	mg/L	25-2000	No aplica	25	25 - 2000	24 (%)
Fenoles	mg/L	0,05-0,3	0,09	0,031	0,05 - 0,3	25 (%)
Hidrocarburos Totales aguas	mg/L	18,5 -85,7	4	18,5	18,5 a 85,7	36(%)
Plomo	mg/L	0,25-0,90	0,06	0,25	0,25 a <0,50	30,43 (%)
					0,50 a 0,90	19,55 (%)
Cromo Total	mg/L	0,15-0,50	0,04	0,15	0,15 a <0,25	32,80 (%)
					0,25 a 0,50	29,86(%)
Vanadio	mg/L	0,50-1,50	0,10	0,50	0,50 a <0,75	27,02 (%)
					0,75 a 1,5	23,09 (%)
Bario	mg/L	2,50-7,50	0,66	2,50	2,5 a < 3,75	34,34 (%)
					3,75 a 7,5	14,35 (%)
Naftaleno	mg/L	0,00013 - 0,001	0,00002	0,00013	0,00013 - 0,001	28,6 (%)
Pyreno	mg/L	0,00013 - 0,001	0,00002	0,00013	0,00013 - 0,001	15,5 (%)
Antraceno	mg/L	0,00013 - 0,001	0,000005	0,00013	0,00013 - 0,001	7,2 (%)
Fluoranteno	mg/L	0,00013 - 0,001	0,00001	0,00013	0,00013 - 0,001	11,3 (%)
Fenantreno	mg/L	0,00013 - 0,001	0,000004	0,00013	0,00013 - 0,001	6,0 (%)
Fluoreno	mg/L	0,00013 - 0,001	0,00002	0,00013	0,00013 - 0,001	17,6 (%)
Acenafteno	58	0,0006 - 0,001	0,00005	0,0006	0,00013 - 0,001	39,8 (%)
Acenaftileno	69	0,00013 - 0,001	0,00003	0,00013	0,00013 - 0,001	28,9 (%)
Benzo [a] antraceno	mg/L	0,00013 - 0,001	0,00001	0,00013	0,00013 - 0,001	7,5 (%)
Benzo [a] pireno	mg/L	0,00013 - 0,001	0,00002	0,00013	0,00013 - 0,001	23,9 (%)
Benzo [b] fluoranteno	mg/L	0,00013 - 0,001	0,00001	0,00013	0,00013 - 0,001	7,1 (%)
Benzo [g,h,i] perileno	mg/L	0,00013 - 0,001	0,00002	0,00013	0,00013 - 0,001	15,7 (%)
Benzo [k] fluoranteno	mg/L	0,00013 - 0,001	0,00001	0,00013	0,00013 - 0,001	12,4 (%)
Criseno	mg/L	0,00013 - 0,001	0,000004	0,00013	0,00013 - 0,001	6,8 (%)
Dibenzo [a,h] antraceno	mg/L	0,00013 - 0,001	0,00002	0,00013	0,00013 - 0,001	19,6 (%)
Indeno [1,2,3-cd] pireno	mg/L	0,00013 - 0,001	0,00001	0,00013	0,00013 - 0,001	7,6 (%)
Potencial Hidrógeno suelos	upH	4-10	No aplica	4,20	4,2 -9,50	19,8 (%)
CE suelos	uS/cm	500 -12000	No aplica	500,00	500 -12000	33,1 (%)
TPH suelos	mg/Kg	695-8300 y aplicando dilución hasta un valor de 49800 mg/kg	135	695	695 a 8300	37 (%)
Cadmio suelos	mg/kg	1 a 11,2	0,19	1	1 a 11,2	36,60 (%)
Níquel suelos	mg/Kg	30 a 120	4	30	30 a 120	15,96 (%)
Plomo suelos	mg/Kg	60 a 600	10	60	60 a 600	22,21 (%)

FECHA de ACTUALIZACIÓN: 2015-12-01



A7. Hoja de Seguridad del catalizador (Proveedor)

Ficha de Datos de Seguridad

Página: 1/15

BASF Ficha de Datos de Seguridad de acuerdo con el Reglamento CE N° 1907/2006 y sus posteriores modificaciones.

Fecha / actualizada el: 07.04.2015

Versión: 2.0

Producto: **BASF FCC ECAT - LOW METALS**

(ID N° 30639622/SDS_GEN_ES/ES)

Fecha de impresión 08.04.2015

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia/mezcla y de la sociedad/empresa

1.1. Identificador del producto

BASF FCC ECAT - LOW METALS

1.2. Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos pertinentes identificados: Producto químico

Utilización adecuada: catalizador para el petróleo

1.3. Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Empresa:BASF SE
67056 Ludwigshafen
GERMANYDirección de contacto:BASF Española S. L. Unipersonal
C/ Can Rabia, 3/5
08017 Barcelona
SPAIN

Teléfono: +34 93 496-4214

Dirección e-mail: Seguridad-de-Producto.Iberia@basf.com

1.4. Teléfono de emergencia

Número internacional de emergencia (24h) con respuesta local

Teléfono: +49 180 2273-112

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1. Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Conforme al Reglamento CE N° 1272/2008 [CLP]

BASF Ficha de Datos de Seguridad de acuerdo con el Reglamento CE N° 1907/2006 y sus posteriores modificaciones.

Fecha / actualizada el: 07.04.2015

Versión: 2.0

Producto: **BASF FCC ECAT - LOW METALS**

(ID N° 30639622/SDS_GEN_ES/ES)

Fecha de impresión 08.04.2015

El producto no requiere ninguna clasificación de acuerdo con los criterios del GHS.

Conforme a la directiva 67/548/CE o 1999/45/CE

Posibles peligros:

Según las Directivas de la CE, el producto no ha de ser etiquetado.

2.2. Elementos de la etiqueta

Sistema Globalmente Armonizado, EU (GHS)

El producto no requiere ninguna etiqueta de aviso de peligro de acuerdo con los criterios del GHS.

Conforme a la directiva 67/548/CE o 1999/45/CE

Directiva 1999/45/CE ('Directiva sobre preparados')

Según las Directivas de la CE, el producto no ha de ser etiquetado.

2.3. Otros peligros

Conforme al Reglamento CE N° 1272/2008 [CLP]

Ningún riesgo específico conocido, respetando las reglamentaciones/indicaciones para el almacenamiento y la manipulación.

SECCIÓN 3: Composición/Información sobre los componentes

3.1. Sustancia

No aplicable

3.2. Mezcla

Descripción Química

Catalizador

Preparado en base a: óxidos metálicos

Ingredientes peligrosos (GHS)

según Reglamento (CE) N° 1272/2008

óxido de cinc

BASF Ficha de Datos de Seguridad de acuerdo con el Reglamento CE N° 1907/2006 y sus posteriores modificaciones.

Fecha / actualizada el: 07.04.2015

Versión: 2.0

Producto: **BASF FCC ECAT - LOW METALS**

(ID N° 30639622/SDS_GEN_ES/ES)

Fecha de impresión 08.04.2015

Contenido (P/P): $\geq 0\%$ - $< 3\%$	Aquatic Acute 1
Número CAS: 1314-13-2	Aquatic Chronic 1
Número CE: 215-222-5	H400, H410
Número de registro REACH: 01-2119463881-32	
Número INDEX: 030-013-00-7	

pentóxido de divanadio

Contenido (P/P): $\geq 0\%$ - $< 1\%$	Acute Tox. 4 (Inhalación - polvo)
Número CAS: 1314-62-1	Acute Tox. 4 (Por ingestión)
Número CE: 215-239-8	Eye Dam./Irrit. 1
Número de registro REACH: 01-2119531331-54	Mutagenicidad 2
Número INDEX: 023-001-00-8	Repr. 2 (feto)
	STOT SE 3 (irr. aparato respiratorio)
	STOT RE (pulmón) 1
	Aquatic Chronic 2
	H318, H332, H302, H335, H341, H361d, H372, H411

óxido de praseodimio(III,IV)

Contenido (P/P): $\geq 0\%$ - $< 3\%$	Aquatic Chronic 4
Número CAS: 12037-29-5	H413
Número CE: 234-857-9	
Número de registro REACH: 01-2119976317-27	

Ingredientes peligrosos

según la Directiva 1999/45/CE

óxido de cinc

Contenido (P/P): $\geq 0\%$ - $< 3\%$
 Número CAS: 1314-13-2
 Número CE: 215-222-5
 Número de registro REACH: 01-2119463881-32
 Número INDEX: 030-013-00-7
 Símbolo(s) de peligrosidad: N
 Frase(s) - R: 50/53

óxido de praseodimio(III,IV)

Contenido (P/P): $\geq 0\%$ - $< 3\%$
 Número CAS: 12037-29-5
 Número CE: 234-857-9
 Número de registro REACH: 01-2119976317-27
 Frase(s) - R: 53

pentóxido de divanadio

Contenido (P/P): $\geq 0\%$ - $< 1\%$

BASF Ficha de Datos de Seguridad de acuerdo con el Reglamento CE N° 1907/2006 y sus posteriores modificaciones.

Fecha / actualizada el: 07.04.2015

Versión: 2.0

Producto: **BASF FCC ECAT - LOW METALS**

(ID N° 30639622/SDS_GEN_ES/ES)

Fecha de impresión 08.04.2015

Número CAS: 1314-62-1
Número CE: 215-239-8
Número de registro REACH: 01-2119531331-54
Número INDEX: 023-001-00-8
Símbolo(s) de peligrosidad: T, N
Frase(s) - R: 68, 63, 48/23, 20/22, 37, 51/53, 41
Muta. Cat. 3
Repr. Cat. 3

Para la clasificación no detallada en su totalidad en esta sección, incluyendo la indicación del peligro, los símbolos de peligro, las frases R, y las frases H, el texto completo aparece en la sección 16.

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1. Descripción de los primeros auxilios

Quitarse la ropa contaminada.

Tras inhalación:

Reposo, respirar aire fresco.

Tras contacto con la piel:

Lavar abundantemente con agua y jabón.

Tras contacto con los ojos:

Lavar los ojos abundantemente durante 15 minutos con agua corriente y los párpados abiertos.

Tras ingestión:

Lavar la boca y beber posteriormente abundante agua.

4.2. Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Síntomas: Ninguna reacción importante del cuerpo humano es conocida.

4.3. Indicación de cualquier atención médica inmediata y de los tratamientos especiales que se requieran.

Tratamiento: Tratamiento sintomático (descontaminación, funciones vitales).

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1. Medios de extinción

Indicaciones adicionales:

Definir las medidas de extinción en la zona del incendio.

5.2. Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

óxidos metálicos

BASF Ficha de Datos de Seguridad de acuerdo con el Reglamento CE N° 1907/2006 y sus posteriores modificaciones.

Fecha / actualizada el: 07.04.2015

Versión: 2.0

Producto: **BASF FCC ECAT - LOW METALS**

(ID N° 30639622/SDS_GEN_ES/ES)

Fecha de impresión 08.04.2015

En caso de incendio próximo pueden desprenderse las sustancias/grupos de sustancias mencionadas.

5.3. Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Vestimenta de protección especial:

Use equipo respiratorio autónomo y traje de protección.

Información adicional:

El producto no es autoinflamable; medidas de extinción de incendios próximos deben ser coordinados. Eliminar los restos del incendio y el agua de extinción contaminada respetando las legislaciones locales vigentes.

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1. Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Evite la formación de polvo. No respirar el polvo. Evitar el contacto con la piel, ojos y vestimenta.

Utilizar ropa de protección personal. Indicaciones relativas a protección personal: véase sección 8.

6.2. Precauciones relativas al medio ambiente

Evitar que penetre en el alcantarillado, aguas superficiales o subterráneas. Retener las aguas contaminadas, incluida el agua de extinción de incendios, caso de estar contaminada.

6.3. Métodos y material de contención y de limpieza

Evitar la formación de polvo. Humedecer, recoger con medios mecánicos y eliminar teniendo en consideración las disposiciones locales. Eliminar inmediatamente el material recogido de acuerdo con la reglamentación.

6.4. Referencia a otras secciones

Las informaciones referidas a controles de exposición/protección personal y consideraciones para la eliminación, se pueden encontrar en las secciones 8 y 13.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1. Precauciones para una manipulación segura

Evite la formación de polvo. Evitar el contacto con la piel, ojos y vestimenta. Procurar una buena ventilación/aspiración cerca de las máquinas de fabricación.

Protección contra incendio/explosión:

El producto no es comburente, no autoinflamable ni existe peligro de explosión.

7.2. Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

materiales adecuados: Acero de carbono (hierro), Polipropileno

Otras especificaciones sobre condiciones almacenamiento: Guardar en lugar seco los recipientes cerrados herméticamente.

BASF Ficha de Datos de Seguridad de acuerdo con el Reglamento CE N° 1907/2006 y sus posteriores modificaciones.

Fecha / actualizada el: 07.04.2015

Versión: 2.0

Producto: **BASF FCC ECAT - LOW METALS**

(ID N° 30639622/SDS_GEN_ES/ES)

Fecha de impresión 08.04.2015

7.3. Usos específicos finales

Para el/los uso/s relevante/s identificado/s según el apartado 1 deben tenerse en cuenta las indicaciones mencionadas en el apartado 7.

SECCIÓN 8: Controles de exposición/Protección personal

8.1. Parámetros de control

Componentes con valores límites de exposición en el lugar de trabajo

1309-37-1: trióxido de dihierro

Valor VLA-ED 5 mg/m³ (LEP (España)), polvo y humo
medido como: Hierro (Fe)

1309-48-4: óxido de magnesio

Valor VLA-ED 10 mg/m³ (LEP (España)), polvo y humo

1314-13-2: óxido de cinc

Valor VLA-ED 5 mg/m³ (LEP (España)), humos
Valor VLA-ED 10 mg/m³ (LEP (España)), polvo
Valor VLA-EC 10 mg/m³ (LEP (España)), humos
Valor VLA-EC 10 mg/m³ (LEP (España)), fracción respirable
Valor VLA-ED 2 mg/m³ (LEP (España)), fracción respirable

1344-28-1: óxido de aluminio

Valor VLA-ED 10 mg/m³ (LEP (España))

13463-67-7: dióxido de titanio

Valor VLA-ED 10 mg/m³ (LEP (España))

8.2. Controles de la exposición

Equipo de protección personal

Protección de las vías respiratorias:

Protección de las vías respiratorias en caso de formación de polvo. Filtro de partículas con baja eficacia para partículas sólidas (p.ej. EN 143 ó 149, Tipo P1 ó FFP1)

Protección de las manos:

Guantes de protección adecuados resistentes a productos químicos (EN 374) y también para un contacto directo y a largo plazo (recomendación: índice de protección 6; correspondiente a > 480 minutos de tiempo de permeabilidad según EN 374): por ej. de caucho de nitrilo (0.4 mm), caucho de cloropreno (0,5 mm), cloruro de polivinilo (0.7 mm), entre otros.

Protección de los ojos:

gafas protectoras con protección lateral (gafas con montura) (EN 166)

Protección corporal:

Protección corporal debe ser seleccionada basándose en los niveles de exposición y de acuerdo a la actividad.

Medidas generales de protección y de higiene

BASF Ficha de Datos de Seguridad de acuerdo con el Reglamento CE N° 1907/2006 y sus posteriores modificaciones.

Fecha / actualizada el: 07.04.2015

Versión: 2.0

Producto: **BASF FCC ECAT - LOW METALS**

(ID N° 30639622/SDS_GEN_ES/ES)

Fecha de impresión 08.04.2015

Guardar por separado la ropa de trabajo. Lavarse las manos y/o cara antes de las pausas y al finalizar el trabajo.

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1. Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Estado físico:	polvo	
Color:	blanco hasta gris	
Olor:	inodoro	
Umbral de olor:		
	no aplicable	
Valor pH:	7	
	(20 °C)	
	(como suspensión acuosa)	
Punto de fusión:		
	no determinado	
Punto de ebullición:		
	no corresponde	
Punto de inflamación:		
	No inflamable.	
Velocidad de evaporación:		
	no aplicable	
Flamabilidad:	no inflamable	
Límite inferior de explosividad:		
	no aplicable	
Límite superior de explosividad:		
	no aplicable	
Temperatura de ignición:		
	no aplicable	
Presión de vapor:		
	no aplicable	
Densidad relativa de vapor (aire):		
	no aplicable	
Solubilidad en agua:	insoluble	(método interno de la empresa)
	< 0,001 mg/l	
Coeficiente de reparto n-octanol/agua (log Kow):		
	El valor no está determinado porque la sustancia es inorgánica.	
Autoinflamabilidad:	no es autoinflamable	
Descomposición térmica:	No se descompone si se almacena y se manipula correctamente.	
Viscosidad, dinámica:		
	no aplicable, el producto es un sólido	
Riesgo de explosión:	no existe riesgo de explosión	
Propiedades comburentes:	no es comburente	

9.2. Información adicional

BASF Ficha de Datos de Seguridad de acuerdo con el Reglamento CE N° 1907/2006 y sus posteriores modificaciones.

Fecha / actualizada el: 07.04.2015

Versión: 2.0

Producto: **BASF FCC ECAT - LOW METALS**

(ID N° 30639622/SDS_GEN_ES/ES)

Fecha de impresión 08.04.2015

Capacidad de calentamiento propio: No es una sustancia susceptible de ser autoinflamable.

Peso específico: 600 - 1.100 kg/m³

Miscibilidad con agua: no soluble

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1. Reactividad

Ninguna reacción peligrosa, si se tienen en consideración las normas/indicaciones sobre almacenamiento y manipulación.

Corrosión metal: No es corrosivo para metales.

10.2. Estabilidad química

El producto es químicamente estable.

10.3. Posibilidad de reacciones peligrosas

No presenta ninguna reacción peligrosa.

El producto es químicamente estable.

10.4. Condiciones que deben evitarse

Evite la formación de polvo.

10.5. Materiales incompatibles

Sustancias a evitar:

ácidos fuertes, fuertes agentes oxidantes, álcalis fuertes

10.6. Productos de descomposición peligrosos

Posibles productos de descomposición térmica:

óxidos metálicos

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1. Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda

Valoración de toxicidad aguda:

Después de una ingestión oral prácticamente no es tóxico.

Irritación

BASF Ficha de Datos de Seguridad de acuerdo con el Reglamento CE N° 1907/2006 y sus posteriores modificaciones.

Fecha / actualizada el: 07.04.2015

Versión: 2.0

Producto: **BASF FCC ECAT - LOW METALS**

(ID N° 30639622/SDS_GEN_ES/ES)

Fecha de impresión 08.04.2015

Valoración de efectos irritantes:
No irritante para los ojos y la piel.

Sensibilización respiratoria/de la piel

Valoración de sensibilización:
no tiene efecto sensibilizante

Mutagenicidad en células germinales

Valoración de mutagenicidad:
Los test de mutagenicidad no dan ninguna indicación sobre un potencial genotóxico.

Carcinogenicidad

Valoración de cancerogenicidad:
La información disponible no indica que haya indicios de efectos cancerígenos.

Toxicidad en la reproducción

Valoración de toxicidad en la reproducción:
Durante los ensayos en el animal no se observaron efectos que perjudican la fertilidad.

Toxicidad en el desarrollo

Valoración de teratogenicidad:
En experimentación animal no se ha presentado ningún indicio de efectos perjudiciales para la fertilidad.

Toxicidad específica en órganos diana (exposición única)

Evaluación simple de la STOT (Toxicidad específica de órganos diana):
Basado en la información disponible no se espera toxicidad en órganos diana específicos tras una sólo exposición

Toxicidad a dosis repetidas y toxicidad específica en órganos diana (exposición repetida)

Valoración de toxicidad en caso de aplicación frecuente:
No se observaron efectos adversos tras una exposición repetida en experimentación animal.

Peligro de aspiración

No se espera riesgo por aspiración.

Otras indicaciones de toxicidad

BASF Ficha de Datos de Seguridad de acuerdo con el Reglamento CE N° 1907/2006 y sus posteriores modificaciones.

Fecha / actualizada el: 07.04.2015

Versión: 2.0

Producto: **BASF FCC ECAT - LOW METALS**

(ID N° 30639622/SDS_GEN_ES/ES)

Fecha de impresión 08.04.2015

El producto no ha sido ensayado. La indicación se ha deducido a partir de sustancias o productos de una estructura o composición similar. El producto ha sido ensayado en base a los datos disponibles para los componentes. Para algunos componentes los datos no están completos. De acuerdo con nuestro conocimiento y experiencia actuales no se esperan peligros que no estén cubiertos por el presente etiquetado

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1. Toxicidad

Valoración de toxicidad acuática:

Existe una alta probabilidad de que el producto no sea nocivo para los organismos acuáticos. Ningún efecto tóxico a concentraciones próximas de la solubilidad en agua.

12.2. Persistencia y degradabilidad

Valoración de biodegradación y eliminación (H₂O):

No es aplicable para sustancias inorgánicas.

12.3. Potencial de bioacumulación

Evaluación del potencial de bioacumulación:

El producto no es fácilmente biodisponible, debido a su consistencia y baja solubilidad en agua.

12.4. Movilidad en el suelo

Evaluación del transporte entre compartimentos medioambientales:

Adsorción en suelos: Es previsible una absorción en las partículas sólidas del suelo.

12.5. Resultados de la valoración PBT y mPmB

No es aplicable para sustancias inorgánicas.

12.6. Otros efectos adversos

El producto no contiene ninguna sustancia que está listada en el Anexo I del Reglamento (CE) 2037/2000 sobre sustancias que agotan la capa de ozono.

12.7. Indicaciones adicionales

Más informaciones ecotoxicológicas:

El producto no ha sido ensayado. La valoración ha sido calculada a partir de las propiedades de sus componentes individuales. El producto ha sido ensayado en base a los datos disponibles para los componentes. Para algunos componentes los datos no están completos. De acuerdo con nuestro conocimiento y experiencia actuales no se esperan peligros que no estén cubiertos por el presente etiquetado

BASF Ficha de Datos de Seguridad de acuerdo con el Reglamento CE N° 1907/2006 y sus posteriores modificaciones.

Fecha / actualizada el: 07.04.2015

Versión: 2.0

Producto: **BASF FCC ECAT - LOW METALS**

(ID N° 30639622/SDS_GEN_ES/ES)

Fecha de impresión 08.04.2015

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

13.1. Métodos para el tratamiento de residuos

Elimine en conformidad con los reglamentos nacionales, estatales y locales.

Los catalizadores re-utizados pueden tener características de peligro y propiedades diferentes de las del producto original.

Contactar con empresas especializadas en el reciclaje.

Envase contaminado:

Elimine en conformidad con los reglamentos nacionales, estatales y locales.

Los envases contaminados deben vaciarse de forma óptima pudiendo eliminarlos como la sustancia/el producto.

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

Transporte por tierra

ADR

	Mercancía no peligrosa según los criterios de la reglamentación del transporte
Número ONU:	No aplicable
Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:	No aplicable
Clase(s) de peligro para el transporte:	No aplicable
Grupo de embalaje:	No aplicable
Peligros para el medio ambiente:	No aplicable
Precauciones particulares para los usuarios	Ninguno conocido

RID

	Mercancía no peligrosa según los criterios de la reglamentación del transporte
Número ONU:	No aplicable
Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:	No aplicable
Clase(s) de peligro para el transporte:	No aplicable
Grupo de embalaje:	No aplicable
Peligros para el medio ambiente:	No aplicable

BASF Ficha de Datos de Seguridad de acuerdo con el Reglamento CE N° 1907/2006 y sus posteriores modificaciones.

Fecha / actualizada el: 07.04.2015

Versión: 2.0

Producto: **BASF FCC ECAT - LOW METALS**

(ID N° 30639622/SDS_GEN_ES/ES)

Fecha de impresión 08.04.2015

ambiente:

Precauciones particulares para los usuarios Ninguno conocido

Transporte interior por barco

ADN

	Mercancía no peligrosa según los criterios de la reglamentación del transporte
Número ONU:	No aplicable
Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:	No aplicable
Clase(s) de peligro para el transporte:	No aplicable
Grupo de embalaje:	No aplicable
Peligros para el medio ambiente:	No aplicable
Precauciones particulares para los usuarios	Ninguno conocido
Transporte en aguas navegables interiores:	no evaluado

Transporte marítimo por barco

IMDG

Mercancía no peligrosa según los criterios de la reglamentación del transporte

Número ONU:	No aplicable
Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:	No aplicable
Clase(s) de peligro para el transporte:	No aplicable
Grupo de embalaje:	No aplicable
Peligros para el medio ambiente:	No aplicable
Precauciones particulares para los usuarios	Ninguno conocido

Sea transport

IMDG

UN number:	Not applicable
UN proper shipping name:	Not applicable
Transport hazard class(es):	Not applicable
Packing group:	Not applicable
Environmental hazards:	Not applicable
Special precautions for user	None known

Transporte aéreo

IATA/ICAO

Mercancía no peligrosa según los criterios de la

Air transport

IATA/ICAO

BASF Ficha de Datos de Seguridad de acuerdo con el Reglamento CE N° 1907/2006 y sus posteriores modificaciones.

Fecha / actualizada el: 07.04.2015

Versión: 2.0

Producto: **BASF FCC ECAT - LOW METALS**

(ID N° 30639622/SDS_GEN_ES/ES)

Fecha de impresión 08.04.2015

reglamentación del transporte			
Número ONU:	No aplicable	UN number:	Not applicable
Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:	No aplicable	UN proper shipping name:	Not applicable
Clase(s) de peligro para el transporte:	No aplicable	Transport hazard class(es):	Not applicable
Grupo de embalaje:	No aplicable	Packing group:	Not applicable
Peligros para el medio ambiente:	No aplicable	Environmental hazards:	Not applicable
Precauciones particulares para los usuarios	Ninguno conocido	Special precautions for user	None known

14.1. Número ONU

Ver entradas correspondientes para el número ONU para las legislaciones respectivas en la tabla de arriba.

14.2. Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas

Ver entradas correspondientes para la 'denominación ONU oficial de transporte' para las legislaciones respectivas en la tabla de arriba.

14.3. Clase(s) de peligro para el transporte

Ver entradas correspondientes para la 'clase de peligro para el transporte' para las legislaciones respectivas en las tablas de arriba.

14.4. Grupo de embalaje

Ver entradas correspondientes para el 'grupo de embalaje' para las legislaciones respectivas en la tabla de arriba.

14.5. Peligros para el medio ambiente

Ver entradas correspondientes para la 'peligrosidad para el medioambiente' para las legislaciones respectivas en la tabla de arriba.

14.6. Precauciones particulares para los usuarios

Ver entradas correspondientes para las 'precauciones especiales para el usuario' para las legislaciones respectivas en la tabla de arriba.

14.7. Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL 73/78 y del Código IBC

Transport in bulk according to Annex II of MARPOL73/78 and the IBC Code

reglamento:	no evaluado	Regulation:	Not evaluated
Expedición aprobada:	no evaluado	Shipment approved:	Not evaluated
Nombre de la polución:	no evaluado	Pollution name:	Not evaluated
Categoría de la polución:	no evaluado	Pollution category:	Not evaluated
Tipo de barco cisterna:	no evaluado	Ship Type:	Not evaluated

BASF Ficha de Datos de Seguridad de acuerdo con el Reglamento CE N° 1907/2006 y sus posteriores modificaciones.

Fecha / actualizada el: 07.04.2015

Versión: 2.0

Producto: **BASF FCC ECAT - LOW METALS**

(ID N° 30639622/SDS_GEN_ES/ES)

Fecha de impresión 08.04.2015

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1. Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Prohibiciones, limitaciones y autorizaciones

Anexo XVII del Reglamento (CE) No 1907/2006: Número en lista: 27, 28, 29, 30

En este subapartado se encuentra aquella información regulatoria aplicable que no está mencionada en otros apartados de esta Ficha de datos de seguridad.

15.2. Evaluación de la seguridad química

El producto no está clasificado como peligroso.

SECCIÓN 16: Otra información

El texto completo de las clasificaciones, incluyendo la indicación de peligro, los símbolos de peligro, las frases R y las frases H, en el caso que se mencionan en la sección 2 o 3:

N	Peligroso para el medio ambiente.
T	Tóxico.
50/53	Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
53	Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
68	Posibilidad de efectos irreversibles.
63	Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
48/23	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.
20/22	Nocivo por inhalación y por ingestión.
37	Irrita las vías respiratorias.
51/53	Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
41	Riesgo de lesiones oculares graves.
Aquatic Acute	Peligroso para el medio ambiente acuático - agudo
Aquatic Chronic	Peligroso para el medio ambiente acuático - crónico
Acute Tox.	Toxicidad aguda
Eye Dam./Irrit.	Lesión grave/Irritación ocular
Mutagenicidad	Mutagenicidad en células germinales
Repr.	Tóxico para la reproducción
STOT SE	Toxicidad específica en determinados órganos (exposición única)
STOT RE	Toxicidad específica en determinados órganos (exposición repetida)
Muta. Cat. 3	sustancias mutagénicas categoría 3: Sustancias cuyos posibles efectos mutagénicos en el hombre son preocupantes.
Repr. Cat. 3	sustancias tóxicas para la reproducción categoría 3 (desarrollo) : comprende sustancias que las personas deben utilizar con cuidado por los posibles efectos teratogénicos (efectos nocivos en el desarrollo), o

A8. Registro Fotográfico muestreo de catalizador

REGISTRO FOTOGRAFICO

MUESTREO CATALIZADOR EN PLANTA DE PROCESO

Punto de muestreo: TOLVA CATALIZADOR GASTADO FV-1

Toma de Muestra en Valvula de Descarga Tolva FV1



Muestras de Catalizador Obtenido



A9. Fichas de observación de las actividades de manipulación y almacenamiento de catalizador agotado dentro de Refinería Esmeraldas

FICHA DE OBSERVACIÓN

Elemento observado: Manejo de residuos del catalizador gastado de FCC

Puntos de observación: Area de Planta - Operaciones de descarga Tolva FV1

Fecha: 11-May-16

Item	Aspectos evaluados del Manejo	Ligado a	Cumple	No Cumple	Parcialmente	comentarios
1	Se cuenta con los permisos ambientales correspondientes?	Permisos	1			La licencia ambiental cubre estas actividades operativas
2	Se cuenta con infraestructura adecuada para el control de la dispersion de polvo durante el proceso (regeneracion)?	infraestructura / equipamiento		1		El regenerador no cuenta con un sistema de captación de partículas a la salida de los gases de combustion de la regeneración.
3	¿Existen procedimientos para minimizar la dispersion de polvo en las operaciones de descarga ?	procedimientos			1	Se cuenta con procedimientos operativos para efectuar la carga pero aun se encuentran en etapa de validación.
4	Se controla el acceso del personal no autorizado al área de manejo del catalizador para carga y descarga?	procedimientos			1	El punto donde se acopia el material previo a la carga se aísla con cinta de seguridad. Sin embargo esto no garantiza que cualquier persona ingrese al área.
5	Se controla el acceso a las operaciones de descarga con los respectivos permisos (AST / Permiso de trabajo) ?	procedimientos	1			
6	Para las operaciones de descarga se cuenta con equipos de extraccion de polvo ?	infraestructura / equipamiento		1		Al momento de efectuar las tareas de descarga el sitio se acerca con lonas plásticas, sin embargo existe una gran dispersion de polvo alrededor y se observa con facilidad la formacion de neblinas por polvos en suspensión
7	El personal que realiza las operaciones de descarga cuenta con la capacitacion adecuada ?	Capacitacion/ entrenamiento			1	El personal ha recibido induccion de seguridad. Existe rotacion del personal de la contratista por lo que una parte del personal es nuevo y no ha recibido capacitación respecto a la manipulacion de desechos de catalizador.
8	El personal operativo utiliza el equipo de proteccion individual adecuado?	Seguridad personal	1			
9	Se cuenta con un procedimiento para el manejo de residuos en la instalacion que incluya el catalizador	procedimientos	1			El procedimiento incluye residuos peligrosos y no peligrosos. Se hace mencion a los catalizadores y de como deben embalarse, rotularse y trasladarse hacia las areas de acopio.
10	Se aplican controles para la dispersion de polvos a los vehiculos que realizan el transporte?	procedimientos			1	Durante la jornada de observacion se evidencio que en ocasiones se cumplia todo el procedimiento de embarque para salida lo que incluye la lona de cubrimiento para reducir la dispersion pero esta solo se coloco en tres ocasiones de los seis traslados realizados
11	Los recipientes / envases empleados para el acopio son adecuados ?	Insumos	1			Se reutilizan tulas (big bags) en las que originalmente se recibio el producto, las mismas son resistentes a la manipulacion.
12	Se etiqueta los envases / recipientes antes de su salida de la instalacion ?	Insumos			1	No todos los big bags se etiquetan. El contratista no dispone del numero de etiquetas requeridas para la cantidad de envases retirados
13	Se dispone de fichas de emergencia en el sitio de operaciones de carga / descarga del catalizador ?	procedimientos			1	No se cuenta con esta información en el sitio. En el área de caseta solo se dispone de una copia de la hoja de seguridad
14	Se cuenta con procedimientos definidos para la limpieza de derrames de catalizador o para el material disperso producto de las operaciones de manejo ?	procedimientos			1	El personal realiza las operaciones de limpieza a partir del conocimiento empirico obtenido a través de los años que lleva efectuando el servicio. Sin embargo no existe un procedimiento definido que describa exclusivamente las operaciones a realizar, cometiendose errores como el uso excesivo de agua o recoleccion/ disposicion inadecuada del residuo recolectado.
Total			5	4	5	

FICHA DE OBSERVACIÓN

Elemento observado: Almacenamiento de residuos del catalizador gastado de FCC

Puntos de observación Areas de Almacenamiento del Catalizador Gastado

Fecha: 11-May-16

Item	Aspectos evaluados de la operación	Ligado a	Cumple	No Cumple	Parcialmente	comentarios
1	¿Se dispone de un sitio específico para el almacenamiento del catalizador gastado?	infraestructura / equipamiento			1	Se dispone de un galpon para acopio de toda clase de catalizadores agotados, donde se almacena una parte del catalizador. Otra parte se encuentra depositada en las áreas externas junto a los desechos peligrosos. Actualmente ambos sitios estan llenos, por lo que no se dispone de otros puntos para el almacenamiento hasta que el catalizador almacenado sea enviado a disposicion final.
2	¿El sitio permite el acopio de las cantidades generadas?	infraestructura / equipamiento		1		Los sitios donde el material se acopia no cuentan con capacidad para acopiar el material que se estima generar como desecho a partir del año 2016
3	¿El sitio de almacenamiento es amplio y permite la manipulación segura del catalizador así como de los vehículos de carga?	infraestructura / equipamiento		1		Los sitios de acopio actuales no cuentan con las facilidades para este tipo de maniobras
4	¿El sitio de almacenamiento se encuentra separado de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados?	Localización		1		Solo el sitio de acopio de residuos peligrosos esta alejado de las areas de producción. El sitio de acopio mayor conocido como galpon de catalizadores, se encuentra en medio de la planta de recuperacion de azufre, interfiriendo con las actividades mantenimiento y circulacion de maquinaria pesada que se requieren efectuar en esta area.
5	¿El catalizador no se almacena con sustancias químicas peligrosas?	Compatibilidad		1		Parte del catalizador agotado se encuentra almacenado con tanques de sustancias químicas que se emplean las operaciones de desulfurado o para activacion de otros catalizadores. El residuo que se encuentra en las áreas externas se acopia en conjunto con sustancias químicas de desecho de diferente indole generadas en las actividades de control de calidad
6	¿El acceso al área de acopio es restringido, permitiendo el paso solo de personal autorizado?	infraestructura / equipamiento			1	Solo las áreas externas cuentan con el control de acceso restringido. El galpon interno de planta carece de puertas, por lo que permite el facil acceso de personal de otras áreas e incluso personal de contratistas.
7	¿Se cuenta con equipo de emergencia y personal capacitado en la aplicación de planes de contingencia?	Respuesta Emergencia	1			Se cuenta con el Departamento de Respuesta a Emergencias de Refinería Esmeraldas.
8	¿Los pisos del sitio de acopio cuenta con superficies de acabado liso, continuo e impermeable?	infraestructura / equipamiento		1		Solo el galpon de catalizadores cumple con este requisito. Las areas de residuos peligrosos, en el punto de acopio del catalizador no se cuentan con pisos pavimentados.
9	¿El sitio cuenta con cubierta para brindar protección a las condiciones ambientales (humedad, temperatura, contaminación por escorrentía)?	infraestructura / equipamiento		1		Solo el galpon de catalizadores cuenta con cubierta sin embargo esta se encuentra en mal estado. En las areas de residuos peligrosos el catalizador se encuentra acopiado en sacos a la intemperie
10	¿El sitio cuenta con un cierre perimetral que impida el libre acceso de personas y animales?	infraestructura / equipamiento			1	embargo en el área de residuos peligrosos el cerramiento solo existe en una parte del area, además de colindar con una loma con extensa vegetacion, por lo que es comun encontrar culebras u otro de tipo de animales salvajes.
11	El cercado o cierre perimetral se mantiene en buen estado?	infraestructura / equipamiento			1	En los dos sitios de acopio se observa daños o corrosion en las estructuras o en los cercos perimetrales.
12	¿El sitio cuenta con señalización apropiada con letreros alusivos a la peligrosidad de los mismos, en lugares y formas visibles?	Señalización			1	En ambos sitios de almacenamiento se carece de la señalizacion de identificacion así como de señalizacion de seguridad

FICHA DE OBSERVACIÓN

Elemento observado: Almacenamiento de residuos del catalizador gastado de FCC

Puntos de observación Areas de Almacenamiento del Catalizador Gastado

Fecha: 11-May-16

13	¿Cuenta con sistemas de extinción contra incendios	Respuesta Emergencia				1	No se dispone de extintores en el sitio. Solo el galpón de catalizador tiene acceso a la red contraincendios de la RE.
14	¿Los residuos de catalizador permanecen envasados y etiquetados durante todo el almacenamiento?	Insumos				1	Por las condiciones de exposición a la intemperie, algunos sacos se han dañado por lo que existe material derramado en el piso.
15	¿El acopio del catalizador se maneja bajo criterios de compatibilidad?	Procedimientos				1	El almacenamiento de evidencia otras sustancias almacenadas. Aunque el catalizador es estable, se desconoce que reacciones pueden darse entre las otras sustancias almacenadas y que pudieran afectar no solo al catalizador sino a otros desechos acopiados en el área de residuos peligrosos. En el galpon se desconoce si los otros catalizadores requieren de condiciones de compatibilidad particulares.
16	¿Se cuenta con registros de movimiento de entrada y salida de los residuos?	Procedimientos			1		La unidad de Gestión Ambiental cuenta con registros de los desechos generados desde el 2012
17	¿Se cumple con la disposición final del residuo antes de los 12 meses, contados a partir de la recepción del desecho en el área de acopio?	Gestión Final				1	Por factores económicos y de priorización, solo una fracción del catalizador ha sido enviada a gestión final. El catalizador acopiado actualmente corresponde a lo generado entre el 2011 a 2014
18	¿Se cuenta con las autorizaciones para el almacenamiento del residuo por mas de 12 meses?	Permisos				1	En la declaraciones anuales de movimientos de desechos peligrosos emitidas al MAE se ha declarado las cantidades inventariadas (aquellas que permanecen almacenadas en la instalación)
Total					3	10	5

