

## INFORME FINAL FONDOS CONCURSABLES - GESTIÓN 2010/2011

Desarrollo de estrategias y lineamientos técnicos para la gestión ambientalmente adecuada de los aceites usados de origen automotor e industrial

Investigador Responsable:

Dr. Ing. Ramiro Peralta Uría

"Los impactos del Cambio Climático que ya están presentes, siguen siendo considerados por unos, como "riesgo" y por otros como "amenaza", que recién se manifestará en el futuro.....un futuro distante y que supuestamente no está afectando y no afectará a las actuales generaciones."



**CONVENIO UMSA – Asdi**  
**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo  
PROGRAMA DE COOPERACIÓN A LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA  
PROGRAMA UMSA -Asdi  
LA PAZ – BOLIVIA

**Informe Final de Actividades**  
(Proyectos Concursables 2010)

**I. Identificación de la Propuesta**

<b>Título del Proyecto:</b> Desarrollo de estrategias y lineamientos técnicos para la gestión ambientalmente adecuada de los aceites usados de origen automotor e industrial		
Título abreviado del proyecto: Gestión técnico–ambiental de los aceites minerales usados		
Asdi Ref.: 75007076	Reporte periodo: Mayo 2010 a Abril 2011	Fecha presentación: 17 de mayo de 2011
Presentado por: Instituto de Investigaciones Mecánicas Facultad de Ingeniería Universidad Mayor de San Andrés/UMSA	Instituciones colaboradoras (si las hubiese) Instituto de Procesos Químicos Facultad de Ingeniería Universidad Mayor de San Andrés/UMSA	
Investigador Principal en la UMSA: Dr. Ing. Ramiro Peralta Uría Cel: 720 49050 <a href="mailto:rperaltauria@yahoo.es">rperaltauria@yahoo.es</a>	Nombre del Investigador Principal (Institución colaboradora) MSc. Ing. Armenio Silva Manzaneda Cel: 725 51121 <a href="mailto:armesilva@gmail.com">armesilva@gmail.com</a>	

**II. Unidades Intervinientes**

<b>1. Unidad Proponente – UP</b>	
Instituto de Investigaciones Mecánicas y Electromecánicas	Sigla: IIME
Nombres: Ramiro Willy	Apellidos: Peralta Uría
Cargo: Director del Instituto de Investigaciones Mecánicas y Electromecánicas	
Dirección Postal: Campus Universitario Cota-Cota, calle 30, número 31	
Teléfono: 591-2-2775044	Fax:
e-mail: <a href="mailto:iimec@correo.umsa.bo">iimec@correo.umsa.bo</a>	Web:

<b>2. Unidades Co - ejecutoras</b>			
Unidad participante	Facultad / Carrera	Investigador / E-mail	Firma
IDEPROQ	Ing. Química	Armenio Silva Manzaneda <a href="mailto:armesilva@gmail.com">armesilva@gmail.com</a>	

### III. Equipo Científico y Técnico del Proyecto

1. Jefe del Proyecto	
Nombres: Ramiro Willy	Apellidos: Peralta Uría
Teléfono: 591-2-72049050	Domicilio: 591-2-233634
E-mail: rperaltauria@yahoo.es	<b>FIRMA</b>

2. Investigadores y compromiso de dedicación al Proyecto					
Nº	Nombres y Apellidos	Unidad	Horas/mes	Responsabilidad	Firmas
1	Ramiro Peralta Uría	IIMe		Responsable administrativo	
2	Armenio Silva Manzaneda	IDEPROQ		Responsable parte química	
3	Evelin Rada Fernández	IngAmb		Responsable parte ambiental	
4	David Yucra Bellora	IIMe		Responsable parte mecánica	
5	Raúl Quispe Ajata	IIMe		Responsable Centro de Lubricantes	
6	Gerardo Quino Chuquimia	IIMe		Responsable Gestión Administración	

### IV. Área de estudio

Áreas principales	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Área de Ciencias Naturales y Exactas</li><li>2. Área de Ingeniería y Tecnología</li><li>3. Área de Ciencias Sociales y Humanidades</li><li>4. Área de Ciencias de la Salud</li></ol>	<b>2</b>
-------------------	---	----------

### V. Objeto de estudio

Con referencia a las orientaciones dadas por organismos internacionales de salud y medioambiente, los aceites usados, tanto minerales como vegetales, están considerados como residuos peligrosos. El peligro de estos residuos viene dado tanto por los efectos que pueden tener sobre la salud, como por los efectos que pueden tener sobre el medio ambiente.

El proyecto desarrolla estrategias y lineamientos técnicos para la gestión ambientalmente adecuada en cada una de las etapas del manejo de aceites usados de origen automotor e industrial, de manera de proponer políticas fundamentales para que estos residuos no provoquen daños al medio ambiente.

Para ello se ha efectuado una evaluación sistemática del mercado de uso de los lubricantes, sus características, particularidades y proyectar estos resultados en un modelo estadístico que permita definir una transferencia de tecnología apropiada e idónea para nuestra región.

El propósito planteado tiene singular vigencia, más aun cuando se tiene que considerar el singular crecimiento del parque automotor asociado con una mala concientización sobre la responsabilidad entre el mantenimiento del automóvil y la previsión medioambiental

### VI. Proyecto

1. Programa de Investigación
El proyecto forma parte de la Línea de Investigación de “Contaminación Ambiental y Recursos Naturales” del Instituto de Investigaciones Mecánicas y agrupa a investigadores de las especialidades de Ing. Mecánica, Ing. Electromecánica, Ing. Química, Ing. Ambiental.
2. Antecedentes
Se entiende por aceite usado mineral cualquier aceite industrial que se haya vuelto inadecuado para el uso que tenía asignado inicialmente. En particular se consideran como tales los aceites usados de motores de

combustión, los de sistemas de transmisión, los de turbinas y sistemas hidráulicos, los de sectores de automoción, así como los de sectores industriales.

Los residuos procedentes de los aceites lubricante, de motor, de transmisión o hidráulico con base mineral o sintética de desecho son una mezcla muy compleja de compuestos orgánicos derivados de los procesos de oxidación y otros elementos resultantes del desgaste de los metales que conforman la maquinaria. El resultado final es una reducción de la calidad original del aceite y la producción de una nueva sustancia. Además de la base mineral o sintética que compone el 65% del aceite, aparecen residuos en un 35% de la composición, tales como agua y restos de aditivos (fenoles, compuestos de cinc, cloro y fósforo, ácidos orgánicos o inorgánicos originados por oxidación del azufre de los combustibles, partículas metálicas ocasionadas por el desgaste de las piezas en movimiento y fricción, compuestos de azufre, compuestos clorados, compuestos organometálicos con plomo, hidrocarburos polinucleares aromáticos, etc.), así como cualquier otro compuesto que por diversos motivos pueda acabar formando parte de su composición.

El producto final es un líquido de viscosidad variada, ennegrecido con respecto al original, con la peculiaridad de contener sustancias peligrosas. Su eliminación por vertido o incineración incontrolada origina graves problemas de contaminación en el aire, agua y suelo debido a su toxicidad, baja biodegradabilidad, bioacumulación, emisión de gases y su degradación química. La peligrosidad del aceite usado deriva del desprendimiento durante su combustión de muy diversos compuestos nocivos como compuestos aromáticos, cloro, níquel, disolventes halogenados, plomo, cadmio, tolueno, benceno, etc., que actúan de distinta manera sobre los tejidos y órganos del cuerpo humano. Además, su escasa biodegradabilidad provoca una acumulación en el medio donde se vierta, tanto en ríos, suelos, etc. como de los compuestos procedentes de su incineración. En cualquier caso, la eliminación inadecuada de los aceites usados provocará una contaminación en el entorno de mayor o menor consecuencia según el tamaño del vertido.

Así pues, entre los efectos directos que pueden tener los aceites sobre la salud se pueden destacar los siguientes:

- Irritaciones del tejido respiratorio por la presencia de gases que contienen aldehídos, cetonas, compuestos aromáticos, etc.
- La presencia de elementos químicos como Cl (Cloro), NO<sub>2</sub> (dióxido de nitrógeno), SH<sub>2</sub> (ácido sulfhídrico), Sb (antimonio), Cr (Cromo), Ni (Níquel), Cd (Cadmio), Cu (Cobre) afectan las vías respiratorias superiores y los tejidos pulmonares.
- Producción de efectos asfixiantes, impidiendo el transporte de oxígeno, por contener monóxido de carbono, disolventes halogenados, ácido sulfhídrico, etc.
- Efectos cancerígenos sobre próstata y pulmón por presencia de metales como plomo, cadmio, manganeso, etc.

Por lo que se refiere a los efectos directos sobre el medio ambiente se pueden destacar:

- Vertidos a las aguas: Originan una película impermeable entre la atmósfera y la superficie acuática que ocasiona una disminución del oxígeno disuelto en el agua y como consecuencia final, la muerte de todos los organismos vivos que habitan allí. Prácticas como verter aceites a través de los sistemas de alcantarillado, provocan serios daños en las estaciones depuradoras.
- Vertidos en suelos: Recubren el suelo y provocan una disminución del oxígeno. El humus vegetal se va degradando y finalmente ocasiona una pérdida de la fertilidad. Por filtración pueden contaminar aguas subterráneas (contaminación de acuíferos, pozos, etc).
- Emisiones a la atmósfera: La quema inadecuada de aceites usados, provoca emisiones a la atmósfera de plomo y gases tóxicos (compuestos de cloro, azufre y fósforo).

### 3. Marco teórico

Los aceites utilizados en la industria son compuestos obtenidos a partir del petróleo refinado (aceites minerales) o de productos químicos (aceites sintéticos). Según su función se clasifican en diferentes tipos: Aceites lubricantes, aceites o fluidos hidráulicos, aceites de motor, aceites de transmisión y aceites de aislamiento o transmisión de calor.

Los aceites se contaminan durante su utilización con diferentes productos y materiales. Cuando esto ocurre, tienen que ser reemplazados por otros nuevos generando un residuo denominado aceite usado. El aceite usado es considerado un residuo peligroso.

Los cambios de aceites realizados a vehículos en Bolivia y particularmente en La Paz generan una gran cantidad de aceites usados cuyo manejo presenta riesgos para la salud pública y el medio ambiente si se manejan y eliminan de modo inadecuado.

Debido a estos efectos y consideraciones, existen orientaciones básicas sobre las actuaciones respecto a la gestión de este tipo de residuos, donde se consideran las siguientes:

- *Reprocesado, minimización en origen:* Para aceites industriales utilizados en sistemas hidráulicos, se puede dar un reaprovechamiento a la propia empresa y al mismo sistema hidráulico, después de someter al aceite a un proceso de limpieza. Con este tratamiento se prolonga el ciclo de vida del aceite en cuestión. Sin embargo, se trata de actuaciones muy incipientes y que no están generalizadas como sistema de tratamiento.

- *Re-refino / Regeneración*: los diferentes procesos existentes de regeneración tienen como objetivo la obtención de aceites de base para ser utilizados en la producción de nuevos aceites. Otros productos secundarios resultantes de los procesos se destinan a otras aplicaciones.
- *Combustión*: el objetivo final de la combustión es la valorización energética obteniendo calor, ésta se puede dar en caleras, centrales térmicas, refinerías o la valorización energética por medio de instalaciones de cogeneración, obteniendo electricidad. El proceso de combustión es aceptado siempre que los parámetros de emisión en la atmósfera sean respetados, en especial por lo que respecta a emisiones de metales pesados contenidos en los aceites usados.

El aumento de la variedad de aceites usados en los últimos años, ha permitido que los procesos tradicionales de tratamiento de aceites, basados en tecnologías ácido/tierras no consigan aceites de base de las calidades finales deseadas. Las tecnologías anteriores basadas en procesos con ácido y tierras actualmente están en desuso por cuestiones medioambientales y económicas. Económicamente, se trata de instalaciones con un alto coste de inversión y ambientalmente tienen el problema del tratamiento de las tierras ácidas generadas en el proceso. Para solucionar estos problemas se ha recurrido a la introducción de tecnologías que incorporan procesos de destilación al vacío e hidrogenación. A continuación se enuncian los distintos procesos existentes, agrupados según las tecnologías básicas a utilizar:

- Tecnologías basadas en tratamiento ácido / tierras
  - Tecnología Meinken
- Tecnologías basadas en destilación al vacío y hidrogenación
  - Tecnología KTI (Kinetics Technology International)
  - Tecnología Mohawk
  - Tecnología BERC o NIPER (Bartlesville Energy Research Center)
  - Tecnología PROP
  - Tecnología Safety Kleen
  - Tecnología IFP / Tecnología Snamprogetti (Institut Français du Pétrole)
  - Tecnología UOP DCH
- Tecnologías basadas en destilación al vacío y tratamiento en tierras.
  - Tecnología Viscolube
  - Tecnología RTI
  - Tecnología Interline
  - Tecnología Rose – Kellogg
  - Tecnología Entra
  - Tecnología Recyclon
  - Tecnología Krupp Koppers supercrítico
  - Tecnología Vaxon
  - Tecnología CEA (Comisión Francesa de la Energía Atómica)

Como es lógico existen muchas tecnologías dependientes de las características y particularidades del parque automotor, tipo de explotación, contaminación, concentración, cantidad y otros de cada país e incluso región, debiéndose realizar estudios de apropiación de tecnología para aprovechar las experiencias de los países con más bagaje para desarrollar convenientemente estas industrias o actividades.

#### 4. Planteamiento metodológico

El desarrollo de estrategias y lineamientos técnicos para la gestión ambiental de los aceites usados de origen automotor es vital para el equilibrio de nuestro ecosistema y por ello se ha desarrollado en el proyecto el siguiente marco metodológico.

##### **Primera Fase**

##### **ACTIVIDAD INICIAL Y EVALUACIÓN**

##### Identificación y análisis de la legislación Boliviana

Se realiza una revisión de los reglamentos y lineamientos legislativos y regulatorios nacionales, aplicables al Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, referente a la gestión de aceites usados, a través de sus seis reglamentos ambientales: Reglamento General de Gestión Ambiental (RGGGA), Reglamento de Prevención y Control Ambiental (RPCA), Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica (RCA), Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RCH), Reglamento para Actividades con Sustancias Peligrosas (RASP), Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos (RGRS).

##### Consumo de aceites lubricantes en el país

Es necesario estimar el volumen de lubricantes usados que se generan mediante un análisis del mercado. Con la premisa de estimar a través del consumo las consecuencias y los efectos de los aceites usados es que se realizará una investigación histórica que permita definir:

- Contaminación hídrica

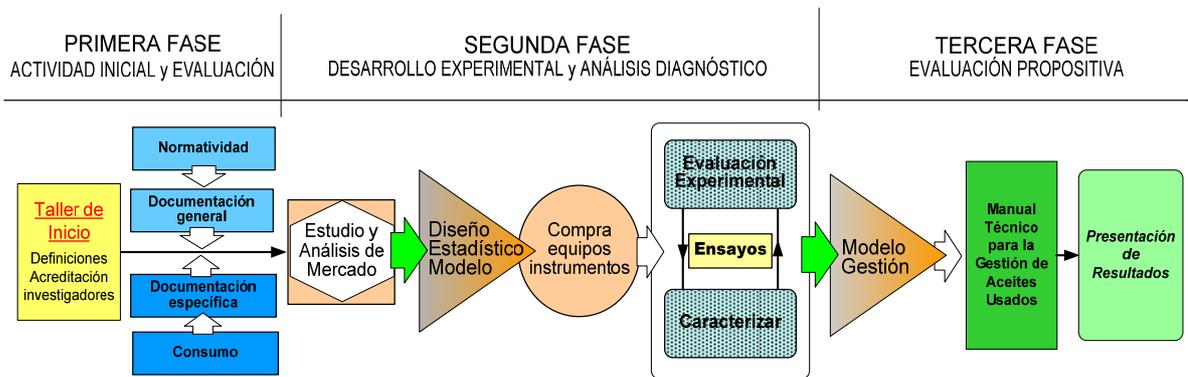
- Contaminación atmosférica en la combustión de aceites por contaminantes presentes en el mismo y por deficiencias en el proceso
- Contaminación de suelos
- Alteración del funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales
- Falsificación de aceites lubricantes
- Empleo en usos no permitidos

## Segunda Fase DESARROLLO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS DIAGNÓSTICO

### Problemática de los aceites usados

Conocer las características y propiedades de los aceites usados en Bolivia respecto a las condiciones de explotación del parque automotor, tipo de explotación, contaminación, concentración, cantidad y otros, se realizan estudios y análisis de lubricantes respecto a las trazas y el conteo de partículas, la viscosidad y la temperatura. Esta investigación es experimental y propone un modelo estadístico de generación de aceite usado así como porcentaje de elementos contaminantes. El equipamiento necesario está en parte disponible en el Instituto de Investigaciones Mecánicas, así como otros que han sido adquiridos por este proyecto, para la:

- Determinación de sectores y tipos de aceites usados dominantes
- Elementos contaminantes presentes en los aceites usados.
- Generación de aceite usado mediante la aplicación del modelo al medio boliviano
- Destino de los aceites usados



## Tercera Fase EVALUACIÓN PROPOSITIVA

### Definir acciones y pruebas para definir tecnologías

El modelo estadístico establecido experimentalmente es empleado para definir las tecnologías más apropiadas para su utilización en una Gestión ambientalmente adecuada de los aceites usados de origen automotor e industrial. Para ello es importante la capacitación específica de las tecnologías adecuadas y sus características de aplicación.

## 5. Problema de Investigación y Justificación

El desarrollo económico ha traído como consecuencia el aumento de la generación de residuos hasta constituir éste uno de los impactos medioambientales más graves de la actualidad. Los residuos generados por el sistema económico dan lugar a problemas de contaminación de diversos medios y de despilfarro de recursos. En la estrategia para afrontar estos problemas, la prevención en la generación de residuos y su reciclaje —cuando ya se han generado— se consideran opciones preferentes frente a su eliminación final.

Los aceites usados son un residuo peligroso del que pueden derivarse graves daños si no se proyecta una gestión o ésta es inadecuada; al mismo tiempo, tienen un indudable valor económico, ya que conservan gran parte de los hidrocarburos que los lubricantes contenían originalmente.

La gestión de los aceites usados ofrece distintas alternativas, dirigidas principalmente al reciclaje, siendo de destacar la combustión y la regeneración. Esta última, es la obtención de aceites base mediante el refinado de los aceites usados —consistente en la separación de los contaminantes, los productos de la oxidación y los aditivos—, se considera la opción ambientalmente preferible de reutilización de este residuo frente a otras alternativas como la combustión. Esta preferencia, que tiene un fundamento técnico, es la que habitualmente se considera preferible desde la perspectiva ambiental y la que, por tanto, los gobiernos tratan de fomentar y contemplan la posibilidad de adoptar medidas para hacerla efectiva.

El proyecto propone desarrollar estrategias y lineamientos técnicos para la gestión ambientalmente adecuada en cada una de las etapas del manejo de aceites usados de origen automotor e industrial, de manera de proponer políticas fundamentales para que estos residuos no provoquen daños al medio ambiente.

Para ello se ha efectuado una evaluación sistemática del mercado de uso de los lubricantes, sus características, particularidades y proyectar estos resultados en un modelo estadístico que permita definir una transferencia de tecnología apropiada e idónea para nuestra región.

## 6. Objetivo General

Establecer los aspectos técnicos a considerar para la gestión ambientalmente adecuada en cada una de las etapas del manejo de aceites usados de origen automotor e industrial.

## 7. Objetivos Específicos

Objetivo N°1	Identificar y análisis de la legislación Bolivia que regula la gestión de aceites usados	100%
Objetivo N°2	Evaluación del Consumo de aceites lubricantes en el país	100%
Objetivo N°3	Establecer la Problemática de los aceites usados	100%
Objetivo N°4	Definir acciones y pruebas para definir tecnologías apropiadas y mejorar la gestión ambiental de los aceites usados	100%
Objetivo N°5	Desarrollo de una propuesta para la gestión de aceites usados	60%

## VII. Resultados Principales obtenidos durante este periodo

N°	Resultado	Indicador	Medio de Verificación	Documento
1	<p>Revisión de las estrategias y resultados en la Gestión de Aceites Usados internacional, la tendencia y la ubicación de Bolivia en ese contexto.</p> <p>Recopilación de la Normatividad y evaluación de las condiciones para propiciar una Reglamentación afín a la Gestión de Aceites Usados</p>	<p>Establecer la importancia a nivel mundial y la participación boliviana</p> <p>Analizar y evaluar la actividad realizada regionalmente en el tema de Aceites usados</p>	<p>Informes Digitales de Universidades, organizaciones y entidades internacionales</p> <p>Leyes Normas y reglamentos Bolivianos</p>	<p>Desarrollo en el documento: <b>Alcance, condiciones y limitaciones</b> en el <b>PRODUCTO N°1</b></p>
2	<p>Recopilación de datos emitidos por el Instituto Nacional de Estadística a objeto de establecer la cantidad de lubricante importado.</p> <p>Recopilación de datos de YPFB respecto a la cantidad de lubricantes producidos en el territorio nacional</p>	<p>Cantidad de aceite lubricante importado y “consumido” en las gestiones 2009-2010</p> <p>Cantidad de aceite lubricante producido y “consumido” en las gestiones 2009-2010</p>	<p>Informe de Importación lubricantes gestiones 2009-2010</p> <p>Memoria Institucional YPFB -2009 y 2010</p>	<p>Desarrollo en el documento: <b>“Alcance, condiciones y limitaciones”</b> en el <b>PRODUCTO N°1</b></p>

<p>3</p>	<p>Encuesta a lubriccentros de La Paz para establecer características, condiciones y destino de aceite usado recolectado en cada unidad</p> <p>Recolección de muestras de aceite usado aleatorias, de tipo, servicio y trabajo variadas, para determinar experimentalmente las condiciones de estado técnico del aceite usado.</p> <p>Realización de pruebas experimentales de las propiedades fisicoquímicas mediante:</p> <p>Análisis de la degradación del lubricante</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Viscosidad</li> <li>• Detergencia / dispersividad del lubricante</li> </ul> <p>Análisis de la contaminación del lubricante</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Constante dieléctrica</li> <li>• Silicio</li> <li>• Agua</li> <li>• Insolubles y Materia carbonosa</li> <li>• Dilución por combustible</li> </ul> <p>Análisis del contenido de contaminantes de desgaste de los componentes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos contaminantes</li> </ul> <p>Para establecer las características de re-utilización del aceite usado</p>	<p>Establecer indicadores posibles de recuperación y destino actual de aceites usados en la región</p> <p>Medio efectivo de conocer el estado real del aceite usado regional</p> <p>Conocer las características de degradación, contaminación y contenido metálico del aceite usado regional</p>	<p>Informe de Encuestas efectuadas en siete zonas de la ciudad de La Paz</p> <p>Muestras de aceite recolectadas en la zona de Villa Fátima de la ciudad de La Paz</p> <p>Informe de análisis de muestras efectuadas en el laboratorio de lubricantes del IIME</p>	<p>Desarrollo en el documento: <b>“Informe de Actividades”</b> Denominado</p> <p><b>PRODUCTO N°2</b></p>
<p>4</p>	<p>Evaluación del estado técnico del aceite usado, análisis de condiciones de tratamiento respecto a las muestras realizadas y emisión de acciones tecnologías apropiadas de tratamiento de aceite usado.</p> <p>Emisión de conclusiones respecto a los resultados obtenidos en cuanto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibilidad de mejor explotación del lubricante</li> <li>• Mejora de condiciones de recopilación del aceite</li> <li>• Tratamiento efectivo de gestión del aceite usado</li> </ul>	<p>Proponer en base a las características del aceite el tratamiento adecuado para una reutilización eficiente y efectiva</p> <p>Aplicación y proyección de los resultados del proyecto</p>	<p>Informe de análisis comparativo de los resultados con las requisitos de reciclado de aceite</p> <p>Conclusiones del Informe</p>	<p>Desarrollo en el documento: <b>Informe de Actividades</b> Denominado</p> <p><b>PRODUCTO N°2</b></p>
<p>5</p>	<p>Elaboración de documento base con la propuesta para la gestión de aceites usados y mejorar la gestión ambiental de los aceites usados.</p> <p>Difusión y proyección de la propuesta para la gestión de aceites usados</p>	<p>Establecer una guía con recomendaciones operativas para el manejo de aceites usados</p> <p>Actividades de difusión para proyectar los resultados</p>	<p>Manual de Gestión en formato electrónico, no se pudo editarlo por corte de recursos</p> <p>No se pudo realizar por corte de recursos</p>	<p>Desarrollo en el documento: <b>Manual Técnico</b> Denominado</p> <p><b>PRODUCTO N°3</b></p>

### Beneficiarios de los resultados y productos obtenidos

La prevención de la contaminación medioambiental constituye una responsabilidad sumamente atractiva y ventajosa, no solamente por el factor económico que promueve en un país, sino porque los resultados de la aplicación tienen impacto sobre la sociedad en general, siendo esta masa el principal beneficiario.

En una evaluación directa, indudablemente el proyecto no enfoca hacia beneficiarios puntuales, sino más bien su principal aporte está en la necesidad y posibilidad de proyección de los resultados hacia el desarrollo de la comunidad y la región. Debe tenerse en cuenta que los costos económicos, sociales y políticos asociados a una falta de prevención medioambiental son muy altos, y tradicionalmente el conductor boliviano es muy reacio a considerar concientizarse sobre la responsabilidad entre el mantenimiento de su automóvil y el medioambiente. Sin embargo, en el caso particular se podrían viabilizar su inclusión a favor, bajo el establecimiento y la adopción de dos medidas concretas:

- **Mejora del mantenimiento;** que se traduciría en un cambio de lubricante en periodos de tiempo más prolongados, pero con el cambio obligatorio de filtro de aceite en ese periodo, previa mejora del sistema de filtrado de admisión del motor. Situación que al realizar un balance significa además de un posible ahorro económico directo un indudable beneficio en la prolongación de la vida útil del motorizado.
- **Disminución del aceite adulterado:** Al evitar la comercialización de aceite clandestinamente probablemente se evitaría la venta de aceite adulterado con la consiguiente mejora de las prestaciones y aumento de la vida útil del automóvil.
- **Venta del aceite usado:** que al momento de hacer el cambio podría convertirse en una disminución en el costo, por la venta del aceite usado.

Por ello es importante promover la disposición por parte de instituciones, entidades públicas y privadas que impulsen el desarrollo de actividades que mitiguen la contaminación ambiental en el país.

### Impactos

Desde un punto de vista general es innegable reconocer el impacto y los beneficios que trae consigo la implementación de un sistema de gestión de Aceites Usados, dentro las que se pueden referir:

- **Impacto Medioambiental:** Bajo los resultados establecidos en el proyecto desarrollado es posible definir dos tipos de incidencia en la prevención de la contaminación medioambiental, uno relacionado con el consumo de aceite lubricante que al aumentar el periodo de cambio de 3.000 Km a 4.000 Km se tiene una disminución directa del 30% en el consumo de lubricante de motor. Una segunda incidencia se mostraría con la aplicación de la Gestión de Aceites Usados que de efectuarse eficientemente permitiría una recolección de hasta un 60% del aceite utilizado y una recuperación de hasta un 40% de la cantidad inicial (66% de reciclado).
- **Impacto investigativos:** En la realización del proyecto se ha establecido un equipo multidisciplinario conformada por ingenieros químicos, ingenieros ambientales y electromecánicos, situación que es considerada como logro ya que para el IIME es la primera experiencia que integra investigadores de otras especialidades, considerándola positiva y efectiva.
- **Impacto académico;** se ha logrado completar la implementación de un laboratorio de lubricantes que permitirá realizar prácticas con estudiantes de pre y postgrado, situación establecida por la realización de tres proyectos de grado de los universitarios: David Yucra, Telma Pérez, Evelin Rada.

### VIII. Publicaciones:

Las actividades correspondientes a este apartado están proyectadas y se realizarán durante el presente año, esto debido a que no ha podido avanzarse, en parte debido al corte presupuestario y en parte por el periodo corto de realización (menos de un año).

#### Artículos en Revistas:

1. Peralta R., Silva A., Rada E., Pérez T. 2011 Modificación del periodo de cambio de aceite en el parque automotor de La Paz, Bolivia mediante la evaluación de la degradación y contaminación del aceite usado. Revista Ideas I.S.S.N. 2076-6661 en el tercer número proyectado para noviembre.

#### Documentos publicados:

1. Manual para la gestión de Aceites Usados, cuyo formato final es entregado en el producto N°3 de este informe, se buscará el financiamiento para su publicación, y de no obtenerse se lo difundirá en medio electrónico. Los registros y derechos de autoría están pendientes una vez se defina el formato.

#### Libros Publicados:

Sin producto

**Capítulos en libros publicados:**

1. Principios y Fundamentos de la Ingeniería de Mantenimiento I.S.B.N. 99905-0-248-X, Segunda edición, Capítulo 5 – Diagnóstico mediante el Análisis de lubricantes, proyectado para junio de 2011.

**Tesis de licenciatura:**

1. Estudio del desgaste en sistemas hidráulicos por medio de análisis de aceite, postulante David Yucra Bellora al grado de Ingeniero Mecánico, Resolución de aprobación HCF N°394/2010, proyectada su defensa para agosto de 2011.
2. Implementación de un centro de control de la calidad de vehículos transformados, postulante Gerardo Quino Chuquimia al grado de Ingeniero Mecánico, Resolución de aprobación HCF N°125/2010, proyectada su defensa para agosto de 2011.
3. Análisis fisicoquímico para la degradación del aceite usado automotriz en la recuperación por extracción base tierra de aceites base, postulante Evelin Rada Fernández al grado de Ingeniero Ambiental, Perfil de proyecto de grado en revisión, proyectada la defensa para noviembre.
4. Establecimiento de límites de contaminación por silicio y agua en aceites lubricantes mediante la variación de la constante dieléctrica del lubricante, postulante Telma Pérez Rojas al grado de Ingeniero Mecánico, Perfil de proyecto de grado en revisión, proyectada la defensa para noviembre.

**Tesis de Maestría:**

Sin producto

**Tesis de doctorado:**

Sin producto

Aunque podrían programarse y enunciar varias actividades a desarrollarse en este apartado bajo los mismos conceptos del caso anterior, se enunciarán solo las realizadas, dejando el planteamiento que se realizarán de acuerdo a programación con la planificación de actividades del IIME.

**Cursos ofrecidos:**

- Capacitación.

Tecnologías del Mantenimiento Predictivo, Módulo de Diagnóstico por análisis de lubricantes acreditado con 40 horas académicas, realizado del 12 de julio al 10 de agosto de 2010, participación de 14 estudiantes.

**Cursos Dictados:**

- Pregrado

Ingeniería del Mantenimiento, capítulo de Análisis de lubricantes, asignatura impartida a partir del segundo semestre de 2010 por el docente Ing. Ricardo Paz Zeballos

- Postgrado

Gestión del Mantenimiento, capítulo de Diagnóstico de lubricantes, asignatura impartida a partir del segundo semestre de 2010 por el docente Dr. Ing. Ramiro Peralta Uría

**Cursos Asistidos**

No existe localmente una oferta académica de contenido específico y especializado en la temática del manejo de aceites usados

**IX. Contactos de Investigación**

El financiamiento del proyecto no posibilitaba el financiamiento de viajes, ni de capacitación ni de intercambio extranjero.

**Intercambio Científico:**

Sin intercambio

**Formación de Especialidad:**

Sin cursos de formación de especialidad

**Coordinación y visitas de investigación entre investigadores de la UMSA y otras universidades nacionales:**

No se efectuaron

**Coordinación y visitas de investigación entre investigadores de otras universidades internacionales:**

No se efectuaron

## X. Organización de reuniones científicas

No se realizaron actividades vinculadas a Congresos científicos nacionales e internacionales, Simposios, seminarios, jornadas, reuniones nacionales e internacionales

## XI. Fondos obtenidos de otras fuentes

El establecimiento de Convenios con organismos financiadores nacionales e internacionales fue proyectado una vez se desarrolle un ambiente conducente a la transmisión de información y conocimientos en el área de la gestión de aceites usados, posibilitando convertir al IIME en un centro de administración y diseño de sistemas de gestión tecnológica de aceites usados.

## XII. Talleres, laboratorios equipados y destinados para investigación

La adquisición de equipos ha sido concreta en cuanto su aplicación a complementar el laboratorio de lubricantes del Instituto de Investigaciones Mecánicas, con la compra de cuatro equipos para diversificar los análisis físicoquímicos que se realicen sobre las muestras de aceite.

De esta manera el laboratorio de lubricantes adquiere capacidad para evaluar lubricantes bajo tres aspectos:

- Análisis de la degradación del lubricante
- Análisis de la contaminación del lubricante
- Análisis del contenido de contaminantes de desgaste de los componentes

Que permitirán aumentar las potencialidades de la investigación en el IIME, en los campos de:

- Evaluación del desgaste de motores a través del análisis de aceite
- Efectos y monitoreo de degradación de lubricantes

## XIII. Creación de capacidades de investigación

El proyecto forma parte de la Línea de Investigación de “Contaminación Ambiental y Recursos Naturales” del Instituto de Investigaciones Mecánicas y ha permitido como primera experiencia multidisciplinaria formar un equipo de investigación conformado por ingenieros químicos, ingenieros ambientales y electromecánicos.

## XIV. Vinculación con instituciones extranjeras

El proyecto no ha desarrollado vinculación directa con instituciones extranjeras, pero si se ha consultado documentación proveniente de experiencias similares efectuadas en España, Colombia y Ecuador.

## XV. Listado de Equipos adquiridos para el proyecto

Descripción	Características	Estado	Depende	Responsable
Ruler TekNiker	Analizador de Aceites OilView Quick-Check, marca MJR-Technologies LLC, para la Dieléctricidad, el Índice Ferroso, Indicación de No-Ferrosos, Indicación de gota de agua, industria USA, importado por Computer And Sensor	Muy bueno	IIME	Dr. Ramiro Peralta
Viscosímetro	Viscosímetro rotacional portátil marca SKF, modelo TMVM1, para viscosidad dinámica de 30-1300 mPas, industria sueca, importado por Fini Lager S.A.	Bueno	IIME	Dr. Ramiro Peralta

Medidor TBN	Medidor Brinell Number (TBN), marca PCE, modelo 1000, para pruebas de dureza en Rockwell B y C, Vickers HV, Brinell HB, Shore HS y Leeb HL, industria española, importado por Koret SRL	Bueno	IIME	Dr. Marco Ruiz
Fuel Sniffer	Equipo analizador de pulverizado por dispersión Fuel Sniffer & Recycled Oil, para pruebas de punto de escurrimiento y compresión de aceite, industria USA, importado por Computer And Sensor	Muy bueno	IIME	Dr. Marco Ruiz

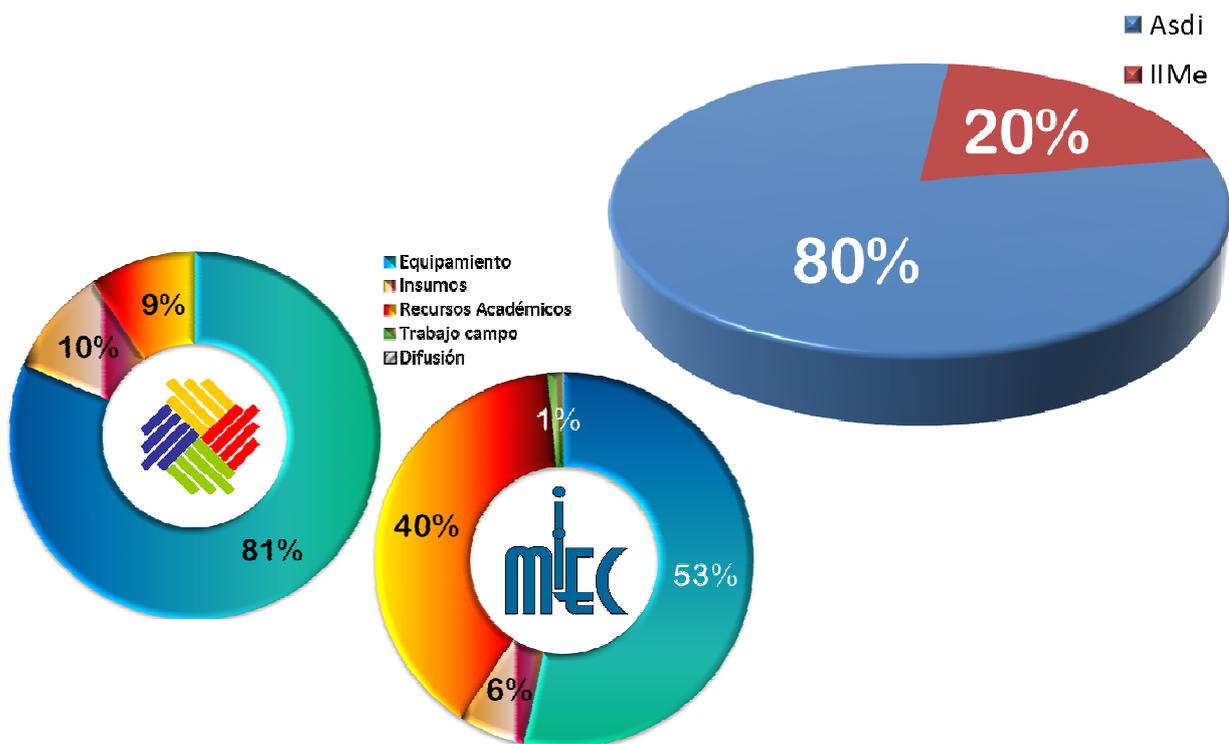
## XV. Detalle de gastos realizados

1. Ejecución Presupuestaria Proyecto		
Descripción	Monto	Porcentaje
Gastos Presupuestados	171.011,00 Bs	100%
Gastos Ejecutados	151.864,00 Bs	88,8%
Gastos No Ejecutados	4.368,00 Bs	2,6%
Presupuesto suspendido	14.779,00 Bs	8,6%

2. Actividades suspendidas del Proyecto		
Descripción	Monto	Total
Publicación Manual Técnico	2.680,00 Bs	
Publicación folletos	4.500,00 Bs	
Registro Derechos Autor	200,00 Bs	
Insumos Portable Oil Diagnostic	828,00 Bs	
Becas Auxiliares Investigación	6.000,00 Bs	
Imprevistos	571,00 Bs	14.779,00 Bs

La principal actividad afectada con el corte de presupuesto está relacionada con la difusión de la investigación, como la emisión de las publicaciones y su estrategia de desarrollo mediante seminarios y capacitaciones. Asimismo la actividad de los auxiliares ha sido limitada a la conclusión de sus trabajos, que son complementarios a los resultados del Proyecto.

3. Ejecución de Gastos en el Proyecto			
Actividad	Presupuesto ASDI	Presupuesto IIME	TOTAL
Equipamiento específico	123.532,00 Bs	20.820,00 Bs	144.352,00 Bs
Materiales Suministros	14.332,00 Bs	2250,00 Bs	16.582,00 Bs
Recursos Humanos	14.000,00 Bs	15.400,00 Bs	29.400,00 Bs
Viajes – Trabajo campo	0,00 Bs	528,00 Bs	528,00 Bs
Difusión	0,00 Bs	0,00 Bs	0,00 Bs
<b>TOTAL</b>	<b>151.864,00 Bs</b>	<b>38.988,00 Bs</b>	<b>190.862,00 Bs</b>



En la realización del proyecto se evidencia un gasto prioritario destinado al equipamiento, de aproximadamente 75,6%, razón por la cual se han podido realizar la experimentación y la mayoría de los ensayos.

Los siguientes cuadros muestran el detalle de los gastos realizados, que han sido conciliados con el Departamento Contable del Programa y pueden ser constatados por los flujos de caja oficiales. Respecto a la contraparte de la UMSA se ha prorrateado el costo en función a la utilización de los mismos.

### Equipamiento específico

Descripción	Presupuesto IDH	Presupuesto IIME	Descripción
Ruler TekNiker	56.900,00	3.650,00	Lubrisensor
Viscosímetro lubricantes	30.132,00	13.850,00	Contador de partículas POD
Medidor TBN	17.200,00	1.290,00	Smott meter
Fuel Sniffer	19.300,00	930,00	Agitador de placas caliente
		1.100,00	Compresora
	123.532,00 Bs	20.820,00 Bs	

### Recursos Académicos

Descripción	Presupuesto IDH	Presupuesto IIMEc	Descripción
Líquido dieléctrico lubrisensor	1.800,00	1.600,00	Material de laboratorio
Insumos POD	2.922,00	650,00	Solvente limpieza sensores
Recipientes muestras	1.100,00		
Insumos Aceite lubricantes	1.300,00		
Insumos eléctricos	1.000,00		
Adquisición de libros	3.400,00		
Cartridge de impresora	1.960,00		
Adquisición libros	850,00		
	14.332,00 Bs	2250,00 Bs	

## Recursos Humanos

Descripción	Presupuesto IDH	Presupuesto IIMec	Descripción
Becario Gerardo Quino	8.000,00	8.400,00	Docente Investigador 6 mes
Becario Raúl Quispe	6.000,00	7.400,00	Auxiliar David Yucra
	14.000,00 Bs	15.400,00 Bs	

## XVI. Conclusiones

El proyecto ha permitido desarrollar las siguientes conclusiones:

- Se ha recabado información y realizado evaluaciones de la importancia y necesidad de la Gestión de aceites Usados, sustentándose que ya, todos los países han desarrollado mecanismos y medios para enfrentar efectivamente esta situación. En la revisión detallada se puede observar que los resultados son muy variados pero todos establecen beneficios exitosos en la disminución de la contaminación ambiental.
- Se ha revisado la Normatividad y Reglamentación medioambiental vigente para verificar las condiciones propiciar afines a la Gestión de Aceites Usados, estableciéndose que es necesario desarrollar una Norma específica que no solo prevea el tratamiento de aceites usados sino también establezca quienes y bajo que tuición deben hacerse responsables de esta actividad.
- Se ha establecido la cantidad de aceite lubricante consumida en Bolivia, en la que adicionalmente a la producida y a la importada, es necesario adicionar una nada despreciable cantidad derivada de los aceites reciclados clandestinamente, que son introducidos mezclados y adulterando el producto, siendo lógicamente una nueva forma de incrementar desgastes, disminuir vidas productivas y consiguientemente nuevos focos de contaminación prematura.
- Se ha efectuado una encuesta a lubricentros de la ciudad de La Paz para establecer características de recuperación tanto de cantidad como de manera, a fin de contar con criterios de volúmenes de recuperación de aceite usado, forma de recolectado y destino de la disposición por estos centros del aceite usado.
- De las que hasta hace poco tiempo cinco plantas se elaboraba aceites reciclados (posiblemente sigan funcionando, aunque solo existe referencia de una sola) existe un mercado clandestino y descontrolado de compra de aceite usado, que actualmente adquiere la mayoría del desecho. El destino final no se ha podido definir ya que se presume que sale al Perú o se recicla en plantas de filtrado ilegales.
- Cualquiera que se la procedencia se ha establecido que existe una red de distribución de aceite reciclado inadecuadamente que en combinación con centros de lubricación adulteran los productos originales, con no solo con el engaño al consumidor sino también en desmedro de los automóviles y maquinaria que sufre envejecimientos prematuros con funestas consecuencias medioambientales y económicas.
- Se ha recolectado y analizado muestras de aceite mineral proveniente de distintos centros de lubricación, de distintos usos y servicios, para establecer experimentalmente las condiciones de estado técnico del aceite usado.
- De las pruebas experimentales fisicoquímicas se ha podido establecer que es posible mejorar las tasas de mantenimiento; que se traduciría en un cambio de lubricante en periodos de tiempo más prolongados con un cambio obligatorio de filtro de aceite en ese periodo, previa mejora del sistema de filtrado de admisión del motor.
- Se ha realizado mediante las muestras una evaluación del estado técnico del aceite usado, para determinar las condiciones favorables de tratamiento y la correspondiente emisión de acciones tecnológicas apropiadas de tratamiento de aceite usado. Planteándose como ventajosa tanto tecnológica como económica con respecto al tamaño de producción, el sistema conocido como re-refinación de aceite mineral usado, proceso muy similar al que se somete el petróleo crudo salvo por la etapa de desparafinación ya que el aceite usado ya no contiene las parafinas del crudo gracias al proceso que ya sufrió en la refinería.
- Se ha consolidado el equipo de trabajo en la Línea de Ingeniería Automotriz y Mantenimiento, referida al Análisis de Lubricantes. Conformado por el MSc. Ing. José Luis Hernández y un grupo de estudiantes investigadores que proyectan la prestación de servicios y asesoramiento en la ingeniería de lubricación. Con la adquisición de equipo específico para evaluar y analizar el aceite lubricante.

- En la realización del proyecto se ha establecido un equipo multidisciplinario conformada por ingenieros químicos, ingenieros ambientales y electromecánicos, situación que es considerada como logro ya que para el IIME es la primera experiencia que integra investigadores de otras especialidades, considerándola positiva y efectiva.
- Se ha establecido equipos de investigación conformados por docentes y estudiantes, en el que los estudiantes han adoptado la realización del trabajo de investigación como modalidad de graduación mediante la aprobación de temarios en la carrera de Ingeniería Mecánica, Ingeniería electromecánica, Ingeniería Ambiental.

### Recomendaciones

- Las actividades de difusión como la impresión de los productos, la compilación, edición y publicado de libro y folletos, se ha visto truncada con la suspensión de los fondos a los proyectos situación que debería preverse y realizar un seguimiento más estricto.
- Respecto a la proyección del proyecto, es posible continuar con el registro de datos de manera que pueda ampliarse la base de evaluación y realizarse un mejor ajuste y posterior selección, sin embargo, es conveniente con el mismo equipamiento y equipo de trabajo re-direccionar hacia la implementación de una planta piloto de re-refinación de aceites usados.
- También es importante dar continuidad a la actualización, mediante la realización de cursos teórico prácticos que no solo permitirían generar recursos sino principalmente posicionar al IIMec en servicios de consultoría.
- El principal impedimento para poder proyectar de forma efectiva a mayores niveles es la inexistencia de Investigadores en el IIMec, que impiden cualquier proyección. La carrera de ingeniería Mecánica ha dispuesto en forma interina un ítem, así como se ha contado con auxiliares de investigación de la plantilla del IIMec. Decanatura de Ingeniería ha comprometido la concesión de ítems para investigador pero no se ha efectivizado hasta la fecha.