

2012

# RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA DE UN MOTOR DIESEL POR MOTOR ELÉCTRICO EN LA EMPRESA PROMATIN S.A.

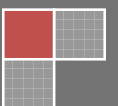
PML

Alternativa de Producción Más Limpia a través de mejoras tecnológicas en el proceso productivo.

**PRESENTADO A: INGENIERA CLARA BARRETO**

Docente de Modulo Seminario de la Investigación II  
Especialización en Producción Más Limpia – Universidad  
de Medellín

**AUTOR: GERMÁN EDO. CASTELLANOS CASTELLANOS  
MARIO ALEJANDRO MORALES OÑATE**



*A mi madre, por enseñarme que al hacer las cosas con amor, podemos lograr nuestros sueños.*

*A mi padre, por demostrarme que la responsabilidad hace a los hombres.*

*A mis hermanos, compañía incondicional y gratificante para mi vida.*

*Mario Alejandro Morales Oñate.*

*A mis padres, por enseñarme que el valor de la vida tiene mayor sentido y éxito, si aplicamos total esfuerzo, dedicación, responsabilidad, respeto y amor.*

*A mi hermano, modelo de vida, por compartir cada instante de su alegría y enseñarme que con honestidad se pueden cumplir nuestros sueños.*

*Germán Eduardo Castellanos Castellanos.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A **ADRIANA ALZATE**, Ingeniera Química y Docente del módulo Buenas Prácticas y Compras Sostenibles de la Especialización en Producción Más Limpia de la Universidad de Medellín, Directora de Proyectos del Centro Nacional de Producción Más Limpia, Directora del Proyecto de grado, por su apoyo, amabilidad y disponibilidad a colaborarnos y poner a nuestro servicio su conocimiento.

A **PAULO LOPEZ**, Ingeniero Mecánico del Centro Nacional de Producción Más Limpia, por su incondicional colaboración y su actitud amable para aportar a nuestro proyecto.

A **ALONSO GIRALDO**, Ingeniero de Minas y Metalurgia, Gerente de Promatin S.A., por su apoyo incondicional y compartir su conocimiento para el desarrollo de nuestro proyecto.

A **IVÁN MONSALVE**, Director de Producción y Mantenimiento de Promatin S.A., por su grata colaboración y amabilidad para aportar a nuestro proyecto.

## CONTENIDO

1. CAPITULO I - GENERALIDADES .....	9
1.1. INTRODUCCION.....	9
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	9
1.3. JUSTIFICACION.....	9
1.4. OBJETIVO GENERAL .....	10
1.4.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	10
1.5. ESTADO DEL ARTE .....	10
1.5.1. RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA.....	10
1.5.2. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES .....	11
1.5.2.1. Estudio comparativo entre vehículo NISSAN LEAF (DIESEL) y el VOLKSWAGEN GOLF (ELÉCTRICO).....	11
1.5.3. EXPERIENCIAS NACIONALES.....	12
1.5.3.1. Proyecto de Modernización de la Industria Siderúrgica Integrada Acerías Paz del Río en Colombia.....	12
1.6. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL .....	14
1.6.1. USO DE MOTORES DIESEL.....	14
1.6.1.1. Fundamentos de los Motores Diesel.....	14
1.6.1.2. Beneficios y Aplicaciones de los Motores Diesel .....	15
1.6.1.3. Desventajas de los Motores Diesel .....	16
1.6.2. IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR LA COMBUSTION DEL DIESEL .....	16
1.6.2.1. Conceptos Generales .....	16
1.6.2.2. Otros Impactos por Emisiones de los Motores Diesel .....	17
1.6.3. USO DE MOTORES ELECTRICOS .....	18
1.6.3.1. Fundamentos y Consideraciones sobre la eficiencia de un Motor Eléctrico 19	
1.6.3.2. Beneficios y Ventajas de los Motores Eléctricos.....	19

1.6.3.3.	Desventajas de los Motores Eléctricos .....	20
1.6.4.	IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL CONSUMO DE ENERGÍA EN MOTOR ELÉCTRICO .....	21
1.6.5.	CAPACIDAD PRODUCTIVA .....	21
1.6.5.1.	Avances de la Reconversión a Tecnologías Limpias en Colombia, progresos y limitantes. ....	21
1.6.6.	POLÍTICA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA .....	24
1.6.7.	ESQUEMAS DE FINANCIACIÓN PARA LA RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA EN COLOMBIA.....	28
2.	CAPITULO II - ANÁLISIS PRODUCTIVO HISTÓRICO DEL PROCESO DE COMPACTACIÓN CON MOTOR DIESEL .....	33
2.1.	PRODUCTIVIDAD DE COMPACTADORA R&R A DIESEL AÑO 2011.....	35
3.	CAPITULO III - ASPECTOS TECNICOS.....	43
3.1.	EFICIENCIA PRODUCTIVA– TIEMPO EFECTIVO .....	45
3.2.	ANALISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES ORIENTADOS AL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO.....	45
3.2.1.	Objetivo del Cálculo de la Huella de Carbono (HC).....	45
3.2.2.	Alcance .....	45
3.2.3.	Límites del sistema para el análisis.....	46
3.2.4.	Unidad funcional del proceso.....	46
3.3.	ENTRADAS Y SALIDAS PARA MOTOR DIESEL ENFOCADO AL ANÁLISIS POR HUELLA DE CARBONO .....	47
3.3.1.	Extracción de Materiales (Hierro Gris y Acero) .....	48
3.3.2.	Uso del motor Diesel.....	50
3.3.3.	Mantenimiento del Motor Diesel .....	50
3.3.4.	Disposición Final - Manejo de Residuos del Motor Diesel .....	52
3.4.	ENTRADAS Y SALIDAS PARA MOTOR ELÉCTRICO ENFOCADO AL ANÁLISIS POR HUELLA DE CARBONO .....	53
3.4.1.	Extracción de materiales (Acero y Cobre) .....	54
3.4.2.	Uso del motor Eléctrico.....	55
3.4.3.	Mantenimiento del motor Eléctrico .....	56
3.4.4.	Disposición Final - Manejo de Residuos del motor Eléctrico .....	57

3.5.	ANALISIS DE EMISIONES.....	58
4.	CAPITULO IV - EVALUACION DE LOS COSTOS TOTALES.....	62
4.1.	COMPRA DEL MOTOR .....	62
4.2.	ADECUACIONES PARA LA INSTALACIÓN .....	62
4.3.	ANALISIS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELECTRICA Y COMBUSTIBLE DIESEL.....	63
4.4.	MANTENIMIENTOS Y MANEJO DE RESIDUOS .....	67
4.5.	DISPOSICION FINAL DEL MOTOR .....	72
4.6.	COMPARACIÓN DE LOS COSTOS TOTALES .....	73
4.6.1.	Análisis de los costos totales .....	74
4.7.	PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN .....	75
5.	CAPITULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
5.1.	CONCLUSIONES.....	76
5.2.	RECOMENDACIONES.....	78
	Bibliografía.....	80

## ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1. Costos y beneficios de la producción limpia.....	25
Ilustración 1-2. Proceso del desarrollo de un proyecto con LCA.....	30
Ilustración 2-1. Toneladas de chatarra compactada por mes en el año 2011.....	40
Ilustración 2-2. Consumo específico de combustible en el año 2011 .....	41
Ilustración 2-3. Consumo absoluto de combustible en el año 2011 .....	42
Ilustración 3-1. Diagrama de flujo para proceso de compactación con motor diesel.....	44
Ilustración 3-2. Diagrama de flujo para proceso de compactación con motor eléctrico .....	44
Ilustración 3-3. Etapas del ACV para el proyecto .....	47
Ilustración 3-4. Diagrama de flujo de etapas ACV para motor diesel.....	48
Ilustración 3-5. Diagrama de flujo de etapas ACV para motor eléctrico .....	53
Ilustración 3-6. Aporte de emisiones de CO <sub>2</sub> por etapas en el ciclo de vida del motor Diesel .....	59
Ilustración 3-7. Aporte de emisiones de co2 por etapas en el ciclo de vida del motor Eléctrico .....	59
Ilustración 3-8. Comparativo de emisiones de CO <sub>2</sub> en las etapas del ciclo de vida de cada motor .....	61
Ilustración 4-1. Tendencia del precio del Diesel.....	64
Ilustración 4-2. Tendencia del precio de la energía eléctrica.....	64
Ilustración 4-3 Costos por mantenimiento del motor Diesel.....	68
Ilustración 4-4. Costos por mantenimiento del motor Diesel.....	71
Ilustración 5-5. Comparativo de costos por etapas para cada motor.....	74

## TABLAS

Tabla 1-1. Comparativo de consumo y costos de combustible de vehículos.....	11
Tabla 1-2. Resultados de proyectos con tecnologías más limpias.....	13
Tabla 1-3. Metas de ahorro de energía a 2015.....	26
Tabla 1-4. Subprogramas y línea de acción.....	27
Tabla 1-5. FNCE Sistema interconectado nacional.....	28
Tabla 2-1. Productividad del proceso de compactación año 2011.....	36
Tabla 2-2. Informe de producción compactadora resumen año 2011.....	38
Tabla 3-1. Aspectos técnicos de los motores.....	43
Tabla 3-2. Entradas y salidas para las etapas del ACV de motor Diesel.....	48
Tabla 3-3. Entradas y salidas para la extracción de materiales del motor diesel.....	49
Tabla 3-4. Entradas y salidas para el uso del motor diesel.....	50
Tabla 3-5. Entradas y salidas para el mantenimiento del motor Diesel.....	52
Tabla 3-6. Entradas y salidas para la disposición final del motor diesel.....	53
Tabla 3-7. Entradas y salidas para las etapas del ACV de motor eléctrico.....	54
Tabla 3-8. Entradas y salidas para la extracción de materiales del motor eléctrico.....	55
Tabla 3-9. Entradas y salidas para el uso del motor eléctrico.....	56
Tabla 3-10. Entradas y salidas para el mantenimiento del motor eléctrico.....	57
Tabla 3-11. Entradas y salidas para la disposición final del motor diesel.....	58
Tabla 3-12. Comparación de emisión por etapas para cada motor.....	58
Tabla 4-1. Costos de los motores.....	62
Tabla 4-2. Adecuaciones requeridas para la instalación de los motores.....	62
Tabla 4-3. Precio trimestral del Diesel para los últimos tres años.....	63
Tabla 4-4. Precio trimestral de la energía eléctrica para los últimos tres años.....	64
Tabla 4-5. Costos por consumo de Combustible y Energía Eléctrica por año.....	66
Tabla 4-6. Costos anuales por mantenimiento del motor Diesel.....	67
Tabla 4-7. Costos anuales por mantenimiento del motor Diesel.....	70
Tabla 4-8. Costos por mantenimientos en la vida útil de los motores.....	72
Tabla 4-9. Valores por el reciclaje de los motores.....	73
Tabla 4-10. Consolidado total de los costos totales para cada motor.....	73



## **1. CAPITULO I - GENERALIDADES**

### **1.1. INTRODUCCION**

El constante crecimiento Industrial, no es ajena a la problemática de calentamiento global y por el contrario, lo convierten en un actor fundamental, lo anterior, lleva a este sector productivo a la necesidad de buscar y analizar ofertas tecnológicas más limpias, que permitan reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub>, aumentar la eficiencia productiva y energética, obtener beneficios económicos y mejorar las condiciones sociales y de seguridad de sus trabajadores.

Además de las variables mencionadas, la decisión de seleccionar una alternativa tecnológica en búsqueda de la sostenibilidad cuenta con otros problemas de carácter técnico, relacionadas con los altos costos, estrategias de financiación y falta de conocimiento, entre otros.

Este proyecto de investigación orientado a un estudio de huella de carbono, propone ilustrar las ventajas y potencialidades que conllevaría una alternativa de producción más limpia a través de mejoras tecnológicas, al sustituir un motor Diesel por un motor Eléctrico en Compactadora (Prensa) de chatarra en estado estacionaria en el sector Siderúrgico.

En este sentido, se procedió a realizar visitas técnicas en la Empresa Promatin S.A. y luego de analizar la información disponible se procedió a realizar los cálculos y determinar el desempeño de la reconversión tecnológica.

### **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El proceso de compactación de chatarra en Prensa R&R con motor DIESEL (ACPM), tiene una productividad del 29% y genera pérdidas por paradas no programadas, además, emisiones contaminantes de CO<sub>2</sub> que propicia el Calentamiento Global y elevados consumos energéticos y costos económicos por operación.

### **1.3. JUSTIFICACION**

Promatin S.A., según su Política Ambiental, está comprometida con el mejoramiento continuo, por esta razón busca constantemente optimizar sus procesos productivos.

Esta Compañía utiliza para su proceso de compactación, una Prensa R&R a motor Diesel de forma estacionaria para la elaboración de Pacas de Chatarra.

Por lo anterior y conforme al principio de generación de energía cinética de los motores, se pretende proponer una reconversión tecnológica a motor Eléctrico a partir de una línea base de producción y consumo de combustible y una proyección de las mejoras productivas y ambientales que lograría la empresa.

#### **1.4. OBJETIVO GENERAL**

Proponer una reconversión tecnológica para sustituir un motor a DIESEL por motor ELÉCTRICO en Compactadora R&R en estado estacionaria en la Empresa Promatin S.A.

##### **1.4.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Evaluar el desempeño del proceso con motor a Diesel y proyectado a motor Eléctrico.
- Determinar las emisiones de CO<sub>2</sub> con motor Diesel vs Motor Eléctrico, orientado a Huella de Carbono.
- Evaluar los costos totales operacionales actuales y proyectados con el uso del motor Eléctrico.
- Evaluar la eficiencia productiva y energética con el uso del motor Diesel vs motor Eléctrico.

#### **1.5. ESTADO DEL ARTE**

El estado del arte de este proyecto de investigación se basa en el desarrollo de tecnología blanda y dura, a través de mejoras obtenidas en los diferentes procesos productivos.

##### **1.5.1. RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA**

La tecnología es un “conjunto de conocimientos aplicados y de reglas prácticas que tienen como misión crear, modificar y valorar el entorno del hombre para satisfacer sus necesidades tal como lo concibe el medio donde se desarrolle”. La tecnología tiene identidad propia y plantea una problemática desde la cual especifica la finalidad de su existencia.

“La reconversión tecnológica significa ir mejorando los procesos productivos por otros más actualizados, más nuevos y más novedosos. Mientras que la reconversión mental, plantea que el hombre es al final quien decide que cosas se hacen o se dejan de hacer. Las maquinas y la tecnología están, pero el hombre es quien decide cuando y como utilizar la tecnología” (RUIZ GONZALES & MANDADO PEREZ, 1989).

La información referente al cambio de tecnología de motores Diesel a Eléctricos en la Industria es muy limitada, el enfoque de estas reconversiones se polariza hacia el sector automotriz. En este sentido se han realizado varios trabajos de cambio tecnológico por parte del sector académico y del mismo sector automotriz, donde se evalúan diferentes aspectos de los vehículos Eléctricos como lo son la relación específica de consumo de energía / kilometraje, costos de operación, mantenimiento, impactos ambientales en la operación y finalmente compararlos con los vehículos a motor Diesel.

### 1.5.2. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

Cambio en la generación de energía en el Reino Unido.

En el artículo sobre “Tecnología y Desarrollo Sustentable, una perspectiva europea” (SMITH, 2003), el Reino Unido para el año 2010, decidió reducir la generación de energía a base de termo eléctricas, implementado el uso de 950 aerogeneradores que surten de energía a 250,000 viviendas, para cumplir la meta establecida por el gobierno de reducir, en un 20% las emisiones de CO<sub>2</sub>.

La energía eólica es una de las fuentes energéticas renovables más competitivas, y se ha vuelto una inversión rentable. En el Reino Unido existen políticas gubernamentales para promover el uso de aerogeneradores, pero todavía hay grandes desafíos para el uso difundido de la energía eólica.

La energía eólica ha llevado muchos años de lucha para alcanzar la situación actual, pero hoy está a la vera de un salto tecnológico y económico.

#### 1.5.2.1. Estudio comparativo entre vehículo NISSAN LEAF (DIESEL) y el VOLKSWAGEN GOLF (ELÉCTRICO)

Basados en el estudio comparativo entre vehículo Nissan LEAF (Diesel) y el Volkswagen GOLF (Eléctrico), se exponen los siguientes resultados obtenidos en la Tabla 1-1.

**Tabla 1-1. Comparativo de consumo y costos de combustible de vehículos**

MOTOR	CONSUMO	COSTO DE COMBUSTIBLE
Nissan LEAF (Diesel)	4,2 L /100 km	5,50 euros
Volkswagen GOLF (Eléctrico)	13,72 KW.h /100 km	0,99 euros

Fuente: Artículo Motor Pasión Futuro

La diferencia en el precio de compra entre el Nissan LEAF y el Volkswagen Golf es de 5.680 euros (más costoso el eléctrico). Sin embargo, el Eléctrico supone un ahorro de 4,51 euros cada 100 km. Esto quiere decir que habría que realizar al menos 125.942 km para amortizar la diferencia de precio. Cuantos más kilómetros anuales realice un conductor, más rápido amortizará el coche eléctrico. A partir de esa cifra, el ahorro es real, contante y sonante (RENAULT, 2011).

También hay que tener en cuenta otros factores, que ayudan a amortizar un poco antes la diferencia de precio entre el Eléctrico y el Diesel:

Coste de mantenimiento inferior: una revisión de mantenimiento de un coche Eléctrico no requiere cambiar aceite, ni filtro de aceite (ni de gasóleo, aire, etc.). En un coche Eléctrico la revisión de mantenimiento puede costar unos 60 a 80 euros. En el caso concreto del Volkswagen Golf, la revisión de mantenimiento de 30.000 km (dos años), cuesta 214 euros (IVA incluido). Por cierto, un Eléctrico suele gastar algo menos los neumáticos (por el mejor reparto de pesos) y también le duran más los frenos (porque el motor reduce mucho).

Reducción en el impuesto municipal de circulación (o impuesto sobre vehículos de tracción mecánica o viñeta): en ciudades como Madrid (no es la única), los vehículos Eléctricos tienen una reducción del 75% en el precio del impuesto (porque son vehículos de cero emisiones locales, y esto interesa a las ciudades con problemas de contaminación atmosférica).

### **1.5.3. EXPERIENCIAS NACIONALES**

Modernización de la Industria Siderúrgica Integrada Acerías Paz del Rio en Colombia.

En el “proyecto de Modernización de la Industria Siderúrgica Integrada Acerías Paz del Rio”, la Industria Siderúrgica integrada ACERIAS PAZ DEL RIO S.A (APDR) desarrolla una serie de transformaciones de tipo tecnológico que conllevan ahorro de energía, mejora de la productividad de la planta y por ende, reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> tanto globales para la planta como por unidad de producto terminado (Academia Colombiana de Ciencias Exactas, 2003).

#### **1.5.3.1. Proyecto de Modernización de la Industria Siderúrgica Integrada Acerías Paz del Rio en Colombia.**

Este proyecto de APDR de eficiencia energética, consistente en la rehabilitación de la Industria Siderúrgica Integrada de Paz de Río, con los siguientes componentes:

- ✓ Cambio de equipos viejos por unos más eficientes.
- ✓ Rediseño de procesos con ahorros de energía.
- ✓ Instalación de sistemas automáticos de control de procesos que mejoran la eficiencia energética.
- ✓ Conversión de procesos de tandas a procesos continuos.
- ✓ Aumento en la capacidad de producción con disminución de la intensidad energética por unidad de producto.

Dentro del proyecto se realizó el análisis de las emisiones de la empresa tras la definición de una línea base de emisiones, posterior a esto se definieron dos proyectos de mejora para la reducción de emisiones dentro de los procesos, los cuales se basaron en el incremento de la producción de un alto horno en el proceso de extracción de mineral y la inclusión de una nueva planta acero; Luego se analizan las emisiones en los dos nuevos escenarios y se comparan con la línea base, arrojando los siguientes resultados en la Tabla 1-2, en la cual se evidencia una reducción del consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub> con los proyectos de transformación tecnológica en relación a los resultados de la línea base, además, revelan que paralelamente a la reducción de la contaminación se da un incremento en la producción, haciendo más interesante la ejecución de proyectos similares para APDR.

**Tabla 1-2. Resultados de Proyectos con Tecnologías Más Limpias**

	Producción	Consumos de energía	Índice	Emisiones	Índice	Reducción con caso base
Escenario	Ton/año	Gcal/año	Gcal/ton prod	Ton CO <sub>2</sub> /año	Ton CO <sub>2</sub> /Ton prod	Ton CO <sub>2</sub>
Base	238445	4181158	17.53	1580807	6.53	0
Proyecto 1	250437	4227193	16.88	1609029	6.42	51281
Proyecto 2	291362	4128601	14.17	1586091	5.44	345537
Reducción de emisiones acreditable	238445	----	----	----	----	282780

Fuente: Proyecto modernización de la industria siderúrgica integrada acerías paz del río.

## **1.6. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL**

El principio de un motor, cualquiera sean sus características, fuente de energía o combustible que lo alimenta, tamaño, entre otros, es transformar esta energía en energía mecánica la que generalmente se utiliza para mover objetos.

Para transformar la energía de entrada en energía mecánica, se puede utilizar diferentes fuentes de alimentación: combustibles fósiles, energía eléctrica, energía geotérmica, energía solar, etc. actualmente se están utilizando motores que se alimentan de energías limpias, las cuales no generan emisiones directas de CO<sub>2</sub> (motores que no utilizan combustibles fósiles). Estos motores, además de ser amigables con el medio ambiente tiene la característica de ser más eficientes pues disminuyen las pérdidas de energía por calor, los que los hace muy atractivos para incrementar la eficiencia en procesos productivos.

### **1.6.1. USO DE MOTORES DIESEL**

El motor Diesel es un motor térmico de combustión interna alternativo en el cual el encendido del combustible se logra por la temperatura elevada que produce la compresión del aire en el interior del cilindro, según el principio del ciclo del DIESEL. También llamado motor de combustión interna, a diferencia del motor de explosión interna comúnmente conocido como motor de gasolina.

#### **1.6.1.1. Fundamentos de los Motores Diesel**

Un motor DIESEL funciona mediante la ignición (encendido) del combustible al ser inyectado muy pulverizado y con alta presión en una cámara (o precámara, en el caso de inyección indirecta) de combustión que contiene aire a una temperatura superior a la temperatura de autocombustión, sin necesidad de chispa como en los motores de gasolina, esta es la llamada autoinflamación(LA FLORA, 1973).

Se comprenderá más fácilmente el funcionamiento del motor si se conoce bien lo que antecede a la cámara de combustión durante cada uno de los cuatro tiempos del ciclo completo. Los cuatro tiempos en su orden son: admisión, compresión, expansión y escape.

**Admisión:** Durante la admisión, el pistón desciende, la válvula de admisión está abierta y la de escape cerrada, al descender el pistón crea una depresión en el cilindro. El aire procedente del exterior entra por el orificio constituido por la abertura de la válvula de aspiración donde la presión atmosférica lo introduce al cilindro.

**Compresión:** Al finalizar la admisión se cierra la válvula y el pistón inicia su recorrido ascendente, al término de la compresión, el aire comprendido en cámara

ocupa 1/16 de su espacio original, esta compresión produce una elevación de la temperatura, al finalizar la compresión se inyecta una pequeña cantidad de combustible, acto seguido se enciende el combustible y empieza su combustión.

Expansión: Durante la expansión, el pistón desciende y las válvulas de admisión y escape quedan cerradas, cuando el pistón llega al final de la carrera en la compresión, la combustión del combustible aumenta la presión sobre el pistón, a medida que aumenta la cantidad de combustible inflamado crece la temperatura del gas y este se expande, empujando el pistón hacia abajo, transmitiendo una fuerza adicional y el cigüeñal recibe un impulso de rotación.

Escape: Durante el escape se abre la válvula de escape mientras está cerrada la de admisión y el pistón se desplaza hacia arriba, al ascender este arrastra los gases quemados de la cámara de combustión por la válvula de escape.

#### **1.6.1.2. Beneficios y Aplicaciones de los Motores Diesel**

El motor Diesel es el tipo de motor más utilizado en el mundo para movilizar gran parte de las maquinas y para la generación de energía eléctrica, sin embargo, las emisiones del Diesel generan una gran contaminación debido al aumento en el uso de este tipo de motores en la industria y transporte terrestre y marítimo. Además, las emisiones del Diesel contribuyen al deterioro de la salud y el uso de este combustible tiene efectos indirectos sobre el suelo y el agua (Journal of the air & waste management association, volumen 51).

- ✓ La expansión que ha tenido el uso del motor Diesel en el mundo obedece a los siguientes beneficios que este ofrece:
- ✓ La primera cualidad de los motores Diesel es su buen rendimiento total y su bajo consumo de combustible.
- ✓ El costo del Diesel es inferior a muchos otros combustibles en relación a su poder calorífico inferior.
- ✓ Durante las paradas un motor Diesel tiene un consumo de combustible casi nulo.
- ✓ Los motores Diesel presentan una rápida respuesta en marcha pudiendo llegar a su tope de carga en pocos minutos.
- ✓ Tiene un riesgo de incendio bajo porque el Diesel no se inflama fácilmente.

Desde 1907 cuando el ingeniero L´Orange proyecto un motor Diesel de inyección mecánica, el cual paso a inyección directa en 1917, este tipo de motor ha tenido una continua evolución en su uso, en la primera guerra mundial se promovió la adaptación de estos motores a barcos de gran tonelaje y submarinos, en 1921 Peugeot vuelve a considerar el problema de la adaptación de los motores Diesel a

los automóviles, entre 1930 y 1939 el motor Diesel empezó a generalizarse en camiones de gran tonelaje; pero es a partir de la segunda guerra mundial donde los motores Diesel se inician a producir en masa tanto para medios de transportes como para la industria en donde ha tenido mucho éxito su implementación y se han realizado grandes progresos en estos motores.

### **1.6.1.3. Desventajas de los Motores Diesel**

Los motores Diesel son menos eficientes y requieren de mas mantenimiento continuo (consumo de filtros ya mencionados, cambios de aceite, ajustes/reparaciones menores generalmente cada 500 o 1000 horas -dependiendo del fabricante y de las condiciones del sitio de operación-, ajustes/mantenimientos mayores tipo overhaul cada 10000 / 12000 o 15000 horas -dependiendo del fabricante y de las condiciones del sitio de operación-, otros consumibles menores como batería, correas de alternador/repartición/ventilador, etc.) (HARRIS EQUIP, 2012). Otra desventaja de los motores a Diesel es que la potencia y eficiencia se ve severamente afectada por los cambios de altura sobre el nivel del mar, un motor operando en Bogotá puede perder alrededor del 25 al 35% de la potencia nominal que entrega a nivel del mar.

## **1.6.2. IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR LA COMBUSTION DEL DIESEL**

Luego de identificar los fundamentos, ventajas y desventajas de los motores a Diesel, es importante conocer aquellos impactos ambientales asociados por la combustión del mismo.

### **1.6.2.1. Conceptos Generales**

Los impactos ambientales generados por la combustión del Diesel de acuerdo al estudio de investigación de este proyecto son:

- **Cambio Climático:** en su publicación El Cambio Climático Global, el agua, el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso son componentes naturales de la atmósfera. Estos gases tiene la propiedad de absorber parte de la radiación que sale por la ventana de la radiación. De modo que, cuando su concentración aumenta, la radiación saliente al espacio exterior es menor y por lo tanto, la temperatura que adquiere el Planeta aumenta. Por esta razón se los llama “Gases de Efecto Invernadero – GEI”. Parte del dióxido de carbono emitido está siendo captado por los océanos, la biosfera y los suelos; pero cerca de la mitad se está acumulando en la atmosfera, habiendo originado un incremento de las



concentraciones de alrededor del 30% en los últimos 150 años. En el mismo periodo, la concentración de metano en la atmósfera aumentó en un 150% y la del óxido nitroso en un 16%. La prolongada permanencia de los GEI en la atmósfera hace que las emisiones tengan un efecto acumulativo. Esto, combinado con el retardo con que las temperaturas del sistema climático se acomodan a las nuevas concentraciones de los GEI, hace que los mayores efectos de las emisiones GEI se sientan después de varias décadas (Barrios, 2007).

- **Efectos del CO<sub>2</sub> en la Salud Humana:** según el Centro Canadiense de Seguridad y Salud Ocupacional, quienes realizaron un estudio de exposición en trabajadores expuestos a 3.3% o 5.4 % de CO<sub>2</sub> durante 15 minutos experimentaron profundidad aumentada de respiración. A 7.5%, una sensación de inhabilidad para respirar (disnea), ritmo aumentado del pulso, jaqueca, mareos, sudor, fatiga, desorientación y distorsión visual desarrollada. Veinte minutos de exposición a 6.5 o 7.5% disminuyeron el rendimiento mental. Se reportó irritabilidad y malestar con exposiciones a 6.5% por aproximadamente 70 minutos. Exposición a 6.0% por varios minutos, o 30% por 20-30 segundos, afectaron el corazón, según lo prueban los electrocardiogramas alterados. Los trabajadores expuestos brevemente a concentraciones muy altas mostraron daño en la retina, sensibilidad a la luz (fotofobia), movimientos oculares anormales, constricción de los campos visuales, y agrandamiento de puntos ciegos. Exposiciones hasta 3.0% por más de 15 horas, por seis días, resultaron en visión nocturna disminuida y sensibilidad al color. Exposición a 10% por 1.5 minutos provocó parpadeo ocular, excitación y actividad muscular aumentada y contracción. Concentraciones superiores al 10% provocaron dificultad para respirar, audición deficiente, náuseas, vómitos, sensación de estrangulamiento, sudor, estupor por varios minutos con pérdida de conciencia a los 15 minutos. Exposiciones al 30% rápidamente resultaron en inconsciencia y convulsiones. Varias muertes se atribuyeron a la exposición a concentraciones superiores del 20%. Los efectos del CO<sub>2</sub> pueden ser más pronunciados con esfuerzo físico, tal como trabajo pesado (CCSSO, 1997).

#### **1.6.2.2. Otros Impactos por Emisiones de los Motores Diesel**

Las emisiones del Diesel consiste en cientos de componentes en fase gaseosa, semi – volátiles y partículas sólidas que son producidas por la combustión del combustible fósil, la composición exacta de las emisiones depende de parámetros operacionales tales como: velocidad de operación, carga del motor, tipo de motor,

composición del combustible, temperatura del aire ambiental y la humedad relativa.

Los siguientes son impactos ambientales por emisión de los motores Diesel (LLOYD & CACKETTE, 2008):

- **Reducción de la visibilidad:** La disminución de la visibilidad (neblina urbana) es causada principalmente por partículas de  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$  y partículas orgánicas de carbón, formadas por reacciones atmosféricas de  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  y emisiones de hidrocarburos. Esta neblina se mide como el coeficiente de pérdida de luz, la cual se genera por la dispersión de la luz por parte de las partículas y los gases, esta dispersión y absorción depende del tamaño de las partículas, la cual puede cambiar de acuerdo a las características higroscópicas de las partículas y el incremento de la humedad en el ambiente; la absorción es debido mayormente a las partículas generadas por la combustión incompleta del Diesel.
- **Deterioro de infraestructuras:** La deposición de las partículas, aerotransportadas, en la superficie de los edificios, casas, vías e importantes monumentos, pueden causar deterioro, reducción de su vida útil y mala apariencia estética de estas estructuras. Las partículas generadas por las emisiones de los motores diesel son difíciles de remover y aceleran la corrosión de los metales y aunque estos mantengan alguna capa de protección, la concentración de los contaminantes disminuyera su eficacia.

### 1.6.3. USO DE MOTORES ELÉCTRICOS

Muchos dispositivos que ahorran tiempo de trabajo y que usamos a diario están activados por motores Eléctricos, en estos, el motor puede asumir un papel de respaldo proporcionando la energía para mantener funcionando un equipo complejo y como proveedor de energía mecánica. Lo destacable del motor Eléctrico es que genera su energía mecánica a partir de energía eléctrica.

Un Motor Eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos de los motores Eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. Los motores Eléctricos de tracción usados en locomotoras realizan a menudo ambas tareas, si se los equipa con frenos regenerativos (SPROULE, 2005).

Son ampliamente utilizados en instalaciones industriales, comerciales y particulares. Pueden funcionar conectados a una red de suministro eléctrico o

a baterías. Así, en automóviles se están empezando a utilizar en vehículos híbridos para aprovechar las ventajas de ambos.

Existen básicamente dos tipos de motores Eléctricos: *los motores simplificados de CA (corriente alterna) y los motores de inducción por dos polos.*

El motor simplificado de CA se compone de un magneto eléctrico colocado sobre un magneto permanente, montado en un pivote. Cuando la corriente es enviada a través del enrollado, el magneto permanente gira para que los polos opuestos se alineen. A medida de la CA cambia de dirección, el magneto permanente continúa girando para alinear los polos opuestos.

Mientras que el motor de inducción de dos polos tiene un estator que genera un campo magnético a través del rotor. La corriente eléctrica incide en el rotor crea un campo magnético que hace girar el rotor para alinearlo con los polos del estator, con cada ciclo de CA el rotor gira 360° (HENKENIUS, 1992).

#### **1.6.3.1. Fundamentos y Consideraciones sobre la eficiencia de un Motor Eléctrico**

La eficiencia se define como el cociente entre la potencia de salida y la potencia de entrada. Aunque la eficiencia de los motores Eléctricos es bastante superior a la de los motores a combustible, sus pérdidas son significativas y no se pueden despreciar. Todo motor Eléctrico tiene 5 componentes de pérdidas que inciden en su eficiencia, estas pérdidas son: Pérdidas del hierro, Pérdidas del cobre del estator, Pérdidas del cobre del rotor, Pérdidas por fricción y Pérdidas adicionales. Un usuario de motor Eléctrico se enfrenta a la evaluación energético-económico de un motor eléctrico y un motor a combustible, en muchos casos, el sobre costo del motor eléctrico se justifica con los ahorros de el costo de la energía, se debe tener en cuenta factores como horas de operación anual, costo de la energía eléctrica, período de amortización, tasa de impuestos, costos de capital y vida útil del motor (LEON & VIEGO, 1999).

#### **1.6.3.2. Beneficios y Ventajas de los Motores Eléctricos**

En la encuesta realizada por el equipo de estudio de este proyecto a HARRIS EQUIP (líder Mundial en la fabricación de maquinaria para la Industrialización de la chatarra), se tienen conceptos y ventajas de los motores eléctricos. Se utiliza un motor Eléctrico cuando el equipo va a quedar montado fijo en un solo lugar de trabajo, y para ello debe prepararse/adicionarse una fuente de alimentación de energía eléctrica que además del cortacircuitos y cableado podría exigir el uso de

un tablero de distribución y transformador dependiendo de cómo sea la red eléctrica de alimentación que posea el cliente (HARRIS EQUIP, 2012).

Ventajas: El motor Eléctrico generalmente es más eficiente, Eléctrico 97%, Diesel 25% a 30%; el motor eléctrico requiere menos mantenimiento. Los motores Eléctricos no se ven seriamente afectados por los cambios de altura de operación sobre el nivel del mar.

El motor Eléctrico es mejor y más amigable con el medio ambiente ya que no genera emisiones de gases de combustión a la atmósfera, a menos que para alimentarlo con electricidad se requiera usar una planta generadora de energía eléctrica que sin excepción alguna usará un motor de combustión interna a Diesel o a gas natural en el mejor de los casos.

Otras Ventajas:

- ✓ La posibilidad de recargarlo con energías renovables, (energía eólica y energía solar).
- ✓ La ausencia de emisión directa de gases efecto invernadero.
- ✓ El funcionamiento silencioso.
- ✓ La potencia del motor se transmite más fácilmente, aumentando el rendimiento en un 8%, ya que no hay pérdidas por rozamiento.
- ✓ El motor Eléctrico posee también una densidad de potencia mayor que un motor de combustión, lo que permite la producción e implantación de la misma potencia del motor en un espacio más reducido.
- ✓ Las dimensiones más reducidas del motor Eléctrico junto con un peso muy inferior, permite un ahorro de espacio de hasta un 50%, comparado con un motor de combustión tradicional.
- ✓ Un motor Eléctrico es mucho más barato que otro motor de combustión de igual potencia. Además, el ahorro económico es significativamente mayor en un motor Eléctrico.
- ✓ Los costos operativos son menores en un motor Eléctrico que en motor a combustión, los precios de los combustibles fósiles tienden al alza, la relación potencia/costo es mayor en un motor Eléctrico.

### **1.6.3.3. Desventajas de los Motores Eléctricos**

Los motores Eléctricos requieren de una instalación permanente eléctrica lo que se traduce en una desventaja ya que limitan el traslado o movimiento del equipo dentro del patio o de patio en patio por las obras civiles y eléctricas para montar y alimentar con energía eléctrica el equipo (HARRIS EQUIP, 2012).

#### **1.6.4. IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL CONSUMO DE ENERGÍA EN MOTOR ELÉCTRICO**

Los impactos ambientales asociados al consumo de energía por los motores Eléctricos, son de carácter indirecto y dependen del modo en el que se genera la energía eléctrica, sin embargo, la magnitud de los impactos ambientales generados, al comparar un motor Eléctrico con un motor Diesel por unidad de trabajo, son significativamente menor en el primero que en el segundo. El trabajo del Eléctrico es limpio, con cero emisiones y un nivel de ruido bajo, por lo que se eliminan, en la operación directa del motor, los impactos como la afectación a la salud, emisiones de GEI, acidificación de las lluvias, esmog fotoquímico, entre otros.

#### **1.6.5. CAPACIDAD PRODUCTIVA**

La capacidad es la tasa de producción, que puede obtenerse de un Proceso. Debe estar definida para unas condiciones precisas del sistema operacional, para un periodo de tiempo y según unas especificaciones de trabajo.

La tasa de uso de la capacidad: define el grado en que una empresa utiliza su capacidad, y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Capacidad utilizada / capacidad diseñada}$$

Esta tasa se expresa como un porcentaje, para lo que se requiere el numerador y el denominador se midan con unidades y períodos similares (HERNANDEZ, 1991).

##### **1.6.5.1. Avances de la Reconversión a Tecnologías Limpias en Colombia, progresos y limitantes.**

La recesión económica y la incertidumbre política del País aumentan el riesgo para todas las inversiones y la posición de competitividad y poca liquidez de las industrias Colombianas obligan al empresario a ser especialmente prudente. Varios autores justifican la lentitud en la reconversión tecnológica en los países en desarrollo, principalmente por la resistencia al cambio como un problema cultural y por la dificultad de acceso a información y a financiación, además, el enfoque hacia mercados locales reduce las exigencias ambientales que puedan presentarse hacia mercados globales (ARANGO, GUZMAN, & CORREA, 2000).

Los siguientes son algunos aspectos por los cuales se presenta algún tipo de motivación en la implementación de mejoras tecnológicas para promover la gestión ambiental.

Cumplimiento de la Normatividad: esta es la motivación más importante para realizar inversiones para PML, en empresas grandes o multinacionales este tema se ejecuta con mucho interés para evitar tener problemas con incumplimiento normativo y simplemente por este motivo se justifican las inversiones; para pequeñas y medianas empresas, las inversiones se realizan por presiones de las autoridades ambientales competentes, la comunidad local o la sociedad civil.

Aumento de la productividad, inversores y financiación: Los beneficios ambientales resultan consecuencia de procesos de reconversión industrial a tecnologías de punta y en muchas ocasiones pueden superar los requisitos normativos, las tecnologías desarrolladas en los últimos años permiten, por lo general, una transformación más eficiente de los insumos y materias primas convirtiéndolas en ambientalmente amigables. Más allá de un interés ambiental, la naturaleza de las empresas tiene por horizonte la mejora en la productividad, por esto se encuentran muchos casos de ecoeficiencia que se implementan pero que no se registran como tales sino que se ven sólo como mejoras tecnológicas empresariales.

Exigencias del mercado: generalmente se aplican a empresas que exportan sus productos a países desarrollados o a aquellas que son proveedoras de multinacionales, en las exigencias de los clientes, además de la calidad, se tiene en cuenta el desempeño ambiental de los proveedores requiriendo procesos más eficientes y ambientalmente seguros.

Factores económicos externos: los factores que incentivan las mejoras tecnológicas en Colombia son: el aumento en la tarifa del agua, energía y alcantarillado, tasas de uso tasas retributivas o por vertimiento disposición de residuos, costos de combustibles. Estos factores, aunque de manera incipiente pueden ofrecer ventajas competitivas en un mercado abierto y ganan espacio en las empresas motivando el cambio a tecnologías más eficientes.

Políticas corporativas: esta es una motivación eminentemente de empresas multinacionales, aunque viene incorporándose en empresas Colombianas, empresas grandes, donde se incluye el desarrollo sostenible como política empresarial.

Aunque se pueden considerar estas motivaciones como un importante punto de partida para un País en vía de desarrollo como lo es Colombia, es necesario ser objetivo y plantear que igualmente hay limitantes que frenan cada punto antes mencionado, para superar las barreras, es necesario contar con una excelente educación ambiental (información al ciudadano y al empresario), un seguimiento y

control eficaz, unos incentivos y ayudas pertinentes a las necesidades económicas y sociales del país.

Estas son algunas de las limitantes para la implementación de cambios tecnológicos e implementación de PML en el País:

- ✓ En Colombia, aún cuando se cuenta con un sistema normativo con un amplio espectro, las autoridades ambientales presentan una baja capacidad en las exigencias para el cumplimiento de la normatividad y en otros casos las normas no se establecen teniendo en cuenta aspectos económicos y sociales que limitarían su implementación.
- ✓ La base tecnológica de muchas empresas en Colombia es muy obsoleta, en las cuales, la reconversión parcial o implementación de sistemas de control permite alguna disminución de costos pero difícilmente genera aumentos significativos de la producción.
- ✓ Conseguir información acerca de las tecnologías más apropiadas es un cuello de botella que genera sobrecostos.
- ✓ Colombia NO es un País de “compradores verdes” que motiven a las empresas a implementar “procesos o productos verdes”, adicionalmente, los consumidores no reprenden los problemas ambientales de los productores ni se premia o castiga el desempeño ambiental de las empresas.
- ✓ El costo de los recursos naturales en Colombia no existe o es muy bajo lo que no motiva a los consumidores de los recursos a ser más eficientes en su consumo, además, existe un alto número de empresas informales que no incluyen en sus gastos el pago de los recursos por lo que no se consideran elementos importantes en las empresas para su gestión.

Como una respuesta a la solución de la problemática ambiental de los sectores productivos Colombianos, el Gobierno Nacional, ha definido dentro de sus políticas ambientales fundamentales incentivar “la prevención de la contaminación” en su origen, en lugar de tratarla una vez generada. Para lo anterior, el Plan Colectivo Ambiental considera el programa de Producción Más Limpia entre los prioritarios para el cumplimiento del objetivo específico de contribuir a la sostenibilidad de los sectores productivos, continuando con la implementación de la Política Nacional de Producción más Limpia, que se comenzó desde 1995 (TAMAYO, 2007).

- ✓ Entre los objetivos específicos del plan se tienen:
- ✓ Optimizar el consumo de recursos naturales y materias primas.
- ✓ Aumentar la eficiencia energética y utilizar energéticos más limpios.
- ✓ Prevenir y Minimizar la generación de cargas contaminantes.

- ✓ Prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales sobre la población y los ecosistemas.
- ✓ **Adoptar tecnologías más limpias y prácticas de mejoramiento continuo de la gestión ambiental.**
- ✓ Minimizar y aprovechar los residuos.

Los Planes de Reconversión a Tecnologías Limpias son una importante herramienta que ha definido el Gobierno, para que se tenga un conocimiento del *procedimiento para la presentación y evaluación de planes de reconversión a tecnologías limpias*: Lo anterior pretende servir de instrumento para guiar la decisión de las autoridades ambientales ante la solicitud de las fuentes fijas que pretendan adoptar tecnologías más limpias.

#### **1.6.6. POLÍTICA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

La UNEP (United Nations Environment Programme), define producción más limpia como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada, en los procesos productivos, los productos y los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los humanos y al medio ambiente.

En el caso de los procesos productivos se orienta hacia la conservación de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas, y la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones contaminantes y los desechos. En el caso de los productos se orienta hacia la reducción de los impactos negativos que acompañan el ciclo de vida del producto, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. En los servicios se orienta hacia la incorporación de la dimensión ambiental, tanto en el diseño como en la prestación de los mismos.

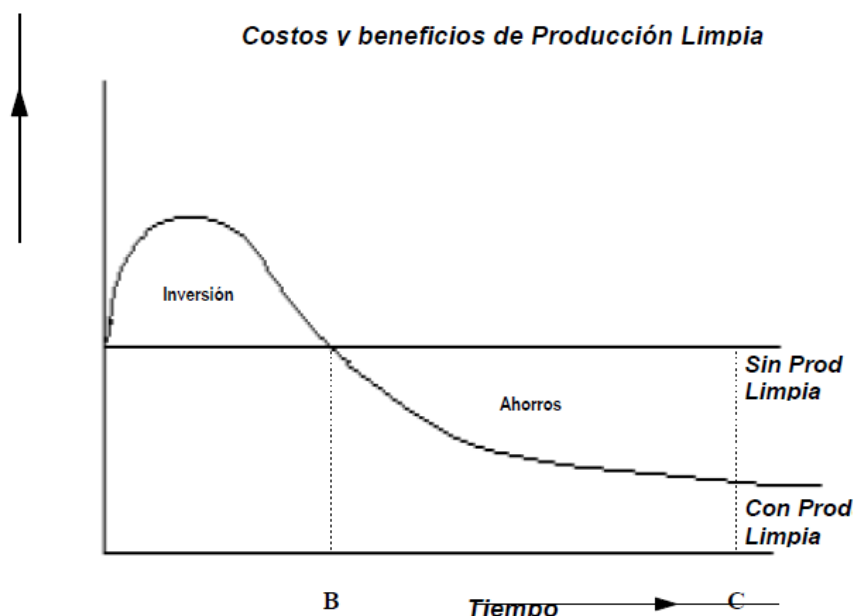
En la Política Nacional de Producción Limpia del Ministerio del Medio Ambiente, expresa que como cualquier inversión la decisión de invertir en producción más limpia depende de la relación costo-beneficio. En la práctica, frente a las restricciones de capital de inversión, se opta más por la adopción de estrategias ambientales correctivas (tratamiento al final de proceso), que estrategias preventivas, como es el caso de producción más limpia. Sin embargo, al comparar los cambios que se generan en la estructura de costos totales, cuando se decide invertir en producción más limpia y cuando no, se tiene que con el tiempo los costos disminuyen significativamente, debido a los beneficios generados a partir del aumento en la eficiencia de los procesos, los ahorros en el consumo de



materias primas y energía, y la disminución de residuos y emisiones contaminantes (MINAMBIENTE, 1997).

En la Ilustración 1-1, se evidencia que sin inversión en producción más limpia, la estructura de costos totales no presenta variaciones sustanciales en el tiempo, comportamiento que se puede representar por la línea horizontal. Cuando se toma la decisión de invertir en producción más limpia, al principio, las inversiones son significativas producto de las adaptaciones de estas nuevas tecnologías limpias al proceso productivo (que van desde el mismo costo del capital de inversión hasta disponer del “know how” técnico y gerencial), incrementando los costos totales. Gráficamente esto corresponde a la diferencia entre las curvas de costos totales sin inversión en producción más limpia y con inversión en producción más limpia, en el primer segmento. En el tiempo, el período de retorno de esta inversión varía y sólo a partir de la generación de los beneficios mencionados arriba, los costos totales disminuyen, obteniendo así los rendimientos esperados de esta inversión. Gráficamente estos ahorros en la estructura de costos se representan como la diferencia entre las dos curvas, en el segundo segmento de la gráfica.

**Ilustración 1-1. Costos y beneficios de la Producción Limpia**



Fuente: Polices and policy instruments to promote cleaner. Política Nacional de Producción Más Limpia. Santa fe de Bogotá 1997.

Así mismo en Colombia, en términos normativos ambientales, el Ministerio de Minas y Energía en su Resolución 18 0919 del 1° de junio de 2010, instaura un Plan de Acción Indicativo 2010 - 2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Fuentes no Convencionales de Energía (PROURE) con sus respectivas metas de reducción energética intersectorial, las cuales fueron modificadas por la Resolución 0186 de 2012 (Febrero 22) que trata el literal j) del artículo 6° del Decreto 2532 de 2001 y el literal e) del artículo 4° del Decreto 3172 de 2003, quedando como consiguiente:

Artículo 1°. Adoptar como metas ambientales, las metas de ahorro y eficiencia energética descritas a continuación:

**Tabla 1-3. Metas de ahorro de energía a 2015**

<b>SECTOR</b>	<b>META DE AHORRO DE ENERGÍA A 2015 (%)</b>	
Industrial	Energía eléctrica	3,43
	Otros energéticos	0,25
Transporte	Otros energéticos	0,33

Fuente: Resolución 0186 de 2012 Ministerio de MyE.

Parágrafo 1°. Las solicitudes que se presenten al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, para optar por la exclusión o deducción prevista en el literal j) del artículo 6° del Decreto 2532 de 2001, y el literal e) del artículo 4° del Decreto 3172 de 2003, deben enmarcarse en la Tabla 1-3, donde se establecen los siguientes subprogramas sectoriales y líneas de acción señalados en el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía no Convencionales, PROURE:

**Tabla 1-4. Subprogramas y línea de acción**

<b>SUBPROGRAMA</b>	<b>LÍNEA DE ACCIÓN</b>
<b>SECTOR INDUSTRIAL</b>	
<u>Optimización de uso de la energía eléctrica para fuerza motriz.</u>	<u>Promover la sustitución de los motores actuales por motores de alta eficiencia.</u>
Optimización de procesos de combustión.	Promover el aprovechamiento del calor residual generado en procesos de combustión.

Fuente: Resolución 0186 de 2012 Ministerio de MyE

<b>SUBPROGRAMA</b>	<b>LÍNEA DE ACCIÓN</b>
<b>SECTOR TRANSPORTE</b>	
Reconversión tecnológica del parque automotor	Promover la utilización eléctricos e híbridos en los sistemas de transporte masivo.
Modos de Transporte	Masificar el uso del tren
	Masificar sistemas de transporte limpio

Fuente: Resolución 0186 de 2012 Ministerio de MyE

Parágrafo 2º. Para la línea de acción "Masificar sistemas de transporte limpio" del subprograma "Modos de transporte" del sector transporte, se tendrán en cuenta solamente los vehículos eléctricos, híbridos y dedicados a gas natural que se destinen a la prestación de servicio público.

Artículo 2º. Adoptar como metas ambientales, las metas de participación de las Fuentes no Convencionales de Energía (FNCE) descritas a continuación en la Tabla 1-5.

**Tabla 1-5. FNCE Sistema interconectado nacional**

<b>Participación de las FNCE en el Sistema Interconectado Nacional</b>	
2015	3,5%
2020	6,5%
<b>Participación de las FNCE en las Zonas No Interconectadas</b>	
2015	20%
2020	30%

Fuente: Resolución 0186 de 2012 Ministerio de MyE

#### **1.6.7. ESQUEMAS DE FINANCIACIÓN PARA LA RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA EN COLOMBIA**

En Colombia existen diversos mecanismos para acceder a financiamiento económico y poder desarrollar procesos en los que se implementen tecnologías limpias, de bajo consumo y más eficientes, entre estas encontramos la línea de crédito ambiental LCA.

La LCA tiene por objetivos: *Incentivar la adopción de formas de producción industrial sostenible mediante la inversión en tecnologías amigables con el medio ambiente (ESTs), incluyendo procesos eco-eficientes y tecnologías “end of pipe” (“final del tubo”); Mejorar la competitividad de las PyMEs a través de la inversión en tecnologías más eficientes y más limpias (CNPMAL-TA, 2003).*

La línea de crédito ambiental es parte del programa de cooperación económica de Suiza a favor de Colombia. La línea funciona como producto de crédito normal ofrecido por los bancos locales participantes, para financiar procesos de reconversión industrial en PYMES existentes.

Como incentivo, el Gobierno Suizo aporta recursos que permiten un reembolso de hasta 25% del crédito, según el porcentaje de reducción del impacto ambiental del proyecto.

La medición del impacto ambiental está realizada por el Centro Nacional de Producción más Limpia (CNPML).

El préstamo de la LCA es especialmente diseñado para inversiones de reconversión industrial que consigan un impacto positivo en el medio ambiente, el % subsidiado depende del impacto ambiental reducido.

Los incentivos de la LCA son los reembolsos de hasta el 25% del valor del crédito/leasing financiero que se otorga gracias a los recursos entregados por la Secretaría de Estado para Asuntos Económicos de Suiza – SECO.

Es necesario que se cumplan los siguientes requisitos, por parte de las PyMEs para aplicar al crédito:

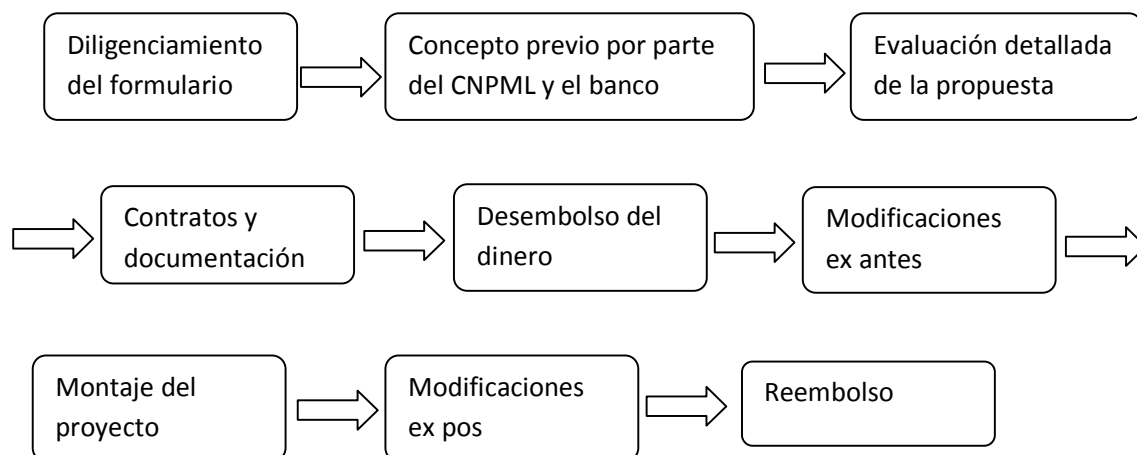
- ✓ PYMES de los sectores industrial, agro-industrial y servicios.
- ✓ Más de 75% de capital local, Menos de 15 mil millones de pesos (USD\$ 7.5 m) de activos totales.
- ✓ Empresa existente, con más de 6 meses de constitución y operación.
- ✓ En cumplimiento de la normatividad, incluso ambiental.
- ✓ Capacidad de endeudamiento (sujeto de crédito).
- ✓ Los proyectos deben ser:
- ✓ Proyectos de reconversión tecnológica (cambios internos de procesos) que conduzcan a una reducción significativa del impacto ambiental.
- ✓ Tecnología que sea la “mejor aplicable” en el País (nueva o de segunda mano).

Existen varios casos que demuestran la implementación de los incentivos como lo son:

- ✓ Hotel Pacífico Royal
- ✓ Fatextol
- ✓ Ladrilleros San Cristóbal
- ✓ Metalnodul LTDA
- ✓ Grapas y Puntillas El Caballo

El procedimiento para el desarrollo del proyecto con LCA se evidencia en la ilustración 1-2:

### Ilustración 1-2. Proceso del desarrollo de un proyecto con LCA



Fuente: La Línea de Crédito Ambiental, Thierry Buchs, Jefe de la Cooperación Económica al Desarrollo, Bogotá, Octubre 2011.

#### Otras Fuentes de Cooperación Multilaterales

Además de la LCA, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS en coordinación con la Agencia Presidencial para la Acción Social y la Cooperación Internacional, cuenta con fuentes de cooperación las cuales la mayoría son del nivel internacional y solo algunas de carácter nacional, con las cuales se han venido desarrollando proyectos en todas las áreas misionales del MADS, de esta manera se han llevado a cabo proyectos para el fortalecimiento institucional, la protección de ecosistemas estratégicos y de protección de la biodiversidad, del conocimiento tradicional, proyectos de adaptación al cambio climático, proyectos de energías renovables, de protección, restauración y manejo de cuencas y fuentes de recurso hídrico, protección de ecosistemas de alta montaña, programas de desarrollo territorial, manejo sostenible de los bosques y apoyo a las comunidades locales, programas de educación y de fortalecimiento institucional entre muchos otros, los cuales han apoyado en gran medida el desarrollo ambientalmente sostenible de nuestro país.

Entre las fuentes más importantes con las que cuenta Colombia, actualmente están:

El Banco Mundial BM: Su misión se centra en contribuir al crecimiento sostenible del País mediante el apoyo a una mejor infraestructura; al mejoramiento de la competitividad, promoviendo ajustes financieros; al desarrollo del sector privado; al manejo sostenible del medio ambiente y de los recursos naturales, a la prevención

y manejo de desastres naturales entre otros; acciones apoyadas en fondos globales y regionales.

El Banco Interamericano de Desarrollo BID: Ha hecho especial énfasis en la protección y gestión medio ambiental; el desarrollo social, la protección y la generación de ingresos para población vulnerable, busca mejorar la gobernabilidad del país y apoyar el proceso de modernización del Estado.

La Corporación Andina de Fomento CAF: Promueve y financia programas y proyectos que contribuyan al cumplimiento de los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo de los países; por ejemplo, proyectos de infraestructura pública sostenible para la integración física del país, apoyo a la producción, y a la logística regional y a la prevención, adaptación y mitigación del calentamiento climático global.

La Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO: Tiene como propósito, promover el manejo sostenible e integrado de Áreas Protegidas, particularmente aquellas localizadas en tierras indígenas y comunidades campesinas de América Latina; adicionalmente, impulsa la implementación de los sistemas de Información para los Parques Nacionales Naturales y otras Áreas Protegidas en América Latina y el Caribe.

Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal: Promueve el desarrollo y ejecución del Plan de eliminación de sustancias agotadoras de la capa de Ozono, con el apoyo de los diversos sectores productivos y de servicios.

Fondo para el Medio Ambiente Mundial -FMAM (GEF por sus siglas en inglés), Es un Fondo constituido para atender problemas específicos globales o regionales como: la conservación de la biodiversidad, el manejo integrado y ambiental sostenible de aguas internacionales, ecosistemas de agua dulce y cuencas, además de promover proyectos orientados a la prevención de los impactos, adaptación y mitigación del calentamiento global, a la disminución de sustancias agotadoras de la capa de ozono; y a la disminución de los procesos de degradación de la tierra (desertificación y deforestación), entre otros. (Ver en detalle en este sitio FMAM).

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, (UNEP): Contribuye a dar solución a los principales problemas ambientales de los países y a fortalecer los instrumentos normativos y de gestión; contribuye al desarrollo e intercambio científico y tecnológico entre Países; promueve el desarrollo de tratados ambientales internacionales y contribuye al incremento de

las capacidades nacionales para enfrentar estos problemas; apoya la incorporación de las consideraciones ambientales a las políticas y los programas sociales y económicos del sistema de Naciones Unidas.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO): La UNESCO ha desarrollado programas orientados a la gestión integral y sostenible de los recursos naturales del planeta; reforzando las capacidades científicas y tecnológicas de los países en desarrollo. Su principal énfasis es la gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos continentales y marinos como estructuras de soporte de la vida y de los procesos de desarrollo; igualmente la formulación de políticas sobre ciencia, tecnología y cultura; el fomento de la ciencia y las tecnologías apropiadas para viabilizar el desarrollo sostenible, el aprovechamiento y la gestión de los recursos naturales, la preparación de recursos humanos para los casos de catástrofe y la mitigación de sus efectos y la búsqueda de fuentes de energía renovables.

WWF Fondo Mundial para el Medio Ambiente: Los programas de cooperación están orientados a la conservación de la biodiversidad, desarrollo sostenible, cambio climático, bosques, conservación marina, protección y conservación de los bosques tropicales, entre otros.



## **2. CAPITULO II - ANÁLISIS PRODUCTIVO HISTÓRICO DEL PROCESO DE COMPACTACIÓN CON MOTOR DIESEL.**

Entendida las generalidades del proyecto de investigación, en este Capítulo II, se realizará un análisis productivo histórico del proceso de compactación con motor Diesel con base a los datos suministrados en campo por la empresa Promatin S.A.

Según la Casa Matriz de Promatin S.A. (Ternium Largos Manizales), considera fundamental la actividad del reciclaje de chatarra ferrosa (acero desgastado), el cual consiste en darle un nuevo uso al acero que ha sido procesado por alguna actividad. Además, debido a sus propiedades, el acero puede ser reciclado de forma infinita para convertirse en envases de comidas, pinturas, lubricantes y en este caso en acero industrial para la construcción. De esta manera, se disminuye la presencia de material reutilizable en los rellenos sanitarios y en vertederos ilegales, igualmente se logra un ahorro energético de un 70.0%. La Siderúrgica Mundial a partir de la chatarra ahorra un consumo eléctrico equivalente al que registran 110 millones de hogares, mientras que el consumo de agua se ve reducido en un 40.0%.

Además, la fabricación de acero a partir de chatarra ferrosa permite reducir en más de un 90% la contaminación generada por la extracción de minerales de Hierro, genera empleos en PYMES y consolida buenas prácticas ambientales a nivel local, regional y nacional como es el caso de Promatin S.A.

Para la elaboración del análisis productivo histórico del proceso de compactación de chatarra a través de una “Prensa R&R a motor Diesel en estado estacionaria”, es necesario definir con claridad los siguientes aspectos:

- **Siderúrgica Semi – Integrada**

Se refiere Siderúrgica Semi – Integrada, cuando alguna etapa productiva (Preparación de Chatarra, Acería, Afinación de Acero y Producto Terminado) de la Siderúrgica se encuentra aislada de la misma, es el caso de Promatin S.A., ubicada en Sabaneta Antioquia, que tiene como actividad la Preparación de Chatarra, para suministrar materia prima óptima a la Siderúrgica de Caldas S.A.S ACASA, hoy en día llamada Ternium Largos Manizales.

Promatin S.A. es pionera a nivel nacional en dicha actividad y la única en dedicarse 100% al despacho de chatarra preparada.

- **Proceso de Compactación**

Dentro de la Preparación de Chatarra, existe un proceso productivo denominado "Compactación de Chatarra", que según la Norma de Calidad de la Empresa Promatin S.A., es el proceso mediante el cual, la chatarra previamente seleccionada y separada, es colocada en los compartimientos de cada máquina con la ayuda de Retroexcavadora según el caso para hacer compactada y obtener finalmente Producto Terminado "Chatarra en Paca" para su posterior fusión en la Acería (GIRALDO A. , 2005).

- **Compactadora en estado estacionaria**

Cuando se refiere al término "Compactadora Estacionaria", significa que el equipo de trabajo va a quedar fijo o anclado en un solo lugar, es decir, inmóvil.

- **Paca de Chatarra**

Producto terminado elaborado por el método de compactación física de chatarras ferrosas livianas, de dimensiones y características específicas.

- **Instructivo Técnico de Manejo**

La Compañía Promatin S.A. en su Instructivo de Trabajo, define el siguiente procedimiento para la fabricación de pacas de chatarra en Prensa R&R (GIRALDO A. , 2005):

- ✓ El operador de la máquina R&R acciona el control hidráulico que permite la apertura de las compuertas superiores.
- ✓ Con la ayuda de la Retroexcavadora se selecciona y llena el compartimiento de chatarra para compactar.
- ✓ El operador procede a separar los materiales no conformes (materiales no metálicos y metales no ferrosos), cerrar las compuertas y determina si es necesario adicionar más chatarra.
- ✓ Con las compuertas cerradas, se procede a accionar el control de cilindro de empuje horizontal, hasta alcanzar la presión máxima de compactación.
- ✓ Se abren las compuertas superiores y mediante el cilindro de empuje horizontal o con acción de la Retro se extrae la paca producida y se coloca en la zona de almacenamiento de P.T.

En entrevista al Ingeniero de Minas y Metalurgia Alonso Giraldo M. Gerente General de Promatin S.A.; manifiesta que desde el inicio de la Organización en Septiembre de 2001, el proceso de compactación de chatarra se ha realizado a través de una Prensa denominada "COHA", con una productividad promedio

mensual para el 2011 de 183.4 Ton. A mediados de Junio de 2010 y apostando al mejoramiento continuo, se adquirió la “Prensa R&R a motor Diesel”, equipo estudio de este proyecto de investigación.

## **2.1. PRODUCTIVIDAD DE COMPACTADORA R&R A DIESEL AÑO 2011**

Promatin S.A. considera los siguientes productos terminados:

- ✓ Chatarra en Paca
- ✓ Chatarra especial por Oxicorte
- ✓ Chatarra Menuda

La Tabla 2-1, considera los siguientes aspectos y variables para obtener los índices productivos de fabricación y despacho de Chatarra en Paca en Prensa R&R:

Producción mensual, porcentaje equivalente a pacas de chatarra provenientes de la Prensa R&R, porcentaje en tiempo programado, producción efectiva en términos de chatarra compactada, consumo específico de ACPM por producción y consumo absoluto de ACPM por mes.

Resumen de Índices:

- ✓ Toneladas mensuales compactadas (Ton / mes).
- ✓ Porcentaje de Producto Terminado referente a pacas de chatarra (%).
- ✓ Porcentaje de utilización de tiempo programado (Tiempo Trabajo / Tiempo Programado).
- ✓ Producción efectiva en términos de Chatarra Compactada (Ton / Hr).
- ✓ Consumo específico en términos de ACPM por Tonelada Compactada (Gal / Ton P.T.).
- ✓ Consumo absoluto en términos de ACPM por mes (Gls / mes).

**Tabla 2-1. Productividad del proceso de compactación año 2011**

INDICES DE GESTION PROMATIN S.A 2011														
Nº	INDICADORES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom Año
<b>DESPACHOS DE P.T. , TON</b>														
	Pacas Prensa R & R	206	139	485	557	602	78	165	706	910	592	496	401	446,0
<b>DESPACHOS DE P.T. , %</b>														
	Pacas Prensa R & R	13,9	17,8	27,3	31,1	25,8	5,7	13,6	41,8	48,8	47,8	44,8	35,4	28,7
<b>COMPACTADORA R &amp; R No 2</b>														
	Utilización (Tiempo Programado) %	59.9	76.6	66.7	83.4	84.8	62.0	75.8	75.8	80.9	80.8	82.2	75.9	76.4
	Producción Efectiva Ton / hr	1.3	1.9	1.9	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.9	2.0	2.1	1.9
	ACPM Gal / Ton	1,2	1,6	0,8	0,8	1,0	0,8	0,4	0,8	0,7	0,8	0,9	0,8	0,9
	ACPM Gal / Mes	244,0	229,0	405,0	465,0	583,0	59,0	72,0	565,2	637,1	474,0	446,8	321,2	375,1

Fuente: Empresa Promatin S.A.

Mientras que la Tabla 2-2, considera las siguientes variables y aspectos para obtener los índices asociados al Mantenimiento en la Prensa R&R:

Paros en minutos por; falta de Retro, Mantenimientos mecánicos y eléctricos y revisiones, consolidado de número de paros, número de pacas de chatarra, producción mensual de pacas, tiempo efectivo en horas, producción efectiva, promedio de pacas en términos de tiempo y horas programadas.

Resumen de Índices:

- ✓ Paros en minutos por falta de Retro
- ✓ Paros en minutos por mantenimientos Mecánicos
- ✓ Paros en minutos por mantenimiento Eléctrico
- ✓ Paros en minutos por revisión
- ✓ Número de Paros
- ✓ Numero de Pacas de Chatarra
- ✓ Toneladas mensuales compactadas (Ton / mes)
- ✓ Horas efectivas (Hr reales / Hr programadas)
- ✓ Producción efectiva en términos de Toneladas Hora (Ton / Hr)
- ✓ Promedio de número de pacas Hora (Pacas / Hr)
- ✓ Horas programadas.

**Tabla 2-2. Informe de producción - Compactadora resumen año 2011**

Fecha		Paros (Minutos)					# Total	#	Producción	Horas	Ton	Promedio	Horas
Mes	Nº	Falta de Chatarra	Falta de Retro	Mecánico	Eléctrico	Revisión	Paros	Pacas	Ton	Efectivas	Horas	Pacas / Hora	Programadas
Enero	1	180	0	120	0	3480	60	1530	207	158	1,3	9,7	264
Febrero	2	0	840	300	0	3075	73	1031	139	74	1,9	13,9	96
Marzo	3	0	7250	0	0	0	114	3596	485	259	1,9	13,9	388
Abril	4	0	2180	0	0	0	41	4131	558	290	1,9	14,2	348
Mayo	5	0	2885	0	0	180	51	4464	603	336	1,8	13,3	396
Junio	6	300	0	1440	0	5220	116	582	79	42	1,9	13,9	76
Julio	7	0	150	0	0	3035	53	1223	165	85	1,9	14,4	137
Agosto	8	0	5960	0	0	600	109	5233	707	376	1,9	13,9	496
Septiembre	9	0	3715	0	0	30	62	6277	911	492	1,8	12,8	608
Octubre	10	0	2710	0	0	330	52	4086	592	309	1,9	13,2	382
Noviembre	11	0	2035	85	0	0	34	3424	496	244	2,0	14,0	298
Diciembre	12	0	5905	0	0	450	106	2769	402	189	2,1	14,7	249
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>480</b>	<b>33480</b>	<b>2095</b>	<b>0</b>	<b>16220</b>	<b>872</b>	<b>38346</b>	<b>5342</b>	<b>2854</b>	<b>1,9</b>	<b>13,5</b>	<b>3738</b>
									% Uso efectivo	76,36	171.240	←	Minutos. Prensa

Fuente: Empresa Promatin S.A.

Al analizar las Tablas 2-1 y 2-2, se evidencia que el tiempo efectivo fue un 76% del tiempo programado, esto debido a los siguientes eventos: falta de retro para la carga, mantenimiento mecánico y revisiones al motor. En lo pertinente al análisis para este trabajo los paros por mantenimiento y revisiones suman un total de 306 horas, lo que equivale aproximadamente a dejar de producir 4131 pacas de P.T que corresponden a 578 Ton.

La producción efectiva para la prensa R&R es en promedio 1,9 Ton / hr, esto con una eficiencia del 29% para este motor. Es de esperar que, si el motor eléctrico tiene una eficiencia máxima del 98% y se presentan menos paros y en relación directa con respecto a la producción, se incrementa a 6,42 Ton/ hr.

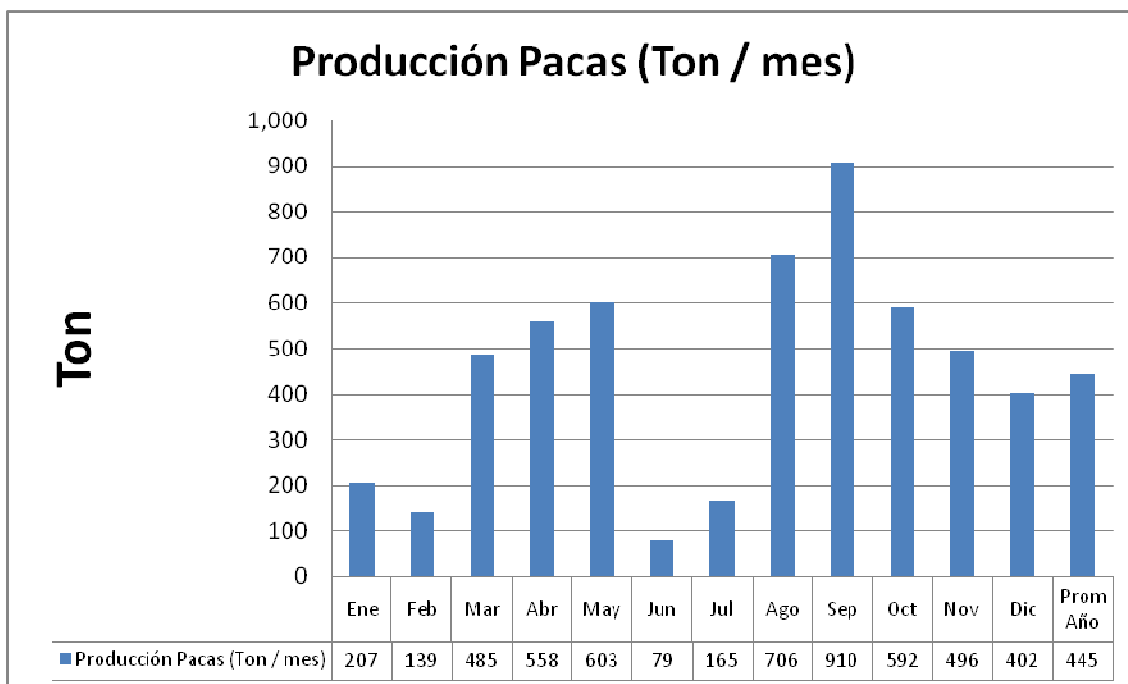
Dentro de los paros por mantenimiento están aquellos que se realizan para el llenado de combustible, con el uso del motor eléctrico se eliminarían los paros de este tipo.

En la Ilustración 2-1, se grafican los aspectos estudio de este capítulo con base a la Tabla 2-1.

En términos productivos, en la ilustración 2-1, se observa que el pico más alto de producción se dio en Septiembre con un valor de 910 Ton y la producción mínima se presentó en Enero, Febrero, Junio y Julio con valores de; 79, 139, 165 y 207 Ton respectivamente. Podemos relacionar los picos máximos y mínimos con el tiempo perdido debido a los paros por mantenimientos y revisiones.

En cuanto al porcentaje de despacho de Producto Terminado, Septiembre represento el 49% del total de producto despachado por Promatin S.A.

**Ilustración 2-1. Toneladas de chatarra compactada por mes en el año 2011**



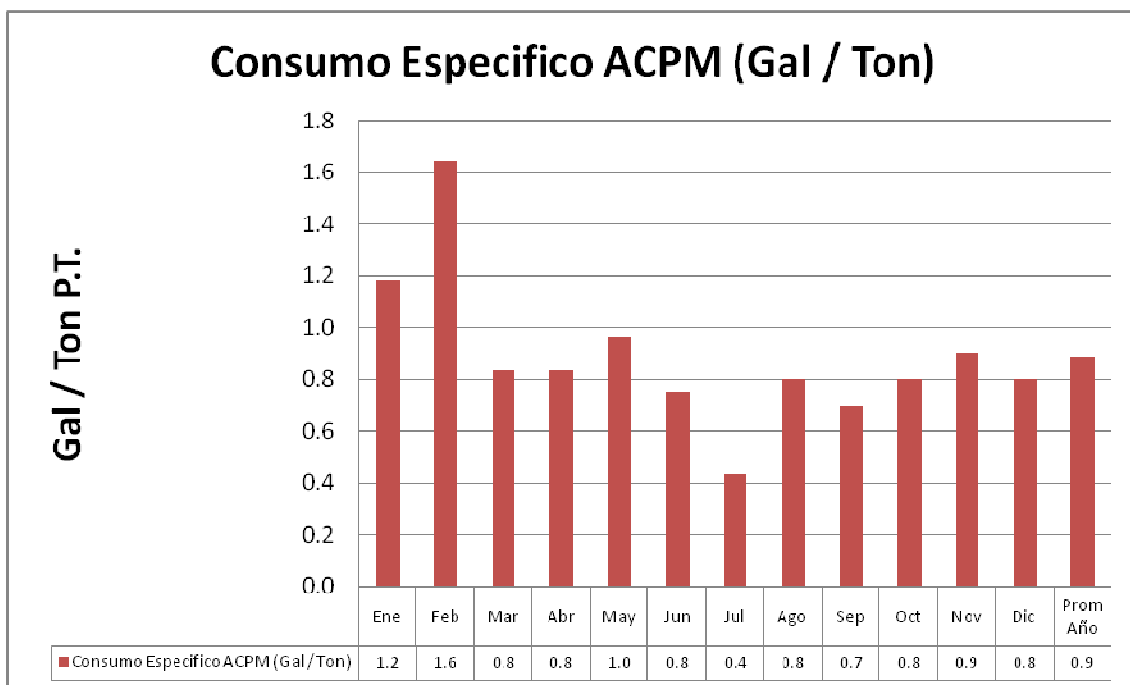
Fuente: Empresa Promatin S.A.

Mientras que en la ilustración 2-2, se muestra que el consumo específico promedio de ACPM fue de 0.9 Gal / Ton. Para Septiembre, la relación entre los galones de ACPM consumidos y el total de Ton producidas, estuvo por debajo del consumo promedio anual, debido a que se dio un mejor uso del motor al presentarse un mínimo de paros por mantenimientos y revisiones, es decir, Septiembre fue el mes más eficiente en la relación consumo de Combustible/ Producción.

Considerando que, con el motor eléctrico se presentarían menos paros, se espera que la relación mencionada, igualmente se incremente.



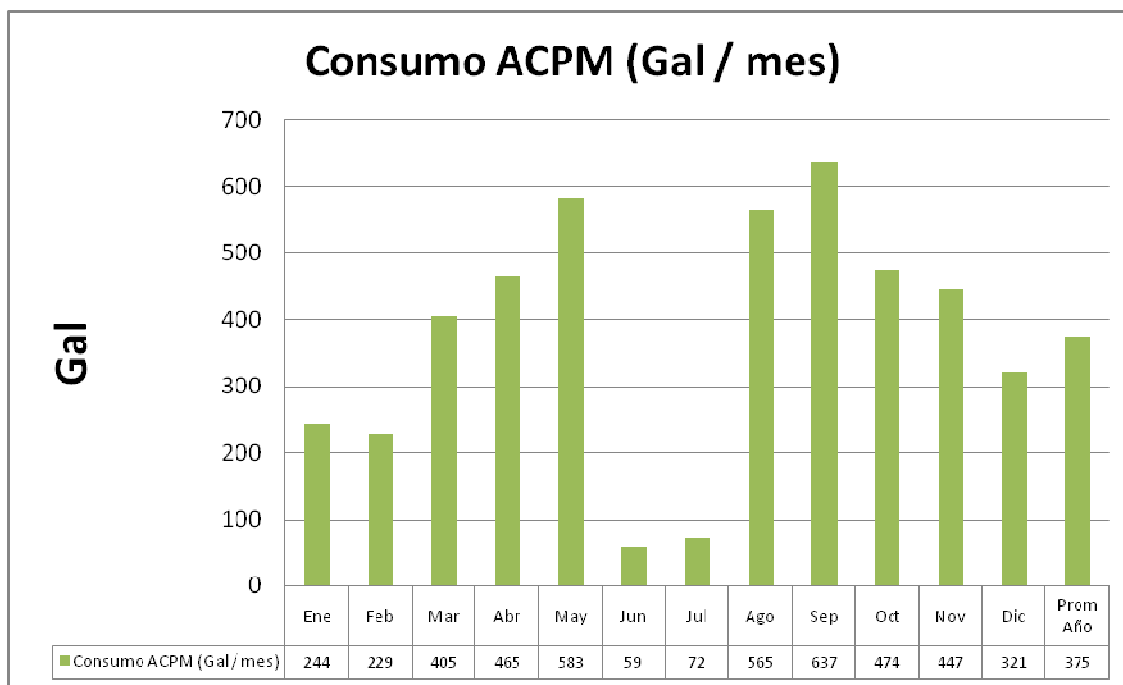
**Ilustración 2-2. Consumo específico de combustible en el Año 2011**



Fuente: Empresa Promatin S.A.

La Ilustración 2-3, determina que los consumos de ACPM están directamente relacionados con la Producción representada en la Ilustración 2-1 El valor promedio mensual consumido, será el usado en el análisis de impactos ambientales orientados al cálculo orientado a la huella de carbono que se desarrollará en el siguiente capítulo.

**Ilustración 2-3. Consumo absoluto de combustible en el año 2011**



Fuente: Empresa Promatin S.A.

### 3. CAPITULO III - ASPECTOS TECNICOS

Con base al análisis histórico productivo de la Prensa R&R abordado en el capítulo anterior, se pretende identificar los aspectos técnicos del estudio de este proyecto.

En la Tabla 3-1, se presentan los aspectos técnicos de cada Motor correspondiente a la situación actual de la empresa y a la propuesta por este proyecto de investigación.

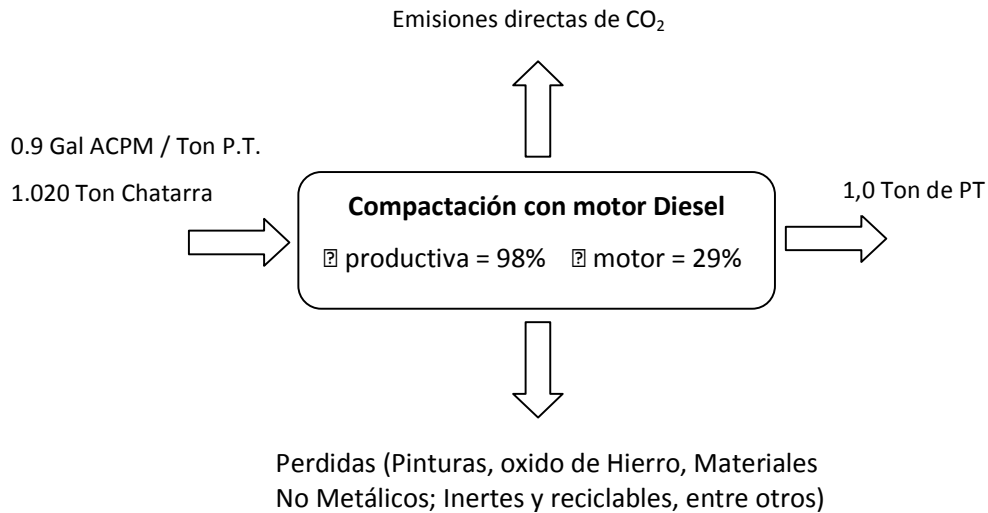
**Tabla 3-1. Aspectos Técnicos de los Motores**

ITEM	SITUACIÓN ACTUAL	SITUACIÓN PROPUESTA
<b>Motor</b>	DIESEL	Eléctrico
<b>Marca</b>	PERKIN	SIEMENS
<b>Fuente Energética</b>	ACPM	Energía Eléctrica
<b>Consumos</b>	0,9 Gal / Ton	8,7 KW.h / Ton
<b>Pcc. Ton / hr</b>	1,7	3,0
<b>Eficiencia Motor</b>	29%	98%

Fuente: Empresa Promatin S.A. vs Catalogo de Motores Eléctricos SIEMENS

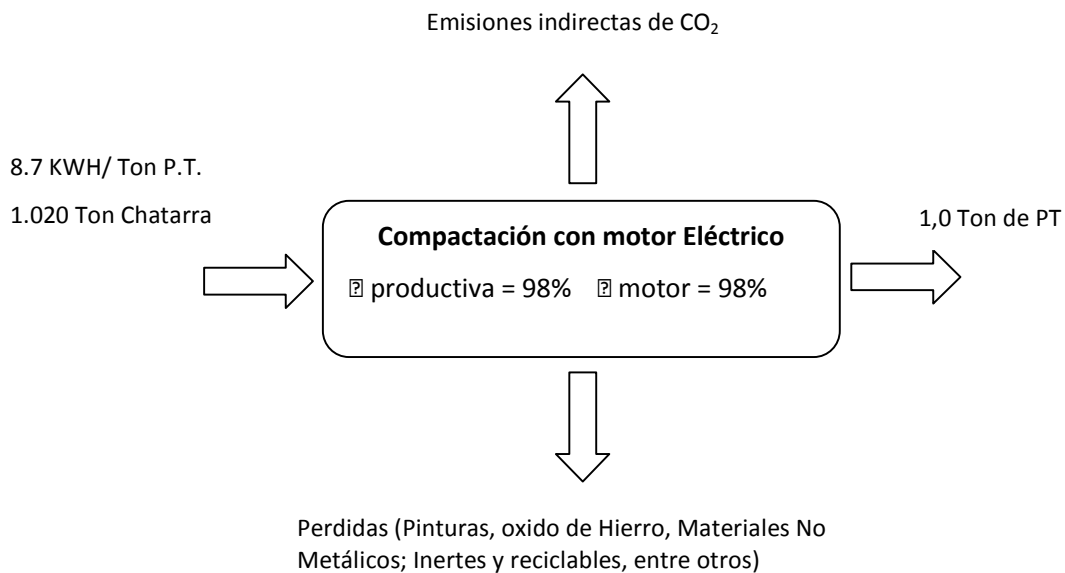
En las Ilustraciones 3-1 y 3-2, se determina el diagrama de flujo para el proceso productivo con ambos motores

### Ilustración 3-1. Diagrama de flujo para proceso de compactación con motor Diesel



Fuente: Propia

### Ilustración 3-2. Diagrama de flujo para proceso de compactación con motor Eléctrico



Fuente: Propia

Es importante tener claridad que independientemente del motor que se utilice en el proceso de compactación, el balance de materiales (chatarra) tendrá una eficiencia del 98%.

### **3.1. EFICIENCIA PRODUCTIVA – TIEMPO EFECTIVO**

La Prensa R&R con motor a Diesel necesita de un tiempo efectivo de 1.0 hora para producir 1.9 Ton P.T., ya que su operación establece paros programados por mantenimientos preventivos y llenados de combustible, adicionalmente se pueden presentar paros no programados para mantenimientos correctivos y la eficiencia del motor es baja. La suma de estos eventos genera un significativo tiempo No efectivo que limita la productividad del proceso.

Mientras que, de acuerdo a las especificaciones técnicas para el motor Eléctrico y los análisis previstos en este estudio, para una eficiencia del 98%, se lograría obtener un tiempo efectivo de 1.0 hora para producir 6.42 Ton P.T., es decir, reducir el tiempo efectivo en 0.30 horas para producir 1.9 Ton P.T. si se compara con un motor Diesel.

En términos productivos, si se relaciona únicamente las eficiencias de los motores, la Prensa R&R a Diesel produjo en promedio 445 Ton P.T / mes a una eficiencia del 29% (Enero – Diciembre de 2011). Se espera que la operación con motor Eléctrico, a una eficiencia del 98%, logre aumentar la producción a un promedio de 1504 Ton P.T / mes.

### **3.2. ANALISIS DE IMPACTOS AMBIENTALES ORIENTADOS AL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO**

Para tener una visión más amplia al realizar una comparación desde el punto de vista ambiental en cuanto a los impactos que genera un motor diesel y un motor eléctrico se establece realizar un paralelo entre las emisiones de CO<sub>2</sub> que tienen cada uno de los motores a lo largo de su ciclo de vida.

#### **3.2.1. Objetivo del Cálculo de la Huella de Carbono (HC)**

Determinar las emisiones de CO<sub>2</sub> de un motor Diesel y un motor Eléctrico.

#### **3.2.2. Alcance**

Para el cálculo de la HC se compararán dos tipos de motores, un motor que trabaje con Diesel y otro con energía eléctrica, en el cual solo se tendrá en cuenta la variable ambiental y económica (no análisis social), se analizarán solo los aspectos de cada etapa en lo referente a emisiones de CO<sub>2</sub> generados por el uso de combustibles y energía eléctrica. Para los datos de entrada, se utilizará factores de emisiones locales y de otros países que tengan similitud a la zona de estudio.

El análisis se realizará en las siguientes etapas: extracción de los materiales, uso, mantenimiento y disposición final del motor, de acuerdo con lo anterior se utilizarán bases de datos pertinentes a los componentes ambientales de cada etapa.

En la etapa de extracción se considerarán las materias primas que tiene un mayor porcentaje en cada motor, de acuerdo sus descripciones técnicas.

Es importante resaltar que en la etapa de uso el alcance se establece para las emisiones generadas por la compactación, mientras que en el mantenimiento se analizara el uso de los aceites para el cárter y el tratamiento de residuos.

Todas las emisiones se llevan a Kg de CO<sub>2</sub> Equivalentes dado a que el enfoque del análisis se plantea bajo el esquema de la huella de carbono.

### **3.2.3. Límites del sistema para el análisis**

Como se menciona en el alcance, el estudio se realizará para las siguientes etapas del proceso:

Extracción de la materia prima para la fabricación de los componentes de cada motor (partes metálicas; Hierro Gris y Acero), los materiales de acuerdo a las fichas técnicas de cada motor.

Uso de los motores en el proceso de compactación de chatarra para la empresa.

Mantenimiento de los motores y el manejo de los residuos de estos mantenimientos.

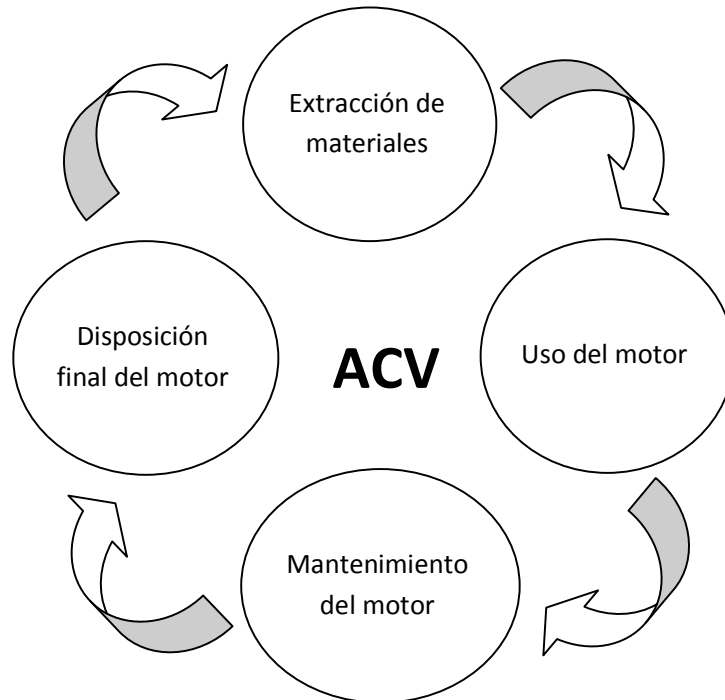
Tratamiento o disposición final, de acuerdo al manejo de que se le dé al motor en su etapa de desecho.

### **3.2.4. Unidad funcional del proceso**

La unidad funcional que se utilizará en el análisis se define como las emisiones de CO<sub>2</sub> que se generan por la vida útil de cada motor (25 años para el motor Eléctrico, 20 años para el motor Diesel).

En la ilustración 3-3, se definen las etapas de ACV estudio de este proyecto.

**Ilustración 3-3. Etapas del ACV para el proyecto**



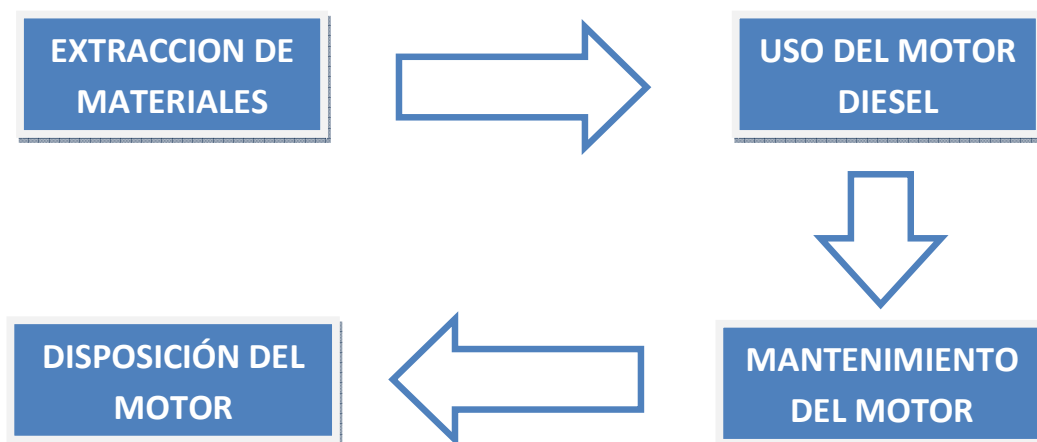
Fuente: Propia

Los valores a utilizar serán aquellos significativos para el estudio, con valoraciones que presenten un aporte considerable a las emisiones de CO<sub>2</sub> en las etapas.

### **3.3. ENTRADAS Y SALIDAS PARA MOTOR DIESEL ENFOCADO AL ANÁLISIS POR HUELLA DE CARBONO**

En la ilustración 3-4, se define el diagrama de flujo de las etapas ACV para motor Diesel.

**Ilustración 3-4. Diagrama de flujo de etapas ACV para motor Diesel**



Fuente: Propia

En la Tabla 3-2, se establece el Inventario para motor Diesel enfocado al análisis por Huella de Carbono.

**Tabla 3-2. Entradas y salidas para las etapas del ACV de motor Diesel**

ENTRADAS	ETAPA	SALIDAS
- COMBUSTIBLE - ENERGIA ELECTRICA	EXTRACCION DE MATERIALES	- EMISIONES DE CO <sub>2</sub> EQ
- COMBUSTIBLE	USO DE MOTOR DIESEL	- EMISIONES DE CO <sub>2</sub> EQ
- INSUMOS - ACEITE	MANTENIMIENTO DEL MOTOR	- EMISIONES DE CO <sub>2</sub> EQ
- RESIDUOS DE MOTOR DIESEL	DISPOSICION FINAL DEL MOTOR DIESEL	- EMISIONES DE CO <sub>2</sub> EQ

Fuente: Propia

### 3.3.1. Extracción de Materiales (Hierro Gris y Acero)

El hierro gris y el acero corresponden al 97% (582 kg) del peso total para el motor Diesel, discriminado así: el 68% (408 Kg) del peso del motor es hierro gris y el 29% (174 kg) es acero, las entradas de combustible y energía, se calculan para las cantidades de hierro gris y acero en el motor.



Para el acero se tienen las emisiones generadas en su extracción y producción para una tonelada de producto (ISSF, 2010), FE = 3810 Kg CO<sub>2</sub>/ Ton de acero.

Igualmente, los datos para el hierro gris, igualmente se tiene las emisiones por tonelada de producto, FE = 3009,8 Kg CO<sub>2</sub>/ Ton hierro gris.

$$KgCO_2 = FE * Kgdematerial$$

Para el Acero:

$$Kg CO_2 = \frac{3810 KgCO_2}{1 tondeacero} \times \frac{0,174 tonacero}{motor}$$

$$KgCO_2 = 662,94$$

Para el Hierro Gris:

$$\frac{3009,8 KgCO_2}{1 tondehierro gris} \times \frac{0,582 ton hierro gris}{motor}$$

$$KgCO_2 = 1751,70$$

En la Tabla 3-3, se establecen las siguientes entradas y salidas para la extracción de materiales del motor a Diesel.

**Tabla 3-3. Entradas y salidas para la extracción de materiales del motor Diesel**

ENTRADAS (hierro gris)		SALIDA (hierro gris)	
Combustible (Gal/motor)	796	CO <sub>2</sub> (kg/motor)	1751,7
Energía eléctrica (KW.h/motor)	8.280		
ENTRADAS (acero)		SALIDA (acero)	
Combustible (Gal/motor)	507,5	CO <sub>2</sub> (kg/motor)	662,94
Energía eléctrica (KW.h/motor)	64,75		

Fuente: Propia

Los datos de entrada y salida para la Tabla 3-3, correspondiente al hierro gris son obtenidos de los inventarios del Software Sima-Pro versión 7.2, que arroja la información de consumo de energía y combustible, así como las emisiones de CO<sub>2</sub> por tonelada de acero.

### 3.3.2. Uso del motor Diesel

Cálculos para emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub>

Con base al consumo promedio anual de combustible para el 2011 (4500 Gal), obtenemos el consumo de combustible para la vida útil del motor que sería de 90.000 Gal y usando el factor de emisión de acuerdo a la UPME FE = 10 Kg de CO<sub>2</sub>/gal de ACPM, determinamos las emisiones para dicha vida útil de la siguiente manera:

$$KgCO_2 = FE * Galdecombustible$$

$$\frac{10 \text{ KgCO}_2}{1,0 \text{ galACPM}} \times \frac{90.000 \text{ galACPM}}{\text{motor}}$$

$$KgCO_2 = 900.000$$

En la tabla 3-4, se establece la entrada de combustible y salida de emisión de CO<sub>2</sub>eq en la etapa de uso del motor Diesel.

**Tabla 3-4. Entradas y salidas para el uso del motor Diesel**

ENTRADAS	
<b>Combustible (Gal / motor)</b>	90.000

SALIDA	
<b>CO<sub>2</sub> (kg/ motor)</b>	900.000

Fuente: Propia

### 3.3.3. Mantenimiento del Motor Diesel

Las emisiones de CO<sub>2</sub> a considerar en esta etapa son las generadas por: el proceso de producción de aceite del cárter y el tratamiento de los residuos generados por los mantenimientos (aceite usado de motor y material impregnado de aceite).

Los datos de entrada se calcularon de acuerdo a la información recopilada en la empresa Promatin S.A, la cual realiza mantenimientos al motor cada 250 horas efectivas de trabajo (este dato incluye revisiones); los valores de los residuos se

toman con base a las planillas de control para la gestión de residuos de la empresa, de acuerdo con los datos analizados para el 2011, en cuanto al número de mantenimientos y la cantidad de aceite que se consume para estos mantenimientos, se establece la cantidad de aceite que se consumen para la vida útil (1141 Gal de aceite).

Las emisiones se calculan con base a información secundaria tomada de análisis realizados en otros países.

Emisiones generadas en la producción de aceite para el cárter (AGROIBERIA, 2012), FE=1,156 Kg CO<sub>2</sub>/Kg de aceite del cárter.

$$KgCO_2 = FE * Galdeaceite * pdelaceite$$

$$KgCO_2 = 1,156 \frac{KgCO_2}{Kgdeaceite} \times 1141 \frac{Galaceite}{motor} \times 0,92 \frac{Kgaceite}{gal}$$

$$KgCO_2 = 1213,47$$

El FE para la refinación de aceite usado se establece de acuerdo a los estudios de la comisión Europea, (EUROPEAN COMMISSION, 2003), FE = 0,0005 Kg de CO<sub>2</sub>/Kg de aceite refinado, para nuestro caso de estudio, el aceite usado se trata y se refina para ser nuevamente usado en procesos productivos (aceite alternativo industrial), por esta razón los Kg de aceite usados son igual a los Kg de aceite refinado.

$$KgCO_2 = FE * Kgdeaceiterefinado$$

$$0,0005 \frac{KgCO_2}{Kgdeaceiterefinado} \times 1.026,0 \frac{Kgaceiteusado}{motor}$$

$$KgCO_2 = 0,51$$

Inventario de emisiones de efecto invernadero Tabla B.8, (COMITE INTERSECTORIAL DE CAMBIO CLIMATICO, 2002), FE=1,64 Kg CO<sub>2</sub>/Kg de RESPEL incinerado.

$$KgCO_2 = FE * Kgderesiduotncinerado$$

$$1,64 \frac{KgCO_2}{KgdeRESPEL} \times 516 \frac{KgRESPEL}{motor}$$

$$KgCO_2 = 846,24$$

En la Tabla 3-5, se establecen las entradas de combustible y material de limpieza y salidas de emisiones de CO<sub>2</sub> eq para la etapa de Mantenimiento del motor Diesel.

**Tabla 3-5. Entradas y salidas para el Mantenimiento del motor Diesel**

ENTRADAS		SALIDA	
Aceite del cárter (Gal /motor)	1.141,0	CO <sub>2</sub> (kg/motor)	1.213,47
Residuos (Gal de aceite usado/motor)	1.026,9		0,51
Residuos (Kg de material impregnado/motor)	516,0		846,24

Fuente: Propia

### 3.3.4. Disposición Final - Manejo de Residuos del Motor Diesel

De acuerdo con la información suministrada por el Gerente de la empresa Promatin S.A, la Siderúrgica de Caldas Ternium Manizales en la que se realiza la fundición de los materiales que Promatin S.A gestiona para la posterior fabricación de acero para la construcción, hace esta operación a través de un horno de arco eléctrico, el cual tiene un consumo de energía eléctrica de 720 KW.h / Ton de chatarra, discriminados así: 570 KW.h directa en el horno y 150 KW.h para el ingreso de Oxígeno (m3).

$$KgCO_2 = FE * Consumoelectrico * Kgdechatarra$$

$$\frac{0,2 KgCO_2}{Kw.h} \times \frac{720 Kw.h}{1 tondechatarra} \times \frac{0,582 tondechatarra}{motor}$$

$$KgCO_2 = 83,8$$

En la Tabla 3-6, se consolidan las entradas de residuos del motor Diesel, tal como se menciona en el numeral 3.3.1 de este proyecto, y la salida de emisión de CO<sub>2</sub> eq.

**Tabla 3-6. Entradas y salidas para la Disposición Final del motor Diesel**

ENTRADAS		SALIDA	
Residuos del motor (Kg/motor)	582,0*	CO <sub>2</sub> (kg/motor)	83,8

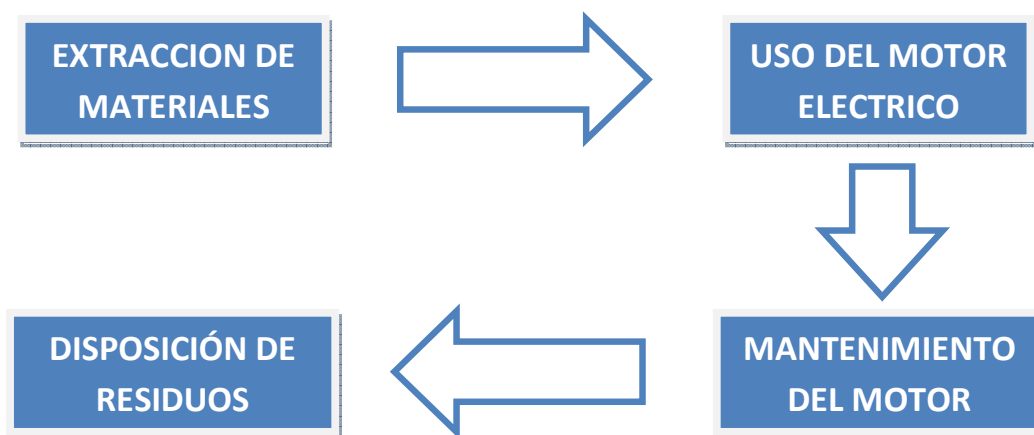
Fuente: Propia

\*Peso de los componentes metálicos del motor Diesel.

### 3.4. ENTRADAS Y SALIDAS PARA MOTOR ELÉCTRICO ENFOCADO AL ANÁLISIS POR HUELLA DE CARBONO

En la ilustración 3-5, se define el diagrama de flujo de las etapas ACV para motor Eléctrico.

**Ilustración 3-5. Diagrama de flujo de etapas ACV para motor eléctrico**



Fuente: Propia

En la Tabla 3-7, se establece el Inventario para motor Eléctrico enfocado al análisis por Huella de Carbono.

**Tabla 3-7. Entradas y salidas para las etapas del ACV de motor eléctrico**

ENTRADAS	ETAPA	SALIDAS
- COMBUSTIBLE - ENERGIA ELECTRICA	EXTRACCION DE MATERIALES	- EMISIONES DE CO <sub>2</sub> EQ
- ENERGIA ELECTRICA	USO DE MOTOR ELECTRICO	- EMISIONES DE CO <sub>2</sub> EQ
- INSUMOS - COMBUSTIBLE	MANTENIMIENTO DEL MOTOR ELECTRICO	- EMISIONES DE CO <sub>2</sub> EQ
- RESIDUOS DE MOTOR ELECTRICO	MANEJO DE RESIDUOS	- EMISIONES DE CO <sub>2</sub> EQ

Fuente: Propia

### 3.4.1. Extracción de materiales (Acero y Cobre)

El acero y cobre corresponden al 99% (190 Kg) del pesos total del motor Eléctrico, discriminado así: el 89.5% (170 Kg) es acero y el 10.5% (20Kg) es cobre. Con base a esta relación se determinan las emisiones de CO<sub>2</sub> para la extracción y producción de acero y cobre.

Para el acero se tienen las emisiones generadas en su extracción y producción para una tonelada de producto (ISSF, 2010), FE= 3810 Kg CO<sub>2</sub>/ Ton de acero.

Los datos para el cobre, igualmente se tiene las emisiones por tonelada de producto (ESPÍ & SANZ), FE =2600 Kg CO<sub>2</sub>/ Ton de cobre.

$$KgCO_2 = FE * Kgdematerial$$

Para el Acero:

$$\frac{3810 \text{ KgCO}_2}{1 \text{ tondeacero}} \times \frac{0,170 \text{ tonacero}}{\text{motor}}$$

$$KgCO_2 = 647,7$$

Para el Cobre:

$$\frac{2600 \text{ KgCO}_2}{1 \text{ tondecobre}} \times \frac{0,02 \text{ toncobre}}{\text{motor}}$$

$$\text{KgCO}_2 = 52,0$$

En la Tabla 3-8, se establecen las entradas de consumo de combustible y energía eléctrica por materias primas del motor eléctrico y las salidas por emisiones de CO<sub>2</sub> eq.

**Tabla 3-8. Entradas y salidas para la extracción de materiales del motor Eléctrico**

ENTRADAS (acero)		SALIDA (acero)	
Combustible(Gal /motor)	493,0	CO <sub>2</sub> (Kg/motor)	647,7
Energía eléctrica (KW.h/motor)	62,9	<b>SALIDA (cobre)</b>	
ENTRADAS (cobre)		CO <sub>2</sub> (Kg/motor)	52,0
Combustible (Gal /motor)	0,012		
Energía eléctrica (KW.h/motor)	47,92		

Fuente: Propia

### 3.4.2. Uso del motor Eléctrico

De acuerdo a los datos de la eficiencia del motor y su consumo de energía (véase Tabla 3-1), tenemos que el motor eléctrico consume 8,7 KW.h/Ton de P.T, en un mes generarían 1504 Ton P.T, por lo tanto calculamos el consumo promedio mensual para estos datos y el consumo de energía durante su vida útil de 25 años. En Colombia la energía eléctrica se genera de manera mixta, un 70% se genera por hidroeléctricas y un 30% generada por termoeléctricas, por lo que se toma un FE = 0,2 Kg CO<sub>2</sub>/ KW.h, para este tipo de generación de energía.

$$\frac{8,7 \text{ Kw.h}}{\text{tonPT}} \times \frac{1504 \text{ tonPT}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} \times \frac{25 \text{ años}}{\text{motor}}$$

$$\text{Energía consumida} = 3.925.440 \frac{\text{KwH}}{\text{motor}}$$

Para las emisiones:

$$\text{KgCO}_2 = \text{FE} * \text{EnergíaConsumida}$$

$$\frac{0,2 \text{ KgCO}_2}{\text{Kw.h}} \times \frac{3.925.440 \text{ Kw.h}}{\text{motor}}$$

$$\text{KgCO}_2 = 785.088$$

En la tabla 3-9, se obtiene la entrada por consumo de energía eléctrica y salida de emisión de CO<sub>2</sub> eq en la etapa de uso del motor Eléctrico.

**Tabla 3-9. Entradas y salidas para el uso del motor Eléctrico**

ENTRADAS	
Energía eléctrica (KW.h/motor)	3.925.440

SALIDA	
CO <sub>2</sub> (Kg/motor)	785.088

Fuente: Propia

### 3.4.3. Mantenimiento del motor Eléctrico

Las emisiones de CO<sub>2</sub> a considerar en esta etapa son las generadas por la producción de grasa y el tratamiento de los residuos generados por los mantenimientos.

Para el motor Eléctrico, los mantenimientos se definen de acuerdo a las condiciones técnicas, 12 mantenimientos generales anuales programados para la limpieza del motor, 2 mantenimientos anuales programados para el engrase del sistema de engranaje.

Emisiones generadas en la producción de grasa (AGROIBERIA, 2012), FE=1,156 Kg CO<sub>2</sub>/Kg de aceite del carter.

$$\text{KgCO}_2 = \text{FE} * \text{Kgdegrasa} * \text{consumodegrasaalaño} * \text{vidautil}$$

$$\text{KgCO}_2 = 1,156 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Kgdegrasa}} \times 1,0 \frac{\text{kgdegrasa}}{\text{año}} \times 25 \frac{\text{años}}{\text{motor}}$$



$$KgCO_2 = 28,9$$

Para el motor Eléctrico, no se requiere hacer cambios de aceite del cárter pues este se va gastando durante el proceso en el gato hidráulico de la Prensa R&R, por lo que se considera en esta etapa un Factor de Emisión de cero (0).

Inventario de emisiones de efecto invernadero Tabla B.8, (COMITE INTERSECTORIAL DE CAMBIO CLIMATICO, 2002), FE=1,64 Kg CO<sub>2</sub>/Kg de RESPEL incinerado.

$$KgCO_2 = FE * Kgderesiduoincineradoal año * vidautil$$

$$KgCO_2 = 1,64 \frac{KgCO_2}{KgdeRESPEL} \times 9,2 \frac{KgRESPEL}{año} \times 25 \frac{años}{motor}$$

$$KgCO_2 = 377,2$$

En la Tabla 3-10, se establecen las entradas de grasa y residuos de material de limpieza y la salida de emisión de CO<sub>2</sub> eq para la etapa de Mantenimiento del motor Eléctrico.

**Tabla 3-10. Entradas y salidas para el mantenimiento del motor Eléctrico**

ENTRADAS		SALIDA	
Grasa (Kg /motor)	25		28,9
Residuos (Kg de material impregnado/motor)	230	CO <sub>2</sub> (Kg/motor)	377,2

Fuente: Propia

#### 3.4.4. Disposición Final - Manejo de Residuos del motor Eléctrico

Al ser el proceso de fundición similar al del motor Diesel, se utiliza el mismo factor de consumo de energía por tonelada de chatarra fundida, 720 Kw.h/ Ton de chatarra.

$$KgCO_2 = FE * Consumoelectrico * Kgdechatarra$$

$$\frac{0,2 \text{ KgCO}_2}{\text{Kw.h}} \times \frac{720 \text{ Kw.h}}{1 \text{ tondecharra}} \times \frac{0,29 \text{ tonchararra}}{\text{motor}}$$

$$\text{KgCO}_2 = 41,76$$

En la Tabla 3-11, se consolidan las entradas de residuos del motor Eléctrico, tal como se menciona en el numeral 3.4.1 de este proyecto, y la salida de emisión de CO<sub>2</sub> eq.

**Tabla 3-11. Entradas y salidas para la Disposición Final del motor Eléctrico**

ENTRADAS		SALIDA	
Residuos del motor (Kg/motor)	190*	CO <sub>2</sub> (Kg/motor)	41,76

Fuente: Propia

\*Peso de los componentes metalicos del motor Eléctrico.

Luego de realizar el ACV para ambos motores, se establece en la Tabla 3-12 el comparativo de emisiones de CO<sub>2</sub> eq por etapas de los motores Diesel y Eléctrico.

**Tabla 3-12. Comparación de emisión por etapas para cada motor**

ETAPA	UNIDADES	EMISIONES DE CO2 MOTOR DIESEL	EMISIONES DE CO2 MOTOR ELECTRICO
Extracción de materiales	Kg de CO <sub>2</sub> eq	2414,64	699,7
Uso del motor		900.000	785.088
Mantenimiento del motor		2060,21	406,1
Manejo de residuos del motor		83,8	41,76

Fuente: Propia

Con base a la Tabla 3-12, se realiza el correspondiente análisis de emisiones en el numeral 3.5.

### 3.5. ANALISIS DE EMISIONES

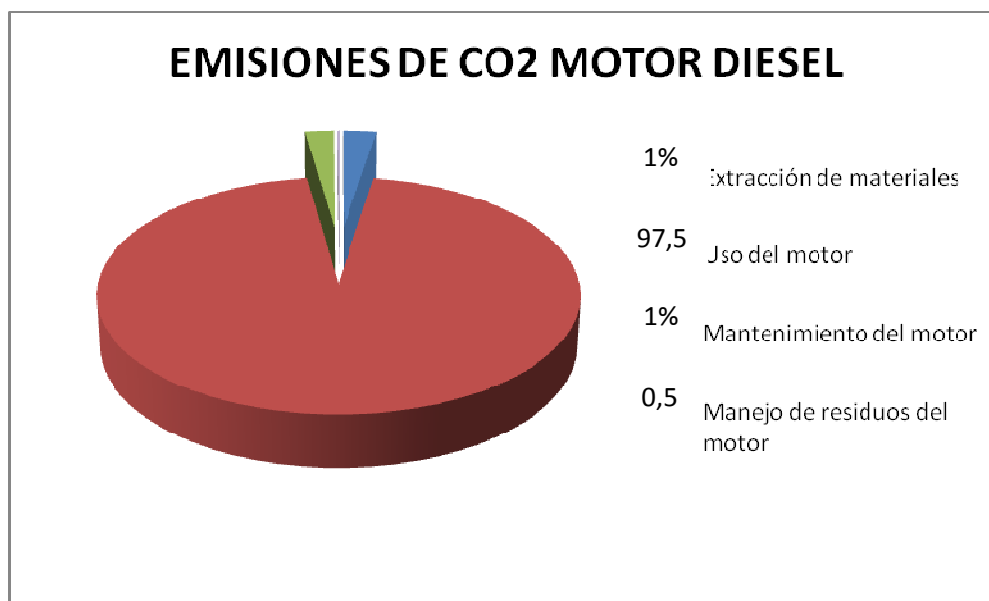
Como se ha mencionado, las emisiones han sido determinadas para la vida útil de cada motor, 20 años para el motor Diesel y 25 años para el motor Eléctrico. Las emisiones determinadas hacen referencia a las equivalentes de CO<sub>2</sub> para cada

etapa, por esta razón no es necesario realizar una caracterización de los componentes para las entradas y para las salidas en las diferentes etapas.

Partiendo de lo anterior y según los resultados de la Tabla 3-12, se evidencian en las ilustraciones 3-6 y 3-7 los aportes de emisiones de CO<sub>2</sub> para ambos motores.

Al analizar la ilustración 3-6, nos damos cuenta que el aporte de CO<sub>2</sub> que hace el uso del motor Diesel en el Ciclo de Vida es más del 95%, por lo que es en esta etapa en la que se debe trabajar para buscar la manera de reducir las emisiones; este valor tan elevado se debe al tipo de combustible que utiliza el motor, al utilizar Diesel o ACPM (mismo combustible) se genera una relación 1:1, es decir, un kilo de CO<sub>2</sub> por cada galón de combustible, esto relacionado a la baja eficiencia que tiene este motor, hacen que el consumo de combustible y sus emisiones se incrementen.

**Ilustración 3-6. Aporte de emisiones de CO<sub>2</sub> por etapas en el ciclo de vida del motor Diesel**

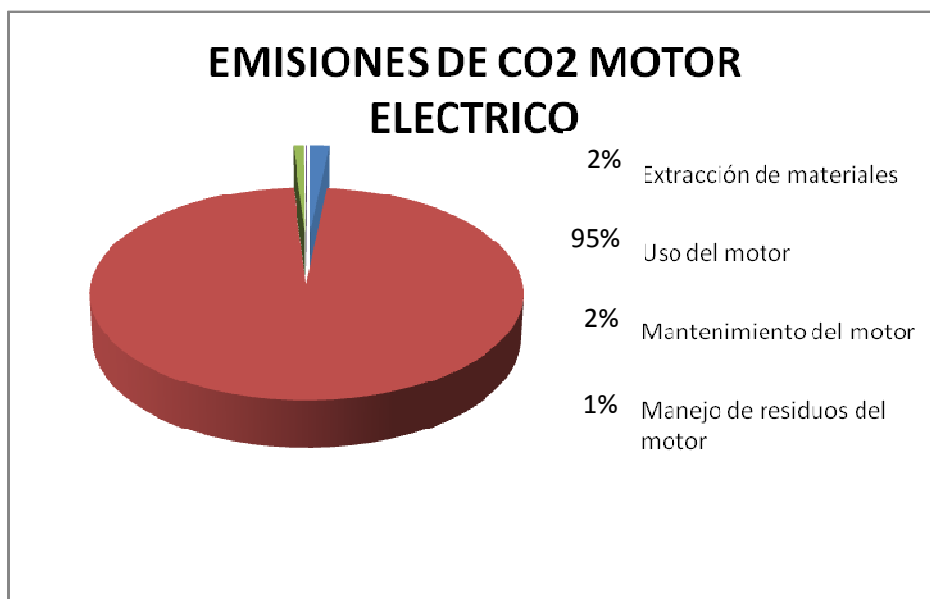


Fuente: Propia

Mientras que la ilustración 3-7, nos muestra con respecto a la relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas en la etapa de uso y las otras etapas del Ciclo de Vida para motor eléctrico, es que la etapa de uso corresponde a un aporte de más del 96%, esto debido a que las emisiones generadas en esta etapa son indirectas, causadas porque este motor se alimenta con energía eléctrica. Además de esto, el

motor Eléctrico tiene una eficiencia productiva del 98%, lo que hace que por tonelada compactada se generen menos emisiones de CO<sub>2</sub>.

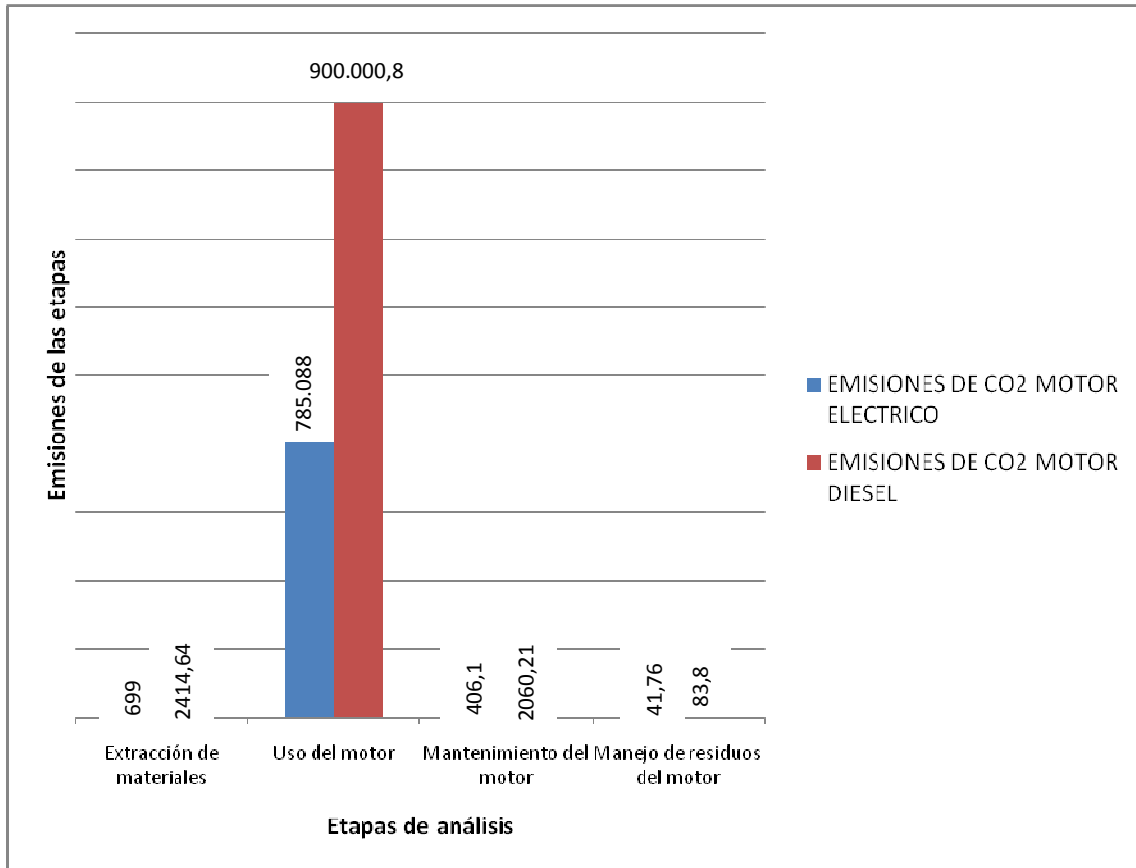
**Ilustración 3-7. Aporte de emisiones de CO<sub>2</sub> por etapas en el ciclo de vida del motor Eléctrico**



Fuente: Propia

Es importante mencionar tomando como referencia la Ilustración 3-8, que aun cuando durante la vida útil del motor Eléctrico se generen aproximadamente la mitad de las emisiones del motor Diesel, se debe tener en cuenta que este sería un indicador absoluto, es decir (emisiones de CO<sub>2</sub> / Motor), mientras que un indicador que muestra las mejoras dadas por el motor Eléctrico sería (Emisiones de CO<sub>2</sub> / Toneladas compactadas en su vida útil), de esta manera nos damos cuenta que el menor F.E., junto a la mayor eficiencia del motor hacen que las emisiones para el motor Eléctrico estén un 46% por debajo que las del motor Diesel.

**Ilustración 3-8. Comparativo de emisiones de CO<sub>2</sub> en las etapas del ciclo de vida de cada motor**



Fuente: Propia

#### 4. CAPITULO IV - EVALUACION DE LOS COSTOS TOTALES

Para realizar una evaluación de los costos totales, es necesario realizar un análisis en las etapas de pre-producción, producción y post-producción; esto con el fin de poder tener una visión global de los costos que generan cada uno de los motores, no solo desde el punto de vista de consumo de combustible y energía eléctrica, sino, para otros aspectos que inciden de manera significativa y se deben tener en cuenta para tomar la decisión de la reconversión tecnológica de motores en la compactación de chatarra, además de tener presente el tema ambiental.

La evaluación de costos totales se realiza para las siguientes etapas:

##### 4.1. COMPRA DEL MOTOR

La Tabla 4-1, evidencia los diferentes costos tanto para el motor a Diesel como motor Eléctrico.

**Tabla 4-1. Costos de los Motores**

<b>Costo del motor Diesel</b>	<b>Costo del motor Eléctrico</b>
<b>\$ 30.000.000</b>	<b>\$ 8.000.000</b>

Fuente: Promatin S.A. vs Catalogo de Motores Eléctrico SIEMENS

##### 4.2. ADECUACIONES PARA LA INSTALACIÓN

La Tabla 4-2, evidencia los diferentes costos de adecuaciones necesarias para el funcionamiento del motor a Diesel y motor Eléctrico.

**Tabla 4-2. Adecuaciones requeridas para la instalación de los motores**

<b>Adecuaciones del motor Diesel</b>		<b>Adecuaciones del motor Eléctrico</b>	
<b>Área de instalación del motor</b>	\$ 4.800.000	<b>Área de instalación del motor</b>	\$ 3.500.000
<b>Área para el combustible</b>	\$ 8.500.000	<b>Sub estación eléctrica</b>	\$28.948.280
<b>Total</b>	<b>\$13.300.000</b>	<b>Total</b>	<b>\$32.448.280</b>

Fuente: Promatin S.A. vs Propia

#### 4.3. ANALISIS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELECTRICA Y COMBUSTIBLE DIESEL

Según las características físico químicas y de termodinámica, 1.0 Galón de ACPM posee un PCI de 135 MJ, mientras que 1.0 KW.h de Energía Eléctrica posee un PCI de 3.6 MJ.

Para producir 1,0 Ton P.T se requieren 0,9 Galones de ACPM, esta cantidad de combustible genera 121,5 KJ; de acuerdo a las especificaciones del motor eléctrico, para la misma cantidad de P.T se requiere 8,7kW.h, lo que genera 29,9 KJ, es decir, que se requiere de 4,1 veces de mayor consumo energético con ACPM que con Energía Eléctrica para producir la misma cantidad de P.T; se deja de consumir energía por unos 91,6 KJ

Igualmente, en termino de costo, el costo para producir 1,0 Ton P.T, para un consumo de combustible de 0.9 Galones de ACPM equivale a \$7841 (precio Mayo 2012) mientras que, para generar la misma producción con el motor Eléctrico, se requiere un consumo energético de 8,7 KW.h, que equivale a \$3567 (precio Mayo 2012 en Medellín para Sector Industrial con voltaje de 220). Lo anterior indica, que es 2 veces más costoso producir con ACPM y se logra obtener un ahorro de \$4274 por Ton de P.T.

Para calcular los costos por consumo de combustible para el Diesel tomamos un periodo de 20 años, según la línea de tendencia de acuerdo a los datos del precio para el Diesel y la Electricidad en los últimos 2,5 años y luego, realizamos un producto por el consumo de energía y combustible promedio anual proyectado durante los 20 años.

Los datos del precio del Diesel son obtenidos de la página de la UPME – SIPG (Sistema de Información de Petróleo y Gas Colombiano). Los datos son promedios trimestrales para cada año.

La Tabla 4-3, establece el precio de venta al público de Diesel desde el periodo 2008 a 2012.

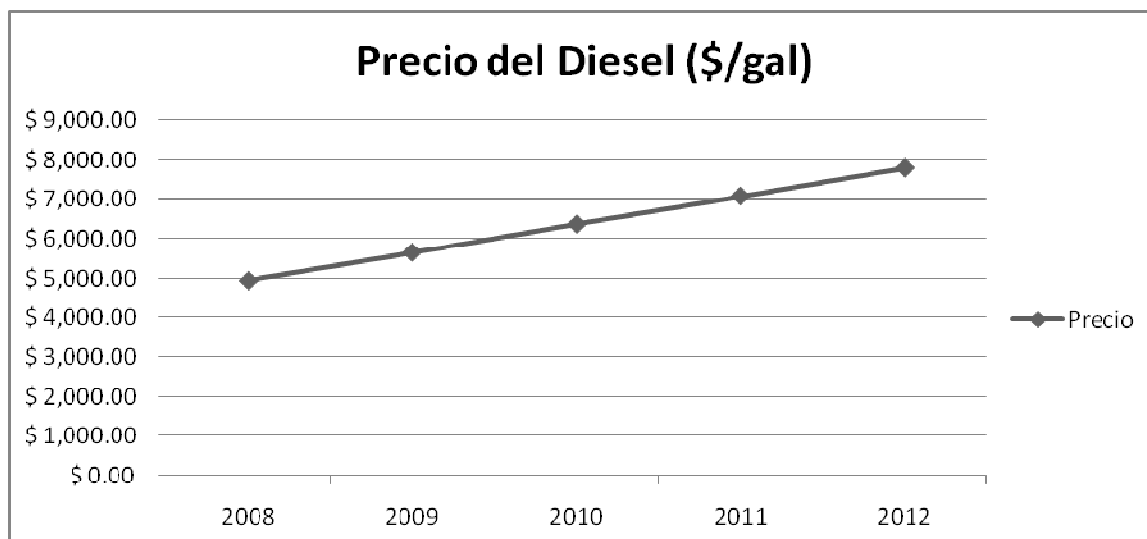
**Tabla 4-3. Precio trimestral del Diesel para los últimos cinco años**

<b>\$/ Gal</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
<b>Precio de venta al público</b>	\$ 4938,76	\$ 5652,04	\$ 6365,32	\$ 7078,6	\$ 7791,88

Fuente: UPME

En la ilustración 4-1, se evidencia una tendencia al alza del precio del Diesel.

**Ilustración 4-1. Tendencia del precio del Diesel**



Fuente: Propia

Mientras que para obtener el precio de la energía eléctrica, los datos del precio son obtenidos de la página de EPM (Empresas Públicas de Medellín), para zonas industriales con un voltaje de 220, los cuales son los promediados de los últimos 5 años.

La Tabla 4-4, establece el precio de venta al público de Energía Eléctrica desde el periodo 2008 a 2012.

**Tabla 4-4. Precio trimestral de la Energía Eléctrica para los últimos cinco años**

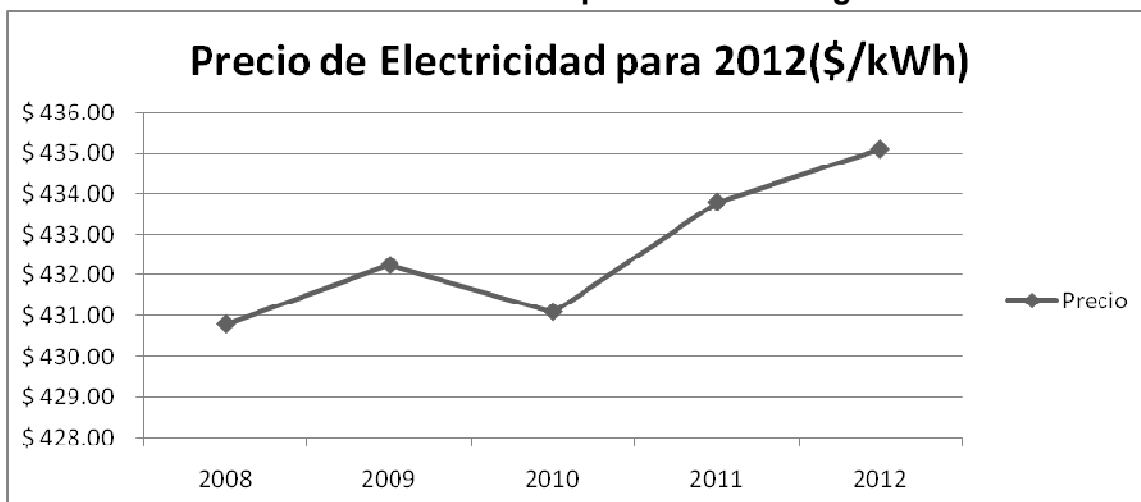
\$/KW.h	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Precio de venta industrial</b>	\$ 430,80	\$ 432,25	\$ 450,10	\$ 419,8	\$ 430,1

Fuente: EPM

Entendido lo anterior, en la ilustración 4-2, se evidencia una tendencia al alza del precio de la Energía Eléctrica en Colombia.



**Ilustración 4-2. Tendencia del precio de la Energía Eléctrica**



Fuente: Propia

De acuerdo a lo evidenciado en las Ilustración 4-1 y 4-2, comparativamente el precio del Diesel ha tenido una constante tendencia al alza y probablemente esta se mantenga por el comportamiento del mercado del petróleo, en 5 años el precio del Diesel se ha incrementado aproximadamente en 3000 \$/Gal, un incremento elevado en tan corto periodo de tiempo, aun cuando el diesel es un combustible económico; por el lado del costo de la energía eléctrica, esta ha tenido una tendencia de crecimiento pero con incrementos muy bajos en el 2012, además, Colombia es un país con potencial energético lo cual posibilita que el precio de la energía siga con tendencia estable o con muy bajos incrementos.

Las ecuaciones para las líneas de tendencia son:

Para el Diesel

$$y = 713,28x + 4225,48$$

Donde:  $y$  es el costo promedio anual del Diesel,  $x$  es el año de interés.

Para la Energía Eléctrica

$$y = 1,05x + 433,95$$

Donde:  $y$  es el costo promedio anual de la Energía Eléctrica,  $x$  es el año de interés.

Los costos por consumo de combustible y energía eléctrica son proyectados hasta el final de la vida útil del motor Diesel en la Tabla 4-5, al iniciar su funcionamiento en el 2005 su vida útil iría hasta el 2025:

**Tabla 4-5. Costos por consumo de Combustible y Energía Eléctrica por año**

<b>Año</b>	<b>Precio galón</b>	<b>Costo año*</b>	<b>Año</b>	<b>Precio KW.h</b>	<b>Costo año**</b>
<b>2012</b>	\$ 6199,105	\$22.224.420,00	<b>2012</b>	\$ 435	\$20.209.230,0
<b>2013</b>	\$ 7267,065	\$ 25.434.180,00	<b>2013</b>	\$ 436,05	\$20.258.010,9
<b>2014</b>	\$ 8335,025	\$ 28.643.940,00	<b>2014</b>	\$ 437,1	\$20.306.791,8
<b>2015</b>	\$ 9402,985	\$ 31.853.700,00	<b>2015</b>	\$ 438,15	\$20.355.572,7
<b>2016</b>	\$10470,945	\$ 35.063.460,00	<b>2016</b>	\$ 439,2	\$20.404.353,6
<b>2017</b>	\$ 1138,905	\$ 38.273.220,00	<b>2017</b>	\$ 440,25	\$20.453.134,5
<b>2018</b>	\$ 2606,865	\$ 41.482.980,00	<b>2018</b>	\$ 441,3	\$20.501.915,4
<b>2019</b>	\$ 3674,825	\$ 44.692.740,00	<b>2019</b>	\$ 442,35	\$20.550.696,3
<b>2020</b>	\$ 4742,785	\$ 47.902.500,00	<b>2020</b>	\$ 443,4	\$20.599.477,2
<b>2021</b>	\$ 5810,745	\$ 51.112.260,00	<b>2021</b>	\$ 444,45	\$20.648.258,1
<b>2022</b>	\$ 16.878,71	\$ 54.322.020,00	<b>2022</b>	\$ 445,5	\$20.697.039,0
<b>2023</b>	\$ 17.946,67	\$ 57.531.780,00	<b>2023</b>	\$ 446,55	\$20.745.819,9
<b>2024</b>	\$ 19.014,63	\$ 60.741.540,00	<b>2024</b>	\$ 447,6	\$20.794.600,8
<b>2025</b>	\$ 20.082,59	\$ 63.951.300,00	<b>2025</b>	\$ 448,65	\$20.843.381,7
<b>Total</b>		<b>\$ 603.230.040,00</b>	<b>Total</b>		<b>\$287.368.281,9</b>

Fuente: Propia

\*Se obtiene de multiplicar el precio promedio del Diesel para ese año, por la producción promedio anual usando el motor Diesel.

\*\*Se obtiene al multiplicar el precio promedio de la Energía Eléctrica proyectada para ese año, por la producción promedio anual estimada de acuerdo a la eficiencia del motor eléctrico.

Los costos proyectados de la Tabla 4-5 se basan en el estadístico de la producción anual para el 2011, es decir, que de acuerdo a esta producción se toma el consumo de combustible y así, se estima el consumo de energía eléctrica para el otro motor, sin embargo, esta proyección puede verse ajustada de acuerdo a estudios futuros de autoridades en la materia, variables de incremento de la producción, cambios en el precio del Diesel y energía eléctrica (alteraciones por eventos inesperados), entre otros.

#### 4.4. MANTENIMIENTOS Y MANEJO DE RESIDUOS

Los costos por mantenimiento del motor DIESEL y tratamiento de residuos se calculan de la siguiente manera:

Se determinan los costos por cambio de aceite para el cárter, cambios de filtros y de otros componentes que, en los mantenimientos, se determine que presentan algún deterioro y requerían cambio o que hayan cumplido con el tiempo para el cual fueron fabricados. Según datos suministrados por el Jefe de la Planta de Promatin S.A., un mantenimiento general del motor puede costar entre 250.000 y 300.000 pesos, según los arreglos a ejecutar, este se debe realizar cada 1000 horas de trabajo, por cambio de aceite; en el año 2011 se presentaron 2854 horas efectivas de trabajo  $\approx$  3000 horas/año, por lo que al año se deberían realizar 3 mantenimientos preventivos.

$$\text{Costo anual por mantenimiento} = 840.000 + 840.000(0,0126x + 0,0247)$$

Donde  $x$  es el año de interés, \$ 840.000 es el costo por mantenimientos del motor Diesel para el 2011 (\$ 280.000 /mantenimiento cada 1000 horas de trabajo por 3000 horas efectivas de trabajo en el 2001).

En la tabla 4-6, podemos observar la proyección en costos por mantenimiento del motor Diesel desde el periodo 2012 hasta 2025, para un total de \$13.161.792,00.

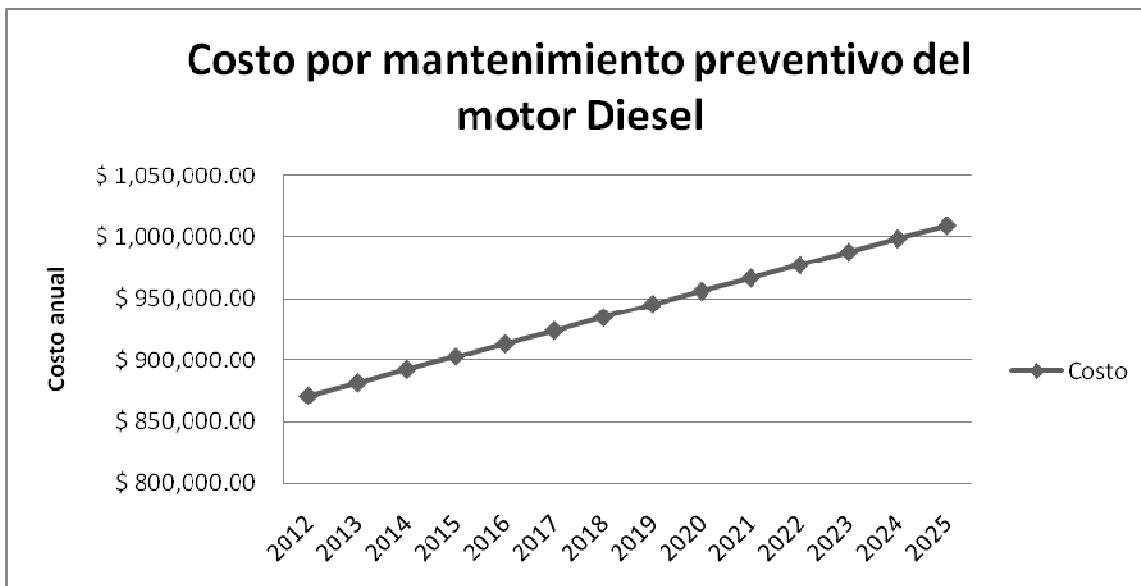
**Tabla 4-6. Costos anuales por Mantenimiento del motor Diesel**

<b>Año</b>	<b>Costo</b>
<b>2012</b>	\$ 871.332,00
<b>2013</b>	\$881.916,00
<b>2014</b>	\$ 892.500,00
<b>2015</b>	\$ 903.084,00
<b>2016</b>	\$ 913.668,00
<b>2017</b>	\$ 924.252,00
<b>2018</b>	\$ 934.836,00
<b>2019</b>	\$ 945.420,00
<b>2020</b>	\$ 956.004,00
<b>2021</b>	\$ 966.588,00
<b>2022</b>	\$ 977.172,00
<b>2023</b>	\$ 987.756,00
<b>2024</b>	\$ 998.340,00
<b>2025</b>	\$ 1.008.924,00
<b>Total</b>	<b>\$13.161.792,00</b>

Fuente: Propia

En la ilustración 4-3, se visualiza el incremento proyectado en costos por mantenimiento del motor Diesel.

**Ilustración 4-3. Costos por mantenimiento del motor Diesel**



Fuente: Propia

Por los mantenimientos se generan 516 Kg de material impregnado de aceite del cárter durante la vida útil del motor Diesel, de acuerdo a la planilla de control de manejo de residuos de la Empresa Promatin S.A.

$$\text{Tratamiento Respel} = 516 \text{ Kg} \times \frac{\$ 1800}{1 \text{ Kg}} = \$928.800$$

Mientras que los costos de Mantenimiento para el Motor Eléctrico y Tratamiento de Residuos para el año 2012 se calculan con base a las especificaciones técnicas del fabricante consignadas en la ficha técnica del motor:

- ✓ 2 Mantenimientos generales de engrase al engranaje del motor a Prensa / año
- ✓ 1 Mantenimiento mensual (limpieza)
- ✓ 2 Horas / Mantenimiento general de engrase
- ✓ 0,5 Horas / Mantenimiento. Mes

Estos mantenimientos suman al año \$400.000, por lo que la proyección quedaría de la siguiente manera:

$$\text{Costo anual por Mantenimiento} = 400.000 + 400.000(0,0126x + 0,0247)$$

Donde  $x$  es el año de interés, \$ 400.000 es el costo por mantenimientos del motor eléctrico, de acuerdo a los precios del 2012.

En la tabla 4-7, podemos observar la proyección en costos por mantenimiento del motor Eléctrico desde el periodo 2012 hasta 2025, para un total de \$6.267.520,00.

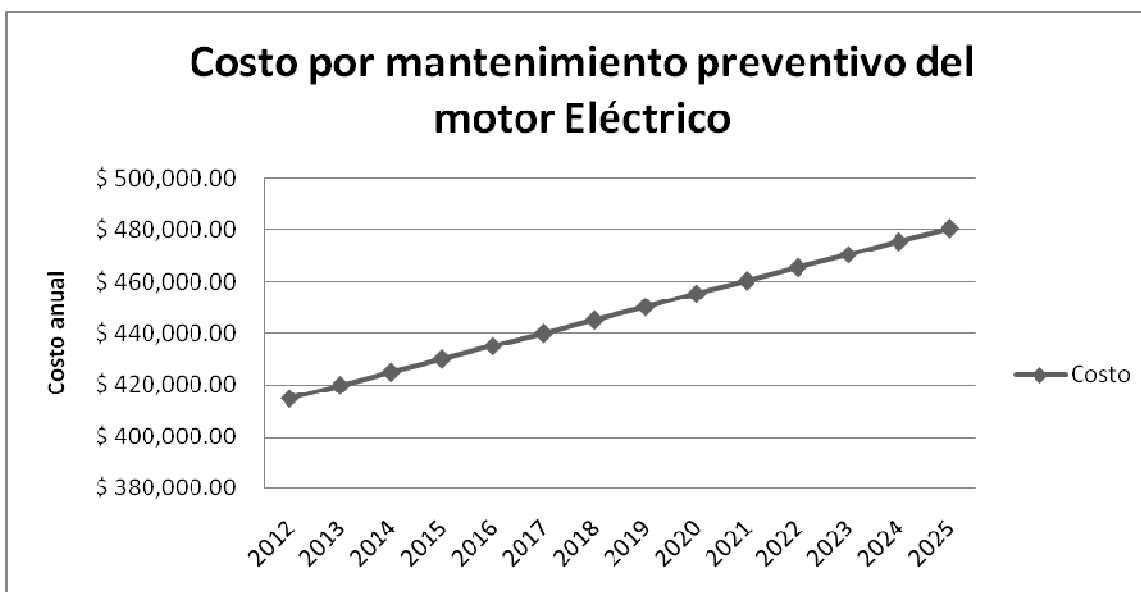
**Tabla 4-7. Costos anuales por mantenimiento del motor Eléctrico**

<b>Año</b>	<b>Costo</b>
<b>2012</b>	\$ 414.920,00
<b>2013</b>	\$419.960,00
<b>2014</b>	\$ 425.000,00
<b>2015</b>	\$ 430.040,00
<b>2016</b>	\$ 435.080,00
<b>2017</b>	\$ 440.120,00
<b>2018</b>	\$445.160,00
<b>2019</b>	\$ 450.200,00
<b>2020</b>	\$ 455.240,00
<b>2021</b>	\$ 460.280,00
<b>2022</b>	\$ 465.320,00
<b>2023</b>	\$ 470.360,00
<b>2024</b>	\$ 475.400,00
<b>2025</b>	\$ 480.440,00
<b>Total</b>	<b>\$ 6.267.520,00</b>

Fuente: Propia

Mientras que en la ilustración 4-4, se visualiza el incremento proyectado en costos por mantenimiento del motor Eléctrico.

**Ilustración 4-4. Costos por mantenimiento del motor Eléctrico**



Fuente: Propia

De acuerdo con las especificaciones técnicas que sugieren las actividades que se deben realizar en los mantenimientos, se determina que:

No se calcula para el Mantenimiento no Programado, debido a que el objeto de este proyecto es promover las ventajas resultantes en caso de sustituir a motor eléctrico:

✓ 0,6 Kg de material impregnado HC para el engrase del engranaje / Mantenimiento Mes, es decir que en la vida útil del motor serian 136,8 Kg.

$$\text{Tratamiento Respel} = 136,8 \text{ Kg} \times \frac{\$ 1800}{1 \text{ Kg}} = \$246.240$$

De acuerdo a los valores obtenidos, realizamos el comparativo de los ingresos no percibidos y costos de residuos por mantenimiento para cada motor en su vida útil en la Tabla 4-8.

**Tabla 4-8. Ingresos no percibidos y Costos de residuos por mantenimiento en la vida útil de los motores**

<b>Mantenimiento motor Diesel</b>		<b>Mantenimiento motor Eléctrico</b>	
<b>Mantenimiento programado</b>	\$ 13.161.792	<b>Mantenimiento programado</b>	\$ 6.267.520
<b>Tratamiento de residuos</b>	\$ 928.800	<b>Tratamiento de residuos</b>	\$ 246.240
<b>Total</b>	<b>\$ 14.090.592</b>	<b>Total</b>	<b>\$ 6.513.760</b>

Fuente: Propia

Para ambos casos se debe considerar un cambio de equipo por deterioro al pasar 10 años así su vida útil sea de 25 años. Solo por mejora e eficiencia, sin embargo, esto dependerá del estado del funcionamiento del motor.

#### **4.5. DISPOSICION FINAL DEL MOTOR**

Tanto el motor Diesel como el Eléctrico, al final de su vida útil, serán dispuestos y manejados como chatarra ferrosa y no ferrosa, por lo cual, los componentes metálicos, que componen más del 97% de sus pesos serán chatarrizados, por lo que estos costos ingresarían a las arcas de la empresa.

Los costos de la chatarra son tomados al 2012 para la ciudad de Medellín, precios por kilo:

- ✓ Cobre: \$ 12.000
- ✓ Hierro gris: \$ 560
- ✓ Acero inoxidable: \$ 9.000

Estos precios son multiplicados por los pesos de cada componente en los motores.

En la Tabla 4-9, se consolidan los valores obtenidos por el reciclaje de cada motor



**Tabla 4-9. Valores por el reciclaje de los Motores**

Disposición del motor Diesel		Disposición del motor Eléctrico	
Reciclaje de Acero inox. 174 Kg	\$1.566.000	Reciclaje de Cobre20 Kg	\$ 240.000
Reciclaje de Hierro gris408 Kg	\$ 228.480	Reciclaje de Acero inox170 Kg	\$1.530.000
<b>Total</b>	<b>\$1.794.480</b>	<b>Total</b>	<b>\$1.770.000</b>

Fuente: Propia

#### 4.6. COMPARACIÓN DE LOS COSTOS TOTALES

La comparación de los costos para cada motor se hace de manera global en la Tabla 4-10, para hacer un símil en las etapas que hemos venido analizando dentro del ciclo de vida, esto con el fin comparar efectivamente los costos que conlleva el uso de uno u otro motor.

**Tabla 4-10. Consolidado de los costos totales para cada Motor**

ETAPA	COSTO MOTOR DIESEL	COSTO MOTOR ELECTRICO
COMPRA DEL MOTOR Y ADECUACIONES	\$ 43.300.000	\$ 40.448.280
USO DEL MOTOR	\$ 603.230.040	\$ 287.368.281
MANTENIMIENTOS	\$ 14.090.592	\$ 6.513.760
DISPOSICION FINAL*	\$ 1.794.480	\$ 1.770.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 662.415.112</b>	<b>\$ 336.100.321</b>

Fuente: Propia

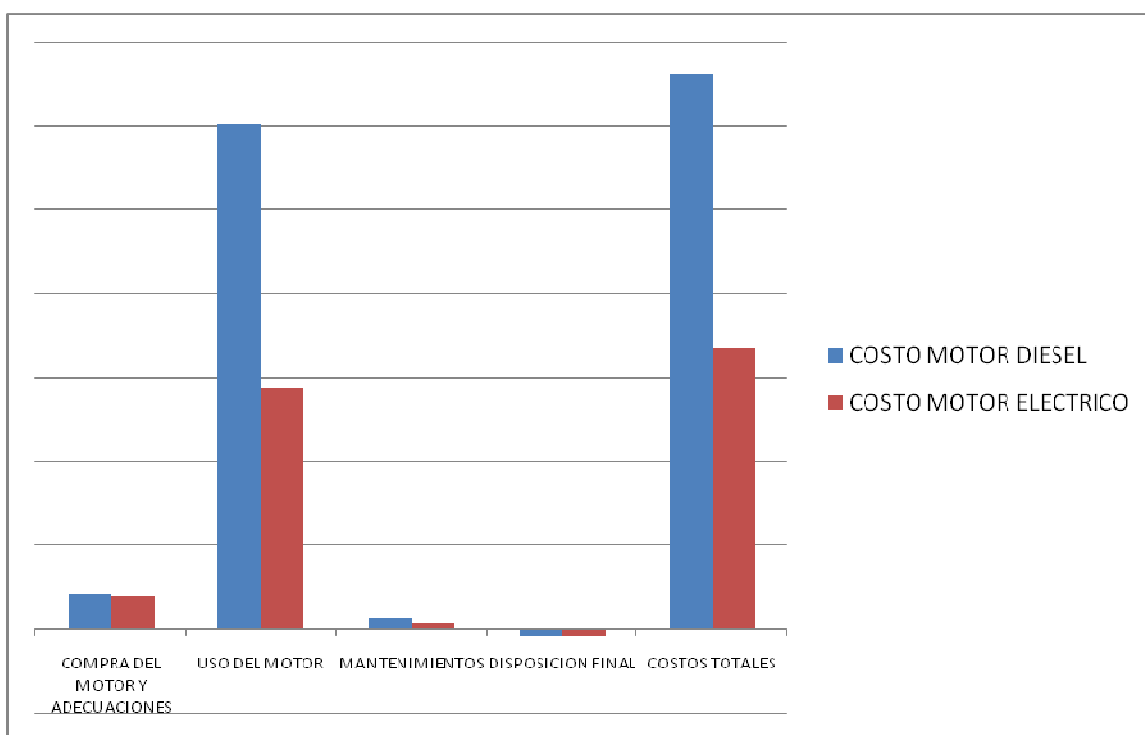
\*El valor por disposición final se resta al costo total, ya que el material se recicla y es una entrada para la empresa.

#### 4.6.1. Análisis de los costos Totales

En la Ilustración 4-5, podemos observar que en los costos totales, para ambos motores, la etapa que más aporta es la del uso del motor, esto debido al consumo de combustible y energía eléctrica de los motores, la diferencia entre los costos en la etapa de uso se debe a que en Colombia tenemos una energía económica y comparándola en este caso con el Diesel nos damos cuenta que los costos para el motor eléctrico son más bajos, por otra parte los costos del diesel tienden a incrementarse en los próximos años, mientras que los costos de la energía Eléctrica, aunque se incrementan, lo hacen en una proporción muy inferior al incremento que tendría el Diesel, esto hace que en el paso de los años los ahorros por el uso del motor eléctrico se incrementen.

Los costos totales del motor eléctrico son el 50% por ciento de los costos totales por el uso del motor diesel, además de lo anterior, se debe tener en cuenta que por el uso del motor eléctrico se tiene una mayor producción debido a la eficiencia del 98% que este tiene por lo que al comparar este rubro con el motor diesel hace que sea más atractivo el cambio de un motor al otro.

**Ilustración 4-5. Comparativo de costos por etapas para cada motor**



Fuente: Propia

#### 4.7. PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN

Para evaluar el período de retorno de la inversión para el motor Eléctrico se tendrán en cuenta las siguientes variables: por inversión, costo por la compra y adecuación de área para la puesta en marcha del motor eléctrico; como ahorro, la diferencia del costo por uso de diesel y energía eléctrica para un año. Sobre estos aspectos tenemos conocimiento concreto para establecer realmente el retorno de la inversión; los ahorros netos son de un año se evalúan por un año, es decir, lo que se ahorra con la energía eléctrica en un año.

- ✓ Costo por compra y adecuación: \$43.300.000
- ✓ Costo por consumo de diesel: \$ 20.107.668
- ✓ Costo por consumo de energía: \$ 9.578.942

$$\textit{Tiempo de retorno} = \frac{\textit{Inversion (Costo del motor electrico)}}{\textit{Ganancia (ahorro neto)}} \textit{año}$$

$$\textit{Tiempo de retorno} = \frac{43.300.000}{20.107.668 - 9.578.942}$$

$$\textit{Tiempo de retorno} = 3,08 \textit{ años}$$

De acuerdo al análisis realizado, el período de retorno para la conversión a motor eléctrico es válido y aceptable para el proyecto, además, se debe considerar el incremento en la producción, esto gracias a que el motor eléctrico tiene una mayor eficiencia y produce una mayor cantidad de toneladas compactadas al mes. Estos argumentos hacen muy atractiva la posibilidad de la reconversión tecnológica.

## 5. CAPITULO V–CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El equipo de trabajo con base a la coherencia del estudio del proyecto, concluye:

### 5.1. CONCLUSIONES

- ✓ Al evaluar y comparar el desempeño del proceso con motor a Diesel y proyectado a motor Eléctrico, la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> muestra una relación con la reducción de los costos en la etapa de uso para los motores, lo que demuestra la teoría de la Producción Limpia mencionada anteriormente y planteada en la ilustración 1-1 COSTOS Y BENEFICIOS DE LA PRODUCCIÓN LIMPIA, se puede reducir la contaminación y al mismo tiempo tener un beneficio económico significativo en este caso. Podemos mostrar el motor Eléctrico no solo como un motor que no tiene emisiones directas de CO<sub>2</sub>, sino como un motor que es muy beneficioso para una empresa, pues reduce las pérdidas por tiempos parados debido a los mantenimientos, lo que mantiene una mejor productividad debido a su eficiencia y bajo número de paradas.
- ✓ Al proponer una reconversión tecnológica a través de una sustitución de un motor a Diesel por motor Eléctrico en este tipo de procesamiento, desde el punto de vista económico ambiental, es una alternativa de alta viabilidad, dado a que con ellas se llevan a un mejoramiento continuo en la incrementación de la producción y reducción de la contaminación emitida por las emisiones de CO<sub>2</sub>
- ✓ En procesos estacionarios que requieran energía de trabajo como es el caso de la Compactación de Chatarra, en términos de costos y beneficio, es mucho más rentable mantener instalaciones que garanticen un flujo continuo de energía, como la energía eléctrica.
- ✓ Al comparar las emisiones de CO<sub>2</sub> con motor a Diesel y con motor Eléctrico orientado a la Huella de Carbono, la mayor generación de este tipo de contaminación se presenta en la etapa de Uso del Motor durante toda su vida útil (>95%), sin embargo, a motor eléctrico se logra obtener una emisión de 413.893,8 Kg CO<sub>2</sub>, que representa una reducción del 46% al compararse con un motor a Diesel.
- ✓ En términos totales de emisión de CO<sub>2</sub> orientado a la Huella de Carbono, el motor eléctrico genera 489.517, 3Kg menos, que utilizando un motor a Diesel, es decir, directamente proporcional a la etapa más contaminantes del ACV, se obtiene una reducción del 46%.

- ✓ Al evaluar los costos totales operacionales actuales y proyectados con el uso del motor Eléctrico, el motor eléctrico es más económico porque se logra obtener un ahorro de \$326.314.791, equivalente a un 49% del total de la inversión que se requiere para el motor a Diesel durante su vida útil.
- ✓ Al analizar las Tabla 2-y 2-1, En lo pertinente al análisis para este trabajo con motor a Diesel para el periodo 2011, los paros por mantenimiento y revisiones suman un total de 306 horas, lo que equivale aproximadamente a dejar de producir 4131 pacas de P.T que corresponden a 578 Ton.
- ✓ Si se compara la eficiencia productiva y energética con el uso del motor Diesel vs la proyectada con motor Eléctrico, se evidencia un gran ventaja y rendimiento en la elaboración de pacas por hora efectiva con el motor Eléctrico (6,42 Ton / Hr), lo que permitiría obtener una producción promedio mensual de 1504 Ton, es decir incrementar la producción en 1059 Ton. En cuanto a la eficiencia energética, se requiere de 4,1 veces de mayor consumo energético con ACPM que con Energía Eléctrica para producir 1.0 Ton de P.T; se deja de consumir energía por unos 91,6 KJ.
- ✓ Como factor clave se destaca la dimensión amplia del análisis, enfocado en la identificación de emisiones de CO<sub>2</sub> en las principales etapas en el ciclo de vida para ambos motores.
- ✓ Importancia de incluir un correcto análisis de los impactos ambientales y de costos a lo largo del ciclo de vida: extracción de los materiales, uso, mantenimiento y disposición final del motor.
- ✓ Es importante que los empresarios conozcan que los impactos y los costos van más allá de las fronteras del proceso productivo en el momento de tomar decisiones de compra o de reconversión tecnológica.
- ✓ Se evidencia mediante un análisis orientado a la huella de carbono que el motor eléctrico además de generar menor impacto a lo largo del ciclo de vida, genera menor costo total.
- ✓ La reconversión tecnológica significa ir mejorando los procesos productivos por otros más actualizados, más nuevos y más novedosos. Mientras que la reconversión mental, plantea que el hombre es al final quien decide que cosas se hacen o se dejan de hacer. Las maquinas y la tecnología están, pero el

hombre es quien decide cuando y como utilizar la tecnología (RUIZ GONZALES & MANDADO PEREZ, 1989).

- ✓ En este estudio se evidencia que el motor Eléctrico generalmente es más eficiente y amigable con el medio ambiente, con una eficiencia de 98%, mientras que el Diesel son relativamente bajas entre 25% a 30%; el motor eléctrico requiere menos mantenimiento. Los motores Eléctricos no se ven seriamente afectados por los cambios de altura de operación sobre el nivel del mar (HARRIS EQUIP, 2012)
  
- ✓ La recesión económica y la incertidumbre política del País aumentan el riesgo para todas las inversiones y la posición de competitividad y poca liquidez de las industrias Colombianas obligan al empresario a ser especialmente prudente. Varios autores justifican la lentitud en la reconversión tecnológica en los países en desarrollo, principalmente por la resistencia al cambio como un problema cultural y por la dificultad de acceso a información y a financiación, además, el enfoque hacia mercados locales reduce las exigencias ambientales que puedan presentarse hacia mercados globales (ARANGO, GUZMAN, & CORREA, 2000).

Así mismo se dan las siguientes recomendaciones:

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- ✓ Incluir en futuros estudios el impacto social como complemento a un adecuado estudio con enfoque de sostenibilidad.
  
- ✓ Incluir criterios de sostenibilidad en las compras (compras sostenibles) como factor clave y de peso al interior de las empresas.
  
- ✓ Generar a partir de la definición de criterios de sostenibilidad lineamientos de mejora para los proveedores.
  
- ✓ Tener mecanismos que permitan de manera ágil y clara el cálculo del costo total antes de adquirir un producto.
  
- ✓ Promover el cumplimiento de la legislación Colombiana en términos de reducción de metas energéticas a través de controles supervisados por centros de producción más limpios, autoridades ambientales y empresas de servicios.

- ✓ Motivar la sustitución de combustibles fósiles, por energías más limpias en el sector Industrial, como la energía eléctrica en el ámbito regional y nacional, sirviendo como ejemplo para proyectos de PML.
- ✓ Optimizar el uso de la energía eléctrica para fuerza motriz, mediante la promoción de la sustitución de los motores actuales por motores de alta eficiencia.
- ✓ Establecer y cumplir el programa de mantenimientos preventivos para el motor eléctrico, con esto se asegura un mejor rendimiento del motor, se podrían eliminar las paradas no programadas por el motor y se asegura un mayor tiempo de uso para este.

## Bibliografía

- Academia Colombiana de Ciencias Exactas. (2003). Proyecto de Modernización.
- ACASA. (s.f.). Importancia de la Chatarra. Casa Matriz de Promatin.
- AGROIBERIA. (15 de Abril de 2012). Problema Ambiental: Agro Tractors. Recuperado el 10 de Julio de 2012, de [http://www.mccormick-intl.com/pages/es/20124/Problema\\_Ambiental.aspx](http://www.mccormick-intl.com/pages/es/20124/Problema_Ambiental.aspx)
- ARANGO, C. A., GUZMAN, E., & CORREA, M. E. (2000). Producción Más Limpia Conceptos Sobre Motivaciones y Obstáculos para su Implementación en Colombia. CNPML.
- Barrios, V. (2007). En El Cambio Climático Global ¿Cuántas catástrofes antes de actuar? (pág. 10). Desde Abajo.
- CCSSO. (23 de 12 de 1997). Centro Canadiense de Seguridad Y salud Ocupacional. Recuperado el 20 de 6 de 2012
- CNPMAL-TA. (2003). Recuperado el 28 de Junio de 2012, de Línea de Crédito Ambiental: <http://www.lineadecreditoambiental.org/>
- COMITE INTERSECTORIAL DE CAMBIO CLIMATICO. (2002). Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. México: semarnac.
- ESPÍ, J. A., & SANZ, J. L. (s.f.). La huella del Carbono en la Clasificación Ambiental de los Proyectos Mineros: Cobre las Cruces. España: Universidad Politécnica de Madrid.
- EUROPEAN COMMISSION. (2003). Recuperado el 10 de Agosto de 2012, de Process data set: light fuel oil; from crude oil; Consumption mix, at refinery; 2000 ppm sulphur: [http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/datasets/html/processes/909c9a65-3b16-4923-9c91-fe585ca9d194\\_02.01.000.html](http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/datasets/html/processes/909c9a65-3b16-4923-9c91-fe585ca9d194_02.01.000.html)
- GIRALDO, A. (2005). Instructivo de Trabajo: Fabricación de Pacas NC-Inst: 001 No. 3. Medellín: Promatin S.A.
- GIRALDO, A. (2005). Norma de Calidad NC-001. Medellín: Promatin S.A.



- GIRALDO, A. (s.f.). Instructivo de Trabajo: Fabricación de Pacas NC-Inst: 001 No. 3. Sabaneta: Promatin S.A.
- GIRALDO, A. (s.f.). Norma de Calidad NC-001. Sabaneta: Promatin S.A.
- HARRIS EQUIP. (2012). Encuesta Equipos Harris-Ecotecnia para Chatarra Ferrosa. Medellín.
- HENKENIUS, H. (1992). Como trabaja un Motor Eléctrico. Mecánica Popular Miami, 45, 3.
- HERNANDEZ, H. (1991). Procesos Ingeniería Industrial. Diseño de Pantas.
- HERNANDEZ, H. (s.f.). Procesos Ingeniería Industrial. Diseño de Pantas.
- IBERIA, AGRO. (15 de Abril de 2012). Problema Ambiental: Agro Tractors. Recuperado el 10 de Julio de 2012, de [http://www.mccormick-intl.com/pages/es/20124/Problema\\_Ambiental.aspx](http://www.mccormick-intl.com/pages/es/20124/Problema_Ambiental.aspx)
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA DE MEXICO. (s.f.). Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. México.
- ISSF. (2010). ACERO INOXIDABLE Y CO2: HECHOS Y OBSERVACIONES CIENTIFICAS. Bruselas.
- LA FLORA, J. M. (1973). Motores Diesel. H. Blume.
- LA FLORA, J. M. (s.f.). Motores Diesel. H. Blume.
- LEON, C. A., & VIEGO, P. (9 de 1999). Perspectivas de Ahorro de Energía Mediante el uso de Máquinas de Eficiencia Superior a la Estándar. Tecnológicas, 2, 37.
- LLOYD, A., & CACKETTE, T. (6 de 2008). DIESEL ENGINES: ENVIRONMENTAL IMPACT AND CONTROL. Journal of the Air & Waste Management Association, 51, 808.
- MINAMBIENTE. (1997). Política nacional de Producción Más limpia. Bogotá.
- RENAULT. (4 de Mayo de 2011). Recuperado el 15 de Junio de 2012
- RUIZ GONZALES, M., & MANDADO PEREZ, E. (1989). La Innovación Tecnológica y su Gestión. Boixereu.
- SMITH, A. (2003). Tecnología y Desarrollo Sustentable.

SPROULE, R. (2005). Electric Motror.

SPROULE, R. (s.f.). Electric Motror.

TAMAYO, C. M. (2007). Evaluación de las Necesidades, Capacidades y Prospectivas de Producción Más Limpia en Colombia. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente-Colombia.

TAMAYO, C. M. (s.f.). Evaluación de las Necesidades, Capacidades y Prospectivas de Producción Más Limpia en Colombia. Ministerio del Medio Ambiente-Colombia.