

**EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DE CONVERSIÓN DEL SISTEMA DE
CARGUE DE CARRO TANQUES PARA EL SUMINISTRO DE
COMBUSTIBLE DIESEL EN LA MINA DEL CERREJÓN**

MIGUEL ANDRÉS FLÓREZ BARRAGÁN



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Facultad de Ciencias fisicoquímicas
Escuela de ingeniería de petróleos
Especialización en Gerencia de Hidrocarburos
Bucaramanga
2015

**EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DE CONVERSIÓN DEL SISTEMA DE
CARGUE DE CARRO TANQUES PARA EL SUMINISTRO DE
COMBUSTIBLE DIESEL EN LA MINA DEL CERREJÓN**

MIGUEL ANDRÉS FLÓREZ BARRAGÁN

Trabajo de monografía para optar título de especialista
GERENCIA EN HIDROCARBUROS

Director:

Ing. JORGE ENRIQUE MENESES FLÓREZ

Ingeniero de Petróleos

Docente Universidad Industrial de Santander

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Facultad de Ciencias fisicoquímicas

Escuela de ingeniería de petróleos

Especialización en Gerencia de Hidrocarburos

Bucaramanga

2015

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	- 14 -
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	- 15 -
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	- 15 -
1.3 OBJETIVOS	- 17 -
<i>Objetivo General</i>	- 17 -
<i>Objetivos Específicos</i>	- 17 -
MARCO DE REFERENCIA	- 19 -
2.1 REVISIÓN DE ANTECEDENTES	- 19 -
<i>Número total y volumen de derrames accidentales</i>	- 21 -
2.2 MARCO TEÓRICO	- 22 -
<i>Actividades para el suministro superior (modelo actual)</i>	- 25 -
<i>Actividades para el suministro inferior (modelo propuesto)</i>	- 29 -
2.3 MARCO LEGAL	- 35 -
2.4 METODOLOGÍA.....	- 42 -
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO	- 43 -
3.1 IDENTIFICACIÓN DE VOLÚMENES DE DIESEL DISTRIBUIDO POR LOS CARRO TANQUES	- 43 -
3.2 ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE EN LA CADENA DE PRODUCCIÓN MINERA	- 45 -
<i>Funcionamiento</i>	- 45 -
<i>Consumo de combustible (diésel) en la mina</i>	- 52 -
3.3 ESPECIFICACIONES DE CARRO TANQUES – MINA CERREJÓN.....	- 53 -
<i>Descripción de las casetas de llenado de carrotanques</i>	- 53 -
<i>Especificaciones de carro tanques</i>	- 54 -
COSTOS DEL SISTEMA NUEVO DE CARGUE A CARROTANQUES	- 57 -
INCIDENCIA DEL DECRETO 4299 DEL 2005 EN EL PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE DIESEL	- 60 -
INCIDENCIA AL MEDIO AMBIENTAL EN EL SISTEMA DE CARGUE A CARROTANQUES	- 61 -
6.1 ASPECTOS AMBIENTALES	- 61 -
6.2 IMPACTOS AMBIENTALES.....	- 61 -
6.3 ALMACENAMIENTO.....	- 62 -

6.4	TRANSPORTE	- 63 -
6.5	SUMINISTRO	- 63 -
6.6	DISPOSICIÓN DE RESIDUOS	- 64 -
	<i>Pérdidas de combustible por volatilidad</i>	<i>- 65 -</i>
6.7	MULTAS POR INFRACCIÓN A LA NORMATIVA AMBIENTAL.....	- 66 -
	<i>Determinación de la multa.....</i>	<i>- 68 -</i>
	<i>Valoración de la importancia de la afectación (i).....</i>	<i>- 70 -</i>
	<i>Circunstancias Agravantes y Atenuantes (A)</i>	<i>- 75 -</i>
	<i>Costos Asociados (Ca).....</i>	<i>- 76 -</i>
	<i>Capacidad socioeconómica del infractor (Cs).....</i>	<i>- 76 -</i>
	COSTOS ASOCIADOS A LA SEGURIDAD INDUSTRIAL	- 79 -
7.1	SEGURIDAD INDUSTRIAL DE LA INSTALACIONES	- 79 -
	<i>Llenadero carrotanques</i>	<i>- 79 -</i>
	<i>Seguridad industrial del personal.....</i>	<i>- 79 -</i>
	<i>Accidentes presentados en la mina</i>	<i>- 81 -</i>
	COSTOS DE LA MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CARGUE A LOS CARROTANQUES	- 83 -
	EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO	- 87 -
9.1	COSTOS DE INVERSIÓN PARA EL CAMBIO DE SISTEMA.....	- 87 -
	CONCLUSIONES	- 90 -
	BIBLIOGRAFÍA	- 93 -

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Identificación de islas en la mina Cerrejón	- 23 -
Tabla 2. Estudio de tiempos de funcionamiento de los carrotanques – Proyección 2012-2013	- 46 -
Tabla 3. Estudio de tiempos de funcionamiento de los carrotanques – proyección 2013-2014.....	- 48 -
Tabla 4. Estudio de tiempos de funcionamiento de los carrotanques – Proyección 2014-2015.....	- 50 -
Tabla 5. Información básica de entrada para el sistema de llenado carrotanques	- 53 -
Tabla 6. Características técnicas de carrotanques	- 54 -
Tabla 7. Costos de dos bahías para el cargue de carrotanques por la parte inferior	- 58 -
Tabla 8. Porcentaje de volumen de combustible volátil	- 65 -
Tabla 9. Resultados de beneficio ilícito	- 70 -
Tabla 10. Calificación de la importancia de la afectación.....	- 73 -
Tabla 11. Resultados de la importancia de la afectación	- 73 -
Tabla 12. Resultados de grado de afectación ambiental.....	- 74 -
Tabla 13. Determinación del parámetro alfa	- 75 -
Tabla 14. Evolución del nivel potencial.....	- 76 -
Tabla 15. Capacidad de pago por tamaño de la empresa	- 77 -
Tabla 16. Resultados de variables asociadas a la multa	- 77 -
Tabla 17. Valor de la multa a pagar	- 78 -
Tabla 18. Protección de caídas	- 80 -
Tabla 19. Escalera Basculante.....	- 81 -
Tabla 20. Costos de inversión para el cambio de sistema	- 87 -
Tabla 21. Evolución económica del Proyecto.....	- 88 -

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Consumo diario de diésel (Mina del Cerrejón)	- 24 -
Figura 2. Sistemas de cargue de combustible por arriba y por abajo	- 25 -
Figura 3. Cargue de Diesel, posicionamiento de la manguera (Cerrejón)	- 26 -
Figura 4. Sistema actual de cargue (Cerrejón)	- 27 -
Figura 5. Ubicación del carrotanque en la mesa de cargue	- 30 -
Figura 6. Brazos de carga conectados al camión	- 30 -
Figura 7. Llenado de combustible al carrotanque	- 31 -
Figura 8. Disposición de combustible vs. Gases	- 31 -
Figura 9. Caseta, escalera y plataforma de llenado de carrotanques – Isométrico.....	- 53 -
Figura 10. Infraestructura de islas de llenado – posicionamiento de carro tanques (Vista Longitudinal) -	55 -
Figura 11. Infraestructura de islas de llenado – posicionamiento de carrotanques.....	- 56 -
Figura 12. Sistema de tubería necesario para el cargue indicado.	- 83 -
Figura 13. Manhole de 20” de seguridad para el llenado.....	- 84 -
Figura 14. Válvula de emergencia.....	- 84 -
Figura 15. Tapa del sistema de recuperación.....	- 85 -
Figura 17. Desfogue del sistema de recuperación.....	- 85 -
Figura 16. Caja de mandos para la descarga	- 86 -

RESUMEN

TITULO: EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DE CONVERSIÓN DEL SISTEMA DE CARGUE DE CARRO TANQUES PARA EL SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE DIÉSEL EN LA MINA DEL CERREJÓN *

AUTOR: MIGUEL ANDRÉS FLÓREZ BARRAGÁN

PALABRAS CLAVES: Conversión - Sistema de Carga – Carrotanque – Manejo de Diésel – Carga Superior – Carga Inferior.

DESCRIPCIÓN:

Esta monografía tuvo como objetivo central evaluar la viabilidad de conversión del sistema de cargue superior a inferior de los carrotanques que distribuyen el diésel en la Mina del Cerrejón mediante la evaluación económica, ambiental y de seguridad industrial del sistema. Para dar cumplimiento al objetivo de la monografía se realizó recopilación de información desarrollada por la compañía Cerrejón, la cual se basó en mediciones y rendimientos reales. De forma paralela, se complementó la investigación mediante consulta técnica, observación del autor, información de costos del mercado y análisis de la información acopiada mediante la evaluación de proyectos.

Adicionalmente, la monografía buscó determinar si los factores de seguridad industrial, medio ambiente, volumen transportado, costos de conversión y proyecciones de crecimiento son determinantes en la toma de la decisión para el cambio del sistema actual de cargue a carro tanques. También se buscó entender las diferencias que presenta un cargue de carro tanques desde la parte superior del automotor, a la parte Inferior del mismo. Luego de evaluar todos los elementos antes mencionados, se puede concluir que los factores medio ambientales y de seguridad industrial pierden relevancia, a pesar de las políticas de la empresa en estas áreas. De igual forma ocurre con los costos operacionales que son muy altos en comparación con el sistema actual. En contraste, el volumen transportado de diésel se convierte en un factor fundamental en la decisión de cambiar el sistema de conversión de los carrontanques, pero no es lo suficientemente válido para implementar el cambio, por lo tanto dicho Proyecto no fue incluido dentro del Proyecto de expansión, que se realizó entre el 2010 y el 2014 en la Compañía Carbones del Cerrejón.

* Trabajo de Monografía

** Facultad de Ciencias fisicoquímicas - Escuela de ingeniería de petróleos - Especialización en Gerencia de Hidrocarburos – Director Ing. Jorge Enrique Meneses Flórez.

ABSTRACT

TITLE: ASSESSING THE FEASIBILITY OF CONVERSION SYSTEM TRUCK LOAD OF TANKS FOR DIESEL FUEL SUPPLY IN MINE CERREJÓN *

AUTHOR: MIGUEL ANDRÉS FLÓREZ BARRAGÁN **

KEY WORDS: Conversion - Charging System - tank truck - Diesel Management - Top Load - Lower load.

DESCRIPTION:

The main objective of this paper was to evaluate the feasibility of converting the load system (from top to bottom) of tank trucks that distribute diesel at the Cerrejon coal mine through economic, environmental and industrial safety assessments. To fulfill the objective of the paper collection of information developed by the company Cerrejón was held, which was based on measurements and real production. In parallel, research was complemented by technical consultation, observation of the author, information on market costs and analysis of information collected through the evaluation of projects.

Additionally, the paper sought to determine whether factors of industrial safety, environment, and volume, costs of conversion and growth projections are crucial in making the decision to change the current system. It also required understanding the differences of having a tank car loaded from the top of the motor, to the bottom of it. After evaluating all the above elements, it can be concluded that the environmental and industrial safety factors lost relevance, despite the company's policies in these areas. The same occurs with the operational costs that are very high compared to the current system. In contrast, the transported volume of diesel becomes a key factor in the decision to change the system of conversion of tank car, but is not valid enough to implement the change; therefore this project was not included in the main expansion project, which took place between 2010 and 2014 in the Cerrejon Coal Company.

* Paper Work

** Faculty of physicochemical Sciences - School of petroleum engineering - Specialization in Management of Hydrocarbons - Manager

GLOSARIO

Almacenador: Toda persona natural o jurídica dedicada a ejercer la actividad de almacenamiento de combustibles líquidos derivados del petróleo, en los términos del Capítulo IV del presente decreto¹.

Almacenamiento comercial: Es el volumen necesario para el adecuado manejo de los combustibles líquidos derivados del petróleo por parte del distribuidor mayorista.

Barril: Es la unidad de medida del volumen de Hidrocarburos Líquidos que equivale a cuarenta y dos (42) galones de los Estados Unidos de América, corregidos a condiciones estándar (una temperatura de sesenta grados Fahrenheit (60° F) y a una (1) atmósfera de presión absoluta).

Berma: espacio llano, cornisa, o barrera elevada que separa dos zonas.

Buque o nave: Toda construcción principal o independiente, idónea para la navegación y destinada a ella, cualquiera que sea su sistema de propulsión.

Capex: Capital Expenditures (CAPEX o Capex o inversiones en bienes de capitales) son inversiones de capital que crean beneficios.

Certificación: Procedimiento mediante el cual una tercera parte da constancia por escrito o por medio de un sello de conformidad de que un producto, un proceso o un servicio cumplen los requisitos especificados en el reglamento.

Combustibles Básicos: Son mezclas de hidrocarburos derivados del petróleo que han sido diseñadas como combustibles de motores de combustión interna, ya

¹ DECRETO 4299 DE 2005 (noviembre 25) Diario Oficial No. 46.103 de 25 de noviembre de 2005 MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

sean solas o en mezcla con componentes oxigenantes, para reformular combustibles con mejores características de combustión. Para efectos de la presente resolución se entienden como combustibles básicos la gasolina corriente, la gasolina extra, el diésel corriente y el diésel extra o de bajo azufre².

Equipos con oruga: dispositivo de transporte utilizado principalmente en vehículos pesados, como tanques y tractores, u otro tipo de vehículos. Consiste en un conjunto de eslabones modulares que permiten un desplazamiento estable aun en terrenos irregulares.

Hidrocarburos: Compuestos orgánicos constituidos principalmente por la combinación natural de carbono e hidrógeno, así como también de aquellas sustancias que los acompañan o se derivan de ellos.

Importador: Toda persona natural o jurídica que ejerce la actividad de importación de combustibles líquidos derivados del petróleo.

Opex: "Operating expense", gasto de funcionamiento, gastos operativos, gastos operacionales, gastos de funcionamiento o gastos operativos es un costo permanente para el funcionamiento de un producto, negocio o sistema.

² DECRETO 4299 DE 2005 (noviembre 25) Diario Oficial No. 46.103 de 25 de noviembre de 2005 MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA MONOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

Carbones del Cerrejón Ltda. es la empresa líder en la producción y exportación de Carbón térmico en Colombia. Para mantenerse vigente en el mercado inició un proceso de expansión y crecimiento de la producción, con el cual se busca implementar procesos que ayuden a mejorar su productividad, entre ellos mejorar los tiempos y usos de la flota de suministro de diésel a las Islas de la Mina. La presente monografía, busca evaluar la optimización de los tiempos y usos de la flota, realizando un cambio del sistema de cargue a los carrotanques que surten de diésel a los camiones mineros, dentro de la línea de producción del complejo carbonífero.

En esta monografía se evaluará la viabilidad de la modificación del sistema actual de suministro de diésel a los carrotanques, que actualmente se realiza desde la parte superior, a la posibilidad de realizar este mismo cargue por la parte inferior del carrotanque, teniendo en cuenta las necesidades de suministro de diésel de la mina a futuro y la optimización del sistema

Para ello se tomarán como base las proyecciones y necesidades ya definidas por Cerrejón en su plan de crecimiento, a las cuales se les realizará un costeo y revisión para el año efectivo 2013.

Adicionalmente, para determinar la viabilidad económica, se tomarán datos desde el 2011 y apropiaciones presupuestales desde este mismo año, lo que implica iniciar con un fondo base de ahorro para la realización de esta modificación.

Finalmente, también se tendrá en cuenta el cumplimiento de la reglamentación medio ambiental y de seguridad industrial, factores que son decisivos en la determinación de la viabilidad del Proyecto y que además está acorde a las políticas de la compañía.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el sistema de cargue de carrotanques que surten de diésel a los camiones en la Mina del Cerrejón cuenta con carrotanques de cargue superior y un cargadero de las mismas características, con una capacidad de llenado de un carrotanque a la vez. Este sistema hace que el proceso de distribución de diésel sea lento, con riesgos en seguridad industrial debido al difícil manejo de vapores y al trabajo en alturas y riesgos ambientales considerando los posibles derrames.

Aunque la planta del Cerrejón cuenta con 30 años de operación y se ha realizado un mantenimiento adecuado a sus sistemas se ha identificado que no están a la vanguardia en temas de seguridad industrial y manejo de derrames, requerimientos necesarios para cumplir con el compromiso de sustentabilidad del medio ambiente.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se pretende definir con argumentos sólidos la toma de decisión en el cambio del sistema de cargue y sus implicaciones en la operación futura, realizando la evaluación de las diferentes variables que influyen en su proceso; adicionalmente se busca que esta decisión no sea una respuesta basada en las necesidades de la operación.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La ejecución de Proyectos obedece a la necesidad de suplir algún requerimiento específico, ya sea de tipo económico, de producción, legal, ambiental o de seguridad industrial.

Para el caso específico del Cerrejón, se detectó la necesidad de modernizar su planta para llevarla al siglo 21, y someterla a los métodos y procedimientos que

exige la globalización. No obstante uno de los puntos fundamentales de la cadena de producción como lo es el suministro de diésel a los camiones mineros, no fue considerado como parte de los hitos del Proyecto de expansión actual, lo cual representa una oportunidad para realizar un análisis académico basado en datos y hechos reales.

La ejecución de esta monografía se justifica, ya que permite determinar con argumentos y criterios técnicos la viabilidad del cambio del suministro de diésel para los camiones mineros. Al evaluar los aspectos técnicos, económicos, ambientales y de seguridad industrial se garantizará un concepto idóneo y objetivo con el cual los gerentes del Proyecto tendrán las herramientas suficientes para validar su ejecución e incluirlo dentro de los planes de expansión.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la viabilidad de conversión del sistema de cargue superior a inferior de los carrotanques que distribuyen el diésel en la Mina del Cerrejón mediante la evaluación económica, ambiental y de seguridad industrial del sistema.

Objetivos Específicos

- Identificar los volúmenes de diésel que distribuyen los carrotanques y cómo funciona el sistema de abastecimiento de combustibles, en la cadena de producción minera.
- Definir los costos de la conversión del sistema de cargue de carrotanques de 9.500 Gal por la parte superior del tanque, a la parte inferior del mismo, teniendo en cuenta los accesorios mecánicos e instrumentos asociados a la conversión del sistema.
- Identificar la incidencia del Decreto 4299 del 2005 para el análisis económico de consumo y conversión del sistema diésel.
- Definir y evaluar los aspectos ambientales que afectan el cambio del sistema de cargue de diésel a los carrotanques.
- Determinar los costos asociados a la seguridad industrial, y la mitigación de los riesgos asociados al trabajo de cargue de diésel a los carrotanques.

- Recopilar la información histórica asociada a los costos de un sistema de cargue de carrotanques por la parte inferior del mismo.
- Analizar el impacto de los factores de seguridad industrial y medio ambiente en el costo directo del trabajo y la modificación propuesta que permita realizar la evaluación económica del proyecto.
- Retroalimentar el Proyecto de expansión que se encuentra en desarrollo en Cerrejón con el fin de poder definir la conveniencia o no del mismo.
- Determinar la viabilidad económica del Proyecto con base en los presupuestos, ahorros, proyecciones, etc.

MARCO DE REFERENCIA

2.1 REVISIÓN DE ANTECEDENTES

Los antecedentes que se validarán para la evaluación económica de cambio del sistema de cargue de los carrotanques de diésel que surten de este combustible a la mina, se ubica entre los últimos cinco años, observando las actividades económicas, de seguridad, ambientales y sostenibilidad de las islas de distribución de diésel, todas desarrolladas con un proceso de cargue “Top Load” (el cargue por parte superior se denomina Top Load y es como se hace hoy día, al cargue por la parte inferior se denomina Bottom Loading; para el estudio de estos factores se identificaron dos estudios realizados, el primero por Cerrejón, quien desarrolló un informe de sostenibilidad durante los años 2008 a 2011 y el otro, es un proceso para el cargue de productos limpios en mesas de carga Bottom Loading, realizado por R. Abarca, M. Ohi, C. Tapia y R. Valenzuela, J. Montecinos, los cuales se usan como base para la evaluación.

En los estudios se identifica, como ha sido el manejo de los recursos, entre los cuales Cerrejón cita que durante los periodos mencionados anteriormente se continuó con la estandarización de las islas de combustible, y se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Instalación de siete diques metálicos en las islas portátiles para la contención de derrame. Estos diques remplazaron los diques anteriores consistentes en bermas en cemento, y piso de suelo natural compactado.
- Construcción de una isla adicional en las NAM (Nuevas Áreas de Minería), denominada isla portátil 9, con lo cual se mejoró la capacidad de suministro de combustible y lubricantes en esta área. Ésta se construyó dando

cumplimiento a los protocolos de sustancias químicas e hidrocarburos, ajustado a la normativa colombiana.

- Actualización de la marcación y la identificación de las tuberías de conducción de fluidos, de acuerdo con el código de colores establecido por Cerrejón basado en la Resolución 2400/79 “Estatuto de Seguridad Industrial”.
- Entrenamiento a operadores de islas en temas de atención de emergencias y sensibilización en medio ambiente.
- Dotación de kits para manejo de derrames de hidrocarburos en todas las islas de combustible de Cerrejón, con lo cual se logró la atención oportuna de derrames menores.
- Simulacros de derrames de hidrocarburos. Se programan simulacros en los que se evalúa la capacidad de respuesta de los grupos de atención de emergencias internos de Cerrejón en situaciones específicas, como por ejemplo un derrame de combustible en el río Ranchería³.

Las actividades mencionadas en este capítulo muestran el compromiso de la compañía con el mejoramiento de los procesos de manejo y distribución de Diesel, y la importancia que se le está dando a la preservación del medio ambiente y la seguridad industrial del personal que hace parte de esta cadena, la cual tiene como finalidad dar el soporte al departamento de producción en el cometido de la explotación del carbón.

³ **Informe De Sostenibilidad 2011** | Documentación, análisis y coordinación del proceso de elaboración
| Centro de Información e Investigación | División de Comunicaciones de Cerrejón

Número total y volumen de derrames accidentales

Cerrejón dispone de planes de atención de derrames de hidrocarburos y sustancias químicas, enfocados en el control de los posibles impactos ambientales generados por estas situaciones. Así mismo, ha desarrollado una infraestructura adecuada en las islas de combustibles para controlar contingencias, aparte de contar con equipos y personal necesarios para superar cualquier situación relacionada con derrames de hidrocarburos.

En los últimos años, Cerrejón ha hecho inversiones en la estandarización de la infraestructura de hidrocarburos para garantizar su manejo seguro.

En 2011 se presentaron nueve derrames significativos, correspondientes a 4.973 galones de hidrocarburos en total. Cabe aclarar que los derrames se controlaron adecuadamente, por lo que no afectaron la biodiversidad⁴.

Desde el punto de vista del procedimiento que se lleva a cabo en el cargue de combustible hacia el automotor, R. Abarca, y R. Valenzuela, definen y establecen un entorno de control sobre las operaciones de carga que se realizan en las mesas de Bottom Loading; estableciendo las responsabilidades de control y ejecución. Teniendo en cuenta los procedimientos operacionales, normativas de salud, seguridad, medio ambiente y las responsabilidades de aquellos que participen en el procedimiento.

⁴ Ibid. Informe De Sostenibilidad 2011. Pag. 14

2.2 MARCO TEÓRICO

El suministro de combustibles (Diésel) en la mina del Cerrejón, llega por barco a los tanques de almacenamiento de Puerto Bolívar (PBV), que posteriormente se transportan en vagones de ferrocarril desde El Puerto hasta el patio de tanques de La Mina. Desde allí es distribuido a los diferentes sitios de consumo que incluyen:

- Suministro a locomotoras.
- Surtidores fijos.
- Llenado de carrotanques para aprovisionamiento de islas móviles.
- Carrotanques para aprovisionamiento directo de equipos en el campo. Para el reaprovisionamiento de combustible de los vehículos auxiliares de La Mina.

El suministro de combustible diésel a los equipos de minería sobre llantas que es el mayor consumo, se hace en Islas Móviles, éstas son instalaciones modulares, fácilmente relocalizables que cuentan con tanques de almacenamiento, surtidores de gran caudal, dispensadores de lubricantes y refrigerantes, suministro de nitrógeno para las llantas, etc. Estas instalaciones están distribuidas en toda la operación de tal forma que la distancia a recorrer por los equipos que requieren combustible sea mínima. A continuación se muestran en la Tabla 1 las diferentes islas que se encuentran en la Mina del cerrejón, cada una se encuentra citada de forma tal, que muestra el número de viajes que realizan los carrotanques, la distancia recorrida por cada uno de ellos y la velocidad promedio a la cual pueden desplazarse de un lugar a otro, de acuerdo a las normas de seguridad de las instalaciones de Cerrejón, y las diferentes limitaciones climatológicas que se presentan por lluvia o vientos fuertes, condiciones ambientales típicas del centro de la Guajira, que limitan la operación.

Tabla 1. Identificación de islas en la mina Cerrejón

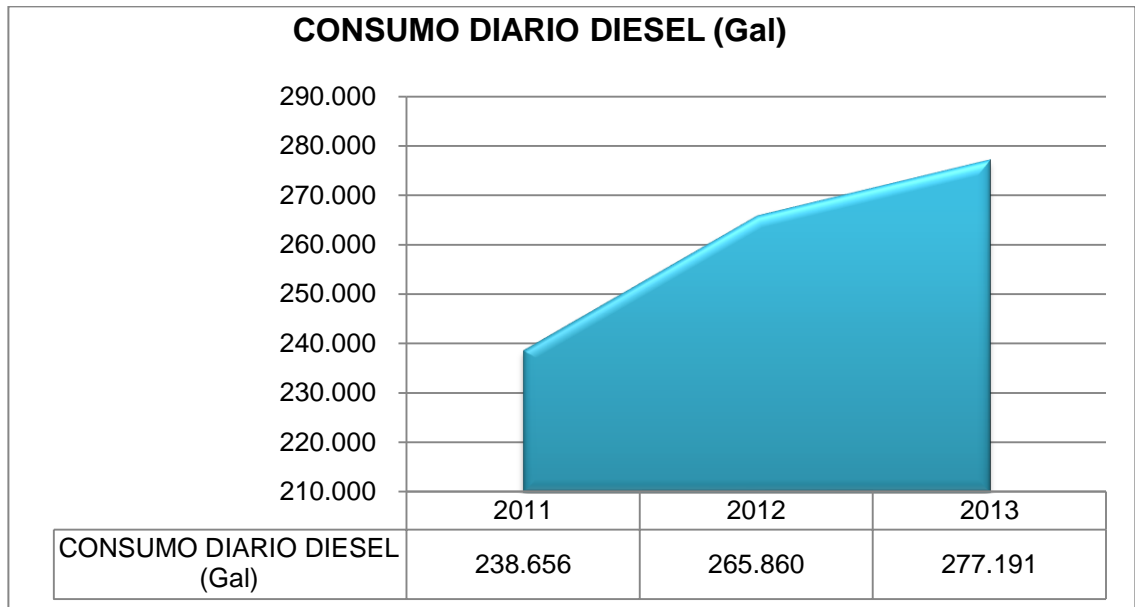
Identificación de Islas	Número de Viajes	Distancia a la planta (km)	Velocidad (km/h)
IP1	2,00	15	40
IP2	2,00	30	40
IP3	4,00	12	40
IP4	3,00	18	40
IP5	3,00	14	40
IP6	2,00	22	40
IP7	4,00	13	40
IP8	3,00	24	40
IP9	2,00	18	40
I. Las Garzas (Consumo requerido estimado) (ISLA SOP)	2,00	9	40
I. Ppal ZC (Consumo requerido estimado) (ISLA SOP)	1,00	18	40
Total	28,00		

Plan de Crecimiento y Proyección de Producción Carbones del Cerrejón

Su característica modular facilita la relocalización según las necesidades de operación.

Por otro lado, el consumo promedio de combustible diésel en la mina del Cerrejón, se encuentra entre los 277.191 galones diarios, lo que quiere decir que mensualmente se están consumiendo alrededor de 8,31 millones de gal/Mes. La **Figura 1** muestra como este consumo se ha venido variando año tras año, y las condiciones de crecimiento de la producción obliga a tener mejores prácticas de operación en la distribución del combustible, o a la instalación de nuevos sistemas que permita ser más ágiles en el proceso de cargue de diésel a los carrotanques de distribución.

Figura 1. Consumo diario de diésel (Mina del Cerrejón)



Plan de Crecimiento y Proyección de Producción Carbones del Cerrejón

Para este caso, el llenado de carrotanques en la zona de almacenamiento de diésel, es el objetivo a estudiar, por lo cual se mostrará con mayor detalle el sistema de llenado que existe actualmente en la Mina y el sistema que se desea implementar, buscando mejorar el procedimiento de cargue de combustible.

En la Figura 2 se pueden observar los dos sistemas mencionados anteriormente. En la parte superior se muestra el sistema de cargue existente, por lo que a simple vista se describe como sistema de cargue por la parte superior del carrotanque; y el proyectado con un cargue por la parte inferior del mismo, tal y como se muestra en la imagen del sistema de cargue por abajo.

Figura 2. Sistemas de cargue de combustible por arriba y por abajo⁵



Buenas Prácticas De Manejo De Biodiesel Y Sus Mezclas | Federación Nacional De Biocombustibles De Colombia

Actividades para el suministro superior (modelo actual)

En primer lugar se explicará con detalle el funcionamiento del sistema de cargue por arriba; como su nombre lo indica el proceso se realiza en la parte superior del automotor, ubicando una pasarela desplegable sobre el camión, que permita el acceso al operador de la manguera de manera segura, luego este mismo operador anclado correctamente al sistema de restricción de caídas, ubicará el brazo y la manguera de descargue de llenado dentro de la escotilla del tanque como se muestra en la Figura 2. Verificando que la manguera esté libre de dobleces y que no entre en contacto con zonas calientes del carro o el equipo de suministro, o

⁵ Tomado: Buenas Prácticas De Manejo De Biodiesel Y Sus Mezclas | Federación Nacional De Biocombustibles De Colombia

elementos que puedan generar cortes y/o rasgaduras a la manguera, para que ésta no sea un obstáculo de la libre movilidad de los operadores durante el abastecimiento. Antes de proceder al cargue del carrotanque, tendrá que aterrizar en automotor con un sistema de puesta a tierra existente en este sistema, y luego con un computador de flujo podrá iniciar el proceso de cargue del carrotanque, proceso que se encuentra sistematizado, y que requiere de un código de camión y operador para iniciar el cargue, este camión debe ser inspeccionado antes de iniciar el cargue, ya que los volúmenes que maneja el computador de flujo están definidos para un compartimento vacío, por lo que se debe asegurar esta condición. Posteriormente se retira la manguera de descargue, cerrando la escotilla del carrotanque de combustible, se retira la pasarela de acceso y se desconecta el sistema de aterrizaje anteriormente comentado.

Figura 3. Cargue de Diesel, posicionamiento de la manguera (Cerrejón)

Personal que Posiciona
la manguera para el
Cargue de Diesel



Fotografía realizada en la Investigación de Campo – Mina Carbones del Cerrejón

Figura 4. Sistema actual de cargue (Cerrejón)



Sistema Actual de
Cargue a Carro tanques
de Diesel por la parte
superior del Tanque

Fotografía realizada en la Investigación de Campo – Mina Carbones del Cerrejón

Mientras se realiza este procedimiento el operario debe cumplir con ciertas normas de seguridad, portando los debidos elementos que protejan tanto la vida del mismo, como del personal que se encuentra en el entorno que lo rodea.

Dichos elementos se citan a continuación:

- Casco
- Gafas
- Guantes
- Botas de seguridad
- Overol manga larga
- Arnés de seguridad
- Línea de vida entendible
- Extintores
- kit de derrame

Como mecanismo de control, el supervisor o el coordinador de combustibles debe realizar, una medición aleatoria de niveles de alcohol a los conductores.

Otras tareas que son necesarias para iniciar el cargue de combustible por parte del operario es verificar la no existencia de las fuentes de ignición en un radio de 20 metros a la redonda, apagar celulares o cualquier artefacto que pueda provocar chispa, por esta razón solo se autoriza el uso de comunicadores explosión proof. Se debe apagar el motor del carro tanque y de la maquinaria o equipo.

Luego se activa el freno de seguridad del carrotanque y de la maquinaria o equipo verificando la puesta a tierra del carro tanque de abastecimiento a la estructura base del tanque (estática). Así mismo, el operario, se coloca el arnés y la línea de vida (o cinturón de seguridad, que va a lo largo del automotor) para subir al tanque y de este modo ubicarse en cada una de las tapas de los tres compartimentos para comenzar el llenado.

Cuando se realiza el llenado se verifica su contenido con el nivel de medida de llenado del tanque, teniendo cuidado de no sobrepasarlo y por ningún motivo deberá permitir que estén dos personas a la vez sobre la parte superior del vehículo. En caso necesario podría apoyar a la persona que está realizando la operación ubicándose en la parte de la escalera y desde este punto indicar cualquier situación.

Actividades después del abastecimiento:

- Recogimiento de la manguera, extintores y conos de señalización.
- Elaboración del respectivo registro de abastecimiento de combustible
- El conductor sube nuevamente al tanque asegurado con el arnés y la línea de vida.

Actividades para el suministro inferior (modelo propuesto)

Ahora, si se cambia el sistema de cargue se muestra una forma sistemática del proceso de llenado por abajo o por el fondo (Bottom-Loading) el cual, una vez el operario tenga estacionado el vehículo, deberá verificar el volumen señalado en la orden de carga para que éste coincida con la capacidad del camión. En este instante el conductor se asegura que los estanques donde cargará el combustible estén vacíos, de lo contrario, deberá drenar los estanques que contengan combustible. Así mismo los supervisores de carga certifican que todos los compartimientos están perfectamente identificados, próximos a sus bocas superiores e inferiores, con el número de compartimiento y la capacidad correspondiente.

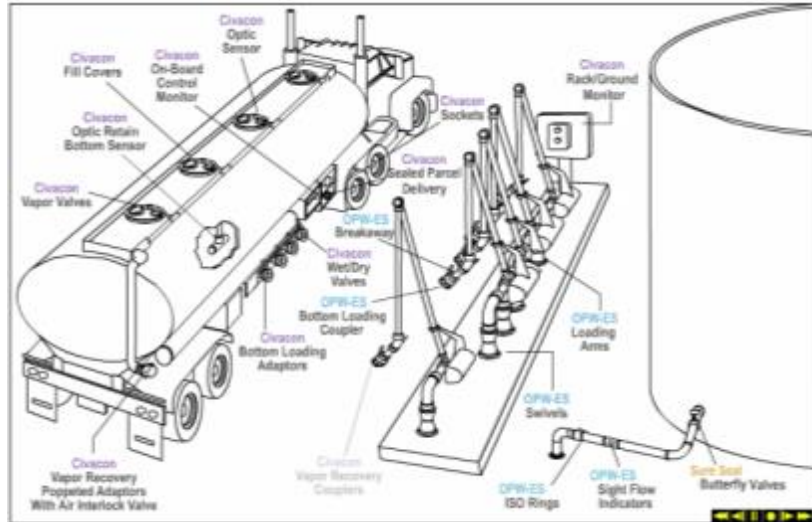
Al momento de ubicarse en la mesa de carga, el operador al igual que en el sistema de llenado por arriba deberá aplicar el freno de estacionamiento y detener el motor. Posteriormente, el operario debe accionar el corta corriente, conectar el enchufe scully (cable de descarga a tierra) y dejar las llaves de contacto del camión en el lugar destinado para ello, al costado del enchufe scully.

Así, se dispondrá a conectar la manguera recuperadora de gases y abrir la válvula de gases. En la **Figura 8** se muestran la disposición de combustible de color naranja y la disposición de gases en color púrpura; observando que a medida que sube el nivel de combustible los gases salen por la válvula (Vapor Recovery) como se mencionó en un principio.

Al tener esto conectado, se verifican que las tapas de las escotillas de los estanques se encuentren cerradas, colocando los sellos de los productos a cargar en las válvulas de carga sin engancharlos para que sirvan como guía del producto que se está cargando; de tal manera que al conectar los brazos de carga al camión, como se muestra en la **Figura 5** y **Figura 6**, se pueda programar el

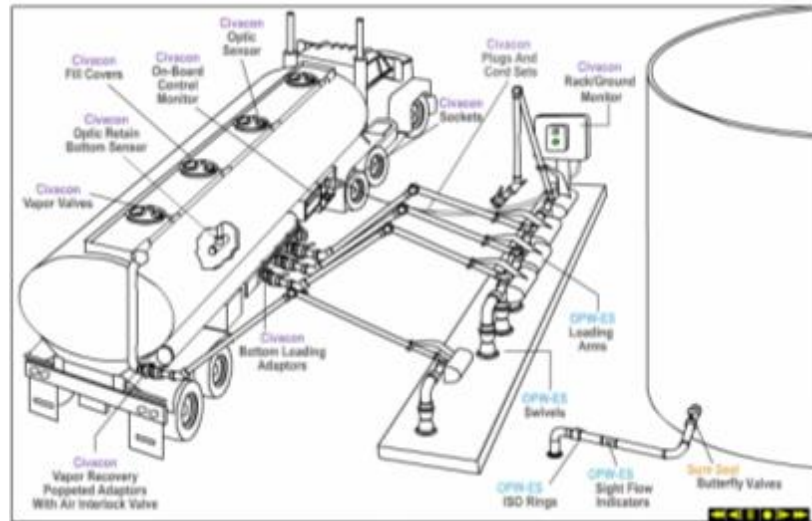
cargue según orden de carga y capacidades de estanques, como se muestra en la **Figura 6**.

Figura 5. Ubicación del carrotanque en la mesa de carga⁶



EMCO WHEATON, presentación PREZI, Sistema De Llenado Por El Fondo Y Recuperación De Vapores, Utilizando Accesorios De Civacon.

Figura 6. Brazos de carga conectados al camión⁷



Presentación PREZI, Sistema De Llenado Por El Fondo Y Recuperación De Vapores.

⁶ Tomado: EMCO WHEATON, presentación PREZI, Sistema De Llenado Por El Fondo Y Recuperación De Vapores, Utilizando Accesorios De Civacon.

⁷ Ibíd. presentación PREZI, Sistema De Llenado Por El Fondo Y Recuperación De Vapores. Pag. 22

El operador deberá verificar y sellar los compartimientos de acuerdo a los productos cargados en cada uno de ellos, controlando producto cargado. Una vez finalizado el proceso de carga, el chofer debe desconectar enchufe scully y retirar las llaves de contacto del camión.

Ventajas

El sistema de brazo de carga ofrece varias ventajas con respecto a carga superior convencional, entre las cuales se encuentran:

- La seguridad de la persona que opera el brazo de carga es la ventaja principal, ya que el operador permanece en el suelo, no en la parte superior del vehículo, donde las caídas son una amenaza común.
- Las conexiones se realizan con mayor rapidez lo que reduce el tiempo exposición del operador y el tiempo de carga en general.
- Los sistemas de carga inferior crean menos turbulencia en el tanque, lo que reduce el peligro de la generación de electricidad estática.
- En los sistemas de carga inferior, no sólo se reducen los vapores que pueden ser un peligro ambiental, sino también puede ser fácilmente adaptado para recuperar totalmente los vapores desplazados durante la carga.
- La velocidad es una ventaja clave de la carga inferior debido a que los tanques se pueden llenar más rápido y un número de compartimientos se pueden cargar al mismo tiempo.
- Las islas de carga inferior son más sencillas y baratas de construir que los bastidores de carga superior. Pueden realizar un mayor ahorro, ya que

permiten cargar con seguridad más material en menos tiempo, con menos derrames y pérdida de vapor¹⁰.

Economía

- Ahorro del tiempo de llenado en casi un 70%.
- Disminuye el tiempo en plataforma, haciendo uso eficiente de los terminales o islas de abastecimiento.
- Optimiza la recuperación de vapores en retorno de inversión en menor tiempo.
- No presenta derrames, es decir que los costos de limpieza se reducen a cero
- Minimiza el riesgo de contaminación al producto¹¹.

Reglas de Medio Ambiente:

- El proceso debe efectuarse sobre losa de cemento impermeabilizada.
- En el proceso no se deben utilizar equipos defectuosos que pudieran originar un derrame.
- Los posibles derrames deben tener un plan de mitigación y manejo, para lo cual se debe proyectar una infraestructura que sea capaz de manejar estos eventos.

Normas de Salud, Seguridad y Medio Ambiente

Reglas De Salud:

Salud y físico compatible con el trabajo a realizar.

¹⁰Tomado: OPW (Engineered Systems – Parts of OPW Fluid Transfer Group)

¹¹Ibíd. presentación PREZI, Sistema De Llenado Por El Fondo Y Recuperación De Vapores. Pag. 22

Reglas de Seguridad:

- Verificar que el estanque a cargar se encuentra vacío.
- Durante la operación de carga, el conductor no debe abandonar el lugar donde se realiza ésta y su atención debe estar dirigida a la operación que realiza.
- Verificar que el camión se encuentra conectado a tierra y con el corta corriente accionado antes de iniciar la carga.
- Las tapas de los compartimientos del camión que se está cargando deben permanecer cerradas.
- Está prohibido portar equipos que produzcan fuentes de ignición al interior de la Planta.
- Ante una emergencia el conductor debe detener en forma inmediata la carga de su equipo y esperar instrucciones del personal a cargo de la instalación¹².

Elementos de Protección Personal:

- Guantes de nitrilo.
- Casco de seguridad con barboquejo.
- Zapatos de seguridad
- Gafas Herméticas
- Arnés de Seguridad (tipo paracaidista)
- En los casos donde el uso de aditivos se haga en forma manual por el conductor, este debe utilizar mascara antigases.

¹² Procedimiento Para Carguío De Productos Limpios En Mesas De Carga Bottom Loading | Realizado por : R. Abarca, M. Ohl, C. Tapia y R. Valenzuela, J. Montecinos

2.3 MARCO LEGAL

Se presenta las leyes que influyen e impactan, en el desarrollo de las actividades de distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo en el país durante los últimos años, y que repercuten en las actividades económicas del sistema de cargue a los Carro tanques que distribuyen el diésel en la Mina en Cerrejón.

De acuerdo al **DECRETO 4299 DE 2005 | Ministerio De Minas Y Energía**, por el cual se reglamenta el artículo 61 de la Ley 812 de 2003; se dictan las disposiciones sobre la distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, estableciendo el marco sancionatorio que puede aplicar el Ministerio de Minas y Energía a los establecimientos de distribución de combustibles que infrinjan las normas sobre el funcionamiento de dicho servicio o las órdenes del mismo Ministerio.¹³

Así mismo el Decreto 70 de 2001, modifica la estructura del Ministerio de Minas y Energía, y establece que esta entidad debe adoptar los reglamentos y hacer cumplir las disposiciones constitucionales, legales y reglamentarias relacionadas con la exploración, explotación, transporte, refinación, distribución, procesamiento, beneficio, comercialización y exportación de recursos naturales no renovables, así como ejercer el control y vigilancia técnica sobre la distribución de los combustibles líquidos derivados del petróleo en su cadena de refinación, importación, almacenamiento, manejo, transporte y distribución en el territorio nacional.¹⁴

De acuerdo al decreto 4299 de 2005, tiene por objeto establecer los requisitos, obligaciones y el régimen sancionatorio, aplicables a los agentes de la cadena de distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, excepto GLP (Gas

¹³ Tomado: **DECRETO 4299 DE 2005** (noviembre 25) Diario Oficial No. 46.103 de 25 de noviembre de 2005 | **MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA** | Por el cual se reglamenta el artículo 61 de la Ley 812 de 2003 y se establecen otras disposiciones.

¹⁴ **Ibíd. DECRETO 4299 DE 2005 | MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.** Pag. 19

Licuado del Petróleo), señalados en el artículo 61 de la Ley 812 de 2003, con el fin de resguardar a las personas, los bienes y preservar el medio ambiente.

En relación con el presente decreto, se aplicará a los siguientes agentes de la cadena de distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, excepto GLP (Gas Licuado del Petróleo): refinador, importador, almacenador, distribuidor mayorista, transportador, distribuidor minorista y gran consumidor.

Por esta razón, la autoridad de regulación, control y vigilancia; corresponde al Ministerio de Minas y Energía de conformidad con las normas vigentes, la regulación, control y vigilancia de las actividades de refinación, importación, almacenamiento, distribución y transporte de los combustibles líquidos derivados del petróleo, sin perjuicio de las competencias atribuidas o delegadas a otras autoridades.

Para efectos de interpretar y aplicar el presente decreto se tendrán en cuenta las siguientes definiciones:

Almacenador: Toda persona natural o jurídica dedicada a ejercer la actividad de almacenamiento de combustibles líquidos derivados del petróleo, en los términos del Capítulo IV del presente decreto.

Almacenamiento Comercial: Es el volumen necesario para el adecuado manejo de los combustibles líquidos derivados del petróleo por parte del distribuidor mayorista, en los términos del Capítulo IX del presente decreto.

Buque o Nave: La definición establecida en la Ley 658 de 2001, la cual se transcribe: “Toda construcción principal o independiente, idónea para la navegación y destinada a ella, cualquiera que sea su sistema de propulsión”.

Certificación: La definición establecida en el Decreto 2269 del 16 de septiembre de 1993, o en aquellas normas que la modifiquen, adicionen o sustituyan, la cual se transcribe: “Procedimiento mediante el cual una tercera parte da constancia por escrito o por medio de un sello de conformidad de que un producto, un proceso o un servicio cumple los requisitos especificados en el reglamento”.

Combustibles Básicos: La definición establecida en la Resolución 180687 del 17 de junio de 2003 expedida por el Ministerio de Minas y Energía, o en aquellas normas que la modifiquen, adicionen o sustituyan, la cual se transcribe: “Son mezclas de hidrocarburos derivados del petróleo que han sido diseñadas como combustibles de motores de combustión interna, ya sean solas o en mezcla con componentes oxigenantes, para reformular combustibles con mejores características de combustión. Para efectos de la presente resolución se entienden como combustibles básicos la gasolina corriente, la gasolina extra, el diésel corriente y el diésel extra o de bajo azufre”.

Combustibles líquidos derivados de petróleo: Son todos los productos clasificables dentro de las categorías de las gasolinas, gasóleos, querosenes y fuelóleos, entre los cuales se cuentan: Combustibles para aviación (avigás), gasolina motor (gasolina extra, gasolina corriente, gasolina corriente oxigenada, gasolina extra oxigenada), combustibles de aviación para motores tipo turbina, queroseno, diésel extra o de bajo azufre, diésel corriente (ACPM), diésel marino (se conoce también con los siguientes nombres: diésel fluvial, marine diésel, gas oíl, intersol, diésel número 2), y combustible para quemadores industriales (combustóleos-fuel oil).

Estación de Servicio: Establecimiento en el cual se almacenan y distribuyen al consumidor final los combustibles líquidos derivados del petróleo. Dependiendo del tipo de combustibles que distribuyan las estaciones de servicio se clasifican en:

- i) Estación de servicio de aviación;
- ii) Estación de servicio automotriz;
- iii) Estación de servicio fluvial,
- iv) Estación de servicio marítima.

Importador: Toda persona natural o jurídica que ejerce la actividad de importación de combustibles líquidos derivados del petróleo.

Planta de abastecimiento: Son las instalaciones físicas, construidas y operadas en tierra, necesarias para almacenar, manejar y despachar al por mayor combustibles líquidos derivados del petróleo a la(s) planta(s) de otro(s) distribuidor(es) mayorista(s), a distribuidores minoristas o al gran consumidor.

Puerto: Conjunto de elementos físicos que incluyen obra, canales de acceso, instalaciones y servicios que permiten aprovechar un área frente a la costa o ribera de un río en condiciones favorables para la realización de operaciones de cargue y descargue de toda clase de buques, intercambio de mercancías entre tráfico terrestre, marítimo y/o fluvial. Dentro del puerto quedan los terminales portuarios, muelles o embarcaderos.

Conforme al Ministerio De Minas Y Energía, el listado de agentes de la cadena de distribución de combustibles de Colombia; Cerrejón es un agente importador, por lo cual el capítulo III del decreto 4299 de 2005 constituye que toda persona natural o jurídica que se encuentre interesada en importar combustibles líquidos derivados del petróleo para consumo o distribución dentro del territorio nacional, deberá obtener previamente al ejercicio de dicha actividad, autorización del Ministerio de Minas y Energía para lo cual deberá presentar los siguientes documentos:

1. Copia de los estatutos sociales, estados financieros al momento de su constitución y composición accionaria de la empresa, según el caso.
2. Certificado de existencia y representación legal –para personas jurídicas– o registro mercantil –para personas naturales– expedido por la respectiva Cámara de Comercio con no más de tres (3) meses de antelación, en el que conste que dentro de su objeto social se encuentra la actividad de importación de combustibles líquidos derivados del petróleo.
3. Documento en donde se indique: Nombre o razón social del importador, dirección comercial, ciudad, teléfono, fax, correo electrónico, origen, tipo y volumen del combustible a importar, medio de transporte a utilizar en la importación.
4. Certificado de carencia de informes por narcotráfico expedido por la Dirección Nacional de Estupefacientes.
5. Copia del contrato de almacenamiento que suscriba para el recibo del combustible a importar.
6. Copia del contrato o acuerdo suscrito con el agente de la cadena de distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo que distribuirá o consumirá el combustible importado.

Por lo cual el importador, en este caso Cerrejón, solamente podrá contratar el consumo o distribución de los combustibles importados, con el refinador, el distribuidor mayorista, el gran consumidor cuando el consumo de ACPM sea igual o superior a 420.000 galones mensuales.

Por otro lado, las especificaciones de calidad están ligadas a los combustibles líquidos derivados del petróleo que se importen al territorio nacional, deberán contar con un certificado de conformidad expedido por un organismo certificador acreditado, sobre el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos en la normatividad aplicable. Dicho certificado deberá ser presentado por el importador, ante la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales, DIAN, como documento soporte de la declaración de importación del producto.

Y por último se establecen las obligaciones del importador constituida por la Ley 812 de 2003, de combustibles líquidos derivados del petróleo las cuales deberán cumplir, las obligaciones establecidas en los artículos del decreto 4299 de 2005:

1. Prestar la colaboración necesaria al Ministerio de Minas y Energía para el cumplimiento de sus funciones.
2. Cumplir el procedimiento respecto de la marcación de combustibles establecido en los Decretos 1503 de 2002 y 3563 de 2003, o aquellas normas que las modifiquen, adicionen o sustituyan.
3. Mantener vigente el certificado de carencia de informes por narcotráfico expedido por la Dirección Nacional de Estupefacientes.
4. Abstenerse de despachar los combustibles líquidos derivados del petróleo a carro tanques que no cumplan los requisitos exigidos en el Decreto 1609 del 31 de julio de 2002, o en las normas que la modifiquen, adicionen o sustituyan.
5. Abstenerse de realizar prácticas comerciales restrictivas o aquellas consideradas como competencia desleal, según lo previsto en la Leyes 155

de 1959 y 256 de 1996, el Decreto 2153 de 1992 y demás normas concordantes.

6. Tener y hacer cumplir un reglamento interno de seguridad, el cual detalle las acciones necesarias que deban desarrollarse frente a las distintas posibilidades de accidentes. Para el efecto, deberá brindar la capacitación necesaria para que el personal a su cargo se encuentre instruido en la ejecución de estos procedimientos.
7. Enviar a la Unidad de Planeación Minero Energética, UPME, durante los primeros diez (10) días de los meses de enero, abril, julio y octubre de cada año, la relación de los combustibles importados discriminados, por producto, cliente y volumen importado, presentados durante el trimestre inmediatamente anterior, en los formatos, mecanismos y procedimientos que esta diseñe para tal fin.
8. Mantener por el término de seis (6) meses, a disposición del Ministerio de Minas y Energía u otra autoridad competente, las muestras de los combustibles importados, con sus respectivos certificados de conformidad expedidos por el organismo de certificación acreditado.
9. Entregar a sus clientes los certificados de conformidad de calidad y cantidad de los combustibles líquidos derivados del petróleo importados.
10. Suministrar la guía única de transporte a cada uno de los agentes autorizados, en los términos señalados en el presente decreto.
11. Cumplir con las normas establecidas sobre protección y preservación del medio ambiente.

2.4 METODOLOGÍA

Esta monografía se realizará con base en los procedimientos plasmados en el libro *“Orientaciones prácticas para la elaboración exitosa de trabajos de grado de ingeniería”* mediante la consulta técnica y la observación, compilando la información desarrollada por la compañía de acuerdo a sus mediciones y rendimientos, además de la recolección de información de costos del mercado y análisis de información mediante la evaluación de proyectos.

Para esta monografía se realizará solo recolección de información, la cual será confrontada con algunas entrevistas a quienes operan el sistema en la actualidad para poder ratificar la calidad de la información recolectada.

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

3.1 IDENTIFICACIÓN DE VOLÚMENES DE DIESEL DISTRIBUIDO POR LOS CARRO TANQUES

En la **Tabla 4** que se muestran a continuación, se identifica el proceso que tiene cada uno de los carrotanques en las diferentes islas de llenado de combustible diésel, identificando así, las diferentes islas ubicadas en la Mina de Cerrejón, el aporte porcentual de cada una de ellas diariamente, la demanda al día de galones de diésel, el cual proviene del producto de los viajes realizados por el automotor, considerando que en cada viaje se transporta un total de 9.500 galones, obteniendo un total de 266.000 galones diarios; por otro lado, el trabajo de campo que se realizó acorde a las tablas mostradas a continuación, son los tiempos, distancias y velocidades que se tomaron en cada una de las operaciones que realiza cada equipo desde el momento de su llegada hasta el momento en que ha descargado y documentado el proceso, entre las cuales se encuentran la espera en cola a la entrada de la planta, el tiempo de cargue, el proceso documental, distancia a la planta, velocidad del automotor, tiempos perdidos por inconvenientes como tráfico, paradas, entre otros, tiempo de ida y vuelta, tiempo de descargue y proceso documental.

Como consistencia del trabajo hecho en campo, también se realizaron los diferentes cálculos teóricos referentes al tiempo de viaje entre ida y vuelta del carrotanque, el cual se realiza con el cociente entre la distancia recorrida y la velocidad del mismo. Como era de esperarse los datos teóricos y reales varían de forma significativa, esto se debe a que el cálculo hecho no toma en cuenta las variaciones de velocidad que se realiza durante el trayecto. Por lo cual podemos determinar que es una media muy aproximada y que sirve como referencia para realizar nuestro estudio.

También hay que tener en cuenta las consideraciones que Cerrejón tomó para dar los resultados finales en cada una de las tablas mostradas posteriormente las cuales se describen en la parte izquierda e inferior de dichas tablas.

Las **Tablas 5** y **6** muestran las proyecciones que se realizaron del 2013 a 2014 y las proyecciones de 2014 a 2015 respectivamente, para deducir la cantidad de camiones que se necesitan con respecto a la demanda de combustible diésel teniendo en cuenta que para el año 2013 entran en actividad dos islas de llenado, aumentando el transporte de combustible y por lo tanto aumentando la demanda de camiones, con el fin de satisfacer las necesidades de la Mina.

3.2 ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE EN LA CADENA DE PRODUCCIÓN MINERA

Funcionamiento

Como se mencionó en el numeral 2 del Capítulo II el suministro de combustible de diésel llega por barco a los tanques de almacenamiento de Puerto Bolívar (PBV), que posteriormente se transportan en ferrotanques, desde El Puerto hasta el patio de tanques de La Mina.

Este sistema de ferrotanques está conformado por un cabezal común de 10 pulgadas de diámetro que se conecta por medio de mangueras flexibles, a cada uno de los ferrotanques. Este cabezal conduce el combustible diésel hasta la estación de bombas, la cual a su vez lo bombea hasta los tanques de almacenamiento. El sistema de bombeo está conformado por un eliminador de aire localizado antes de las bombas, tres bombas centrifugas (dos principales y una de reserva) de 450 galones/minuto de capacidad cada una, filtros micrónicos y coalescentes localizados a la descarga de las bombas y una estación de medición, la cual está comunicada con el centro de control del sistema.

Tabla 2. Estudio de tiempos de funcionamiento de los carrotaques – Proyección 2012-2013

ESTUDIO DE TIEMPOS Y REQUERIMIENTOS DE TRACTO CISTERNAS (Requerimiento actual)															
Identificación De Islas	% Aportado	Demanda Día - Galón	No. De Viajes	Espera en Cola Planta	Tiempo De Cargue	Proceso Documental Min.	Distancia a la Planta (Km)	Vel.Km/Hr	Tiempo De Viaje Ida Y Vuelta teórico	Tiempo perdidos, pares, tráfico en ida y vuelta (promedio)	Tiempo Medido En Ida Y Vuelta (Real)	Tiempo De Descargue	Proceso Documental Min.	Sub Total (Min.)	Total (Min.)
IP1	7,1%	19.000	2,0	30	25	20	15	40	45	4	54	45	10	188	376
IP2	7,1%	19.000	2,0	30	25	20	30	40	90	8	101	45	10	239	478
IP3	14,3%	38.000	4,0	30	25	20	12	40	36	5	47	45	10	182	728
IP4	10,7%	28.500	3,0	30	25	20	18	40	54	5	69	45	10	204	612
IP5	10,7%	28.500	3,0	30	25	20	14	40	42	5	67	45	10	202	606
IP6	7,1%	19.000	2,0	30	25	20	22	40	66	5	79	45	10	214	428
IP7	14,3%	38.000	4,0	30	25	20	13	40	39	5	50	45	10	185	740
IP8	10,7%	28.500	3,0	30	25	20	24	40	72	5	84	45	10	219	657
IP9	7,1%	19.000	2,0	30	25	20	18	40	54	5	65	45	10	200	400
I. Las Garzas (Consumo requerido estimado) (ISLA SOP)	7,1%	19.000	2,0	30	25	20	9	40	27	5	38	45	10	173	346
I. Ppal ZC (Consumo requerido estimado) (ISLA SOP)	3,6%	9.500	1,0	30	25	20	18	40	54	3	65	45	10	198	198
Total	100,0 %	266.000	28,0												
Consideraciones para el calculo						Descripción						Min.	Horas		

<p>Todos los datos se tomaron y verificaron en campo. Las islas de producción tienen la prioridad sobre las de SOP. Se incluye un factor de seguridad en el tiempo de cola del 5% Debido a cambios de turno, Inspecciones y procesos administrativos cada equipo solo puede estar operativo 85% del tiempo. El cálculo final sale de dividir el tiempo requerido para cubrir el compromiso de suministro entre el tiempo real disponible de una tractocisterna.</p>	Total tiempo requerido para suplir demanda: (Sumatoria columna P)	5.569	93
	Factor de Seguridad x uso de método Estático y aumento del tiempo de cola	1,05	1,05
	Total tiempo requerido para suplir demanda (Corregido con factor de seguridad) :	5.847	97
	Tiempo máximo de uso por día, por equipo:(85% del total de 1440 minutos)	1.224	20
	Número de mulas operativas necesarias:	4,78	

Plan de Crecimiento y Proyección de Producción Carbones del Cerrejón

Tabla 3. Estudio de tiempos de funcionamiento de los carrotanques – proyección 2013-2014

ESTUDIO DE TIEMPOS Y REQUERIMIENTOS DE TRACTO CISTERNAS (Proyección 2013-2014)															
Identificación De Islas	% Aportado	Demanda Día - Galón	No. De Viajes	Espera En Cola Planta Min.	Tiempo De Cargue	Proceso Documental Min.	Dist. A La Planta Km	Vel.Km/Hr	Tiempo De Viaje Ida Y Vuelta (Teórico)	Perdidos, Pares, Tráfico. En Ida Y Vuelta	Tiempo Medido En Ida Y Vuelta (Real)	Tiempo De Descargue	Proceso Documental Min.	Sub Total (Min.)	Total (Min.)
IP1	6,3%	19.000	2,0	30	25	20	15	40	45	4	54	45	10	188	376
IP2	6,3%	19.000	2,0	30	25	20	30	40	90	8	101	45	10	239	478
IP3	12,5%	38.000	4,0	30	25	20	12	40	36	5	47	45	10	182	728
IP4	6,3%	19.000	2,0	30	25	20	18	40	54	5	69	45	10	204	408
IP5	12,5%	38.000	4,0	30	25	20	14	40	42	5	67	45	10	202	808
IP6	6,3%	19.000	2,0	30	25	20	22	40	66	5	79	45	10	214	428
IP7	12,5%	38.000	4,0	30	25	20	13	40	39	5	50	45	10	185	740
IP8	9,4%	28.500	3,0	30	25	20	24	40	72	5	84	45	10	219	657
IP9	9,4%	28.500	3,0	30	25	20	18	40	54	5	65	45	10	200	600
IP10 (Ingresa en 2013)	6,3%	19.000	2,0	30	25	20	30	40	90	8	101	45	10	239	478
I. Las Garzas (Consumo req. estimado) (ISLA SOP)	6,3%	19.000	2,0	30	25	20	9	40	27	5	38	45	10	173	346
I. Ppal ZC (Consumo req. estimado) (isla SOP)	6,3%	19.000	2,0	30	25	20	18	40	54	3	65	45	10	198	396
Total	100,0%	304.000	32,0												
Consideraciones para el calculo						Descripción						Min.	Horas		
Todos los datos se tomaron y verificaron en campo. Las islas de producción tienen la prioridad sobre las de SOP. Se incluye un factor de seguridad en el tiempo de cola del 5% Debido a cambios de turno, Inspecciones y procesos administrativos cada equipo solo puede estar operativo 85% del tiempo. El cálculo final sale de dividir el tiempo requerido para cubrir el compromiso						Total tiempo requerido para suplir demanda: (Sumatoria columna P)						6.443	107		
						Factor de Seguridad x uso de método Estático y aumento del tiempo de cola						1,05	1,05		
						Total tiempo requerido para suplir demanda (Corregido con factor de seguridad) :						6.765	113		

de suministro entre el tiempo real disponible de una tractocisterna.	Tiempo máximo de uso por día, por equipo:(85% del total de 1440 minutos)	1.224	20
	Número de mulas operativas necesarias:	5,53	

Plan de Crecimiento y Proyección de Producción Carbones del Cerrejón

Tabla 4. Estudio de tiempos de funcionamiento de los carrotaques – Proyección 2014-2015

ESTUDIO DE TIEMPOS Y REQUERIMIENTOS DE TRACTO CISTERNAS (Proyección 2014-2015)																
Identificación De Islas	% Aportado	Demanda Día - Galón	No. De Viajes	Espera En Cola Planta Min.	Tiempo De Cargue	Proceso Documental Min.	Dist. A La Planta Km	Vel.Km/Hr	Tiempo De Viaje Ida Y Vuelta (Teórico)	Perdidos, Pares, Trafico En Ida Y Vuelta	Tiempo Medido En Ida Y Vuelta (Real)	Tiempo De Descargue	Proceso Documental Min.	Sub Total (Min.)	Total (Min.)	
IP1	6,3%	19.000	2,00	30	25	20	15	40	45	4	54	45	10	188	376	
IP2	6,3%	19.000	2,00	30	25	20	30	40	90	8	101	45	10	239	478	
IP3	12,5%	38.000	4,00	30	25	20	12	40	36	5	47	45	10	182	728	
IP4	6,3%	19.000	2,00	30	25	20	18	40	54	5	69	45	10	204	408	
IP5	12,5%	38.000	4,00	30	25	20	14	40	42	5	67	45	10	202	808	
IP6	6,3%	19.000	2,00	30	25	20	22	40	66	5	79	45	10	214	428	
IP7	12,5%	38.000	4,00	30	25	20	13	40	39	5	50	45	10	185	740	
IP8	12,5%	38.000	4,00	30	25	20	24	40	72	5	84	45	10	219	876	
IP9	9,4%	28.500	3,00	30	25	20	18	40	54	5	65	45	10	200	600	
IP10 (Ingresa en 2013)	9,4%	28.500	3,00	30	25	20	30	40	90	8	101	45	10	239	717	
IP10 (Ingresa en 2013)	9,4%	28.500	3,00	30	25	20	30	40	90	8	101	45	10	239	717	
I. Las Garzas (Consumo req. estimado) (ISLA SOP)	6,3%	19.000	2,00	30	25	20	9	40	27	5	38	45	10	173	346	
I. Ppal ZC (Consumo req. estimado) (ISLA SOP)	6,3%	19.000	2,00	30	25	20	18	40	54	3	65	45	10	198	396	
Total	115,6%	351.500	37,00													
Consideraciones para el calculo					Descripción								Min.	Horas		
Todos los datos se tomaron y verificaron en campo. Las islas de producción tienen la prioridad sobre las de SOP. Se incluye un factor de seguridad en el tiempo de cola del 5% Debido a cambios de turno, Inspecciones y procesos administrativos cada equipo solo puede estar operativo 85% del tiempo.					Total tiempo requerido para suplir demanda: (Sumatoria columna P)								7.618	127		
					Factor de Seguridad x uso de método Estático y aumento del tiempo de cola								1,05	1,05		
					Total tiempo requerido para suplir demanda (Corregido con factor de seguridad) :								7.999	133		

El cálculo final sale de dividir el tiempo requerido para cubrir el compromiso de suministro entre el tiempo real disponible de una tractocisterna.	Tiempo máximo de uso por día, por equipo:(85% del total de 1440 minutos)	1.224	20
	Número de mulas operativas necesarias:	6,54	

Plan de Crecimiento y Proyección de Producción Carbones del Cerrejón

Luego de que el combustible es filtrado y medido, es conducido a los tanques de almacenamiento existentes (cada uno de 15.000 barriles de capacidad) o a los tanques nuevos (cada uno de 20.000 barriles de capacidad), según los requerimientos de almacenamiento de combustible para la mina. A la entrada de los tanques se han dispuesto válvulas mariposa motorizada de operación remota, para la selección del tanque donde será almacenado el combustible¹⁵.

El sistema de ferrotanques, en el transcurso del año 2013 ha tenido una serie de cambios con el beneficio de obtener mayor seguridad en el transporte del combustible como tal; de esta forma la directiva de seguridad para protección del tren de suministros, ya no viaja de noche, por lo que la ventana de tiempo para el descargue se redujo de 36 a 18 horas. Esta reducción en el tiempo aumenta la capacidad de bombeo diseñada para la nueva infraestructura, por lo cual en la nueva ventana, puede descargarse un máximo de 24 ferrotanques.

Consumo de combustible (diésel) en la mina

En lo corrido del año 2013, el consumo de la mina está en 370Kgls/día, que es exactamente la capacidad de recibo para las 18 horas que se tienen de ventana. La proyección de incremento en el consumo entregada por producción indica que para inicios de 2014 se requerirán 300 Kgls/día, y el consumo llegará a 410 Kgls/día en 2017.

¹⁵ Carbones de Cerrejón Limited - Proyecto de Expansión P40 | Nuevos Tanques de Combustible Sistema de Descarga de Ferrotanques

3.3 ESPECIFICACIONES DE CARRO TANQUES – MINA CERREJÓN

Descripción de las casetas de llenado de carrotanques

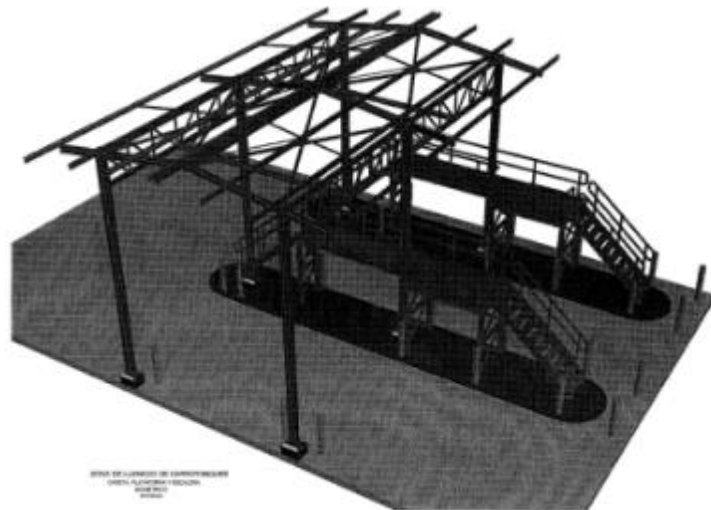
El sistema de llenado de carrotanques, como se muestra en la Figura 9, está en la capacidad de:

Tabla 5. Información básica de entrada para el sistema de llenado carrotanques¹⁶

Número de carrotanques a llenar	2
Volumen almacenado por cada carrotanque [gal]	9.500
Combustible Diesel numero	2
Tiempo requerido para el llenado Minutos	Entre 15 y 25

Carbones de Cerrejón Limited - Proyecto de Expansión P40

Figura 9. Caseta, escalera y plataforma de llenado de carrotanques – Isométrico¹⁷



Cerrejón – proyecto de expansión P40 fase 1

¹⁶ Tomado: Carbones de Cerrejón Limited - Proyecto de Expansión P40

¹⁷ Cerrejón – proyecto de expansión P40 fase 1 | ubicación: La Mina – infraestructura | nuevos tanques de combustible, llenadero de carrotanques isométrico general

El sistema de llenado de carro tanques está conformado por un sistema de bombeo que succiona el combustible diésel desde los tanques de almacenamiento a través de una tubería de 10” de diámetro, la cual lo conduce hasta la estación de bombas, que a su vez lo bombea hasta las bahías de llenado de carro tanques. El sistema de bombeo está conformado por filtros tipo canasta localizados a la succión de las bombas y tres bombas centrifugas (dos principales y una de reserva) de 600 galones/minuto de capacidad que atienden cada una, un brazo de llenado.

Especificaciones de carro tanques

En el siguiente cuadro se muestran la descripción del equipo utilizado por Cerrejón, para transportar el combustible en la Mina; allí se encuentra el tipo de combustible utilizado por el automotor, marca, modelo, capacidad de transporte de combustible entre otras especificaciones técnicas.

Tabla 6. Características técnicas de carrotanques

Número de Equipo	900122
Flota	Mediano
Departamento	Materiales
Sección	Tractomulas combustible
Marca	Kenworth
Línea	T800
Modelo	2001
Vin	1XK0D60X42J891707
Motor	Cummins-N14
Nmotor	12042435
Combustible	ACPM
Potencia motor (hp)	HP.350-A.2500 RPM
Transmisión	Allinson-CLT-754
Eaux	Cisterna

Volumen transportado	9.500 Galones
-----------------------------	---------------

Plan de Crecimiento y Proyección de Producción Carbones del Cerrejón

Por otro lado, se muestra la disposición y ubicación de los automotores en las casetas de llenado de la Mina, Figura 10 y Figura 11, en las cuales se observa la infraestructura como tal, en este caso las escaleras, plataformas, viga de retención, en la que se soporta la línea de vida para el operador; también cuenta con un sistema de escalera basculante independiente para cada carro tanque y bolardos de protección a cada lado de los equipos. De igual manera, como sistema de protección se encuentra los tableros para el sistema de estática del mismo.

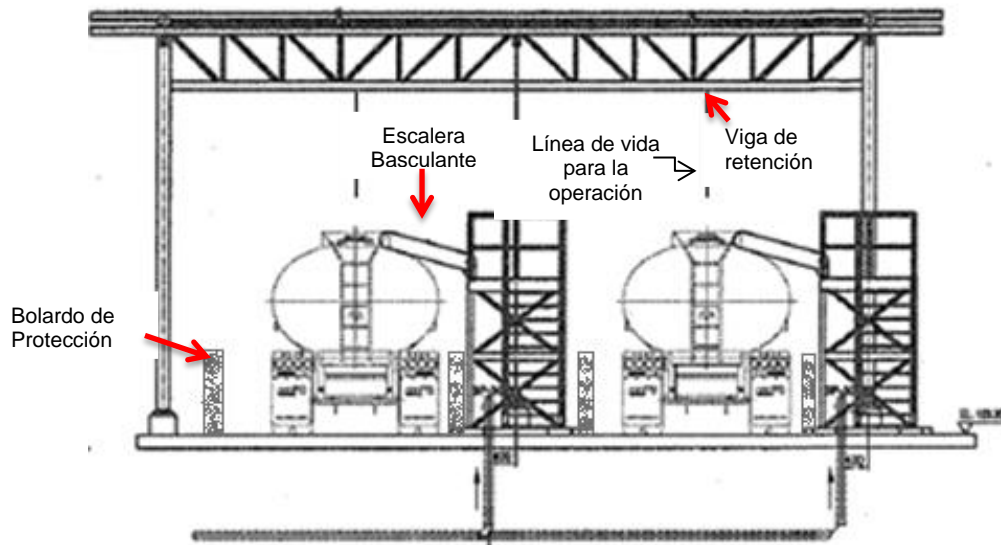
Figura 10. Infraestructura de islas de llenado – posicionamiento de carro tanques (Vista Longitudinal)¹⁸



Cerrejón – Proyecto De Expansión P40 Fase 1

¹⁸ Cerrejón – Proyecto De Expansión P40 Fase 1 | Infraestructura De Los Tanques De Combustible | Tanques De Almacenamiento E Islas De Llenado Secciones

Figura 11. Infraestructura de islas de llenado – posicionamiento de carrotanques¹⁹



Cerrejón – Proyecto De Expansión P40 Fase 1

¹⁹ Ibíd. Cerrejón – Proyecto De Expansión P40 Fase 1 Pag. 14

COSTOS DEL SISTEMA NUEVO DE CARGUE A CARROTANQUES

Para esta posible modificación se cuenta con una ingeniería de detalle, desarrollada por SSJV Project quienes generaron un listado de cantidades, las cuales fueron cuantificadas con valores del mercado de diferentes fuentes, como presupuestos de trabajos anteriores, costos de la revista Construdata y valores informados por diferentes subcontratistas de esta compañía que ayudaron a conciliar un costo aproximado de la inversión en Capex si se requería desarrollar un nuevo cargadero doble como son las necesidades de Cerrejón en este momento.

Tabla 7. Costos de dos bahías para el cargue de carrotanques por la parte inferior²⁰

Descripción	Und	Cant	Vr. Unitario COP\$)	Vr. Total (COP\$)
Obras Mecanicas				
Suministro e instalación de bombas para despacho a carro tanques en la mina	Ea	3	97.800.000	293.400.000
Suministro e instalación de dos filtros, Medidores, Válvulas, Brazos de Llenado, Hidrante	Ea	2	592.400.000	1.184.800.000
Suministro e instalación de monitores de agua en la mina	Ea	4	17.330.300	69.321.200
Suministro e instalación de un tanque vejiga de 600 y 300 galones en la mina	Ea	1	65.800.000	65.800.000
Suministro e instalación de rociadores de agua espuma en la mina	Ea	8	2.000.000	16.000.000
Suministro e instalación de monitores de espuma en la mina	Ea	4	10.488.900	41.955.600
Suministro e instalación de proporcionador de espuma de 483 y 500 galones y cámara de Espuma en la mina	Ea	1	133.828.500	133.828.500
Suministro e instalación de dos válvulas de diluvio de diámetro 2" y 4" en la mina	Ea	2	20.200.000	40.400.000
Obras de Protección				
Suministro e instalación de sistemas de protección anticaidas para el cargue de carrotanques en la mina	Ea	2	10.450.000	20.900.000
Suministro e instalación de escaleras basculantes para el cargue de carrotanques en la mina	Ea	2	33.735.300	67.470.600
Obras del Sistema Contraincendios				
Suministro y montaje de tubería y accesorios en el sistema contraincendios de la mina	Gl	1	66.347.000	66.347.000
Suministro y montaje de instrumentación y accesorios en el sistema contraincendios de la mina	Gl	1	142.377.700	142.377.700

²⁰ Estimación de Costos para Bahía del Proyecto Sistema Diesel en la Mina – Proyecto De Expansión P40 Fase.

Descripción	Und	Cant	Vr. Unitario COP\$)	Vr. Total (COP\$)
Suministro y montaje de sistema eléctrico en el sistema contra incendios de la mina	Gl	1	157.852.000	157.852.000
Obras del Sistema Eléctrico				
Suministro y montaje de ccm	Gl	1	673.054.100	673.054.100
Suministro y tendido de cable	Gl	1	30.100.000	30.100.000
Sistema de Protección catódica para taque, compuesto por rejilla de cintas de ánodos de Titanio con Mixed Metal Oxide con recubrimiento MPTIR, espesor 0,76mm y ancho 6,35mm, barras conductoras de titanio de espesor 0,09 cm y ancho 1,27 cm, soldaduras aluminotécnica cable -varilla , ánodos de referencia permanente de Cu-cuso4, parche de caucho tipo HANDY-CAP, funda termoencogible, empalme tubular, sellador autofundente y sellante plástico 3M.	Gl	1	60.951.239	60.951.239
Suministro y montaje sistema de puesta a tierra	Gl	1	10.162.100	10.162.100
Obras Civiles en Concreto y Metálicas				
Cimentaciones caseta de llenado de carrotanques, plataformas y escaleras	Gl	1	1.855.900	1.855.900
Estructura metálica caseta de llenado	Und	1	1.287.800	1.287.800
Caseta para equipos eléctricos	Und	5	8.703.300	43.516.500
Muro cortafuego exterior	Und	3	1.616.700	4.850.100
Total costo directo				\$ 3.126.230.339,00

Cerrejón – Proyecto De Expansión P40 Fase 1

INCIDENCIA DEL DECRETO 4299 DEL 2005 EN EL PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE DIESEL

Con base en lo descrito en el Marco Legal de esta monografía y la incidencia que este tiene sobre los valores del sistema diésel, se evidencia que en el proceso de cague, transporte y almacenamiento de diésel en la Mina, el valor del mismo no hace parte del sistema de producción, y que los ahorros resultado del beneficio de ser grandes consumidores no se ven reflejados en menores costos de operación, ni de mayores apropiaciones presupuestales gracias a estos ahorros.

Según lo indagado al interior de la organización, este proceso hace parte de otro departamento, que maneja el negocio de compra y logística del combustible, el cual está asociado al suministro de insumos, es decir, se maneja desde el punto de vista comercial.

Por lo que este decreto no tiene ninguna incidencia directa en la evaluación de la viabilidad de la conversión del sistema, que es el objetivo principal de este proyecto; adicionalmente, las implicaciones comerciales no podrían verse reflejados en los cuadros de costos de la evaluación realizada.

INCIDENCIA AL MEDIO AMBIENTAL EN EL SISTEMA DE CARGUE A CARROTANQUES.

En cuanto a la incidencia del proyecto con el medio ambiente, Cerrejón describe diferentes aspectos e impactos ambientales relacionados con el manejo de hidrocarburos, entre las cuales se encuentran las descritas a continuación:

6.1 ASPECTOS AMBIENTALES

- Vertimientos de lubricantes y combustibles
- Generación de residuos peligrosos (líquidos y sólidos)
- Generación de gases y vapores por incendio
- Almacenamiento y suministro de hidrocarburos.
- Transporte de hidrocarburos.

6.2 IMPACTOS AMBIENTALES

- Deterioro de la calidad del agua del río Ranchería, sus tributarios, y de los acuíferos
- Afectación a la fauna y flora, acuática o terrestre, existentes en la zona
- Afectación de la calidad del suelo.

Por otro lado como el estudio realizado pretende determinar las incidencias con respecto a los sistemas de llenado, también se considera los depósitos de almacenamiento, transporte y manejo de los hidrocarburos que se requieren para la operación de la maquinaria y equipos que se utilizan en la explotación minera. Para tal fin, Cerrejón ha diseñado una guía del sistema de documentación corporativo, que incluye las prácticas generales que se deben seguir para prevenir los derrames de estas sustancias y las acciones a tomar en caso de su ocurrencia.

Estas medidas preventivas se mencionan brevemente a continuación, cada una con su respectiva norma y decreto que con ella conlleva.

6.3 ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de combustibles y lubricantes en tanques superficiales debe cumplir con lo establecido en el Decreto 283 de 1990, donde se definen el espaciamiento entre tanques y diques de contención de derrames. Los criterios principales son:

- Todo tanque o grupos de tanques que contengan productos de petróleo, deberán estar rodeados por un muro de retención impermeabilizado, que deberá construirse en concreto, tierra apisonada e impermeabilizada u otro material. La altura mínima de dicho muro será de 60 cm.
- Si un recinto rodeado por un muro de retención contiene un solo tanque, su capacidad neta será por lo menos igual a la capacidad del tanque y se calculará, como si tal tanque no existiera, y se tendrá en cuenta lo que especifique la normatividad API, suscrita por el ministerio para su cumplimiento.
- Si el recinto contiene dos o más tanques, su capacidad neta será por lo menos igual a la del tanque de mayor capacidad dentro del recinto, más el 10% de la capacidad de los otros tanques.
- Cuando haya varios tanques en un recinto común, deberán estar separados por un muro interior de 45 cm de alto como mínimo, para cada tanque con capacidad de diez mil barriles (10,000 bls) o más y por cada grupo de tanques que no excedan de una capacidad agregada de quince mil barriles (15,000 bls).

- Además, todos los tanques de almacenamiento de combustibles y lubricantes deben tener claramente identificado el nombre del producto que contienen, y disponer de un sistema o instrumento de medición de la cantidad del producto que contienen.

6.4 TRANSPORTE

Para el transporte de los hidrocarburos, los vehículos deben cumplir con lo establecido en el Decreto 1609 de 2002 o el que lo modifique, por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.

6.5 SUMINISTRO

Para el suministro de los hidrocarburos, se construyeron talleres e islas con sistemas de manejo, las cuales cumplen lo siguiente:

- Estar ubicadas, en la medida de lo posible, en áreas lejanas de oficinas o sitios residenciales, construidas con piso compactado y nivelado.
- Tener zanjas perimetrales que contengan posibles derrames de combustible, con un sistema de drenaje que los conduzca hacia sistemas de pretratamiento como trampas de grasas, separadores de aceite y desarenadores. El producto recuperado deberá ser llevado al tanque de almacenamiento de aceite usado, como parte de su disposición final.
- Todos los equipos de recibo y despacho de combustibles deben contar con válvulas de cierre rápido para evitar derrames durante el transvase. En el momento de ejecutar esta actividad, se procurará que no esté presente personal ajeno a la operación.

- Cerca de los sitios de suministro se deben instalar equipos de extinción de incendios acorde con el tipo de hidrocarburo almacenado.
- En las áreas de manejo de combustibles para plantas eléctricas portátiles deben contar con sistemas de contención de derrames.
- La efectividad de estas medidas se comprueba con el estudio realizado por Cerrejón, el cual será entregado con el informe ICA del 2006, que demostró la ausencia de hidrocarburos en las aguas y suelos de la zona adyacente a los sitios donde ellos se suministran.
- Se debe garantizar que el personal que está involucrado en el transporte y manejo de los hidrocarburos, esté entrenado y capacitado para realizar estas labores.
- Se debe tener en cuenta que no se puede suministrar combustible alrededor de 10 m de la estación, al momento de estar llenándose el tanque de almacenamiento.

6.6 DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

Para la disposición de los residuos que resulten de estas actividades, se debe cumplir con lo establecido en los programas de Manejo de residuos sólidos especiales y Manejo de aguas residuales y desechos industriales.

Los lodos que resultan de los tanques de almacenamiento de combustible deben ser llevados a la zona de biorremediación.

Pérdidas de combustible por volatilidad

Una de las razones por las cuales se quiso estudiar la viabilidad del sistema de Bottom Loading (llenado por abajo) con respecto al sistema de llenado por la parte superior, fueron las incidencias ambientales, en cuanto a la recuperación de compuestos orgánicos volátiles, que son generados durante las operaciones de carga, descarga y almacenamiento del producto. De tal manera que al recuperar mayor combustible modificando el sistema existente, se tendrían mayores beneficios no solo en la parte económica sino en la parte ambiental.

Hoy en día no existe un método práctico para medir las emisiones de vapores de combustible, por lo que es preciso recurrir a factores de emisión empíricos. Este caso se basó en un estudio empírico realizado por la Universidad Tecnológica Metropolitana de Chile, en su documento, *“Modelo para Gestión Medioambiental en plantas de combustibles y servicentros”* en el cual se muestra cómo pueden usarse en las plantas, los factores de emisión de acuerdo al tipo de sistema que se esté utilizando.

Tabla 8. Porcentaje de volumen de combustible volátil

Emisión	Operación % en volumen (Equivalente líquido) de las ventas
Carguío superior camiones	0,055 Aprox.
Carguío camiones por el fondo	0,013 Aprox.

Modelo para Gestión Medioambiental en plantas de combustibles y servicentros

Considerando que el volumen consumido en la Mina es de 270 Kgl /día; y que las pérdidas que se pueden generar de acuerdo a la anterior tabla se dan en la parte superior por 203,5 gal/día y por la parte inferior por 48,1 gal/día; estos dos valores serían las pérdidas aproximadas que se tendrían diariamente en la mina, con una diferencia entre las dos de 155,4 gal/día. De esta manera se pueden concluir los costos que se generan por volatilidad de cada uno de los sistemas. El valor

aproximado del galón de combustible diésel en Colombia, se acerca en el año 2013 entre unos \$ 3,89 dólares. Por lo que al día si tenemos el sistema de llenado por la parte superior tendremos \$ 791,61 dólares, lo que al año significa \$288.939,47 dólares. Y si tenemos el sistema de llenado por la parte inferior tendríamos una perdida diaria de \$ 187,1 dólares y anualmente \$ 68.294,78 dólares.

Aunque las pérdidas son significativas, con el sistema de llenado por la parte superior, no hay un retorno de inversión que sea significativo para que el llenado por la parte inferior sea más viable. En el capítulo VI se mostrará de forma detallada por qué no se alcanzan a suplir estos costos, así las pérdidas de combustible sean mayor por el llenado superior al carrotanque.

6.7 MULTAS POR INFRACCIÓN A LA NORMATIVA AMBIENTAL

Con la expedición del Régimen Sancionatorio Ambiental, Ley 1333 de 2009, se establece que el Gobierno Nacional está obligado a definir los criterios para la imposición de multas por infracción a la normativa ambiental y establecer la dureza de la sanción. Sin embargo, desde el año 2007, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial trabajo en el desarrollo conceptual de un esquema para la imposición de multas que incorpore los mejores criterios técnicos y jurídicos a su parecer, y brindo bases objetivas a las entidades y funcionarios encargados de aplicar estas sanciones.

De manera complementaria al desarrollo conceptual, se ha formulado un modelo matemático que desarrolla estos criterios y permite ejercer por parte de la autoridad ambiental su función sancionatoria, procurando el cumplimiento de las condiciones establecidas y guiando a un cambio en el comportamiento de los regulados compañías mineras como Cerrejón y creando unas políticas de condiciones ambientales en las actividades productivas.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, las Corporaciones Autónomas Regionales, las Corporaciones de Desarrollo Sostenible, las Unidades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos a los que se refiere el artículo 66 de la Ley 99 de 1993, los establecimientos públicos de que trata el artículo 13 de la Ley 768 de 2002 y la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales, son todas ellas las Autoridades Ambientales responsables de imponer a los infractores de las normas ambientales las sanciones a que haya lugar.

El esquema planteado se desarrolla a partir de los principios de la política ambiental Colombiana.

La aplicación de sanciones no son discrecionales de las entidades, las leyes y marcos jurídicos indicados en los párrafos anteriores regulan con total objetividad la aplicación o no de las mismas y su dureza, para lo cual se cuenta con una metodología y un modelo matemático que da como resultado las posibles sanciones que se pueden dar en caso de tener un derrame y una falla en los controles que se han previsto para tal fin por la compañía.

Es importante tener presente que la multa es una sanción de tipo administrativo que actúa como un disuasivo del comportamiento, buscando reducir los incentivos a no cumplir con las normas y las reglas establecidas, y concientizar a la compañía del compromiso ambiental muy importante en este tiempo, y en el manejo de combustibles como el Diesel en este caso.

Como elemento central de graduación, la multa incorpora la evaluación cualitativa de la afectación ambiental, así como el riesgo derivado de la infracción, determinando la gravedad de la infracción y tal como lo establece la ley, se tienen en cuenta las circunstancias atenuantes y agravantes, relacionadas con el

comportamiento del infractor, así como sus condiciones socioeconómicas. Cerrejón por ser la mayor empresa minera del país y su responsabilidad en el cuidado del medio ambiente, da como resultado que no es posible tener fallas en sus procesos que deriven en daños irreparables al medio ambiente, es por esto la importancia de la conversión del sistema de cargue, y la disminución de posibles derrames, por la operación manual que se presenta y que en caso de fallar podría dar como resultado una pérdida y un daño al medio ambiente circundante en la zona.

De otra parte, y de modo que la multa se constituya efectivamente en un elemento disuasivo y se tenga certeza sobre su implementación, el modelo matemático fija unos topes en su nivel inferior y superior, de forma que el valor mínimo represente una fracción relevante del beneficio del infractor y el nivel superior se encuentre dentro de su capacidad de pago real, por lo que el tema sancionatorio y los niveles de beneficio de la compañía dan como resultado cero condescendencia en el tema del manejo de combustibles, y protección del medio ambiente.

Determinación de la multa

La multa es la sanción pecuniaria de tipo administrativo que se impone al infractor de una norma. Consiste en la determinación de una suma de dinero y responde a los criterios de razonabilidad y proporcionalidad y a quienes tomen la decisión de tomar las acciones administrativas o sanciones que hablamos en este caso.

El modelo matemático que se presenta a continuación integra las variables que deben ser consideradas al momento de estimar la multa²¹:

$$MULTA = B + [(\alpha * i)(1 + A) + (Ca)] * Cs$$

²¹ Metodología Para El Cálculo De Multas Por Infracción A La Normativa Ambiental - Manual Conceptual Y Procedimental - Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial

Ecuación 1. Sanción pecuniaria de tipo administrativo (Multa)²²

Dónde:

B: Beneficio Ilícito

A: Factor De Temporalidad

i: Grado De Afectación Ambiental Y/O Evolución Del Riesgo

A: Circunstancia Agravantes

Ca: Costos Asociados

Cs: Capacidad Socioeconómica Del Infractor

$$B = \frac{y * (1 - p)}{p}$$

Ecuación 2. Beneficio Ilícito²³

Dónde:

B: Beneficio Ilícito

y: Ingresos Directos

p: Capacidad De Detección

Para el cálculo de la multa por infracción a la normatividad ambiental de Colombia se realizó dicho estudio, teniendo como base el mayor volumen de combustible diésel derramado; en este caso con la carga máxima transportada por un carrotanque, la cual no excede los 9.500 galones de diésel. Para tal fin el ministerio creó un modelo matemático (Ecuación 1) que permite calcular la sanción a pagar por el infractor. De esta manera se comenzará a valorar las variables que allí se presentan.

²² *Ibíd:* Metodología Para El Cálculo De Multas Por Infracción A La Normativa Ambiental- Pag. 62

²³ *Ibíd:* Metodología para el cálculo de multas por infracción a la normativa ambiental- Pág. 62

En primer lugar se calcula el beneficio ilícito, apoyándonos en la ecuación 2, la cual se determina teniendo los ingresos directos determinados por el valor comercial del recurso en pesos, en este caso el valor del galón de diésel, que se encuentra en COP\$ 7.360,06 para el año 2013 y teniendo una capacidad máxima de derrame de 9.500 gal. Además se considera un factor de capacidad de detección de la autoridad ambiental, la cual fue determinada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, mostrándose a continuación:

- Capacidad de detección baja: $p = 0.40$
- Capacidad de detección media: $p = 0.45$
- Capacidad de detección alta: $p = 0.50$

Esto depende del control y seguimiento que Cerrejón hace a las normas establecidas por el ministerio, de tal forma que entre mayor control haya, mejor será la calificación que esta obtenga; en este caso, los controles y los estándares de Cerrejón certifican su buena calidad, por lo tanto, tiene una capacidad de detección del 0,5.

Tabla 9. Resultados de beneficio ilícito

Beneficio Ilícito (b)	\$ 69.920.570,00
Ingresos directos (y1)	\$ 69.920.570,00
Capacidad de detección (p)	0,5

Cálculos de acuerdo a las ecuaciones del presente numeral

Valoración de la importancia de la afectación (i)

Toda valoración, por definición, tiene algo de subjetividad, lo cual no significa que deba ser arbitraria. Las distintas técnicas de valoración de impactos intentan disminuir la subjetividad de las conclusiones, justificando de la mejor manera posible todos los juicios de valor que se realizan. La técnica de valoración

cualitativa valora de forma subjetiva, aunque el resultado obtenido sea numérico, una serie de cualidades de los impactos de cada una de las alternativas asignando valores prefijados²⁴.

Para la valoración de la importancia de la afectación se emplean los siguientes atributos:

Intensidad (IN)

Reversibilidad (RV)

Extensión (EX)

Recuperabilidad (MC)

Persistencia (PE)

$$I = (3 * IN) + (2 * EX) + PE + RV + MC$$

Ecuación 3. Valoración De La Importancia De La Afectación (I)²⁵

Dónde:

IN: Intensidad

EX: Extensión

PE: Persistencia

RV: Reversibilidad

MC: Recuperabilidad

Para la valoración del grado de afectación primero se tuvo en cuenta la parte subjetiva, la cual fue establecida por el ministerio de ambiente, dando un valor ponderado a los atributos anteriormente mencionados.

Para cerrajón se cumplen los siguientes valores:

²⁴ *Ibíd:* Metodología Para El Cálculo De Multas Por Infracción A La Normativa Ambiental- Pag. 62

²⁵ *Ibíd:* Metodología Para El Cálculo De Multas Por Infracción A La Normativa Ambiental- Pag. 62

1. **Intensidad:** Define el grado de incidencia de la acción sobre el bien de protección. Para esto cerrejón se encuentra en un rango entre el 0% y el 33%, lo cual le da un valor ponderado de uno (1).
2. **Extensión:** Se refiere al área de influencia del impacto en relación con el entorno. Ya que el derrame de diésel se encuentra en un área menor a una (1) hectárea, el valor ponderado es de uno (1).
3. **Persistencia:** Se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y hasta que el bien de protección retorne a las condiciones previas a la acción. Cerrejón tiene un tiempo de reacción de dos horas lo cual permite mantener el control en un tiempo no mayor a un día. Lo cual le da un valor ponderado de uno (1).
4. **Reversibilidad:** Capacidad del bien de protección ambiental afectado de volver a sus condiciones anteriores a la afectación por medios naturales, una vez se haya dejado de actuar sobre el ambiente. Los derrames que se presentarían en el sistema de cargue de combustible diésel serían en las islas de llenado, las cuales están adecuadas para recibir los residuos que provengan de derrames, de tal forma que el entorno asimilara las condiciones en un periodo menor a un año, dando un valor ponderado de uno (1).
5. **Recuperabilidad:** Capacidad de recuperación del bien de protección por medio de la implementación de medidas de gestión ambiental. En este caso se dispone de una recuperabilidad menor a seis meses por lo cual el valor ponderado es de uno (1).

En la Tabla 10, se muestran las calificaciones que se dan a la afectación, con base en los resultados que dan al sustituir los valores ponderados en la ecuación 3. Mostrándose los resultados en la Tabla 11.

Tabla 10. Calificación de la importancia de la afectación²⁶

Atributo	Descripción	Calificación		Rango
Importancia (I)	Medida cualitativa del impacto a partir de la calificación de cada uno de sus atributos	Irrelevante	8	
		Leve	9 -20	
		Moderada	21-40	
		Severa	41-60	
		Crítica	61-80	

Metodología Para El Cálculo De Multas Por Infracción A La Normativa Ambiental

Tabla 11. Resultados de la importancia de la afectación

Importancia de afectación (i)			8	Irrelevante
Intensidad	IN	1		
Extensión	EX	1		
Persistencia	PE	1		
Reversibilidad	RV	1		
Recuperabilidad	MC	1		

Metodología Para El Cálculo De Multas Por Infracción A La Normativa Ambiental

En términos de modelación, la importancia de la afectación como variable independiente puede tomar un valor máximo en el proceso de monetización de 1765 SMMLV (salarios mínimos mensuales legales vigentes), lo que equivale a decir que cada unidad de afectación equivale a 22.06 SMMLV, como se muestra en la siguiente fórmula:

²⁶ Ibíd: Metodología Para El Cálculo De Multas Por Infracción A La Normativa Ambiental- Pag. 62

$$i = (22.06 * SMMLV) * I$$

Ecuación 4. Grado De Afectación Ambiental²⁷

Dónde:

i : Valor monetario de la importancia de la afectación

SMMLV: Salario mínimo mensual legal vigente (pesos)

I: Importancia de la afectación

En la tabla 12, se muestran los resultados obtenidos para el grado de afectación ambiental teniendo como base la ecuación 4 y tomando los valores de salario mínimo en Colombia del año 2013.

Tabla 12. Resultados de grado de afectación ambiental

Grado de afectación ambiental (i)	\$ 104.034.960,00
SMMLV	\$ 589.500,00
Constante	22,06

Cálculos de acuerdo a las ecuaciones del presente numeral

Factor de Temporalidad (α)

El factor temporalidad considera la duración del hecho ilícito, identificando si éste se presenta de manera instantánea, continua o discontinua en el tiempo.

Para evaluar el factor de temporalidad el ministerio de ambiente en su metodología para calcular las multas por infracciones a la normatividad ambiental realizo una tabla en la cual se muestra el número de días en el cual se presenta el hecho ilícito y así mismo el factor que le corresponde por dichos días. A continuación en la tabla 13, se muestra una parte de dicha tabla realizada por el ministerio de ambiente.

²⁷ Ibíd: Metodología Para El Cálculo De Multas Por Infracción A La Normativa Ambiental- Pag. 62

Para este caso cerrejón tiene un tiempo de reacción de dos horas el cual le permite controlar la duración del hecho ilícito, y considerando los valores de la tabla 13, el parámetro de alfa es de uno (1).

Tabla 13. Determinación del parámetro alfa²⁸

d	a	d	a	d	a	d	a	d	a	d	a	d	a	d	a	d	a		
1	1.0000	21	1.1648	41	1.3297	61	1.4945	81	1.6593	101	1.8242	121	1.9890	141	2.1538	161	2.3187	181	2.4835

Metodología Para El Cálculo De Multas Por Infracción A La Normativa Ambiental

Circunstancias Agravantes y Atenuantes (A)

Las circunstancias atenuantes y agravantes son factores que están asociados al comportamiento del infractor. La Ley 1333 de 2009 – por medio de la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental – establece las circunstancias agravantes y atenuantes de la responsabilidad en materia ambiental.

De la determinación de estas circunstancias, hacen parte los antecedentes y pronunciamientos previos de las autoridades ambientales en relación con el tema, así como las evidencias recogidas durante el seguimiento que se realiza al cumplimiento de las obligaciones y, las conductas atribuibles a los infractores.

Esta ponderación de las circunstancias agravantes nos indican que para cerrejón, dependen de la importancia de la afectación potencial que depende del criterio de valoración de afectación el cual fue calculado anteriormente con un resultado irrelevante, tomando un valor de ocho (8), y de acuerdo a la tabla 14, el nivel potencial de impacto es igual a veinte (20).

²⁸ Ibíd: Metodología Para El Cálculo De Multas Por Infracción A La Normativa Ambiental- Pag. 62

Tabla 14. Evolución del nivel potencial²⁹

Criterio de valoración de afectación	Importancia de la afectación	Nivel potencial de impacto
Irrelevante	8	20
Leve	9-20	35
Moderado	21-40	50
Severo	41-60	65
Crítico	61-80	80

Metodología Para El Cálculo De Multas Por Infracción A La Normativa Ambiental

Costos Asociados (Ca)

La variable costos asociados, corresponde a aquellas erogaciones en las cuales incurre la autoridad ambiental durante el proceso sancionatorio y que son responsabilidad del infractor. Estos costos son diferentes a aquellos que le son atribuibles a la autoridad ambiental en ejercicio de la función policiva que le establece la Ley 1333 de 2009 y en el deber constitucional de prevenir, controlar y sancionar es decir, los gastos que ocasione la práctica de una prueba serán a cargo de quien la solicite.

En este caso, el cálculo de estos gastos incurre en la autoridad ambiental. Como esta variable no depende explícitamente de cerrejón, estos costos no se tendrán en cuenta en el cálculo, ya que corresponden a Transporte, almacenamiento, seguros, entre otros, con ocasión de las medidas preventivas anteriormente mencionadas; Por esta razón no se considera un valor exacto, ya que los protocolos dependen del ministerio y no de cerrejón.

Capacidad socioeconómica del infractor (Cs)

En aplicación del principio de razonabilidad, la función multa debe tener en cuenta la variable capacidad socioeconómica del infractor, entendida como el conjunto de

²⁹ Ibíd: Metodología Para El Cálculo De Multas Por Infracción A La Normativa Ambiental- Pag. 62

condiciones de una persona natural o jurídica que permiten establecer su capacidad de asumir una sanción pecuniaria. De tal forma que se tenga certeza sobre la implementación de la sanción, es preciso realizar diferenciaciones y establecer rangos con el fin de que el monto de la multa no sea tan alto que sea impagable ni tan bajo que no se convierta efectivamente en un disuasivo del comportamiento.

En este caso Cerrejón es una persona jurídica, en la cual el ministerio dio un factor de ponderación de acuerdo al tamaño de la empresa de uno (1) dado que el personal supera los 200 empleados, catalogándose en una empresa grande. En la tabla 15 se muestran las capacidades de pago por tamaño de la empresa.

Tabla 15. Capacidad de pago por tamaño de la empresa

Tamaño de la Empresa	Factor de ponderación
Microempresa	0.25
Pequeña	0.5
Mediana	0.75
Grande	1.0

Metodología Para El Cálculo De Multas Por Infracción A La Normativa Ambiental

Tabla 16. Resultados de variables asociadas a la multa

Factor de temporalidad (α)	1
Circunstancias Agravantes y Atenuantes (A)	20
Capacidad socioeconómica del infractor (Cs)	1

Cálculos de acuerdo a las ecuaciones del presente numeral

En la siguiente tabla se muestra el valor de la multa que debería pagar cerrejón si llegase a tener un derrame de combustible diésel de 9.500 Gal, dada la normatividad Colombia.

Tabla 17. Valor de la multa a pagar

Capacidad de combustible por derrame	9.500	Gal
precio de diésel en Colombia	\$ 7.360,06	Moneda colombiana
Multa	\$ 2.254.654.730,00	Moneda colombiana
	\$ 1.192.730,76	Dólar

Cálculos de acuerdo a las ecuaciones del presente numeral

Teniendo en cuenta los costos de la multa de un problema mayor y la posibilidad de pérdida de Nombre (Good Will), confianza en la inversión de los tres accionistas de Cerrejón y la importancia en la concientización de la protección del medio ambiente, es muy grave llevar esta decisión solo a las cuentas de la economía con toda frialdad, Cerrejón como empresa comprometida con la seguridad y protección del medio ambiente deberá determinar si estos costos y dentro de sus probabilidades de ocurrencia están dentro de los límites de riesgo que se quiere correr, puesto que al no tener ningún episodio de un derrame mayor, la probabilidad de presentarse un episodio de esta magnitud es bajo, pero los costos que se verían asociados a un problema de esta magnitud, serían de tipo económico y aún más importante de imagen ante sus accionistas y de la comunidad en general.

Por tal razón y como se expresa en las conclusiones de esta monografía, la toma de la decisión de la modificación del sistema de cargue y descargue del diésel a los carrotanques, será de tipo gerencial, teniendo en cuenta los niveles de riesgo que la compañía maneje, y que no pueden ser mayores a lo que los accionistas estén dispuestos a arriesgar.

COSTOS ASOCIADOS A LA SEGURIDAD INDUSTRIAL

7.1 SEGURIDAD INDUSTRIAL DE LA INSTALACIONES

Llenadero carrotanques

Para la protección de este tipo de instalaciones, Cerrejón consideró la utilización de rociadores abiertos agua-espuma a nivel de techo. En este caso, el diseño siguió los requerimientos de la norma NFPA 16 y el espaciamiento de los rociadores de espuma se hizo según recomendaciones de la norma NFPA 13. Para la generación de la espuma requerida en los tanques de almacenamiento, en el dique y en las instalaciones del llenadero, se ha previsto la instalación de un tanque de almacenamiento de concentrado AFFF, un proveedor de espuma de baja densidad al 3% y tuberías para el manejo de solución hasta las cámaras de espuma de los tanques, hasta las conexiones de manguera localizadas en el dique y hasta los rociadores localizados en el llenadero de carrotanques.

Seguridad industrial del personal

Para el mejoramiento de la seguridad industrial de este sistema se han instalado algunos elementos para la protección de caídas en los casos especiales que sea necesario que el personal operativo inspeccione el carrotanque por la parte superior. Pero uno de los aspectos más relevantes en esta variación es la baja significativa del riesgo de caídas en altura, ya que no se realizaría la operación por un trabajador ubicado en la parte superior del Carrotanque y solo serían acciones de inspección las que se harían en esta zona.

Esta mejora significativa se evaluara con los costos del proyecto y los costos de la accidentalidad presentada en este sitio. Teniendo en cuenta el compromiso que Cerrejón tiene con la seguridad, la disminución en este riesgo como índices de

accidentalidad no será de mayor medida, ya que en general los índices de accidentalidad de la Mina son bajos.

A continuación se anexa información referencial de los elementos de protección de caídas a instalar.

Tabla 18. Protección de caídas

No.	DESCRIPCION	UNIDAD	REQUISITO
1	IDENTIFICACION DE LOS EQUIPOS		
1.1	Cantidad		2 juegos completos
1.2	Punto de anclaje		Viga de perfil doble T o I, IPE o WF, ASTM A-572 Gr. 50
1.3	Longitud aproximada de la viga	m	8,3
1.4	Medio de movimiento		Carrito (trolley certificado para medio humano)
1.5	Medio para sujeción		Línea de seguridad auto retráctil
1.6	Dispositivo para sostener cuerpo		Arnés de seguridad de cuerpo completo
1.7	Peso de diseño	Kilogramos	140
1.8	Fuerza máxima de frenado	Kilogramos	810
1.9	Especificaciones		ANSI Z359.1y ANSI A10.14
1.10	Anclajes del sistema	kN	Cargas estáticas aplicadas de 22,2 por usuario sostenido
1.11	Ganchos de conexión		Tipo de doble cierre
2	INFORMACION GENERAL		
2.1	Ciclo de trabajo (continuo/Intermitente)		Intermitente
2.2	Horas/día		6
2.3	Días/año		360
3	CONDICIONES AMBIENTALES		
3.1	Instalación: Interior/externo		Interior
3.2	Ambiente: Seco/húmedo – sucio/limpio		Seco - Sucio
3.3	Elevación		100 msnm
3.4	Temperatura ambiente (mínima/máxima)	°C	16/40
3.5	Humedad relativa (mínima/máxima)	%	50/91

Hoja de datos del sistema de protección de caídas

Tabla 19. Escalera Basculante

No.	DESCRIPCION	UNIDAD	REQUISITO
1	IDENTIFICACION DE LOS EQUIPOS		
1.1	Cantidad		2
1.2	Punto de anclaje		Plataforma del llenadero
1.3	Material de la estructura		Tubular en aluminio ligero
1.4	Material del parachoques		Neopreno
1.5	Material de los peldaños		Lámina de Aluminio corrugado
1.6	Accionamiento		Resortes y/o pistón manual
1.7	Accesorios		Mecanismo para almacenamiento vertical
1.8	Longitud de la pasarela (escalera)	m	1,2 (Nota 1)
1.9	Ancho de los peldaños	m	0,8
1.10	Pasamanos		SI
1.11	Altura de la plataforma	m	2,32
	Altura de la parte superior del carrotanque	m	3,15 (Nota 1)
2	INFORMACION GENERAL		
2.1	Ciclo de trabajo (continuo/Intermitente)		Intermitente
2.2	Horas/día		6
2.3	Días/año		360
3	CONDICIONES AMBIENTALES		
3.1	Instalación: Interior/externor		Interior
3.2	Ambiente: Seco/húmedo – sucio/limpio		Seco - Sucio
3.3	Elevación		100 msnm
3.4	Temperatura ambiente (mínima/máxima)	°C	16/40
3.5	Humedad relativa (mínima/máxima)	%	50/91

Hoja de datos del sistema de protección de caídas

Accidentes presentados en la mina

Los accidentes que se han presentado en la mina, en cuanto a los sistemas de llenado de diésel, los tanques de almacenamiento y los ferrotanques han tenido una ocurrencia muy mínima, ya que las normas y actividades de contingencia frente a la seguridad en la parte de infraestructura y de personal, Cerrejón ha llevado con detalle las normas y decretos que con esto conlleva, diseñando quías para la operaciones de maquinaria y de equipos que se utilizan en la Mina,

incluyendo practicas generales para la prevención de cualquier tipo de derrames y sustancias, tomando consigo las acciones pertinentes.

En corroboración de la seguridad de la cual dispone Cerrejón, desde el año 1984 no se ha presentado ninguna fatalidad en la operación del sistema diésel, según los índices que ha presentado la empresa; solo hasta el año 2001 en Puerto Bolívar un trabajador tubo una fractura de dedo índice izquierdo, al golpeárselo con un clavo de la vía férrea cuando cambiaba placas de la vía frente a la zona de cargue de los ferrotanques en el puerto. En este accidente no se reportaron ni daños a equipos ni tampoco hubo impactos ambientales frente a este caso.

Por lo cual la probabilidad de ocurrencia de accidentes en la mina y más aún en lo que concierne a los llenaderos de carrotanques es muy baja; así, los costos asociados a accidentalidad se desprecian frente a los costos que se generan al momento de realizar un cambio de sistema de llenado. Al igual hay que tener en cuenta que Cerrejón no solamente ha invertido en la parte estructural y de equipos sin tener en cuenta la parte de seguridad; todas las instalaciones pertinentes a los sistemas de diésel se encuentran certificadas y con los mejores índices de calidad.

COSTOS DE LA MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CARGUE A LOS CARROTANQUES

Se revisaron las necesidades que tenía un carrotanque para ser cargado con diésel por la parte inferior y se definieron los diferentes elementos que eran indispensables incluir en el automotor para que su operación fuera técnicamente viable y segura.

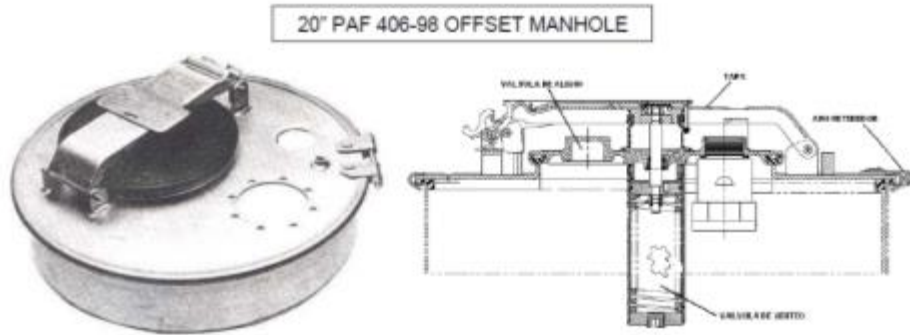
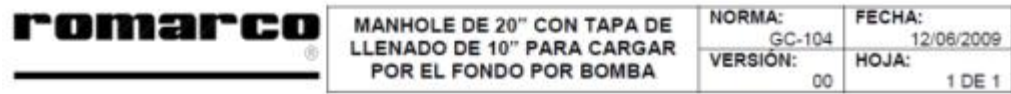
Los siete (7) Carrotanques que tiene en su operación Cerrejón cumplen con las características explicadas en el Capítulo I identificación del equipo de con base en esta información nos dimos a la tarea de conseguir una cotización de los trabajos y costos de la conversión de los carrotanques para lo cual enviamos solicitud a la compañía Romarco quien tenía las siguientes especificaciones de equipos y suministros.

Figura 12. Sistema de tubería necesario para el cargue indicado.



Romarco S.A.

Figura 13. Manhole de 20" de seguridad para el llenado.



Romarco S.A.

Figura 14. Válvula de emergencia



Romarco S.A.

Figura 15. Tapa del sistema de recuperación



Romarco S.A.

Figura 16. Desfogue del sistema de recuperación.



Romarco S.A.

Figura 17. Caja de mandos para la descarga



Romarco S.A.

Con base en estos accesorios para la conversión del sistema de cargue al Carrotanque, se definieron los costos del mercado que estaba del orden de los USD \$12.000 dólares por Carrotanque, por lo cual la conversión de los 7 Carrotanques estaría del orden de los USD \$84.000 dólares. Costos que se tendrán en cuenta en la evaluación económica.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

9.1 COSTOS DE INVERSIÓN PARA EL CAMBIO DE SISTEMA

Tabla 20. Costos de inversión para el cambio de sistema

Costos de conversión del sistema de cargue a los carrotanques (KUSD\$)	12.00
Cantidad de carrotanques a modificar (Und)	7
Costo de la modificación del sistema de cargue a los carrotanques total (KUSD\$)	84.00
Costo de nueva estructura y sistema de cargue a carrotanques inferior (KUSD\$)	1,654.00
Costos del Capex usado en la conversión (KUSD\$)	1,738.00

Cálculos de acuerdo a la información de la presente Monografía

Tabla 21. Evolución económica del Proyecto

	<u>2011</u>	<u>2012</u>	<u>2013</u>	<u>2014</u>	<u>2015</u>	<u>2016</u>	<u>2017</u>	Datos Cerrejón
Producción de Carbón (Kton)	32,255	34,646	35,000	35,000	38,000	40,000	40,000	
Volumen de Estéril Transportado	224,177	250,401	256,000	259,000	274,000	280,000	288,000	
CONSUMO DIARIO DIESEL (Gal)	238,656	265,860	277,191	294,919	337,795	368,163	409,894	
Valor Promedio Gal (U\$)	3.08	3.25	3.19	3.09	3.02	2.99	2.98	

Costos del Opex Adicionales Anual Por Sistema 10% Opex Actual (KU\$)	268.30	315.38	322.75	332.62	372.35	401.79	445.84
--	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Valor del Opex por Gal (U\$) 1% del costo	0.0308	0.0325	0.0319	0.0309	0.0302	0.0299	0.0298
Valor de Opex por año (KU\$)	2,682.98	3,153.76	3,227.48	3,326.25	3,723.52	4,017.95	4,458.42
Valor de reserva para Capex por Gal (U\$) 0.05% del costo	0.0015	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
Valor de reserva para Capex por año (KU\$)	134.15	157.69	161.37	166.31	186.18	200.90	222.92
Valor de reserva para Capex acumulada (KU\$)	134.15	291.84	453.21	619.52	805.70	1,006.60	1,229.52

IPC (%) Anual	3.73%	2.44%	3.24%				
Ajuste del Ahorro por IPC (KU\$)	5.00	7.24	14.92				
Valor de reserva para Capex más Intereses (KU\$)	139.15	299.08	468.13				

Costos del Capex usado en la Conversión (KU\$)	-	-	1,738.00	-	-	-	-
--	---	---	----------	---	---	---	---

Saldo de Deuda de la Inversión (KU\$)	139.15	299.08	1,284.79	1,118.48	932.30	731.40	508.48
---------------------------------------	--------	--------	----------	----------	--------	--------	--------

Estos valores de reserva se deben invertir en todo el sistema de transporte y manejo de Diesel que se encuentra en la mina y en Puerto, además se debe hacer aporte a mantenimiento de ferrocarril.

Intereses Bancarios (%) Anual				14.03%	14.03%	14.03%	14.03%
Ajuste de la deuda por Intereses (KU\$)	-	-	-	156.92	152.82	124.06	88.75
Valor de costos no definido el fondo de su pago (KU\$)				1,275.40	1,085.12	855.46	597.23

Estimación de reserva anual para la Conversión del Sistema (KU\$)	139.15	159.93	169.05	166.31	186.18	200.90	222.92	Total
VPN de Reserva al 2013 (KU\$)	144.34	167.83	169.05	145.85	143.18	135.49	131.85	1037.59

Estimación de Capex, Opex e Intereses por la Conversión (KU\$)	268.30	315.38	2,060.75	489.55	525.17	525.85	534.59	
VPN de Capex, Opex e Intereses por la Conversión (KU\$)	278.31	330.95	2,060.75	429.31	403.89	354.65	316.19	4174.05

Déficit económico del Proyecto	(3136.46)
---------------------------------------	------------------

Cálculos de acuerdo a la información de la presente Monografía

CONCLUSIONES

- Se evidenció la importancia que tiene el suministro de Diesel en el proceso de producción del Complejo Carbonífero del Cerrejón, adicionalmente se constató que hace parte fundamental de la cadena de carbón como insumo fundamental de la producción minera.
- Teniendo en cuenta el compromiso en seguridad industrial por parte de Cerrejón, los índices de accidentalidad y disminución que genera este proyecto, es necesario resaltar que los costos no representan un mayor margen, revisándolo solo desde el punto de vista financiero, por lo cual no es viable el proyecto visto solo desde su bajo impacto económico en la seguridad, y la baja probabilidad de ocurrencia de un accidente del personal que implicara un costo alto.
- Se evidencia que el cumplimiento de la normatividad ambiental y su incidencia en costos no genera una disminución significativa en el presupuesto de inversión, pero que la incidencia en posibles multas por eventos de derrames, y el no cumplimiento con las restricciones ambientales son suficientemente impactantes y significativas en el proyecto que ayudan a determinar su viabilidad. La definición de la viabilidad se da con un análisis de riesgos posterior asociado a la aplicación o no de multas, ya que en el capítulo ambiental se mostró cuál es su real incidencia en caso de tener un derrame mayor, y que solo la tolerancia al riesgo de los accionistas puede dar un resultado positivo o negativo acerca del proyecto.
- Los costos de la operación del sistema, adicionales a los ya utilizados, son muy altos y no hacen que el sistema sea viable desde el punto de vista operacional. La posibilidad de viabilizar este proyecto depende de un cambio en los recursos y apropiaciones que se tienen para este proceso.

- Es importante para esta toma de decisión incluir a los inversionistas, ya que podría ser la única forma de desarrollar este proyecto en las condiciones actuales, ya que un déficit de tres millones de dólares en cuatro años no soporta una justificación económica del proyecto. Pero los temas de manejo ambiental, seguridad Industrial y su interacción con la comunidad (Trabajadores-Estado) podrían generar un cambio en las actuales políticas que mitiguen riesgos asociados a la operación, y mantengan los niveles de satisfacción de sus empleados y entorno.
- Si se considerara únicamente la variable de ahorro de costos para determinar la viabilidad del Proyecto para la determinación de la inviabilidad del mismo.
- Es posible que en el contexto actual no se pueda ejecutar la solución presentada en la monografía, y que solo un cambio en los planes de producción y/o requerimientos legales harían que la solución de cargue inferior de carrotanques pueda ser viable para Cerrejón, ya que de acuerdo a lo investigado, esta solución de cargue se utiliza en sistemas nuevos o en conversiones de sistemas de alta demanda que justifican económicamente su utilización.
- Se concluye que con un eficiente uso del sistema actual de cargue superior a los carrotanques se puede operar y entregar la cantidad de combustible necesario en los planes de crecimiento de Cerrejón, en este momento solo se presentaría un problema de confiabilidad del sistema, por lo que queda la posibilidad de evaluar la construcción de un sistema alternativo de cargue a los carrotanques que permitan tener una redundancia en su operación, esto basado en la importancia del suministro que se evidencio en esta monografía tiene la operación del complejo y su cadena de producción.

- Se pudo establecer que el precio del diésel no es una variable incidente en la cadena de repartición del combustible, así mismo las condiciones de grandes consumidores e importadores de combustible, no dan un margen diferente a una cadena de distribución que no tuviera estos antecedentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Gestión Integral de Riesgos. Impreso por Bravo & Sánchez. EU - Bravo, Oscar; Sánchez, Marleny.
- Ley 1333 de Julio de 2009, Constitución de Colombia
- Metodología Para El Cálculo De Multas Por Infracción A La Normativa Ambiental- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
- Orientaciones prácticas para la elaboración exitosa de trabajos de grado en ingeniería. Impreso por División de Publicaciones UIS – Martha Ilce Pérez Angulo, Zully Calderón Carrillo.
- Proyectos Formulación Evaluación y Control. Editorial AC Editores- Arboleda, Germán.
- Revista Construdata Edición 167- 2013 Editorial Asocreto.