

**DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS EXIGIDOS PARA
OBTENER EL PERMISO DE EMISIÓN DE GASES EN EL CAMPO ESCUELA
COLORADO**

DIEGO FERNANDO SUÁREZ LANCHEROS

RAFAEL EDUARDO TÉLLEZ MURCIA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Y DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2014

**DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS EXIGIDOS PARA
OBTENER EL PERMISO DE EMISIÓN DE GASES EN EL CAMPO ESCUELA
COLORADO**

DIEGO FERNANDO SUÁREZ LANCHEROS

RAFAEL EDUARDO TÉLLEZ MURCIA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Químico y de Petróleos respectivamente**

Director del Proyecto:

OLGA PATRICIA ORTIZ CANCINO

Ingeniera de Petróleos

Codirector del Proyecto:

JOSÉ LUIS FONSECA CASTRO

Ingeniero de Petróleos, Ingeniero de Producción Campo Escuela Colorado

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Y DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2014

DEDICATORIA

En primera instancia a Dios Todopoderoso quien me ha acompañado en todos y cada uno de los momentos fáciles y difíciles de mi vida, que también me ha brindado paciencia, inteligencia y sabiduría para superar todas aquellas pruebas en las que por un momento creí que no había solución, porque sin la ayuda de él nada de esto podría haber sido posible.

Con todo amor para mis padres Claudia María Lancheros y Almincar Suárez, quienes fueron el aliento para seguir adelante con perseverancia a pesar de tantas adversidades, y que sin su apoyo, comprensión y ejemplo, no habría llegado hasta estas instancias de mi carrera profesional.

A mi hermanita Claudia Lizeth Suárez Lancheros, a mi novia Mary Alejandra Ramírez Caselles y demás familiares que creyeron en mí y me dieron su apoyo moral en esta fase importante de mi vida.

A todos los compañeros de la universidad quienes hicieron parte de mi formación en el transcurso de la carrera.

DIEGO FERNANDO SUÁREZ LANCHEROS

DEDICATORIA

Primeramente la honra para Dios quien me ha acompañado en este proceso de formación profesional, quien me ha protegido y me ha guiado por el camino correcto a pesar de obstáculos presentados durante mis estudios, me ha brindado entendimiento y sabiduría para afrontar las adversidades.

De igual manera para mis padres Rafael Téllez y Jacqueline Murcia quienes fueron mi apoyo y mi dirección, siempre estuvieron ahí para colaborarme en lo que ellos pudieran, así estuviesen en otra ciudad nunca sentí que me hayan dejado sólo.

Quisiese dedicar esto también a mi abuela Marcelina Ariza, ella que estuvo durante el ciclo básico del pensum académico y fue mi compañía, inculcándome muchos valores de responsabilidad y respeto.

Mis hermanos Andrés Téllez Murcia y Carolina Téllez Murcia igualmente todos quienes estuvieron presentes en esta etapa de mi vida tan importante.

Rafael Eduardo Téllez Murcia

AGRADECIMIENTOS

La elaboración de este trabajo de grado fue llevado a cabo gracias al gran aporte que ofrecieron algunas personas e instituciones como Campo Escuela Colorado, que regalaron parte de su valioso tiempo para una buena orientación y que sin su colaboración el desarrollo de este proyecto hubiera sido imposible. Un especial agradecimiento para:

La ingeniera OLGA PATRICIA ORTIZ, directora de este proyecto de normatividad ambiental, quién nos orientó, sugirió y recomendó las mejores pautas para su exitoso desarrollo.

El ingeniero JOSÉ LUIS FONSECA CASTRO, ingeniero de producción de Campo Escuela Colorado, quien fue nuestro constante colaborador y facilitador de la información necesaria sobre los equipos y cantidades de gas utilizadas que nos dieron bases de desarrollo esenciales para este proyecto. Gracias a él por el aporte tan importante que tuvo para la finalización exitosa de este trabajo.

Los profesionales de Campo Escuela Colorado que nos acompañaron y apoyaron a lo largo de todo el proceso.

A los profesores Fernando Viejo y Humberto Escalante, quienes regalaron parte de su tiempo para atender a nuestras inquietudes y nos dieron orientación vital para hacer que el progreso de nuestra investigación tuviera más claridad y facilidad.

Por último muchas gracias a todas las personas que directa o indirectamente se vieron vinculadas en este proyecto de normatividad ambiental.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	20
1 OBJETIVOS.....	23
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	23
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
2 MARCO TEÓRICO	24
2.1 Generalidades de Campo Escuela Colorado.....	24
2.2 Tipos de Contaminantes Atmosféricos y sus Fuentes	24
2.3 Marco Legal para Emisiones Generadas por Fuentes Fijas	26
3 DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	27
3.1 Procedimiento de Evaluación de Emisiones	27
3.1.1 Información General de la Actividad Industrial.....	28
3.1.2 Descripción de las instalaciones.....	28
3.1.3 Información y Descripción de la fuente de Emisión	29
3.1.4 Organización del procedimiento para la estimación de emisiones	32
3.1.5 Muestreos y Análisis.....	34
3.1.6 Descripción de los equipos y otros elementos.....	35
3.1.7 Identificación de los sitios de muestreo	35
3.1.8 Procedimiento de Control de Calidad	35
4 RESULTADOS Y ANÁLISIS	36
4.1 Parámetros Exigidos por la Autoridad Ambiental Competente para otorgar el Permiso de Emisiones Atmosféricas.....	40

5 CONCLUSIONES.....	42
6 RECOMENDACIONES.....	44
BIBLIOGRAFÍA.....	45
ANEXOS.....	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de Campo Escuela Colorado.....	24
Figura 2. Diagrama de bloques con la metodología utilizada para el balance de masas.	27
Figura 3. Ubicación Tea, Equipo Scrubber y Estación de Bombeo.....	29
Figura 4. Altura TEA Campo Escuela Colorado.....	57
Figura 5. Diámetros de la tubería de la TEA Campo Escuela Colorado	58
Figura 6. Distancia entre la llama de la Tea y el Tanque	58
Figura 7. Flujo de Trabajo de TEA contra Tiempo (2011- 2012).....	59
Figura 8. Flujo de Trabajo de TEA contra Tiempo (2012- 2013).....	60
Figura 9. Evidencia Fotográfica 1.....	82
Figura 10. Evidencia Fotográfica 2.....	82
Figura 11. Evidencia Fotográfica 3.....	83
Figura 12. Evidencia Fotográfica 4.....	83
Figura 13. Evidencia Fotográfica 5.....	84
Figura 14. Evidencia Fotográfica 6.....	84

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Fuentes de emisiones atmosféricas en Campo Escuela Colorado.....	28
Tabla 2. Dimensiones de la TEA de Campo Escuela Colorado	30
Tabla 3. Flujos de Trabajo de la TEA.....	31
Tabla 4. Flujo promedio de Trabajo de la TEA en S.I.....	31
Tabla 5. Propiedades del gas con el que trabaja la TEA.....	32
Tabla 6. Análisis Composicional, Flujo (Molar y másico) y concentración de cada componente presente en la muestra de gas natural C12+	36
Tabla 7. Componentes que sobrepasan los límites de emisión designados por la OMS.....	38
Tabla 8. Características Generales	54
Tabla 9. Especificaciones del generador.....	55
Tabla 10. Sistema eléctrico	55
Tabla 11. Características del generador.....	56
Tabla 12. Cromatografía de Gases (RESULTADO).....	61
Tabla 13. Valores guía para contaminantes no cancerígenos recomendados por la OMS.....	62
Tabla 14. Valores guía recomendados por la OMS para contaminantes cancerígenos del aire.....	66
Tabla 15. Contaminantes no tradicionales prioritarios según la Ley Básica de Control de Contaminación del Aire de Japón.....	67
Tabla 16. Valores límite para la protección de la salud pública, tiempo promedio de muestreo y frecuencia de excedencia permitida en Bolivia, Costa Rica y Venezuela.....	68

Tabla 17. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para actividades industriales a condiciones de referencia (25 °C y 760 mm Hg) con oxígeno de referencia del 11%.	71
Tabla 18. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para las actividades existentes de fabricación de productos de la refinación del petróleo por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg).....	73
Tabla 19. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para las actividades nuevas de fabricación de productos de la refinación del petróleo por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg).....	73
Tabla 20. Módulos a tratar durante el programa de fortalecimiento de la cultura ambiental al área asociada a Campo Escuela Colorado	79
Tabla 21. Módulos a tratar durante el programa de fortalecimiento de la cultura ambiental al área asociada a Campo Escuela Colorado para funcionarios en Bucaramanga.....	80
Tabla 22. Módulos a tratar durante el programa de fortalecimiento de la cultura ambiental respecto a emisiones gaseosas en el área asociada a Campo Escuela Colorado para funcionarios en Bucaramanga.....	81

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Procedimiento de evaluación de emisiones por Balance de Masa y Descripción general de los procedimientos de Medición Directa y Factores de Emisión.....	48
Anexo B. Características Generales del Generador y de las plantas de Autogeneración Eléctrica.....	54
Anexo C. Caracterización de la TEA de Campo Escuela Colorado.....	57
Anexo D. Análisis de Muestra de gas Natural C12+. Cromatografía de Gases	61
Anexo E. Valores de la Calidad del Aire OMS	62
Anexo F. Resolución 909 de 2008	70
Anexo G. Decreto 948 de 1995: Solicitud del Permiso de Emisión	74
Anexo H. Módulos a tratar durante el programa de fortalecimiento de la cultura ambiental al área asociada a Campo Escuela Colorado	79
Anexo I. Tipos de Contaminantes Atmosféricos Convencionales	85
Anexo J. Normatividad Nacional Vigente	90

GLOSARIO

CALENTAMIENTO DIRECTO: La transferencia de calor por flama, gases de combustión o por ambos, al entrar en contacto directo con los materiales del proceso.

CALENTAMIENTO GLOBAL: Es el fenómeno del aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas. Los contaminantes del aire se acumulan en la atmósfera formando una capa cada vez más gruesa, atrapando el calor del sol y causando el calentamiento del planeta.

COMBUSTIBLES GASEOSOS: Se denominan combustibles gaseosos a los hidrocarburos naturales y a los fabricados exclusivamente para su empleo como combustibles, y a aquellos que se obtienen como subproducto en ciertos procesos industriales y que se pueden aprovechar como combustibles. Por ejemplo: gas natural, metano, etano, propano, butano, gas de refinería, gas de alto horno, biogás o mezclas de éstos.

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES: Cualquier compuesto de carbono que participa en reacciones fotoquímicas atmosféricas y que tenga a 293,15 °K una presión de vapor de 0,01 KPa o más, o que tenga una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso. Se excluyen los compuestos orgánicos que tienen una reacción fotoquímica imperceptible como: Metano, Etano, Cloroformo de metilo y aquellos que se encuentran enlistados en la sección "Exempt VOC" de la norma 40 CFR 51.100(s)(1) de la EPA de Estados Unidos.

CONCENTRACIÓN DE UNA SUSTANCIA EN EL AIRE: Es la relación que existe entre el peso o el volumen de una sustancia y la unidad de volumen de aire en la cual está contenida.

CONDICIONES DE REFERENCIA: Son los valores de temperatura y presión con base en los cuales se fijan las normas de calidad del aire y de las emisiones, que respectivamente equivalen a 25 °C y 760 mm de mercurio.

CONTAMINACIÓN DEL AIRE: Es la presencia de sólidos, líquidos o gases en concentraciones que interfieren con el disfrute del medio ambiente, o en niveles nocivos para las personas, los animales, la vegetación o los materiales.

CONTAMINANTES: Son fenómenos físicos o sustancias o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que solos, o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de estas.

CONTAMINANTES PRIMARIOS: Son los contaminantes generados directamente por las fuentes de emisión principalmente a través de las reacciones de combustión como el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO₂), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y el material particulado.

CONTAMINANTES SECUNDARIOS: Son sustancias químicas nocivas que se forman en la atmósfera a través de reacciones en las que participan contaminantes primarios como el ozono.

EMISIÓN ATMOSFÉRICA: Es la descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de éstos, proveniente de una fuente fija o móvil.

FUENTE DE EMISIÓN: Es toda actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire.

FUENTE FIJA: Es la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa.

FUENTE FIJA PUNTUAL: Es la fuente fija que emite contaminantes al aire por ductos o chimeneas.

HIDROCARBUROS TOTALES: Todos los compuestos carbonados generados en las emisiones de hidrocarburos excepto los carbonatos, carburos metálicos, monóxido de carbono (CO), bióxido de carbono (CO₂), ácido carbónico y aldehídos.

INMISIÓN: Transferencia de contaminantes de la atmósfera a un "receptor". Se entiende por inmisión la acción opuesta a la emisión. Aire inmiscible es el aire respirable al nivel de la tropósfera.

PERMISO DE EMISIÓN ATMOSFÉRICA: Es la autorización que concede la autoridad ambiental competente, como parte de la Licencia Ambiental para que una persona natural o jurídica, pública o privada, pueda realizar emisiones al aire dentro de los límites establecidos en las normas ambientales aplicables.

POLÍTICA AMBIENTAL: Grupo de reglas establecidas para solucionar los conflictos y regular las interacciones entre la sociedad civil, la empresa privada y el Estado, en relación con el uso, conservación y restauración del medio ambiente.

SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES: Conjunto ordenado de equipos, elementos o maquinaria que se utilizan para el desarrollo de acciones destinadas al logro de resultados medibles y verificables de reducción o mejoramiento de las emisiones atmosféricas generadas en un proceso productivo.

RESUMEN

TÍTULO: Determinación y evaluación de los parámetros exigidos para obtener el permiso de emisión de gases en el campo escuela colorado.*

AUTOR(ES): SUÁREZ LANCHEROS DIEGO FERNANDO

TÉLLEZ MURCIA RAFAEL EDUARDO**

PALABRAS CLAVE: Campo Escuela Colorado, Emisión de gases, Permiso de emisión de gases, Normatividad Ambiental, Contaminación atmosférica.

La Universidad Industrial de Santander como actual ente operador de Campo Escuela Colorado, adquiere el compromiso que se centra primordialmente en lograr que sus operaciones generen el mínimo impacto posible sobre el medio ambiente y promueva un desempeño ambientalmente sano. Por esto, la variación y/o degradación de la calidad del aire por acción de la práctica industrial en el sector de los hidrocarburos, es el resultado de un desconocimiento de la normatividad ambiental dentro de las áreas de producción y operación del campo.

Para conocer y crear una cultura ambiental a través de este proyecto se dan a conocer las normas ambientales que regulan los niveles de emisión de gases en el Campo Escuela Colorado, así mismo se exponen los requerimientos y procedimientos necesarios para medir las concentraciones de componentes contaminantes, y de este modo poder solicitar los permisos de emisión a la autoridad ambiental competente.

La emisión de gases producto del funcionamiento de la TEA y por consiguiente la posible contaminación atmosférica, es una actividad de la cual no se tiene algún conocimiento sobre los niveles de emisión que pueda producir, debido a que el Campo de Escuela Colorado no tiene un estudio que permita ver claramente si el campo tiene efectos contaminantes o no, se hace necesario a través de este trabajo determinar y evaluar los parámetros requeridos por la ley ambiental para obtener un permiso de emisión de gases.

*Trabajo de grado.

**Facultad de Ingenierías Físico- Químicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Olga Patricia Ortiz Cancino. José Luis Fonseca Castro.

ABSTRACT

TITLE: Determination and evaluation of the parameters required for the emission permit in Colorado school field.*

AUTHOR (S): DIEGO FERNANDO SUAREZ LANCHEROS
MURCIA TÉLLEZ RAFAEL EDUARDO**

KEYWORDS: Colorado School Field, emission gases, gases emissions permit, Environmental Regulations, Air Pollution.

Industrial university of Santander as the current operating entity of the Colorado school field, is committed to focus primarily on ensuring that its operations generate minimal impact on the environment and promote an environmentally sound performance. Thus the variation and / or degradation of air quality by the action of industrial practice in the hydrocarbons sector is the result of a lack of knowledge of environmental regulations in the areas of production and operation of the field.

To learn and create an environmental culture through this project, there will be both disclosed environmental standards governing gas emission levels in the Colorado school field, as well as requirements and procedures set out to measure the concentrations of pollutants emitted and thus apply emission permits to the corresponding environmental authority.

Gas emissions produced by the functioning tea and the possible air pollution it emits, is an activity that lacks research and knowledge about gas emission levels that it may produce. This is due to the fact that the Colorado school field has no studies that allows to elucidate whether or not the field has pollutants. Therefore, the objective of this thesis... is to determine and evaluate the parameters required by environmental law in order to obtain a gas emission permit.

* Work of Bachelor Engineering degree. **Faculty of Physicochemical Engineering, School of Petroleum Engineering. Olga Patricia Ortiz Cancino. José Luis Fonseca Castro.

INTRODUCCIÓN

Los problemas ambientales que se han generado en la actualidad deben tratarse con suma urgencia, pues no sólo representan un peligro para la vida del hombre, sino para el equilibrio de la naturaleza y la convivencia social.

Cada día, los estudios científicos y la visible realidad inmediata ponen de manifiesto la crisis ambiental que sufre el planeta: escasez de agua dulce; deterioro de la capa de ozono; variaciones del clima; calentamiento global; contaminación de agua, aire y suelo; deforestación, pérdida de biodiversidad y suelo fértil, entre otras. Por ello, se debe prestar atención al impacto ambiental que generan las industrias al planeta tierra.

En el país la contaminación atmosférica se ha constituido en uno de los principales problemas ambientales; el deterioro de la calidad del aire ha propiciado que se incrementen los efectos negativos sobre la salud humana y el medio ambiente.

Las concentraciones de algunos contaminantes en la atmósfera por encima de los estándares fijados en las normas ambientales en largos periodos de exposición, han generado la necesidad de continuar impulsando la gestión de la calidad del aire para proteger la salud de la población y el ambiente¹.

El permiso de emisión atmosférica es el que concede la autoridad ambiental competente, mediante acto administrativo, para que una persona natural o jurídica, pública o privada, dentro de los límites permisibles establecidos en las normas ambientales respectivas existentes puedan realizar emisiones al aire.

¹ Política de prevención y control de la contaminación del aire. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Viceministerio de Ambiente. Bogotá, 2010. P. 5.

Actualmente en el Campo Escuela Colorado se están emitiendo a la atmósfera grandes volúmenes de gas, lo cual con un estudio de los componentes presentes en dicho fluido, permita que pueda confirmarse la presencia de sustancias contaminantes, lo cual puede acarrear sanciones ambientales.

Adicionalmente se ha venido presentando una problemática con la autoridad ambiental competente porque no se tienen los permisos correspondientes a la emisión de gases que se expulsan a la atmósfera; Campo Escuela Colorado está cobijado por los permisos de emisión de gases por parte de la S.O.M., pero esto no es suficiente porque puede generar multas o sanciones futuras, ya que no posee un permiso específicamente designado para la emisión de los gases producto de las actividades de producción llevadas a cabo en el Campo Escuela Colorado.

Con el fin de dar cumplimiento a la responsabilidad ambiental, las autoridades ambientales han desarrollado diferentes mecanismos y procedimientos que pretenden evaluar la emisión contaminante generada por los diferentes tipos de fuentes fijas dentro de las cuales se encuentran clasificadas las labores industriales llevadas a cabo por la industria petrolera , se pretende en este sentido, determinar y evaluar las emisiones arrojadas por las actividades desarrolladas en el Campo Escuela Colorado y comparar estas emisiones con las normas ambientales vigentes.

El Protocolo para el Control y Vigilancia de la Emisión Atmosférica Generada por Fuentes Fijas sirve como base fundamental para este proyecto, puesto que debe ser utilizado por las autoridades ambientales responsables del control y vigilancia de las emisiones contaminantes generadas por dichos tipos de fuentes, para

realizar este procedimiento adecuadamente. De igual manera, el protocolo puede ser usado en este caso por Campo Escuela Colorado ya que es un establecimiento industrial que realiza descargas contaminantes al aire, para que pueda presentar la información solicitada por las autoridades ambientales de manera estandarizada y acorde con sus requerimientos² para solicitar el permiso de emisión de gases.

Con este trabajo el Campo Escuela Colorado podrá solicitar el permiso de emisiones atmosféricas ya que se determinarán los documentos requeridos por la autoridad ambiental competente evitando de esta manera que en un futuro se generen posibles sanciones por no tener dicho permiso.

² Protocolo para el control y vigilancia de las emisiones atmosféricas generadas por fuentes fijas. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Marzo de 2008.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar y evaluar los parámetros exigidos por la autoridad ambiental competente para obtener el permiso de emisión de gases en el Campo Escuela Colorado.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

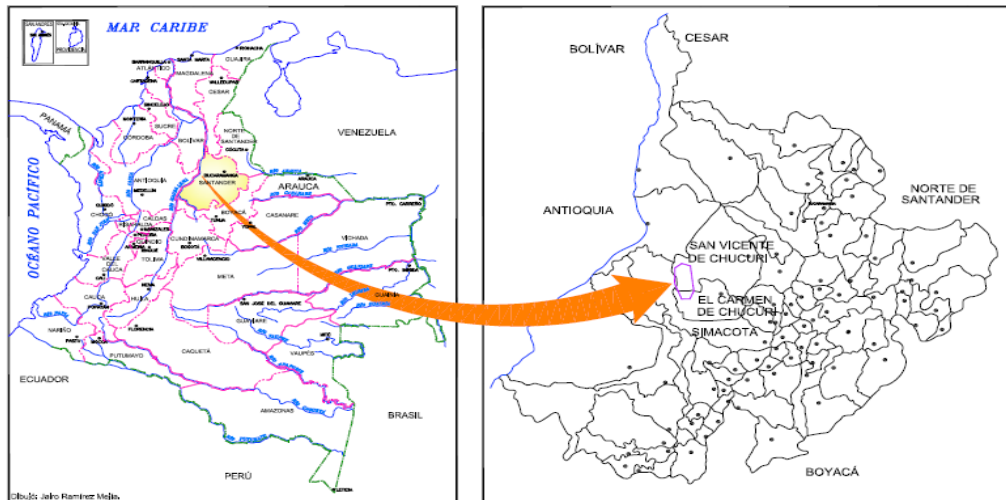
- ✓ Determinar los requisitos exigidos por la autoridad ambiental competente para obtener el permiso de emisiones atmosféricas en el Campo Escuela Colorado.
- ✓ Cuantificar los valores de los parámetros exigidos por la autoridad ambiental competente para otorgar el permiso de emisiones atmosféricas y evaluar el grado de cumplimiento en el campo escuela de tales parámetros.
- ✓ Determinar los documentos requeridos para solicitar el permiso de emisiones atmosféricas ante la autoridad ambiental competente, teniendo en cuenta el plan de manejo ambiental en el Campo Escuela Colorado.
- ✓ Implementar programas de capacitación al personal en el Campo Escuela Colorado, dentro del entorno legal e institucional, con el fin de fortalecer la conciencia ambiental.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES DE CAMPO ESCUELA COLORADO

El Campo Escuela Colorado se encuentra localizado en la cuenca del Valle Medio del Magdalena (VMM), al sureste del municipio de Barrancabermeja (Santander) y al sur del Campo La Cira – Infantas de Ecopetrol, en jurisdicción de los municipios de San Vicente de Chucurí, Carmen de Chucurí y Simacota en el Departamento de Santander. La localización del establecimiento se señala a continuación:

Figura 1. Localización de Campo Escuela Colorado



Fuente: AUTORAS TRABAJO DE GRADO: Badillo S., Romero H.: Fortalecimiento de la cultura ambiental al área asociada a Campo Escuela Colorado

2.2 TIPOS DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS Y SUS FUENTES

Las fuentes de emisión se encuentran clasificadas en:

Fuentes fijas: Dentro de las fuentes fijas se presentan las actividades industriales, que por sus procesos productivos, su participación a nivel nacional, los combustibles utilizados y los resultados de sus emisiones contaminantes, entre otros, generan impactos negativos sobre la calidad del aire, siendo necesario que

sean objeto de control y vigilancia. Estas actividades industriales resultan del análisis de la información nacional contenida en la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), en el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y la información entregada por las autoridades ambientales relacionada con los actividades productivas y específicamente con las emisiones atmosféricas generadas por estas, identificando las actividades industriales de mayor impacto sobre la contaminación atmosférica.

Fuentes móviles: Debidas al tráfico rodado.

A su vez, los inventarios, también dividen las fuentes de emisión, según su importancia, en:

Superficiales: Se componen en general de diversas unidades emisoras que, por su reducida importancia individual, han de tratarse de forma agregada sobre una determinada área geográfica.

Se puede clasificar a los contaminantes del aire, según sus fuentes, en:

- **Naturales:** Si provienen de fuentes naturales de contaminación.
- **Antropogénicos:** Si su origen es de una fuente antropogénica.

Los contaminantes naturales suelen estar en cantidades mayores que los de las actividades humanas, sin embargo los contaminantes antropogénicos representan la amenaza más significativa a largo plazo para la biosfera.

Por su parte, las **Fuentes Antropogénicas**, se pueden clasificar, según su origen en³:

³ Clasificación de Peavy, 1986.

-**Transporte:** Debida a los vehículos de motor, aviones, trenes, barcos y el consecuente manejo de los combustibles que utilizan.

-**Combustión estacionaria:** En hogares, comercios, energía industrial, incluyendo termoeléctricas.

-**Procesos industriales:** Como son los químicos, metalúrgicos, refinerías, papeleras, etc.

-**Otras:** Quemadas agrícolas, basureros, incendios, fugas, derrames, etc.

Otra importante clasificación de los contaminantes atmosféricos en base a como son emitidos y a su formación, es en:

- **Primarios:** Son las sustancias contaminantes vertidas directamente a la atmósfera.

- **Secundarios:** Al contrario de las anteriores no se vierten directamente a la atmósfera desde los focos emisores, sino que se producen como consecuencia de las transformaciones y reacciones químicas y fotoquímicas que sufren los contaminantes primarios en el seno de la misma.

La información sobre los principales contaminantes a tener en cuenta en un estudio de emisiones, se detalla en los anexos (**Ver Anexo I**).

2.3 MARCO LEGAL PARA EMISIONES GENERADAS POR FUENTES FIJAS

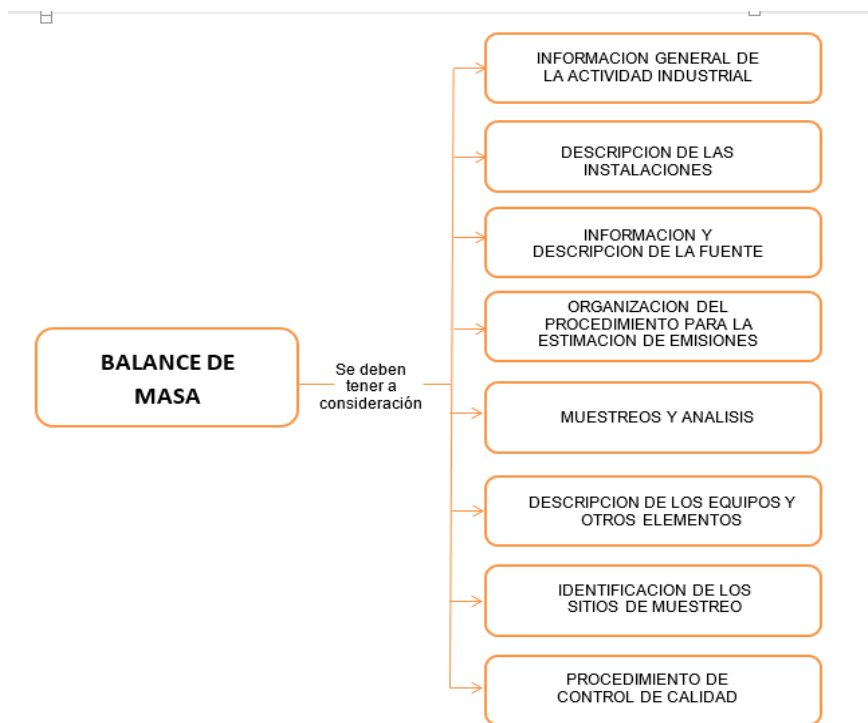
En el **Anexo J** se presenta la normatividad nacional que actualmente regula el tema de emisiones atmosféricas generadas por fuentes fijas. Adicionalmente, y con el fin de tener una información de referencia en cuanto a algunos aspectos relacionados con la emisión atmosférica generada por fuentes fijas, la información fue puesta en el anexo (**Ver Anexo J**).

3 DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE EMISIONES

A continuación se presenta en detalle el procedimiento de evaluación de emisiones, de acuerdo a lo establecido en el Decreto 948 de 1995 y acorde a lo estipulado en la resolución 650 de 2010⁴. Este procedimiento de evaluación incluye el orden establecido para el balance de masas (**Ver Anexo A**). Adicionalmente existen otros 2 procedimientos de evaluación (Medición Directa y Factores de Emisión) que se describen de manera general dentro del **Anexo A**, pero los cuales por necesitar de instrumentos especializados de medición de contaminantes no fueron tenidos en cuenta.

Figura 2. Diagrama de bloques con la metodología utilizada para el balance de masas.



Fuente: Autores

⁴ PROTOCOLO PARA FUENTES FIJAS DE EMISIÓN. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

3.1.1 Información General de la Actividad Industrial

Campo Escuela Colorado es considerado como una entidad académica administrativa de carácter científico, tecnológico y de operación de hidrocarburos, producto de un convenio interadministrativo de cooperación empresarial, con fines académicos e investigativos, realizado entre la Universidad Industrial de Santander (UIS) y la empresa colombiana de petróleos Ecopetrol S.A. por un período de 10 años prorrogables.

3.1.2 Descripción de las instalaciones

El Campo Escuela Colorado desarrolla las actividades descritas en la **Tabla 1**:

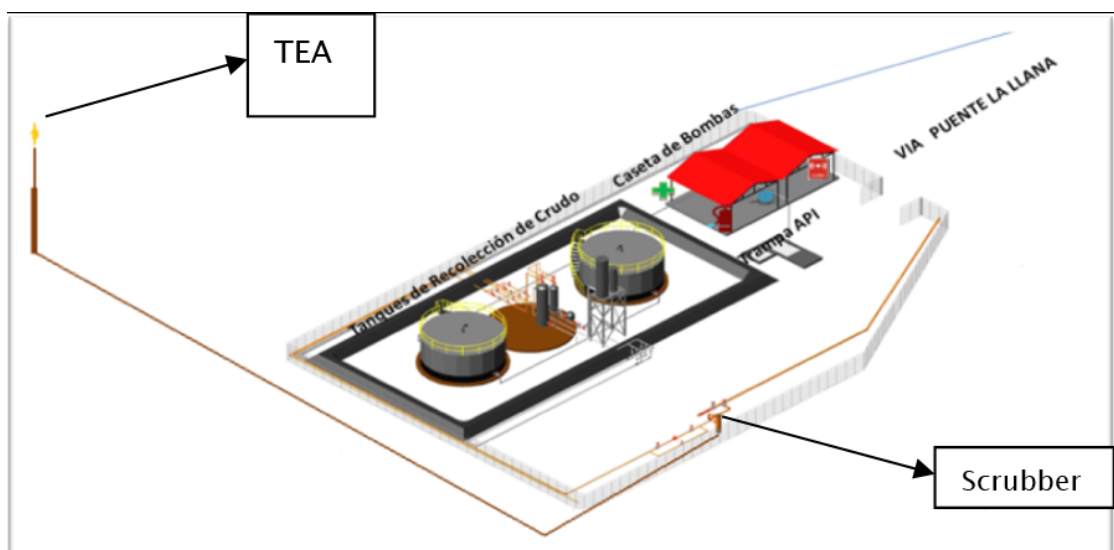
Tabla 1. Fuentes de emisiones atmosféricas en Campo Escuela Colorado

ACTIVIDAD	FUENTES	EMISIONES	TIPO
Obras Civiles (construcción y adecuación)	Descapote	Material Particulado	Fijas
	Excavación	Material Particulado	Fijas
	Transporte de materiales y personal	Material Particulado	Fijas
	Conformación terraplenes	Material Particulado	Fijas
	Maquinaria	MP, SOx, NOx, CO	Móviles
	Generadores	MP, SOx, NOx, CO	Fijas
	Vehículos	MP, SOx, NOx, CO	Móviles
Reactivación de pozos y Perforación	Maquinaria	MP, SOx, NOx, CO	Móviles
	Generadores	MP, SOx, NOx, CO	Fijas
	Vehículos	MP, SOx, NOx, CO	Móviles
Operación	Tea permanente (manejo de contingencia)	MP, SOx, NOx, CO	Fijas
	Generadores	MP, SOx, NOx, CO	Fijas
	Vehículos	MP, SOx, NOx, CO	Móviles
	Estación de bombeo	Emisiones evaporativas	Fijas

Fuente: Estudio realizado por Corporación Autónoma Regional de Santander – CAS Octubre 10 de 2012

Campo Escuela Colorado posee un equipo Scrubber para retener las gotas de crudo que se puedan ir en la corriente de gas que sale de los separadores de la estación, para evitar quemar combustible y generar emisiones contaminantes. En la **Figura 3** se presenta la ubicación de la TEA, el equipo Scrubber y la Estación de Bombeo:

Figura 3. Ubicación Tea, Equipo Scrubber y Estación de Bombeo



Fuente: Estudio realizado por Corporación Autónoma Regional de Santander – CAS Octubre 10 de 2012

Las Características Generales del Generador y de las plantas de Autogeneración Eléctrica se encuentran de manera detallada en el **Anexo B**.

3.1.3 Información y Descripción de la fuente de Emisión

De acuerdo a la NORMA API 537: Flaire details for general refinery and petrochemical service:

Una TEA le proporciona a una refinería o planta petroquímica la eliminación segura y eficaz de los gases de alivio o líquidos. La recolección del líquido se realiza en una cabeza de llama donde son enviados mediante un sistema de

tuberías hacia la llamarada. Esto es extremadamente importante en el caso de una emergencia como una planta ardiendo o fallo de energía. Un correcto funcionamiento del sistema de TEA es el componente crítico para evitar que una interrupción de planta se convierta en un desastre.

Se espera que una TEA opere veinticuatro horas al día, además, debe permanecer en servicio durante varios años sin necesidad de apagarlo. Siempre estará disponible para la quema cada vez que en la planta se presente una interrupción.

Toda la información acerca de la TEA debe estar al alcance de todo el personal operativo para estar documentados en casos de emergencia. (Por ejemplo la cantidad de combustible que se quema, la longitud de la llama etc.)

El sistema de TEA debe estar diseñado para realizar lo siguiente:

- Reducir el nivel de concentración en la tierra de materiales peligrosos.
- Proporcionar la eliminación segura de materiales inflamables.
- Reducción de compuestos orgánicos volátiles y emisiones de hidrocarburos.

La tea de estudio del presente trabajo pertenece a la estación de recolección del campo Colorado, ubicado en la vereda Los Colorados, corregimiento de Yarima del municipio de San Vicente de Chucuri – Santander, el cual hace parte del convenio interadministrativo de colaboración empresarial con fines científicos y tecnológicos celebrado entre la Universidad Industrial de Santander y Ecopetrol S.A.

3.1.3.1 Caracterización de la tea campo escuela colorado según la norma API 537

Tabla 2. Dimensiones de la TEA de Campo Escuela Colorado

Condiciones Actuales	Valor
-----------------------------	--------------

Altura	4 metros
Tubería entrada	2 Pulgadas
Tubería Tea	4 pulgadas
Distancia al Tanque	15 metros

Fuente: Reporte del Ing. Mecánico Luis Andrés Aguilar Gómez a Campo Escuela Colorado

Los flujos de trabajo de la TEA son reportados en la **Tabla 3**:

Tabla 3. Flujos de Trabajo de la TEA

Flujo normal de Gas.	100-150 KPCD
Flujo máximo de Gas.	1000 KPCD
Flujos de líquido.	-
Flujo Promedio de Gas	249 KPCD

Fuente: Reporte del Ing. Mecánico Luis Andrés Aguilar Gómez a Campo Escuela Colorado

El flujo de trabajo promedio de gas se determinó con base a los diferentes flujos trabajados a diario por la TEA desde el 22 de Julio de 2011 hasta el 31 de Julio de 2013 (Suma de los flujos / N días). Los registros de cada uno de los flujos trabajados diariamente se encuentran graficados en el **Anexo C, Figura 7 y Figura 8**.

Tabla 4. Flujo promedio de Trabajo de la TEA en S.I.

FLUJO DE GAS EN TEA [ft³/d]=	249000
FLUJO DE GAS EN TEA [m³/d]=	7050,894801
FLUJO DE GAS EN TEA [L/d]=	7050895

Fuente: Autores

3.1.3.2 Propiedades del gas con el que trabaja la TEA

A continuación se presentan las propiedades necesarias para determinar el flujo molar del gas con el que trabaja la TEA de acuerdo al Flujo promedio de trabajo:

Tabla 5. Propiedades del gas con el que trabaja la TEA

DENSIDAD [lb-m\ ft³]=	0,0896
DENSIDAD [Kg\ m³]=	1,582097069
PESO MOLECULAR [kg\Kmol]=	33,935
FLUJO MOLAR DE GAS [mol/d]=	328722,5578

Fuente: Autores

3.1.4 Organización del procedimiento para la estimación de emisiones

Un balance de masa se define como la verificación de la igualdad cuantitativa de masas que debe existir entre los insumos de entrada y los productos y residuos de salida. El balance de masas es aplicable tanto a un proceso como a cada una de las operaciones unitarias. En este caso sólo se aplica un balance de masa sencillo, dónde la cantidad de gas que entra a la TEA debe ser igual a la suma de todos los componentes producto de la combustión del gas realizada en la misma por su porcentaje molar.

En este mismo sentido, para determinar la concentración de cada uno de los componentes emitidos a la atmósfera por la quema de gas en la TEA se lleva a cabo el siguiente procedimiento:

Como es una liberación de componentes a la atmósfera, el comportamiento del gas es ideal debido a las condiciones estándar que están designadas para el ambiente, por lo tanto es recomendable utilizar el modelo de gas ideal:

$$P.V_T = N_T.R.T \quad \text{Ecuación (1)}$$

Dónde:

P= Presión a Condiciones ideales= 1 atmósfera

T= Temperatura a condiciones ideales= 298,15°K

R= Constante de los gases Ideales= 0,082 atm*L/mol*K

N_T= Moles Totales ocupadas por el gas (flujo molar del gas)= 328722,5578 mol/día

V_T= Volumen Total ocupado por la moles Totales

En llegado caso de que las condiciones de presión y temperatura fueran diferentes a las estándar, se utilizaría otro modelo termodinámico.

Entonces despejando V_T de la Ecuación (1) queda lo siguiente:

$$V_T = \frac{N_T \cdot R \cdot T}{P} = \frac{328722,5578 \frac{\text{mol}}{\text{día}} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298,15 \text{K}}{1 \text{atm}} = 8036707,71 \text{ L/ día}$$

Como la cromatografía de gases hecha a la muestra tomada, arroja los porcentajes molares, se tendría lo siguiente:

$$\% \text{molar} = \frac{N_i}{N_T} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Dónde:

%molar= Resultado Arrojado por la cromatografía de gases

N_T= Moles Totales ocupadas por el gas (flujo molar del gas)= 328722,5578 mol/día

N_i= Moles del Componente i.

Entonces para saber el número de moles del componente (i) (cada componente presente en el gas quemado en la TEA):

$$N_i = \% \text{molar} * N_T$$

Seguidamente por conveniencia de unidades y según lo estipulado por la normatividad ambiental, se hace necesario hallar la concentración del componente (i) en mg/m³. Por lo que:

$$\text{Masa}_{(i)} = N_i * \text{PM}_{(i)} * 1000 [=] \text{mg/ día} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Dónde:

Masa_(i) = Masa del Componente (i)

PM_(i) = Peso Molecular del componente (i)

1000 = Factor de Conversión

Finalmente hallando la concentración del componente (i):

$$\text{Concentración Componente}_{(i)} = \frac{\text{Masa}_{(i)}}{VT} * 1000 [=] \text{mg/ m}^3 \quad \text{Ecuación (4)}$$

Dónde:

1000 = Factor de conversión

Vale la pena aclarar que el procedimiento para determinar la concentración de cada componente anteriormente presentado, depende del resultado arrojado por la cromatografía de gases. Además se deben buscar en la literatura los respectivos pesos moleculares de los componentes encontrados en el análisis.

3.1.5 Muestreos y Análisis

Los análisis de Gas Natural C12+ se realizaron siguiendo las especificaciones de los procedimientos técnicos del laboratorio de cromatografía, basados en la NORMA GPA 2286-95.

3.1.5.1 Tratamiento de la Muestra

Las muestras de gas se recibieron en recipiente metálico y fueron tomadas por personal del área de muestreo del I.C.P. en el sitio definido por el cliente. Para su análisis, se siguió el método estándar GPA 2286 para cuantificar los componentes presentes hasta C12+ y algunos inertes como dióxido de carbono, nitrógeno y oxígeno, además se calcularon las propiedades fisicoquímicas a 60°F y 14,65 psia.

3.1.6 Descripción de los equipos y otros elementos

El equipo utilizado para realizar este análisis fue:

Cromatógrafo Agilent 6890 con detector FID- TCD. Software Natural Gas Expert V2.

3.1.7 Identificación de los sitios de muestreo

Las muestras fueron tratadas en el área de muestreo del I.C.P., por parte de los servicios de Laboratorio y Plantas Piloto. Laboratorio de Cromatografía ECOPEPETROL.

3.1.8 Procedimiento de Control de Calidad

El Instituto Colombiano del Petróleo ICP- Ecopetrol S.A., se encuentra certificado por el ICONTEC conforme a las normas NTC- ISO 9001: 2008 y NTC- GP 1000: 2009, mediante los certificados SC 5410-1 y GP- 044- 1 del 5 de Julio de 2011, donde se renueva la certificación que aplica entre otras, a las actividades desarrolladas en los laboratorios de ensayo.

El laboratorio de cromatografía se encuentra acreditado por ONAC con acreditación código 09- LAB- 003 del 16 de febrero de 2010.

4 RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la **Tabla 12** (Columna 5) del **Anexo D** se muestra el reporte del análisis composicional de las muestras de gas natural, pero adicionalmente se detalla a continuación el peso molecular, el flujo molar, el flujo másico y la concentración de cada componente presente en la muestra:

Tabla 6. Análisis Composicional, Flujo (Molar y másico) y concentración de cada componente presente en la muestra de gas natural C12+

COMPUESTO	% MOLAR SALIDA TEA	PESO MOLECULAR [g/mol]	FLUJO MOLAR [mol/d]	FLUJO MÁSICO [Kg/h]	CONCENTRACIÓN [mg/ m³]
Metano	71,3043	16,04	234393,319	156,653	467812,065
Etano	9,2495	30,07	30405,193	38,095	113763,519
Propano	6,422	44,1	21110,563	38,791	115840,447
Nitrogéno	3,2016	14	10524,381	6,139	18333,545
n-Butano	2,8778	58,12	9459,978	22,909	68412,829
i-Butano	1,54	58,12	5062,327	12,259	36609,826
Oxígeno	1,1343	16	3728,700	2,486	7423,338
n-pentano	1,007	72,15	3310,236	9,951	29717,833
i-pentano	1,0006	72,15	3289,198	9,888	29528,961
n-hexano	0,3643	86,18	1197,536	4,300	12841,537
Isohexano	0,3154	86,18	1036,791	3,723	11117,817
Dioxido de Carbono	0,1809	44,01	594,659	1,090	3256,426
3-Metilpentano	0,1636	86,2	537,790	1,932	5768,221
Metilciclopentano	0,1262	84,16	414,848	1,455	4344,266
Metilciclohexano	0,1194	98,1861	392,495	1,606	4795,188
n-heptano	0,1141	100,21	375,072	1,566	4676,792
ciclohexano	0,0973	84,16	319,847	1,122	3349,422
Ciclopentano+2,3-dimetilbut	0,091	70,1	299,138	0,874	2609,220
3-metilhexano	0,0712	100,2	234,050	0,977	2918,092
Isoheptano	0,0633	100,2	208,081	0,869	2594,315
benceno	0,0591	78,11	194,275	0,632	1888,189
Tolueno	0,0486	92,1381	159,759	0,613	1831,584
Neopentano	0,0445	72,15	146,282	0,440	1313,251

1t,etil3-metilciclopentano	0,0444	112,21	145,953	0,682	2037,820
n-Octano	0,0301	114,22	98,945	0,471	1406,242
2-Metilheptano	0,0281	114,23	92,371	0,440	1312,919
m,p-Xileno	0,0281	106,16	92,371	0,409	1220,165
isoOctano	0,0264	114,22	86,783	0,413	1233,381
2,2 dimetilbutano	0,0252	86,17	82,838	0,297	888,194
2,3-dimetilpentano	0,0208	100,2	68,374	0,285	852,476
Mesitileno	0,0201	120,2	66,073	0,331	988,216
1t,3-dimetilciclopentano	0,0174	98,19	57,198	0,234	698,824
3-etilpentano	0,0173	100,2	56,869	0,237	709,031
n-nonano	0,0158	128,2	51,938	0,277	828,508
Parafinas C9	0,0154	128,25	50,623	0,271	807,848
etilciclopentano+2,5dimetil	0,0124	127,21	40,762	0,216	645,200
t-1,3-dimetilciclohexano	0,0121	140,26	39,775	0,232	694,178
1,1,3-trimetilciclohexano	0,0091	126,27	29,914	0,157	469,995
Etilciclohexano	0,0082	112,23	26,955	0,126	376,421
1c,4-dimetilciclohexano	0,0081	112,24	26,627	0,125	371,864
2,2 dimetilpentano	0,0079	100,2	25,969	0,108	323,777
1t,2-dimetilciclohexano	0,0076	112,24	24,983	0,117	348,909
O-xileno	0,0071	106,16	23,339	0,103	308,298
1t,2c,3-trimetilciclopentano	0,0066	112,16	21,696	0,101	302,784
etilbenceno	0,0065	106,17	21,367	0,095	282,271
Decanos	0,0063	142,29	20,710	0,123	366,662
3,3-dimetilpentano	0,006	100,2	19,723	0,082	245,907
1,1,3-trimetilciclopentano	0,0055	112,16	18,080	0,084	252,320
3-Metiloctano	0,0052	128,26	17,094	0,091	272,801
Undecanos	0,0031	156,31	10,190	0,066	198,198
2,3Dimetilheptano	0,0019	128,26	6,246	0,033	99,677
Dodecano	0,0009	170,34	2,959	0,021	62,706
Tridecano +	0,0005	184,35	1,644	0,013	37,702

Fuente: Autores

El resultado del análisis composicional encuentra 53 componentes que hacen parte de la muestra de gas tomada. Presenta al metano como componente principal y los demás compuestos son hidrocarburos entre C₂ y C₁₂₊, adicionalmente, hay presencia de componentes inorgánicos como CO₂, O₂ y N₂.

Para determinar el flujo molar, el flujo másico y la concentración de cada componente, se siguió la metodología descrita en el apartado: **Organización del procedimiento para la estimación de emisiones**, utilizando las **Ecuaciones 1, 2, 3 y 4**.

Con base en los resultados arrojados por el análisis composicional, ahora se hace necesario determinar cuáles de los componentes presentes, tienen un efecto contaminante cuando se emiten al ambiente.

Al hacer un análisis más detallado sobre los componentes de la **Tabla 6** y tomando como referencia o punto de comparación la **Tabla 13, Tabla 14, Tabla 15 y Tabla 16** del **Anexo E**, se encuentra que según los índices de la OMS, hay 4 compuestos que son nocivos para la salud y exceden los límites de concentración tolerable para el ser humano. Tales componentes y su efecto sobre la salud, se detallan a continuación:

Tabla 7. Componentes que sobrepasan los límites de emisión designados por la OMS

COMPONENTE	CONCENTRACIÓN[mg/ m ³]	CONC. TOLERABLE OMS [mg/ m ³]	EFFECTOS SOBRE LA SALUD
Benceno	1888,189	1333,33	Leucemia en Trabajadores expuestos
Tolueno	1831,584	260	Efectos sobre el SNC de los trabajadores
M,P-Xileno	1220,165	304	Efectos sobre el SNC de individuos voluntarios
O-xileno	308,298	304	Efectos sobre el SNC de individuos voluntarios

Fuente: Autores

Este grupo de hidrocarburos indicados en la **Tabla 7** como nocivos, tienen en común que hacen parte de la familia de los Hidrocarburos aromáticos, los cuáles según reportes médicos, se encuentran implicados en numerosos tipos de cáncer.

Ya que en el **Anexo E** se describen los valores guía recomendados por la OMS y las normas de calidad del aire en América Latina, Japón, Estados Unidos y la

Unión Europea para contaminantes no tradicionales, vale la pena aclarar que estos contaminantes han comenzado a ser estudiados recientemente, por ello, no existe información tan amplia de éstos, así como para los contaminantes tradicionales en cuanto a fuentes de emisión, niveles en el ambiente e impacto en la salud.

Es importante resaltar que después de la combustión hecha por la TEA al gas natural, es posible que la composición de dicho gas se vea alterada, por ende no se tiene un valor exacto para la emisión fugitiva producto del proceso de quema.

Es importante que en Campo Escuela Colorado se hagan programas de capacitación al personal, para fortalecer la cultura ambiental asociada a ésta área.

Según una revisión bibliográfica hecha, hay evidencias de que en el Campo Escuela Colorado se han desarrollado programas de este tipo para el personal que labora en ésta área, tal evidencia viene de: Badillo S., Romero H. Fortalecimiento de la Cultura Ambiental al Área Asociada a Campo Escuela Colorado [Trabajo de Grado]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas; 2012. 143 p. Pero estos programas indicados en la **Tabla 20 y Tabla 21**, no evidencian una charla diseñada para que el personal de CEC adquiriera conocimiento sobre los riesgos que acarrearán las emisiones gaseosas en el ambiente; por tal razón, se diseñó e implementó un programa para el fortalecimiento de la conciencia ambiental respecto a emisiones gaseosas (**Ver Tabla 22, Anexo H**).

Las charlas, los temas tratados y las evidencias fotográficas (**Ver Figura 9, Figura 10, Figura 11, Figura 12, Figura 13 y Figura 14**) se indican de manera general en el **Anexo H**.

4.1 PARÁMETROS EXIGIDOS POR LA AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE PARA OTORGAR EL PERMISO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

Para saber cuáles son los niveles de emisión exigidos por la Normatividad Ambiental Colombiana, es necesario remitirse a la Resolución 909 de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (**Ver Anexo F**).

De acuerdo a los estándares de emisión admisibles, los cuales regulan la presencia de sustancias tales como Material Particulado (MP), SO₂, NO_x, HF, HCl, HCT, Dioxinas y Furanos, Neblinas ácida o trióxido de azufre, COV, Pb, Cd, Cu, CO, Hg, Amoniacó (NH₃), Sulfuro de Hidrógeno (H₂S) y mercaptanos, Carbono Orgánico Total (COT); Es posible hacer el trámite legal respectivo, debido a que ninguna de estas sustancias se encuentra reportada dentro de la Cromatografía de gases hecha a la muestra de gas tomada de la TEA de Campo Escuela Colorado. Aunque si se analizan los resultados posteriores a la combustión no es posible dar un reporte o un dictamen exacto del factor de emisión, debido a la falta de información y datos de actividad de quema recopilados.

A pesar de que sustancias contaminantes tales como los hidrocarburos aromáticos (**Tabla 7**) tienen presencia en el gas que va a ser quemado por la TEA, la falta de rigor en la normatividad Ambiental Colombiana, hace posible que Campo Escuela Colorado pueda llegar a tramitar el permiso de emisión de gases sin ningún tipo de problema, siempre y cuando se realicen los estudios apropiados para determinar las cantidades de contaminantes emitidos a la atmósfera como producto de la combustión ejecutada en la TEA (**Ver Anexo G: Solicitud del Permiso y Trámite del Permiso de Emisión Atmosférica**).

La falta de rigor en la Normatividad Ambiental Colombiana no es procedente de la negligencia del gobierno, sino que en América Latina y el Caribe todavía falta elaborar normas para contaminantes no tradicionales.

Solamente Bolivia, Costa Rica (aprobado por el Ministerio de Salud y en consulta pública para su promulgación definitiva), Cuba y Venezuela han establecido valores límite de calidad del aire para algunos contaminantes no tradicionales y Chile ha establecido una norma de emisión para arsénico (véase: http://www.conama.cl/planes_y_normas/aire/arsenico.htm).

El problema radica no sólo en Latinoamérica, también en la Unión Europea, que de acuerdo con la Directiva 96/62/CE del Consejo de 27 de septiembre de 1996 (Unión Europea, 1996), tiene el mandato de establecer directivas para benceno, hidrocarburos policíclicos aromáticos, cadmio, arsénico, níquel y mercurio. Sin embargo, hasta el momento no las ha establecido. Existe solo una propuesta para benceno con un valor límite de 5 mg/m³ para un tiempo promedio de muestreo de 1 año (USEPA, 1998).

5 CONCLUSIONES

1. Se determinó que para evaluar cualquier tipo de emisión al ambiente, es necesario registrarse por un procedimiento de evaluación de emisiones establecido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. En el caso de este trabajo se utilizó el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Emisión Atmosférica Generada por Fuentes Fijas, que tiene como objetivo estandarizar a nivel nacional las metodologías y procedimientos para realizar el control y vigilancia de la emisión atmosférica generada por fuentes fijas.
2. Tomando como referencia sustancias contaminantes según lo establecido por el MAVDT, tales como: Material Particulado (MP), SO₂, NO_x, HF, HCl, HCT, Dioxinas y Furanos, Neblinas ácida o trióxido de azufre, COV, Pb, Cd, Cu, CO, Hg, Amoniaco (NH₃), Sulfuro de Hidrógeno (H₂S) y mercaptanos, Carbono Orgánico Total (COT). Al hacer una evaluación de la presencia de las mismas en el gas quemado por la TEA, no es posible dar un reporte exacto por falta de datos registrados del verdadero gas emitido, pero si se analiza el gas en la línea de la TEA antes de la quema, sin encontrar una evidencia o índice en el análisis composicional (Cromatografía de gases) de tales componentes mencionados anteriormente, se hace posible que Campo Escuela Colorado pueda tramitar el permiso de emisión de gases a la atmósfera, con la condición de que se hagan estudios de factores de emisión. De ser así, se podría tramitar acorde a lo estipulado en el **Anexo G** (Artículo 75 y 76 del Decreto 948 de 1995).
3. Según el análisis composicional de la muestra de gas antes de la quema, hay componentes que sobrepasan los límites tolerables designados por la OMS,

pero los estándares de emisión admisibles planteados en la resolución 909 de 2008 (**Ver Anexo F**) y en normas ambientales reportadas en otros países de Latinoamérica, indican que se debe hacer un estudio más profundo sobre las emisiones fugitivas posteriores a la combustión, y de ser así, es posible hacer el trámite de un permiso de emisión atmosférica, a pesar de que se presenten sustancias reportadas como cancerígenas. El problema no radica en la flexibilidad de las normas, sino en la falta de investigación y elaboración de normas que tengan un poco más de severidad en los valores límite de calidad del aire.

4. Con la realización de este proyecto se definieron las pautas necesarias para hacer un estudio de emisiones generadas por la TEA ubicada en Campo Escuela Colorado, se definió el grado de cumplimiento por parte del establecimiento de los parámetros necesarios para obtener el permiso de emisión de gases y se indicaron los documentos necesarios según lo dictado por la legislación ambiental competente para el trámite de dicho permiso.

6 RECOMENDACIONES

- ✓ Implementar y poner en Operación en Campo Escuela Colorado, un sistema de monitoreo y control de emisiones gaseosas generadas por la TEA, para dar informes más precisos sobre los niveles de contaminación que están produciendo las actividades industriales allí desarrolladas.

- ✓ Elaborar un plan de saneamiento integral, para tener un exponente confiable de la gestión ambiental llevada a cabo dentro de las instalaciones de Campo Escuela Colorado.

- ✓ Comprar e instalar en Campo Escuela Colorado instrumentos de medición directa de emisiones, con lo cual es posible apegarse con mayor rigor a las normas reguladoras sobre los niveles de emisión, lo que puede ayudar a resolver, o al menos mejorar la calidad del aire en la zona.

- ✓ Para futuros trabajos de investigación, referentes a emisiones atmosféricas producto de la quema de gas en la TEA de Campo Escuela Colorado, se recomienda hacer un estudio exhaustivo de emisiones fugitivas y factores de emisión, con el propósito de determinar valores exactos de las verdaderas emisiones gaseosas transferidas a la atmósfera.

BIBLIOGRAFÍA

1. COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 99 (22, Diciembre, 1993). Por la cual se crea el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial (MAVDT) y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1993. Fecha de entrada en vigencia: 22 de diciembre de 1993.
2. COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL- MAVDT. Decreto 948 (05, Junio, 1995). Por el cual se crea el reglamento de Protección y Control de la Calidad Del Aire. Bogotá, D.C.: El Ministerio, 1995. 57 p. Fecha de entrada en vigencia: 30 de Julio de 1995.
3. COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL – MAVDT. Resolución 909 (05, Junio, 2008). Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones. . Bogotá, D.C.: El Ministerio, 2008. 36 p. Fecha de entrada en vigencia: 15 de Julio de 2008.
4. COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL – MAVDT. Resolución 650 (29, Marzo, 2010). Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Bogotá, D.C.: El Ministerio, 2010. 1 p.
5. COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL – MAVDT. Resolución 760 de 2010. Por la cual se adopta el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas. Bogotá, D.C.: El Ministerio, 2010. 131 p.

6. Badillo S., Romero H. Fortalecimiento de la Cultura Ambiental al Área Asociada a Campo Escuela Colorado [Trabajo de Grado]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físicoquímicas; 2012. 143 p.
7. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT. Documento Conpes: Lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire. Bogotá D.C., 14 de Marzo de 2005.
8. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT. Viceministerio de Ambiente: Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire. Bogotá D.C., 2010.
9. Organización Mundial de la Salud. Guías de Calidad del Aire de la OMS, relativas a la legislación de efluentes gaseosos, valores de la calidad del aire y otros, Actualización Mundial 2005.
10. Sánchez y Uribe. Contaminación industrial en Colombia. DNP–PNUD. Tercer Mundo Editores: Bogotá, 1994.

ANEXOS

Anexo A. Procedimiento de evaluación de emisiones por Balance de Masa y Descripción general de los procedimientos de Medición Directa y Factores de Emisión.

BALANCE DE MASA

Como su nombre lo indica, el balance de masa hace referencia a la cuantificación de emisiones por balance de materia y energía. El balance de masa es un método alternativo, y en ocasiones por las características del proceso industrial es el único que se puede emplear para determinar las emisiones de los mismos. En las actividades industriales que manufacturan o emplean en sus procesos sustancias orgánicas volátiles, especialmente, cuando las emisiones se producen de manera fugitiva, es decir, cuando no existe ducto o chimenea para conducción de los gases, este procedimiento de evaluación se convierte en la primera alternativa para cuantificar la emisión de contaminantes. Se considera que los balances de materia son apropiados en situaciones donde la cantidad de material se pierde por liberación a la atmósfera.

INFORMACIÓN NECESARIA PARA EVALUAR EMISIONES POR BALANCE DE MASA

Para estimar la emisión de sustancias contaminantes a la atmósfera por medio de balance de masa, se deben tener en consideración diferentes actividades, las cuales se presentan y desarrollan a continuación.

- **Información general de la actividad industrial**

Es necesario describir las actividades que se realizan y obtener la información necesaria para identificar y clasificar la actividad industrial.

- **Descripción de las instalaciones**

Es necesario realizar una descripción del proceso productivo, incluyendo una breve explicación de las actividades realizadas (lo cual se puede realizar a través de un plano de las instalaciones del establecimiento industrial).

- **Información del proceso o procesos que genera emisiones**

Para obtener la información sobre los procesos que generan emisiones, se puede utilizar un diagrama de flujo y la descripción de los procesos que se están analizando. Es importante incluir los componentes más representativos y los equipos de control de emisiones al aire que se utilizan. Adicionalmente, es necesario incluir la máxima tasa de operación de los equipos, las tasas normal y promedio de operación, los tipos de combustibles que utiliza (si aplica), la tasa de alimentación del combustible (si aplica) y las horas de operación. Si el proceso se realiza por lotes o cochadas (tipo batch), es necesario suministrar información sobre la duración y el número de lotes por día.

- **Descripción de la fuente o fuentes de emisión**

Se debe explicar detalladamente la fuente de emisión, comenzando por las generalidades del sector, según referencias bibliográficas internacionales, finalizando con la explicación detallada de la fuente de emisión y su diferencia frente a las actividades industriales existentes en el país. Además, es necesario explicar detalladamente los procesos productivos y los mecanismos mediante el cual se generan las emisiones.

- **Organización del procedimiento para la estimación de emisiones**

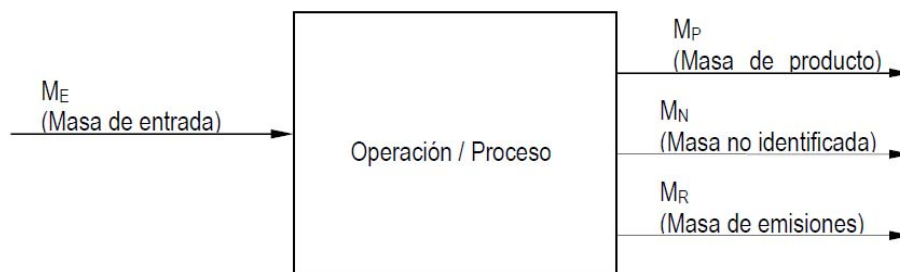
La evaluación de emisiones por balance de masa se debe desarrollar con la misma rigurosidad que demanda una medición directa. En este sentido, un balance de masa se define como la verificación de la igualdad cuantitativa de masas que debe existir entre los insumos de entrada y los productos y residuos de

salida. El balance de masa es aplicable tanto a un proceso como a cada una de las operaciones unitarias, por lo tanto se deben tener en cuenta cuando menos la siguiente información:

- ✓ Identificar las operaciones unitarias, que son fenómenos en los cuales los cambios o transformaciones se realizan por medio o a través de fuerzas físicas.
- ✓ Identificar los procesos unitarios, que son fenómenos en los cuales los cambios o transformaciones se realizan por medio o a través de reacciones químicas.
- ✓ Definir los límites de los procesos unitarios, que pueden ser físicos, cuando las líneas de producción están bien diferenciadas, o imaginarios, cuando conviven varias líneas en un mismo espacio cerrado.
- ✓ Definir los límites de las operaciones unitarias, de una manera similar a la delimitación de los procesos unitarios.
- ✓ Identificar las entradas y salidas, lo cual se puede realizar a través de un diagrama de flujo. En sistemas de producción complejos, donde existan varios procesos independientes, se puede preparar un diagrama de flujo general, mostrando todos los procesos, cada uno representado por un bloque y preparar diagramas de flujo para cada proceso individual, indicando en detalle sus operaciones unitarias y procesos unitarios.
- ✓ Cuantificar las entradas o insumos, teniendo en cuenta que todos los insumos que entran a un proceso u operación, salen como productos y como residuos. Los insumos de entrada a un proceso u operación unitaria pueden incluir,

además de materias primas, materiales reciclados, productos químicos, agua, aire y otros posibles insumos.

- ✓ Cuantificar las salidas como residuos o productos.
- ✓ Realizar el balance de masas, teniendo en cuenta que la suma de todas las masas que entran en un proceso u operación, debe ser igual a la suma de todas las masas que salen de dicho proceso u operación (es decir, la suma de masas de los productos, residuos y de todos los materiales de salida no identificados). Los materiales de salida no identificados, generalmente se atribuyen a pérdidas de insumos y productos por derrames, fugas y otras causas similares, cuyo origen no puede ser detectado y, por ende, sus masas no pueden ser cuantificadas.
- ✓ Se recomienda indicar los puntos de entrada y salida del sistema donde se realice el balance, como se muestra en el siguiente esquema:



Donde:

$$ME = MI1 + MI2 + MI3 + \dots + MIN$$

$$MS = MP + MR + MN$$

$$ME = MS$$

M = Masa

E = Entrada

S = Salida

I = Insumo

P = Producto

R = Residuo / Emisiones

N = No identificado

- **Muestreos y análisis**

Durante la elaboración del balance de masa puede ser necesario recolectar información de los procesos, para los cuales se debe identificar los objetivos del programa de muestreo y análisis, incluyendo como mínimo información relacionada con los sistemas de muestreo y análisis e instrumentos de laboratorio.

- **Descripción de los equipos y otros elementos**

En esta sección se hace referencia a los equipos del establecimiento industrial asociados a las emisiones contaminantes. Se deben incluir cuando menos la información relacionada con las condiciones de operación de los equipos o procesos durante la realización del estudio, así como las condiciones de operación de los dispositivos de control de emisiones durante el análisis.

- **Identificación de los sitios de muestreo**

Se debe identificar la ubicación de los equipos asociados a las emisiones y los sitios en donde se realizó el muestreo, lo cual se puede realizar mediante un plano a escala de las líneas de producción.

- **Procedimiento de control de calidad**

Los equipos y elementos de medición que se emplean durante el desarrollo del estudio deben ser calibrados, cuando aplique, para lo cual se debe contar con copia de los certificados de calibración.

MEDICIÓN DIRECTA

La medición directa se realiza a través de procedimientos mediante la utilización de analizadores instrumentales. El analizador instrumental es un equipo que mide directamente la concentración de contaminantes una vez se conecta a la chimenea o ducto de emisión. Este equipo se puede emplear de manera eventual o permanente, cuando se emplea de manera permanente el analizador forma parte de un sistema complejo que recibe el nombre de sistema de monitoreo continuo de emisiones (CEMS por sus siglas en inglés).

FACTORES DE EMISIÓN

Un factor de emisión es una relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad (producción, consumo de energía, combustible). En general, los factores de emisión se clasifican en dos tipos, los basados en procesos y los basados en censos. Los primeros se usan para estimar las emisiones de fuentes puntuales, y a menudo se combinan con los datos de actividad recopilados, con encuestas o con balances de materiales; mientras que los segundos se usan para estimar las emisiones de las fuentes de área.

En general, se considera apropiado utilizar factores de emisión cuando los materiales que se emplean se consumen o combinan químicamente en los procesos, o cuando se producen bajas pérdidas de material, por liberación a la atmósfera, en comparación con las cantidades que se tratan en proceso.

Anexo B. Características Generales del Generador y de las plantas de Autogeneración Eléctrica.

Actualmente se cuenta con cinco plantas de autogeneración eléctrica para la operación del campo, marca Generac, que se encuentran en funcionamiento 8 horas diarias, con las que se aprovecha el gas del yacimiento para minimizar la quema del mismo en la tea⁵; el consumo de gas en pies cúbicos de las plantas se relaciona a continuación:

CONSUMO POR MAQUINA	2.200 PCH	52.800 PCD
CONSUMO TRES MAQUINAS	6.600 PCH	158.400 PCD
CONSUMO CINCO MAQUINAS	11.000 PCH	264.000 PCD

A continuación se relacionan las características generales del generador y de las plantas:

Tabla 8. Características Generales

CARACTERISTICAS GENERALES

ENGINE SPECIFICATIONS

MAKE	GENERAC
MODEL.....	13.3GTA
CYLINDERS.....	6 in-line
DISPLACEMENT.....	13.3 Liter (811 cu. in.)
BORE.....	137 mm (5.39 in.)
STROKE.....	150 mm (5.91 in.)
COMPRESSION RATIO.....	10.5:1
INTAKE AIR.....	Turbocharged/Aftercooled
NUMBER OF MAIN BEARINGS	7
CONNECTING RODS.....	6-Carbon Steel
CYLINDER HEAD.....	Cast Iron with Overhead Valve
CYLINDER LINERS	Wet/Replaceable
IGNITION.....	Altronic CD1
PISTONS.....	Heat-Resistant Alloy with 4 Rings
CRANKSHAFT.....	Induction-Hardened, Die-Forged Carbon Steel

Fuente: Estudio realizado por Corporación Autónoma Regional de Santander – CAS Octubre 10 de 2012

⁵ Estudio realizado por Corporación Autónoma Regional de Santander – CAS Octubre 10 de 2012

Tabla 9. Especificaciones del generador

GENERATOR SPECIFICATIONS

TYPE	Four-pole, revolving field
ROTOR INSULATION.....	Class H
STATOR INSULATION.....	Class H
TOTAL HARMONIC DISTORTION	<3%
TELEPHONE INTERFERENCE FACTOR (TIF).....	<30
SHORT CIRCUIT CURRENT.....	300%
ALTERNATOR	Self-ventilated and drip-proof
BEARINGS (PRE-LUBED & SEALED)	1
COUPLING.....	Direct, Flexible Disc
LOAD CAPACITY (STANDBY)	100%

NOTE: Emergency loading in compliance with NFPA 99, NFPA 110. Generator rating and performance in accordance with ISO8528-5, BS5514, SAE J1349, ISO3046, and DIN6271 standards.

Fuente: Estudio realizado por Corporación Autónoma Regional de Santander – CAS Octubre 10 de 2012

Tabla 10. Sistema eléctrico

ELECTRICAL SYSTEM

BATTERY CHARGE ALTERNATOR.....	20 Amps at 24 V
STARTER MOTOR	24 V
RECOMMENDED BATTERY.....	(2) - 12 V, 925 CCA, 31
GROUND POLARITY	Negative

Fuente: Estudio realizado por Corporación Autónoma Regional de Santander – CAS Octubre 10 de 2012

Tabla 11. Características del generador

GENERAC®	Alternator Data	200 kW
-----------------	--------------------	---------------

Alternator Ratings (Series Wye Testing)

kW	200	
kVA	250	
Type	Brushless/PMG	
Connections	12 Lead	
Efficiency @ 1.0 Power Factor	206/240	450/500
20% Load	88.45	89.8
40% Load	89.14	90.5
60% Load	89.54	90.9
80% Load	89.44	90.8
100% Load	89.24	90.6
100% @ 0.8 PF	88.75	90.1

Machine Parameters @ Max kW Ratings

Subtransient Reactance p.u.	0.15
Transient Reactance	0.23
Synchronous Reactance	2.05
Negative Sequence Reactance	0.26
Zero Sequence Reactance	0.07
Short Circuit Ratio	0.28
Excitation Voltage	190
Excitation Current @ Rated kW	5.0A
Lamination Type	520

Machine Parameters Continued

Waveform Distortion	<5%
Telephone Influence Factor	<50
Synchronous Speed	1800 rpm
Maximum Overspeed	3300 rpm
Number of Bearings	1 Sealed Ball
Insulation System	Class H
Excitation System	Class H

Temperature Rise vs Output (0.8 pf)

kW Rating	Temp Rise ° C	Temperature Rise is based 40° C Ambient
153	80 °	
183	105 °	
200	120 °	

Instantaneous Voltage Dip

Voltage	10%	15%	20%	25%	30%	35%
208, 240	140	210	280	350	420	490
480	187	280	373	467	560	653
600						

Options - - - - - Antifungal Coating
Alternator Heater

Fuente: Estudio realizado por Corporación Autónoma Regional de Santander – CAS Octubre 10 de 2012

Anexo C. Caracterización de la TEA de Campo Escuela Colorado.

De acuerdo a las dimensiones expuestas en la **Tabla 2**, La tea utilizada en el Campo Colorado es de tipo vertical y es soportada por ella misma como se muestra en la **Figura 4**, además se muestran los diámetros de las tuberías en la **Figura 5** y la distancia de la llama al tanque en la **Figura 6** a continuación:

Figura 4. Altura TEA Campo Escuela Colorado



Fuente: Reporte del Ing. Mecánico Luis Andrés Aguilar Gómez a Campo Escuela Colorado

Figura 5. Diámetros de la tubería de la TEA Campo Escuela Colorado



Fuente: Reporte del Ing. Mecánico Luis Andrés Aguilar Gómez a Campo Escuela Colorado

La Distancia que hay de la llama de la Tea hasta el tanque es de aproximadamente unos 15 metros:

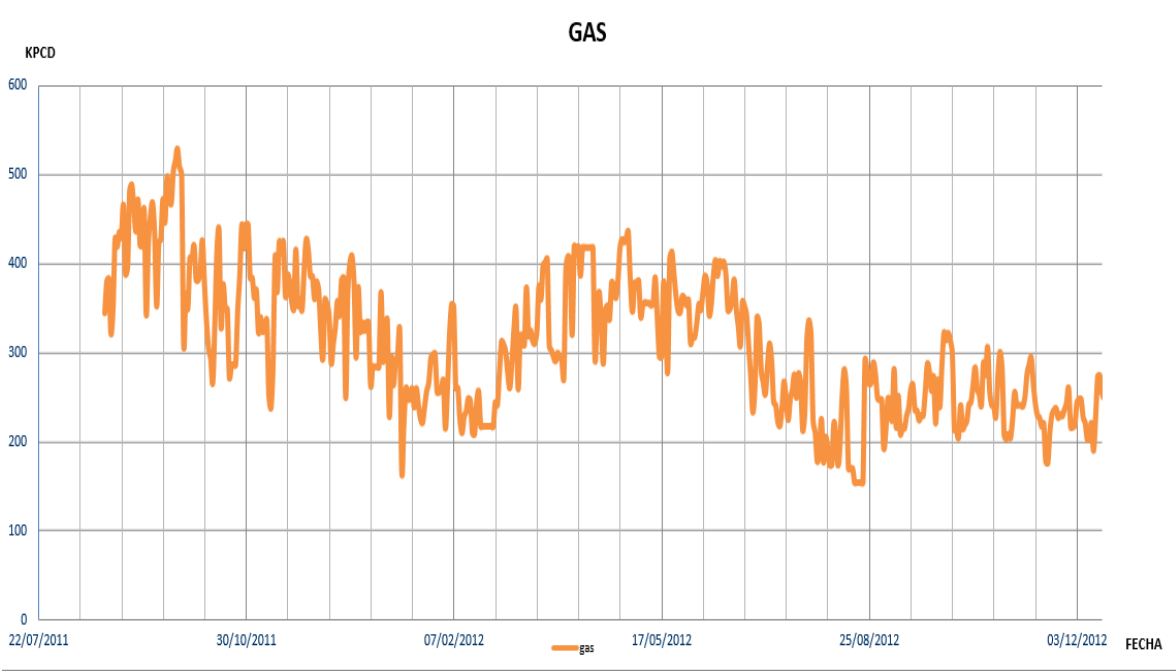
Figura 6. Distancia entre la llama de la Tea y el Tanque



Fuente: Reporte del Ing. Mecánico Luis Andrés Aguilar Gómez a Campo Escuela Colorado

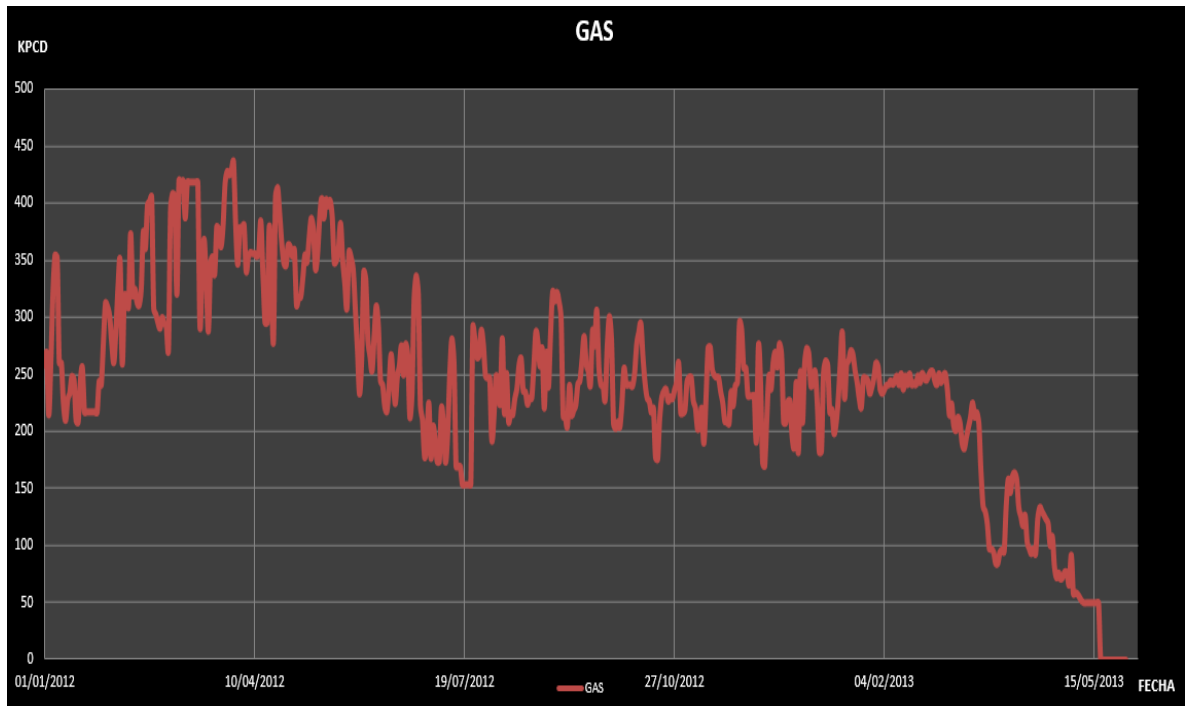
Los registros de los flujos diarios de trabajo se encuentran graficados a continuación:

Figura 7. Flujo de Trabajo de TEA contra Tiempo (2011- 2012)



Fuente: Autores


Figura 8. Flujo de Trabajo de TEA contra Tiempo (2012- 2013)



Fuente: Autores

Anexo D. Análisis de Muestra de gas Natural C12+. Cromatografía de Gases

Tabla 12. Cromatografía de Gases (RESULTADO)

 ANÁLISIS DE MUESTRA DE GAS NATURAL C12+ SERVICIOS DE LABORATORIO Y PLANTAS PILOTO LABORATORIO DE CROMATOGRAFÍA				
IDENTIFIC. MUESTRA		GAS NATURAL ANULAR POZO COLORADO 38	GAS NATURAL ANULAR POZO COLORADO 45	GAS NATURAL SCRUBBER SALIDA A TEA
DESCRIPCION MUESTRA		MITREO COLORADOS 38 Y 45 (UIS-ECP)	MITREO COLORADOS 38 Y 45 (UIS-ECP)	MITREO COLORADOS 38 Y 45 (UIS-ECP)
PRESION MUESTRA		25	25	6
SITIO DE MUESTREO		YARUMA	YARUMA	YARUMA
TEMPERATURA MUESTRA		AMB	AMB	AMB
MUESTRA TOMADA POR		JUAN CARLOS ORTIZ	JUAN CARLOS ORTIZ	JUAN CARLOS ORTIZ
COMPONENTE	UNIDAD	200722680	200722581	200722682
Oxígeno	% Molar	0.2277	0.9312	1.1343
Nitrogeno	% Molar	0.6076	2.5581	3.2016
Dioxido de Carbono	% Molar	0.0895	0.1689	0.1609
Metano	% Molar	75.4838	62.5123	71.3043
Etano	% Molar	9.5101	12.9251	6.2495
Propano	% Molar	6.5198	9.0561	6.422
i-Butano	% Molar	1.4652	1.9067	1.54
n-Butano	% Molar	2.4653	3.3909	2.8778
Neo-Pentano	% Molar	0.0355	0.0523	0.0445
i-Pentano	% Molar	0.7784	1.2069	1.0006
n-Pentano	% Molar	0.741	1.2487	1.007
2,2-Dimetilbutano	% Molar	0.0177	0.0334	0.0252
Ciclohexano	% Molar	0.0615	0.131	0.091
2,2-Dimetilpentano	% Molar	0.2212	0.4584	0.3154
3-Metilpentano	% Molar	0.1143	0.2486	0.1636
n-Hexano	% Molar	0.2608	0.603	0.3643
2,2-Dimetilhexano	% Molar	0.0061	0.0139	0.0079
Meticiclohexano	% Molar	0.09	0.2288	0.1262
1,3-Heptano	% Molar	0.0551	0.1375	0.0833
Benceno	% Molar	0.0399	0.1142	0.0691
3,3-Dimetilpentano	% Molar	0.0045	0.0124	0.006
Ciclohexano	% Molar	0.0729	0.2024	0.0973
2,3-Dimetilpentano	% Molar	0.0175	0.0452	0.0208
3-Metilhexano	% Molar	0.0622	0.1601	0.0712
1,3-Dimetilciclohexano	% Molar	0.0147	0.0397	0.0174
3-Etilpentano	% Molar	0.015	0.04	0.0173
IsoOctano	% Molar	0.0228	0.0611	0.0264
n-Heptano	% Molar	0.1156	0.2918	0.1141
Meticiclohexano	% Molar	0.1215	0.3136	0.1194
1,1,3-Trimeticiclohexano	% Molar	0.0064	0.0142	0.0055
Etilciclohexano + 2,5-Dimetil	% Molar	0.014	0.0318	0.0124
1,1,2,3-Trimeticiclohexano	% Molar	0.0078	0.0174	0.0086
Tolueno	% Molar	0.0537	0.1416	0.0486
2-Metilheptano	% Molar	0.0391	0.0835	0.0281
1,1,3,3-tetrameticiclohexano	% Molar	0.0014	0.0032	0.0044
1,1,2-Dimetilciclohexano	% Molar	0.0101	0.022	0.0076
n-Octano	% Molar	0.0503	0.0924	0.0301
1-1,3-Dimetilciclohexano	% Molar	0.018	0.0343	0.0121
1,2,4-Dimetilciclohexano	% Molar	0.0094	0.0213	0.0081
Parafinas C9	% Molar	0.0228	0.0411	0.0154
2,3-Dimetilheptano	% Molar	0.003	0.0049	0.0019
o-Xileno	% Molar	0.0109	0.0201	0.0071
Etilciclohexano	% Molar	0.0129	0.0233	0.0082
1,1,3-Trimeticiclohexano	% Molar	0.0151	0.0252	0.0091
Eilbenceno	% Molar	0.0108	0.0188	0.0065
m,p-Xileno	% Molar	0.0467	0.0825	0.0281
3-Metiloctano	% Molar	0.0088	0.0139	0.0052
n-Nonano	% Molar	0.0214	0.038	0.0158
Metileno	% Molar	0.0274	0.0411	0.0201
Decanos	% Molar	0.0077	0.0057	0.0063
Undecanos	% Molar	0.0031	0.002	0.0031
Dodecano	% Molar	0.0004	0.0005	0.0008
Tridecano+	% Molar	0.0004	0.0003	0.0005
PROPIEDADES FISICOQUIMICAS A 60°F Y 14.65 PSIA				
IGHV Poder Calorifico Superior Volum. Id	BTU/PC	1374.32	1563.18	1369.59
RGHV Poder Calorifico Superior Volum. Re	BTU/PC	1380.92	1573.89	1376.36
IGHV Poder Calorifico Neto Volum. Ideal	BTU/PC	1249.81	1427.02	1246.36
RNHV Poder Calorifico Neto Volum. Real	BTU/PC	1255.81	1438.79	1252.51
Densidad Ideal	lbm/pe3	0.082	0.0879	0.0891
Densidad Real	lbm/pe3	0.0824	0.0885	0.0896
Gravedad Especifica [14.73 psia] Ideal	N/A *	0.8053	0.9575	0.8402
CGM Volumen Estimado de Liquidos	ppm			
100% de licuefaccion del Propano	Gal/1000 PC	4.345	6.748	4.748
Factor de Compresibilidad	N/A *	0.9952	0.9932	0.9951
Peso Molecular	N/A *	31.2296	33.4556	33.935
Indice de Wobbe	N/A *	1531.4968	1597.5176	1494.1609

Fuente: Laboratorio de Cromatografía ICP- Ecopetrol

Anexo E. Valores de la Calidad del Aire OMS

CONTAMINANTES NO CANCERÍGENOS:

La **Tabla 13** presenta los valores guía para contaminantes del aire no cancerígenos recomendados por la OMS. Este cuadro indica el contaminante, los niveles del contaminante por encima de los cuales se han observado efectos en la salud, el factor de incertidumbre calculado por consenso científico y los valores guía para los diferentes tiempos promedio de exposición.

Tabla 13. Valores guía para contaminantes no cancerígenos recomendados por la OMS

Contaminante	Efectos sobre la salud	Nivel de efecto observable (mg/m ³)	Factor de incertidumbre	Valor guía o concentración tolerable (mg/m ³)	Tiempo promedio de exposición
Acetaldehído	Irritación en humanos	45	20	2.000	24 horas
	Irritación relacionada con la carcinogenicidad	275	1.000	50	1 año
Acroleína	Irritación de ojos en humanos	130		50	30 minutos
Ácido acrílico	Lesiones nasales en ratones	15	50	54	1 año

2-butoxietanol	Hematotoxicidad en ratas	242	10	13.100	1 semana
Cadmio	Efectos renales sobre la población	n.a.	n.a.	5 x 10 ⁻³	1 año
Disulfuro de carbono	Cambios funcionales en el SNC de los trabajadores	10	100	100	24 horas
	Molestia por olores	0,2	n.a	20	30 minutos
Cloroformo	Hepatoxicidad en ratas	6,1	1.000	6,1	1 año
1,4-diclorobenceno	Incremento en el peso del órgano y proteínas urinarias	450	500	134	1 año
Diclorometano	Formación de CoHb en individuos normales		n.a.	3.000	24 horas
Escape de motores Diesel	Inflamación crónica alveolar en humanos	0,139	25	5,6	1 año
	Inflamación crónica alveolar en ratas	0,23	100	2,3	1 año
Etilbenceno	Incremento de peso del	2.150	100	22.000	1 año

	órgano				
Fluoruros	Efectos sobre el ganado	n.a.	n.a.	1	1 año
Formaldehído	Irritación de la nariz y garganta en humanos	0,1	n.a.	100	30 minutos
Sulfuro de hidrógeno	Irritación de ojos en humanos	15	100	150	24 horas
	Molestia por olores	$(0,2-2,0) \times 10^{-3}$	n.a.	7	30 minutos
Manganeso	Efectos neurotóxicos en trabajadores	0,03	200	0,15	1 año
Mercurio inorgánico	Efectos tubular renales en humanos	0,02	20	1	1 año
Metil Metacrilato	Cambios degenerativos del epitelio en el sistema olfativo en roedores	102,5	100	200	1 año
Monoclorobenceno	Decrecimiento en la ingesta de alimentos, incremento en el peso del órgano, lesiones y	341	1000	71	1 año

	cambios en los parámetros de la sangre				
Estireno	Efectos neurológicos en trabajadores	107	40	260	1 semana
	Molestias por olores	0.07	n.a.	7	30 minutos
Tetra-cloroetileno	Efectos renales en trabajadores	102	400	250	24 horas
	Molestias por olores	8	n.a.	8.000	30 minutos
Tolueno	Efectos sobre el SNC de los trabajadores	332	1.260	260	1 semana
	Molestia por olores	1	n.a.	1.000	30 minutos
1,3,5 Triclorobenceno	Metaplasia e hiperplasia del epitelio en el aparato respiratorio en ratas	100	500	36	1 año
1,2,4 Triclorobenceno	Incremento de la porfirina urinaria en ratas	22,3	500	8	1 año
Vanadio	Efectos sobre el sistema respiratorio en	0,02	20	1	24 horas

	trabajadores				
Xileno	Efectos sobre el SNC de individuos voluntarios	304	60	4.800	24 horas
	Neurotoxicidad en ratas	870	1.000	870	1 año

Fuente: Organización Mundial de la salud

CONTAMINANTES CANCERÍGENOS:

Tabla 14. Valores guía recomendados por la OMS para contaminantes cancerígenos del aire

Contaminante	Efectos sobre la salud	Unidad de riesgo (mg/m ³) ⁻¹	Clasificación IARC
Acrilonitrilo	Cáncer al pulmón en trabajadores	2 x 10 ⁻⁵	2A
Arsénico	Cáncer al pulmón en humanos expuestos	1,5 x 10 ⁻³	1
Benceno	Leucemia en trabajadores expuestos	(4,4-7,5) x 10 ⁻⁴	1
Benzo[a]pireno	Cáncer al pulmón en humanos	8,7 x 10 ⁻²	2A
Bis(clorometil)éter	Epiteliomas en ratas	8,3 x 10 ⁻³	1
Cromo	Cáncer al pulmón en trabajadores expuestos	(1,1-13) x 10 ⁻²	1
Escape de motores Diesel	Cáncer al pulmón en ratas	(1,6-7,1) x 10 ⁻⁵	2A

Humo de tabaco	Cáncer al pulmón en trabajadores expuestos	10-mar	
Níquel	Cáncer al pulmón en trabajadores expuestos	3,8 x 10-4	1
HPA (BaP)	Cáncer al pulmón en trabajadores expuestos	8,7 x 10-2	1
Tricloroetileno	Tumores celulares en ratas	4,3 x 10-7	2A
Cloruro de vinilo	Hemangiosarcoma en trabajadores expuestos y cáncer al hígado en trabajadores expuestos	1 x 10-6	1

Fuente: Organización Mundial de la salud

CONTAMINANTES NO TRADICIONALES:

Tabla 15. Contaminantes no tradicionales prioritarios según la Ley Básica de Control de Contaminación del Aire de Japón

1	Acrilonitrilo	12	Tetracloroetileno
2	Acetaldehído	13	Tricloroetileno
3	Monómero de cloruro de vinilo	14	Níquel y sus compuestos
4	Cloroformo	15	Arsénico y sus compuestos
5	Clorometil éter	16	1,3-butadieno
6	Óxido de etileno	17	Berilio y sus compuestos
7	1,2-dicloroetano	18	Benceno
8	Diclorometano	19	Benzo[a]pireno
9	Mercurio y sus compuestos	20	Formaldehído

10	Talco (incluye fibras de asbesto)	21	Manganeso y sus compuestos
11	Dioxinas	22	Cromo hexavalente y sus compuestos

Fuente: Organización Mundial de la salud

Tabla 16. Valores límite para la protección de la salud pública, tiempo promedio de muestreo y frecuencia de excedencia permitida en Bolivia, Costa Rica y Venezuela.

Contaminante	Valor límite	Tiempo promedio de muestreo	Frecuencia de excedencia permitida
	(mg/m ³) ¹		
- Bolivia -			
Arsénico	50 ng/m ³	1 año	Ninguna
Cadmio	40 ng/m ³	1 año	
Manganeso	2	1 año	
Mercurio	1	1 año	
Vanadio	0,2	1 año	
Zinc	50	1 año	
Ácido sulfhídrico	150	24 horas	
Flúor	50 mg/m ³	1 año	
	200 mg/m ³	30 minutos	
Cloro, ácido clorhídrico	100	1 año	
Diclorometano	1 mg/m ³	24 horas	
Tricloroetileno	1 mg/m ³	24 horas	
Tetracloroetileno	5 mg/m ³	24 horas	
Estireno	800	24 horas	

Tolueno	7,5 mg/m ³	24 horas	
Formaldehído	100	30 minutos	
Bisulfuro de carbono	100	24 horas	
- Costa Rica -			
Sulfuro de hidrógeno	20	24 horas	Ninguna
Cloruro de hidrógeno	200	24 horas	
Fluoruro de hidrógeno	20	24 horas	
Amoniaco	500	1 año	
	1000	24 horas	solo una vez por año
Formaldehído	35	24 horas	Ninguna
Hidrocarburos totales expresados como metano	160	3 horas	
- Venezuela -			
Sulfuro de hidrógeno	20	24 horas	El valor límite no podrá superarse en más de 0,5% de las mediciones
Fluoruro de hidrógeno	10 a 20	24 horas	El valor 10 mg/m ³ no podrá superarse en más del 2% de las mediciones y

			el valor 20 mg/m ³ no podrá superarse en más del 0,5% de las mediciones.
Fluoruros	10 a 20	24 horas	El valor 10 mg/m ³ no podrá superarse en más de 2% de las mediciones y el valor 20 mg/m ³ no podrá superarse en más de 0,5% de las mediciones.
Cloruro de hidrógeno	200	24 horas	El valor límite no podrá superarse en más de 2% de las mediciones
Cloruros	200	24 horas	El valor límite no podrá superarse en más de 2% de las mediciones

Fuente: Organización Mundial de la salud

Anexo F. Resolución 909 de 2008

La presente resolución establece las normas y los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para fuentes fijas, adopta los procedimientos de medición de emisiones para fuentes fijas y reglamenta los convenios de reconversión a tecnologías limpias.

CAPÍTULO II

ESTÁNDARES DE EMISIÓN ADMISIBLES DE CONTAMINANTES AL AIRE PARA FUENTES FIJAS PUNTUALES DE ACTIVIDADES INDUSTRIALES

Tabla 17. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para actividades industriales a condiciones de referencia (25 °C y 760 mm Hg) con oxígeno de referencia del 11%⁶.

Contaminante	Flujo del contaminante (kg/h)	Estándares de emisión admisibles de contaminantes (mg/m ³)	
		Actividades industriales existentes	Actividades industriales nuevas
Material Particulado (MP)	≤ 0,5	250	150
	> 0,5	150	50
Dióxido de Azufre (SO ₂)	TODOS	550	500
Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	TODOS	550	500
Compuestos de Flúor Inorgánico (HF)	TODOS	8	
Compuestos de Cloro Inorgánico (HCl)	TODOS	40	
Hidrocarburos Totales (HCT)	TODOS	50	
Dioxinas y Furanos	TODOS	0,5*	

⁶ Régimen legal de Bogotá D.C., Propiedad de la secretaría general de la alcaldía mayor de Bogotá. Resolución 909 de ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.

Neblina Acida o Trióxido de Azufre expresados como H ₂ SO ₄	TODOS	150
Plomo (Pb)	TODOS	1
Cadmio (Cd) y sus compuestos	TODOS	1
Cobre (Cu) y sus compuestos	TODOS	8

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

CAPÍTULO VIII

ESTÁNDARES DE EMISIÓN ADMISIBLES DE CONTAMINANTES AL AIRE PARA LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE LA REFINACIÓN DEL PETRÓLEO

Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para las actividades existentes de fabricación de productos de la refinación del petróleo.

En la **Tabla 18** se establecen los estándares de emisión admisibles para las actividades existentes de fabricación de productos de la refinación del petróleo, por tipo de combustible a condiciones de referencia y el oxígeno de referencia con base en el cual se debe realizar la corrección de oxígeno posterior a la medición. Dichos estándares deben cumplirse en cada uno de los puntos de descarga de las actividades de refinación.

Tabla 18. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para las actividades existentes de fabricación de productos de la refinación del petróleo por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg).

Combustible	Estándares de emisión admisibles (mg/m ³)			Oxígeno de referencia
	MP	SO ₂	NOx	
Sólido	170	2800	760	6%
Líquido	170	2000	650	3%
Gaseoso	NO APLICA	NO APLICA	300	3%

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para las actividades nuevas de fabricación de productos de la refinación del petróleo.

En la **Tabla 19** se establecen los estándares de emisión admisibles para las actividades nuevas de fabricación de productos de la refinación del petróleo, por tipo de combustible a condiciones de referencia y el oxígeno de referencia con base en el cual se debe realizar la corrección de oxígeno posterior a la medición. Dichos estándares deben cumplirse en cada uno de los puntos de descarga de las actividades de refinación.

Tabla 19. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para las actividades nuevas de fabricación de productos de la refinación del petróleo por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg).

Combustible	Estándares de emisión admisibles (mg/m ³)			Oxígeno de referencia
	MP	SO ₂	NOx	
Sólido	50	1700	600	6%
Líquido	50	1700	450	3%
Gaseoso	NO APLICA	NO APLICA	300	3%

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Anexo G. Decreto 948 de 1995: Solicitud del Permiso de Emisión

ARTICULO 75. SOLICITUD DEL PERMISO.

La solicitud del permiso de emisión debe incluir la siguiente información:

- a. Nombre o razón social del solicitante, y del representante legal o apoderado, si los hubiere, con indicación de su domicilio.

- b. Localización de las instalaciones, del área o de la obra.

- c. Fecha proyectada de iniciación de actividades, o fechas proyectadas de iniciación y terminación de las obras, trabajos o actividades, si se trata de emisiones transitorias.

- d. Concepto sobre uso del suelo del establecimiento, obra o actividad, expedido por la autoridad municipal o distrital competente, o en su defecto, los documentos públicos u oficiales contentivos de normas y planos, o las publicaciones oficiales que sustenten y prueben la compatibilidad entre la actividad u obra proyectada y el uso permitido del suelo.

- e. Información meteorológica básica del área afectada por las emisiones.

- f. Descripción de las obras, procesos y actividades de producción, mantenimiento, tratamiento, almacenamiento o disposición que generen las emisiones y los planos

que dichas descripciones requieran; flujograma con indicación y caracterización de los puntos de emisión al aire, ubicación y cantidad de los puntos de descarga al aire, descripción y planos de los ductos, chimeneas o fuentes dispersas, e indicación de sus materiales, medidas y características técnicas.

g. Información técnica sobre producción prevista o actual, proyectos de expansión y proyecciones de producción a cinco (5) años.

h. <Literal modificado por el Decreto 2107 de 1995, artículo 4. El nuevo texto es el siguiente:> Estudio técnico de evaluación de las emisiones de sus procesos de combustión o producción; se deberá anexar además información sobre consumo de materias primas, combustibles y otros materiales utilizados.

i. Diseño de los sistemas de control de emisiones atmosféricas existentes o proyectados, su ubicación e informe de ingeniería.

j. Si utiliza controles al final del proceso para el control de emisiones atmosféricas, o tecnologías limpias, o ambos.

PARAGRAFO PRIMERO. El solicitante deberá anexar además a la solicitud los siguientes documentos:

a. Certificado de existencia y representación legal, si es persona jurídica.

b. Poder debidamente otorgado, si se obra por intermedio de apoderado.

c. Constancia del pago de los derechos de trámite y otorgamiento del permiso, en los términos y condiciones establecidas en el artículo **77** de este Decreto.

PARAGRAFO SEGUNDO. Requerirán, además, la presentación de estudios técnicos de dispersión, como información obligatoria, por la naturaleza o impacto de la obra o actividad proyectada, las solicitudes de permisos de emisión atmosférica para refinerías de petróleo, fábricas de cementos, plantas químicas y petroquímicas, siderúrgicas, quemas abiertas controladas en actividades agroindustriales y plantas termoeléctricas. El Ministerio del Medio Ambiente establecerá los criterios y factores a partir de los cuales los incineradores, minas y canteras requerirán estudios técnicos de dispersión y regulará los demás casos en que la presentación de dichos estudios sean requeridos.

PARAGRAFO TERCERO. La autoridad ambiental competente, sin perjuicio de su facultad de solicitar información completa sobre procesos industriales, deberá guardar la confidencialidad de la información que por ley sea reservada, a la que tenga acceso o que le sea suministrada por los solicitantes de permisos de emisión atmosférica.

PARAGRAFO CUARTO. No se podrán exigir al solicitante sino aquellos requisitos e informaciones que sean pertinentes, atendiendo a la naturaleza de la actividad u obra para la cual se solicita el permiso, al lugar donde se desarrolle o a la comunidad a la que afecte.

Cuando la autoridad ambiental competente posea la información requerida para la solicitud del otorgamiento o de renovación del permiso de emisión, según el caso, no la exigirá como requisito al solicitante.

ARTICULO 76. Trámite del permiso de emisión atmosférica.

Una vez presentada, personalmente y por escrito, la solicitud del permiso se tramitará de acuerdo a las siguientes reglas:

1. Recibida la solicitud, la autoridad ambiental competente, dentro de los diez (10) días hábiles siguientes, dictará un auto de iniciación de trámite que se notificará y publicará en los términos del artículo 70 de la Ley 99 de 1993. En caso de que la solicitud no reúna los requisitos exigidos, en el mismo auto de iniciación de trámite, se indicarán al interesado las correcciones o adiciones necesarias, para que las subsane o satisfaga en el término de diez (10) días hábiles, vencidos los cuales, si no se hubiere dado cumplimiento a lo establecido por la autoridad ambiental, se rechazará.

2. Si la autoridad ante la cual se surte el trámite considera necesaria una visita técnica de inspección al lugar respectivo, la ordenará para que se practique dentro de los quince (15) días hábiles siguientes y así lo indicará en el auto de iniciación de trámite o una vez allegada la información solicitada, en el cual se precisará la fecha, hora y lugar en que habrá de realizarse.

3. Ejecutoriado el auto de iniciación de trámite o allegada por el peticionario la información adicional requerida por la autoridad ambiental, ésta dispondrá de cinco (5) días hábiles adicionales para solicitar a otras autoridades o entidades rendir dentro de los quince (15) días siguientes a la fecha de la comunicación que así lo solicite, los conceptos técnicos o informaciones que sean necesarios para la concesión del permiso. Del término aquí previsto se prescindirá en caso de que no sean necesarios dichos conceptos o informaciones.

4. Presentada a satisfacción toda la documentación por el interesado, o recibida la información adicional solicitada, o vencido el término para ser contestado el requerimiento de conceptos e informaciones adicionales a otras autoridades o entidades, la autoridad ambiental competente decidirá si otorga o niega el permiso, en un término no mayor de sesenta (60) días hábiles.

5. <Numeral modificado por el Decreto 2107 de 1995, artículo 5. El nuevo texto es el siguiente:> La Resolución por la cual se otorga o se niega el permiso deberá ser motivada y contra ella proceden los recursos de ley.

6. Para los efectos de publicidad de las decisiones que pongan fin a la actuación, se observará lo dispuesto en el artículo 71 de la Ley 99 de 1993.

PARAGRAFO PRIMERO. Cuando se solicite un permiso de emisión como parte de una licencia ambiental única, se seguirán los términos y procedimientos para el trámite y expedición de ésta.

PARAGRAFO SEGUNDO. La información presentada por el solicitante deberá ser veraz y fidedigna y es su deber afirmar que así lo hace, bajo la gravedad del juramento que se entenderá prestado por la sola presentación de la solicitud.

ARTICULO 77. Derechos de trámite y otorgamiento de los permisos. Los derechos tarifarios por el trámite y otorgamiento del permiso serán fijados por la autoridad ambiental competente, de acuerdo con la escala tarifaria establecida por el Ministerio del Medio Ambiente.

Anexo H. Módulos a tratar durante el programa de fortalecimiento de la cultura ambiental al área asociada a Campo Escuela Colorado

Tabla 20. Módulos a tratar durante el programa de fortalecimiento de la cultura ambiental al área asociada a Campo Escuela Colorado

MÓDULO	No. CHARLA	TEMAS	FECHA
CONTAMINACIÓN Y EFECTOS DE ELLA	1	Contaminación Ambiental en todos los ámbitos. Protocolo reporte de incidentes y regulación aplicable.	5 de Marzo de 2012
	2	Interacción Medio Ambiente – Industria. Efectos ambientales generados por la industria del petróleo.	14 de Marzo de 2012
	3	Conociendo las especies nativas (Serpientes y medidas de precaución)	26 de Marzo de 2012
CONOCIENDO EL ENTORNO LEGAL E INSTITUCIONAL	4	Licencias Ambientales para proyectos petroleros: Exigibilidad, DAA y EIA.	26 de Abril de 2012
	5	Entorno legal ambiental. Aspectos relevantes de la política ambiental del CEC.	5 de Junio de 2012
FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DE TODOS	6	Aporte del personal de trabajo y la comunidad en la gestión ambiental del CEC.	5 de Junio de 2012
OPTIMIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS	7	Divulgación del programa de tratamiento y disposición final de las aguas residuales domésticas por parte del CEC. Divulgación del programa de manejo de aguas residuales. Manejo de sustancias químicas y peligrosas.	12 de Junio de 2012
MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN CEC.	8	Divulgación del manejo interno de los residuos sólidos. Divulgación del manejo externo de los residuos sólido.	22 de Junio de 2012
PLANES DE CONTIGENCIA Y PUNTOS DE CONTROL.	9	Decreto 321 de 1999: Plan Nacional de Contingencias contra derrame de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas en aguas marinas, fluviales y lacustres.	10 de Julio de 2012
	10	Divulgación del Plan de contingencia, alcances, puntos de control y respuestas inmediatas.	10 de Julio de 2012

Fuente: AUTORAS TRABAJO DE GRADO: Badillo S., Romero H.: Fortalecimiento de la cultura ambiental al área asociada a Campo Escuela Colorado

Tabla 21. Módulos a tratar durante el programa de fortalecimiento de la cultura ambiental al área asociada a Campo Escuela Colorado para funcionarios en Bucaramanga.

MODULO	No. CHARLA	TEMAS	FECHA
CONTAMINACIÓN Y EFECTOS DE ELLA	1	Contaminación Ambiental en todos los ámbitos.	15 de Junio de 2012
	2	Interacción Medio Ambiente – Industria. Efectos ambientales generados por la industria del petróleo.	17 de Julio de 2012
CONOCIENDO EL ENTORNO LEGAL E INSTITUCIONAL	3	Licencias Ambientales para proyectos petroleros: Exigibilidad, DAA y EIA.	15 de Junio 2012
	4	Entorno legal ambiental. Aspectos relevantes de la política ambiental del CEC.	15 de Junio de 2012
MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN CEC.	5	Divulgación del manejo interno de los residuos sólidos. Divulgación del manejo externo de los residuos sólido.	17 de Julio de 2012
	6	Manejo seguro de productos químicos y/o sustancias peligrosas.	31 de Julio de 2012
PLANES DE CONTIGENCIA Y PUNTOS DE CONTROL.	7	Decreto 321 de 1999: Plan Nacional de Contingencias contra derrame de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas en aguas marinas, fluviales y lacustres.	24 de Julio de 2012
	8	Divulgación del Plan de contingencia, alcances, puntos de control y respuestas inmediatas.	24 de Julio de 2012

Fuente: AUTORAS TRABAJO DE GRADO: Badillo S., Romero H.: Fortalecimiento de la cultura ambiental al área asociada a Campo Escuela Colorado

Tabla 22. Módulos a tratar durante el programa de fortalecimiento de la cultura ambiental respecto a emisiones gaseosas en el área asociada a Campo Escuela Colorado para funcionarios en Bucaramanga.

MÓDULO	No. CHARLA	TEMAS	FECHA
CONTAMINACIÓN Y SUS EFECTOS	1	Emisión de gases en la atmósfera	29 de Enero de 2014
	2	Fuentes de Emisión de Gases	
CONOCIENDO EL MARCO LEGAL	3	Entorno legal ambiental que regula la emisión de gases a la atmósfera	
TECNOLOGÍAS PARA LA REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES GASEOSOS	4	Equipos para el tratamiento de emisiones gaseosas	
PLAN DE CONTINGENCIA	5	Decreto número 321 de febrero 17 de 1999. Plan Nacional de Contingencia contra derrames de Hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas	

Fuente: Autores

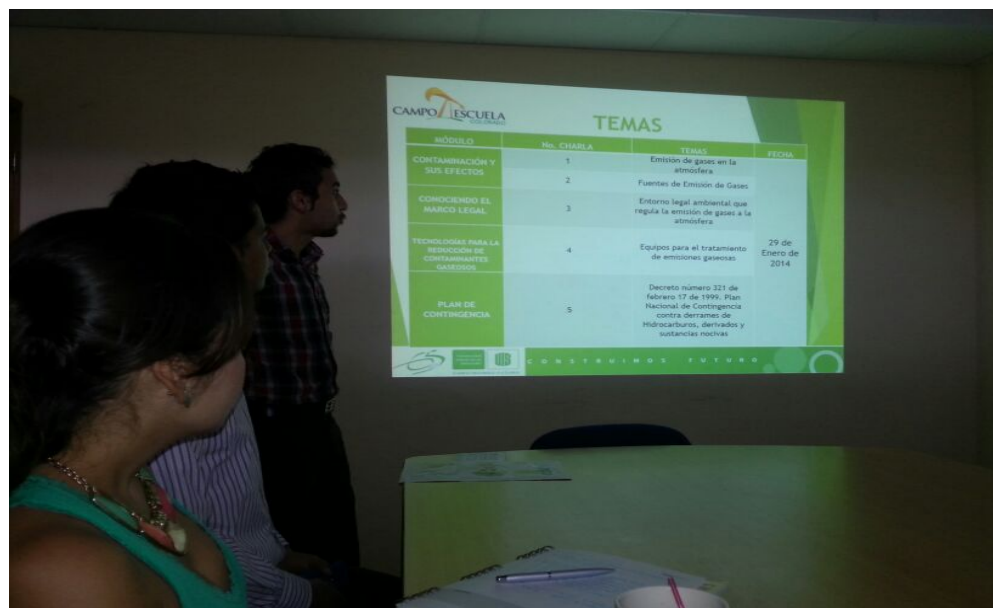
EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

Figura 9. Evidencia Fotográfica 1



Fuente: Autores

Figura 10. Evidencia Fotográfica 2



Fuente: Autores

Figura 11. Evidencia Fotográfica 3



Fuente: Autores

Figura 12. Evidencia Fotográfica 4



Fuente: Autores

Figura 13. Evidencia Fotográfica 5



Fuente: Autores

Figura 14. Evidencia Fotográfica 6



Fuente: Autores

Anexo I. Tipos de Contaminantes Atmosféricos Convencionales

PARTÍCULAS

Las partículas presentes en la atmósfera como contaminantes, se pueden clasificar en:

- **Partículas suspendidas totales o PST:** Son las partículas que se mantienen flotando. Este término se corresponde con una amplia fuente de sustancias sólidas o líquidas, orgánicas o inorgánicas, dispersas en el aire, procedentes de fuentes naturales y antropogénicas. La definición de partículas se suele establecer en términos de la velocidad de depósito de las mismas.

Estas partículas se pueden filtrar por tamaños, dando lugar a las dos siguientes clasificaciones:

- **PM10 o partículas de fracción respirable:** Son partículas cuyo diámetro es menor o igual a 10μ . Están compuestas de aerosoles, polvos, metales, productos de combustión, o bien microorganismos como protozoos, bacterias, virus, hongos y polen.
- **PM2, 5:** Partículas de diámetro menor o igual a $2,5\mu$. Un 40% de ellas son retenidas en los bronquios y en los alvéolos. Esta fracción no es emitida directamente a la atmósfera, sino que se forma en ésta como producto de reacciones fotoquímicas y procesos físicos. Está compuesta de partículas finas y ultrafinas, provenientes del diesel o carbón y de metales, como Pb, Zn o Cu.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario atacar estos problemas directamente para disminuir la contaminación causada por las partículas suspendidas.

La revisión de las guías de calidad del aire de la OMS, así como la normativa europea, establecen límites referidos a PM10 y PM2,5, con especial importancia para estos últimos, por estar asociados con compuestos más tóxicos. Así, la normativa europea establece unos niveles anuales límites de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el año 2005 y de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el 2010.

ÓXIDOS DE AZUFRE

La principal fuente de emisión de óxidos de azufre, es la de los combustibles fósiles que contienen azufre, en especial el carbón. El principal compuesto de azufre que se lanza a la atmósfera es el dióxido de azufre, el cual es un gas incoloro, que puede permanecer en la atmósfera entre 2 y 4 días, y durante ese tiempo, puede ser transportado a miles de kilómetros y transformarse en ácido sulfúrico, que precipita en alguna otra región lejos de su origen, en forma de lluvia ácida⁷. Tanto el dióxido de azufre, como el ácido sulfúrico y los sulfatos, son irritantes de las mucosas del tracto respiratorio, pudiendo ocasionar enfermedades crónicas del sistema respiratorio, como bronquitis y enfisema pulmonar.

Las guías de la OMS de calidad del aire para Europa recomiendan no superar concentraciones medias diarias de 125 mg/m^3 de SO_2 , con máximos de 10 minutos de 500 mg/m^3 y valores medios anuales de 50 mg/m^3 .

MONÓXIDO DE CARBONO

Es un gas, difícil de detectar, ya que es inodoro e incoloro, que a bajas concentraciones, no produce efectos tóxicos, pero a elevadas sí que puede afectar

⁷ Es un ejemplo que engloba los dos tipos de contaminación. El SO_2 , es el contaminante primario, pues es emitido directamente desde una fuente, y se transforma por reacciones químicas en el contaminante secundario, H_2SO_4 , que origina una contaminación secundaria, la lluvia ácida.

seriamente el metabolismo respiratorio debido a la alta afinidad de la hemoglobina por éste compuesto, de tal manera que las emisiones de CO en un área cerrada pueden causar la muerte por insuficiencia cardiaca.

Para el monóxido de carbono, los valores máximos recomendados por la OMS son: concentraciones medias en 8 horas de 10 mg/m^3 y valores máximos horarios de 30 mg/m^3 .

ÓXIDOS DE NITRÓGENO

Los óxidos de nitrógeno conocidos son: N_2O , NO, NO_2 , N_2O_3 , N_2O_4 , N_2O_5 (Son respectivamente: el óxido nitroso o monóxido de dinitrógeno N_2O , los monóxido NO y dióxido NO_2 de nitrógeno y los trióxido N_2O_3 , tetraóxido N_2O_4 , y pentóxido N_2O_5 de dinitrógeno.) y también podemos considerar el radical NO_3 , que se forma en reacciones atmosféricas muy relacionadas con procesos de contaminación.

El dióxido de nitrógeno, NO_2 , es uno de los principales gases contaminantes atmosféricos ya que puede formar ácido nítrico y ácido nitroso, componentes de la lluvia ácida, por reacción con agua. Además, irrita los alvéolos pulmonares y puede llegar a ser mortal en altas concentraciones.

Las guías de la OMS de calidad de aire para Europa recomiendan no superar valores horarios de concentraciones de óxidos de nitrógeno de 200 mg/m^3 y medias diarias entre 40 y 50 mg/m^3 .

HIDROCARBUROS

Es un contaminante importante, ya que muchos componentes de la gasolina y otros derivados del petróleo son hidrocarburos. Estos, mediante procesos

fotoquímicos en la atmósfera, reaccionan con los óxidos de nitrógeno para formar nitrato de peroxiacetilo (PAN) y ozono, entre otros compuestos.

Algunos tipos de hidrocarburos son tóxicos, otros no y muchos de ellos no representan un problema para la salud, pero debido a que contribuyen a la formación de ozono, y por tanto son precursores de las nieblas fotoquímicas, se consideran como contaminantes a tener en cuenta en cualquier control de emisiones.

OZONO

El ozono que se emite o genera a nivel troposférico (También hay que tener en cuenta el ozono que llega a la troposfera desde la estratosfera por la tropopausa), también es un gas contaminante y de efectos nocivos para el hombre, animales y plantas, tanto que se considera como un grave problema de salud en numerosas poblaciones, y su control cada vez es más exigente.

Las recomendaciones de las guías de la OMS de calidad de aire sitúan los valores promedios de ozono para 8 horas en 120 mg/m^3 .

PLOMO

El plomo es uno de los denominados contaminantes generales, ya que está presente en la atmósfera, aguas y alimentos, siendo sus fuentes más importantes las naturales, de tal manera que su presencia en las cadenas tróficas es muy elevada, con una distribución muy homogénea y por tanto resultando difícil que de alguna manera no entremos en contacto habitual con él.

Por otra parte, sus fuentes antropogénicas más importantes, que producen su emisión son: durante su extracción, fundición y refinación; en el procesamiento de

minerales no ferrosos y en la combustión de combustibles fósiles, incluyendo su empleo como aditivos antidetonantes para gasolina (En forma de trietil y trimetil plomo).

Anexo J. Normatividad Nacional Vigente

➤ Ley 99 de 1993

Ley por la cual se crea el ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial (MAVDT).

➤ Decreto 02 de 1982

El Decreto 02 de 1982 reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas. Este Decreto reglamenta la altura de descarga de fuentes fijas y las normas de emisión para calderas a base de carbón, fábricas de cemento en tres de sus procesos principales, industrias metalúrgicas con hornos de inducción o arco eléctrico, plantas productoras de asfalto y mezclas asfálticas y otras industrias en general. De igual manera, establece límites de emisión de dióxido de azufre y neblina ácida para plantas productoras de ácido sulfúrico y de óxidos de nitrógeno para plantas de ácido nítrico.

➤ Decreto 948 de 1995

El Decreto 948 de 1995 contiene el reglamento de protección y control de la calidad del aire. Reglamenta parcialmente la Ley 23 de 1973, el Decreto-ley 2811 de 1974; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. Este Decreto contiene disposiciones generales sobre límites máximos permisibles para emisiones por fuentes fijas, permisos de emisión para fuentes fijas, medidas para la atención de episodios de contaminación y plan de contingencia para emisiones atmosféricas, vigilancia y control del cumplimiento de las normas para fuentes fijas, medios y medidas de policía y régimen de sanciones.

➤ **Decreto 979 de 2006**

El Decreto 979 de 2006 modifica los artículos 7,10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995, relacionados con niveles de prevención, alerta y emergencia por contaminación del aire, medidas para la atención de episodios, Planes de Contingencia por contaminación atmosférica y clasificación de "Áreas - fuente" de contaminación.

➤ **Resolución 619 de 1997**

La Resolución 619 de 1997 establece los factores a partir de los cuales se requieren permisos previos de emisiones atmosféricas para industrias, obras, actividades y servicios.

➤ **Resolución 909 de 2008**

La Resolución 909 de 2008 establece las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas.

➤ **Resolución 650 de 2010**

La resolución 650 de 2010 establece que se debe adoptar el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

➤ **Resolución 2154 de 2010**

La resolución 2154 de 2010 establece el ajuste del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 de 2010.

➤ **Resolución XXX de 2006**

Esta Resolución establece estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para fuentes fijas por actividades industriales, equipos de combustión externa con calentamiento directo e indirecto, instalaciones de combustión con capacidad instalada superior a 50 MW, y emisiones molestas en establecimientos comerciales y de servicios. De igual manera, establece las condiciones para determinar el ducto de descarga y la localización del sitio de muestreo. Finalmente, establece criterios para garantizar el adecuado funcionamiento de los sistemas de control instalados para disminuir las emisiones.