

**DISEÑO Y APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA LA VALORACIÓN
DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS SECTORES PRODUCTIVOS
EN EL ÁREA DE JURISDICCIÓN DE LA CDMB**

YERSON JAVIER DULCEY SANDOVAL

GERMAN GIOVANNY CHAPARRO MONTEZUMA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
BUCARAMANGA**

2008

**DISEÑO Y APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA LA VALORACIÓN
DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS SECTORES PRODUCTIVOS
EN EL ÁREA DE JURISDICCIÓN DE LA CDMB**

YERSON JAVIER DULCEY SANDOVAL

GERMAN GIOVANNY CHAPARRO MONTEZUMA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar
Al título de Ingeniero Químico**

**Director del proyecto
Doctor. LEONARDO ACEVEDO DUARTE**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
BUCARAMANGA**

2008

*A Dios por su infinito Amor y por todas
Las bendiciones recibidas.*

*A mi padre por estar siempre a mi lado, dándome siempre una voz de aliento y
brindarme su apoyo para culminar esta importante etapa de mi vida.*

*A mi madre por todo el amor que me da, por sus buenos consejos y por su
Apoyo en la realización de todas mis metas.*

*A mis hermanos, por estar en todo momento conmigo,
Por su apoyo incondicional,
Y sus innumerables enseñanzas día tras día.*

*A todos mis amigos por compartir conmigo y
Hacer mas grata la realización de cada uno de mis logros.*

YERSON JAVIER DULCEYSANDOVAL

A Dios por darme la sabiduría, rodearme de su amor y por que sin El nada podemos
hacer.

A mi madre por estar siempre pendiente de mí, demostrarme todo el amor que me
profesa y brindarme de su cariño, apoyo y compañía.

A mi padre por ayudarme a culminar esta meta tan importante y brindarme su apoyo a
lo largo de toda mi vida.

A mis hermanos, Javier y Alex, por su apoyo incondicional y por que sin ellos hubiera
sido muy difícil culminar esta importante meta.

A Ivonne, por estar a mi lado brindándome cariño y compañía y por estar conmigo en
los momentos más difíciles de este camino.

A todos mis amigos que me brindaron su amistad, apoyo, compañía y ayuda a lo largo
de esta etapa.

Germán Giovanni Chaparro Montezuma

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darnos la sabiduría, paciencia y perseverancia para terminar esta etapa tan importante en nuestras vidas y por que nunca nos desamparó

A nuestras familias por su compañía y apoyo incondicional

Al Ph.D Leonardo Acevedo Duarte por su confianza, y dedicación durante la realización del proyecto

Al Ingeniero Juan Carlos Castro Ortiz por depositar su confianza en nosotros y brindarnos la oportunidad de participar en este proyecto

A l personal de la CDMB especialmente al grupo de seguimiento y monitoreo ambiental que nos colaboraron; por brindarnos su apoyo, conocimiento y compañía

A nuestros amigos, por su paciencia y su apoyo, y a todas aquellas personas que en algún momento fueron importantes en la realización de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. PRESENTACIÓN APLICACIÓN Y ANÁLISIS CRÍTICO DE LA METODOLOGÍA ACTUAL DE LA CDMB	3
1.1. RESUMEN DE PRESENTACIÓN	3
1.2. APLICACIÓN DE LA ACTUAL METODOLOGÍA Y ANÁLISIS CRÍTICO CON BASE EN LA APLICACIÓN	3
1.2.1. Empresas evaluadas	4
1.2.2. Diseño de la herramienta de aplicación	4
1.2.3. Valoración de empresas	4
1.2.4. Análisis de resultados	4
1.3. ANÁLISIS CRÍTICO DE LA METODOLOGÍA CON BASE EN LA APLICACIÓN	6
1.3.1. Fallas formales	6
1.3.2. Tolera Información Incorrecta, No Verificada	7
1.3.3. Falla en la interpretación de datos	7
1.3.4. Subjetividad de Valoraciones	8
2. DISEÑO Y APLICACIÓN DE LA NUEVA METODOLOGÍA	9
2.1. CRITERIOS PARA LA PROPUESTA	9
2.1.1. Que Produzca Resultados Objetivos	9
2.1.2. Que Promueva Una Cultura de Gestión Ambiental Adecuada	9
2.1.3. Que Aplicarla Tenga Costos Razonables	9
2.1.4. Que Aplicarla No Exija Sofisticaciones Difíciles De Lograr	10
2.1.5. Que Se Puedan Lograr Metas Acumulativas	10
2.1.6. Que Haya Un Equilibrio Entre La Generalidad Y La Especificidad De Los Casos	10

2.2. ASPECTOS MEJORADOS DE LA METODOLOGÍA	11
2.3. METODOLOGÍA DISEÑADA	14
2.3.1. Valoración Del Impacto Ambiental Emisiones Atmosféricas	14
2.3.1.1. Tipo De Proceso	15
2.3.1.1.1. Proceso Combustión	15
2.3.1.1.2. Procesamiento Térmico De La Materia Prima	17
2.3.1.1.3. Proceso De Manejo De Materiales	18
2.3.1.2. Evaluación de la calidad del Aire	19
2.3.1.3. Ruido	20
2.3.1.4. Localización	20
2.3.1.5. Quejas De La Comunidad	21
2.3.1.6. Requiere Permiso De Emisión	21
2.3.2. Valoración Del Impacto Ambiental De Vertimientos	22
2.3.2.1. Sustancia Contaminante	22
2.3.2.1.1. Vertimientos con contenido de carga orgánica	22
2.3.2.1.2. Vertimientos con contenido de sustancias de Interés Sanitario	24
2.3.2.2. Disposición final	25
2.3.2.3. Localización	25
2.3.2.4. Sistemas de tratamiento	26
2.3.2.5. Periodo de descarga	26
2.3.3. Valoración Del Impacto Ambiental Residuos Sólidos	27
2.3.3.1. Tipo De Residuo	27
2.3.3.2. Disposición Final	28
2.3.3.3. Cantidad de Residuos Generados	29
2.3.3.4. Almacenamiento Temporal	29
2.3.3.5. Separación en la fuente	30
2.4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DISEÑADA	30
2.4.1 Valoración Del Impacto Ambiental Emisiones Atmosféricas	30
2.4.2 Valoración Del Impacto Ambiental En Vertimientos	31
2.4.3 Valoración Del Impacto Ambiental En Residuos Sólidos	31

3. CONCLUSIONES

4. RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Escala de medición de la metodología diseñada	14
Tabla 2. Tipo de combustibles	16
Tabla 3. Tipo de Emisión en Proceso de combustión	17
Tabla 4. Estado del Sistema de control de Emisiones	17
Tabla 5. Tipo de Emisión en Procesamiento térmico de materia prima	18
Tabla 6. Tipo de Materiales e Insumos	19
Tabla 7. Tipo de Emisión en Proceso de Manejo de Materiales	19
Tabla 8. Evaluación de la Calidad del Aire	20
Tabla 9. Tabla de Ruido	20
Tabla 10. Tabla de Localización según el POT	21
Tabla 11. Quejas de la Comunidad	21
Tabla 12. Permiso de Emisión	22
Tabla 13. Valoración Sustancia Contaminante	23
Tabla 14. Cargas Orgánicas Permitidas	23

Tabla 15. Calcificación de los metales según su nivel de toxicidad	24
Tabla 16. Valores de pH y Temperatura	24
Tabla 17. Disposición final del Vertimiento	25
Tabla 18. Sistemas de tratamiento de vertimientos	26
Tabla 19. Valores de (r) para el caudal vertido	26
Tabla 20. Periodo de Descarga	27
Tabla 21. Tipo de Residuo	27
Tabla 22. Disposición final de los Residuos sólidos	28
Tabla 23. Cantidad de Residuos Generados	29
Tabla 24. Almacenamiento Temporal	29
Tabla 25. Separación en la Fuente	30
Tabla 26. Resultados Aplicación de la nueva metodología	31
Tabla A.1. Escala de Colores	38
Tabla A.2. Valores de referencia de calidad del aire exterior	45
Tabla A.3. Nivel de presión sonora en db(a)	48

Tabla A.4. Concentraciones en el Gas	56
Tabla A.5. Agua recolectada en los Impactadores	57
Tabla A.6. Material Particulado Recolectado	57
Tabla A.7. Análisis ORSAT	59
Tabla A.8. Tipos de combustibles y sus emisiones	62
Tabla A.9. Emisiones del Gas Natural – FICAS Ltda.	63

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Lista de empresas seleccionadas por la CDMB	36
ANEXO B. Resultados obtenidos con la metodología Actual de la CDMB	38
ANEXO C. Ejemplo de la aplicación de la metodología actual	41
ANEXO D. Normas de Calidad del aire	45
ANEXO E. Inventario De Emisiones	46
ANEXO F. Resolución 8321 Del 4 De Agosto De 1983	48
ANEXO G. Clasificación para los usos del suelo	50
ANEXO H. Listado De Actividades Que Requieren Permiso De Emisión	52
ANEXO I. Evaluación de la calidad del aire	56

RESUMEN

TITULO: DISEÑO Y APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA LA VALORACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS SECTORES PRODUCTIVOS EN EL ÁREA DE JURISDICCIÓN DE LA CDMB.*

AUTORES: GERMAN GIOVANNY CHAPARRO MONTEZUMA
YERSON JAVIER DULCEY SANDOVAL**

PALABRAS CLAVES: Impacto Ambiental – Frentes De Contaminación – Metodología – Emisiones Atmosféricas – Vertimientos Líquidos – Residuos Sólidos – Normas Ambientales.

DESCRIPCIÓN.

El objetivo de este trabajo es diseñar una herramienta que resuelva los vacíos y falencias encontradas en la actual metodología de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) y que permita establecer, con alto grado de confiabilidad, el impacto ambiental generado por las emisiones atmosféricas, los vertimientos líquidos y los residuos sólidos de los sectores industriales. El fin de esta herramienta es poder brindar un concepto sobre el impacto ambiental de las industrias que pueda servir de insumo de información para implantar los planes de ordenamiento territorial en municipios como Bucaramanga y Piedecuesta.

Con base en la aplicación de la metodología propuesta se observa que esta es una herramienta útil para evaluar el impacto ambiental ya que al aplicarla esta no exige sofisticaciones difíciles de lograr, en términos de equipos de medición, además adopta una evaluación más detallada de las sustancias contaminantes que tienen los diferentes tipos de empresa midiendo las cantidades y evalúa las empresas con las normas establecidas por la ley, ya sea en el frente de emisiones atmosféricas, vertimientos o residuos sólidos y permite establecer con alto grado de confiabilidad, el impacto ambiental de una actividad productiva.

La nueva herramienta fue diseñada utilizando criterios que buscan, entre otros fines, que los costos de su aplicación sean mínimos, que se requiera un alto nivel de análisis de sus aplicadores (personal capacitado o especializado), que se eliminen subjetividades y suposiciones, además de que promueva una cultura de gestión ambiental que estimule criterios de toma de decisiones relacionados con el tema ambiental.

* Proyecto de grado

** Facultad De Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química.
Director: Ph. D Leonardo Acevedo Duarte

ABSTRACT

TITTLE: DESING AND APPLICATION OF A METODOLOGY FOR THE VALUATION OF THE ENVIROMENTAL IMPACT OF THE PRODUCTIVE SECTORS IN THE AREA OF JURISDICTION OF THE CDMB.*

AUTHORS: GERMAN GIOVANNY CHAPARRO MONTEZUMA
YERSON JAVIER DULCEY SANDOVAL**

KEY WORDS: Environmental Impact – Contamination fronts – Methodology – Atmospheric emissions – Liquids spills – Solids residuals – Environmental laws.

DESCRIPTION

The work's objective is design a tool that solves the holes and doubt found in the current methodology of the Bucaramanga's Regional Autonomous Corporation for the Defense of the Plateau (CDMB) and allow establish with high grade of dependability, the environmental impact generated by the atmospheric emissions, the liquid spills and the solid residuals of the industrial sectors. The objective of this tool is give a concept on the environmental impact of the industries that it can serve as input of information to implant the plans of territorial classification in municipalities like Bucaramanga and Piedecuesta.

With base in the application of the proposed methodology is observed that this is an useful tool to evaluate the environmental impact since when applying it, this it doesn't demand sophistications difficult to achieve, in terms of mensuration equipment, it also adopts a detailed evaluation of the polluting substances that have the different types of companies measuring the quantities and it evaluates the companies with the norms settled down by the law, either in the front of atmospheric emissions, stills or solid residuals and it allows to settle down with high grade of dependability, the environmental impact of a productive activity.

The new tool was designed using approaches that look for, among other ends that the costs of its application are minimum, that a high level of analysis of its applicators is required (qualified personnel or specialized), that subjectivities and suppositions are eliminated, besides that promotes a culture of environmental administration that stimulates approaches to take decisions related with the environmental topic.

* Project of Grade

** Engineering Physical-Chemical Faculty, Department Of Chemical Engineering.
Director: Ph. D Leonardo Acevedo Duarte.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) mediante su grupo de monitoreo ambiental junto con El Nodo de Producción Más Limpia maneja una serie de propuestas metodológicas con el fin de obtener una valoración real, confiable y segura del impacto ambiental generado por el sector productivo ubicado en el área de jurisdicción de la CDMB. Estas propuestas se han venido probando y evaluando hasta obtener resultados que, aunque han mejorado, no dejan satisfechas a las autoridades ambientales y se llega a la conclusión de que las propuestas metodológicas presentan vacíos y falencias que deben ser encontrados y corregidos.

Por otro lado los municipios de Bucaramanga y Piedecuesta que tienen entre sus proyectos a corto y mediano plazo modificar e implantar los respectivos Planes de Ordenamiento Territorial (POTs) y, por tanto, reubicar algunas de las empresas industriales que actualmente laboran en su territorio, solicitan a las autoridades ambientales un dictamen sobre el impacto ambiental generado por dichas empresas; para dar una respuesta, la CDMB necesita una herramienta metodológica que genere un resultado rápido, confiable y seguro.

El actual proyecto de grado tiene como objetivo crear una nueva metodología que introduzca mejoras a la actual, con el fin de corregir los vacíos y las falencias que se presentan y obtener resultados que den un mayor grado de confiabilidad y que permitan a la autoridad ambiental dar una valoración mas ajustada a la realidad.

El proyecto se llevó a cabo en dos fases.

En la primera fase se aplicó la actual metodología, con base en un listado de empresas y en los datos necesarios para aplicarla, suministrados por la CDMB y a partir de ahí, para completar los datos no registrados para algunas empresas, se realizaron las visitas correspondientes y se obtuvieron los datos en campo.

En la segunda fase se analizaron los resultados obtenidos en la primera fase para encontrar los vacíos de la metodología y se procedió a corregirla y a implementarle las mejoras necesarias para reparar las falencias descubiertas.

Como tercera y última fase se hace una evaluación a priori de los resultados de aplicar la metodología propuesta y con una empresa se ensaya dicha aplicación.

En concordancia con la metodología descrita, el presente documento consigna lo realizado y se estructura de la siguiente forma.

Como se puede ver, en esta introducción se justifica el trabajo, se exponen los objetivos del mismo y se mencionan sus fases. En el capítulo uno se describe la metodología actual indicando los frentes de contaminación y las variables que se utilizan para medir el impacto ambiental en cada frente, además se presenta la aplicación de la actual metodología en términos de los resultados obtenidos y un análisis crítico de los vacíos y falencias que se encontraron y que se pretende corregir con la herramienta que se propone.

En el capítulo dos, se expone la nueva metodología con las modificaciones implantadas y se hace un análisis de las modificaciones planteadas y se muestra un ejemplo de aplicación.

Finalmente, en el capítulo tres y cuatro, se exponen las conclusiones y se formulan algunas recomendaciones a las que se ha llegado con este trabajo.

1. PRESENTACIÓN APLICACIÓN Y ANÁLISIS CRÍTICO DE LA METODOLOGÍA ACTUAL DE LA CDMB

En este capítulo se presenta un resumen de la metodología actual de la CDMB y se hace énfasis en la aplicación y el Análisis crítico.

1.1 RESUMEN DE PRESENTACIÓN

La metodología que tiene actualmente la CDMB consiste en una encuesta que se le hace a la empresa la cual solicita una serie de datos para evaluar el impacto ambiental, considera tres frentes de contaminación para evaluar el nivel de impacto generado al medio ambiente por las industrias: emisiones atmosféricas, vertimientos líquidos y residuos sólidos.

En cada uno de estos frentes se cuantifica el impacto ambiental mediante una serie de variables que los afectan. Cada variable que corresponde a un tipo de impacto, tiene asignado un puntaje, dispuesto por las autoridades ambientales y con diferente valor numérico en cada opción. Al final de la valoración se suman los puntajes de cada tipo de impacto para obtener un resultado numérico para cada frente. Cada frente de contaminación previsto en la metodología puede tener resultados cuya escala o intervalo va de 0 a 1000 puntos, y en su metodología, la CDMB convierte los resultados cuantitativos en impacto alto, medio o bajo. Como la metodología da como resultados tres calificaciones de impacto, una por cada frente, se toma el mayor de los tres frentes y este se considera como el nivel de impacto global de la empresa evaluada.

1.2. APLICACIÓN DE LA ACTUAL METODOLOGÍA

Luego de revisar la metodología actual de la CDMB y de conocer todas las variables que se utilizan en los diferentes frentes de contaminación se procede a

realizar la etapa de aplicar la actual metodología la cual es indispensable para la identificación de las falencias y vacíos que esta presenta.

1.2.1. Empresas Evaluadas

La selección de las empresas evaluadas es asumida, de manera aleatoria, por los funcionarios de la CDMB basados en su experiencia laboral, en sus conocimientos sobre las mismas y con el objetivo de evaluar empresas de diferentes sectores industriales de la ciudad. El listado de las empresas escogidas se muestra en Anexo A.

1.2.2. Diseño De La Herramienta De Aplicación

Seguidamente se diseña una herramienta en Excel para la aplicación de la metodología actual de la CDMB de forma más rápida y sencilla. Se tienen en cuenta todas las consideraciones de la metodología actual, el orden y distribución de puntos en las variables, en el anexo C se muestra la herramienta diseñada aplicada a una empresa seleccionada (Industrias PARTMO S.A).

1.2.3. Valoración De Empresas

En la etapa de recolección de datos se utiliza lo ya disponible en la CDMB de manera que para unas empresas se logra aplicar el formato, para otras la visita se hizo para parte de la información y para otras para toda la información.

Los resultados finales se muestran en Anexo B, donde se indican los frentes de contaminación que tiene la empresa y el que mayor genera impacto ambiental, el puntaje obtenido y el impacto o calificación de la metodología.

1.2.4. Análisis De Resultados

De acuerdo con los resultados del anexo B, se puede destacar que la actual metodología señala a las emisiones atmosféricas y residuos sólidos como los principales frentes de contaminación ya que de las 61 empresas evaluadas, 61

empresas generan residuos sólidos, 50 empresas generan emisiones atmosféricas y 26 empresas producen vertimientos líquidos.

De las empresas analizadas que generan emisiones atmosféricas, 39 tienen en éste frente su mayor impacto de contaminación ambiental, representado en 13 empresas con un impacto alto, 21 empresas con un impacto medio y 5 empresas con un impacto bajo. Lo anterior demuestra que el frente de emisiones atmosféricas es el frente que mayor efecto tiene en el impacto ambiental de las empresas y por lo tanto debe tener mayor control por parte de las autoridades ambientales y ser cada vez más riguroso.

En el frente de vertimientos líquidos, 18 empresas tienen en este frente el de mayor valor y por lo tanto el de mayor impacto ambiental, con un valor de medio impacto en todas las empresas analizadas.

En el frente de residuos sólidos se puede observar que todas las empresas evaluadas generan este tipo de contaminante, sin embargo, si se compara con los demás frentes de contaminación, el frente de residuos sólidos no genera un gran impacto al ambiente ya que solo 4 empresas tienen en este frente el de mayor impacto, debido a que los demás frentes no existen, y todos con un valor de bajo impacto. Esto indica dos opciones: Que todas las empresas no generan un impacto considerable por este frente o que la metodología esta mal planteada, pues no mide las variables características a este frente y las variables existentes no tienen el valor de acuerdo al impacto que los residuos sólidos generen.

1.3. ANÁLISIS CRÍTICO DE LA METODOLOGÍA CON BASE EN LA APLICACIÓN

La metodología con que cuenta la CDMB presenta deficiencias y vacíos que se pueden clasificar en los siguientes tipos:

- Fallas formales
- Errores en mediciones debido a información incorrecta dada por las industrias
- Falla en la interpretación de datos
- Subjetividad de Valoraciones

1.3.1. Fallas formales

Las escalas propuestas no coinciden con los resultados posibles, por ejemplo:

1.3.1.1. Los tres frentes de contaminación que se miden en la metodología tienen un rango de evaluación que va desde 0 a 1000, el cual está dividido en tres sectores donde se pueden ubicar las empresas dependiendo de su impacto al ambiente Bajo, Medio y Alto.

Como primera medida se revisaron los límites de cada escala esperando que el menor fuera de cero y el mayor fuera de mil, como resultado a éste análisis se obtuvo que en el frente de emisiones el menor valor que se puede obtener es de 180 y el mayor es de 1050, con los cuales se genera dos rangos (0-180) y (1000-1050) en donde el impacto de las empresas no puede ser ubicado, ya que un valor menor a 180 puntos nunca se va a poder alcanzar y los valores superiores a 1000 puntos van a estar ubicados por fuera de la escala de valoración. En los frentes de vertimientos y de residuos sólidos sucede un caso similar al anterior, solo que en estos frentes los rangos mínimos son de (0-215) y de (0-100) respectivamente, en los cuales nunca se va poder ubicar el impacto de las empresas.

1.3.1.2. Se analizó el frente de vertimientos de la metodología actual, obteniéndose como resultado que éste sector caracteriza los efluentes líquidos de las industrias como si todas fueran del mismo tipo. Por ejemplo, en la variable “Sustancia Contaminante”, la cual determina el contenido y las condiciones de salida de los vertimientos, se encontró que esta variable solo tiene en cuenta el contenido orgánico de los vertimientos (Demanda bioquímica de oxígeno,

demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, grasas y aceites) y se dio el caso que al evaluar los vertimientos de talleres de joyerías y de curtiembres éstos no contenían carga orgánica si no sustancias de interés sanitario (elementos químicos y metales peligrosos para la salud) que solo se tiene en cuenta en una variable, “Sustancias de Interés Sanitario”, y con un puntaje que no le da la importancia necesaria que esta variable requiere. Existen otras industrias como las empresas de lubricantes y de fabricación de piezas para motores que vierten diferentes ácidos y bases los cuales no son bien caracterizados por la metodología.

1.3.1.3. En el frente de residuos sólidos se presentan falencias en la distribución de puntajes de las variables y se presentan resultados mucho menores que en los demás frentes de contaminación.

1.3.2. Tolera Información Incorrecta, No Verificada

No existe un seguimiento riguroso por parte de la CDMB a las empresas evaluadas, ya que algunas de estas se encargan de realizar sus mediciones en cuanto a los tres frentes de impacto generando datos incorrectos en su afán de conseguir las licencias ambientales, reduciendo los verdaderos niveles de contaminación.

1.3.3. Falla en la interpretación de datos

No se presenta diferenciación en cuanto a la cantidad de contaminantes.

1.3.3.1. En residuos sólidos no se tiene en cuenta la cantidad de residuos que se genera dándole un mismo trato a las empresas que producen una gran cantidad de residuos como a las pequeñas industrias que no lo hacen.

1.3.3.2. En la parte de emisiones atmosféricas la CDMB se limita a medir el tipo de combustible y la frecuencia de emisión, sin tener en cuenta los puntos de emisión

que tiene la empresa lo cual no diferencia entre empresas de gran tamaño con varias descargas a la atmósfera y empresas pequeñas que presentan un solo punto de emisión dándoles el mismo valor de impacto ambiental.

1.3.4. Subjetividad de Valoraciones

1.3.4.1. En emisiones atmosféricas se presenta la variable “Sistema de Control” y en vertimientos se presenta la variable “Sistemas de Tratamiento” las cuales califican el estado de los sistemas de control de emisiones y de tratamiento de vertimientos respectivamente. Estas variables se limitan a calificar lo anterior en tres opciones: Bueno, regular y malo, teniendo en cuenta solamente la opinión del funcionario de la autoridad ambiental la cual es una evaluación subjetiva y se puede ver influenciada por diferentes factores externos

1.3.4.2. En el área de emisiones para calcular la frecuencia de emisión se necesita conocer el periodo de descarga, la intensidad de descarga y el caudal descargado. Las dos primeras variables se pueden calcular y dar un resultado que esté dentro de un rango de valores, sin embargo el caudal descargado cuenta con tres opciones que dependen del factor subjetivo del examinador el cual es el encargado de emitir su concepto sobre esta variable y ubicarla dentro de las opciones disponibles de la metodología.

2. DISEÑO Y APLICACIÓN DE LA NUEVA METODOLOGÍA

Para elaborar la propuesta de la nueva metodología se tuvo en cuenta el análisis de resultados y las falencias y vacíos que se encontraron en la aplicación de la metodología. Además de ello, se plantean unos criterios los cuales debe cumplir el diseño y aplicación de la nueva propuesta.

2.1. CRITERIOS PARA LA PROPUESTA

A continuación se enumeran los criterios que se tuvieron en cuenta para diseñar la propuesta:

2.1.1. Que Produzca Resultados Objetivos

En lo posible libres de contingencias (es decir que cada vez de un resultado diferente) por involucrar subjetividades, sensibilidad a diferencias de información, posibilidades de suposiciones, tolerancia con la ignorancia de parte de las empresas y de parte de la autoridad ambiental y/o de sus funcionarios.

2.1.2. Que Promueva Una Cultura De Gestión Ambiental Adecuada

Relacionada con el criterio anterior en cuanto a que estimule criterios de decisión, procesos de toma de decisiones y diseño de indicadores real y directamente relacionados con los efectos, impactos y flujos ambientales y evite que las prácticas se reduzcan a procesos algorítmicos, a solo formalidades sin contenido ambiental, a tolerancias mutuas de falta de conocimiento, de objetividad y de información.

2.1.3. Que Aplicarla Tenga Costos Razonables

En términos de cambio de salarios, honorarios y demás por tener que involucrar personal con capacitación más específica y especializada y/o por tener que

cambiar las dedicaciones, tanto en las empresas como en la autoridad ambiental; en términos de costos de mediciones (frecuencia, metodología, repeticiones, certificaciones), en términos de costo de la información disponible, en términos de capacitación necesaria de personal de las empresas y de la autoridad ambiental.

2.1.4. Que Aplicarla No Exija Sofisticaciones Difíciles De Lograr

Relacionada con la anterior; en términos de equipos de medición, de especialización del personal, de software demasiado especializado, de bases de datos demasiado costosas, etc.

2.1.5. Que Se Puedan Lograr Metas Acumulativas

Que se pueda ir almacenando la información, capitalizando la experiencia, que se pueda estandarizar los procedimientos.

2.1.6. Que haya un Equilibrio entre la Generalidad y la Especificidad de los casos

Por tanto, que no se den falsas apariencias de comportamiento muy positivo o muy negativo por poner en el mismo rasero o en la misma escala a procesos y empresas radicalmente diferentes que se contemplen en forma equilibrada los impactos sobre los diferentes componentes de la naturaleza y en especial sobre agua, aire y suelo, sin resaltar o desconocer demasiado ninguno.

Resumen:

Que se acerque a la situación ideal de una autoridad ambiental que conoce y sabe, de unas empresas que también conocen y saben y de un diálogo inteligente y proactivo inspirado en propósitos comunes de amigabilidad ambiental y competitividad empresarial. Se debe superar por tanto el marco de una puja ente una autoridad ambiental que desea maximizar el control y unas empresas que buscan minimizar exigencias y maximizar las posibilidades de escurrir el bulto.

2.2. ASPECTOS MEJORADOS DE LA METODOLOGÍA

Como primera observación cabe anotar que la actual metodología presenta una buena clasificación de los frentes de contaminación utilizando variables importantes que merecen ser tenidas en cuenta en la nueva metodología. Pero luego de observar el análisis de resultados y de realizar el respectivo análisis crítico se encontraron variables que se tienen que mejorar y algunas que se tienen que implementar.

Esta nueva metodología deja atrás la encuesta realizada por la CDMB y obliga a la autoridad ambiental a llevar el control mediante mediciones de la cantidad de sustancias contaminantes que están generando en los diferentes frentes de contaminación: emisiones atmosféricas, vertimientos, y residuos sólidos que generan algún tipo de impacto ambiental.

Las variables que se van a corregir de la nueva metodología son las siguientes:

1. Subdividir la escala de calificación del impacto:

La primera corrección que se realizó fue la de cambiar la escala donde se ubica el puntaje final de cada empresa ya que el rango de valores de cada nivel es muy amplio y no se hace una diferencia entre las empresas que se ubican cercanas al anterior nivel y las que se ubican cercanas a el siguiente nivel teniendo entre si puntajes muy distanciados.

Para corregir esta pequeña falla, se dividió cada uno de los rangos en dos niveles, alto y bajo, en los cuales el rango está más pequeño y va a representar mejor las empresas de acuerdo a su puntaje obtenido.

2. Se corrigieron puntajes de las variables:

Hace referencia a que en la mayoría de las variables que tenía la metodología se presentaba una mala asignación en los puntajes, dándole a unas variables un puntaje considerable que no se merecían.

Lo que se hizo en este caso fue hacer una redistribución de los puntos entre las variables para que se vea una mejor respuesta al momento de realizar la valoración.

3. Implementación del inventario de emisiones:

La variable de frecuencia de emisión indica la cantidad de contaminante o el volumen total del tipo de emisión que cada entidad descarga a la atmósfera. Esta variable utiliza una calificación de tipo cualitativa la cual es determinada por la observación de un técnico o examinador. Este es el punto que se desea corregir para reducir al máximo los errores que se puedan cometer por parte humana y tratar de dar como resultado una calificación de las emisiones más confiables y más reales.

Para mejorar esta variable se implemento un inventario de emisiones el cual permite conocer los diferentes tipos de fuentes puntuales que contaminan, los tipos de contaminantes que emite cada una de ellas y la cantidades de sustancias contaminantes emitidas. Para realizar el inventario de emisiones la ley establece tres métodos para determinar las emisiones contaminantes en procesos industriales: Medición en la Fuente, Balances de Masa y Factores de emisión.

4. Calificación del sistema de control de gases:

En emisiones atmosféricas para calificar la variable "Sistema de Control" se tiene en cuenta la opinión del funcionario de la autoridad ambiental la cual es una evaluación subjetiva y se puede ver influenciada por diferentes factores externos.

Esta variable se quiere corregir implementando una calificación del sistema de control de gases la cual se realiza mediante un porcentaje de remoción de sustancias contaminantes al comparar con y sin control la corriente de la emisión. Este porcentaje de remoción puede ser medido por la empresa o certificado por el fabricante del sistema de control.

5. Se implementaron las sustancias de interés sanitario:

Esta variable se incluyó en la metodología teniendo en cuenta que gran parte de la industria de Bucaramanga se vierte este tipo de sustancias. En el caso de nuestro estudio con base en la aplicación se identificó este tipo de sustancias en la industria joyera, las curtiembres, y en las empresas que elaboran piezas para motores y distintas partes de carros.

Por medio de esta variable se quiere hacer una mejor identificación del tipo de vertimiento en los diferentes procesos, evaluando las condiciones de salida y la toxicidad de los vertimientos de acuerdo a las sustancias de interés sanitario que estén presente en él, ya que como se pudo observar en la aplicación no todas las industrias vierten sustancias con contenidos de carga orgánica.

6. Calificación del sistema de tratamiento:

La inclusión de esta variable busca identificar el porcentaje de remoción mediante mediciones de sustancias contaminantes antes y después del sistema de tratamiento las cuales se comparan y darán un valor de la efectividad del sistema de tratamiento.

7. Se implementaron las cantidades de residuos generados:

Esta variable busca evaluar la producción mas limpia; si bien los diferentes tipos de residuos sólidos son importantes a tener en cuenta también lo es la cantidad de residuos que se generan, además se implementa con el objetivo de crear una

cultura ambiental adecuada por parte de los empresarios mediante la optimización de los procesos que permita contrarrestar el impacto ambiental.

2.3. METODOLOGÍA DISEÑADA

La propuesta cuenta con tres grupos de factores para evaluar el nivel de impacto generado al medio ambiente, como son las emisiones atmosféricas, los vertimientos líquidos y los residuos sólidos. Cada factor cuenta con una serie de variables que permiten cuantificar el impacto en una escala de 160 a 1000 puntos por factor, luego se convierten los resultados cuantitativos en categorías cualitativas como se describe en la Tabla 1 donde se puede observar los niveles y subniveles de impacto al medio ambiente.

Tabla 1. Escala de medición de la metodología diseñada

Niveles	Puntaje
<i>Alto</i>	
Alto, alto	> 860 y <= 1000
Alto, bajo	> 720 y <= 860
<i>Medio</i>	
Medio, alto	> 580 y <= 720
Medio, bajo	> 440 y <= 580
<i>Bajo</i>	
Bajo, alto	> 300 y <= 440
Bajo, bajo	> 160 y <= 300

Fuente: Los Autores

Como la metodología da como resultados tres calificaciones de impacto, una por cada frente, se toma el mayor de los tres frentes y este se considera como el nivel de impacto global de la empresa evaluada.

2.3.1. Valoración Del Impacto Ambiental Emisiones Atmosféricas

Para evaluar el aspecto de emisiones atmosféricas se cuenta con 5 variables que se presentan a continuación, donde se analiza y justifica el puntaje asignado a cada variable que al sumarse se obtendrá un puntaje máximo de 1000 para el recurso aire.

2.3.1.1. Tipo De Proceso

Esta variable considera tres procesos básicos que generan emisiones atmosféricas como son la combustión, el procesamiento térmico de la materia prima y el manejo de materiales y tendrá un puntaje máximo de 400 puntos. Para cada uno se contemplan los factores más críticos respecto a la generación de emisiones. En caso de que la empresa a analizar utilice más de uno de los tres tipos de proceso, se debe asignar un porcentaje de predominancia a cada proceso, que se denomina grado. Al proceso central se le asigna un 60 % (grado 0,6) y el 40 % restante se distribuirá entre los dos procesos auxiliares y quedará a criterio del técnico su distribución. El puntaje total de la variable “tipo de proceso” se obtendrá con la ecuación 1.

$$PuntajeTotal = \sum(Puntaje * Grado) \quad (1)$$

Donde:

Puntaje = Es el Puntaje total por proceso

Grado = Es el grado de predominancia asignado a cada proceso

2.3.1.1.1. Proceso Combustión

El puntaje asignado al tipo de proceso corresponde a 400 puntos y se distribuye en los siguientes factores tipo de combustible utilizado (150), tipo de emisión (100), sistema de control (150).

Tipo de Combustible

En la tabla 2 se presentan las alternativas en cuanto al tipo de combustible, que fueron obtenidas tomando como referencia los combustibles utilizados en industrias de nuestra región.

Tabla 2. Tipo de combustibles

Tipo de combustible	Puntaje
Llantas	150
Aceite Quemado	150
Leña	125
Biomasa	120
Carbón	120
ACPM	85
Fuel Oil	80
Crudo de Castilla	80
Gasolina	75
Gas Natural	30

Fuente: Los Autores

La gran mayoría de Empresas que se encuentran en la región utilizan más de un combustible en sus procesos productivos, por tanto para la calificación de este ítem, se tendrá en cuenta el combustible con mayor impacto ambiental.

Tipo de Emisiones

Es necesario aclarar que se dio un puntaje mayor al combustible, debido a que la característica de las emisiones al aire depende en gran parte de la composición del combustible. Esta variable busca identificar cuales son los tipos de emisiones y en caso que se genere más de una, se tomará la que mayor afección genere el medio ambiente, ver tabla 3.

Tabla 3. Tipo de Emisión en Proceso de combustión

Tipo de Emisión	Puntaje
Material particulado	50
Gases Contaminantes*	25
Vapores Tóxicos	100

Fuente: Los Autores * Según las Normas EPA (SO₂), (NO₂), (CO), (O₃)

Sistema de Control

Esta variable evalúa el estado del sistema de control basado en la efectividad que tenga el sistema de control, en términos de % de remoción al comparar con y sin control, medido o certificado por el fabricante del sistema de control. Existen tres opciones los cuales representan rangos de efectividad y se muestran en la tabla 4, con su respectivo puntaje:

Tabla 4. Estado del Sistema de control de Emisiones

Estado del Sistema de Control	Puntaje
Entre 80% y 100% de efectividad	20
Entre 60% y 80% de efectividad	90
Entre 0 y 60% de efectividad	150

Fuente: Los Autores

2.3.1.1.2. Procesamiento Térmico De La Materia Prima

El puntaje asignado al tipo de proceso corresponde a 400 puntos y se distribuye en los siguientes factores el tipo de combustible utilizado (150), el tipo de emisión (100), el sistema de control (150).

Tipo de Combustible

Los datos de los combustibles son los mismos que los que aparecen en el numeral (2.3.1.1.1), y su calificación se realizará de igual forma.

Tipo de Emisiones

Es necesario aclarar que se dio un puntaje mayor al combustible, debido a que la característica de las emisiones al aire depende en gran parte de la composición del combustible. Esta variable busca identificar cuales son los tipos de emisiones y en caso que se genere más de una, se tomará la que mayor afección genere el medio ambiente ver tabla 5.

Tabla 5. Tipo de Emisión en Procesamiento térmico de M.P.

Tipo de Emisión	Puntaje
Gases Contaminantes*	25
Material particulado	50
Olores ofensivos	100

Fuente: Los Autores *Según las Normas EPA (SO₂), (NO₂), (CO), (O₃)

Sistema De Control

Los datos de los sistemas de control son los mismos que los que aparecen en el numeral (2.3.1.1.1), y su calificación se realizará de igual forma.

2.3.1.1.3. Proceso De Manejo De Materiales

El puntaje asignado al tipo de proceso corresponde a 400 puntos y contempla factores como los materiales e insumos utilizados en el proceso (100), el tipo de emisión que genera (150), el sistema de control (150).

Materiales e Insumos Utilizados

Es importante destacar que según el tipo de materia prima que se utilice en el proceso productivo, su grado de afección al medio ambiente será proporcional. Para este parámetro se tienen las opciones que se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Tipo de Materiales e Insumos

Materiales e Insumos	Puntaje
Material potencialmente peligroso	100
Material no peligroso	20

Fuente: Los Autores

Tipo de Emisiones

Esta variable busca identificar cuales son los tipos de emisiones y en caso que se genere más de una, se tomará la que mayor afección genere el medio ambiente, ver tabla 7.

Tabla 7. Tipo de Emisión en Proceso de Manejo de Materiales

Tipo de Emisión	Puntaje
Material particulado	150
Vapores tóxicos	150
Olores ofensivos	35

Fuente: Los Autores

Sistema De Control

Los datos de los sistemas de control son los mismos que los que aparecen en el numeral (2.3.1.1.1), y su calificación se realizará de la misma forma.

2.3.1.2. Evaluación de la calidad del Aire

Esta variable busca evaluar la calidad del aire cuenta con dos opciones si cumple la norma y no cumple la norma, para realizar esta evaluación existen tres métodos mediciones in situ (muestreo isocinético), Balances de masa. Y Factores de emisión. Después de tener la cantidad de gases emitidos se compara con la norma contenida en el anexo D.

Tabla 8. Evaluación de la Calidad del Aire

Calidad del Aire	Puntaje
Si cumple con la norma	25
No cumple la norma	200

Fuente: Los Autores

Medición directa, Balance de masas y Factores emisión. Cada uno de ellos se explica en el anexo E con sus respectivas ventajas y desventajas.

2.3.1.3. Ruido

Esta variable se fundamenta en la resolución 8321 del 4 de agosto de 1983 la cual dicta normas sobre la producción y emisión de ruidos en Colombia. Para calificar esta variable se tiene que hacer las respectivas pruebas de medición de ruido en la empresa y compararlas con los límites máximos permisibles de la resolución. Esta variable cuenta con dos opciones para obtener la valoración: Si Cumple Con La Norma y No Cumple Con La Norma, ver anexo F.

Tabla 9. Tabla de Ruido

Parámetro	Puntaje
Si cumple con la norma	30
No cumple la norma	120

Fuente: Los Autores

2.3.1.4. Localización

Esta variable se fundamenta en el decreto No. 084 del 2004 en el que se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) para el Municipio de Bucaramanga y da un concepto sobre la localización de la empresa de acuerdo con el POT. La variable cuenta con tres opciones para su valoración: Si es compatible según POT y está bien localizado, Si es compatible con el POT pero no está bien localizada pues se

encuentra cerca de una población, y No es compatible con el POT y no está bien localizada, ver anexo G.

Tabla 10. Tabla de Localización según el POT

La actividad es compatible con el uso del suelo	Puntaje
Si es compatible según POT y está bien localizado.	0
Si es compatible con el POT, pero no está bien localizada pues se encuentra cerca de una población.	60
No es compatible con el POT y no está bien localizada.	120

Fuente: Los Autores

2.3.1.5. Quejas De La Comunidad

Esta variable evalúa si la empresa cuenta con quejas, de una comunidad ubicada en los alrededores de la empresa, recibida en la CDMB. Esta variable cuenta con dos opciones: Si ha recibido quejas y No ha recibido quejas.

Tabla 11. Quejas de la Comunidad

Ha recibido Quejas	Puntaje
Sí	100
No	30

Fuente: Los Autores

2.3.1.6. Requiere Permiso De Emisión

Esta variable se basa en el decreto 619 de 1997 que reglamenta a las industrias que deben contar con un permiso de emisión al aire y a la atmósfera, ver anexo H. Esta variable busca dar un concepto sobre el tamaño global de la empresa ya que las empresas que si requieren permiso de emisión son catalogadas como empresas de gran tamaño. Para calificar la variable se tiene en cuenta la

información suministrada por la empresa y se compara con el decreto y se elige una de las opciones: requiere permiso y no requiere permiso.

Tabla 12. Permiso de Emisión

Rangos de Volumen	Puntaje
Si requiere	60
No requiere	0

Fuente: Los Autores

2.3.2. Valoración Del Impacto Ambiental De Vertimientos

Para calificar el recurso hídrico, se tomaron 5 variables entre las que se cuentan: Sustancia Contaminante, disposición final, localización de la industria, sistema de tratamiento, periodo de descarga.

2.3.2.1. Sustancia Contaminante

Los vertimientos industriales se clasifican en dos tipos de acuerdo a la sustancia contaminante que llevan: vertimientos con contenido de carga orgánica y vertimientos que contienen sustancias de interés sanitario. Estos dos tipos de vertimientos dependen del proceso que se desarrolla y muy pocas veces se presentan los dos tipos de vertimientos en una misma empresa. Cada uno de los vertimientos cuenta con diferentes parámetros para describir su impacto las cuales se mencionan a continuación.

2.3.2.1.1. Vertimientos con contenido de carga orgánica

Esta variable califica el contenido y las condiciones de salida de los vertimientos industriales que contienen carga orgánica. Se utiliza 6 parámetros para describir su impacto: La demanda bioquímica de oxígeno (DBO), La demanda química de oxígeno (DQO), Los sólidos suspendidos totales (SST), Las grasas y aceites, El pH, y La temperatura. Cada parámetro tiene un determinado número de opciones posibles, y a cada opción se le asigna un puntaje, también determinado por la

CDMB. Los puntos de cada parámetro se suman para dar el puntaje de la variable sustancia contaminante, Los parámetros DBO, DQO, SST y Grasas y aceites serán calculados teniendo en cuenta la ecuación (2). Estos resultados serán comparados con la tabla 14 en la cual se encuentra el valor de R que va a servir para dar el puntaje final del parámetro en la tabla 13.

Tabla 13. Valoración Sustancia Contaminante

Parámetro	Valor	Puntaje									
		R1	20	R2	60	R3	100				
DBO	100	R1	20	R2	60	R3	100				
DQO	100	R1	20	R2	60	R3	100				
SST	100	R1	20	R2	60	R3	100				
Grasas y aceites	80	R1	20	R2	50	R3	80				
pH	70	<5	70	>=5 y <6.5	40	>=6.5 y <7.5	10	>=7.5 y <9	40	>=9	70
Temperatura	30	<10	15	10-30	0	30-40	15	>40	30		

Fuente: Los Autores

Tabla 14. Cargas Orgánicas Permitidas

Variable	DBO (Kg /día)	DQO (Kg /día)	ST (Kg / día)	Grasas y Aceites (mg /l)
R1	< 50	< 100	< 200	< 100
R2	50 – 200	100 – 400	200 – 500	100 – 200
R3	>200	> 400	> 500	> 200

Fuente: CDMB

$$\text{Carga (Kg /día)} = Q * C * 0.0864 * (t/24) \quad (2)$$

Donde:

Q= Caudal de descarga

t= tiempo en horas que labora la Industria

C= Concentración de la sustancia contaminante

2.3.2.1.2. Vertimientos con contenido de sustancias de Interés Sanitario

Esta variable califica las condiciones de salida y la toxicidad de los vertimientos de acuerdo a las sustancias de interés sanitario que estén presente en él. Estas sustancias se tomaron del decreto 1594 de 1984 en el artículo 20 del capítulo 1 el cual menciona las sustancias de interés sanitario que deben ser controladas. En caso de que se presente varias sustancias de diferente nivel de toxicidad en el vertido el valor total será la suma del puntaje de cada uno de los niveles presentes. Las sustancias contaminantes, los niveles de toxicidad, puntaje ver la tabla 15.

Tabla 15. Calcificación de los metales según su nivel de toxicidad

Sustancia	Nivel de toxicidad	Puntaje
Cd	Altamente tóxico	110
Cu, Ag, Pb	Tóxico	100
Ni	Moderadamente tóxico	90
Al, Zn, Fe, Au, Na, otros metales	Ligeramente tóxico	80

Fuente: EPA 2000, Environmental Protection Agency

Para calificar las condiciones de salida del vertimiento se tienen en cuenta el pH y la temperatura, cuyos valores y puntajes se presentan en la tabla 16.

Tabla 16. Valores de pH y Temperatura.

Parámetro	Valor	Puntaje									
		<5	70	>=5 y <6.5	40	>=6.5 y <7.5	10	>=7.5 y <9	40	>=9	70
pH	70										
Temperatura	30	<10	15	10-30	0	30-40	15	>40		30	

Fuente: CDMB

2.3.2.2. Disposición final

Esta variable identifica la disposición final del vertimiento, y considera tres opciones para descargar: Alcantarillado, Corriente Superficial y Disposición Al Suelo. Cada una cuenta con una serie de opciones, de las cuales se debe elegir una para obtener el puntaje de calificación de la variable, la cual debe ser la que reciba la mayor cantidad del vertimiento de la empresa.

Tabla 17. Disposición final del Vertimiento

Disposición Final de Vertimientos	Puntaje
<i>Alcantarillado</i>	(100)
Pluvial	100
Sanitario	60
Combinado	80
<i>Corriente Superficial</i>	(180)
Actividades agrícolas	170
Consumo humano y doméstico	180
Corriente receptora de vertimientos	150
Actividades pecuarias	160
Uso recreativo	160
<i>Disposición al suelo</i>	(140)
Infiltración y riego bien manejados	80
Infiltración y riego no controlado	140

Fuente: CDMB

2.3.2.3. Localización

La variable localización utilizada para el frente de vertimientos es la misma que la descrita en el numeral (2.3.1.4), y se califica de la misma forma tabla 12.

2.3.2.4. Sistemas de tratamiento

Esta variable califica el sistema de tratamiento para los vertimientos de las industrias, basado en la efectividad que tenga el sistema de control, en términos de % de remoción al comparar con y sin control.

Tabla 18. Sistemas de tratamiento de vertimientos

Estado del Sistema de Tratamiento	Puntaje
Entre 80% y 100% de remoción	0
Entre 60% y 80% de remoción	60
Entre 0 y 60% de remoción	120

Fuente: Los Autores

2.3.2.5. Periodo de descarga

Esta variable establece la frecuencia del vertimiento al cuerpo receptor por medio de tres variables: Periodo de descarga, Intensidad y Caudal Descargado. Cada una cuenta con un determinado número de opciones y a cada combinación entre las tres opciones se le asigna un puntaje, ver tabla 20. De tal forma el periodo de descarga puede ser Mensual, Quincenal, Semanal y Diario. La intensidad puede variar en tres rangos de acuerdo al tiempo de descarga: 17 a 24 horas descargando, 9 a 16 horas descargando y 0 a 8 horas descargando. Y el caudal descargado se obtendrá por una relación cualitativa (r) el cual compara el caudal vertido con el caudal receptor ver tabla 19.

Tabla 19. Valores de (r) para el caudal vertido

Valores de r	Condición
r1	Caudal vertido > Caudal corriente receptora
r2	Caudal vertido = Caudal corriente receptora
r3	Caudal vertido < Caudal corriente receptora

Fuente: CDMB

Tabla 20. Periodo de Descarga

Periodo	Puntaje								
	17-24 horas			9-16 horas			0-8 horas		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Mensual	25	35	50	15	20	30	10	15	25
Quincenal	30	50	70	25	35	50	20	30	40
Semanal	50	70	85	40	50	70	30	40	50
Diaria	75	90	100	55	70	80	40	50	60

Fuente: Los Autores

2.3.3. Valoración Del Impacto Ambiental Residuos Sólidos

Para calificar el recurso de residuos sólidos, se tomaron 5 variables entre las que se cuentan: tipo de residuo, disposición final, cantidad de residuos generados, almacenamiento temporal, separación en la fuente.

2.3.3.1. Tipo De Residuo

Esta variable clasifica los residuos sólidos según el tipo de peligrosidad al ambiente, considera siete tipos de residuos: Ordinarios, Reciclables, Infecciosos, Químicos, Radioactivos, Aceite Usado y Metales Pesados. Cada tipo de residuo tiene un puntaje, y en caso de producirse más de un tipo de residuo los puntos de cada tipo se suman para dar un puntaje total.

Tabla 21. Tipo de Residuo

Tipo de Residuo	Puntaje
<i>No Peligroso</i>	(50)
Reciclable	20
Ordinarios	30
<i>Peligroso</i>	(300)

Infeccioso	60
Químico	60
Radioactivo	60
Aceite Usado	60
Metales Pesados	60

Fuente: CDMB

2.3.3.2. Disposición Final

Esta variable establece las posibles disposiciones que se le hacen a los residuos sólidos considera 5 opciones: Aprovechamiento por parte de la misma empresa, Transferencia de Residuos, Incineración, Relleno Sanitario y Enterramiento. Cada disposición tiene un determinado número de opciones, y a cada opción se le asigna un puntaje, se toma el parámetro de mayor puntaje y este se considera como el parámetro de impacto en la disposición final.

Tabla 22. Disposición final de los Residuos sólidos

Disposición Final	Puntaje
Aprovechamiento por parte de la misma Empresa	(250)
Eficiente	0
Deficiente	150
Transferencia de residuos	(250)
A un gestor autorizado	50
A un gestor no autorizado	250
Incineración	(250)
Eficiente, tecnicada y con sistema de control	50
Ineficiente	250
Relleno Sanitario	(250)
Eficiente	50

Ineficiente	250
Enterramiento	(250)
Eficiente	50
Ineficiente	250

Fuente: CDMB

2.3.3.3. Cantidad de Residuos Generados

Esta variable busca evaluar a las empresas de acuerdo con la cantidad de residuos sólidos que generan ver tabla 23.

Tabla 23. Cantidad de Residuos Generados

Cantidad de Residuos Kg/mes	Puntaje
<100	50
>100 y <= 2000	100
>2000 y <= 15000	150
>15000	200

Fuente: Los Autores

2.3.3.4. Almacenamiento Temporal

Esta variable identifica si hay almacenamiento interno de los residuos sólidos en la empresa, califica el estado en el que se encuentra dicho sitio y si cumple con los requerimientos mínimos exigidos por la ley. Las opciones que se presentan en esta variable son: Si Hay Almacenamiento Temporal y No Hay Almacenamiento Temporal.

Tabla 24. Almacenamiento Temporal

Almacenamiento Temporal	Puntaje
Adecuado	30

Inadecuado	100
------------	-----

Fuente: Los Autores

2.3.3.5. Separación en la fuente

Esta variable identifica si se realiza la separación o selección de los residuos sólidos apropiadamente desde su generación, con el fin de potencializar su aprovechamiento. Las opciones que presenta esta variable son: Si Hay Separación En La Fuente y No Hay Separación En La Fuente.

Tabla 25. Separación en la Fuente

Realiza Separación	Puntaje
Sí	30
No	100

Fuente: Los Autores

2.4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DISEÑADA

La nueva metodología fue aplicada a una de las empresas escogidas anteriormente por la CDMB, FICAS Ltda. Planta tostadora de café guanentá.

2.4.1 Valoración Del Impacto Ambiental Emisiones Atmosféricas

La Empresa Seleccionada presenta emisiones atmosféricas de tipo Procesamiento Térmico De La Materia Prima

Tipo de proceso: **170 Puntos**

Tipo de Combustible: Gas Natural

Tipo de Emisiones: Material Particulado

Sistema de Control: Entre 60% y 80% de efectividad

Evaluación de la calidad del aire: Cálculos ver anexo I.

No cumple la norma **200 Puntos**

Ruido: Si cumple con la norma	30 Puntos
Localización: Si cumple con la norma y está bien localizada	0 Puntos
Quejas de la comunidad: No	30 Puntos
Requiere permiso de emisión: Si Requiere	60 Puntos

2.4.2 Valoración Del Impacto Ambiental En Vertimientos

La empresa FICAS Ltda. Planta tostadora de café guanentá, no genera vertimientos de tipo industrial.

2.4.3 Valoración Del Impacto Ambiental En Residuos Sólidos

Tipo de residuos que se genera: Ordinario, reciclable	50 Puntos
Disposición final: transferencia de residuos a un gestor autorizado	50 Puntos
Cantidad de residuos generados: 108 Kg/mes	100 Puntos
Almacenamiento temporal: Adecuado	30 Puntos
Separación en la fuente: Si	30 Puntos

Tabla 26. Resultados Aplicación de la nueva metodología

Empresa Evaluada	Emisiones	Vertimientos	Residuos	Puntaje	Impacto
FICAS Ltda. Planta Tostadora de Café guanentá	490	NO	260	490	MEDIO -bajo

Fuente: Los Autores

3. CONCLUSIONES

1. Después de estudiar la actual metodología logrando entender todas sus variables y aplicarla a la lista de empresas seleccionadas, se llegó a la conclusión de que el presente documento que tiene la CDMB presentaba fallas en diferentes partes de su estructura que hacían ver que esta herramienta no lograra los resultados esperados y que necesitara entrar a una fase de remodelación y mejoramiento.

2. Luego de observar los resultados de la aplicación de la actual metodología y compararlos con los resultados obtenidos con la nueva herramienta propuesta se apreciaron cambios que se percibieron en la cantidad de la información recolectada, en el aumento de variables de evaluación y en la valoración del impacto final que ocasionan las empresas. Estos cambios mencionados, como se ve en el ejemplo de aplicación, dándole un valor más real y esperado.

3. Se pudo observar que la metodología de la CDMB tanto en los frentes de emisiones atmosféricas, vertimientos y residuos sólidos solo determinaba el tipo de sustancias contaminantes sin tener en cuenta la cantidad que generaba cada empresa lo cual no diferencia entre empresas de gran tamaño con grandes descargas de sustancias contaminantes y mayor impacto ambiental y empresas pequeñas que generan un menor impacto.

4. Se puede apreciar que la nueva metodología adopta una evaluación más detallada de las sustancias contaminantes que tienen los diferentes tipos de empresa midiendo las cantidades y evalúa las empresas con las normas establecidas por la ley, ya sea en el frente de emisiones atmosféricas, vertimientos o residuos sólidos y permite establecer con alto grado de confiabilidad, el impacto ambiental de una actividad productiva.

5. Después de aplicar la nueva metodología se observa que esta elimina las subjetividades, posibilidades de suposiciones, tolerancia con la ignorancia de parte de las empresas y de parte de la autoridad ambiental y/o de sus funcionarios, dando un concepto objetivo de la valoración de impacto ambiental.

6. Con base en la aplicación de la metodología propuesta se concluye que esta es una herramienta útil para evaluar el impacto ambiental ya que al aplicarla esta no exige sofisticaciones difíciles de lograr, en términos de equipos de medición.

4. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda seguir realizando procesos de evaluación y mejoramiento a la metodología diseñada con el objetivo de poder ir perfeccionando esta herramienta para que sea una herramienta útil y seguro en la evaluación del impacto ambiental en la región.
2. Se recomienda que en el mejoramiento de la metodología exista una participación de los diferentes sectores que se ven afectados con este tema, con el fin de integrar el trabajo de todas las partes, poder escuchar las opiniones de todos los sectores y poder entre todos generar un compromisos que apunten a poder reducir el impacto ambiental en la región.
3. En cuanto al tema de balances de masa se recomienda estudiar más procesos de la industria para poderlos implementar en la metodología y poco a poco ir completando esta variable y poder utilizarla en la realización de inventario de emisiones.

BIBLIOGRAFÍA

SANABRÍA SUESCÚN, Olga Johana. “Estudio de los vertimientos líquidos producidos por la industria de la joyería en Bucaramanga”, Especialización en Ingeniería Ambiental. Universidad industrial de Santander. Bucaramanga, 2000.

GUERRERO, Edilberto y MINDIOLA, Mirley. “Propuesta para disminuir la contaminación generada por los efluentes líquidos del proceso actual de refinación química de oro y plata con ácido nítrico en los talleres de Bucaramanga”, Universidad Industrial de Santander, 2003.

United States Environmental Protection Agency (US-EPA). "Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources". 2001. Recuperado: <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/>.

DAMA, Cinset. “Valoración del impacto ambiental de la pequeña y mediana industria”, Santafé de Bogotá, 1996.

URIBE BOTERO, Eduardo y MEDINA MONCAYO, Yaniro Gabriel. “Pequeña y mediana industria y su relación con las regulaciones y las instituciones ambientales en Colombia”, 1995.

HOUGEN, O. A. RAGATZ, R. A. y WATSON, K. M. “Principios de los Procesos Químicos” Editorial Revete. 1 edición. 2003

ANEXOS

Anexo A. Lista de empresas seleccionadas por la CDMB

EMPRESAS		
1. Aga Fano Nacional De Oxigeno S.A.	21. Fiberglass	41. Lavco
2. Alimentos Concentrados Itacol y CIA	22. Freskaleche S.A.	42. Madeformas
3. Alimentos Nutrimax	23. Frigorífico Metropolitano	43. Mercagán
4. Arrocería el Dorado Ltda.	24. Frigorífico Vijagual	44. Módulos Industriales
5. Arrocería la granja	25. Fundedar	45. Planta Bucaramanga Cemex
6. Aserrio el palenque	26. Fundiciones Castro	46. Productos Alimenticios la Victoria
7. Avicampo	27. Gaseosas Hipinto	47. Produjoyas
8. Avidesa Macpollo Planta De Beneficio	28. Harinagro	48. Restaurante Toscana
9. Bavaria S.A.	29. Icoharinas	49. Salsamentaria migaher
10. Calzado Refextremo	30. Industria de Alimentos la Fragancia	50. Taller de recuperación de oro Levis Villadiego
11. Cementerio las colinas	31. Industrias Partmo S.A.	51. Taller Moto Arenas
12. Colombiana de Extrusión Extrucol	32. Infusan	52. Transejes
13. C.I. santandereana de aceites S.A.	33. Inyesa	53. Tecnopavimentos S.A.
14. Chocolate colosal	34. Joyería Misael Monroy	54. universal de Curtidos
15. Color tex. Lavandería y Tintorería	35. Joyería Euclides Blanco	55. T203 (Taller de Joyería)
16. Distraves Planta de Sacrificio	36. Joyería Oscar Villamizar	56. T006 (Taller de Joyería)
17. Embotelladora de	37. Lubrigras Ltda.	57. T000 (Taller de Joyería)

Santander S.A. Bucaramanga (Coca-Cola)		
18. Fabrica de Cigarros y Cigarrillos la Universal	38. Laboratorios león Ltda.	58. T550 (Taller de Joyería)
19. Fabrica de Lubricantes Terpel	39. Ladrillera Bautista Cáceres Ltda.	59. T003 (Taller de Joyería)
20. Fantaxias Ltda.	40. Ladrillos y tubos Ltda.	60. T002 (Taller de Joyería)

Anexo B. Resultados obtenidos con la metodología Actual de la CDMB

Para La presentación de los resultados obtenidos se utiliza una escala de colores que se muestra en la tabla 27, resaltando el frente de mayor impacto ambiental.

Tabla A.1. Escala de colores

Nivel de Impacto	Color
Alto impacto	Rojo
Medio Impacto	Amarillo
Bajo Impacto	Verde

Fuente: Los Autores

EMPRESAS	Emisiones	Vertimientos	Residuos	Puntaje	Impacto
1. Aga Fano Nacional De Oxigeno S.A.	NO	NO	√	100	Bajo
2. Alimentos Concentrados Italcol y CIA	√	NO	√	655	Medio
3. Alimentos Nutrimax	√	NO	√	305	Bajo
4. Arroceras el Dorado Ltda.	√	NO	√	515	Medio
5. Arroceras la granja	√	NO	√	455	Medio
6. Aserrio el palenque	√	NO	√	610	Medio
7. Avicampo	√	√	√	545	Medio
8. Avidesa Macpollo Planta De Beneficio	√	√	√	705	Alto
9. Bavaria S.A.	√	√	√	380	Medio
10. Calzado Refextremo	√	NO	√	870	Alto
11. Cementerio las colinas	√	√	√	660	Medio
12. Colombiana de Extrusión Extracol	NO	NO	√	280	Bajo
13. C.I. santandereana de aceites S.A.	√	√	√	655	Medio
14. Chocolate colosal	√	NO	√	465	Medio

15.Colortex Lavandería y Tintorería	√	√	√	750	Alto
16.Distraves Planta de Sacrificio	√	√	√	635	Medio
17.Embotelladora de Santander S.A. Bucaramanga (Coca-Cola)	√	√	√	500	Medio
18. Fabrica de Cigarros y Cigarrillos La Universal	√	NO	√	755	Alto
19. Fabrica de Lubricantes Terpel	NO	√	√	380	Medio
20. Fantaxias Ltda.	√	NO	√	490	Medio
21. Fiberglass	√	NO	√	330	Bajo
22. FICAS	√	NO	√	305	Bajo
23. Freskaleche S.A.	√	√	√	500	Medio
24. Frigorífico Metropolitano	√	√	√	405	Bajo
25. Frigorífico Vijagual	√	√	√	595	Medio
26. Fundedar	√	NO	√	665	Medio
27. Fundiciones Castro	√	NO	√	785	Alto
28. Gaseosas Hipinto	√	√	√	440	Medio
29. Harinagro	√	√	√	695	Medio
30. Icoharinas	√	NO	√	345	Bajo
31. Industria de Alimentos la Fragancia	√	NO	√	680	Medio
32. Industrias Partmo S.A.	√	√	√	475	Medio
33. Infusan	√	NO	√	875	Alto
34. Inyesa	√	NO	√	605	Medio
35. Joyería Misael Monroy	√	NO	√	950	Alto
36. Joyería Euclides Blanco	√	NO	√	685	Medio
37. Joyería Oscar Villamizar	√	NO	√	950	Alto
38. Lubrigras Ltda.	√	NO	√	315	Bajo
39. Laboratorios león Ltda.	NO	NO	√	220	Bajo
40.Ladrillera Bautista Cáceres	√	NO	√	575	Medio

Ltda.					
41. Ladrillos y tubos Ltda.	√	NO	√	485	Medio
42. Lavco	√	√	√	440	Medio
43. Madeformas	√	NO	√	775	Alto
44. Mercagán	√	NO	√	585	Medio
45. Módulos Industriales	√	NO	√	775	Alto
46. Planta Bucaramanga Cemex	√	√	√	450	Medio
47. Productos Alimenticios la Victoria	√	√	√	660	Medio
48. Produjoyas	√	NO	√	820	Alto
49. Restaurante Toscana	√	NO	√	705	Alto
50. Salsamentaria migaher	√	√	√	760	Alto
51. Taller de recuperación de oro Levis Villadiego	√	NO	√	585	Medio
52. Taller Moto Arenas	√	NO	√	560	Medio
53. Transejes	√	√	√	395	Medio
54. Tecnopavimentos S.A.	√	NO	√	590	Medio
55. universal de Curtidos	NO	NO	√	160	Bajo
56. T203 (Taller de Joyería)	NO	√	√	550	Medio
57. T006 (Taller de Joyería)	NO	√	√	550	Medio
58. T000 (Taller de Joyería)	NO	√	√	550	Medio
59. T550 (Taller de Joyería)	NO	√	√	550	Medio
60. T003 (Taller de Joyería)	NO	√	√	550	Medio
61. T002 (Taller de Joyería)	NO	√	√	550	Medio

Anexo C. Ejemplo de la aplicación de la metodología actual

Emisiones Atmosféricas

No Hay Emisiones (En el caso que la empresa no tenga emisiones a la atmosfera)

Tipo de Proceso (Si existe mas de un proceso la suma de los grados de predominancia debe ser igual a 100)

Combustión **No Hay Combustion** (Si no existe proceso de combustion)

Tipo de Combustible utilizado	Tipo	Valor			
	Gas Natural	35			
Tipo de emisión	Tipo	Valor			
	Material Particulado	50			
Sistema de control	Tipo	Valor			
	Bueno	35			
Frecuencia de emisión	Periodo	Intensidad	Caudal	Calcular	Valor
	Diario	9 a 16 H	R2		75
Subtotal Combustion =		195	Grado de Predominancia (0 - 100)	100	TOTAL 195

Procesamiento térmico de la materia prima

No Hay Procesamiento Térmico (Si no existe Procesamiento térmico de la materia prima)

Tipo de suministro de energía	Tipo	Valor			
	Carbón	0			
Tipo de emisión	Tipo	Valor			
	Olores	0			
Sistema de control	Tipo	Valor			
	Malo	0			
Frecuencia de emisión	Periodo	0	Caudal	Calcular	Valor
	Diario	17 a 24 H	R2		0
Subtotal Procesamiento Térmico de M.P =		0	Grado de Predominancia (0 - 100)	0	TOTAL 0

Proceso de manejo de materiales

No Hay Proceso de Manejo (Si no existe proceso de manejo de materiales)

	Tipo	Valor			
Materiales e insumos utilizados	Material No Peligroso	0			
	Tipo	Valor			
Tipo de emisión	Material Particulado	0			
	Tipo	Valor			
Sistema de control	Regular	0			
	Periodo	Intensidad	Caudal	Calcular	Valor
Frecuencia de emisión	Diario	17 a 24 H	R2		0

Subtotal de Manejo de Materiales = 0 **Grado de Predominancia (0 - 100)** 0 **TOTAL** 0

Total de la variable: Tipo de Proceso = 195

Ruido No cumple con la norma **110**

Localización Compatible con el Pot y está bien localizado **0**

Quejas de la Comunidad Ha recibido quejas **100**

Requiere Permiso de Emision Si Requiere **70**

Total de Emisiones 475

Valoración Del Impacto De Emisiones Medio

Vertimientos

No Hay Vertimientos (En el caso que la empresa no tenga vertimientos líquidos)

Sustancia Contaminante

DBO⁵	R2	40
DOO⁵	R2	40
SST⁵	R2	40
Grasas y Aceites	R2	35
Susutancias de Interes Sanitario	No Tiene	0
pH	>= 6,5 y < 7,5	10
Temperatura	10 -- 30 °C	0

Total de la variable: Sustancia Contaminante = 165

Disposicion Final de Vertimientos (Escoger solo una de las siguientes variables con su respectiva opción)

Alcantarillado	Sanitario	80
Corriente Superficial	No Hay	0
Disposicion al Suelo	No Hay	0

Total de la variable: Disposicion Final = 80

Localización Compatible con el Pot y está bien localizado 0

Sistemas de Tratamiento de Vertimientos Bueno 15

Periodo de Descarga	Tipo	Intensidad	Caudal	Calcular	Valor
	Diario	9 a 16 H	R2		85

Total Vertimientos 345

Valoración Del Impacto De Vertimientos Bajo

Residuos Solidos

No Hay Residuos (En el caso que la empresa no genere residuos sólidos)

Tipo de Residuo

Reciclable	Si se generan	20
Ordinario	Si se generan	30
Infecioso	No se generan	0
Químico	Si se generan	60
Radioactivo	No se generan	0
Aceite Usado	No se generan	0
Metales Pesados	Si se generan	60

Total de la variable: Tipo De Residuo 170

Disposicion Final (Escoger solo una de las siguientes variables con su respectiva opción)

Aprovechamiento por parte de la misma empresa	No Hay	0
Transferencia de Residuos	A Un Gestor Autorizado	50
Incineración	No Hay	0
Relleno Sanitario	No Hay	0
Enterramiento	No Hay	0

Total de la variable: Disposición Final = 50

Almacenamiento Temporal

Adecuado	0
----------	---

Separación de la Fuente

Si	0
----	---

Total Residuos Solidos =

220

Valoración Del Impacto De Residuos Solidos

Bajo

Mayor Impacto Generado Por =

475

Emisiones

Valoración Del Impacto

Medio

ANEXO D. Normas de Calidad del aire

Tabla A.2. Valores de referencia de calidad del aire exterior

CONTAMINANTE	Exposición Corta			Exposición Crónica		
	Concentración Promedio			Concentración Promedio		
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	Tiempo	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	Tiempo
Dióxido de Azufre (SO ₂)	365	0.14	24 horas	80	0.03	1 año
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	-	-	-	100	0.053	1 año
Ozono (O ₃)	325	0.11	1 hora	-	-	-
Monóxido de Carbono (CO)	40.000 10.000	0.035 0.009	1 hora 8 horas	-	-	-
Partículas Suspendidas Totales (PST)	250	-	24 horas	75	-	1 año
Partículas Fracción Respirable (PM ₁₀)	150	-	24 horas	50	-	1 año
Plomo (Pb)	-	-	-	1.5	-	3 meses

Fuente: EPA 1994, Environmental Protection Agency

ANEXO E. Inventario De Emisiones

La mejor forma de calificar una corriente de gases es realizando un inventario de emisiones, el cual permite conocer los diferentes tipos de fuentes emisoras de contaminantes, así como los tipos de contaminantes que emite cada una de ellas.

En Colombia el Artículo 110° del Decreto 948 de 1995 establece los métodos para determinar las emisiones contaminantes en procesos industriales:

1. Medición directa, por muestreo isocinético en la chimenea o ducto de salida: Este procedimiento consistente en la toma directa de la muestra de los contaminantes emitidos, a través de un ducto, chimenea, u otro dispositivo de descarga, en el que el equipo de muestreo, simula o mantiene las mismas condiciones de flujo de salida de los gases de escape.

2. Balance de masas: Es el método de estimación de la emisión de contaminantes al aire, en un proceso de combustión o de producción, mediante el balance estequiométrico de los elementos, sustancias o materias primas que reaccionan, se combinan o se transforman químicamente dentro del proceso, y que da como resultado unos productos de reacción. Con el empleo de este procedimiento, la fuente de contaminación no necesariamente tiene que contar con un ducto o chimenea de descarga.

3. Factores emisión: Es el método de cálculo para estimar la emisión de contaminantes al aire en un proceso específico, sobre la base de un registro histórico acumulado, de mediciones directas, balances de masas y estudios de ingeniería, reconocido internacionalmente por las autoridades ambientales.

En el método de medición directa se requiere de equipos especializados para obtener datos de emisiones con altos grados de exactitud y validos para

numerosos contaminantes de una fuente, pero el costo de realizar un muestreo de este tipo en una planta puede ser muy alto.

El uso del balance de materiales o de masa para determinar las emisiones totales de un proceso es sencillo y poco costoso., sin embargo si no se cuenta con la totalidad de la información requerida y se presentan pequeños errores en los datos o en los parámetros de cálculo (presión, temperatura, concentración del flujo, caudal, eficiencias en los controles, etc.) pueden resultar en grandes errores en las emisiones estimadas.

Los factores de emisión al igual que el balance de masa es un método muy sencillo y fácil de aplicar ya que existe una fuente de consulta muy completa de los factores de emisión con base en procesos la cual fue publicada por la Environmental Protection Agency de Estados Unidos (U.S. EPA, 2001) y cuyo título es "*AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors*". Estos factores de emisión han sido estudiados y analizados por autoridades ambientales internacionales y han sido aprobados como método de calcular un inventario de emisiones.

Los factores de emisión de la EPA están clasificados en A, B, C, D y E donde "A" se considera el más confiable para un tipo dado de fuente, probablemente se basa en mediciones en la fuente, y "E" es considerado el de más baja precisión y estado por la falta de análisis a un número significativo de fuentes con esas características. Lo anterior nos lleva a concluir que este método puede ser tanto muy confiable así como no poder representar las emisiones reales con exactitud y precisión. Sin embargo, según la EPA, éste es uno de los mejores métodos que se puede aplicar para realizar el inventario de gases ya que es uno de los de menor costo de estimación y puede tener una mayor certeza de estimación.

ANEXO F. Resolución 8321 Del 4 De Agosto De 1983

Teniendo en cuenta el artículo 17 de la resolución no. 8321 del 4 de agosto de 1983, en la cual se estipula que para prevenir y controlar las molestias, las alteraciones y las pérdidas auditivas ocasionadas en la población por la emisión de ruido, se establecen los niveles sonoros máximos permisibles incluidos en la tabla:

Tabla A.3. Nivel de presión sonora en db(a)

Zonas Receptoras	Período diurno	Período nocturno
	7:01 A.M. - 9:00 P.M.	9:01 A.M. - 7:00 P.M.
Zona I Residencia	65	45
Zona II Comercial	60	60
Zona III Industrial	70	75
Zona IV de tranquilidad	45	45

Fuente: Resolución 8321

La zonificación contemplada en la tabla anterior corresponde a aquella definida o determinada por la autoridad competente en cada localidad y para cada caso. Además es importante considerar la clasificación reportada en el acuerdo 041 de 1999 en el Concejo de Bucaramanga así:

Sectores A: (Tranquilidad y silencio): áreas urbanas y rurales del Municipio de Bucaramanga donde estén situados hospitales, guarderías, bibliotecas, jardines infantiles, sanatorios y hogares geriátricos.

Sectores B: (Tranquilidad y ruido moderado): zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, parques en zonas urbanas, escuelas, universidades y colegios.

Sectores C: (Ruido intermedio restringido): zonas con usos permitidos industriales y comerciales, oficinas, uso institucional y otros usos relacionados.

Sectores D: (Zona suburbana o rural de tranquilidad y ruido moderado): áreas rurales habitadas destinadas a la explotación agropecuaria, o zonas residenciales suburbanas y zonas de recreación y descanso.

Zona de tranquilidad el área previamente designada donde haya necesidad de una tranquilidad excepcional y en la cual el nivel equivalente de ruido no exceda de 45 dB (A).

Cuando el predio originador o fuente emisora de sonido pueda ser identificado y el ruido medido afecte a más de una zona, se aplicará el nivel de sonido de la zona receptora más restrictiva.

ANEXO G. Clasificación para los usos del suelo

Para dicha clasificación se tuvo en cuenta la Ley 388 de 1997, en la cual los planes de ordenamiento territorial clasificarán el territorio de los municipios y distritos en suelo urbano, rural y de expansión urbana. Al interior de estas clases podrán establecerse las categorías de suburbano y de protección. Para efectos prácticos de este trabajo se consideran el urbano, rural y suburbano, en la cual el primero de ellos se divide teniendo en cuenta la resolución 8321 de 1983 que regula el parámetro ruido. A continuación se genera una breve descripción de cada uno:

a. Suelo Urbano:

Constituyen el suelo urbano, las áreas del territorio distrital o municipal destinadas a usos urbanos por el Plan de Ordenamiento, que cuenten con infraestructura vial y redes primarias de energía, acueducto y alcantarillado, posibilitándose su urbanización y edificación, según sea el caso. Podrán pertenecer a esta categoría aquellas zonas con procesos de urbanización incompletos, comprendidos en áreas consolidadas con edificación, que se definan como áreas de mejoramiento integral en los Planes de ordenamiento territorial, las áreas que conforman el suelo urbano serán delimitadas por perímetros y podrán incluir los centros poblados de los corregimientos. En ningún caso el perímetro urbano podrá ser mayor que el denominado perímetro de servicios públicos o sanitarios.

b. Suelo Rural:

Constituyen esta categoría los terrenos no aptos para el uso urbano, por razones de oportunidad, o por su destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades análogas.

C. Suelo Suburbano:

Constituyen esta categoría las áreas ubicadas dentro del suelo rural, en las que se mezclan los usos del suelo y las formas de vida del campo y la ciudad, diferentes a las clasificadas como áreas de expansión urbana, que pueden ser objeto de desarrollo con restricciones de uso, de intensidad y de densidad, garantizando el autoabastecimiento en servicios públicos domiciliarios, de conformidad con lo establecido en la Ley 99 de 1993 y en la Ley 142 de 1994. Podrán formar parte de esta categoría los suelos correspondientes a los corredores urbanos interregionales.

Los municipios y distritos deberán establecer las regulaciones complementarias tendientes a impedir el desarrollo de actividades y usos urbanos en estas áreas, sin que previamente se surta el proceso de incorporación al suelo urbano, para lo cual deberán contar con la infraestructura de espacio público, de infraestructura vial y redes de energía, acueducto y alcantarillado requerida para este tipo de suelo.

ANEXO H. Listado De Actividades Que Requieren Permiso De Emisión

RESOLUCIÓN No. 619 DE JUL. 7 1997

ARTICULO 1.- Industrias, Obras, Actividades o Servicios que requieren permiso de emisión atmosférica. De conformidad con lo dispuesto en el parágrafo 1º. del Artículo 73º. del Decreto 948 de 1995, las siguientes industrias, obras, actividades o servicios requerirán permiso previo de emisión atmosférica, para aquellas sustancias o partículas que tengan definidos parámetros permisibles de emisión, en atención a las descargas de humos, gases, vapores, polvos o partículas, provenientes del proceso de producción, de la actividad misma, de la incineración de residuos, o de la operación de hornos o calderas, de conformidad con los factores y criterios que a continuación se indican:

1. Quemadas abiertas controladas en zonas rurales:

Aquellas cuya área de quema semanal, sea igual o superior a:

1.1. Área a quemar de cultivo de caña de azúcar: 25 hectáreas.

1.2. Área a quemar poscosecha de caña de azúcar: 25 Hectáreas.

1.3. Área a quemar poscosecha de maíz: 25 Hectáreas

1.4. Área a quemar poscosecha de sorgo: 25 Hectáreas.

1.5. Área a quemar poscosecha de algodón: 25 Hectáreas.

2. Descarga De Humos, Gases, Vapores, Polvos O Partículas Por Ductos O Chimeneas De Establecimientos Industriales, Comerciales O De Servicios Así:

2.1. Industria productora de cemento: Todas las plantas de producción de cemento a partir de cualquier volumen de producción.

2.2. Industria con proceso de sinterización: Con capacidad de producción a partir de 5 Ton/día.

2.3. Industria fabricante de carbonato de sodio con capacidad superior a 5 Ton/Día.

- 2.4. Industrias de producción de ácido nítrico: Todas a partir de cualquier volumen de producción.
- 2.5. Industrias de producción de ácido sulfúrico: Todas a partir de cualquier volumen de producción.
- 2.6. Industrias de fabricación de ácido clorhídrico: Todas a partir de cualquier volumen de producción.
- 2.7. Industria fabricante de productos que contengan asbesto: A partir de una ton/día de producción.
- 2.8. Industria fabricante de caucho sintético a partir de 2 Ton/Día.
- 2.9. Industria Molinera: molinos, harineras y trilladoras de arroz, café, desmotadoras de algodón y leguminosas, con capacidad de producción igual o superior a 2 Ton/Día.
- 2.10. Industria carboquímica: Todas las plantas a partir de cualquier volumen de producción.
- 2.11. Fabricación de tela asfáltica a partir de 3 ton/día de producción.
- 2.12. Industria productora de llantas y cámaras de caucho natural y sintético: Todas a partir de cualquier volumen de producción.
- 2.13. Plantas De Preparación O Beneficio De Minerales O Materiales Cerámicos O Silicocalcareos: Cuando la capacidad de molienda sea superior a 5 Ton/día.
- 2.14. Industrias De Producción De Mezclas Asfálticas con hornos de secado de 30 ton/día o más.
- 2.15. Industria De Fundición De Acero con hornos de fundición de más de 2 Ton/Día.
- 2.16. Industria De Fundición De Hierro Gris con hornos de fundición de más de 2 Ton/Día.
- 2.17. Industria De Fundición De Cobre Y Bronce con hornos de fundición de más de 2 Ton/Día.
- 2.18. Industria De Fundición De Plomo con hornos de fundición y recuperación de 100 Kg/día o más.

- 2.19. Industria De Fundición De Aluminio con hornos de fundición y recuperación de 2 ton/día o más.
- 2.20. Industria De Producción De Detergentes con hornos de rociado y secado a partir de 5 ton/día.
- 2.21. Industria Productora De Carburo De Calcio con hornos de fundición de 5 ton/día.
- 2.22. Industria De Producción De Coke Metalúrgico: Los hornos de coquización a partir de 10 Ton/Día.
- 2.23. Industria Siderurgica: Cuando la capacidad del alto horno sea igual o superior a 10 Ton/Día.
- 2.24. Industria De Producción De Cal: Cuando la capacidad del horno sea superior a 20 ton/día.
- 2.25. Industria Fabricante De Fibra De Vidrio: Cuando la capacidad del horno de fusión sea superior a 2 Ton/Día.
- 2.26. Industria Fabricante De Vidrio cuando la capacidad del horno de fusión sea superior a 1 Ton/Día.
- 2.27. Industria De Fabricación De Yeso con hornos de calcinación de 2 o más Ton/Día.
- 2.28. Industria Productora De Papel: Todas las plantas que posean calderas de recuperación, a partir de cualquier volumen de producción.
- 2.29. Industria Fabricante De Pinturas con hornos de cocción de 2 o más ton/día de capacidad.
- 2.30. Industria Fabricante De Fertilizantes con hornos de secado con capacidad de 2 ó más ton/día.
- 2.31. Fabricación De Objetos De Barro, Loza Y Porcelana, cuando el horno de cocción tenga capacidad igual o superior a 5 Ton/Día.
3. Incineración de residuos sólidos, líquidos y gaseosos, así:
- 3.1. Incineración De Residuos Patológicos: Todos los incineradores.
- 3.2. Incineración De Residuos Industriales No Peligrosos: 100 Kg/Día o 100 Lt/Día para incineradores de líquidos.

3.3. Incineración De Residuos Industriales Peligrosos: Todos los incineradores.

3.4. Incineración De Uso Múltiple (Aquellos habilitados para más de una de las categorías de residuos mencionados en los numerales anteriores de este punto): Todos los incineradores.

3.5. Incineración De Residuos Domésticos: 100 Kg/hora.

4. Operación de calderas o incineradores por un establecimiento Industrial o comercial y otras actividades con descarga de humos, gases, vapores, polvos o partículas por ductos o chimeneas.

4.1. Industrias, Obras, Actividades O Servicios Que Cuenten Con Calderas Y Hornos, cuyo consumo nominal de combustible sea igual o superior a:

A. Carbón Mineral: 500 Kg/hora

B. Bagazo De Caña: 3000 ton/año

C. 100 galones/hora de cualquier combustible líquido, tales como ACPM, Fuel Oil o Combustóleo, Bunker, petróleo crudo

Artículo 2. Cumplimiento de normas de emisión. Las obras, industrias, actividades o servicios que en virtud de la presente Resolución no requieran permiso de emisión atmosférica, estarán obligadas a cumplir con las normas de emisión establecidas en el decreto 948 de Junio 5 de 1995 y los actos administrativos que lo desarrollen, y estarán sujetos al control y seguimiento por parte de las autoridades ambientales competentes.

ANEXO I. Evaluación de la Calidad Del aire

1. Por muestreo Isocinético

Para la medición de material particulado se utilizo un tren de muestreo para fuente fija, marca GRASEBY ANDERSEN, modelo Auto 5™ computarizado.

Propiedades de los gases de chimenea del tostador

1. Temperatura del gas de chimenea (Ts): 113.5 °c
2. Velocidad del gas en la chimenea (Vs): 8.4 m/s

Propiedades de los gases de chimenea del enfriador

1. Temperatura del gas de chimenea (Ts): 82.10 °c
2. Velocidad del gas en la chimenea (Vs): 7.47 m/s

Características de la medición igual para las dos chimeneas

1. Diámetro de la chimenea: 0.30m
2. Temperatura ambiente: 28 °c

Cálculos:

Datos de Campo

Tabla A.4. Concentraciones en el Gas

Compuesto	Tostadora	Enfriador
	% Base Seca	% Base Seca
CO ₂	6	6
O ₂	15	15
CO	0	0

N ₂	79	79
H ₂ O		

Fuente: La CDMB

Datos de Laboratorio

Tabla A.5. Agua recolectada en los Impactadores

Burbujeadores	Tostadora W (g)	Enfriador W (g)
1	5.6	15
2	2.0	9
3	1.3	4.4
4 (Silica gel)	5.3	11.5
Total Recolectado	14.2	39.9

Fuente: LA CDMB

Tabla A.6. Material Particulado Recolectado

Item	Tostadora			Enfriador		
	W ₁ (g)	W ₂ (g)	W ₃ (g)	W ₂ (g)	W ₂ (g)	W ₃ (g)
Filtro	0.61035	0.61335	0.00300	0.60818	0.61042	0.00224
Codo del filtro	35.6000	35.6000	0.00000	35.6486	35.6486	0.00000
Tobera	78.2000	78.2301	0.03010	82.2540	82.2540	0.00000
Aguas de Lavado	92.0790	92.0840	0.00500	95.7362	95.7362	0.00000
Cabezal Andersen				553.00	553.00	0.00000
<i>Total material particulado recolectado</i>			0.03810			0.00224

Fuente: LA CDMB

1. Humedad en la chimenea del tostador (Hum)

$$Hum = \frac{Vas}{Vas + Vms}$$

Vas: Volumen de agua recolectada en los impactadores y en la silica gel a condiciones estándar en m³

Vms: volumen de gas medido a condiciones de referencia en m³

$$Vas = (1.339 * 10^{-3} * 8.9) + (1.3362 * 10^{-3} * 5.3)$$

$$Vas = 0.01895357 \text{ m}^3$$

$$Vms = 0.53 \text{ m}^3$$

$$Hum = \frac{0.01895357}{0.01895357 + 0.53}$$

$$Hum = 0.035$$

2. Humedad en el Enfriador (Hum)

$$Hum = \frac{Vas}{Vas + Vms}$$

$$Vas = (1.339 * 10^{-3} * 28.4) + (1.3362 * 10^{-3} * 11.5)$$

$$Vas = 0.05324906 \text{ m}^3$$

$$Vms = 1.066 \text{ m}^3$$

$$Hum = \frac{0.05324906}{0.05324906 + 1.066}$$

$$Hum = 0.047$$

Tabla A.7. Análisis ORSAT

Compuesto	Tostadora		Enfriador	
	% Base Seca	% Base Humedad	% Base Seca	% Base Humedad
CO ₂	6	5.79	6	5.718
O ₂	15	14.475	15	14.295
CO	0	0	0	0
N ₂	79	76.325	79	75.287
H ₂ O		3.5		4.7

Fuente: Los Autores

3. Caudal en la chimenea del tostador (Q)

$$Q = V_s * A_s$$

Vs: Velocidad de los gases en la chimenea del tostador m/s

As: Área de la chimenea en m²

$$A_s = \pi(D/2)^2 = \pi(0.30/2)^2$$

$$A_s = 0.0706 \text{ m}^2$$

$$Q = 8.4 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.0706 \text{ m}^2 * 60 \frac{\text{s}}{\text{min}}$$

$$Q = 35.626 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

Caudal a condiciones de referencia (Qs) en m³/min (Resolución 1351 de 1995)

$$Q_s = Q (1 - \text{Hum}) \frac{P_s}{760\text{mmHg}} * \frac{298\text{K}}{T_s}$$

Ps: Presión absoluta en la chimenea, en milímetros de mercurio

$$P_s = 685.80 \text{ mmHg}$$

Ts: Temperatura de los gases en la chimenea en K

$$T_s = 113.5 \text{ } ^\circ\text{C} + 273 = 386.5 \text{ K}$$

$$Q_s = Q (1 - 0.035) \frac{685.80}{760} * \frac{298\text{K}}{386.5} = 23.92 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

4. Caudal en la chimenea del enfriador (Q)

$$Q = V_s * A_s$$

$$A_s = \pi(D/2)^2 = \pi(0.30/2)^2$$

$$A_s = 0.0706 \text{ m}^2$$

$$Q = 7.47 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.0706 \text{ m}^2 * 60 \frac{\text{s}}{\text{min}}$$

$$Q = 31.643 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

Caudal a condiciones de referencia (Qs) en m³/min (Resolución 1351 de 1995)

$$Q_s = Q (1 - \text{Hum}) \frac{P_s}{760\text{mmHg}} * \frac{298\text{K}}{T_s}$$

Ps: Presión absoluta en la chimenea, en milímetros de mercurio

$$P_s = 684.17 \text{ mmHg}$$

Ts: Temperatura de los gases en la chimenea en K

$$T_s = 82.10 \text{ } ^\circ\text{C} + 273 = 355.1 \text{ K}$$

$$Q_s = Q (1 - 0.047) \frac{684.17}{760} * \frac{298\text{K}}{355.1} = 22.78 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

5. Concentración de partículas en la chimenea del tostador (Cs) mg/m³

$$C_s = \frac{P_{tp}}{V_{ms}} \text{ g/m}^3 = \frac{0.03810}{0.53} = 0.071887 \text{ g/m}^3$$

P_{tp}: Peso total de partículas en la tabla 32, material particulado recolectado

V_{ms}: Volumen del gas medido a condiciones de referencia en m³

6. Concentración de partículas en la chimenea del enfriador (C_s) mg/m³

$$C_s = \frac{P_{tp}}{V_{ms}} \text{ g/m}^3 = \frac{0.00224}{1.066} = 0.0021 \text{ g/m}^3$$

7. Emisión total de partículas en la chimenea del tostador (ETP) Kg/h

$$ETP \left(\frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right) = C_s \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right) * Q_s \left(\frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right) * \left(\frac{\text{Kg}}{1000\text{g}} \right) * \left(\frac{60\text{min}}{\text{h}} \right)$$

$$ETP = 0.071887 \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right) * 23.92 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right) * \left(\frac{\text{Kg}}{1000\text{g}} \right) * \left(\frac{60\text{min}}{\text{h}} \right) = 0.103172 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

8. Emisión total de partículas en la chimenea del enfriador (ETP) Kg/h

$$ETP = 0.0021 \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right) * 22.78 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right) * \left(\frac{\text{Kg}}{1000\text{g}} \right) * \left(\frac{60\text{min}}{\text{h}} \right) = 0.002870 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

De acuerdo con la norma contenida en el anexo 5 para partículas suspendidas totales para una exposición corta.

$$ETP_{\text{norma}} = 250 \left(\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right)$$

Comparando los valores de concentración de partículas en la chimenea del tostador y en el enfriador: 71.887 mg/m³ y 2.1 mg/m³ respectivamente con la norma de calidad del aire del Anexo 5 se llega a la conclusión que la empresa FICAS Ltda. Planta Tostadora de Café Guanentá, no cumple la norma.

2. Medición de la Calidad del aire por Balances de Masa

Materia Prima en la entrada del Proceso:

Café = 240 Kg

Gas Natural = $0.034 \text{ m}^3/\text{kilo de Café} * 240 \text{ Kg Café} = 8.16 \text{ m}^3$

Materia Prima en La Salida del Proceso

Café Tostado = 236.240 Kg

Cutícula o cascarilla de Café = 3.6 Kg

Gas Natural = 0

Haciendo un balance de masa para el Café:

Entradas al proceso – Salidas del Proceso = Pérdidas

Café entrada – Café Tostado – Cutícula = Pérdidas

$240 \text{ Kg} - 236.240 \text{ Kg} - 3.6 \text{ kg} = 0.160 \text{ Kg}$

En este caso las pérdidas se dan por material particulado

Haciendo un balance de masa para el Gas natural:

Entradas al proceso – Salidas del Proceso = Gas consumido

$8.16 \text{ m}^3 - 0 = 8.16 \text{ m}^3$

Para calcular las emisiones de gas natural se utilizó la tabla 34.

Tabla A.8. Tipos de combustibles y sus emisiones

Combustible	Unidad	Partículas Kg/Un	SO _x Kg/Un	NO _x Kg/Un	Hidrocarburos Kg/Un	CO Kg/Un
Carbón bituminoso	Ton	6.5	19	7.5	0.5	1
Fuel Oil	Ton	2.87	19	7.5	0.37	0.52
Petróleo	m ³	0.21	0.01	1.43	0.036	0.19

Gas Natural	1000 m ³	0.29	6.6	3	0.048	0.27
Gas Licuado	Ton	0.38	0.02	2.6	0.065	0.35
Kerosene	Ton	3	17	2.3	0.4	0.25

Fuente: HOUGEN – Principios de los Procesos Químicos

Tabla A.9. Emisiones del Gas Natural – FICAS Ltda.

Combustible	Cantidad	Partículas Kg	SO _x Kg	NO _x Kg	Hidrocarburos Kg	CO Kg
Gas Natural	8.16 m ³	0.0023664	0.05386	0.0245	0.00039168	0.0022

Fuente: Los Autores

Para llevar los datos a las unidades de la norma se tomo el caudal de gas hallado en el punto anterior

$$Q_{\text{tostador}} = 22.78 \frac{m^3}{\text{min}}$$

Comparando los datos obtenidos con la norma contenida en el anexo 5 calidad del Aire se llega a la conclusión que la empresa FICAS Ltda. Planta Tostadora de café guanentá no cumple la norma.

3. Medición de la Calidad del aire por Factores de Emisión

Para realizar la evaluación de la calidad del Aire por factores de emisión se diseño una herramienta en Excel basada en la norma 42 de la EPA.

Datos de entrada para las emisiones en el Tostador

Tipo de industria: tostado o Cocción de granos de café

Fuente: cocción o tostado por cochadas (o lotes) con sistema de control

Nivel de actividad: 0.24 toneladas de grano

Horas Trabajadas / Día: 2

Días trabajados / Semana = 3

Caudal de gas: 23.92 m³ / min

Efectividad del sistema de control: 80 %

Resultados de emisión obtenidos:

$$ETP = 0.001822 \frac{g}{m^3} \quad CO = 0.008291 \frac{g}{m^3}$$

Datos de entrada para las emisiones en el Sistema de Enfriamiento

Tipo de industria: tostado o Cocción de granos de café

Fuente: enfriamiento con sistema de control por ciclones

Nivel de actividad: 0.24 toneladas de grano

Horas Trabajadas / Día: 2

Días trabajados / Semana = 3

Caudal de gas: 22.78 m³ / min

Efectividad del sistema de control: 80 %

Resultados obtenidos:

$$ETP = 0.0004463 \frac{g}{m^3}$$

Al evaluar la calidad del aire por los tres métodos:

- Mediciones in situ (Muestreo Isocinético)
- Balances de Masa
- Factores de emisión

Se Puede observar que en todos no se cumple la norma de calidad del aire de la EPA Anexo D.