

**SOLUCIÓN SOFTWARE PARA LA DEPURACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE
DATOS DE GASES CONTAMINANTES, OBTENIDOS EN ESTACIONES DE
MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE LA CDMB.**

PAULA CAMILA BRAVO RIVERA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
BUCARAMANGA
2012**

**SOLUCIÓN SOFTWARE PARA LA DEPURACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE
DATOS DE GASES CONTAMINANTES, OBTENIDOS EN ESTACIONES DE
MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE LA CDMB.**

PAULA CAMILA BRAVO RIVERA

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniera de Sistemas**

Director

PEDRO JAVIER TRUJILLO TARAZONA

Ing. de Sistemas, Mg. Informática

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
BUCARAMANGA**

2012

*Primero que todo a Dios por haberme llenado
de su gracia y por guiarme en cada paso de mi vida,
brindándome fortaleza en momentos difíciles.*

*A mi Colombia Querida porque espero haber aportado un granito de arena para la
conservación y preservación de tan bello paraíso natural.*

*A mi Mamá por ser esa mujer ejemplar, esa madre amorosa,
cariñosa y comprensiva, esa mejor amiga, y esa luz en el camino.*

*A mi Papá por su apoyo, cariño y acompañamiento
que me motivan para salir adelante y volar con mis propias alas.*

*A mi Hermana por ser mi preciado tesoro,
mi amiga y compañera incondicional.*

*A mi Hermano por su apoyo, cariño y todas aquellas rabietas
producto de todas sus travesuras.*

*A mi Abuelita Alix, mis tíos Constanza, Marly y Jesús David
y mi primita Ana Sofía, por su confianza, apoyo, cariño y ejemplo a seguir.*

*A Deyberth por ser ese confidente, amigo y respaldo
durante esta etapa tan importante que he alcanzado.*

*A todos mis compañeros, Amigas y Amigos UIS,
a quienes llevaré siempre en mi corazón, y por más que la distancia en
“espacio” nos separé, prevalecerán lazos de amistad.*

*A Mili por haber pasado a mi lado tantas traspasadas y horas de estudio;
y por darme infinitos momentos de felicidad y sueñitos merecidos.*

*Y aquellos que no fueron mencionados pero que los llevo en mi corazón
y que de algún modo merecen compartir conmigo
este gran logro que es motivo de júbilo.*

AGRADECIMIENTOS

La autora del proyecto ofrece sus más sinceros agradecimientos a:

Dios y a su familia por el acompañamiento y apoyo incondicional.

La Universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, por brindar unas bases sólidas de formación académica y profesional integral; y por haber aprobado la realización del proyecto de grado en modalidad de práctica social con la CDMB.

El profesor Pedro Javier Trujillo Tarazona, porque a lo largo del proyecto mostró su interés y disposición brindando todo su apoyo y conocimiento en pro de alcanzar satisfactoriamente todos los objetivos planteados.

El Profesor Jaime Octavio Albarracín por su aprobación y aportes significativos al plan de proyecto, el cual fue guía para el éxito y finalización del mismo.

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga por haber permitido la realización del presente proyecto de grado, haber brindado los recursos y dispuesto de la colaboración del talento humano de la Red de Aire y del grupo de Sistemas de Información Ambiental, para el éxito de la práctica social. Por haber permitido vivenciar un ambiente propio de una entidad pública, conocer y aprender de procesos propios del entorno empresarial.

El ingeniero Edgar Augusto Serrano Munar por su compromiso y colaboración en la realización del proyecto y por su tutoría y enseñanza durante todo el proceso.

El Ingeniero Manuel Antonio Campos Malagón por compartir parte de su conocimiento ambiental sobre el Recurso Aire. Por haber sido un apoyo incondicional y mostrar siempre su compromiso y disposición en el proyecto.

Los integrantes de la Red de Aire Elkin Carrillo y Freddy Quintanilla por sus aportes para la definición del proceso de operación de la red y por su colaboración constante durante el proceso de desarrollo del software.

El Ingeniero Henry Castro Ortiz quien motivó a la realización de éste proyecto aportando su conocimiento ambiental y experiencia sobre la Red de Aire.

Los Doctores Elvia Hercilia Páez Gómez y Ludwing Arley Anaya Méndez por el apoyo recibido en el inicio, continuidad y finalización exitosa del Trabajo de Grado como práctica dentro de la CDMB.

El Doctor Carlos Alberto Suárez Sánchez y el Doctor Germán Luna Martínez Subdirectores que apoyaron y facilitador el proceso de inicio y ejecución del proyecto.

El Ingeniero Carlos Mauricio Torres Galvis, coordinador del grupo de Información e Investigación Ambiental de SOPIT por su interés, confianza y colaboración durante el desarrollo de la práctica.

La Ingeniera Elizabeth Cepeda integrante del grupo (SIA), por brindar sus conocimientos y experiencia en el desarrollo de proyectos software de la entidad.

La psicóloga Silvia Martínez, la topógrafa Patricia Villamizar y a todos los integrantes de la Subdirección SOPIT por su hospitalidad, amabilidad, compañerismo y cariño; y por permitir conocer y vivir un ambiente empresarial ideal para el desempeño profesional.

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	23
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	27
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	27
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	28
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	30
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	30
1.5. IMPACTO.....	31
2. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA, CDMB.....	33
2.1. MISIÓN.....	35
2.2. VISIÓN.....	35
2.3. RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE	36
2.3.1. Historia	36
2.3.2. Estaciones de Monitoreo en Jurisdicción de la CDMB.....	37
2.3.3. Equipos de Monitoreo	39
3. MARCO TEÓRICO	42
3.1. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	42
3.1.1. Tipos de Emisiones.....	43
3.1.2. Normatividad Colombiana para la Calidad del Aire.....	44
3.2. CONVERSIÓN DE DATOS A CONDICIONES DE REFERENCIA	51
3.3. SISTEMA DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE.....	56
3.4. SOLUCIÓN SOFTWARE.....	58
3.5. ORACLE.....	60
3.5.1. Oracle Developer 6i.....	61

4.	METODOLOGÍA	63
4.1.	INVESTIGACIÓN PRELIMINAR.....	64
4.2.	FASE DE REQUERIMIENTOS	67
4.3.	FASE DE DISEÑO	75
4.4.	FASE DE DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN.....	100
4.5.	FASE DE ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	104
5.	DEFINICIÓN DEL PROCESO DE OPERACIÓN DE LA RED	108
5.1.	ANTES DEL SISTEMA	108
5.2.	DESPUÉS DEL SISTEMA	114
5.3.	PROCESO DE DEPURACIÓN.....	118
6.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA POR COMPONENTES.....	121
6.1.	CARGUE DE LA INFORMACIÓN AL SISTEMA.....	121
6.2.	DEPURACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	121
6.3.	CLASIFICACIÓN AMBIENTAL DE LA INFORMACIÓN.....	123
7.	RESULTADOS.....	125
7.1.	RESULTADOS.....	125
7.2.	APORTE A LA CDMB.....	127
7.3.	APORTE A LA SOCIEDAD	129
8.	RECOMENDACIONES.....	132
9.	CONCLUSIONES.....	134
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	136
11.	ANEXOS	139

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura Organizacional de la CDMB.	35
Figura 2. Mapa de ubicación de las estaciones de Monitoreo de Calidad del Aire en la jurisdicción de la CDMB.	39
Figura 3. Equipos de monitoreo de la CDMB.	40
Figura 4. Modelo en Cascada.	63
Figura 5. Fase de Investigación Preliminar.	64
Figura 6. Fase de Requerimientos.	67
Figura 7. Diagrama de Contexto del sistema.	69
Figura 8. Fase de Diseño.	75
Figura 9. Diagrama de Casos de Uso.	79
Figura 10. Diagrama de Clases.	94
Figura 11. Estructura de las Interfaces CAI.	98
Figura 12. Fase de desarrollo e implementación.	100
Figura 13. Fase de análisis de resultados.	104
Figura 14. Proceso de depuración y almacenamiento de la información de las estaciones de la CDMB hasta septiembre de 2012.	110
Figura 15. Flujograma Transaccional antes del Sistema.	113
Figura 16. Parte 1 Flujograma Transaccional después del Sistema.	117
Figura 17. Parte 2 Flujograma Transaccional después del Sistema.	118
Figura 18. Diagrama de Flujo del Proceso de Depuración.	120

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación y parámetros medidos por cada Estación.	38
Tabla 2. Niveles máximos permisibles para contaminantes en términos de unidad reportada por los equipos de monitoreo de la CDMB.	41
Tabla 3. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio.	48
Tabla 4. Concentración y tiempo de exposición de los contaminantes para los niveles de prevención, alerta y emergencia.	49
Tabla 5. Puntos de corte del ICA.	50
Tabla 6. Periodo de tiempo por Contaminante.	52
Tabla 7. Definición de Actores: Administrador, Visitante y Analista Ambiental.	70
Tabla 8. Definición de Actores: Técnico.	71
Tabla 9. Descripción Casos de Uso 1 y 2.	80
Tabla 10. Descripción Casos de Uso 3 y 4.	81
Tabla 11. Descripción Casos de Uso 5 y 6.	82
Tabla 12. Descripción Casos de Uso 7 y 8.	83
Tabla 13. Descripción Casos de Uso 9 y 10.	84
Tabla 14. Descripción Casos de Uso 11 y 12.	85
Tabla 15. Descripción Casos de Uso 13 y 14.	86
Tabla 16. Descripción Casos de Uso 15 y 16.	87

Tabla 17. Descripción Casos de Uso 17 y 18.	88
Tabla 18. Descripción Casos de Uso 19 y 20.	89
Tabla 19. Descripción Casos de Uso 21.	90
Tabla 20. Acumulado de Objetos por Caso De Uso 1 a 3.	90
Tabla 21. Acumulado de Objetos por Caso De Uso 4 a 10.	91
Tabla 22. Acumulado de Objetos por Caso De Uso 11 a 17.	92
Tabla 23. Acumulado de Objetos por Caso De Uso 18 a 21.	93
Tabla 24. Parte 1. Diccionario de Clases.	94
Tabla 25. Parte 2. Diccionario de Clases.	95
Tabla 26. Parte 3. Diccionario de Clases.	96
Tabla 27. Listado de secciones de las Interfaces.	99
Tabla 28. Privilegios otorgados en el Menú principal CAI.	102

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: Plan de Actividades.

ANEXO 2: Cronograma.

ANEXO 3: Menú del Sistema CAI.

ANEXO 4: Descripción de Principales Interfaces del Sistema CAI.

ANEXO 5: Descripción de la Aplicación Web.

ANEXO 6: Plan de Prueba.

ANEXO 7: Acta de Instalación del Sistema en el Servidor de Desarrollo.

ANEXO 8: Acta de Verificación y Validación del Sistema por parte de la Red de Aire.

ANEXO 9: Valoración Económica final del proyecto.

ACRÓNIMOS

AMB	Área Metropolitana de Bucaramanga.
Atm	Atmósfera 1 atm \approx 101.325KPa \approx 760 mmHg. Unidad de presión.
CAI	Sistema para la Vigilancia de la Calidad del Aire.
CAR	Corporación Autónoma Regional.
CDMB	Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga.
CO	Monóxido de Carbono.
E-DAS	Software para Descarga de Datos de Equipos de Monitoreo.
EPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.
IBUCA	Índice de Calidad del Aire para Bucaramanga y el Área Metropolitana.
ICA	Índice de Calidad del Aire.
IDEAM	El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
NO	Monóxido de Nitrógeno.
NO ₂	Dióxido de Nitrógeno.
NO _X	Óxido de Nitrógeno.
PM ₁₀	Material Particulado Menor a 10 Micras.
PM _{2.5}	Material Particulado Menor a 2.5 Micras.
ppb	Partes por Billón. Unidad de volumen.

ppm	Partes por millón. Unidad de volumen.
PST	Partículas Suspendidas Totales.
SIC	Sistema de Información Corporativo-CDMB.
SIA	Sistema de Información Ambiental.
SISAIRE	Subsistema de Información sobre Calidad del Aire.
SO2	Dióxidos de Azufre.
SOPIT	Subdirección de Ordenamiento y Planificación Integral del Territorio.
SVCA	Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire.
UIS	Universidad Industrial de Santander.

GLOSARIO

CAI (Sistema para la Vigilancia de la Calidad del Aire): Aplicativo Developer para el cargue, depuración y clasificación de datos provenientes de Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire de la CDMB.

Cabina o Estación de Monitoreo: Es un lugar específico que debe cumplir con unas características definidas en el Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire, donde se ubican los equipos electrónicos que registran la cantidad de gas o material particulado presente en el ambiente.

Clasificación Ambiental: Proceso en el cual se convierten los datos recolectados en estaciones de monitoreo en información entendible por la comunidad, reportando niveles o tendencias de contaminación del aire.

CO (Monóxido de carbono)¹: Gas inflamable, incoloro e insípido que se produce por la combustión de combustibles fósiles.

Condiciones Locales: Son las condiciones dadas por la presión y temperatura promedio de un lugar o sitio determinado siempre y cuando se encuentre a una altura diferentes a la del nivel del mar.

Condiciones de referencia²: 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 Hg (1 atmósfera de presión).

¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010, Artículo Primero, Monóxido de carbono.

² COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 948 de junio 5 de 1995.

Contaminación atmosférica³: Presencia de sustancias en la atmósfera en altas concentraciones en un tiempo determinado como resultado de actividades humanas o procesos naturales, que pueden ocasionar daños a la salud de las personas o al ambiente.

Contaminantes Criterio: Son los contaminantes que debido a estudios ambientales sobre la población se ha determinado que son los más perjudiciales para la salud y bienestar de los seres humanos.

Contaminantes Primarios: Son aquellos contaminantes que se generan por el proceso de combustión en fuentes fijas y móviles.

Contaminantes Secundarios: Son los que se forman por la interacción de los primarios con las condiciones del ambiente.

Datos en Bruto: Son datos recolectados de las estaciones de monitoreo que no han sufrido ningún proceso de depuración y clasificación ambiental.

Depuración: Proceso en el cual se validan los datos recolectados en estaciones de monitoreo eliminando datos incorrectos producto de fallas en el equipo.

Desviación Estándar: La desviación estándar es una medida de dispersión utilizada para indicar cuanto están alejados los datos respecto al promedio o media aritmética.

Forma: Una forma es una interfaz creada en Developer Forms donde se ubican elementos u objetos que tienen una funcionalidad y que en conjunto realizan las tareas para la cual se crea la interfaz.

³ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y saneamiento Básico 2000. Título F Capítulo F.1.2 Definiciones.

ICA (Índice de Calidad del Aire): El ICA es un valor unidimensional que oscila entre 0 y 500 que sirve para clasificar el estado de contaminación del aire, en rangos y colores de manera que sean entendibles por la comunidad.

Instancia de producción: Es el nombre de la base de datos CDMB a la cual se debe conectar un usuario para desarrollar su trabajo sobre ella. Contiene los datos corporativos de todas las aplicaciones en funcionamiento.

Media aritmética: Sumatoria de todos los datos a promediar, divididos por el número total de datos.

Media móvil⁴: Se calcula del mismo modo que la media aritmética para un periodo de n datos y se va recalculando a medida que se agregan nuevos datos, partiendo del último dato agregado y manteniendo siempre el número de datos correspondiente al periodo definido. El periodo definido podrá ser un año, un día, ocho horas o tres horas.

NO₂ (Dióxido de Nitrógeno)⁵: Gas de color pardo rojizo fuertemente tóxico cuya presencia en el aire de los centros urbanos se debe a la oxidación del nitrógeno atmosférico que se utiliza en los procesos de combustión en los vehículos y fábricas.

O₃ (Ozono)⁶: Gas azul pálido que, en las capas bajas de la atmósfera, se origina como consecuencia de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno y los

⁴ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 601 del 2006, Anexo 1: Definiciones.

⁵ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010, Artículo Primero, Dióxido de Nitrógeno.

⁶ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010, Artículo Primero, Ozono.

hidrocarburos (gases compuestos de carbono e hidrógeno principalmente) en presencia de la luz solar.

PST (Partículas Suspendidas Totales)⁷: Material particulado que incluye tanto a la fracción inhalable como a las mayores de 10 micras, que no se sedimentan en periodos cortos sino que permanecen suspendidas en el aire debido a su tamaño y densidad.

PM10 (Material Particulado Menor a 10 Micras)⁸: Material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros nominales.

PM2.5 (Material Particulado Menor a 2,5 Micras)⁹: Material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 2,5 micrómetros nominales.

Reporte: Es una herramienta brindada por Developer Reports que permite entregar al usuario resultados o consultas de elementos de la base de datos. Los reportes pueden ser generados por pantalla o exportados a archivo de texto, pdf, Excel, etcétera.

Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire: Es un grupo de trabajo que se dedica al monitoreo, vigilancia y control de la calidad del aire en un área de jurisdicción, ubicando estaciones de monitoreo dotadas de equipos automáticos, manuales o semiautomáticos que generan datos de concentración de gases, material particulado, variables meteorológicas, etcétera.

⁷ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010, Artículo Primero, Partículas Suspendidas Totales.

⁸ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010, Artículo Primero, Material Particulado Menor a 10 Micras.

⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010, Artículo Primero, Material Particulado Menor a 2,5 Micras.

SO₂ (Dióxido de Azufre)¹⁰: Gas incoloro, no inflamable que posee un fuerte olor en altas concentraciones.

Tiempo de Exposición: Es el periodo de tiempo que permanece un episodio o evento de contaminación en el medio ambiente.

¹⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 d del 24 de Marzo de 2010, Artículo Primero, Dióxido de Azufre.

RESUMEN

Título:

SOLUCIÓN SOFTWARE PARA LA DEPURACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE DATOS DE GASES CONTAMINANTES, OBTENIDOS EN ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE LA CDMB. ¹¹

Autora: BRAVO RIVERA, Paula Camila¹²

Palabras Claves: Recurso Aire, Calidad del Aire, CDMB, SISAIRE, Red de Calidad del Aire, ICA.

DESCRIPCIÓN

En este documento se presenta el proceso y los resultados del desarrollo e implementación de una solución software, el Sistema para la Vigilancia de la Calidad del Aire, para la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), que le facilita al analista ambiental el proceso de cargue, depuración y clasificación de resultados obtenidos en las Estaciones de Monitoreo de Calidad de Aire en el área de su jurisdicción, e implementa una aplicación web para divulgación de información y resultados obtenidos.

Para la clasificación ambiental a condiciones de referencia, se tuvo en cuenta el índice de calidad del aire (ICA) y los máximos de exposición permitidos por contaminante, contemplados en la Legislación Colombiana vigente sobre el Recurso Aire.

Con la puesta en marcha del software se sistematiza el proceso de depuración de datos, gracias al estudio del proceso de operación de la Red de Aire desde el trabajo en campo, “en Estaciones de Monitoreo”, hasta la entrega final de reportes periódicos de contaminación a la población, favoreciendo a la comunidad con la entrega a tiempo de información, para conocimiento e investigación ambiental. También se resuelve una de las principales preocupaciones de la Red de Aire, que es el abastecimiento de información al Subsistema de Información Sobre Calidad del Aire (SISAIRE), liderado y administrado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

La realización del proyecto y la investigación de la normatividad de Calidad del Aire, generó interrogantes y cuestionamientos en cuanto a diferentes normas gubernamentales sobre el Recurso Aire y el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire las cuales se espera sean estudiadas y verificadas por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

¹¹ Trabajo de Grado con modalidad de Práctica Social.

¹² Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Director Pedro Javier Trujillo Tarazona. Tutor Edgar Augusto Serrano Munar.

ABSTRACT

TITLE: SOFTWARE SOLUTION FOR THE TREATMENT AND CLASSIFICATION OF GASEOUS DATA, OBTAINED IN AIR QUALITY MONITORING STATIONS OF THE CDMB.¹³

AUTHOR: BRAVO RIVERA, Paula Camila¹⁴

KEYWORDS: Air Resource, Air Quality, CDMB, SISAIRE, Air Quality Network, ICA.

DESCRIPTION:

This paper presents the process and the results of the development and implementation of a software solution, the System for Monitoring Air Quality to the Autonomous Regional Corporation for the Bucaramanga's Plateau Defense ("Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB"), which helps to the environmental analyst in the process of load, debugging and rating results of Air Quality Monitoring Stations in the area of their jurisdiction, and implements a web application to disseminate information and results.

To the environmental rating in reference conditions, it was considered the air quality index for Colombia (ICA) and the maximum value allowed by contaminant, listed in Colombian legislation on air resource.

With the implementation of the software, the data debugging process is systematized, thanks to the study of the operation process of the Air Network from the field work, "in monitoring stations", to the final delivery of periodic reports of pollution, benefiting the community with timely delivery of information for knowledge and environmental research. Also it is solved one of the major concerns of the Air Network, that it is providing information to the Air Quality Information Subsystem ("Subsistema de Información Sobre Calidad del Aire SISAIRE") led and managed by the Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies ("Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM").

The completion of the project, and the revision of the Air Quality regulations, raised questions about different air resource governmental regulations and the Air Quality Monitoring and Tracking Protocol ("Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire") which are expected to be studied and verified by the Ministry of Environment and Sustainable Development ("Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible").

¹³ Trabajo de Grado con modalidad de Práctica Social.

¹⁴ Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática.
Director Pedro Javier Trujillo Tarazona. Tutor Edgar Augusto Serrano Munar.

INTRODUCCIÓN

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, CDMB, es un ente corporativo autónomo, de carácter público cuya misión es velar por la preservación y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, en el área de su jurisdicción compuesta por 13 municipios del departamento de Santander (Bucaramanga, Floridablanca, Piedecuesta, Girón, Lebrija, Rio Negro, Charta, Tona, Vetas, Matanza, El Playón, Suratá, Charta).

Dentro de los objetivos de la CDMB se encuentra realizar la gestión y control de la Calidad de Aire, por ello desde diciembre de 2002, se conformó la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de la CDMB, cuyo objetivo es la vigilancia de la calidad de Aire de zonas estratégicas del área de jurisdicción de la corporación.

Dado que en la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana se generan una serie de actividades socio-económicas y socio-culturales que han ocasionado un impacto directo sobre las condiciones de la calidad del aire y sumado a ello el impacto debido al incremento del parque automotor circulante afectando el Recurso Aire por la concentración de gases contaminantes en el aire como material particulado (PM10), Óxidos de nitrógeno (NO₂), Monóxido de carbono (CO) y Ozono (O₃) principalmente.

Debido a lo anterior la Red de Aire de la CDMB realiza la función de seguimiento, monitoreo y control de la calidad del aire en Bucaramanga y su área metropolitana, la cual se fundamenta en la medición confiable y oportuna de

contaminantes criterio y el impacto que estos generan sobre las condiciones de calidad de la atmósfera.

La Red cuenta actualmente con cinco estaciones de monitoreo automáticas y tres manuales, de las cuales se obtienen muestras de datos de contaminación que posteriormente se verifican, clasifican y analizan, obteniendo resultados que se emiten a la comunidad para ser empleados en proyectos de investigación, estudios y análisis ambientales.

El procesamiento de los datos recopilados por la Red de Monitoreo de Calidad del Aire hasta el momento ha tenido poca sistematización. En general se realiza de manera manual y requiere de largas jornadas de trabajo, recurriendo a diferentes estrategias como la bitácora de registro de mantenimiento realizado a las estaciones, los registros del estado del clima, el uso de herramientas informáticas y estadísticas como hojas de cálculo y gráficas en Excel y la revisión y análisis de eventos fortuitos ocurridos en los alrededores de la estación de monitoreo como por ejemplo quemadas de basuras o incendios.

Es por todo lo anterior que surgió la necesidad de realizar un Sistema para la Vigilancia de la Calidad del Aire que ayudara al analista o al investigador en el proceso de depuración, clasificación y análisis de los datos obtenidos en las estaciones de monitoreo de aire de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de la CDMB, a lo cual CAI “Sistema para la Vigilancia de la Calidad del Aire” ha sido la solución encontrada.

CAI es una solución software desarrollada en Developer 6i (Forms-Reports-Graphics) y Oracle 10g bajo los estándares de desarrollo de Aplicativos Oracle de la entidad, que permite al usuario el cargue de los datos generados de los equipos de monitoreo a la base de datos, facilitando al analista: la visualización de información, la depuración de los archivos planos (Incluyendo algoritmos de alerta de datos sospechosos) y posteriormente la clasificación ambiental según niveles definidos por la legislación colombiana descritos en la Resolución No 610 del 24 de marzo de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Índice de Calidad del Aire ICA.

El proceso de depuración es básicamente el conjunto de actividades o estrategias que el analista ambiental debe tener en cuenta para verificar que los datos obtenidos sean correctos y no contengan ruido o daño por factores secundarios como falla en los equipos electrónicos donde se toma la muestra, o afectaciones por actividades de monitoreo o calibración de los mismos. La depuración en sí misma es una actividad difícil de realizar y deriva en incertidumbre a la hora de aceptar o rechazar información de la captura, debido a que el recurso aire incluye innumerables variables, desde patrones de comportamiento de la población debido a la cultura, hasta el impredecible estado del clima que se registre en la zona.

Para facilitar el proceso de depuración, en CAI se han implementado estrategias que le ayudan al Analista Ambiental a la verificación y validación de los datos. La principal estrategia es el módulo de mantenimiento en el cual se involucra la programación de mantenimiento de equipos y se sistematiza el registro de visitas y mantenimiento realizado a las estaciones (Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento Preventivo) que hasta la fecha se ha llevado en el cuaderno o bitácora de mantenimiento de los técnicos de la Red, que si bien ha sido de gran

ayuda en el proceso de depuración, con el aumento de información se torna en una tarea poco práctica y con vulnerabilidad a errores humanos.

Es importante resaltar que para la clasificación de la información depurada según niveles establecidos por la normatividad colombiana se debe realizar un ajuste a los datos aplicando un factor multiplicador (Factor de Conversión a Condiciones de Referencia), dado que la normatividad está dada en condiciones de referencia y sería un grave problema clasificar información local en términos de referencia nacional. CAI permite reconocer y calcular a partir de los datos depurados el Factor de Conversión para cada una de las observaciones o muestras de las estaciones, sin embargo, para tal cálculo se debe proveer con registros de variables meteorológicas como la presión atmosférica y temperatura ambiente.

El Sistema también resuelve una de las principales preocupaciones de la Red de Aire de la CDMB, que es la conversión de los datos al formato exigido por SISAIRE-Subsistema de Información Sobre Calidad del Aire, donde se recopilan los resultados de las Redes de Vigilancia de Calidad del Aire de todo el país, siendo un gran aporte no sólo para la Red de Aire sino para la población regional y nacional porque se podrá disponer de información correcta, completa y actualizada de las estaciones de monitoreo de aire en jurisdicción de la CDMB para estudios de contaminación del aire a nivel nacional e internacional.

Con la puesta en marcha de CAI el usuario o experto en el tema ambiental deja de un lado la preocupación de cálculos estadísticos y las largas jornadas de depuración de datos, centrando su trabajo en el estudio de los resultados obtenidos en cada una de las estaciones de la red, las posibles fuentes de emisión y la toma de decisiones al respecto a beneficio de la población involucrada.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. JUSTIFICACIÓN

Hoy día existen graves problemas ambientales que aquejan a la región santandereana y con ello se afecta la calidad de vida de la población. Por ésta razón, y preocupados por la comunidad, surgió la necesidad de implementar en software el proceso de depuración y clasificación de los datos de gases contaminantes obtenidos de las estaciones de monitoreo de calidad del aire en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB.

Actualmente la CDMB cuenta con diversas estaciones de monitoreo dotadas de sensores de gases automáticos y muestreadores de material particulado semiautomáticos y manuales que miden la concentración de diferentes contaminante criterio que representan un riesgo para la Calidad del Aire, sin embargo, el software disponible para que el Analista Ambiental realizara el proceso de depuración y clasificación de los datos era limitado, teniendo que recurrir a tablas y fórmulas en hojas de Excel que tornaban complejo el cálculo de niveles de contaminación y el análisis de la información debido a la cantidad de datos manejados y las variables a tener en cuenta en la depuración para poder garantizar la veracidad del proceso.

De la problemática expuesta, nació la idea de desarrollar una solución software que consiste básicamente en una Sistema para la Vigilancia de Calidad de Aire CDMB que: agiliza el cargue y visualización de archivos de datos suministrados por las estaciones de monitoreo de calidad del aire, facilita el proceso de depuración de los datos obtenidos y permitiendo su clasificación según niveles de

contaminación contemplados en la normatividad colombiana dada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en la Resoluciones No. 601 del 4 de abril de 2006, 610 del 24 de marzo de 2010 y 650 del 29 de marzo de 2010.

La solución software desarrollada e implementada es empleada de ahora en adelante por el talento humano del Sistema de Vigilancia de la Red de Aire de la CDMB con fines investigativos y/o académicos, y gracias a ella podrán, además de realizar eficientemente la depuración y clasificación de los datos, enfocar sus esfuerzos y tiempo al análisis de las causas de la contaminación encontrada y a la toma de decisiones que favorezcan a la población involucrada.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En los últimos años se han comenzado a ver los resultados del incremento significativo de la contaminación atmosférica y con ello, sus efectos sobre la región Santandereana y puntualmente en la ciudad de Bucaramanga y su Área Metropolitana.

Actualmente la preocupación no sólo es el manejo de los desechos tóxicos y no tóxicos, el calentamiento global, el efecto invernadero, el cambio climático, la contaminación debida a las grandes fábricas... sino la principal fuente de emisión que es el creciente mercado automotriz de la ciudad y con ello su impacto sobre el aire que se respira y por ende el bienestar y la salud de la población.

Como acción preventiva de monitoreo la CDMB ha implantado una Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire que vele por obtener y publicar los niveles de contaminación de la ciudad a la comunidad.

Por otro lado, la publicación de la información a la comunidad, se ha convertido en un proceso complejo, debido al procesamiento y estudio que se requiere antes de

emisión. Lo anterior porque los datos obtenidos por los sensores de gases contaminantes del aire están afectados por diferentes factores: fallas técnicas del equipo o en las condiciones de la estación como la temperatura, los mantenimientos, señales fuera de rango... haciendo necesario e indispensable el proceso de depuración de los archivos planos.

El procesamiento de los datos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire hasta el momento ha tenido poca sistematización, en general se realiza de manera manual y requiere de largas jornadas de trabajo, lo que ha generado gran cantidad de datos en bruto sin depuración alguna y con ello deriva en incertidumbre de conocer el estado real de contaminación en las estaciones de monitoreo de calidad de aire de la CDMB.

Es por todo lo anterior que se realizó la solución software CAI Sistema para la Vigilancia de Calidad del Aire para la CDMB, que facilita al analista o investigador su desempeño en el proceso de cargue, depuración, clasificación y análisis de los datos obtenidos en las estaciones de monitoreo de aire, de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de la CDMB.

Con la puesta en marcha de la Solución Software se ha visto una gran mejoría en la productividad de la Red de Calidad de Aire, debido a que se han sistematizado procesos como el registro de visitas a estaciones o mantenimiento de equipos, la búsqueda de indicadores ICA en periodos de tiempo, la depuración y clasificación de datos como tal y la conversión de los mismos al formato exigido por SISAIRES, donde se realiza el almacenamiento masivo de la información de estaciones de monitoreo de todos los Sistemas de Vigilancia de Calidad de Aire del País gracias al Servicio Web elaborado y administrado por el IDEAM para la captura de la Información.

1.3. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una Solución Software que facilite al analista ambiental el proceso de depuración y clasificación de datos de gases contaminantes, que se obtienen en las estaciones de monitoreo de calidad del aire en el área de jurisdicción de la CDMB.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar los requerimientos necesarios para el diseño y desarrollo de la solución software que favorezca el proceso de depuración y clasificación de datos de gases contaminantes.
2. Definir e implementar en software, el proceso de depuración de datos de gases contaminantes del aire y buscar soluciones para su optimización.
3. Diseñar, describir e implementar la Base de Datos para organizar los archivos y elementos de información pertinentes al proceso de depuración y clasificación de datos.
4. Desarrollar los siguientes programas software con sus respectivas interfaces, que contribuyan a la realización del proceso de depuración y clasificación de datos que faciliten el análisis de la información obtenida.
 - 4.1. Interfaz para registro de mantenimientos realizados en las estaciones de monitoreo de la Red de Calidad del Aire de la CDMB.
 - 4.2. Interfaz de visualización de archivos pre depurados.

- 4.3. Interfaz de clasificación de datos según la normatividad colombiana nacional (Resoluciones 601 del 4 de abril de 2006 y 610 del 24 de marzo de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial).
- 4.4. Interfaz de clasificación de datos según el índice de Calidad del Aire del Área Metropolitana de Bucaramanga.

1.5. IMPACTO

Con la culminación de la práctica social se obtuvo una solución software que permite a los usuarios de la Subdirección de Ordenamiento y Planificación Integral del Territorio de la CDMB:

1. Tener acceso a una interfaz para la observación de los datos obtenidos de las estaciones junto con su depuración y clasificación según criterios establecidos por la normatividad colombiana.
2. Disminuir el tratamiento manual sobre los datos.
3. Consulta de información clasificada e indicadores de calidad del aire en zonas estratégicas de Bucaramanga y el Área Metropolitana.

El software resultante facilita la visualización y estudio de información, agilizando el proceso de análisis y la toma de acciones respecto al nivel de contaminación encontrada, dado que enseña curvas de tendencia de valores reales obtenidos en Estaciones de Monitoreo respecto a la normatividad colombiana vigente.

La herramienta permite a la CDMB y puntualmente a la Red de Monitoreo de Calidad del Aire, evitar acumular datos en bruto (datos sin proceso de depuración y clasificación ambiental), y por ende favorece la entrega a tiempo de reportes o

informes de calidad del aire a la comunidad. Inclusive se podría llegar a pensar en emitir reportes con mayor periodicidad de lo que hasta el momento se realiza, con la confianza que la información ha llevado un proceso de pre y post procesamiento adecuado.

SISAIRE es un Sistema liderado y administrado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia IDEAM, donde se pretende recolectar y consolidar la información obtenida de estaciones de monitoreo de las Corporaciones Autónomas Regionales del País, de tal forma que se garantice la disponibilidad y la calidad de la información ambiental que se requiera por parte del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT. Con la realización y uso del Sistema CAI por parte de la Red de Aire, la CDMB logra agilizar la publicación de información requerida por SISAIRE en el formato y condiciones exigidas para su aceptación, posicionándose como una de las principales Corporaciones Autónomas comprometida en el Seguimiento y Control de la Calidad de Aire y en el reporte oportuno de la información recolectada a la sociedad colombiana.

El software resultante se ha convertido en un aplicativo pionero en el tema de procesamiento de datos de Sistemas de Vigilancia de Calidad de Aire a nivel nacional, y el producto de la investigación realizada durante las fases de desarrollo del proyecto han generado importantes cuestionamientos sobre la manera como se estipula la normatividad colombiana y cómo se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire en el País. Siendo lo anterior de interés para el Ministerio de Ambiente en aras de corregir, complementar y mejorar diferentes aspectos contemplados en la legislación nacional sobre Recurso Aire.

2. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA, CDMB

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, CDMB, es un ente corporativo autónomo creado por la ley 99 de 1993, de carácter público, que se relaciona con el nivel nacional, departamental y municipal, integrado por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica.

Dotada de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargada por la ley de administrar dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables, y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT.¹⁵

La CDMB, tiene por objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como dar cumplida y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el MAVDT.

La Corporación tiene una organización basada en subdirecciones y sus respectivos grupos internos de trabajo que permiten una gestión efectiva y eficiente en la labor que se la ha encomendado.

La Subdirección de Ordenamiento y Planificación Integral del Territorio (SOPIT) de la CDMB, liderada por el ingeniero Germán Raúl Luna Martínez, tiene dentro de sus funciones el desarrollo del Sistema Básico de Información Municipal, como instrumento para hacer seguimiento a la evolución de los municipios de la

¹⁵ Naturaleza Jurídica de la CDMB. [En línea]. [Consultado 9 de Marzo 2012] Disponible en: <<http://www.cdmb.gov.co/web/index.php/la-cdmb-infomenu-228/naturaleza-juridica.html>>

jurisdicción en los aspectos ambientales, sociales, económicos e institucionales y la actualización del Sistema de Información Ambiental de la Corporación, como instrumento soporte de los procesos de planeación, ejecución, monitoreo y control¹⁶.

En cuanto al Sistema de Información Ambiental¹⁷, a esta Subdirección le corresponde desarrollar las aplicaciones de carácter técnico ambiental en sus etapas de análisis (modelo de datos), diseño (determinación de requerimientos), selección y estructuración de información, desarrollo, implantación, pruebas, capacitación, ajustes y documentación; asesorar a las diferentes dependencias de la CDMB en el levantamiento de información ambiental alfanumérica y espacial para el cargue de las bases de datos; obtener información ambiental, teniendo como soporte las bases de datos alfanuméricas y espaciales que la entidad ha desarrollado, para la generación de sistemas de indicadores ambientales; documentar la información espacial con el fin de facilitar el almacenamiento y la búsqueda de información ambiental; procesar digitalmente sensores remotos; georeferenciar las imágenes; clasificar la cobertura e interpretar en medio digital las imágenes de satélite y operar las redes de monitoreo de calidad y cantidad ambiental.

En la Figura 1 se muestra el organigrama de la institución, donde se puede apreciar la subdirección SOPIT, siendo la primera de izquierda a derecha.

¹⁶ Estructura Organizacional, SOPIT, funciones [En línea]. [Consultado 9 de Marzo 2012] Disponible en: <<http://www.cdmb.gov.co/web/index.php/sistema-de-gestie-calidad-infomenu-428.html>>

¹⁷ Estructura Organizacional, SOPIT, Sistema de Información Ambiental. [En línea]. [Consultado 9 de Marzo 2012] Disponible en: <<http://www.cdmb.gov.co/web/index.php/sistema-de-gestie-calidad-infomenu-428.html>>

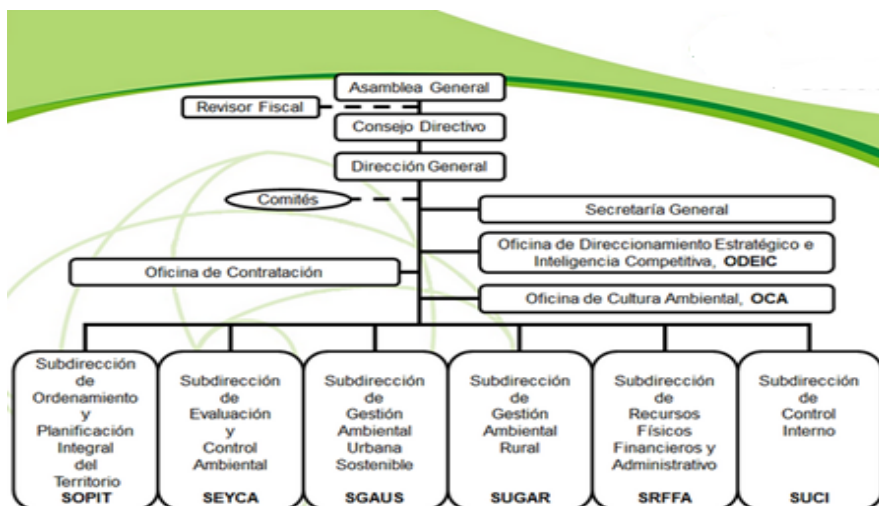
2.1. MISIÓN

“La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, es un ente público, encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, como autoridad ambiental, en el área de su jurisdicción. Su desempeño, basado en la excelencia y articulado con los diferentes actores sociales, garantiza la calidad de vida y contribuye efectivamente al desarrollo sostenible.”¹⁸

2.2. VISIÓN

“En la CDMB queremos proteger la vida de hoy y garantizar la del mañana.”¹⁹

Figura 1. Estructura Organizacional de la CDMB.



Fuente: Página Web Institucional de la CDMB²⁰.

¹⁸ Misión Código: E-GE-DE02 Versión: 1., de la CDMB. [En línea]. [Consultado 9 de Marzo 2012] Disponible en: <<http://www.cdm.gov.co/web/index.php/sistema-de-gestie-calidad-infomenu-428.html>>

¹⁹ Visión Código: E-GE-DE01 Versión: 1 de la CDMB. [En línea]. [Consultado 9 de Marzo 2012] Disponible en: <<http://www.cdm.gov.co/web/index.php/sistema-de-gestie-calidad-infomenu-428.html>>

²⁰ Imagen: Estructura Organizacional de la Empresa [En línea]. [Consultado 9 de Marzo 2012] Disponible en: <<http://www.cdm.gov.co/web/index.php/sistema-de-gestie-calidad-infomenu-428.html>>

2.3. RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE

La CDMB es una entidad con acreditación de calidad, donde su organización está dada por procesos, dentro del Proceso Misional de la empresa se encuentra el Grupo de Información e Investigación Ambiental al que pertenece la Red de Calidad de Aire o Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire de la CDMB.

La Red de Calidad de Aire está conformada por un Talento Humano especializado en la parte electrónica y ambiental que dedica sus labores a monitorear y evaluar la calidad del aire de Bucaramanga y el área Metropolitana.

2.3.1. Historia

Como acción preventiva frente al incremento de la contaminación de Bucaramanga y el área metropolitana desde el año 1996, la CDMB como autoridad ambiental inició el proceso de diseño de un Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire para evaluar y monitorear la concentración de las principales sustancias contaminantes presentes en la atmósfera de la ciudad. Como resultado ante la necesidad de conseguir los analizadores de gases contaminantes y muestreadores de material particulado, se elaboró un proyecto que fue remitido al Ministerio del Medio Ambiente, quien luego de una gestión logró obtener recursos del Banco Interamericano de Desarrollo por un valor aproximado de cuatrocientos millones de pesos.

También se contó con el apoyo económico de entidades privadas y públicas reuniendo en total una suma aproximada de ochocientos millones de pesos, con la cual la CDMB realizó el proceso de contratación para la adquisición, montaje y puesta en funcionamiento de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire.

Se instalaron cuatro estaciones meteorológicas que capturan datos de variables como velocidad del viento y dirección del viento, temperatura ambiente, humedad relativa, presión barométrica, radiación solar y lluvia; y otras cuatro estaciones automáticas para medir la contaminación del aire.

Como resultado de la gestión realizada, desde el mes de diciembre del año 2000, la CDMB tiene al servicio de la comunidad un talento humano especializado que conforma la Red de Aire, la cual reúne características de calidad, operatividad, cumplimiento y eficiencia que la ubican a la altura de las mejores a nivel nacional.

2.3.2. Estaciones de Monitoreo en Jurisdicción de la CDMB

A lo largo de los años, la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de la CDMB ha tenido algunos ajustes, tanto en la adquisición de nuevos equipos como traslados de las estaciones.

Actualmente se cuenta con ocho estaciones de monitoreo ubicadas en Bucaramanga y Floridablanca. Cinco de ellas automáticas y tres manuales.

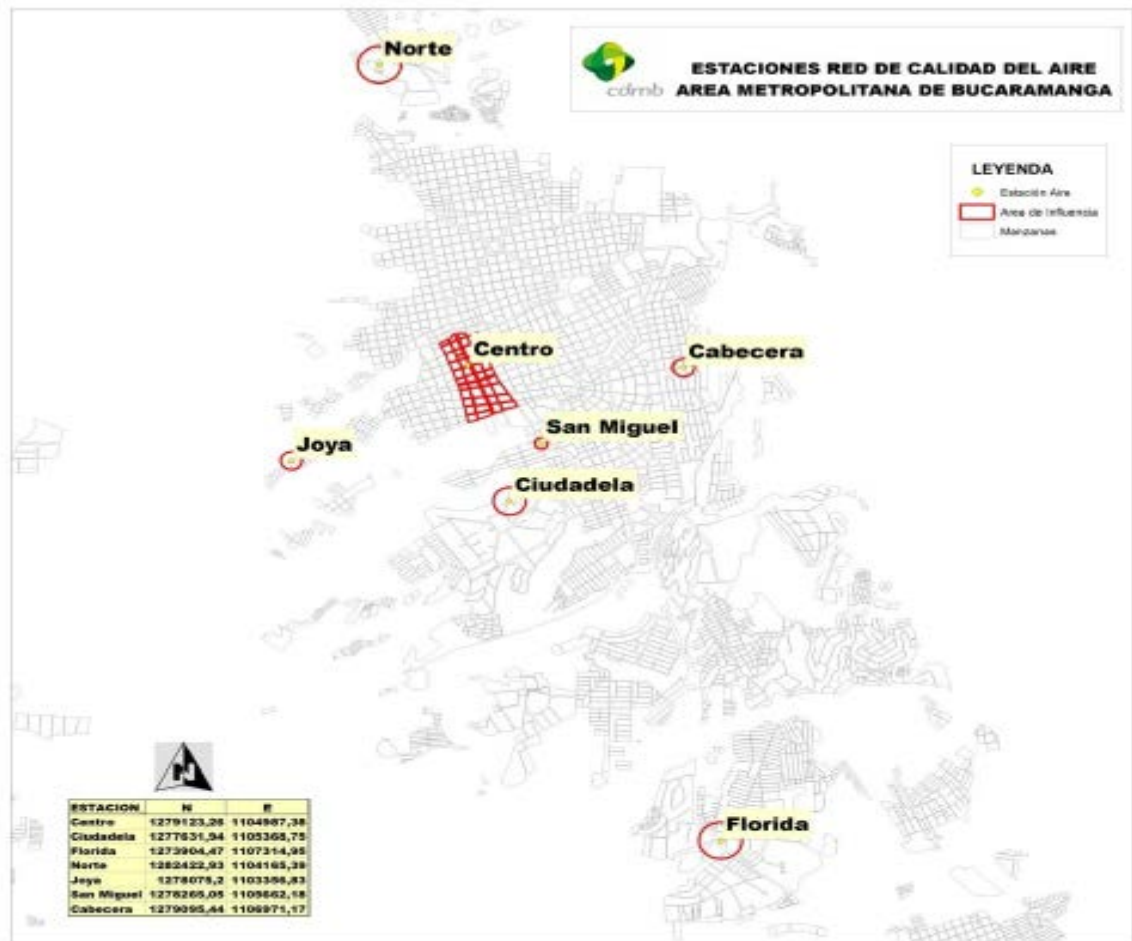
Las estaciones están dotadas con equipos para medir la cantidad de contaminación del aire en gases como: SO₂, NO₂, O₃, CO y material particulado como: PM 10 y PM 2.5, junto con variables meteorológicas. No todas las estaciones tienen los mismos equipos electrónicos ni miden los mismos contaminantes, por ello en la tabla 1 se ilustran los parámetros de medida para cada estación junto con su ubicación y tipo y en la figura 2 se muestra un mapa con la ubicación geográfica de las estaciones.

Tabla 1. Ubicación y parámetros medidos por cada Estación.

Nombre de la Estación	Tipo	Ubicación	Medición
CENTRO	Automática	CARRERA 15 CON CALLE 34 Terraza Cafetería El Faro.	NOX, SO2, CO, O3, PM10, Meteorología
	Semiautomática	CARRERA 15 CON CALLE 34 Terraza Cafetería El Faro.	PM2.5
CIUDADELA	Automática	Calle de los estudiantes, Terraza Colegio Aurelio Martínez Mutis.	NOX, CO, O3, PM10, Meteorología
FLORIDA	Automática	Terraza edificio Telebucaramanga Sede Sur de Cañaveral.	PM10 y O3 y Meteorología
CABECERA	Automática	Carrera 33 con calle 52.	NOX, SO2, CO, O3, PM10
NORTE	Automática	Terraza del Hospital Local del Norte.	PM10 y O3, Meteorología
LA CONCORDIA	Manual	Carrera 21 No. 51-20	PM10
DIRECCIÓN DE TRÁNSITO	Manual	Oficinas de la DTB: Diagonal 15 con Carrera 17.	PM10
LA JOYA	Manual	Carrera 11 OCC No 36-04.	PM10

Fuente: Autora.

Figura 2. Mapa de ubicación de las estaciones de Monitoreo de Calidad del Aire en la jurisdicción de la CDMB.



Fuente: Grupo SIA de la CDMB.

2.3.3. Equipos de Monitoreo

La red cuenta con equipos tanto manuales como automáticos y semiautomáticos. Los equipos automáticos no solo capturan información cada diez minutos reportando el promedio de datos horarios sino que facilitan la realización de las pruebas de funcionamiento, uso y mantenimiento de los mismos, en la figura 2 se puede apreciar los elementos que componen un equipo automático.

Figura 3. Equipos de monitoreo de la CDMB.



Fuente: Grupo de Calidad de Aire de la CDMB.

Los equipos de monitoreo reportan los datos en unidades de medida específicas definidas por el fabricante. Teniendo en cuenta que la mayoría de Sistemas de Vigilancia del país cuentan con equipos similares los reportes periódicos de resultados a la comunidad se generan en términos de las unidades de recolección de la información, para ello se ha definido dentro del Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire, un numeral dedicado a la conversión de los niveles de la norma nacional (Dada en la unidad de medida $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Siguiendo la metodología proporcionada por el Manual de Operación se llega a obtener la tabla 2 donde se aprecian los niveles máximos en términos de la unidad de medida de los equipos de la Red de Aire de la CDMB.

Tabla 2. Niveles máximos permisibles para contaminantes en términos de unidad reportada por los equipos de monitoreo de la CDMB.

Contaminante	Nivel Máximo Permitido	Unidad	Tiempo de Exposición
PM10	50	µg/m ³	Anual
	100	µg/m ³	24 horas
PM2.5	25	µg/m ³	Anual
	50	µg/m ³	24 horas
SO ₂	31	ppb	Anual
	96	ppb	24 horas
	287	ppb	3 horas
NO ₂	53	ppb	Anual
	80	ppb	24 horas
	106	ppb	1 hora
O ₃	41	Ppb	8 horas
	61	Ppb	1 hora
CO	8.8	Ppm	8 horas
	35	Ppm	1 hora

Fuente: Autora.

Con la tabla de niveles máximos permisibles para contaminantes en términos de la unidad de medida de los equipos de la CDMB se realiza la clasificación ambiental de los datos registrados por los equipos de monitoreo Automáticos: Analizadores de gases y Material Particulado, Semiautomáticos: Partisol que mide PM_{2.5} y Manuales HI-VOLT que miden PM₁₀.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

El aire que se respira está formado por muchos componentes químicos. Entre ellos se encuentran el nitrógeno (N_2), oxígeno (O_2), vapor de agua (H_2O), pequeñas cantidades de sustancias como dióxido de carbono, hidrógeno, metano, argón, neón y helio.

Como respuesta a las actividades humanas, el efecto sobre la calidad del aire, se ha convertido en uno de los principales problemas que aqueja a la población, hasta el punto de llegar a la necesidad de realizar monitoreos constantes para poder tomar acciones respecto a la contaminación y así mitigar el impacto a la población de tal amenaza.

La contaminación atmosférica es precisamente, el fenómeno de acumulación o concentración de contaminantes en el aire²¹. La quema de combustibles fósiles y otras actividades industriales y socio culturales han ido cambiando la composición del aire, debido a la introducción de contaminantes como el dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2), y partículas sólidas y líquidas a las que se conocen como material particulado.

Existen varias posibles fuentes de emisión para la presencia de éstos materiales en la atmósfera, las cuales tienen un efecto nocivo sobre la salud de la población, por ello la importancia de implementar sistemas de vigilancia de calidad del aire a lo largo y ancho el territorio colombiano, teniendo en cuenta la normatividad y el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire emitido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

²¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010. Artículo Primero. Contaminación Atmosférica.

3.1.1. Tipos de Emisiones

Fuentes fijas²²: Las fuentes fijas son las fuentes de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa.

Fuente móvil²³: Es la fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza.

Fuente puntual²⁴: Las fuentes fijas puntuales son aquellas que emiten contaminantes al aire por ductos o chimeneas debido a la magnitud de sus emisiones o a la complejidad de los procesos que desarrollan, tales como las refinerías y las plantas termoeléctricas u otras industrias de cierta magnitud, se les considera en forma individual.

Fuente dispersa o difusa²⁵: Las fuentes fijas dispersas o difusas son aquellas en que los focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área, por motivo del desplazamiento de la acción causante de la emisión. Ejemplo: Trituradoras, depósitos de materiales de construcción, minas, canteras, plantas de tratamiento de aguas residuales, rellenos sanitarios, quemas agrícolas controladas, entre otros.

Fuentes naturales²⁶: Son emisiones provenientes de fuentes naturales como la resuspensión del polvo, las biogénicas y los volcanes en actividad.

²² COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 601 de 2006. Definiciones-Fuente Fija.

²³ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 601 de 2006. Definiciones-Fuente Móvil.

²⁴ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 650 de 29 de Marzo de 2010. Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. Inventario de Emisiones con Fines de Diseño- Fuente Puntual.

²⁵ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 650 de 29 de Marzo de 2010. Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. Inventario de Emisiones con Fines de Diseño - Fuente Dispersa o Difusa.

²⁶ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 650 de 29 de Marzo de 2010. Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. Inventario de Emisiones con Fines de Diseño - Fuente Natural.

3.1.2. Normatividad Colombiana para la Calidad del Aire.

El encargado de hacer y difundir las normas para la calidad del aire en el territorio colombiano es el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT.

Dentro de las Resoluciones vigentes que legislan el recurso aire y las Redes de Monitoreo o Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire se encuentran las siguientes resoluciones:

1. Resolución No. 601 del 04 de abril de 2006 del MAVDT, por la cual se establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión; para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.
2. Resolución No. 610 del 24 de marzo de 2010 del MAVDT, con la cual se hacen ciertas modificaciones a la resolución 601 del 04 de Abril de 2006.
3. Resolución No. 650 del 29 de marzo de 2010 del MAVDT, “Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire” Anexo 1. Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. Anexo 2. Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire.
4. Resolución No. 651 del 29 de marzo de 2010 del MAVDT “Por la cual se crea el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire - SISAIRE”.

La normatividad es adoptada por todas las Autoridades Ambientales (CAR) a nivel nacional, sin importar las variables topográficas y/o climáticas, dado que la información que se reporta debe estar a condiciones de referencia (Ver numeral 3.2 Conversión de datos a Condiciones de Referencia), pues lo que se busca es estandarizar los Sistemas de Vigilancia de Calidad de Aire para tener un punto de

referencia de niveles de contaminación registrados en todo el territorio colombiano.

Como se puede apreciar la norma sobre Recurso Aire es relativamente nueva por lo que a lo largo de los años, y debido a la carencia de indicadores estándares para clasificar la Calidad de Aire, algunas Corporaciones (Autónomas Regionales) en uso de sus facultades decidieron enfocarse en la investigación y establecer sus propia metodología o normatividad local, de manera que fuera más fácil llegar a la comunidad en la difusión y concientización de los niveles de contaminación encontrados en el ambiente, y así poder mitigar el efecto de los mismos sobre la población.

La CDMB con miras de ser una corporación comprometida y líder en el proceso de vigilancia y seguimiento de la contaminación atmosférica, realizó su propio índice de calidad de aire IBUCA (Índice de Calidad del Aire para Bucaramanga y el Área Metropolitana) adoptado desde el año 2001, como producto de un estudio riguroso a la normatividad dada en aquel tiempo por la EPA Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) y tomando como referencia otro índice local empleado en aquél tiempo en la capital del país el IBOGA (Índice de Calidad de Aire de Bogotá).

El IBUCA ha sido de gran ayuda en el proceso de educar a la comunidad sobre la contaminación del aire, a través de niveles y colores que fueran más fáciles de entender y manejar por parte de la comunidad, en el año 2002 se dio a conocer el IBUCA mediante varias campañas pedagógicas y de socialización del índice adoptado y la contaminación registrada, desde entonces se ha empleado el IBUCA para emitir los reportes a la comunidad, realización de campañas preventivas y toma de acciones correctivas.

Como se puede notar, el IBUCA ha sido por muchos años la forma de llegar a la comunidad, sin embargo con la publicación del Protocolo para el Monitoreo de la

Calidad del Aire se introduce el indicador ICA como punto de comparación de la contaminación encontrada en todo el territorio Nacional y se exige a las autoridades ambientales competentes, realizar mediciones de calidad del aire en el área de su jurisdicción, de conformidad con lo establecido en el mismo, evitando continuar con el proceso de clasificación del aire bajo índices locales y enfocándose únicamente en la normatividad colombiana.

3.1.2.1. Resolución No. 610 de 2010

El 24 de marzo de 2010 se publica la resolución 610 del MAVDT, con la cual se modifica la resolución 601 del 4 de abril de 2006 emitida por el MAVDT, estableciendo la norma de calidad del aire o nivel de inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.

Se consideran cuatro niveles de contaminación:

- 1. Nivel Normal (Nivel I)²⁷:** Es aquel en que la concentración de contaminantes en el aire y su tiempo de exposición o duración son tales, que no producen efectos nocivos, directos ni indirectos, en el medio ambiente o la salud humana.

- 2. Nivel de Prevención (Nivel II)²⁸:** Es aquel que se presenta cuando las concentraciones de los contaminantes en el aire y su tiempo de exposición o duración, causan efectos adversos y manifiestos, aunque leves, en la salud humana o en el medio ambiente tales como irritación de las mucosas,

²⁷ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010. Definiciones, Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión-(Nivel I).

²⁸ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010. Definiciones, Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión-(Nivel II).

alergias, enfermedades leves de las vías respiratorias o efectos dañinos en las plantas, disminución de la visibilidad u otros efectos nocivos evidentes.

3. Nivel de Alerta (III)²⁹: Es aquel que se presenta cuando la concentración de contaminantes en el aire y su duración o tiempo de exposición, puede causar alteraciones manifiestas en el medio ambiente o la salud humana y en especial alteraciones de algunas funciones fisiológicas vitales, enfermedades crónicas en organismos vivos y reducción de la expectativa de vida en la población expuesta.

4. Nivel de Emergencia (IV)³⁰: Es aquel que se presenta cuando la concentración de contaminantes en el aire y su tiempo de exposición o duración, puede causar enfermedades agudas o graves u ocasionar la muerte de organismos vivos, y en especial de los seres humanos.

Se establecen los Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes.

En la Tabla 3 se establecen los niveles máximos permisibles a condiciones de referencia para contaminantes criterio, los cuales se calculan con el promedio geométrico para PST y promedio aritmético para los demás contaminantes.³¹

²⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010. Definiciones, Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión-(Nivel III).

³⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010. Definiciones, Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión-(Nivel IV).

³¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010. Artículo 4: Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio.

Tabla 3. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio.

Contaminante	Nivel Máximo Permitido ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de Exposición
PST	100	Anual
	300	24 horas
PM10	50	Anual
	100	24 horas
PM2.5	25	Anual
	50	24 horas
SO2	80	Anual
	250	24 horas
	750	3 horas
NO2	100	Anual
	150	24 horas
	200	1 hora
O3	80	8 horas
	120	1 hora
CO	10.000	8 horas
	40.000	1 hora

Fuente: Resolución No. 610 del 24 de Marzo de 2010 emitida por el MAVDT.³²

³² COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010. Artículo 4: Tabla1.Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio.

Niveles de Prevención, Alerta y Emergencia por Contaminación del Aire: ³³

La concentración a condiciones de referencia y el tiempo de exposición bajo los cuales se debe declarar por parte de las autoridades ambientales competentes los estados excepcionales de Prevención, Alerta y Emergencia, se establecen en la Tabla 4.

Los niveles reportados en la Tabla 4 se usan cuando la contaminación en un periodo de tiempo excede los valores permitidos en la Tabla 3.

Tabla 4. Concentración y tiempo de exposición de los contaminantes para los niveles de prevención, alerta y emergencia. ³⁴.

Contaminante	Tiempo de Exposición	Prevención ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alerta ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Emergencia ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PST	24 horas	375	625	875
PM 10	24 horas	300	400	500
SO ₂	24 horas	500	1.000	1.600
NO ₂	1 hora	400	800	2.000
O ₃	1 hora	350	700	1.000
CO	8 horas	17.000	34.000	46.000

Fuente: Resolución No. 610 de 24 de Marzo de 2010 emitida por el MAVDT.

³³ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 de 2010. Artículo 10. Declaración de los Niveles de Prevención, Alerta y Emergencia por Contaminación del Aire.

³⁴ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 de 2010. Artículo 10. Declaración de los Niveles de Prevención, Alerta y Emergencia por Contaminación del Aire, Tabla 4.

3.1.2.2. Índice de Calidad del Aire-CAI

Con la publicación de la Resolución No. 650 del 29 de Marzo del 2010 del MAVDT se da a conocer el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, donde se indica una estandarización no solo en el establecimiento y operación de las SVCA sino en la clasificación de los niveles de contaminación de todo el territorio Colombiano mediante la implementación del Índice nacional de Calidad del Aire ICA.

El ICA es un valor unidimensional que oscila entre 0 y 500, con este valor se puede analizar los efectos de la contaminación sobre la salud y tomar acciones preventivas al respecto. El Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, presenta dos tablas complementarias a la de los Puntos de Corte del ICA Tabla 5: Efectos sobre la Salud y Acciones Preventivas.

Tabla 5. Puntos de corte del ICA.³⁵

ICA	COLOR	CLASIFICACIÓN	O ₃ 8h ppm	O ₃ 1h ppm	PM ₁₀ 24h µg/m ³	PM _{2,5} 24h µg/m ³	CO 8h ppm	SO ₂ 24h ppm	NO ₂ 1h ppm
0-50	Verde	Buena	0,000 0,059	-	0 54	0,0 15,4	0,0 4,4	0,000 0,034	-
51-100	Amarillo	Moderada	0,060 0,075	-	55 154	15,5 40,4	4,5 9,4	0,035 0,144	-
101-150	Naranja	Dañina a la salud para grupos sensibles	0,076 0,095	0,125 0,164	155 254	40,5 65,4	9,5 12,4	0,145 0,224	-
151-200	Rojo	Dañina a la salud	0,096 0,115	0,165 0,204	255 354	65,5 150,4	12,5 15,4	0,225 0,304	-
201-300	Púrpura	Muy dañina a la salud	0,116 0,374 (0,155 0,404) -	0,205 0,404	355 424	150,5 250,4	15,5 30,4	0,305 0,604	0,65 1,24
301-400	Marrón	Peligrosa	-	0,405 0,504	425 504	250,5 350,4	30,5 40,4	0,605 0,804	1,25 1,64
401-500	Marrón	Peligrosa	-	0,505 0,604	505 604	350,5 500,4	40,5 50,4	0,805 1,004	1,65 2,04

Fuente: Autora.

³⁵ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 650 de 29 de Marzo de 2010. Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. En numeral: 7.6.7.3. Puntos de corte del índice nacional de calidad del aire.

El ICA será calculado a partir de la ecuación (1), que corresponde a la fórmula de cálculo dada en la metodología utilizada por la EPA para el cálculo del AQI³⁶.

$$Ip = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{H1} - BP_{Lo}} - (Cp - BP_{Lo}) + I_{Lo} \quad (1)$$

Dónde:

I_p = Índice para el contaminante p

C_p = Concentración medida para el contaminante p

BP_{H1} = Punto de corte mayor o igual a C_p

BP_{Lo} = Punto de corte menor o igual a C_p

I_{Hi} = Valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente al BP_{H1}

I_{Lo} = Valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente al BP_{Lo}

3.2. CONVERSIÓN DE DATOS A CONDICIONES DE REFERENCIA

Para poder realizar la clasificación de los datos tanto ICA como norma se debe realizar una conversión de los mismos a condiciones de referencia:

Las 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 Hg (1 atmósfera de presión)³⁷.

La conversión se define en el Anexo 2 de Resolución No. 610 de 2010: Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire, numeral 7.3.2.8. *Comparación de los valores de concentración con la norma*. En el numeral se presenta una metodología tanto para el cálculo de las concentraciones a

³⁶ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 650 de 2010. Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. En numeral: 7.6.7.4. Cálculo del índice nacional de calidad del aire.

³⁷ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución No. 610 del 24 de marzo de 2010 - Artículo Primero, Condiciones de Referencia.

condiciones de referencia (Temperatura: 298,15 K y Presión: 760 mmHg I 101.325 Pa I 101,325 KPa) a partir de los valores promedios horarios de concentración³⁸.

Dado que en la Resolución 601 de 2006 establece en su Capítulo II, artículo 4o los niveles máximos permisibles para contaminantes criterio y los tiempos de exposición para cada contaminante. En la Tabla 6 se muestra en resumen por periodo, en los cuales cada contaminante debe ser comparado.

Tabla 6. Periodo de tiempo por Contaminante.

Periodo de Tiempo	Contaminante
1 Hora	CO, O3, NO2
3 Horas	SO2
8 Horas	O3, CO
24 Horas	PST, PM10, PM2.5, SO2, NO2
Anual	PST, PM10, PM2.5, SO2, NO2

Fuente: Autora.

Para comparar los datos de calidad de aire obtenidos de las mediciones con la norma nacional, debe seguirse un procedimiento básico, similar para todos los posibles casos de comparación. De forma general el procedimiento que se sigue es el siguiente:

Debido a que las normas establecidas en la legislación colombiana se encuentran definidas a condiciones de referencia, es necesario expresar cada dato obtenido a estas mismas condiciones de referencia. En ningún momento es correcto expresar

³⁸ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 650 de 29 de Marzo de 2010. Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. En numeral 7.3.2.8. Comparación de los valores de concentración con la norma.

la norma nacional (condiciones de referencia) a norma local (condiciones propias de cada ciudad), para realizar la comparación³⁹.

Para expresar los datos horarios a condiciones de referencia y establecer la comparación con la norma, se parte de la ecuación de gas ideal (2) y se establecen las correspondientes relaciones.

$$PV = nRT \quad (2)$$

Dónde:

P: Presión

V: Volumen

n: Número de moles

R: Constante de los gases ideales.

$$R = [8.31451 \text{ (Pa}\cdot\text{m}^3) / (\text{K}\cdot\text{mol}) , \text{o, } 0.0820578 \text{ l}\cdot\text{atm} / (\text{K} \cdot \text{mol})]$$

T: Temperatura (siempre expresada en grados Kelvin, K).

A través de la ecuación del gas ideal, puede determinarse la concentración en función de la presión, la temperatura y el peso molecular de la sustancia de la que se desea cuantificar su presencia en el gas, realizando el siguiente proceso (3)-(7):

$$PV = n * RT \quad (3)$$

$$PV = \frac{m*RT}{PM} \quad (4)$$

$$P = \frac{m}{V} * \frac{RT}{PM} , \text{ Como } \frac{m}{V} = C \quad (5)$$

³⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 650 de 29 de Marzo de 2010. Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. En numeral: 7.3.2.8. Comparación de los valores de concentración con la norma.

$$P = C * \frac{RT}{PM} \quad (6)$$

$$C = \frac{P*PM}{R*T} \quad (7)$$

Dónde:

m : Masa de la sustancia que se quiere determinar en el gas (Kg)

PM : Peso molecular de la sustancia a determinar (Kg/Kmol)

C : Concentración de la sustancia en el gas (Kg/m³ ó g/l)

Ahora bien, del tratamiento matemático anterior realizado a la ecuación del gas ideal, se llega a la conclusión que dependiendo del contaminante (de sus propiedades físicas como masa y peso molecular) y de las condiciones atmosféricas (presión y temperatura) se obtendrán determinados valores de concentración; por lo tanto es válido afirmar que la concentración del contaminante i a condiciones de referencia es igual al producto del peso molecular de dicho contaminante por la relación existente entre las condiciones estándar de presión y temperatura (P_{st}, T_{st}):

$$(C_i)_{st} = \frac{P_{st}*PM_i}{R*T_{st}} \quad (8)$$

Como los datos promedio de concentración que se obtienen del monitoreo de calidad de aire, corresponden a los valores de concentración de cada contaminante en particular obtenidos a las condiciones locales de presión y temperatura, y dichas condiciones son diferentes a las condiciones de referencia, entonces los datos de concentración que se obtienen en realidad corresponden a:

$$(C_i)_j = \frac{(P)_j * PM_i}{R * T_j} \quad (9)$$

Dónde:

$(C_i)_j$: Concentración del contaminante i en la región o ciudad j

$(P)_j$: Presión en la región o ciudad j , es decir la condición local de presión

T_j : Temperatura en la región o ciudad j , es decir la condición local de temperatura

PM_i : Peso molecular del contaminante medido

R : Constante de los gases ideales (8.314 m³.KPa/Kmol K l ó 0.082 1 atm/mol*K)

En conclusión, los datos obtenidos en las cabinas se tienen referenciados a las condiciones locales de la región o ciudad para los cuales se realizó la medición; pero estos a su vez deben ser comparados con la norma nacional, la cual se encuentra expresada a condiciones de referencia o condiciones estándar (760 mmHg de presión o 101.325 Pa o 101,325 KPa y a una temperatura de 298,15 K). Por tal razón, es necesario expresar los datos promedios obtenidos de la medición a valores promedios de concentración expresados a condiciones de referencia, lo cual se realiza de mediante la ecuación (10):

$$\frac{(C_i)_{st}}{(C_i)_j} = \frac{\frac{P_{st} * PM_i}{R * T_{st}}}{\frac{(P)_j * PM_i}{R * T_j}} = \frac{P_{st} * PM_i * R * T_j}{R * T_{st} * (P)_j * PM_i} \quad (10)$$

Finalmente los datos obtenidos a condiciones locales $(C_i)_j$ son expresados bajo condiciones de referencia, empleando la expresión (11):

$$(C_i)_{st} = \frac{(P)_{st} * PM_i * R * (T)_j}{R * (T)_{st} * (P)_j * PM_i} * (C_i)_j \quad (11)$$

Simplificando la expresión (11) se obtiene la fórmula (12):

$$(C_i)_{st} = \frac{(P)_{st} * (T)_j}{(T)_{st} * (P)_j} * (C_i)_j \quad (12)$$

Tan pronto como se hayan expresado los datos promedio de concentración horaria a condiciones de referencia, se procede a compararlos con la norma nacional para el periodo de tiempo estipulado o a aplicar la clasificación ICA estableciendo niveles de contaminación del aire entre Buena y Peligrosa.

3.3. SISTEMA DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE

Un Sistema de Vigilancia de la Calidad de Aire (SVCA) está compuesto por un conjunto de equipos de medición de calidad del aire instalados sistemáticamente en lugares estratégicos para medir la cantidad presente de contaminantes en el aire de determinadas regiones o áreas en un periodo de tiempo determinado⁴⁰.

Aparte de la medición de las variables químicas y el material particulado que componen los contaminantes criterio del aire definidos en la normatividad colombiana, el Sistema para la Vigilancia de Calidad del Aire realiza el proceso de verificación y validación de la información obtenida en las Estaciones de Monitoreo, generando la clasificación ambiental y posteriormente publicando a la comunidad los niveles de contaminación encontrados en el área de su jurisdicción.

⁴⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 650 de 29 de Marzo de 2010. Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. En Numeral: 3. Tipos De Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire Según su Tecnología.

Los SVCA hacen uso de muestreadores o equipos que pueden ser:

- 1. Manuales:** Recolectan las muestras de contaminantes por métodos físicos o químicos para un posterior análisis en laboratorio. Por lo general toman un volumen conocido de aire y lo bombean a través de un colector (un filtro en el caso de las partículas o una solución química para los gases), por un periodo de tiempo determinado. Después el colector es retirado y llevado al laboratorio para su análisis⁴¹.
- 2. Automáticos:** La información que genera este sistema de medición, permite evaluar el comportamiento de los contaminantes atmosféricos, tanto en el tiempo como en el espacio. Además, por la confiabilidad y oportunidad de los datos que genera, se emplea para definir políticas y estrategias de prevención y control de la contaminación, al igual que para evaluar la eficacia de los programas que se implanten. Pueden proporcionar mediciones de tipo puntual con alta resolución (promedios horarios o cada 10 minutos), para la mayoría de los contaminantes criterio (SO₂, NO₂, CO, PST, PM₁₀, PM_{2.5}).⁴²
- 3. Semiautomáticos:** Son muestreadores activos a los que se les han incorporado sistemas electrónicos para mejorar la calidad y despejar la incertidumbre en las mediciones. Al igual que los muestreadores activos manuales, necesitan de análisis posterior de la muestra.⁴³

⁴¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 650 de 29 de Marzo de 2010. Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire.

En numeral: 6.5.2.2. Muestreadores activos manuales.

⁴² COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 650 de 29 de Marzo de 2010. Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. En numeral: 6.5.2.4. Analizadores automáticos.

⁴³ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 650 de 29 de Marzo de 2010. Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. En numeral: 6.5.2.3. Muestreadores activos semiautomáticos.

Todos los sistemas de Vigilancia del país están legislados por las Resoluciones concernientes a la Calidad del Aire emitidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y por el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire en el que se anexan dos manuales que guían el proceso de diseño y operación de los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire.

1. MANUAL DE DISEÑO DE SISTEMAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE: El Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire contiene todos los lineamientos y elementos conceptuales para el diseño de un SVCA.
2. MANUAL DE OPERACION DE SISTEMAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE. El Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire explica los procedimientos para operar un SVCA.

3.4. SOLUCIÓN SOFTWARE

Una solución software está constituida por aquellos programas o componentes lógicos que permiten resolver falencias o necesidades del usuario y la documentación asociada al producto. La solución software debe contar con la funcionalidad y el rendimiento requerido por el usuario, además de ser mantenible, confiable y fácil de utilizar.

Lo que buscan las empresas con una solución software es la automatización de procesos operativos, proporcionar información que sirva de apoyo al proceso de toma de decisiones y lograr ventajas competitivas a través de su implantación y uso.

Las soluciones software tienen ciertos atributos que finalmente reflejan la calidad del producto, incluyendo el comportamiento durante la ejecución, la estructura y organización del programa fuente y en la documentación asociada.

Algunas características esenciales de un sistema de software bien diseñado son:

44

MANTENIBILIDAD: El software debe escribirse de tal forma que pueda evolucionar para cumplir las necesidades de cambio de los usuarios.

CONFIABILIDAD: La confiabilidad del software tiene un gran número de características, incluyendo la funcionalidad, fiabilidad y seguridad.

EFICIENCIA: El software no debe permitir malgasto de los recursos del sistema, como la memoria y los ciclos de procesamiento.

USABILIDAD: El software debe ser fácil de utilizar, sin esfuerzo adicional, por el usuario para quien está diseñado. Debe tener una interfaz de usuario apropiada y una documentación adecuada.

De igual forma es necesario seguir un método de Ingeniería del Software, cuyo propósito sea facilitar la producción del sistema de alta calidad. Algunos componentes importantes dentro del método son:⁴⁵

DESCRIPCIÓN DEL MODELO DEL SISTEMA: Descripción de modelos del sistema a desarrollar y notación utilizada.

REGLAS: Restricciones que se aplican a los modelos del sistema. Cada entidad del modelo debe tener un nombre único.

RECOMENDACIONES: Heurística que caracteriza una buena práctica de diseño.

GUIAS DE PROCESO: Descripción de las actividades durante el desarrollo.

⁴⁴ Sommerville, I. INGENIERÍA DEL SOFTWARE, Séptima edición. Pearson Addison Wesley, España, 2006. CAPÍTULO 1. ¿Cuáles son los atributos de un buen software? Página 12.

⁴⁵ Sommerville, I. INGENIERÍA DEL SOFTWARE, Séptima edición. Pearson Addison Wesley, España, 2006. CAPÍTULO 1. ¿Qué son los métodos de la Ingeniería del Software? Página 11.

3.5. ORACLE

Oracle es un sistema de Base de Datos Relacional “extremadamente potente y flexible”⁴⁶, que proporciona además de un manejador de base de datos, numerosas herramientas para el usuario, el desarrollo y la administración de la misma convirtiéndola en una herramienta robusta.

Desde hace muchos años la CDMB ha implementado en Software sus aplicaciones Corporativas bajo bases de Datos Oracle, contando con todos los beneficios que trae el uso de éste motor de base datos desde el punto de vista de la seguridad, administración y portabilidad que ofrece. En la actualidad se cuenta con una versión de base de datos Oracle 10g, la cual fue migrada hace tan solo unos meses, escalando de una versión 9i.

Oracle permite gestionar los datos y las aplicaciones basándose en una lógica estándar: El modelo relacional. En la CDMB se contemplan unos estándares para el diseño de las bases de datos y el modelo relacional, en el nombramiento de tablas y entidades de las tablas según el sistema en ejecución, junto con sus restricciones (“---”_PK).

Para poder diseñar aplicaciones que sean usadas por los funcionarios de la entidad atendiendo a sus diferentes procesos, es necesario incluir un Lenguaje Procedimental/Lenguaje Estructurado de Consulta PL/SQL, un lenguaje de 5ª generación, bastante potente para acceder a bases de datos desde diferentes entornos y está integrado con el servidor de bases de datos (Servidor de Producción P), por lo que su código puede ser procesado de forma rápida y eficiente.

⁴⁶ Urman, S. ORACLE 9i Programación PL/SQL. McGraw-Hill, España. 2002. Visto en: Introducción, página xxiii.

La CDMB se basa en la tecnología cliente/servidor, pues bien, para la utilización del Sistema de Información Corporativo (SIC) se requiere la instalación de la herramienta servidor (Oracle 10g) para poder acceder a la base de datos desde otros equipos Clientes, con herramientas de desarrollo y Oracle Developer, que son las herramientas básicas de programación sobre Oracle.

“PL/SQL amplía la funcionalidad y flexibilidad de SQL añadiendo estructuras de las que pueden encontrarse en otros lenguajes procedimentales como:

- a. Variables y tipos.
- b. Estructuras de control, como bucles e instrucciones IF-THEN-ELSE.
- c. Procedimientos y Funciones.
- d. Tipos de objetos y métodos (En PL/SQL versión 8 o superior)”⁴⁷.

3.5.1. Oracle Developer 6i

Oracle Developer 6i ofrece un estándar de programación adaptado a las normas de SQL Oracle y un entorno de programación para facilitar el desarrollo de aplicaciones de bases de datos y sistemas de información.

Usando SQL Developer 6i, se puede navegar por objetos de la base de datos, correr sentencias unidades de programa, algoritmos y scripts SQL; además de depurar sentencias PL/SQL. Developer mejora la eficiencia y el desarrollo de tareas de la base de datos, también permite conectarse a cualquier versión de Oracle 9.2.0.1 o menor y ejecutarse en Sistemas Operativos como Windows, Linux o Mac OSX⁴⁸.

⁴⁷ Urman, S. ORACLE 9i Programación PL/SQL. McGraw-Hill, España. 2002. Visto en: Introducción a PL/SQL, página 4.

⁴⁸ Oracle SQL Developer Tutorial, What is Oracle SQL Developer? [En línea]. [Consultado 11 de Marzo 2012] disponible en <<http://st-curriculum.oracle.com/tutorial/SQLDeveloper/index.htm>>

Los aplicativos corporativos de la CDMB que conforman el SIC de la Entidad están desarrollados en Oracle Developer 6i, incluyendo sus herramientas: Oracle Developer Graphics Runtime 6i, Oracle Developer Forms Runtime 6i, Oracle Developer Reports Runtime 6i y Oracle Client según el tipo de aplicación y la necesidad del usuario.

Los componentes principales de los aplicativos Developer son: Forms, Reports y Graphics.⁴⁹

Forms: Es la parte del entorno de desarrollo en la que se construyen los módulos de formularios. También proporciona el entorno de trabajo para desarrollar menús y módulos de biblioteca PL/SQL. Las formas son las interfaces de usuario con las que los funcionarios de la entidad realizan sus procesos y procedimientos. Las formas se renombran siguiendo la sigla otorgada a cada aplicativo y el número propio de la interfaz, dependiendo de la ubicación del menú: Procesos, Consultas, Listados, Administración y Ayuda.

Reports: Es la parte del entorno de desarrollo con la que se realizan los módulos de informes. En este entorno se puede hacer referencia a elementos de consultas externas, y se pueden configurar y almacenar elementos de depuración. El Report Builder también incluye bibliotecas y elementos de base de datos.

Los reportes generados por los aplicativos de la entidad pueden ser generados por pantalla o exportados a archivos PDF, Excel, texto, etcétera, según requerimiento del funcionario.

Graphics: Es parte del entorno en el que se desarrollan los módulos de pantalla. Un módulo de pantalla puede ser uno o más gráficos que se derivan de datos de base de datos, o pueden contener cualquier combinación de elementos gráficos con o sin referencia a la base de datos.

⁴⁹ Genero, M. Manual de Developer. Capítulo 1: Introducción a ORACLE DEVELOPER

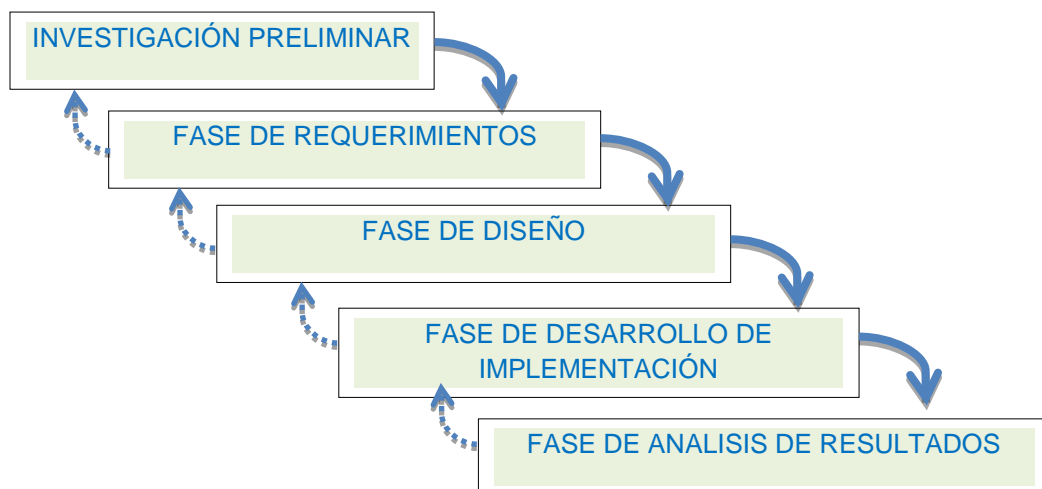
4. METODOLOGÍA

Para garantizar la realización de la Solución Software se estableció una metodología de ciclo de vida. Los modelos de ciclo de vida se han realizado para mostrar las etapas de desarrollo involucradas en la realización de un proyecto de software, junto con la documentación requerida, de manera que cada etapa se valide antes de continuar con la siguiente etapa.

La metodología empleada en el desarrollo del proyecto fue: Modelo en Cascada (Model Waterfall), porque es la sugerida por la CDMB para el Desarrollo de sus Proyectos de Ingeniería de Software. El modelo de ciclo de vida en cascada, propuesto inicialmente por Royce en 1970, fue adaptado para el software a partir de ciclos de vida de otras ramas de la ingeniería. Se define como una secuencia de fases donde en la etapa final de cada una de ellas se reúne la documentación para garantizar que cumple con las especificaciones y los requisitos antes de pasar a la siguiente fase.

En la Figura 4 se muestran las cinco etapas de la metodología en Cascada contempladas en la realización del proyecto.

Figura 4. Modelo en Cascada.

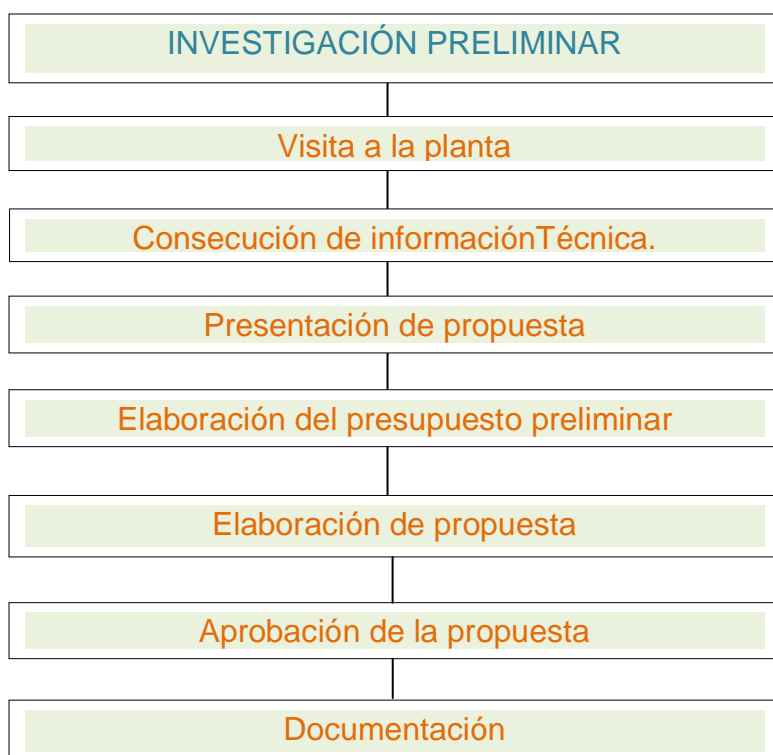


Fuente: Autora.

4.1. INVESTIGACIÓN PRELIMINAR

Como se puede observar en la Figura 5, la fase de investigación preliminar a su vez se desarrolla en siete etapas las cuales consisten en:

Figura 5. Fase de Investigación Preliminar.



Fuente: Autora.

Visita a la Planta: Consistió en una serie de visitas que se realizaron al grupo de investigaciones de medio ambiente en la UIS y a la CDMB con el objetivo de documentarse acerca de la forma cómo se llevaba a cabo el monitoreo o seguimiento de la calidad de aire en la universidad y en el municipio, conocer la periodicidad de los monitoreos, las herramientas Software y Hardware con las que se contaba y la Normatividad Ambiental sobre el Recurso Aire.

Consecución de Información Técnica: Por medio de las visitas y las entrevistas realizadas tanto a los ingenieros electrónicos Henry Castro y Manuel Campos integrantes del grupo de trabajo de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire en la CDMB durante el tiempo de la consecución de la información técnica, se recopiló información respecto a la Normatividad Nacional y Local para la Calidad del Aire, lo cual ayudó en la realización del marco teórico para el proyecto, tanto en la parte ambiental como en la parte correspondiente a la Red de Aire.

También se contactó con los ingenieros: Ing. Carlos Mauricio Torres Galvis coordinador del grupo de Información e Investigación Ambiental, Ing. Germán Infante, coordinador del Grupo de Tecnologías de la Información, Ing. Elizabeth Cepeda e Ing. Edgar Augusto Serrano Munar Integrantes del grupo SIA Sistema de Información Ambiental. Se asignó al ing. Edgar Augusto Serrano Munar como tutor de la practicante en el desarrollo de la solución software, debido a su relación directa con los aplicativos ambientales de la Institución.

Presentación de la Propuesta: Con la asesoría del director de práctica Mg. Pedro Javier Trujillo Tarazona se elaboró y presentó la propuesta a la dirección de Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, y a la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, para la realización de la Práctica Social. La propuesta contemplaba el título, objetivo general y justificación del proyecto.

Como resultado se obtuvo en la Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática la aprobación del título, objetivo y justificación, junto con la modalidad de Proyecto de Grado como Práctica Social, y en la CDMB se obtuvo la resolución de nombramiento de la Estudiante Paula Camila Bravo Rivera como practicante de la Universidad Industrial de Santander para la subdirección SOPIT.

Elaboración del Presupuesto Preliminar: Se realizó un presupuesto inicial para la realización del proyecto, en él se contempla: Recursos Humanos, Hardware y otros como papelería, internet, transporte, etcétera. Dicha estimación inicial del

proyecto es equivalente a \$24.301.200.00, para mayor información se puede consultar el Plan de Práctica numeral 7. Presupuesto.

Elaboración del Plan de Práctica: Contempló la realización del plan de proyecto, en el plan se incluyó la información del trabajo a realizar como objetivo general y específicos, introducción, justificación, impacto y alcance.

Se incluyó un marco teórico producto de la investigación preliminar, consultas bibliográficas y apreciaciones dadas por los funcionarios de la CDMB conocedores del tema de la Calidad del Aire, también se definió la metodología en Cascada para el desarrollo del proyecto, conforme a las sugerencias dadas en la CDMB para el desarrollo de aplicaciones Oracle.

Aprobación de la Propuesta: Posterior a la verificación del plan por parte del tutor Ing. Edgar Augusto Serrano Munar, y del director de práctica Mg. Pedro Javier Trujillo Tarazona, se presentó ante la Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática asignando como evaluador al Dr. Jaime Octavio Albarracín Ferreira quien revisó y aprobó el plan dando por iniciado el proyecto de grado con modalidad de práctica social.

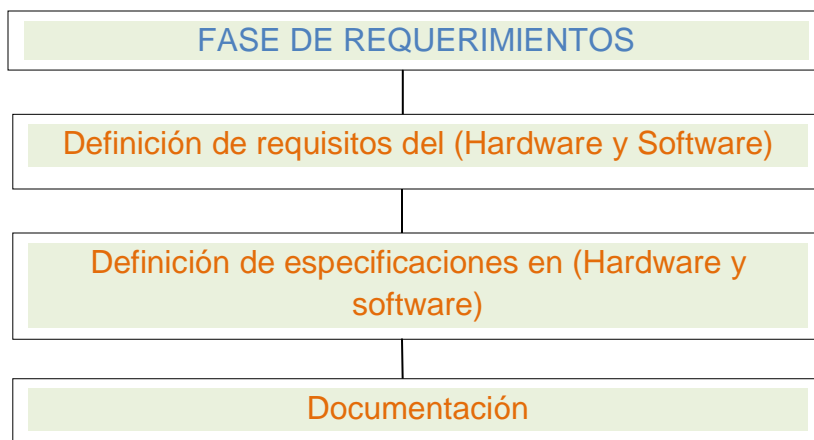
Documentación: Se realizó la documentación de la primera fase, en ella se incluyó el plan de práctica con los numerales mencionados, el convenio marco de cooperación institucional entre la UIS y la CDMB, el acta de inicio de práctica social, y documentos anexos como la normatividad colombiana Resolución No. 650 de 2006 del MAVDT, Resolución No. 610 de 2010 del MAVDT, los anexos 1 y 2 a la resolución 610 que conforman el PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE.

La documentación evidencia el cumplimiento de la primera fase de desarrollo del proyecto, convirtiéndose en base para seguir a la siguiente fase de desarrollo: Fase de Requerimientos.

4.2. FASE DE REQUERIMIENTOS

Como se puede apreciar en la Figura 6, la fase de requerimientos está compuesta de tres etapas que se explicarán una a una a continuación.

Figura 6. Fase de Requerimientos.



Fuente: Autora.

Definición de requisitos del (Hardware y Software):

En esta etapa se determinó el contexto para el cual se creó el aplicativo. Se obtuvieron los requerimientos que se debían cumplir para atender y resolver las necesidades del usuario.

Como producto de varias entrevistas con los ingenieros de sistemas del grupo de Información e Investigación Ambiental e ingenieros y técnicos de la red de aire de la subdirección SOPIT se logró definir:

- **Características de la población objetivo:** La población hacia la que va dirigido el software son ingenieros electrónicos, químicos y ambientales conocedores del principio de funcionamiento de equipos analizadores de gases contaminantes del aire, muestreadores de material particulado y

centralizadores de información “Datalogger”, con conocimientos específicos en el tema de la Calidad del Aire, de la Normatividad Colombiana que rige los Sistemas de Vigilancia de la Calidad de Aire y el recurso aire en general.

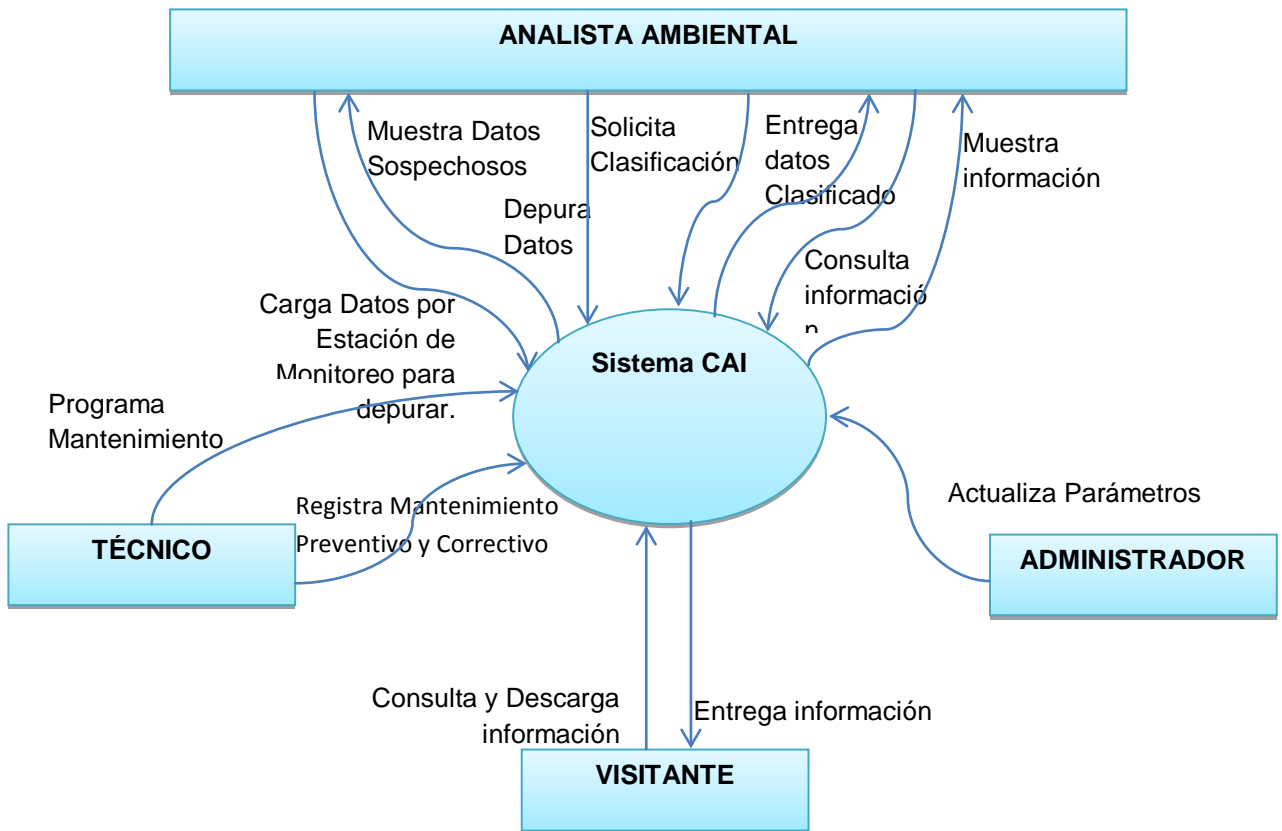
El lenguaje de la población objetivo es técnico desde el punto de vista electrónico, químico y ambiental.

- **Problema o necesidad a atender:** El principal problema manifestado por los usuarios fue la necesidad de implementar en software el proceso de depuración y clasificación de la información recolectada en las estaciones de monitoreo de calidad de aire de la CDMB, teniendo en cuenta que dicho proceso involucra unas actividades paralelas como el registro de mantenimiento preventivo y correctivo, la conversión de información de condiciones locales a condiciones de referencia, entre otras.
- **Alternativa de solución:** La solución encontrada a la problemática expuesta fue la creación del solución software CAI-“Sistema para la Vigilancia de la Calidad del Aire”, bajo los estándares de desarrollo de aplicativos Oracle de la CDMB, teniendo en cuenta el cumplimiento de los objetivos planteados, el seguimiento de la metodología, la satisfacción de los usuarios a los que va dirigido y la funcionalidad del sistema.

Se realizó un estudio de reconocimiento de los recursos y herramientas software con los que cuenta la red de aire (E-DAS Para la descarga de datos de los equipos de monitoreo, ORACLE– Para cargue de información a la Base de Datos de la CDMB, Plantillas Excel- Para depuración y clasificación de la información.) para definir el proceso de la red desde el momento de recolección de la información hasta la publicación de la misma a la comunidad.

Se establecieron los usuarios junto con sus principales interacciones con el sistema mediante un diagrama de contexto que se puede apreciar en la Figura 7.

Figura 7. Diagrama de Contexto del sistema.



Fuente: Autora.

En la Tabla 7 y 8 se definen los Actores del Sistema y sus responsabilidades dentro del mismo.

Tabla 7. Definición de Actores: Administrador, Visitante y Analista Ambiental.

ACTORES	
Actor	Administrador
Responsabilidades	Actualizar información ambiental, Actualizar información de la Red.
Descripción	Es la persona que tiene los permisos otorgados para realizar cambios en la plataforma en cuanto a normas ambientales y/o datos del monitoreo del aire. Deberá mantener información certera de las estaciones en funcionamiento, los cambios en las estaciones que son móviles, etcétera.
Actor	Visitante
Responsabilidades	Consultar Información puede ser sobre la red de aire, datos clasificados u observaciones de los sensores.
Descripción	Es la persona que solicita información sobre las estaciones o datos de las mismas, el visitante realiza el requerimiento al analista ambiental y éste genera un listado con la información.
Actor	Analista Ambiental
Responsabilidades	Recolectar la información de las estaciones, Cargar las muestras al sistema, Definir Jornadas Aceptación, Verificar Muestras, Cargar Matriz Día*Hora, Depurar Datos, Alertar datos por Jornadas del día, Alertar datos por Mantenimiento Realizado, Alertar datos por Límites, Escoger Banderas de Rechazo, Aplicar Factor, Buscar Factor, Escoger Factor, Consultar Datos Depurados, Clasificar Datos según normatividad ambiental, atender las peticiones de los visitantes.
Descripción	El Analista Ambiental es la persona experta en el tema ambiental y puntualmente sobre el tema de Calidad del aire y además con conocimiento sobre los equipos de monitoreo. El Analista permanece en constante comunicación con los técnicos de la red de quienes recibe los datos en bruto que han sido descargados de los equipos y almacenados en el computador portátil de la red por medio del software E-DAS. El Analista Ambiental debe importar en el sistema los datos en bruto por estación, los cuales llevarán un proceso de depuración y clasificación Ambiental.

Fuente: Autora.

Tabla 8. Definición de Actores: Técnico.

ACTORES	
<i>Actor</i>	<i>Técnico</i>
Responsabilidades	(Visitas periódicas a las cabinas de Mantenimiento). Programar Mantenimiento, Registrar Mantenimiento Preventivo, Registrar Mantenimiento Correctivo.
Descripción	<p>El técnico de la Red de Aire es la persona encargada de realizar las visitas de campo, es decir las visitas a las estaciones de monitoreo o cabinas de Calidad de Aire donde se encuentran los equipos electrónicos encargados de tomar la muestra de aire y generar un valor de la contaminación que se almacena para su posterior descarga.</p> <p>Para garantizar el funcionamiento de los equipos se debe realizar una serie de mantenimientos preventivos los cuales deben programarse, si por algún caso se registra una falla o anomalía en los mismos se debe proceder a realizar un mantenimiento correctivo. El técnico tiene a su servicio un computador portátil en el que alberga el software E-DAS Menú que se conecta al datalogger de la cabina para descarga de las matrices de datos provenientes de equipos de monitoreo tanto de los analizadores de gases como de los muestreadores de material particulado. Las matrices de datos quedan en el portátil a la espera de ser copiadas por el Analista Ambiental para el cargue, depuración y clasificación ambiental.</p>

Fuente: Autora.

Se definieron los requerimientos del sistema, los requerimientos a su vez están divididos en tres tipos: Funcionales (Que hace el Sistema), No Funcionales (Aspectos visibles del Sistema) y Seudorequerimientos (Impuestos por el Usuario).

Requerimientos Funcionales:

1. Permitir al usuario el cargue en el sistema de los archivos de datos generados por el datalogger de las estaciones de monitoreo.
2. Brindar al usuario ayudas en el proceso de depuración de la información implementando la depuración por Mantenimiento y Jornadas de Aceptación de Datos.
3. Realizar la conversión de datos de condiciones locales a condiciones de referencia.
4. Realizar la clasificación de la información según el Índice de Calidad de Aire ICA y los niveles máximos permitidos en la Resolución 610-2010 del MAVDT.
5. Permitir la conversión de la información al formato exigido por SISAIRE de manera que se pueda realizar la captura de la misma por medio del servicio web que el ministerio ha implementado para dicho objetivo.
6. Brindar al usuario una interfaz agradable y fácil de usar.

Requerimientos No Funcionales:

1. La aplicación debe poder ejecutarse en equipos donde exista la instalación de Oracle 9i y Oracle Developer 6i o mayor.
2. El menú del aplicativo debe mantener la estructura exigida por la entidad: Archivo, Procesos, Consultas, Listados, Administración, Ayuda y Ventana.
3. Las diferentes interfaces del aplicativo deben conservar la estructura exigida por la entidad.
4. Se debe manejar en las pantallas una barra de herramientas estándar definida en el manual de desarrollo de Aplicaciones Oracle de la CDMB.
5. Se deben manejar mensajes que indiquen al usuario el estado o proceso de las tareas realizadas.

6. Se debe usar confirmaciones antes de realizar tareas que demanden demasiado tiempo de espera o eliminación de información.

Seudorequerimientos:

1. El usuario debe decidir si los datos son o no correctos, por ningún motivo el sistema puede rechazar un dato antes que el usuario lo indique.
2. Se debe mantener en el sistema el registro de los archivos originales, los datos depurados, y la información clasificada.
3. El sistema debe desarrollarse bajo los estándares de desarrollo de aplicaciones Oracle de la CDMB.

Definición de especificaciones en (Hardware y Software): Se definieron las partes que conforman la Solución Software. (Cargue de la información, Depuración de la Información-Módulo de Mantenimiento, Clasificación de la información). Cada módulo deriva de una necesidad de la Red de Aire encontrada en la etapa anterior donde se recopilaron los requerimientos del sistema.

Se realizó una evaluación de las herramientas disponibles para realizar la solución software, y finalmente después de evaluar las alternativas durante una reunión de la dirección de SOPIT en cabeza del subdirector en aquel tiempo el Doctor Carlos Alberto Suárez, el Ing. Carlos Mauricio Torres Galvis Coordinador del grupo de Información e Investigación Ambiental SIA de SOPIT, en presencia del Coordinador del grupo de Tecnologías de la Información Ing. Germán Infante, el tutor de la práctica ing. Edgar Augusto Serrano Munar, la ing. Elizabeth Cepeda integrante del grupo SIA y la practicante Paula Camila Bravo Rivera, se definió realizar la solución software en lenguaje ORACLE DEVELOPER 6i, teniendo en cuenta que los aplicativos institucionales están desarrollados bajo dicha herramienta y que se contaba con la disponibilidad de la licencia de Base de Datos Oracle 10g y Oracle Developer 6i para ser empleada durante el periodo de práctica por la Estudiante Paula Camila Bravo Rivera.

Se logró la instalación del ambiente de trabajo ORACLE DEVELOPER 6i (Forms, Reports y Graphics) y Oracle Client para el acceso a la base de datos.

La practicante fue puesta en conocimiento de los estándares de desarrollo de aplicativos Oracle Developer de la CDMB, los cuales se siguieron para que el sistema fuera aceptado y puesto en marcha dentro de la empresa.

Documentación: Se realizó la documentación de la fase de requerimientos donde se pueden evidenciar los resultados descritos anteriormente como lo son las especificaciones hardware y software y la delimitación del proyecto. La documentación se compone de los archivos: “*Cierre de la fase de requerimientos, modelo del negocio*”⁵⁰ y “*Modelo de requerimientos*”⁵¹.

⁵⁰ Plantilla Tarea 1 Modelo del Negocio Por: McS. Fernando A. Rojas Morales, INGENIERÍA DE SOFTWARE 1 año 2011, Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática - Universidad Industrial de Santander.

⁵¹ Plantilla Tarea 2 Modelo del Requerimientos Por: McS. Fernando A. Rojas Morales, INGENIERÍA DE SOFTWARE 1 año 2011, Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática-Universidad Industrial de Santander.

4.3. FASE DE DISEÑO

Como se puede ver en la Figura 8, la fase de diseño contiene cinco etapas que se explicarán a continuación.

Figura 8. Fase de Diseño.



Fuente: Autora.

Diseño de la Solución Software: Se estableció el diseño de la solución software y los componentes del mismo, partiendo de la definición del proceso de operación de la Red de Aire.

Para efectos de comprender el funcionamiento de la Red de Aire y sus necesidades traducidas a sistemas, se vio la necesidad de realizar dos Flujograma Transaccionales: Antes del Sistema y Después del Sistema, con lo anterior quedaron a la vista los principales problemas de la Red que derivaron en un mejor horizonte de cómo abordarlos mediante el la implantación del sistema. Ver la sección 5.

Se definió el proceso de Depuración Realizado por el Analista Ambiental.

Verificación de normas técnicas: Consistió en la verificación de la normatividad ambiental relacionada con la Calidad del Aire o el Recurso Aire vigente:

1. Resolución No. 610 del 24 de Marzo de 2010 emitida por el MAVDT, en la norma se establecen los niveles máximos de exposición permitidos por contaminante.
2. Resolución No. 650 del 29 de Marzo de 2010 emitida por el MAVDT, se establece el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire dividido en dos documentos anexos: Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire y Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire.

En el Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire se indica como su nombre lo dice la Operación de los Sistemas de Vigilancia desde la toma de la muestra hasta los reportes periódicos que se entregan a la comunidad. En el manual se encontró el fundamento teórico respecto al manejo de las unidades de medida de los parámetros y las conversiones entre ellas, la conversión de los datos a condiciones de referencia, el ICA Índice de Calidad de Aire que permite clasificar en seis niveles el tipo de contaminación encontrada: buena, moderada, dañina para grupos sensibles, dañina, muy dañina, peligrosa, la realización de medias móviles para el cálculo de los periodos de exposición, etcétera.

Diseño de la Estructura del Software: Para la realización del diseño de la estructura del software fue consultado en la documentación existente por el grupo de tecnologías de la información de la CDMB si existía algún tipo de estándar para la etapa de análisis y diseño del software pero no se encontró dicho documento, entonces se emplearon las plantillas laboradas por McS. Fernando A. Rojas Morales, profesor de Ingeniería de Software de la Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática - Universidad Industrial de Santander.

En ésta etapa del proceso de desarrollo del sistema, ya se encontraban definidos tanto los objetivos como las especificaciones del Sistema y los requerimientos correspondientes lo cual permitió escalar a la abstracción de los objetos, las entidades y los atributos a tener en cuenta en cada una de las unidades de procedimiento como consecuencia de un exhaustivo trabajo de ingeniería del software en el cual se recolectó la información por medio de tablas de eventos, identificación de objetos tipo entidad, borde y control, diagrama de casos de uso, clase y secuencia.

El diagrama de casos de uso mostrado en la Figura 9 incluye los principales casos de interacción usuario-sistema además para cada uno se describen sus especificaciones en las Tablas 9 a 19.

También se incluye el acumulado de los tres tipos de objetos: control, frontera o borde y entidad involucrados en el diagrama de secuencia. Ver de la Tablas 20 a 23.

Los objetos borde o frontera representan las interfaces o botones con que se relaciona el usuario, las entidades son objetos que almacenan información en la base de datos y las de control realizan las transacciones o validaciones requeridas para cumplir cabalmente cada uno de los casos de uso.

Para todos los casos de uso que son iniciados por uno de los actores, se registra que el primer objeto relacionado es CAI_MENU, dado que el sistema está organizado a través del menú desplegable “Procesos, Consultas, Listados y administración”, el cual da acceso a las diferentes interfaces que permiten cumplir con las acciones del usuario dependiendo del rol, aunque el objeto borde debe estar generado o desplegado por un objeto control ControlCaiMenú éste no se ubicará dentro del acumulado de objetos de cada caso de uso porque se determina iniciar de las precondiciones: Haberse Registrado y Visualizar el Menú Desplegable.

Vale la pena resaltar que en la Corporación se han definido tres tipos de roles de usuario los cuales se deben mantener. Los roles son USER, MAKER y CONSUL.

A cada uno de los usuarios del Sistema: Analista Ambiental, Técnico, Administrador y Visitante se debe asociar un rol que define los privilegios otorgados, por ello dentro del diagrama de Casos de Uso no se ha incluido el caso de uso Ingresar al Sistema, pues es algo externo al Sistema CAI, de hecho se realiza directamente desde los permisos de ingreso al “Sistema de Información Corporativo SIC” de la CDMB, se otorgan por el administrador de base de datos de producción y se definen en los permisos de las tablas involucradas y del respectivo ítem en el menú.

Figura 9. Diagrama de Casos de Uso.



Fuente: Autora.

Tabla 9. Descripción Casos de Uso 1 y 2.

Caso de Uso	1. Entregar Matrices de datos	
Actor(es)	Analista Ambiental	
Propósito	Importar matrices de datos por estación.	
Descripción	En este caso de uso el analista ambiental podrá importar o cargar en el sistema las matrices de datos por estaciones de monitoreo.	
Precondición(es)	Haber ingresado al sistema, tener un archivo plano con los datos de las estaciones.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El caso de uso comienza una vez el analista ingresa al sistema y tiene en su ordenador un archivo plano con los datos de la estación. 2. Ingresa a la interfaz de carga de datos 3. Indica la estación de monitoreo para la cual va a ingresar los datos y selecciona la ruta del archivo. 	<ol style="list-style-type: none"> 4. Mensaje de éxito en el procedimiento de cargue y almacenamiento de datos.
Sub-flujos	No tener los datos en el mismo formato que entrega el equipo. Que la estación a escoger no exista.	
Poscondición(es)	Verificar la muestra para poder depurarla.	
Caso de Uso	2. Verificar muestras	
Actor(es)	Analista Ambiental	
Propósito	Verificar que los datos importados estén correctos para depurar.	
Descripción	Este caso de uso es iniciado por el analista, quien desea conocer los datos en bruto obtenidos en cada estación durante cierto lapso de tiempo o verificar que la matriz importada haya sido reconocida y almacenada correctamente en el sistema.	
Precondición(es)	Haber cargado los datos al sistema.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El caso de uso inicia cuando el analista ha ingresado al sistema y a la interfaz verificar muestra. 2. Buscar la muestra a aceptar. 3. Verificar que la estación y fechas sean correctas. 4. Dar clic en el botón Muestra Correcta. 6. Aceptar y salir. 	<ol style="list-style-type: none"> 5. Aparece un mensaje de aceptación de la muestra.
Sub-flujos	Haber aceptado la muestra anteriormente.	
Poscondición(es)	Proceder con la depuración de los datos.	

Fuente: Autora.

Tabla 10. Descripción Casos de Uso 3 y 4.

Caso de Uso	3. Cargar Matriz Día*Hora	
Actor(es)	Analista Ambiental	
Propósito	Convertir los datos cargados en la matriz Día*Hora para facilitar el proceso de depuración.	
Descripción	Este caso de uso es iniciado por el Analista para realizar la depuración de los datos. Para ello debe realizar una conversión de los registros a la matriz de depuración donde se organizan por día y de cada día las 24 horas en una sola fila.	
Precondición(es)	Haber aceptado la muestra.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar a la interfaz Matriz Día*Hora. 2. Escoger la muestra a convertir 3. Solicitar la conversión de la muestra. 5. Realizar acciones sobre la matriz. 	<ol style="list-style-type: none"> 4. Mensaje de Éxito de la conversión.
Sub-flujos	Haber realizado la conversión de la matriz Día*Hora anteriormente.	
Poscondición(es)	Depurar los datos.	
Caso de Uso	4. Depurar Datos	
Actor(es)	Usuario	
Propósito	El usuario realiza la verificación de datos, para ello puede utilizar las ayudas del sistema y verificar los alertados como sospechosos o puede simplemente aplicar una bandera a su propio criterio.	
Descripción	Este caso de uso es iniciado por el Analista para realizar la depuración de un parámetro. Cuando el Analista tenga en pantalla la matriz debe proceder a depurar los datos eligiendo las opciones de depuración dadas por el sistema o confiando en su experiencia y criterio. Para cada dato rechazado se debe incluir una bandera.	
Precondición(es)	Haber recibido la matriz Día*Hora.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El caso de uso inicia cuando el usuario carga la matriz. 2. Asegurarse que la depuración sea correcta. 3. Indicar al Sistema Depuración Realizada. 	<ol style="list-style-type: none"> 4. Muestra la tabla de estados de la muestra con 'depuración terminada' en el parámetro depurado.
Sub-flujos	Haber realizado de forma incorrecta la depuración de los datos.	
Poscondición(es)	Proceder a aplicar el factor de conversión a los datos.	

Fuente: Autora.

Tabla 11. Descripción Casos de Uso 5 y 6.

Caso de Uso	5. Programar Mantenimiento	
Actor(es)	Técnico	
Propósito	Ingresar en el sistema un nuevo mantenimiento programado.	
Descripción	Este caso de uso es iniciado por el Técnico quien registra los mantenimientos programados para el mes o para un periodo de tiempo.	
Precondición(es)	Ingresar al sistema.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar a la interfaz de programar mantenimiento. 2. Digitar los datos del mantenimiento a programar (Fecha, hora, actividad, observaciones, estación, etcétera.). 3. Almacenar la información. 	<ol style="list-style-type: none"> 4. Mantenimiento almacenado.
Sub-flujos	Digitar mal algún registro de los requeridos.	
Poscondición(es)	Poder indicar que el mantenimiento se ha realizado, nuevo mantenimiento preventivo realizado.	
Caso de Uso	6. Registrar Mantenimiento Preventivo	
Actor(es)	Técnico	
Propósito	Registrar el mantenimiento preventivo relacionado con un mantenimiento programado.	
Descripción	El usuario debe realizar unas visitas preventivas a las estaciones de monitoreo con el fin de garantizar la confiabilidad de los datos. Como es un mantenimiento preventivo éste se debe relacionar con un mantenimiento programado.	
Precondición(es)	Haber programado el mantenimiento.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El caso de uso inicia cuando el técnico ingresa a la interfaz reportar mantenimiento preventivo. 2. Ingresar la información vinculando el mantenimiento programado correspondiente. 3. Incluir los datos propios de las actividades de mantenimiento a los equipos y posibles banderas de aceptación o rechazo. 5. Guardar y Salir. 	<ol style="list-style-type: none"> 4. Mensaje de nuevo mantenimiento Realizado.
Sub-flujos	Haber cometido algún error en el ingreso de los datos. Debe tenerse los privilegios para modificar información o eliminarla.	
Poscondición(es)	Poder alertar los datos por mantenimiento que genere algún posible daño en los datos.	

Fuente: Autora.

Tabla 12. Descripción Casos de Uso 7 y 8.

Caso de Uso	7. Registrar Mantenimiento Correctivo	
Actor(es)	Técnico	
Propósito	Registrar un Mantenimiento Correctivo (Falla) no programado.	
Descripción	Aparte de las visitas en las que se realiza el mantenimiento preventivo, se realizan diariamente visitas se puede encontrar fallas graves en el equipo que generen algún daño parcial o total del equipo, en tal caso se registra el mantenimiento correctivo.	
Precondición(es)	Encontrar en los equipos un daño que genere un Mantenimiento Correctivo.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El caso de uso inicia cuando el técnico ingresa a la interfaz reportar mantenimiento Correctivo. 2. Ingresar la información del mantenimiento correctivo. 3. Incluir los datos propios de las actividades de mantenimiento al equipo o equipos afectados. 5. Guardar y Salir. 	<ol style="list-style-type: none"> 4. Nuevo mantenimiento Correctivo reportado.
Sub-flujos	Haber cometido algún error en el ingreso de los datos.	
Poscondición(es)	Alertar los datos por mantenimiento.	
Caso de Uso	8. Definir Jornadas de Aceptación	
Actor(es)	Analista Ambiental	
Propósito	Dividir un día (24 horas) en 4 jornadas de manera que se indique por cada una un rango de aceptación de datos con el objetivo de alertar los datos que superen los rangos establecidos.	
Descripción	El analista ambiental ingresa al sistema y modifica el rango de aceptación de datos por jornadas del día.	
Precondición(es)	Conocer la tendencia de los datos en cada una de las jornadas, para evitar incurrir en rangos muy estrictos o muy amplios que no alerten ningún dato como sospechoso.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El analista ambiental conoce la tendencia de los datos y decide actualizar las jornadas. 2. Ingresar a la interfaz de Jornadas del Día. 3. Modifica los valores de la jornada. 	<ol style="list-style-type: none"> 4. Transacción aceptada y guardada.
Sub-flujos	Cometer errores en la definición de las jornadas. Definir más de dos jornadas para un mismo parámetro de una estación.	
Poscondición(es)	Poder realizar la depuración por Jornadas del día.	

Fuente: Autora.

Tabla 13. Descripción Casos de Uso 9 y10.

Caso de Uso	9. Alertar por Jornadas	
Actor(es)	Analista Ambiental	
Propósito	Que el analista ambiental pueda usar una de las ayudas en el proceso de depuración de los datos (Alertar por Jornadas).	
Descripción	Consiste en alertar los datos que se están depurando usando los rangos establecidos en por las 4 jornadas de aceptación.	
Precondición(es)	Haber ingresado los límites de las cuatro jornadas de la estación y parámetro que se está depurando.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El analista ambiental ingresa a la matriz de depuración. 2. Ejecuta la ayuda de depuración por Jornadas. 4. Ver lista de Jornadas y datos alertados. 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Muestra los datos alertados como sospechosos con una marca (check) en la casilla de verificación y la respectiva jornada.
Sub-flujos	No tener una jornada establecida para dicha estación y parámetro o haber definido más de una.	
Poscondición(es)	El analista debe analizar uno a uno los datos alertados por el sistema y verificar que la Jornada sea representativa para la depuración.	
Caso de Uso	10. Alertar por Mantenimiento	
Actor(es)	Analista Ambiental	
Propósito	Que el analista ambiental pueda usar una de las ayudas en el proceso de depuración de los datos (Alertar por Mantenimiento).	
Descripción	Consiste en alertar los datos que se están depurando usando los registros de mantenimiento preventivo y correctivo que tengan actividades que generen algún tipo de daño o falla en los equipos.	
Precondición(es)	Tener registros de mantenimientos preventivos y correctivos coincidentes con las fechas en depuración.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El analista ambiental ingresa a la matriz de depuración. 2. Ejecuta la ayuda de depuración por Mantenimientos (Clic en el botón Depuración por Mantenimiento). 4. Verificar datos alertados. 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Muestra los datos alertados como sospechosos con una marca (check) en la casilla de verificación y los mantenimientos cuya bandera sea de rechazo.
Sub-flujos	No tener mantenimientos registrados.	
Poscondición(es)	El analista debe analizar uno a uno los datos alertados por el sistema.	

Fuente: Autora.

Tabla 14. Descripción Casos de Uso 11 y 12.

Caso de Uso	11. Alertar por límites	
Actor(es)	Analista Ambiental	
Propósito	Que el analista ambiental pueda usar una de las ayudas en el proceso de depuración de los datos (Alertar por límites).	
Descripción	Consiste en alertar los datos que se están depurando usando un límite inferior y superior dado por el promedio y la desviación estándar de los datos de cada una de las 24 horas multiplicado por una constante K que es definida por el analista Ambiental. $L1 = Promedio - K * Desviación$ $L2 = Promedio + K * Desviación$	
Precondición(es)	Definir una constante que multiplique la desviación estándar de manera que el rango no sea tan pequeño que alerte gran cantidad de datos.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El analista ambiental ingresa a la matriz de depuración. 2. Ejecuta la ayuda de depuración por Límites. (Clic en el botón Depuración por límites). 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Muestra los datos alertados como sospechosos con una marca (check) en la casilla de verificación y muestra en pantalla el promedio y desviación estándar de cada hora.
Sub-flujos	Tener más de una constante posible a aplicar.	
Poscondición(es)	El analista debe analizar uno a uno los datos alertados por el sistema.	
Caso de Uso	12. Escoger Bandera	
Actor(es)	Analista Ambiental	
Propósito	Colocar banderas de rechazo a los datos que se deben eliminar por estar sospechosos de falla.	
Descripción	Consiste en escoger de una lista de valores la bandera correspondiente a la causa por la cual se rechaza un dato.	
Precondición(es)	Haber ingresado en el sistema las banderas de rechazo de datos.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El analista ambiental ingresa a la matriz de depuración. 2. Solicita la lista de banderas 4. Escoge la bandera deseada. 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Muestra la lista de banderas.
Sub-flujos	No tener ninguna bandera definida en el sistema. Aplicar una bandera incorrecta. Aplicar una bandera aun dato que es correcto.	
Poscondición(es)	Aceptar la depuración como correcta. Proceder con la Conversión de datos a condiciones de referencia.	

Fuente: Autora.

Tabla 15. Descripción Casos de Uso 13 y 14.

Caso de Uso	13. Consultar Datos Depurados	
Actor(es)	Analista Ambiental	
Propósito	Consultar datos depurados que sean históricos	
Descripción	Este caso de uso inicia cuando el analista ambiental ingresa al sistema porque desea conocer los históricos de datos depurados, ya sea por su propio interés o por solicitudes realizadas por visitantes o por la comunidad.	
Precondición(es)	Haber realizado la depuración de la información.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El analista ingresa a la interfaz de consulta de datos depurados. 2. Indicar la muestra y parámetro a consultar (Ejecutar la consulta). 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Muestra datos por pantalla. (Genera un reporte de los datos)
Sub-flujos	No encontrar registros para la consulta deseada.	
Poscondición(es)	Estudiar los datos consultados. Entregarlos a las personas interesadas.	
Caso de Uso	14. Aplicar Factor.	
Actor(es)	Analista Ambiental	
Propósito	Definir con que factor de corrección de datos a condiciones de referencia se van a pasar los datos a condiciones nacionales (REFERENCIA) para clasificarlos según normatividad ambiental.	
Descripción	El caso de uso inicia cuando el analista desea realizar la clasificación de datos según normatividad ambiental y para ello debe convertir los datos que se encuentran a condiciones locales a condiciones de referencia.	
Precondición(es)	Haber escogido un factor de conversión a condiciones de referencia.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El caso de uso inicia cuando el analista ingresa a la interfaz de clasificación y tiene definido el factor de conversión. 2. Convertir los datos (Clic en el botón Aplicar Factor). 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Mensaje de confirmación de número de datos convertidos a condiciones de referencia.
Sub-flujos	No tener ningún factor de conversión definido	
Poscondición(es)	Proceder con la clasificación de los datos.	

Fuente: Autora.

Tabla 16. Descripción Casos de Uso 15 y 16.

Caso de Uso	15. Buscar Factor	
Actor(es)	Analista Ambiental	
Propósito	Encontrar un factor de conversión nuevo generado por los datos de presión y temperatura de la muestra actual en caso que en la estación se midan variables meteorológicas.	
Descripción	Cuando en las estaciones de calidad del aire se miden no solo variables químicas si no meteorológicas, se puede llegar a calcular un factor de conversión a condiciones de referencia, sin embargo si la muestra no registra dichas variables de presión y temperatura principalmente, el sistema realiza una búsqueda en muestras de la misma fecha pero en otras estaciones para las cuales exista factor de conversión.	
Precondición(es)	Haber depurado los datos.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	1. El caso de uso inicia cuando el analista ingresa a la interfaz de clasificación y busca un factor de conversión.	2. Muestra un mensaje de éxito y muestra el factor en pantalla.
Sub-flujos	No tener ni variables meteorológicas en la muestra ni tampoco registros de factores calculados para otras estaciones.	
Poscondición(es)	Aplicar el Factor de Conversión.	
Caso de Uso	16. Escoger Factor	
Actor(es)	Analista Ambiental	
Propósito	Escoger entre los factores existentes un factor adecuado para convertir los datos a condiciones de referencia.	
Descripción	Cuando en las estaciones de calidad del aire únicamente existen registros de variables químicas es necesario escoger manualmente un factor de conversión, para ello el usuario puede buscar entre los existentes el que sea más conveniente o crear uno nuevo manualmente.	
Precondición(es)	Haber depurado los datos.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	1. El caso de uso inicia cuando el analista ingresa a la interfaz de clasificación. 2. Solicita un listado de factores existentes. 4. Escoge uno de los factores de la lista.	3. Despliega listado de factores existentes.
Sub-flujos	No tener ningún factor existente o que ninguno de los que existen sirva como referencia.	
Poscondición(es)	Clasificar los Datos.	

Fuente: Autora.

Tabla 17. Descripción Casos de Uso 17 y 18.

Caso de Uso	17. Clasificar Datos.	
Actor(es)	Analista Ambiental	
Propósito	Realizar la clasificación ambiental de los datos para poder realizar el análisis de la calidad del aire según la normatividad nacional.	
Descripción	El Analista Ambiental debe clasificar los datos de la muestra según los periodos de exposición 1h, 3h, 8h, 24h y anual.	
Precondición(es)	Haber tenido un proceso de depuración de datos confiable y haber convertido los datos a condiciones de referencia.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El caso de uso inicia cuando el analista ambiental ingresa a la interfaz de clasificación de datos y ya ha convertido a condiciones de referencia la información. 2. Solicitar clasificar la muestra 1h, 3h, 8h, 24h y anual. (Clic sobre el botón clasificar datos). 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Muestra un mensaje de éxito por cada clasificación.
Sub-flujos	Haber clasificado los datos anteriormente.	
Poscondición(es)	Poder mostrar los niveles contaminación de la zona donde se ubica la estación de monitoreo.	
Caso de Uso	18. Actualizar Información Ambiental	
Actor(es)	Administrador y Analista Ambiental como actor participante.	
Propósito	Modificar los parámetros ICA, norma, periodo de exposición... Que se requieren para poner en funcionamiento el sistema pero que a su vez están diseñados de manera que sean administrados.	
Descripción	Cuando se reportan modificaciones de la normatividad o de información necesaria para el funcionamiento del sistema el Analista Ambiental debe proceder a modificar los parámetros para que sean estables y lo más actualizados posible.	
Precondición(es)	Tener el permiso de administrador para realizar modificaciones en la información ambiental.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El caso de uso inicia una vez se haya ingresado al sistema con usuario de administrador. 2. Realizar los ajustes a los parámetros deseados. 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Actualiza la Información.
Sub-flujos	Haber realizado mal los cambios, para ello se requiere un historial de fechas y acciones del administrador.	
Poscondición(es)	Garantizar que es sistema se mantenga lo más actualizado posible.	

Fuente: Autora.

Tabla 18. Descripción Casos de Uso 19 y 20.

Caso de Uso	19. Actualizar Información de la Red de Calidad de aire.	
Actor(es)	Administrador y Analista Ambiental como actor participante.	
Propósito	Modificar información de la red de calidad de aire, principalmente de las estaciones y parámetros para que se mantenga actualizada la información de consulta en el Sistema.	
Descripción	Es necesario mantener al día la información de ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad del aire, los parámetros que miden y los equipos.	
Precondición(es)	Presentar algún cambio en las estaciones de monitoreo como por ejemplo una adquisición de nuevos equipos o modificación de la ubicación (Dirección y coordenadas espaciales).	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El caso de uso inicia cuando se vea la necesidad de actualizar la información de las estaciones, de los equipos, o parámetros medidos en las estaciones. 2. Ingresar al menú administración para actualizar la información. 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Cambio realizado y Guardado.
Sub-flujos	Haber realizado incorrectamente una modificación	
Poscondición(es)	Mantener al día la información para que las consultas sean confiables.	
Caso de Uso	20. Consultar Información de la Red.	
Actor(es)	Visitante	
Propósito	Que los visitantes puedan tener contacto con información importante sobre la red de aire, estaciones de monitoreo, equipos, etcétera.	
Descripción	Los visitantes solicitan información sobre la red de aire.	
Precondición(es)	Que la información se encuentre al día.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El caso de uso comienza cuando el visitante desea conocer información sobre la red. 2. Ingresar a la interfaz de consulta de la información deseada (Parámetros, Estaciones, Equipos...) Ejecutar Consulta. 	<ol style="list-style-type: none"> 3. El sistema muestra la información por pantalla.
Sub-flujos	No tener la información actualizada.	
Poscondición(es)	Mostrar a la comunidad información sobre la red de monitoreo de calidad de aire.	

Fuente: Autora.

Tabla 19. Descripción Caso de Uso 21.

Caso de Uso	21. Consultar Datos Clasificados.	
Actor(es)	Visitante	
Propósito	Que los visitantes puedan tener contacto con la clasificación de datos obtenidos de los monitoreos, siempre y cuando se haya tenido un procesamiento, es decir una depuración y clasificación adecuada.	
Descripción	Los visitantes solicitan información de datos clasificados o simplemente muestras de estaciones de monitoreo.	
Precondición(es)	Que los datos hayan sido depurados y clasificados.	
Flujo Principal	Acciones de Actor(es)	Respuestas del Sistema
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar a los listados generados por el sistema. 2. Ingresar a la interfaz de consulta de datos e indica la estación parámetro y fecha inicio y hasta. (Clic en botón Ejecutar o Enviar a Archivo) 	<ol style="list-style-type: none"> 3. El sistema muestra los datos por pantalla o genera archivo.
Sub-flujos	Digitar las fechas inicio y hasta de forma incorrecta. No encontrar los datos deseados.	
Poscondición(es)	Mostrar a la comunidad el estado de contaminación de Bucaramanga y el Área metropolitana.	

Fuente: Autora.

Tabla 20. Acumulado de Objetos por Caso De Uso 1 a 3.

Caso de uso 1: Entregar Matrices de Datos							
sd 1. Entregar matrices de datos							
CAIMenú	InterfazCargarDatos	ControlEstación	Estación	BotónCargarDatos	ControlMuestras	Muestras	ControlDeCarga
Caso de uso 2: Verificar Muestras							
sd 2. Verificar Muestras							
CAIMenú	InterfazVerificarMuestra	BotónMuestraCorrecta	ControlMuestraCorrecta	MuestraADepurar	ControlDatos	DatosADepurar	
Caso de uso 3: Cargar Matriz Día*Hora							
sd 3. Carga matriz DiaxHora							
CAIMenú	InterfazMatricesDep	ControlMuestrasDep	MuestrasDep	ControlSigla	Sigla	BotonCargarMatriz	ControlCargarMatriz
						Dep=Depuradas	

Fuente: Autora.

Tabla 21. Acumulado de Objetos por Caso De Uso 4 a 10.

Caso de uso 4: Depurar Datos	
sd 4. Depurar datos	<p>Dep=Depuración-Depurados</p> <p>CAIMenú InterfazMatriz ControlMuestra Muestra ControlSigla Sigla ControlDatosDep DatosDep BotonTerminarDep</p>
Caso de uso 5: Programar Mantenimiento	
sd 5. Programar mantenimiento	<p>Mant= Mantenimiento. Prog= Programado</p> <p>CAIMenú InterfazProgramarMant. ControlEstación Estación ControlActividad Actividad ControlMantProg. Mant.Prog.</p>
Caso de uso 6: Registrar Mant Preventivo	
sd 6. Registrar Mant Preventi...	<p>Mant= Mantenimiento Prev= Preventivo Prog= Programado</p> <p>CAIMenú InterfazReportarMant.Prev ControlMant.Prog Mant.Prog ControlEquiposMant. Equipos.Mant ControlActividad Actividad ControlBandera Bandera ControlMantRealizado Mant.Realizado</p>
Caso de uso 7: Registrar Mant Correctivo	
sd 7. Registrar Mant Correcti...	<p>Mant= Mantenimiento Correc= Correctivo</p> <p>CAIMenú InterfazReportarMant.Correc. ControlEstación Estación ControlEquiposMant. Equipos.Mant. ControlActividad Actividad ControlBandera Bandera ControlMant.Realizado Mant.Realizado</p>
Caso de uso 8: Definir Jornadas de Aceptación	
sd 8. Definir jornadas de aceptaci...	<p>CAIMenú InterfazJornadas ControlEstación Estación ControlSigla Sigla ControlJornadas Jornadas</p>
Caso de uso 9: Alertar Por Jornadas	
sd 9. Alertar por jornad...	<p>dep=depurados</p> <p>BotonAlertarJornadas ControlJornadas Sigla Estación Jornadas PantallaJornadas ControlAlerta ControlDatosDep. DatosDep.</p>
Caso de uso 10: Alertar Por Mantenimiento	
sd 10. Alerta Por Mantenimie...	<p>Mant=Mantenimiento</p> <p>BotónAlertaMant. ControlMant. Sigla Estación Mant.Realizado ControlEquipo Equipos ControlActividad Actividad ControlAlerta ControlDatosDepurados DatosDepurados PantallaMant.Alertados</p>

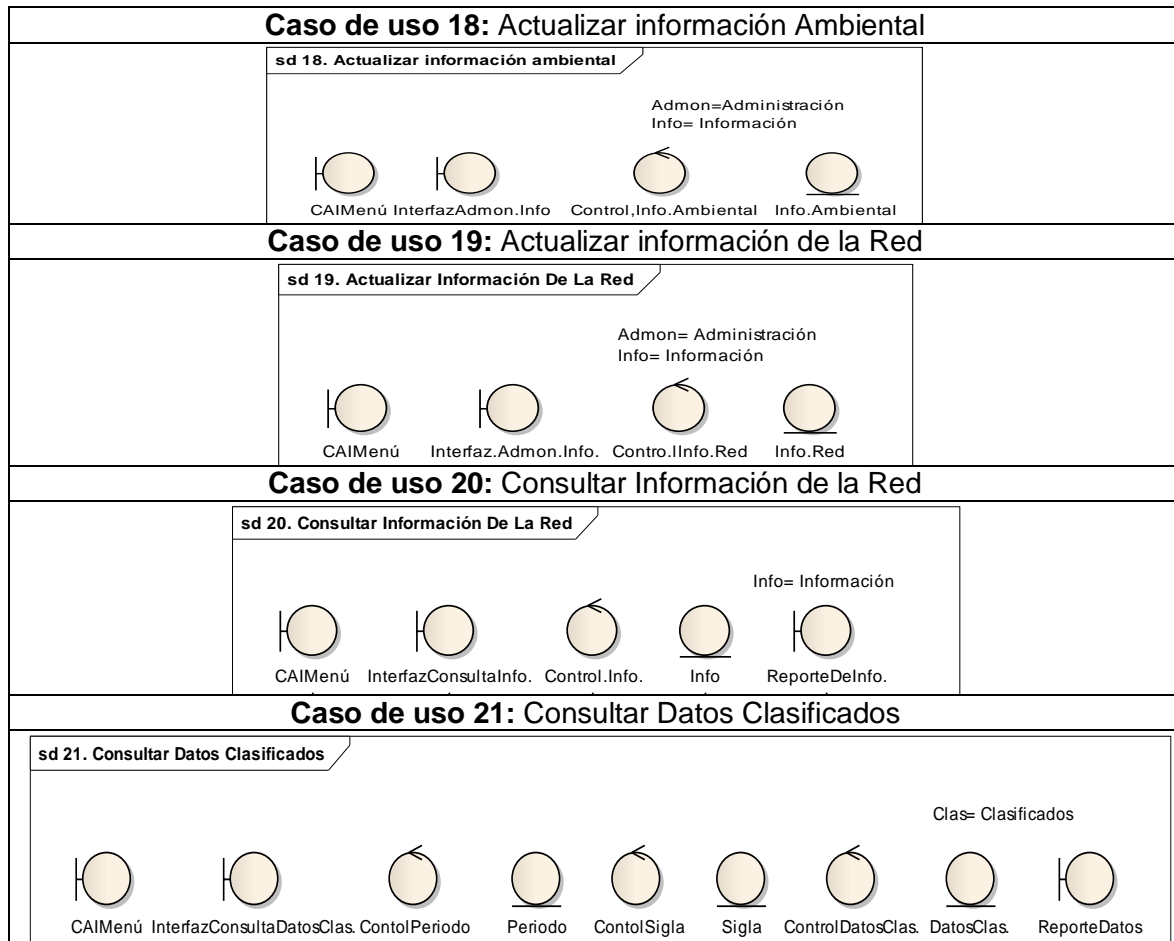
Fuente: Autora.

Tabla 22. Acumulado de Objetos por Caso De Uso 11 a 17.

Caso de uso 11: Alertar Por Limites	
sd 11. Alertar por limite	<p>BotonAlertarXLimites ControlMultiplicadorLimites MultiplicadorLimites ControlLimites ControlDatosDepurados DatosDepurados</p>
Caso de uso 12: Escoger Bandera De Rechazo	
sd 12. EscogerBandraDeRechazo	<p>MatrizDepuración ControlBanderas Banderas ControlDatosDepurados DatosDepurados</p>
Caso de uso 13: Consultar Datos Depurados	
sd 13. ConsultarDatosDepurados	<p>CAIMenú InterfazConsultaDatosDep. ControlDatosDep DstosDep. Dep=Depurados</p>
Caso de uso 14: Aplicar Factor	
sd 14. Aplicar Factor	<p>CAIMenú InterfazClasif,Datos ControlFactor Factor BotonAplicarFactor ControlDatosRef. DatosRef. Clasif=Clasificación Ref=Referencia</p>
Caso de uso 15: Buscar Factor	
sd 15. Buscar Factor	<p>BotonBuscarFactor ControlDatosDep. DatosDep. ControlFactor Factor PantallaFactor Dep=Depurados</p>
Caso de uso 16: Escoger Factor	
sd 16. Escoger Factor	<p>InterfazDeClasificación GrupoFactor ControlFactor Factor</p>
Caso de uso 17: Clasificar Datos	
sd 17. Clasificar Datos	<p>CAIMenú InterfazDeClasif. ControlMuestra Muestra BotonClasificar ControlClasid DatosClasificados Clasif= Clasificación</p>

Fuente: Autora.

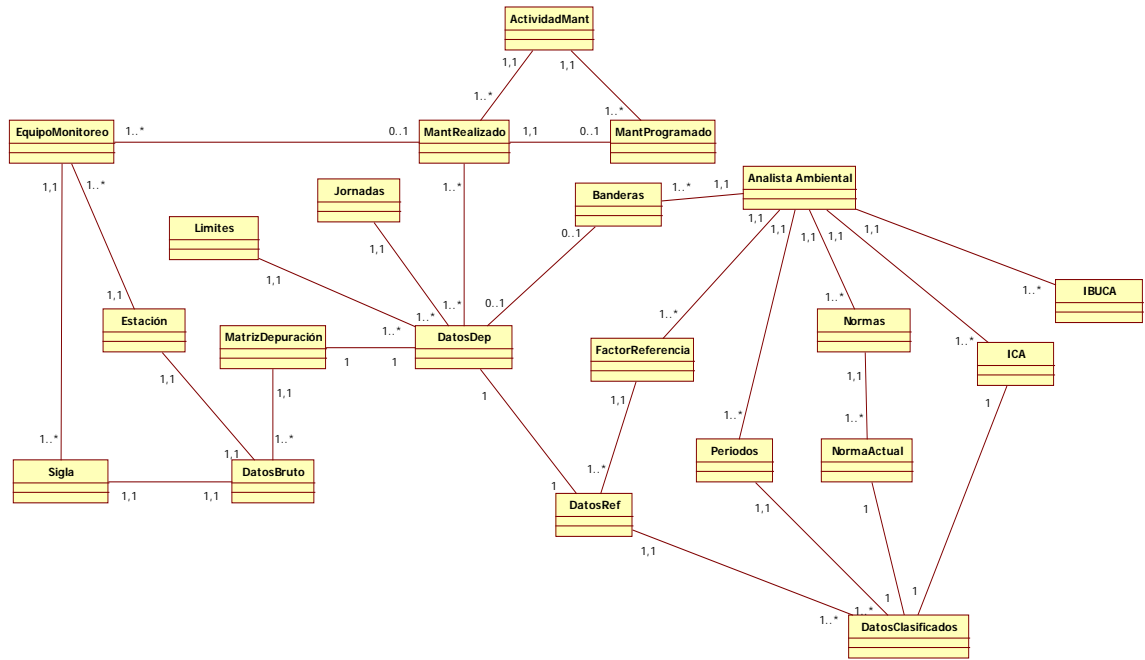
Tabla 23. Acumulado de Objetos por Caso De Uso 18 a 21.



Fuente: Autora.

Se definió el diagrama de clases en la Figura 10. Se partió de la descripción o visión del sistema deseado resaltando en el texto los nombres o sustantivos que iban apareciendo y que se mostraban como una clase candidata. Posteriormente se realizó la abstracción de las clases encontradas complementando con algunas que a criterio de la diseñadora resultaban necesarias e indispensables en el sistema como producto del desarrollo del diagrama de casos de usos y objetos.

Figura 10. Diagrama de Clases.



Fuente: Autora.

En las Tablas 24 a 26 se mostrará el diccionario de Clases.

Tabla 24. Parte 1. Diccionario de Clases.

Clase	Descripción
ActividadMant	Actividad de Mantenimiento que se lleva a cabo en la visita a una estación o cabina de monitoreo, las actividades pueden o no demandar una pérdida en la información registrada por los equipos en el tiempo que dure el mantenimiento.
Analista Ambiental	Personal que usa la herramienta con fines ambientales. Por lo general un ingeniero ambiental que necesita ver el comportamiento de los datos capturados según normas ambientales.
Banderas	Son las explicaciones de porque un dato es rechazado.

Fuente: Autora.

Tabla 25. Parte 2. Diccionario de Clases.

Clase	Descripción
DatosEnBruto	Son los archivos planos de las capturas obtenidas por los sensores, que son ingresados al sistema CAI por medio de una matriz de datos en bruto.
DatosClasificados	Son los datos convertidos en información que se generan finalmente con el transcurso de todo el proceso. Los datos se clasifican según el ICA y la norma actual.
DatosDep	Son los datos que ya han sido aceptados por el analista como correctos, luego de usar las ayudas del sistema y decidir si los datos alertados son correctos o no aplicando banderas de rechazo.
DatosRef	Datos a los cuales ya se les ha aplicado el factor multiplicador que los convertirá de Datos a condiciones locales a Datos de referencia.
Equipo de Monitoreo	Es el equipo SENSOR de gases contaminantes que realiza la medición del ambiente, y al cual se realizan ciertos mantenimientos preventivos o correctivos para garantizar la confiabilidad de los datos.
Estación	Estaciones de monitoreo de Calidad del Aire del área de Jurisdicción de la CDMB.
Factor de Referencia	Es el factor que calcula el valor que multiplicará a todos los datos para convertirlos en DatosRef.
IBUCA	Índice de Calidad de Aire para Bucaramanga, hace parte de la normatividad, aunque con la publicación de la Resolución No. 610 de 2010 del MAVDT se estandariza el índice de Calidad del Aire para el país quedando atrás la clasificación en índices locales.
ICA	Índice de Calidad del Aire que va a permitir calcular el ICA de cada dato, teniendo en cuenta el parámetro y el periodo de permanencia del contaminante en la atmósfera. 1h, 3h, 8h, 24h.
Jornadas	Rangos establecidos para cuatro jornadas del día de una estación de monitoreo y parámetro específico.

Fuente: Autora.

Tabla 26. Parte 3. Diccionario de Clases.

Clase	Descripción
Límites	Rangos establecidos por el sistema usando el promedio y desviación estándar de la muestra junto con una constante (k) definida por el usuario.
MantenimientoProgramado	Es el listado de Mantenimientos programados para realizar durante cierto lapso de tiempo. El mantenimiento se convertirá en realizado cuando se relacione un Mantenimiento Realizado con id de mantenimiento programado.
MantenimientoRealizado	Lleva el registro de todos los mantenimientos o visitas realizadas a las estaciones de monitoreo, estos mantenimientos pueden ser o no programados. En caso de no ser programado es porque el mantenimiento es correctivo.
MatrizDepuración	Son los datos que resultan de la organización de los datos en la tabla matriz día por hora de manera que en una sola fila aparezcan los 24 registros de un día completo y que ello facilite la observación y depuración de los mismos.
NormaActual	Norma actual con que se mide el máximo permitido por contaminante. En la actualidad la norma vigente es la Resolución No 610 de 2010 del MAVDT.
Normas	Son las normas con que se clasificarán los datos en una línea de tiempo. Normas históricas.
Periodos	Son los periodos de exposición considerados para cada contaminante según la norma nacional. Los periodos son 1h, 3h, 8h, 24h, y anual.
Sigla	Es el listado de parámetros que se miden en estaciones de monitoreo de la CDMB.

Fuente: Autora.

Para el diseño de la base de datos se utilizó el diccionario de clases y la definición del sistema (Reglas del Negocio), posteriormente se planteó el modelo entidad relación que se corrigió y normalizó produciendo finalmente el Modelo Relacional que fue puesto en marcha.

Dentro de los aspectos tenidos en cuenta para la declaración de tablas y atributos de las tablas se han tenido en cuenta las especificaciones dadas por la CDMB, todas las tablas deben comenzar por la sigla “CAI_” correspondiente al nombre del aplicativo en cuestión, y posteriormente el nombre de la tabla como tal, ejemplo: CAI_NORMAICA. En cuanto a los atributos de las tablas se debe definir un identificador de la tabla tanto para los atributos como para las restricciones como llaves primarias, foráneas y sinónimos. Ejemplo CODIGO_ICA, COLOR_ICA, etcétera.

El aplicativo CAI, cuenta con (42) tablas, las cuales están distribuidas de la siguiente manera:

- *Tablas Corporativas CDMB*: Son aquellas tablas que almacenan datos de interés general para la CDMB, el modelo físico de la base de datos de “CAI” cuenta con (5) tablas de este tipo.
- *Tablas CAI*: Son aquellas tablas que almacenan datos de interés particular para el funcionamiento del aplicativo CAI, el modelo físico de la base de datos de “CAI” cuenta con (42) tablas de este tipo.

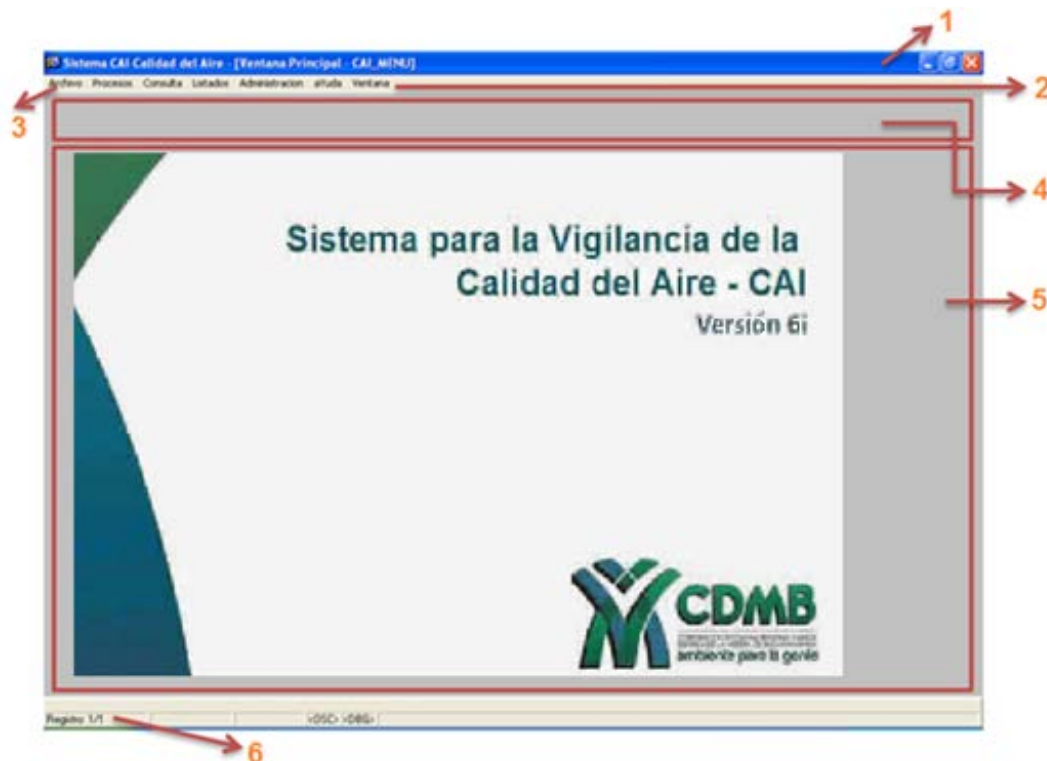
Diseño de Interfaces: Para el diseño de las interfaces del sistema se tuvo en cuenta los estándares de desarrollo de la CDMB, donde se indica la disposición tanto del menú como de las ventanas y de la barra de herramientas.

Para la imagen del aplicativo como para la aplicación web se tuvo en cuenta el nuevo diseño del logo corporativo de la CDMB junto con su presentación y publicidad institucional.

Las interfaces de usuario del Sistema CAI siguen la estructura definida en la Figura 11.

En la figura 11, se aprecia que bajo el nombre del aplicativo se encuentra el texto “Versión 6i”, lo cual quiere decir que el sistema fue desarrollado con la Herramienta Oracle Developer 6i y no porque existan cinco versiones de creación anteriores a CAI.

Figura 11. Estructura de las Interfaces CAI.



Fuente: Autora.

En la Tabla 27 se indican una a una las secciones que conforman una interfaz típica del aplicativo CAI.

Tabla 27. Listado de secciones de las Interfaces.

Sección	Contenido
1	Título del formulario, icono de la CDMB, nombre de la forma que se está ejecutando.
2	Espacio destinado para la ubicación de la barra de menús
3	Botón cerrar
4	Espacio destinado para la ubicación de la barra de herramientas

5	Contenido del formulario
6	Barra de estados

Fuente: Autora.

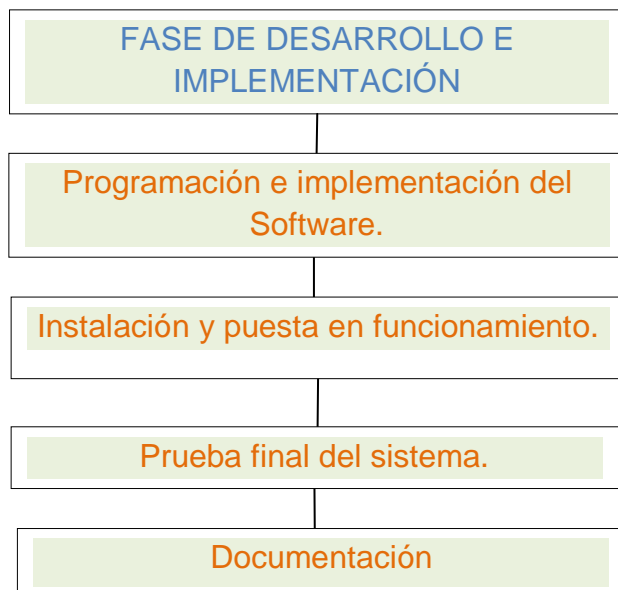
En cuanto al diagrama de navegación de ventanas del Sistema CAI, es necesario mencionar que no se incluye dentro de éste documento, dado que la organización de interfaces se basa en los ítems del menú (ver Anexo 3), del cual se deriva el diagrama de navegación de ventanas con cuatro principales brazos en el árbol: Procesos, Consultas, Listados y Administración.

Documentación: Durante el desarrollo de la fase de diseño se incluyeron los resultados: diagramas, definiciones, y tablas en los documentos Modelo de Requerimientos y Modelo de Análisis. De igual manera se complementa con el documento de Actas de registro de Reuniones atendidas durante el desarrollo de la práctica en pro de la ejecución del Aplicativo y el Registro de Actividades diarias.

4.4. FASE DE DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

Como se puede observar en la Figura 12, la fase de desarrollo e implementación consta de cuatro etapas las cuales se describen a continuación.

Figura 12. Fase de desarrollo e implementación.



Fuente: Autora.

Programación e implementación de Software: El sistema está desarrollado bajo la herramienta Oracle Developer 6i y base de datos Oracle 10g. Oracle Developer es una potente herramienta que permitió desarrollar e implementar el software usando Formas, reportes y Gráficas.

CAI en su mayoría está compuesto de formas, pero se incluye un ítem completo en el menú para generar archivos y consultar reportes por pantalla además se tiene un complemento gráfico para analizar el comportamiento o tendencia de los datos.

Dentro de las formas se tienen los Program Units-Unidades de programa que son la parte central de la interfaz pues dentro se declaran los algoritmos que permiten la funcionalidad del sistema. Las unidades de programa son como los métodos de las clases que se ejecutan mediante objetos de la interfaz a través de triggers o bloques PL/SQL declarados sobre los objetos que pueden ser disparados por el usuario o por el sistema antes, durante o después de alguna condición.

La metodología descrita y el seguimiento del cronograma permitieron el diseño, desarrollo y pruebas de cada una de las interfaces y programas respectivos como requisito para continuar con la siguiente interfaz, en la realización de pruebas se tuvo en cuenta los conceptos de prueba de caja negra y caja blanca que son los usados en la entidad, revisando los productos desde los algoritmos hasta la interfaz y su unidad.

En la etapa de desarrollo se involucró al usuario Analista Ambiental para verificar la funcionalidad del Sistema, una gran ventaja en este proceso fue que se contó con el Analista en la totalidad del tiempo de diseño y desarrollo por lo que cada avance, novedad o cuestionamiento fue manifestado al usuario quien lo resolvió y aprobó.

Se incluyeron procedimientos y funciones globales de base de datos principalmente para favorecer la eficiencia del Sistema y porque la versión Oracle Developer 6i no soporta expresiones como las funciones analíticas LAG y LEAD que agilizan los procesos, sobre todo cuando se trata de gran cantidad de registros. El Sistema contiene dos procedimientos, un paquete con sus funciones y una vista para captura de información de SISAIRE desarrollado y administrado por el IDEAM.

Una vez se realizaron y probaron todas las interfaces y procedimientos del sistema se procedió a organizar el menú donde se otorgaron los privilegios de usuarios con el objetivo de garantizar y optimizar el manejo de los datos y la seguridad del aplicativo. Como se nombró anteriormente, los roles estipulados en la corporación

son tres: MAKER, USER y CONSUL para el caso de CAI se han definido de la siguiente manera: CAIUSER, CAIMAKER, CAICONSUL con los permisos que se indican en la Tabla 28.

Tabla 28. Privilegios otorgados en el Menú principal CAI.

MENU PRINCIPAL	CAIMAKER	CAIUSER	CAICONSUL
PROCESOS	X	X	
CONSULTAS	X	X	X
LISTADOS	X	X	X
ADMINISTRACIÓN	X	X	

Fuente: Autora.

Instalación y puesta en funcionamiento de la Solución Software: Para la puesta en marcha del sistema CAI primero se llevó toda la aplicación al computador con privilegio de acceso al Servidor de Desarrollo, y posteriormente fue llevada a producción. En la CDMB todas las aplicaciones deben seguir los siguientes lineamientos para ser aceptadas.

1. Se asigna un ingeniero auditor que se encarga de recibir y verificar el Sistema desde tanto en su eficiencia como en su funcionalidad. Para el caso de CAI el ingeniero que cumplió dicha labor fue el Ing. Edgar Augusto Serrano Munar, primero por pertenecer al Grupo de Sistemas de Información Ambiental y segundo por su familiaridad con el Aplicativo durante todo el proceso y por ser el tutor de la práctica designado por la CDMB.
2. Se ubican los archivos compilados del Sistema en el servidor de Desarrollo DEV. (Para ello se incluyen las librerías requeridas por las formas directamente del Servidor ubicadas en la unidad "P" carpeta pll_6i).

3. Se evalúa que el Sistema cumpla las especificaciones planteadas al inicio del desarrollo del proyecto y respete los estándares de desarrollo de aplicaciones Oracle de la entidad.
4. Se realiza una prueba de funcionalidad del sistema.
5. Se acepta el Sistema: Entrega de Manuales de Usuario y técnico, scripts de tablas, procedimientos, vistas, funciones, ejecutables etcétera.
6. Puesta en marcha en el Servidor de Producción, proceso que se realiza directamente con el Grupo de Tecnologías de la Información.

Prueba final del sistema: La prueba final estuvo realizada tanto por parte del ingeniero de sistemas de la CDMB encargado de la revisión del aplicativo como por parte del ingeniero electrónico encargado de la Red de Aire Ing. Manuel Antonio Campos Malagón quien es el Analista Ambiental quien en última instancia verificó el cumplimiento de las normas técnicas, la funcionalidad y la usabilidad del sistema en el proceso de depuración y clasificación de la información obtenida en las Estaciones de Monitoreo.

Documentación: Dentro de la documentación se incluyó: Plan de pruebas realizado al sistema donde se realiza el seguimiento de un archivo plano desde el cargue hasta la clasificación ambiental, Acta de instalación de CAI en servidor de desarrollo, Acta de aprobación del Software desde el punto de vista Ambiental, Manuales de Usuario y Técnico con Scripts de tablas, sinónimos, privilegios, procedimientos y funciones.

4.5. FASE DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como se puede apreciar en la Figura 13, la fase de Análisis de resultados comprende cinco etapas las cuales se explican a continuación.

Figura 13. Fase de análisis de resultados.



Fuente: Autora.

Valoración Económica final del proyecto: Se realizó la verificación del presupuesto inicial, ajustando el valor por talento humano.

Se consultó en el Grupo de Tecnologías de la Información de la CDMB el valor de la licencia de Oracle Developer (Forms, Reports, Graphics), Oracle 10g y Toad, pero por ser licencias corporativas bajo confidencialidad no se obtuvo el valor exacto ni aproximado. (Ver Anexo 9.).

Verificación del cumplimiento de las especificaciones: Se realizó el análisis y evaluación del cumplimiento de los objetivos planteados al inicio del proyecto, los

cuales fueron revisados y aprobados por las partes involucradas: La UIS y la CBMD.

Aparte de la verificación de los objetivos se revisó el cumplimiento de los requerimientos Funcionales no funcionales y Seudorequerimientos.

Análisis de la calidad del sistema obtenido: Para la evaluación de la calidad del sistema se cargaron en el Sistema Datos Históricos de un año y se realizó el proceso desde el cargue hasta la clasificación, verificando las características esenciales que debía cumplir el Software.

MANTENIBILIDAD: ¿El software está diseñado de forma que pueda evolucionar para cumplir las necesidades de cambio?

El sistema es mantenible porque los criterios para depuración y clasificación están parametrizados en tablas independientes que se pueden actualizar mediante el usuario MAKER, el cual se otorgó al Ing. Manuel Antonio Campos Malagón líder del grupo de Calidad de Aire.

Para garantizar la mantenibilidad del sistema se definió en el menú el ítem de administración donde fácilmente el Usuario puede modificar y actualizar información como: los puntos de corte, máximos, parámetros, periodos de exposición, unidades de medida en caso de cambios determinados por la Red de Aire o por la Normatividad Ambiental, entre otros.

FUNCIONALIDAD: ¿El software provee los servicios que cumplen con los requisitos funcionales?

La funcionalidad del software fue verificada y validada en el proceso de evaluación realizado por el Analista Ambiental. El analista usó el sistema y no reportó inconsistencias entre la información generada por el Sistema en relación a la obtenida en sus archivos históricos.

Se revisó el cumplimiento de los requerimientos funcionales establecidos en la fase de requerimientos, dando cumplimiento en su totalidad.

USABILIDAD: ¿El software es fácil de utilizar, sin esfuerzo adicional, para el Analista Ambiental?

El Sistema fue desarrollado de acuerdo con los estándares dados por la entidad, diseñando interfaces de usuario amigables para el Usuario, agrupando los registros por sus características, usando un tipo y tamaño de letra legible e implementando una barra de herramientas en la parte superior de la interfaz.

Se incluyeron ítems de listas y listas de valores en los campos de selección, junto con textos de información en campos que exigen un formato específico como las fechas “DD-MM-YYYY”.

El sistema también genera mensajes de alerta y error, pantallas de confirmación y guías en la barra de estados de la parte inferior de la pantalla, que le indican al Usuario los pasos a seguir y el estado del proceso realizado.

En la parte inferior de las pantallas, se incluyen Notas de ayuda al usuario, para que entienda el proceso y/o pasos a seguir.

La usabilidad del sistema se verificó durante el proceso de entrega del sistema, cuando el Usuario estuvo en contacto con el software y fácilmente pudo entenderlo y emplearlo.

Definición de conclusiones y recomendaciones: Junto con las Conclusiones y Recomendaciones incluidas en el documento final del Trabajo de Grado, se realizó un documento de observaciones enviado a una delegado del Ministerio de Ambiente quien conoció del Aplicativo en Desarrollo durante una de sus visitas a

la entidad, y manifestó su interés de conocer los resultados del Software y a su vez estar al tanto de observaciones y o recomendaciones que se presentaran durante todo el proceso de análisis y desarrollo con respecto a la normatividad ambiental y al Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

Documentación: Acta de Cargue del Sistema al Servidor de Desarrollo y Producción, Certificación de finalización de la Práctica Social por parte de la CDMB y Documento final del Trabajo de Grado.

5. DEFINICIÓN DEL PROCESO DE OPERACIÓN DE LA RED

Para la definición del proceso de operación de la red de aire se realizaron entrevistas a las personas involucradas, se revisó documentación sobre la red de aire en cuanto a sus funciones, operación y metodología de trabajo, se convivió durante el tiempo de la práctica en su ambiente aprendiendo sus términos e involucrándose indirectamente en el proceso para poderlo comprender y definir.

Para definir y comprender el proceso de operación de la red de manera acertada se debió estudiar desde dos perspectivas o dos etapas. Antes y después de la implementación del Sistema para la Vigilancia de la Calidad del Aire CAI- Sistema de Calidad del Aire.

5.1. ANTES DEL SISTEMA

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire debe estructurar y sistematizar el proceso de operación, pero primordialmente el proceso de Depuración de la información.

El proceso de depuración es una tarea que involucra a todos los integrantes de la red de aire, pues aunque sea una sola persona quien lo realiza es una labor que demanda de muchas variables como historiales de visitas a la estación, mantenimientos preventivos y correctivos, recolección de información sobre eventos en la comunidad, cambios bruscos en el clima, la experiencia del analista, tendencias en el comportamiento de los datos históricos, etcétera.

Para garantizar una depuración correcta y confiable se debió articular el proceso de la red en su totalidad, donde se involucraran las tareas mínimas a realizar por cada uno de los usuarios.

Recursos software y proceso de operación de la Red de Aire de la CDMB antes de la implementación del Sistema CAI:

Para la adquisición de datos de las estaciones, la Red de Aire cuenta con un software proporcionado por el fabricante de los equipos. La herramienta E-DAS funciona gracias a una conexión por cable o mediante línea telefónica con el datalogger de la cabina. El Datalogger es el encargado de centralizar y almacenar la información recolectada por los equipos de la estación.

Por cada estación se genera una matriz de datos con todos los parámetros que se miden, incluyendo los gases contaminantes del aire y las variables meteorológicas. El archivo generado por el sistema E-DAS es básicamente un archivo texto organizado por filas y columnas cuyo objeto delimitador es la coma”,”.

Los equipos analizadores de gases por lo general capturan datos cada 10 minutos, pero sólo se reporta un promedio horario de las observaciones del transcurso de toda la hora. Las horas se organizan desde la Hora 00 hasta la Hora 23.

Posteriormente a la descarga de los datos, se debe copiar la información a una carpeta compartida entre técnico y analista ambiental para que éste realice la depuración y análisis mediante hojas de Excel donde se marca una señal de falla en un dato con (-999) y en ocasiones asigna banderas de rechazo, para poder justificar la pérdida de los mismos.

Cuando el analista está seguro que los datos son correctos, recurre a una base de datos en Oracle, dentro del Sistema de Información Corporativo SIC de la CDMB, puntualmente dentro del Sistema de Calidad del Aire CAI, donde importaba los datos de las pruebas ya corregidos.

Como se puede ver no se contaba con ningún tipo de software para la depuración y análisis de la información obtenida, es por ello la necesidad de minimizar el coste del proceso mediante la sistematización del mismo.

La Figura 14 ilustra las herramientas software con las que contaba la Red de Monitoreo de Calidad del Aire y cómo se llevaba a cabo el proceso de recolección, depuración, análisis y almacenamiento de la información obtenida de las estaciones de monitoreo de la CDMB.

Figura 14. Proceso de depuración y almacenamiento de la información de las estaciones de la CDMB hasta septiembre de 2012.



Se reciben los datos de las estaciones por medio del ESC, en un archivo plano.

Se analizan en los datos en Excel y se coloca -999 a los datos que se deben eliminar (Se genera un nuevo archivo plano).

Se almacenan los datos en la base de datos de SIC.

Fuente: Autora.

FLUJOGRAMA TRANSACCIONAL ANTES DEL SISTEMA

A continuación se mostrará el Flujoograma Transaccional de la Red de Aire en su primera etapa de funcionamiento (Desde diciembre de 2001 hasta Septiembre de 2012), donde se evidencia la carencia de un sistema para la depuración y clasificación de la información.

Como se puede apreciar en la Figura 15 el proceso se realiza en varios escenarios y por varios actores, comenzando en la Estación de Monitoreo de Calidad del Aire con participación de técnicos de la red hasta llegar al Administrador de Base de Datos que realiza la conversión de datos al formato exigido por SISAIRE y los publica.

Descripción del Flujoograma (Ver Figura 15):

En general cada día los técnicos tienen la tarea de realizar salidas de campo a las diferentes estaciones de la Red, en las visitas revisan que los equipos se encuentren capturando datos correctamente y en caso de encontrar una falla se procede a realizar un mantenimiento Correctivo, o Preventivo si está programado (Paso 1). Cada una de las estaciones tiene una carpeta que contiene el historial de actividades realizadas, la cual se actualiza en cada una de las visitas, a ello se llaman formatos de Actividades y Mantenimiento definidos en el Sistema de Gestión de Calidad de la CDMB los cuales deben estar diligenciados y actualizados de la mejor manera para cumplir con los parámetros de calidad.

(Paso 2) El técnico tiene la labor de realizar la descarga de datos reportados por los equipos usando el Software E-DAS, proporcionado por el fabricante de los equipos, e instalado en el computador portátil de los técnicos. Con el E-DAS Menú se genera una matriz de datos horarios de todos los parámetros que mide la estación correspondiente ya sean químicos o meteorológicos.

En el mismo E-DAS se pueden observar gráficas de la tendencia de los datos de diferentes parámetros y estaciones, sin embargo es evidente que la información no es del todo confiable porque no ha tenido el proceso de depuración.

Cuando el técnico termina su jornada diaria, vuelve a la empresa donde se actualiza la bitácora de mantenimiento (Paso 3) que posteriormente utiliza el analista en el proceso de depuración.

El analista Ambiental realiza la descarga de matrices del computador portátil del técnico (Paso 4) usando el E-DAS que genera el Archivo texto, al cual el analista llama "Datos en Bruto", cuyo objeto delimitador entre parámetros es la coma ",".

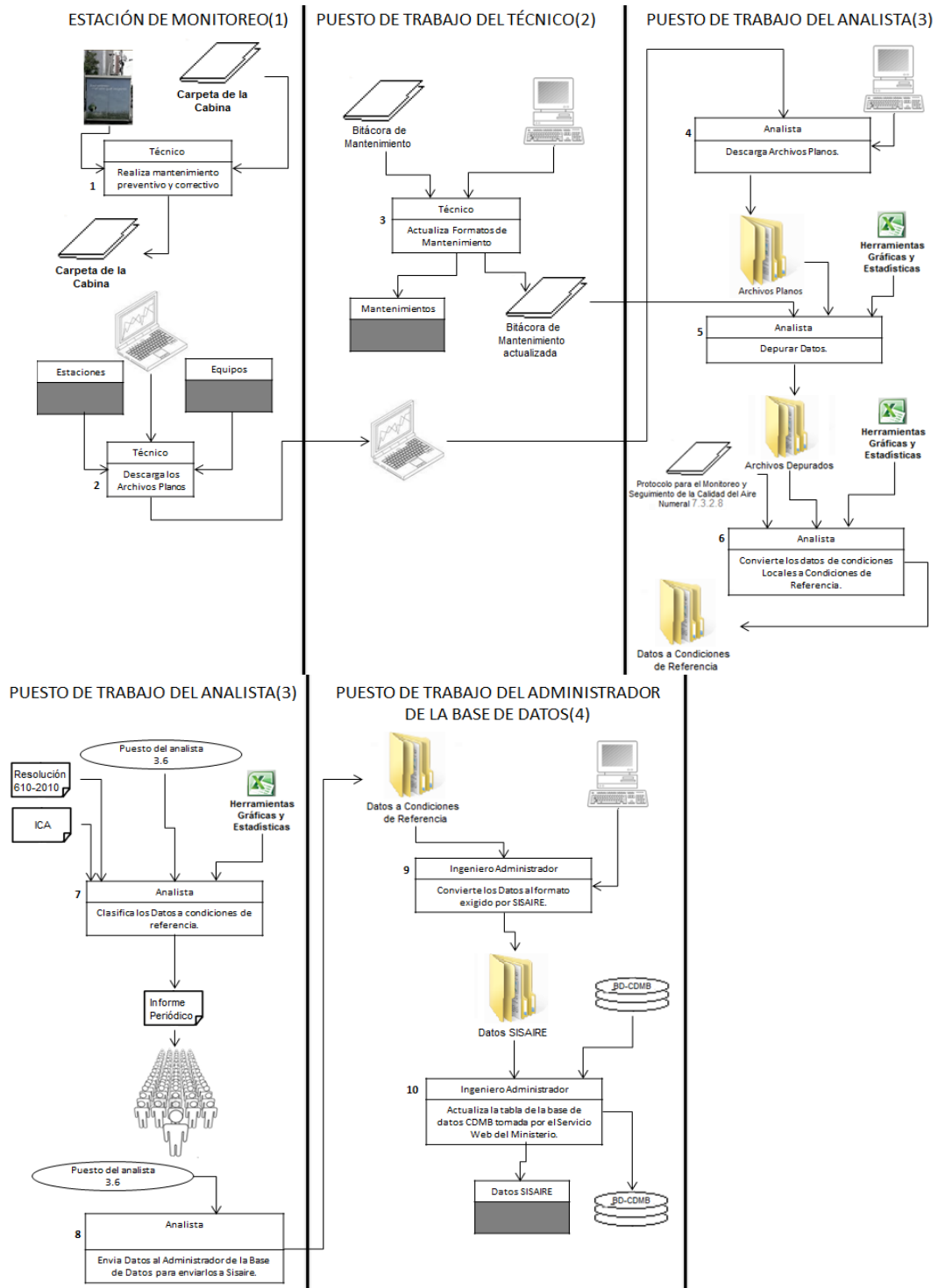
Para facilitar la depuración se importa el archivo de texto en Excel donde se realiza la depuración de la información (Paso 5) valiéndose de la bitácora de mantenimiento, gráficas de promedios-máximos-mínimos, consulta de tendencias de datos históricos, noticias de eventos ocurridos en la zona, etcétera.

Para la Depuración el Analista comienza observar uno por uno los registros del parámetro en depuración y en caso de encontrar un dato extraño o sospechoso busca en la bitácora de mantenimiento registros para esa fecha y hora, si no encuentra mantenimiento procede a verificar la tendencia de los datos de la misma hora para otros días, e inclusive llega a consultar en noticias de la fecha si ha ocurrido un evento fortuito que diera la explicación de la anomalía del dato.

Posterior a la depuración se realiza la conversión de los datos de condiciones locales a condiciones de referencia (Paso 6). Para la conversión se requiere conocer la fórmula dada en el Protocolo.

Una vez obtenidos los datos a condiciones de referencia el Analista puede continuar con la clasificación de la información, para ello debe conocer la Resolución No. 610 de 2010 donde se definen los máximos permitidos de contaminación y el cálculo del ICA Índice de Calidad del Aire (Paso 7).

Figura 15. Flujoograma Transaccional antes del Sistema.



Fuente: Autora.

Con la información clasificada el Analista puede generar informes de contaminación y entregarlos a la comunidad para su estudio y análisis.

Por otra parte la Red de Calidad del Aire de la CDMB entre sus obligaciones tiene que reportar la información recolectada al Ministerio de Ambiente por medio del Subsistema de Información de Calidad del Aire SISAIRE, pero para ello se debe realizar un ajuste a los datos convirtiendo todos los registros en un formato específico para que la captura de información por medio del Servicio Web del Ministerio sea exitosa.

Como consecuencia de ello se involucra en el Flujograma un nuevo usuario el Ingeniero Administrador de Bases de Datos que debe recibir del Analista los Archivos depurados a condiciones de referencia (Paso 8) y convertirlos al formato exigido por SISAIRE (Paso 9) aplicando algoritmos de conversión para el formato de fechas, etcétera.

Posterior a la conversión al formato aceptado por SISAIRE se realiza el cargue de los datos a la base de datos (Paso 10), generando *inserts* a la tabla SISAIRE por medio de Excel y una vez en la tabla el Servicio Web realiza la captura de los datos mediante una Vista definida también por SISAIRE para tal fin.

5.2. DESPUÉS DEL SISTEMA

Con la puesta en marcha del Sistema para la Vigilancia de la Calidad del Aire se eliminan algunas transacciones, actividades e incluso la participación de personas anteriormente involucradas en la ejecución del proceso.

También se evita la necesidad de utilizar la herramienta Excel para la depuración y clasificación ambiental de los datos dado que el sistema lo hace por sí misma

mostrando resultados ya sea por pantalla o a través de reportes, permitiendo exportar la información procesada.

FLUJOGRAMA TRANSACCIONAL DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Descripción del Flujograma (Ver Figuras 16 a 17):

El proceso es iniciado por el Técnico de mantenimiento quien realiza las visitas a la estación y diligencia los formatos exigidos por el Sistema de Gestión de Calidad (Paso 1) y realiza la descarga de datos mediante el E-DAS (Paso 2), sin embargo no tiene que diligenciar la bitácora de Mantenimiento porque para ello el Sistema CAI le proporciona la interfaz de Mantenimiento Preventivo y Correctivo donde debe consignar las acciones realizadas sobre los equipos. (Paso 3).

Luego el Analista Ambiental toma los datos del computador portátil del técnico (Paso 4) y los carga en el sistema CAI mediante una interfaz de cargue de datos (Paso 5). Posterior a la carga se realiza el proceso de depuración (Paso 6) con las ayudas del sistema. Cuando el Analista está seguro de la depuración realizada solicita la conversión de los datos a condiciones de referencia y clasificación ambiental (Paso 7). Finalmente realiza el reporte periódico a la comunidad (Paso 8) utilizando gráficas y listados que proporciona el sistema.

Para la publicación de información en SISAIRE se dispone de una interfaz de Conversión de Datos a Formato SISAIRE donde el Analista puede ingresar e indicar los datos a convertir (Paso 9) bastando un clic para realizar dicho proceso.

Beneficios Obtenidos el uso del sistema por parte de la Red de aire:

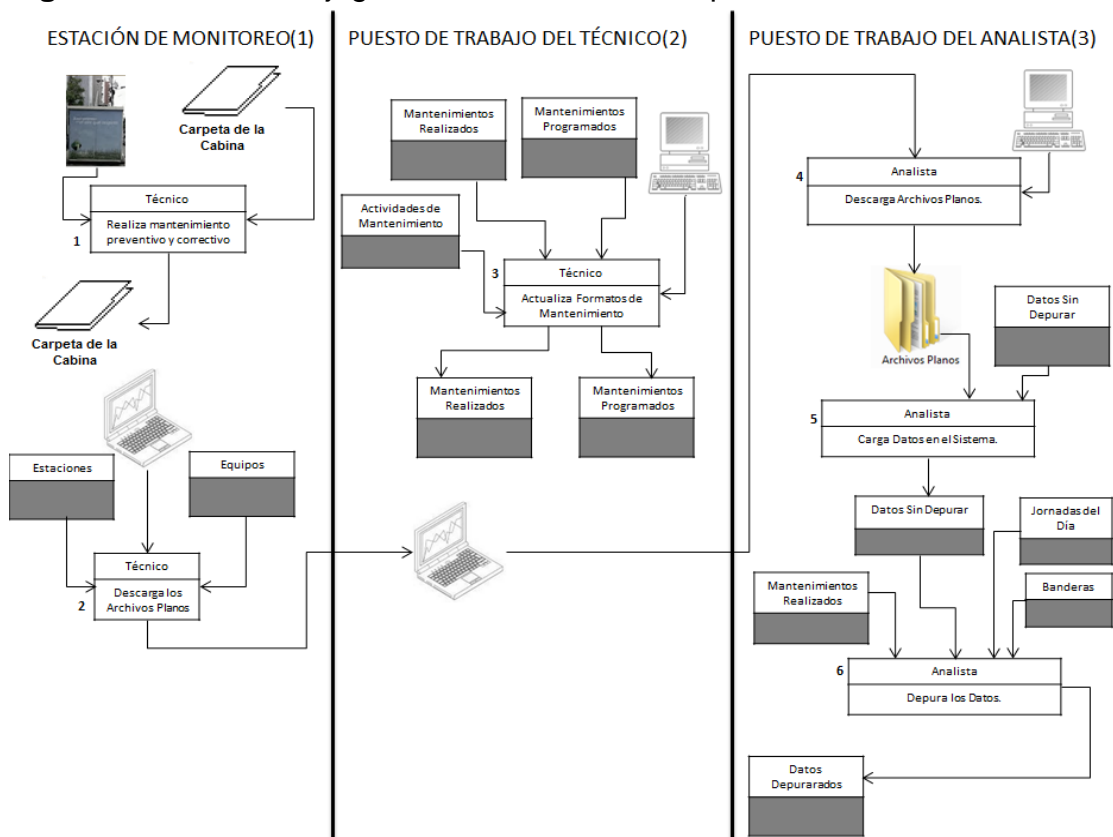
1. Se elimina la bitácora de mantenimiento, evitando que el analista tenga que dedicar tiempo a buscar uno por uno los mantenimientos reportados cuando realice la depuración.
2. Se eliminan también las largas jornadas de conversión de datos a condiciones de referencia y posterior cálculo de promedios móviles para cada uno de los periodos de Exposición contemplados en la normatividad.
3. Se optimiza el proceso de clasificación de la información, pues basta con oprimir un botón para que el sistema realice la tarea la cual luego es consultada y analizada por el Experto en el tema Ambiental.
4. Se elimina la intervención del Ingeniero Administrador de Base de datos, pues en vista que el sistema realiza la conversión de los datos al formato SISAIRE, basta con que el Analista desee reportar la información al subsistema e ingrese a la interfaz de conversión al formato SISAIRE e indique la información a reportar para que CAI realice la conversión y actualización de la tabla de la cual se realiza la captura de la información.

Como se puede observar en el Flujograma Transaccional después del Sistema, se evidencia la parametrización de la información ambiental de manera que tanto ICA como Norma Vigente y periodos de exposición sean datos que se pueden mantener actualizados en caso de modificaciones o cambios en los niveles de aceptación o puntos de corte.

Se definen estrategias que ayudan al Analista en el proceso de depuración el cual es con mucha seguridad el más complejo, pues depende de muchas variables y de la experiencia o conocimiento del Experto, de todos modos se recalca que el sistema le ayuda al Analista alertando datos sospechosos pero en última instancia es la persona quien decide aceptar o rechazar un dato aplicando una bandera de rechazo.

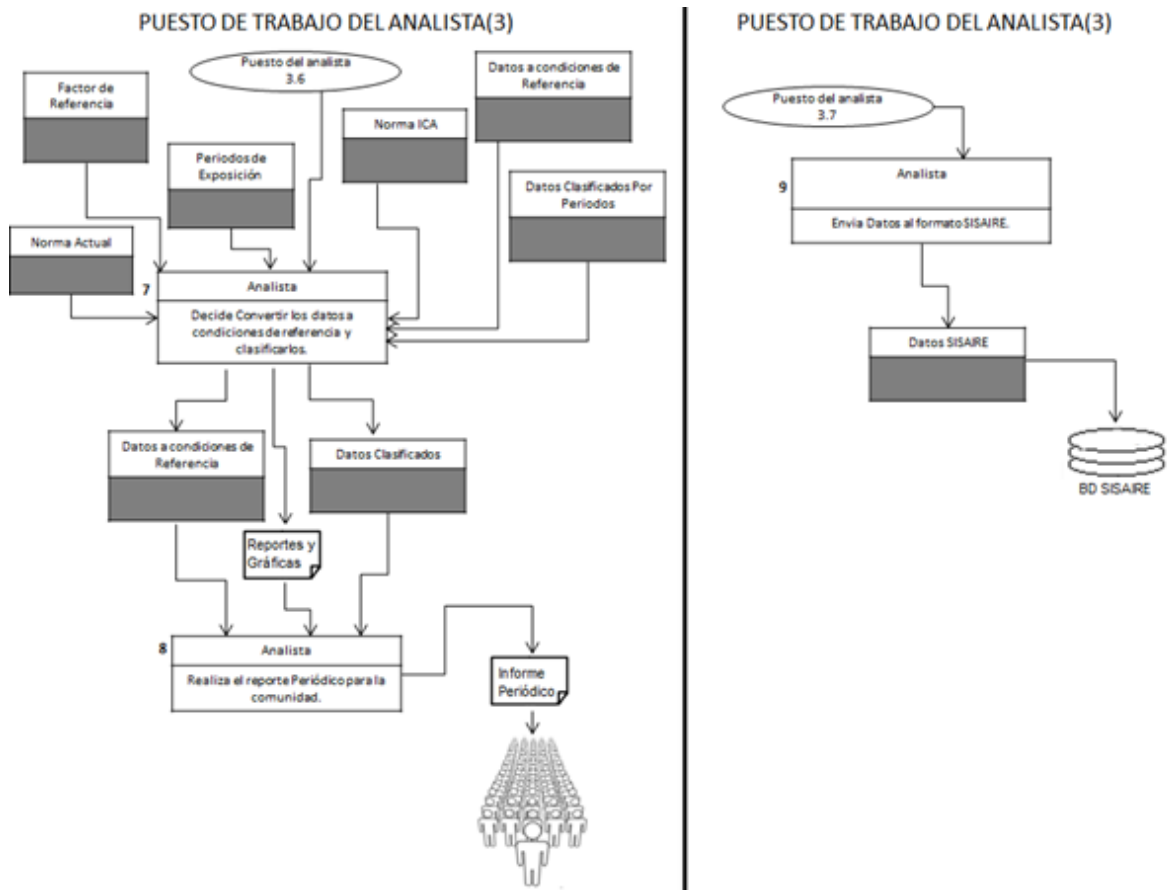
Las banderas son una guía para entender la depuración de la información; antes de la implementación de CAI el Analista colocaba una letra que le ayudara a recordar la razón por la cual se eliminaba el dato, sin embargo a la hora de cargar la información en la base de datos de la CDMB esos datos que contenían valores negativos o letras se eliminaban perdiendo el registro completo sin ninguna razón y quedando inconsistente el registro de la captura de información de días, semanas o meses completos. Para entender el proceso de depuración se creó el diagrama de flujo del proceso de depuración, en el que se indica a grandes rasgos en qué consiste el proceso de depuración, cuales son las estrategias de ayuda que brinda el sistema en el proceso y el orden en que se recomienda se realice.

Figura 16. Parte 1 Flujoograma Transaccional después del Sistema.



Fuente: Autora.

Figura 17. Parte 2. Flujoograma Transaccional después del Sistema.



Fuente: Autora.

5.3. PROCESO DE DEPURACIÓN

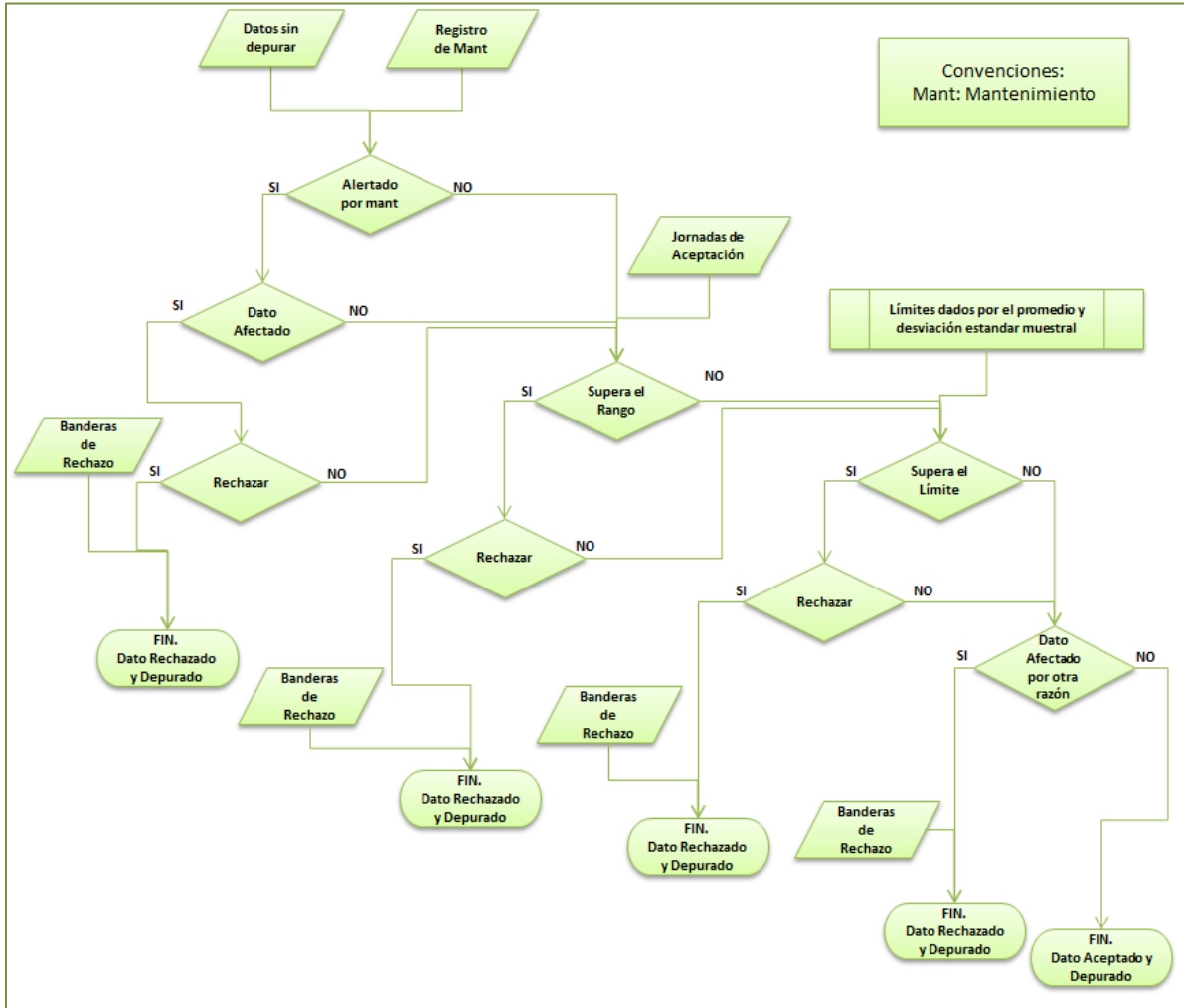
El proceso de depuración de la información es realizado por el Analista Ambiental Experto en el tema de Calidad del Aire con la experiencia y conocimiento necesario para decidir en última instancia cuando un dato es o no correcto y aplicar una bandera de rechazo en caso que se requiera. La depuración es una tarea compleja en la que se valida la información recolectada en la cabinas de monitoreo.

Para el proceso de depuración, el Sistema para la Vigilancia de la Calidad del Aire implementado incluye tres ayudas que realizan la alerta de datos sospechosos para que el Analista valide los datos aceptando o rechazándolos por una razón justificable. (Ver Figura 18).

Ayudas brindadas por el Sistema son:

1. Alerta por Mantenimiento Realizado: Indica al Analista cuáles mantenimientos se han realizado al equipo que mide el parámetro en depuración. Se ha definido encontrar Mantenimientos que registren actividades cuya acción genere una posible falla en los datos reportados durante el periodo de tiempo de la muestra en verificación.
2. Alerta por Jornadas: Como estrategia de depuración el Analista ha creado en el Sistema cuatro jornadas de aceptación de datos para la estación y parámetro en depuración. El analista puede alertar los datos que superen los rangos establecidos en las cuatro jornadas de manera que se puedan revisar o discriminar aquellos valores que se encuentren fuera de rango y aplicar la bandera correspondiente.
3. Alerta por Límites: El sistema realiza un cálculo de límites de aceptación por cada una de las horas del día e indica al Analista cuáles datos superan la tendencia de la hora. Para ello se realiza el cálculo de Promedio y Desviación estándar multiplicado por una constante K definida por el Analista.
La constante hace que el rango se amplíe o reduzca. El límite inferior y superior da el margen de error de los datos para ser correctos y no alertados por el sistema.
4. Gráficas de Máximo, Mínimo y promedio diario para visualizar la tendencia de los datos.
5. Cálculos de promedios y desviación Estándar de la muestra por horas del día.

Figura 18. Diagrama de Flujo del Proceso de Depuración.



Fuente: Autora.

6. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA POR COMPONENTES

El Sistema CAI está diseñado para cumplir con tres procesos centrales de la Red de Aire de la CDMB:

1. Cargue de la Información al sistema.
2. Depuración de la Información.
3. Clasificación Ambiental de la Información.

Cada una de las partes tiene a su vez ciertas actividades o módulos que la componen para que en su conjunto se cumpla a cabalidad con el objetivo.

6.1. CARGUE DE LA INFORMACIÓN AL SISTEMA

Los datos se cargan al sistema mediante la interfaz de cargue de datos. El analista ambiental debe indicar la estación de monitoreo a la cual pertenece los datos y buscar la ruta de ubicación del archivo de texto o matriz de datos que genera el programa E-DAS de los equipos. Posterior a la carga los datos quedan a la espera de ser aceptados para iniciar el proceso de depuración.

6.2. DEPURACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para el éxito del proceso de Depuración se ha definido un módulo de mantenimiento, el establecimiento de Jornadas de Aceptación de Datos, los límites horarios, y la declaración de banderas de Aceptación y Rechazo de datos.

Módulo de Mantenimiento: El módulo de mantenimiento está compuesto por cuatro partes esenciales con sus respectivas interfaces de usuario, tablas, restricciones y unidades de programa.

1. Mantenimientos Programados.
2. Mantenimientos Preventivos.
3. Mantenimientos Correctivos.
4. Listado de Actividades de Mantenimiento.

En el momento de reportar los mantenimientos ya sean preventivos (Programados con anterioridad) o correctivos (Obedecen a daños inesperados) el usuario debe indicar uno por uno los equipos afectados en el mantenimiento junto con la actividad realizada la cual discrimina si existe o no afectación de datos más una bandera de aceptación o rechazo de la información.

Para el levantamiento de la información correspondiente a las actividades de Mantenimiento y la posible afectación o no de los registros, se realizó una tarea conjunta con los técnicos de la Red de Aire, donde se evaluaron las posibles actividades revisando el proceso de operación del día a día, las principales acciones o actividades, las menos frecuentes y aquellas que aunque existen dentro de los formatos de Calidad del Sistema de Gestión de Calidad de CDMB para el registro de mantenimiento preventivo o correctivo casi no se realizan porque están mal declaradas o porque se involucra dentro de otra actividad.

Jornadas del día: Se han definido cuatro jornadas en el día para la aceptación de datos de un parámetro y estación dados por el usuario.

Límites Horarios: Límites definidos según los registros horarios del contaminante en depuración. Los límites están dados por el promedio y desviación estándar de la muestra, multiplicados por una constante K.

6.3. CLASIFICACIÓN AMBIENTAL DE LA INFORMACIÓN

La clasificación de la información está dividida en dos momentos más el módulo de consulta:

1. Conversión de la Información a condiciones de Referencia.
2. Clasificación de la información según los periodos de exposición por contaminante.
3. Módulo de Consulta.

Conversión de Información a Condiciones de Referencia: Para la conversión de la información de condiciones locales a condiciones de referencia se brinda al Usuario una ayuda para la búsqueda del factor. Mediante la búsqueda se realiza la existencia de las variables meteorológicas Presión y Temperatura ambiente. Si la búsqueda de las variables es exitosa el sistema calcula el factor y lo propone al usuario para su aplicación. En el caso de no encontrar variables meteorológicas, el sistema realiza la búsqueda de factores calculados para otras estaciones durante el mismo periodo de tiempo de la muestra.

En el caso que la búsqueda no recupere ningún registro se indica al Analista Ambiental que debe escoger un factor entre los existentes o ingresar al menú de Administración y crear uno nuevo factor.

Cuando se ha definido el factor a aplicar se realiza la conversión de los datos mediante un clic en el botón Aplicar Factor.

Clasificación: La clasificación de la información de las observaciones para cada estación y parámetro se realiza teniendo en cuenta los periodos de exposición definidos en la norma actual Resolución No. 610 de 2010 del MAVDT. Dado que se requiere encontrar el máximo una hora, tres horas, ocho horas y promedio 24 horas y anual se debe realizar el cálculo de la media móvil y o media geométrica de los datos según se indique en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

Módulo de Consulta: El módulo de consulta está dividido en Consultas y Listados.

Las consultas se diferencian de los listados porque en ellas se observan los datos clasificados de una muestra o archivo que se haya subido al sistema, permitiendo llevar un seguimiento de los estados de la muestra desde los datos en bruto hasta la información clasificada.

En las consultas también se generan gráficas “Elaboradas con la Herramienta Developer Graphics 6i” donde se muestra la tendencia de los datos con respecto a los máximos permitidos en la Norma Vigente y gráficas de datos a condiciones de referencia con máximos, mínimos y promedios diarios.

Los reportes se ubican en el ítem del menú LISTADOS y también son consultas pero directamente sobre la base de datos, sin restricción del periodo de tiempo en la consulta, estableciendo una fecha Inicio y fecha hasta ingresadas por el usuario. Los reportes permiten ser desplegados por pantalla o impresos a archivo pdf, txt, Excel... según se haya definido en su desarrollo.

7. RESULTADOS

Desde Febrero de 2012 la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga decidió comenzar a desarrollar una Solución Software que le facilitara a los analistas el proceso de Depuración y Clasificación de datos obtenidos por equipos de Monitoreo de la Red de Aire, con miras de publicar la información a la comunidad en tiempo real y sistematizar el proceso de modo que se pudiera dedicar mayor tiempo al análisis de la contaminación encontrada.

Por ello en marzo de 2012 se comenzó a desarrollar la SOLUCIÓN SOFTWARE PARA LA DEPURACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE DATOS DE GASES CONTAMINANTES, OBTENIDOS EN ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE LA CDMB, mediante el convenio de marco de Apoyo interinstitucional entre la CDMB y la UIS para realización de Prácticas Sociales como modalidad de Trabajo de Grado.

En Octubre de 2012 se dio por finalizado el proyecto verificando el cumplimiento de los objetivos y requerimientos del sistema propuestos desde la fase inicial los cuales fueron aceptados por las partes involucradas La CDMB y la UIS.

7.1. RESULTADOS

Se implementó el Sistema CAI- Calidad del Aire o Sistema para la Vigilancia de la Calidad del Aire de la CDMB bajo la herramienta Oracle Developer Forms, Reports y Graphics teniendo en cuenta los estándares de desarrollo de Aplicativos Oracle de la Entidad.

El Sistema CAI permite al usuario con acceso al aplicativo y dependiendo del rol otorgado por el administrador de base de datos, realizar las tareas de:

1. Carga de Datos al Sistema
2. Registro de Mantenimiento (Programar mantenimiento, Mantenimiento preventivo y Mantenimiento Correctivo).
3. Administración de parámetros e información.
 - 3.1. Información de la Red como Estaciones, Equipos, etcétera.
 - 3.2. Normatividad Ambiental
 - 3.3. Jornadas de Aceptación
 - 3.4. Factor de Conversión a condiciones de referencia
4. Depuración de la Información
5. Clasificación de la Información
 - 5.1. Conversión de Datos a condiciones de Referencia
 - 5.2. Calculo de periodos de exposición.
 - 5.3. Clasificación ICA y máximo permitido en la norma vigente.
6. Consulta de Información
 - 6.1. Indicadores ICA por Estación y por Bucaramanga.
 - 6.2. Áreas Fuente.
 - 6.3. Tendencias de datos por días de la semana.
 - 6.4. Visualización Gráfica de datos clasificados
 - 6.5. Reportes (Archivo y Pantalla) de datos o información generada por el sistema.
7. Conversión de los datos al formato SISAIRES

Se desarrolló una aplicación web para el Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire de la CDMB que permite a la comunidad conocer sobre el RECURSO AIRE indicando las partes que lo componen: Fuentes de Emisión (Fijas y móviles), Ruido y Red de Aire.

La aplicación no sólo pone en conocimiento a la ciudadanía de información concerniente al Aire y a la red de Aire de la CDMB sino que vincula un ítem para descarga archivos de interés como la normatividad, los informes periódicos y anuales de la red, estudios de contaminación, etcétera.

Dada la necesidad de que la población conozca los niveles de contaminación reportados por la Red de Aire, se incluye un ítem para realización de consultas de la información obtenida de las estaciones: Clasificación ICA y Reporte de información.

7.2. APORTE A LA CDMB

El principal aporte para la CDMB es la realización e implementación del Sistema CAI, pues con su utilización se ahorra tiempo, se reducen actividades y disminuye el número de personas involucradas en el cumplimiento de las obligaciones de la Red de Aire como Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire responsable de dar a conocer a la comunidad el estado de contaminación de Bucaramanga y su Área Metropolitana.

Para el Talento Humano de la Red de Aire el Uso del Aplicativo CAI se convierte en una Solución que optimiza el proceso de operación de la red en cuanto a la Depuración y Clasificación de la información, hasta la sistematización de la programación y registro de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos de monitoreo.

Con la resolución 610 de 2010 del MAVDT se introduce el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire y con éste se indica a las Redes

de Aire el compromiso de reportar la información recolectada en las estaciones de su jurisdicción a SISAIRE Subsistema para la Calidad del Aire. No obstante SISAIRE definió un estándar para la captura de la información de todas las CAR del país, forzando a realizar un ajuste a los datos previo a su transmisión.

El ajuste de datos al formato SISAIRE ha sido desde entonces una tarea que le compete a la cada Corporación y no al ministerio por ello se requirió involucrar en el proceso el servicio del ingeniero encargado del soporte de aplicaciones Oracle para que realizara la labor, conllevando a largas jornadas de análisis y ajuste de la información, incurriendo con que finalmente con el Sistema CAI desarrollado se pueden evitar con tan solo indicar la muestra que se desea convertir al formato SISAIRE y una confirmación del proceso.

Otro aporte importante para la Corporación es la puesta en marcha de la aplicación web Recurso Aire donde se permite a los visitantes conocer las acciones que toma la CDMB como Autoridad Ambiental en el proceso de monitoreo, vigilancia y control del Recurso Aire de la ciudad desde varios puntos de vista: Fuentes de Emisión de Contaminación Fijas y móviles, Ruido y Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire.

Con la aplicación web, la corporación le facilita a los usuarios la consulta de información clasificada bajo el índice de calidad de aire ICA, y datos recolectados en estaciones de monitoreo. Además brinda a la comunidad interesada la posibilidad de descarga de archivos de interés como normatividad ambiental, informes periódicos (Trimestrales y Anuales) de la red, estudios realizados, etcétera.

Por medio de la información sobre el Recurso Aire publicada en la web, la CDMB puede demostrar a la sociedad el trabajo y compromiso con la gente, dándole la importancia que merece el conocer los resultados del Monitoreo del Aire y la difusión de dicha información que es de interés público.

El hecho que la Aplicación web sea realizada sobre una plantilla creada por la practicante, la cual se acopla con los colores, tipo de letra, logo y diseño institucional se considera un aporte para la Corporación principalmente para la Subdirección SOPIT debido a que en el proceso de migración de aplicaciones que se adelanta en la actualidad se puede llegar a estandarizar la plantilla para que aplicaciones web paralelas a la de Recurso Aire conserven las mismas características.

7.3. APOORTE A LA SOCIEDAD

Se podría decir que todos los aportes que se realizaron a la CDMB durante el desarrollo del proyecto se convierten en aportes directos a la Sociedad dado que es un ente público y todo aquello que se genere es de la gente y para la gente; con mayor razón información producto de un proceso misional de la entidad como lo es la Red de Calidad de Aire.

¿Qué beneficio logra la Sociedad con la implementación del sistema CAI?

1. Asegurar que la información recolectada de las estaciones de monitoreo de Calidad de Aire ha llevado un proceso de depuración y clasificación adecuado, de manera que se obtenga información confiable que pueda ser utilizada para estudios de contaminación ambiental y toma de acciones preventivas o correctivas según niveles encontrados.

2. Mantener un estándar en la clasificación ambiental bajo Índice de Calidad del Aire de datos a condiciones de referencia. Colocando la información recolectada en Bucaramanga y el Área Metropolitana en términos comparables con datos reportados por otras redes de calidad de aire del país.
3. Realizar la modificación del indicador IBUCA (Índice de Calidad del Aire de Bucaramanga y el área metropolitana) por el indicador nacional ICA en los reportes emitidos a la comunidad y en general de la clasificación de la información reportada por la Red. Se considera un beneficio puesto que en el país se mide ICA y no IBUCA, luego no es comparable un nivel de IBUCA con un nivel de ICA, de hecho se puede llegar a confundir a la comunidad observando niveles de contaminación diferentes para un mismo registro.
4. Mantener información depurada, clasificada y actualizada en el Sistema para consulta de personas interesadas. (Datos de la Red, Datos Depurados, Datos a condiciones de Referencia, Datos Clasificados, etcétera). El sistema CAI puede generar archivos de texto, Excel o Pdf según petición del interesado.
5. Mantener actualizada la aplicación web del Sistema de Vigilancia de la Calidad de Aire CDMB, para divulgación de información a la población interesada y permitiendo generar gráficas de datos clasificados bajo el Índice de Calidad del Aire ICA, y de tendencia de contaminación en cierta zona. También permite descargar archivos de interés público como informes periódicos y ponerse en contacto vía correo electrónico con el líder de la red de aire en caso de búsqueda de información puntual.

Tanto a nivel regional como nacional es de gran aporte a la comunidad el poder realizar consultas de información de estaciones de monitoreo de la CDMB, por ello con CAI se realiza la conversión de los datos al formato exigido por SISAIRE quedando disponibles para su captura y publicación.

Poner en conocimiento del Ministerio de Ambiente la realización del Sistema CAI, y con esté los cuestionamientos respecto a las debilidades reportadas en la Normatividad Colombiana que legisla el Recurso Aire: Resoluciones No. 610 de 2010 del MAVDT y el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, en miras que se promuevan estudios o proyectos de investigación donde se dé explicación o solución a los problemas expuestos, principalmente la falta de relación entre los máximos permitidos en la norma colombiana y el ICA que básicamente es una Copia de la AQI Air Quality Index desarrollado por la EPA Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

8. RECOMENDACIONES

Este proyecto hace parte de un grupo de aplicaciones corporativas desarrolladas en la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga con el fin de contribuir con el cumplimiento de los procesos misionales de la entidad. El Sistema para la Vigilancia de Calidad de Aire de la CDMB representa la aplicabilidad de conceptos teóricos ambientales que combinados con la experiencia del talento humano de la entidad generan resultados positivos a favor de la comunidad. Se recomienda que este tipo de proyectos de grado con modalidad de práctica social sean una opción más frecuente para los estudiantes de ingeniería de sistemas que buscan desempeñarse como profesionales ya que permiten poner en práctica la formación académica de la universidad con el ambiente empresarial real que se vive en la empresa pública y a la vez se realiza expansión a la comunidad santandereana y en general a nivel nacional e internacional.

A lo largo del desarrollo del proyecto se observaron algunas inconsistencias o debilidades registradas tanto en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire como en la Norma Resolución No. 610 de 2010 del MAVDT, para ello se envió un documento de observaciones a un delegado del ministerio de Ambiente quien realizó una visita a la CDMB y fue puesto en conocimiento del Sistema desarrollado. El documento se encuentra dentro de la documentación realizada en la fase de análisis de Resultados.

Se recomienda implementar un sistema de comunicación entre las estaciones y el equipo del Analista Ambiental de manera que se pueda recibir la información en tiempo real y así poder ser depurada y clasificada de forma inmediatamente a

través del Sistema para la Vigilancia de la Calidad del Aire CDMB para que quede disponible como consulta al público interesado, tanto a nivel local como nacional mediante el Subsistema de Información para la Calidad del Aire -SISAIRE.

Sobre la presente versión del Sistema para la Vigilancia de Calidad del Aire de la CDMB se puede construir una nueva versión orientada a dispositivos móviles donde se pueda implementar el módulo de mantenimiento, para que los técnicos puedan actualizar actividades de mantenimiento en tiempo real, describiendo con mayor detalle el proceso de monitoreo.

9. CONCLUSIONES

Con el análisis, desarrollo e implementación del Sistema para la Vigilancia de la Calidad del Aire de la CDMB a través de la práctica social, se define el proceso de operación de la red de aire y se implementa en software para beneficio de la comunidad, permitiendo al talento humano de la Red de Aire de la entidad el desarrollo de actividades de cargue, depuración, clasificación ambiental y consulta de información proveniente de monitoreos del Recurso Aire realizados en Estaciones o Cabinas de Monitoreo de Calidad del Aire en jurisdicción de la CDMB.

Con la implementación del Sistema, la red de aire comienza a depurar y clasificar datos en bruto (sin ningún proceso de depuración y clasificación) obtenidos en los primeros años de funcionamiento de la red cuando aún no existía un protocolo y estándar de clasificación ambiental; con ello la red de Aire de la CDMB logrará poner a disposición de la población información que no se había podido recuperar debido a la cantidad de datos registrados y al tiempo que podría demandar dicha actividad.

Con la realización del Sistema Corporativo CAI se ha logrado reconocer los estándares de desarrollo de aplicaciones Oracle de la Entidad y el proceso que se sigue para el desarrollo, aceptación e implementación de las Soluciones Software a los distintos procesos de la entidad, donde se incluye el tema de Seguridad, Integridad, y Organización de Información de cada una de las aplicaciones que en su totalidad conforman el Sistema de Información Corporativo SIC de la CDMB el cual es catalogado como una fortaleza institucional.

La metodología en Cascada seguida durante la realización del proyecto permitió el cumplimiento de los requerimientos del sistema y de las exigencias por parte de la entidad, favoreciendo la verificación y validación del sistema en cada una de sus etapas de desarrollo.

Con el desarrollo de ésta práctica social se favorece a la comunidad, dado que al optimizar el proceso de operación de la Red de Aire se garantiza que la información producto de los monitoreos se entregue de manera correcta, completa y oportuna para que se pueda realizar un seguimiento y control de la contaminación encontrada en Bucaramanga y el Área Metropolitana.

Ésta experiencia permitió a la Autora conocer otras áreas del conocimiento como lo es la parte ambiental, propiamente sobre el Recurso Aire, apropiándose del lenguaje técnico ambiental, la legislación colombiana referente a la calidad de aire, y algunos aspectos electrónicos propios del funcionamiento de equipos de monitoreo de calidad de aire.

En el Territorio Colombiano existen varias redes de calidad del aire de diferentes Corporaciones Autónomas Regionales, algunas con equipos de monitoreo Automáticos otras con equipos Semiautomáticos o Manuales, estableciendo una cobertura de cabinas y equipos significativa a nivel nacional, sin embargo no se cuenta con suficientes herramientas Software que permitan la ejecución del proceso de vigilancia de la calidad del Aire, es por ello que el Sistema para la Vigilancia de la Calidad del Aire de la CDMB implementado no solo es un aporte a nivel regional sino a nivel nacional y se convierte en una herramienta pionera en la sistematización del proceso de operación de los Sistemas de Vigilancia de Calidad de Aire del País.

10. BIBLIOGRAFÍA

Catherine M. Ricardo, Bases de datos: Conceptos Introdutorios a las bases de datos. McGraw-Hill, Interamericana Editores, S.A de C.V. México. 2004.

Colobran. M, Arqués. J, Galindo. E, ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS EN RED Editorial UOC, Barcelona, 2008.

URL:http://books.google.com.co/books?id=w4utLelkYgkC&pg=PA179&dq=servidor+web&hl=es&sa=X&ei=hRBdT_L9FsehtwfkIpSGDA&ved=0CD0Q6AEwAQ#v=onepage&q=servidor%20web&f=false

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución Número 601 (04, abril, 2006). Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución Número 610 (24, marzo, 2010). Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución Número 650 (29, marzo, 2010). Anexo 1. Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución Número 650 (29, marzo, 2010). Anexo 2. Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución Número 651 (29, marzo, 2010). "Por la cual se crea el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire - SISAIRE".

Oktaba, Hanna, Y Mario Piattini. "Chapter XIII - An Incremental Functionality-Oriented Free Software Development Methodology". Software Process Improvement for Small and Medium, Techniques and Case Studies. IGI Global. © 2008. URL:http://common.books24x7.com/book/id_27108/book.asp

Oracle SQL Developer Tutorial [En línea]. [Consultado 11 de Marzo 2012]
URL:<http://st-curriculum.oracle.com/tutorial/SQLDeveloper/index.htm>>

Ruiz, I. Nieto, M. López, E. Cerruela, G. Bases de Datos desde Chen hasta Codd con Oracle: Capítulo 1: Introducción a las Bases de Datos. Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V. México. 2002.

S. Caballé Y F. Xhafa. Aplicaciones distribuidas en Java Con Tecnología RMI. Delta Publicaciones. Madrid. 2008.

Tutorial [En línea]. [Consultado 11 de Marzo 2012] URL:<http://st-curriculum.oracle.com/tutorial/SQLDeveloper/index.htm>>

PRESSMAN R.S., Ingeniería del Software un enfoque práctico (5ta Edición): Capítulo 17 Técnicas de Prueba del Software. McGraw-Hill, Interamericana de España S.A.U. Aravaca (Madrid). 2002.

Sommerville, I. INGENIERÍA DEL SOFTWARE, Séptima edición. Pearson Addison Wesley, España, 2006. [En línea]. [Consultado 8 de Marzo 2012] URL: <http://books.google.com.co/books?id=gQWd49zSut4C&printsec=frontcover&dq=ingenieria+del+software&hl=es&sa=X&ei=HhZdT52sFNSCtge6x9WFDA&sqi=2&ved=0CDEQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false>

11. ANEXOS

ANEXO 1: Plan de Actividades.

PLAN DE ACTIVIDADES

Para la realización y cumplimiento del cronograma de actividades, se hizo necesario elaborar una descripción de actividades derivadas de las principales actividades descritas en el cronograma.

El plan de actividades enunciado a continuación se inicia en la fase de Requerimientos, fase donde se inició el periodo de práctica social y termina con la fase de Desarrollo e Implementación, donde se incluye la entrega y puesta en marcha del software, junto con las pruebas correspondientes.

A cada una de las actividades contempladas se ha dado finalización, y el producto de ello es el documento final de la tesis y la puesta en marcha del software junto con la documentación recolectada durante el desarrollo del proyecto.

FASE DE REQUERIMIENTOS

1. Recolección de requerimientos.
 - Reuniones diarias con el personal a cargo de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire.
 - Reuniones diarias con el ingeniero de sistemas (Tutor Ing. Edgar Serrano) encargado del manejo del subsistema de Calidad del Aire.
 - Entrevistas con el personal encargado de las visitas (Salidas de Campo) a estaciones de monitoreo de calidad del aire de la CDMB. Técnicos: Elkin Carrillo y Freddy Quintanilla.
 - Estudio de los formatos actuales donde se registra la información

recolectada en los monitoreos (bitácora de mantenimiento).

- Estudio de las herramientas software utilizadas para la depuración de datos.

2. Definición de Especificaciones.

- Definición del proceso de depuración, clasificación y análisis de los datos recolectados en las estaciones de monitoreo.
- Definición de las herramientas a utilizar para la solución de software.
- Aceptación de los requerimientos por parte de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire.

FASE DE DISEÑO

1. Diseño de Software. (Estructura).

- Descripción de la estructura de la solución software. Definición de la Herramienta de desarrollo para la creación de las partes del sistema: Recolección de datos, depuración de datos y clasificación según normatividad colombiana y local.
- Elaboración de diagramas del Sistema

2. Diseño de la Base de Datos.

- Se redactarán las reglas del negocio que ayuden a comprender el proceso.
- Abstracción de tablas candidatas.
- Normalización de las tablas.
- Estudio de las relaciones entre tablas y la cardinalidad.
- Realización del modelo Entidad/Relación.
- Realización del modelo relacional.
- Creación de la base de datos en Oracle 10g.

3. Diseño de la Interfaz de Registro de Mantenimiento.
 - Acorde con los requerimientos para el registro de mantenimiento, se deben incluir en la interfaz los campos necesarios para registrar las acciones llevadas a cabo en las estaciones de monitoreo.
 - Se debe incluir un campo para observaciones, como registros de condiciones extremas en el clima.

4. Diseño Interfaz de archivos pre depurados.
 - Realizar una parametrización de la información vital del sistema: Normas, índices de calidad, etcétera.
 - Tener en cuenta por cada una de las estaciones los parámetros medidos para su posterior depuración.
 - Establecer conjuntamente con los analistas ambientales los criterios para depuración. Rangos de aceptación para las jornadas.
 - Aplicar banderas de aceptación o rechazo de datos.

5. Diseño Interfaz de clasificación nacional y local.
 - Se debe tener en cuenta que la clasificación se puede llegar a realizar en periodos de tiempo dados por la normatividad para cada uno de los parámetros medidos.
 - La interfaz debe mostrar las tablas con los registros encontrados, y una visualización gráfica según niveles de contaminación encontrados. Los niveles varían según la exigencia de la norma.

6. Entrega y corrección del diseño final de la Solución Software.
 - Recopilar los diseños UML requeridos para la realización del diseño del sistema.
 - Realizar un diagrama de navegación de ventanas del sistema.

FASE DE DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

1. Implementación de la base de datos. (3 semanas aproximadamente).
 - Crear la base de datos.
 - Realizar algunos inserts de prueba a la base de datos.
 - Realizar programas de consulta y validación para la base de datos.

2. Desarrollo de las interfaces del sistema.
 - Realizar los programas de software necesarios en developer y pl/sql para el funcionamiento de las interfaces o formas que se requieren para el cumplimiento de las especificaciones dadas por el usuario para la fase de depuración de los datos incluyendo Algoritmos para: Rangos diurno y nocturno de aceptación de datos, interfaz de registro y consulta de mantenimientos, asignación de banderas de alerta y aceptación a los datos, y cargue de los datos depurados a la base de datos y posteriormente al módulo de clasificación de datos, (4 semanas aproximadamente).

3. Montaje y prueba final. (3 semanas aproximadamente).
 - Poner en marcha los programas para cada módulo.
 - Subir la interfaz de clasificación de datos al servidor.
 - Realización de pruebas al sistema: verificar la validación de formularios, acepciones y funciones del sistema.
 - Revisión del cumplimiento de objetivos y requerimientos.
 - Reuniones conjuntas con los analistas ambientales para verificar la funcionalidad del software resultante.
 - Depuración de datos en bruto que ya han tenido un procesamiento manual para comparar resultados.

- Depuración de archivos de datos en bruto de años anteriores que no han sido depurados y que se requiere queden aceptables para su almacenamiento en la base de datos institucional y disponibles para estudios por parte del IDEAM.
- Correcciones o ajustes necesarios al sistema.
- Aprobación de la solución software, por parte de la CDMB y de la UIS.

ANEXO 2: Cronograma.

ACTIVIDAD	SEMANA																															
	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28				
INVESTIGACION PRELIMINAR																																
Visita a la CDMB y consecución de información.																																
Aprendizaje de las Herramientas a utilizar.																																
Elaboración del plan de práctica.																																
Corrección y aprobación del plan.																																
Firma del Acta de Compromiso.																																
FASE DE REQUERIMIENTOS																																
Recolección de requerimientos.																																
Definición de Especificaciones.																																
FASE DE DISEÑO																																
Diseño de Software. (Estructura).																																
Diseño de la Base de Datos.																																
Diseño de Interfaz de Registro de Mantenimiento.																																
Diseño de Interfaz de archivos pre depurados.																																
Diseño de Interfaz de clasificación nacional.																																
Diseño de Interfaz de clasificación local.																																
Entrega y corrección del diseño final de la Solución Software.																																
FASE DE DESARROLLO E IMPLEMENTACION																																
Implementación de la base de datos.																																
Desarrollo de las interfaces del sistema.																																
Montaje y prueba final.																																
FASE DE ANALISIS DE RESULTADOS																																
Entrega final del proyecto.																																
DOCUMENTACION																																

Tabla1: Cronograma de Actividades.

Fuente: Autora.

ANEXO 3: Menú del Sistema CAI.

El aplicativo Developer para Cargue, depuración y clasificación Ambiental de los datos provenientes de estaciones de monitoreo de Calidad del aire de la Corporación Autónoma Regional para la defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB conserva la siguiente estructura de menú desplegable, teniendo en cuenta los estándares para desarrollo de aplicaciones ORACLE DEVELOPER 6i de la entidad. A continuación se mostrarán los ítems del menú en sus diferentes niveles, incluyendo los nombres de las formas que despliegan:

Tabla 1. Parte1. Disposición del Menú CAI.

PRIMER NIVEL	SEGUNDO NIVEL	TERCER NIVEL
Archivo	Salir	
Procesos	→Cargar Datos <u>CAI PR050000</u> →Verificar Muestra <u>CAI PR010100</u> →Depurar Datos <u>CAI PR010200</u> →Clasificar Datos <u>CAI PR010300</u> →Matriz Depuración <u>CAI PR010301</u> →Programar Mantenimiento <u>CAI PR010400</u> →Reportar Mantenimiento →Crear Datos SISAIRE <u>CAI PR010600</u> →Eliminar Muestras <u>CAI PR010700</u>	→Mantenimiento Preventivo <u>CAI PR010500</u> →Mantenimiento Correctivo <u>CAI PR010501</u>

Fuente: Autora.

Tabla 2. Parte 2. Disposición del Menú CAI.

Consultas	<p>→Norma Existente <u>CAI CO010100</u> →Norma Actual <u>CAI CO010200</u> →ICA <u>CAI CO010300</u> →Antiguo IBUCA <u>CAI CO010400</u></p> <p>DATOS</p> <p>Clasificación de Datos</p> <p>Indicador ICA</p> <p>→Cronograma de Mant <u>CAI CO010800</u> →Mantenimientos Realizados <u>CAI CO010900</u> →Catálogo de Estaciones <u>CAI CO011100</u></p> <p>→Días de la Semana <u>CAI CO011000</u> →Graficar Datos Referencia <u>CAI CO012000</u></p> <p>Graficar Norma</p> <p>→Áreas Fuente <u>CAI CO014000</u></p>	<p>→Sin Depurar <u>CAI CO010501</u> →Depurados <u>CAI CO010502</u> → Referencia <u>CAI CO010503</u> →SISAIRE <u>CAI CO010504</u></p> <p>→1 HORA <u>CAI CO010601</u> →3 HORAS <u>CAI CO010602</u> →8 HORAS <u>CAI CO010603</u> →24 HORAS <u>CAI CO010604</u> →ANNUAL <u>CAI CO010605</u></p> <p>→Por Estación <u>CAI CO010701</u> →Por Bucaramanga <u>CAI CO010702</u></p> <p>→1 HORA <u>CAI CO013001</u> →3 HORAS <u>CAI CO013002</u> →8 HORAS <u>CAI CO013003</u> →24 HORAS <u>CAI CO013004</u> →ANUAL <u>CAI CO013005</u></p>
-----------	---	---

Fuente: Autora.

Tabla 3. Parte3. Disposición del Menú CAI.

Listados	<p>Datos ICA</p> <p>→Datos Locales <u>CAI LI010200</u></p> <p>→Datos de Referencia <u>CAI LI010300</u></p> <p>→Datos SISAIRES <u>CAI LI010400</u></p> <p>Indicador ICA</p> <p>→Programación de Mantenimiento <u>CAI LI010600</u></p> <p>→Historial de Mantenimiento <u>CAI LI010700</u></p>	<p>→1 HORA <u>CAI LI010101</u></p> <p>→3 HORAS <u>CAI LI010102</u></p> <p>→8 HORAS <u>CAI LI010103</u></p> <p>→24 HORAS <u>CAI LI010104</u></p> <p>→ANUAL <u>CAI LI010105</u></p> <p>→Por Estación <u>CAI LI010501</u></p> <p>→Por Bucaramanga <u>CAI LI010502</u></p>
Administración	<p>Normatividad</p> <p>→Actualizar Límites de Aceptación <u>CAI AD010200</u></p> <p>→Factor Condiciones de Referencia <u>CAI AD010300</u></p> <p>→Estaciones <u>CAI AD010400</u></p> <p>→Equipos y Parámetros por Estación <u>CAI AD010500</u></p> <p>→Banderas <u>CAI AD010600</u></p> <p>→Actividades de Mantenimiento <u>CAI AD010601</u></p> <p>→Parámetros Medidos <u>CAI AD010700</u></p> <p>→Unidades de Medida <u>CAI AD010800</u></p> <p>→Técnica de Medida <u>CAI AD010900</u></p> <p>→Valor Multiplicador para Depuración por Límites <u>CAI AD012000</u></p>	<p>→Parámetros Norma <u>CAI AD010101</u></p> <p>→Parámetros ICA <u>CAI AD010102</u></p> <p>→Periodos de Permanencia <u>CAI AD010103</u></p> <p>→Nueva Norma <u>CAI AD010104</u></p>
Ayuda	<p>→Contenido <u>CAI AY000001</u></p> <p>→Acerca de <u>CAI AY000002</u></p>	

Fuente: Autora.

ANEXO 4: Descripción de Principales Interfaces del Sistema CAI.

PRINCIPALES INTERFACES DEL SISTEMA PARA LA VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE

PROCESOS:

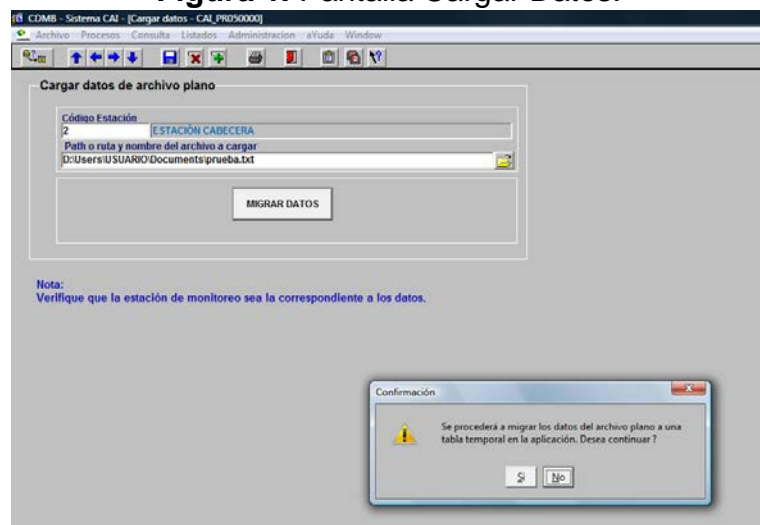
1. Cargar Datos:

Interfaz donde el Usuario ingresa los datos al sistema a través de un archivo .txt que genera por cada una de las estaciones de monitoreo.

Para realizar el proceso correctamente se deben tener en cuenta las siguientes directrices:

- Escoger la Estación a la cual pertenecen los datos.
- El archivo debe estar en extensión .txt.
- Los datos deben estar separados por el carácter delimitador (.). Dado que es el formato como el equipo de monitoreo entrega la información capturada.

Figura 1. Pantalla Cargar Datos.



Fuente: Autora.

2. Verificar Muestras

Es la interfaz donde el Usuario observa los datos que ha cargado al sistema, proveniente del archivo plano para posteriormente aprobarlos y que queden disponibles para su procesamiento.

Para la verificación se tiene en cuenta que las fechas “inicio y hasta” de la muestra sean correctas y coincida con la estación de la cual proviene el archivo de datos.

Figura 2. Pantalla Verificar Muestras.

VERIFICAR MUESTRAS

Muestra

Código Muestra: 1
Fecha Desde: 01-01-2009
Fecha Hasta: 31-01-2009
Código Estación: 1 ESTACIÓN NORTE
Observaciones:

Datos importados

Consecutivo	Parámetro	Valor	Unid. de Medida	Fecha DD-MM-YYYY	Hora HH
10095	NO2	11.0000		01-01-2009	00
10096	NOX	14.0000		01-01-2009	00
10097	NO	3.0000		01-01-2009	00
10098	SO2	7.5600		01-01-2009	00
10102	VELV	1.1600		01-01-2009	00
10104	TEMP	18.9000		01-01-2009	00
10106	PRESION	680.8200		01-01-2009	00

Observaciones:

MUESTRA CORRECTA

Nota:
-Puede verificar que los datos se han cargado correctamente y dar click en el botón Muestra Correcta de lo contrario evite dar click en el botón e ingrese en el menú: procesos>eliminar datos.

FRM-40200: El elemento está protegido contra actualizaciones.
Registro: 1/? <OSCS> <DBG>

Fuente: Autora.

3. Matriz Depuración.

Es la interfaz donde el Usuario realiza el proceso de depuración con ayuda del sistema.

Figura 3. Pantalla Matriz Depuración.

ID	Mud	Sigla	Est	Fecha	Hora00	Hora01	Hora02	Hora03	Hora04	Hora05	Hora06	Hora07	Hora08	Hora09	Hora10	Hora11	Hora12	Hora13	Hora14	Hora15	Hora16	Hora17	Hora18	Hora19	Hora20	Hora21	Hora22	Hora23
1	58	OZONO	5	01-JAN-2011	3.19	2.64	2.92	2.79	2.67	2.63	3.48	7.1	15.81	24.51	29.09	31.03	26.66	22.28	21.25	21.25	21.25	21.25	21.25	21.25	21.25	21.25	21.25	21.25
2	58	OZONO	5	02-JAN-2011	4.68	5.49	5.63	5.98	5.16	4.51	2.94	4.78	10.36	25.94	30.81	29.45	22.55	22.55	21.25	21.25	21.25	21.25	21.25	21.25	21.25	21.25	21.25	21.25
3	58	OZONO	5	03-JAN-2011	3.71	4.37	4.13	2.65	3.98	2.84	3.17	3.73	6.41	11.78	22.4	26.38	16.59	18.88	18.88	18.88	18.88	18.88	18.88	18.88	18.88	18.88	18.88	18.88
4	58	OZONO	5	04-JAN-2011	3.07	2.72	2.73	2.57	2.82	2.56	2.88	3.52	7.38	17.83	25.77	18.43	17.81	18.81	18.81	18.81	18.81	18.81	18.81	18.81	18.81	18.81	18.81	18.81
5	58	OZONO	5	05-JAN-2011	3.04	10.82	13.25	7.41	4.17	2.64	2.73	3.23	5.39	14.53	25.01	20.42	23.08	22.08	22.08	22.08	22.08	22.08	22.08	22.08	22.08	22.08	22.08	22.08
6	58	OZONO	5	06-JAN-2011	2.97	2.93	2.76	2.75	2.83	2.75	3.05	2.17	3.4	22.34	31.84	36.32	24.88	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7
7	58	OZONO	5	07-JAN-2011	3.33	4.35	13.07	8.3	4.6	4.01	4.11	4.94	12.28	19.72	30.74	30.69	23.01	22.01	22.01	22.01	22.01	22.01	22.01	22.01	22.01	22.01	22.01	
8	58	OZONO	5	08-JAN-2011	2.64	2.76	2.62	3.41	2.71	2.66	3.08	4.47	8.58	17.31	34.71	28.48	28.66	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28	24.28
9	58	OZONO	5	09-JAN-2011	3.35	3.49	3.13	2.64	3.12	2.7	2.84	3.41	9.15	20.08	32.98	33.18	23.97	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24
10	58	OZONO	5	10-JAN-2011	2.45	2.57	2.96	2.74	2.95	2.46	2.64	3.02	5.96	12.93	26.47	38.93	30.27	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4
11	58	OZONO	5	11-JAN-2011	5.51	3.55	4.51	2.3	2.85	2.54	3	3.87	7	14.94	28.56	34.11	31.65	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7
12	58	OZONO	5	12-JAN-2011	3.58	3.57	2.73	2.63	3.07	2.5	2.79	3.81	8.32	18.48	31.53	39.76	32.93	26.21	26.21	26.21	26.21	26.21	26.21	26.21	26.21	26.21	26.21	26.21
13	58	OZONO	5	13-JAN-2011	3.83	3.15	2.79	2.67	3.38	2.63	3.07	3.52	7	19.15	33.11	43.22	44.72	29.11	29.11	29.11	29.11	29.11	29.11	29.11	29.11	29.11	29.11	29.11
14	58	OZONO	5	14-JAN-2011	7.49	2.94	5.71	4.22	4.54	3.1	3.08	3.88	11.41	21.84	✓999	✓999	37.12	28.24	28.24	28.24	28.24	28.24	28.24	28.24	28.24	28.24	28.24	28.24
15	58	OZONO	5	15-JAN-2011	2.5	3.07	7.29	5.56	2.58	2.8	2.94	4.46	8.03	23.28	29.98	31.07	30.83	20.72	20.72	20.72	20.72	20.72	20.72	20.72	20.72	20.72	20.72	20.72
16	58	OZONO	5	16-JAN-2011	4.01	3.72	2.6	2.7	3.26	2.87	3.04	4.94	9.91	23.39	32.16	28.79	24.51	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4
17	58	OZONO	5	17-JAN-2011	2.6	2.99	2.43	3.02	2.63	2.56	3.07	3.03	7.98	17.69	28.71	33.91	24.27	20.51	20.51	20.51	20.51	20.51	20.51	20.51	20.51	20.51	20.51	20.51
18	58	OZONO	5	18-JAN-2011	8.18	10.8	8.54	8.15	2.8	2.82	3.57	3.81	8.74	19.78	31.21	34.25	26.77	24.61	24.61	24.61	24.61	24.61	24.61	24.61	24.61	24.61	24.61	24.61
19	58	OZONO	5	19-JAN-2011	2.72	3.89	2.59	4.04	4.47	2.61	3.38	6.44	10.79	19.88	✓999	✓999	19.2	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3
20	58	OZONO	5	20-JAN-2011	3.3	4.65	4.41	2.2	3.0	6.7	3.1	1.95	6.9	10.46	✓999	✓999	22.41	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
21	58	OZONO	5	21-JAN-2011	3.1	2.43	3.32	1.16	3.4	7.9	1.46	1.79	8.44	19.45	27.3	37.35	27.85	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6
22	58	OZONO	5	22-JAN-2011	1.8	3.29	2.7	2.62	1.77	1.13	1.41	3.26	9	22.15	33.05	34	26.27	24.41	24.41	24.41	24.41	24.41	24.41	24.41	24.41	24.41	24.41	24.41
23	58	OZONO	5	23-JAN-2011	1.46	3.71	5.16	2.05	1.46	1.07	1.55	3.4	6.58	21.44	27.63	34.73	21.53	24.11	24.11	24.11	24.11	24.11	24.11	24.11	24.11	24.11	24.11	24.11
24	58	OZONO	5	24-JAN-2011	5.46	4.15	2.92	1.58	1.07	99	1.06	2.09	6.65	15.84	23.97	37.01	22.16	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
25	58	OZONO	5	25-JAN-2011	4.41	8.66	8.48	2.18	6.41	2.02	1.16	2.28	5.54	15.59	28.16	34.23	30.55	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
26	58	OZONO	5	26-JAN-2011	3	4.87	8.53	1.06	1.04	1	95	1.43	7	18.49	28.58	35.85	30.75	25.84	25.84	25.84	25.84	25.84	25.84	25.84	25.84	25.84	25.84	25.84
27	58	OZONO	5	27-JAN-2011	7.98	8.71	3.93	5.11	4.49	7.61	1.1	2.66	9	18.86	27.08	39.9	25.12	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4
28	58	OZONO	5	28-JAN-2011	9.79	7.11	7.76	5.27	3.82	4.48	1.38	2.52	8.18	19.45	38.33	26.29	24.87	24.87	24.87	24.87	24.87	24.87	24.87	24.87	24.87	24.87	24.87	24.87
29	58	OZONO	5	29-JAN-2011	10.29	11.08	9.37	6.51	8.32	2.23	1.06	2.74	5.03	17.65	32.64	33.79	23.71	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4
30	58	OZONO	5	30-JAN-2011	2.91	2.82	3.38	3.39	2.84	2.85	3.25	3.88	9.32	21.88	33.84	36.51	27.28	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
31	58	OZONO	5	31-JAN-2011	11.35	3.72	6.48	5.99	2.03	1.77	1.67	2.73	9.85	20.14	32.92	34.33	25.49	26.22	26.22	26.22	26.22	26.22	26.22	26.22	26.22	26.22	26.22	26.22
Media Aritmética					4.474	4.61	4.943	2.633	3.256	2.632	2.471	3.54	8.464	19.161	29.913	33.025	26.32	23.356	23.356	23.356	23.356	23.356	23.356	23.356	23.356	23.356	23.356	23.356
Desviación Estándar					2.643	2.524	2.967	1.869	1.707	1.36	925	1.241	3.25	3.201	3.607	5.001	5.61	3.432	3.432	3.432	3.432	3.432	3.432	3.432	3.432	3.432	3.432	3.432
					Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23

Fuente: Autora.

Antes de comenzar la Depuración se debe realizar el cambio de formato de visualización de la información a un formato DIA * HORA. El formato DIA * HORA permite recolectar en un solo registro los 24 datos obtenidos de los sensores de cada día, junto con el máximo, mínimo, promedio y cantidad de datos que no tienen bandera de mantenimiento.

JORNADAS: El botón Jornadas le permite al usuario observar los datos alertados por los valores superiores e inferiores definidos previamente para cada una de las cuatro jornadas del día. El usuario posteriormente comienza a decidir cuáles de los valores alertados deben ser aceptados o rechazados asignando un abandera correspondiente.

Figura 5. Recuadro de Jornadas del Día.

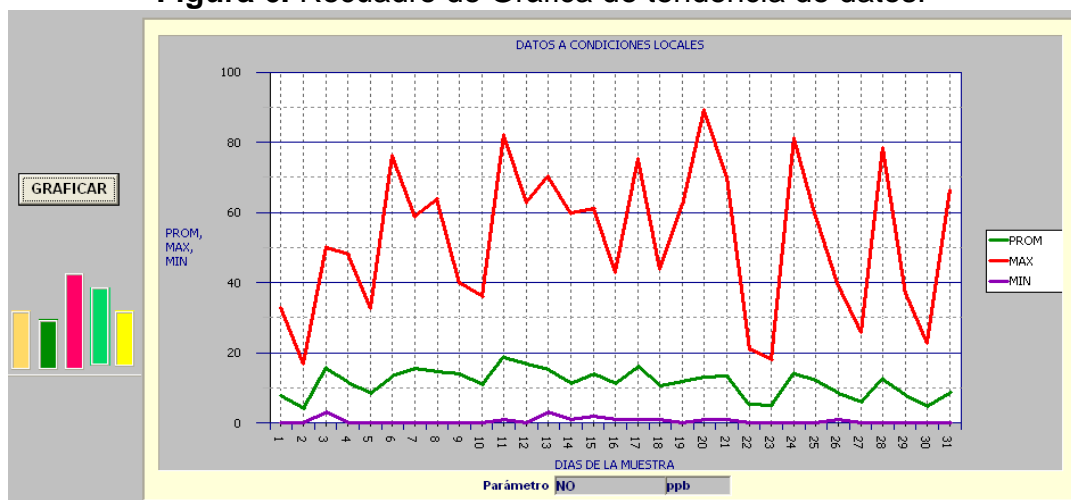
JORNADAS DE ACEPTACIÓN DE DATOS				
	H_Inicio	H_Final	Lim_Inf	Lim_Sup
JORNADA UNO				
JORNADA DOS				
JORNADA TRES				
JORNADA CUATRO				

Fuente: Autora.

GRAFICAR: El botón Graficar le permite al usuario observar en la parte inferior derecha la gráfica de PROMEDIO, MAXIMO y MINIMO de los datos depurados, esto le ayuda al analista a observar la tendencia y comportamiento de los datos.

En la parte inferior está ubicado otro botón GRAFICAR que realiza la misma función.

Figura 6. Recuadro de Gráfica de tendencia de datos.



Fuente: Autora.

LIMPIAR: El botón Limpiar le permite al usuario eliminar las marcas realizadas por el sistema en los check de los datos, como producto de la ayuda de depuración.

PROM: El botón PROM es el botón que carga los promedios horarios de las Horas, en caso de quererlos conocer posterior a una modificación u actualización.

Figura 7. Recuadro de Media y Desviación Estándar.

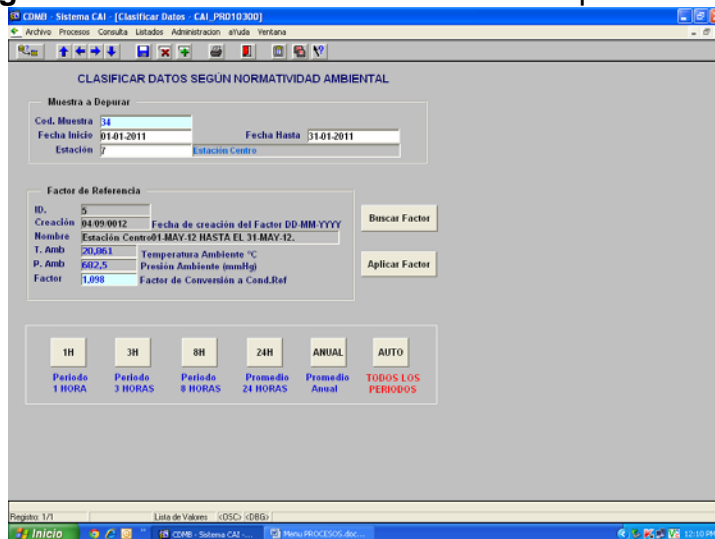
Media Aritmética	6,838	5,548	6,548	8,709	10,774	18,451	42,87	48,032	29,29	10,966	6,064	4,225
Desviación Estándar	9,342	6,597	7,873	10,399	7,91	8,049	20,998	20,635	14,501	4,671	2,851	1,802
	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11

Fuente: Autora.

4. Clasificar Datos según Normatividad Ambiental.

La interfaz de Clasificación de datos le permite al usuario convertir los datos ya depurados a condiciones de referencia y clasificarlos según los periodos de exposición del contaminante en el ambiente.

Figura 8. Recuadro de Mantenimientos Reportados.



Fuente: Autora.

5. Calcular IBUCA

La interfaz calcular IBUCA permite calcular manualmente el IBUCA de cierto parámetro, en cierto periodo de exposición dada una contaminación.

Figura 9. Interfaz de Cálculo de IBUCA

Fuente: Autora.

6. Mantenimientos Programados:

Mantenimientos que se han programado con anterioridad para seguir un cronograma de actividades técnicas en las estaciones de Monitoreo.

Figura 10. Interfaz de Programar Mantenimiento.

Fuente: Autora.

7. Reportar Mantenimiento

A cada mantenimiento se vincula una Actividad Realizada, una Bandera de Rechazo o de Aceptación en caso que el mantenimiento no presente daño en los equipos.

PREVENTIVO: Mantenimientos que se relacionan con el cronograma de visitas a las estaciones. Es obligatorio identificar el Mantenimiento Programado correspondiente, para que éste pase de “Programado” a “Realizado”.

Una vez se relaciona el mantenimiento Programado, se actualizan en pantalla los datos de la programación como fecha, estación, actividad, y hora tentativa para que sean ajustadas.

Los mantenimientos se realizan directamente sobre los equipos existentes en la estación. Existen equipos analizadores de gases o muestreadores de material particulado encargados de establecer la contaminación de la muestra del aire del ambiente. También existen en la cabina los equipos de adquisición de datos Datalogger, el cual también puede presentar falla.

Figura 11. Interfaz Reportar Mantenimiento Preventivo.

CDMB - Sistema CAI [Reportar Mantenimiento - CAI_PR010500]

Archivo Procesos Consulta Listados Administración Ayuda Ventana

REPORTAR NUEVO MANTENIMIENTO

Nuevo Mantenimiento

Consecutivo: 1
Estación: Estación Centro
Mant. Programado: 2 Consecutivo del Mantenimiento Programado, Pulse F9
Actividad Programada: CALIBRACIÓN SPAM
Muestra Afectada: SI Posible Afectación de los Datos
Fecha: 01-01-2011 DD-MM-YYYY
Hora Inicio: 7 HH "Hora de Captura de los equipos"
Hora Fin: 8 HH "Hora de Captura de los equipos"
Observaciones: Se Realiza la calibración SPAM para los analizadores.

Equipos en Mantenimiento

Id. Mant.	Parámetro	Equipo al que se Aplica el Mantenimiento
5	CALIBRACIÓN SPAM	Afectación SI
995	CALIBRACIÓN	Sigla R Tipo RECHAZO

Detalles y Observaciones: El equipo se ha revisado y queda funcionando correctamente.

NOTA: Se debe relacionar el correspondiente mantenimiento programado.

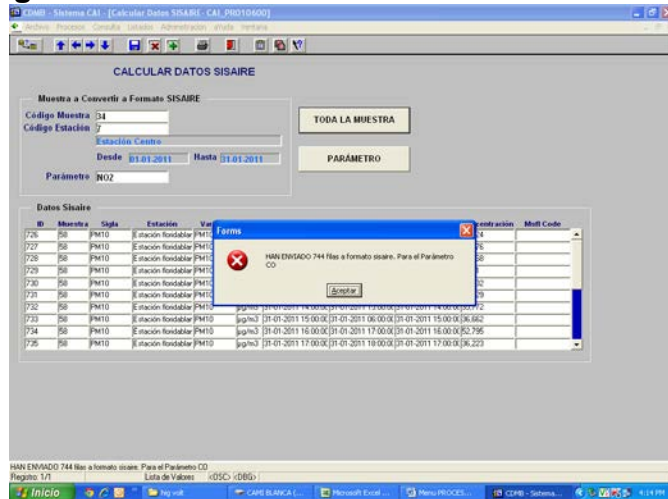
FFRM-41009: Tecla de función no definida. Pulsar CTRL+F1 para lista de teclas válidas.
(Registra: 1/7) (OSC) <DBG>

Inicio Microsoft Excel Menú PROCES... CDMB - Sistema... 4:12 PM

Fuente: Autora.

Pulsando F8 sobre el Identificador de SISAIRE puede observar los datos calculados.

Figura 13. Interfaz Convertir Datos a SISAIRE.



Fuente: Autora.

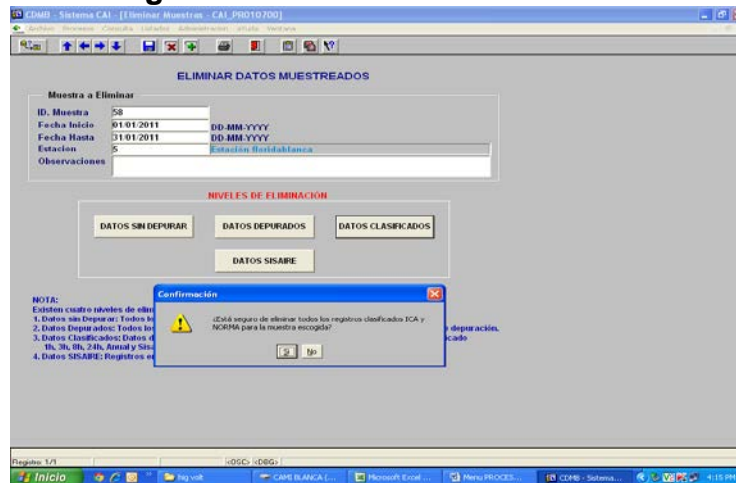
9. Eliminar Muestra

La interfaz Eliminar Muestra le permite al usuario borrar registros de la muestra escogida.

Se han definido cuatro niveles de eliminación con sus correspondientes botones:

1. Datos Sin Depurar: Elimina todos los registros existentes en el sistema para la muestra escogida.
2. Datos Depurados: Eliminar todos los registros depurados, clasificados y SISAIRE para la muestra escogida.
3. Datos Clasificados: Eliminar los registros Clasificados y SISAIRE para la muestra escogida.
4. Datos SISAIRE: Eliminar únicamente los Registros SISAIRE para la muestra escogida.

Figura 14. Interfaz Eliminar Muestra.



Fuente: Autora.

CONSULTAS: Las consultas son los ítems del menú donde se puede observar la información generada por el Sistema y la información ingresada por el Analista o Experto en el tema ambiental.

1. Consultar el Índice ICA

En la Interfaz ICA se puede consultar los puntos de corte ICA para cada contaminante, en su periodo de exposición correspondiente.

Figura 15. Interfaz Consultar ICA.

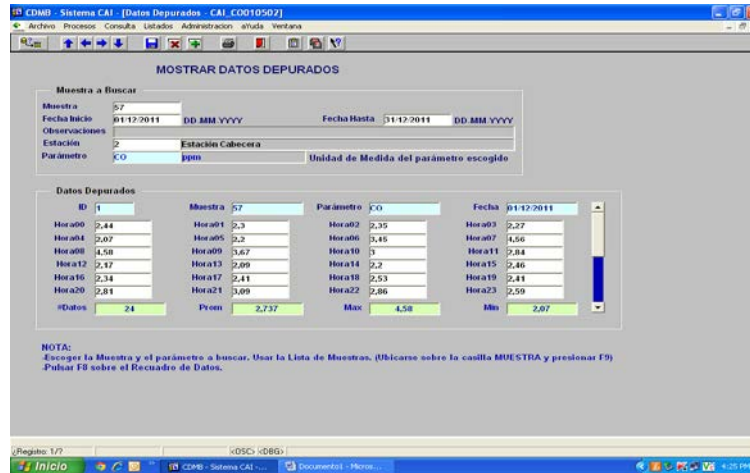


Fuente: Autora.

2. Consulta de Datos

Datos Depurados: La consulta de Datos depurados, son aquellos datos que se ubicaron en la matriz depuración Día*Hora y sufrieron el proceso de verificación y corrección de la información.

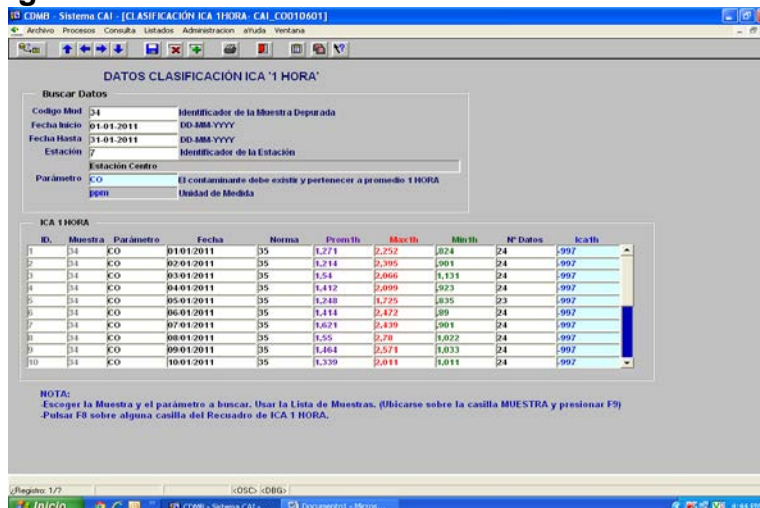
Figura 16. Interfaz Consultar Datos Depurados.



Fuente: Autora.

Clasificación de Datos: La Consulta de datos Clasificados se realiza de manera independiente para cada periodo de exposición. La Figura 17 muestra una interfaz de clasificación ambiental para el contaminante CO en periodo 1 Hora.

Figura 17. Interfaz Consultar Datos Clasificados 1 Hora.



Fuente: Autora.

3. Indicador ICA.

El indicador ICA es la búsqueda del ICA máximo de la estación dada o indicador por Bucaramanga.

Figura 18. Interfaz Consultar Indicador ICA por Estación.

INDICADOR ICA POR ESTACIÓN

BUSCAR INDICADOR

Fecha Inicio: 01.01.2011 Fecha Hasta: 31.01.2011
Estación: 7 Estación Centro: Estación Centro

ICA DÍA MÁXIMO AÑO

ICA MÁXIMO POR DÍA

ID	Muestra	Estación	Fecha	Parámetro	Periodo	Dato	Ica Max
1	34	7	01-01-2011	PM10	24 Horas	56,505	51,737
2	34	7	02-01-2011	PM10	24 Horas	56,294	51,634
3	34	7	03-01-2011	PM10	24 Horas	62,028	54,443
4	34	7	04-01-2011	PM10	24 Horas	55,27	51,132
5	34	7	05-01-2011	PM10	24 Horas	49,213	44,739

ICA MÁXIMO

Código	Muestra	Estación	Fecha	Parámetro	Periodo	Dato Max	Ica Max
13	34	7	13-01-2011	PM10	24 Horas	97,841	71,992

Registro del Mes

Mes Max	Fecha Max	Signa Sys	Periodo Max	Norma	Dato Max	Ica Max
ENERO	13-01-2011	PM10	24 Horas	100	97,841	71,992

Fuente: Autora.

4. Cronograma de Mantenimiento

Contiene la programación de Mantenimientos Programados de la Red de Aire.

Figura 19. Interfaz Consultar Cronograma de Mantenimientos Programados.

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTOS PROGRAMADOS

Buscar Mantenimiento

Fecha Programada: 01.02.2011 DD-MM-YYYY

Estación: 7 Estación Centro

Mantenimientos Programados

ID: 4

Estación: 7 Estación o punto de Monitoreo

Actividad: 1

Fecha: 01.02.2011 DD-MM-YYYY

Hora Inicio: 12 'HH' Hora Militar

Hora Fin: 13 'HH' Hora Militar

Estado: REALIZADO

Posible Afectación de los Datos: MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Observaciones: Se hace El cambio de los filtros

NOTA:
El Estado del Mantenimiento será Realizado cuando Relacione un Mantenimiento Realizado con el código del Mantenimiento Programado

Fuente: Autora.

5. Mantenimientos Realizados

Contiene el histórico de Mantenimientos Realizados a los equipos de monitoreo de la Red de Aire.

En los mantenimientos Realizados se incluyen tanto los Preventivos como los Correctivos. La diferencia radica en que a los Preventivos no se incluye un identificador de Mantenimiento Programado.

Figura 20. Interfaz Consultar Cronograma de Mantenimientos Realizados.

Man	Sigla	Act	Nombre ACT	AFECTA	Ban	Nombre BAND	Tipo BAND	Observaciones
1	OZONO	5	CALIBRACIÓN S	SI	995	CALIBRACIÓN	RECHAZO	El equipo se ha revisado y q
1	CO	5	CALIBRACIÓN S	SI	995	CALIBRACIÓN	RECHAZO	El equipo se ha revisado y q
1	NOX	4	MANTENIMIENT	SI	999	SEÑAL FUERA DE RA	Rechazo	Ninguna

Nota:
-Digito la fecha a buscar mantenimientos, puede digitar también la estación.
-Ubíquese sobre el recuadro Mantenimientos Históricos y presione F8.

Fuente: Autora.

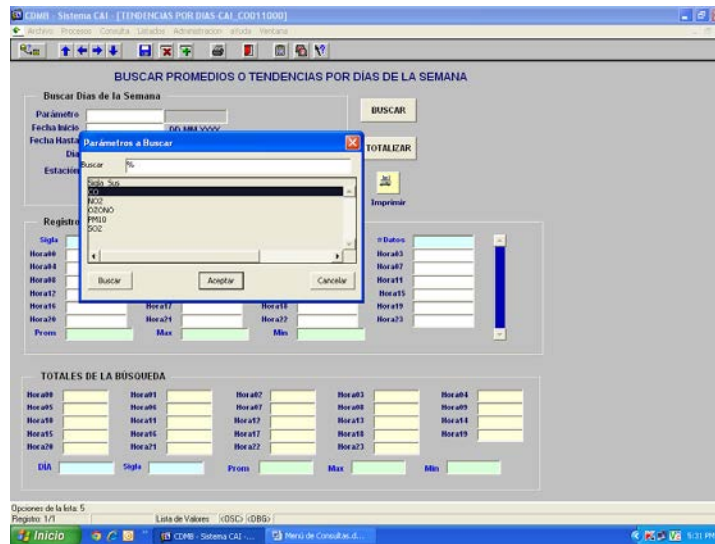
6. Días de la Semana

La búsqueda por días de la semana consiste en encontrar los datos registrado para un día de la semana: Lunes, Martes... Domingo.

Se debe indicar el Parámetro, el periodo de la búsqueda el día y la estación.

En esta interfaz se permite al usuario generar un reporte de la información consultada.

Figura 21. Interfaz Consultar Días de la Semana.

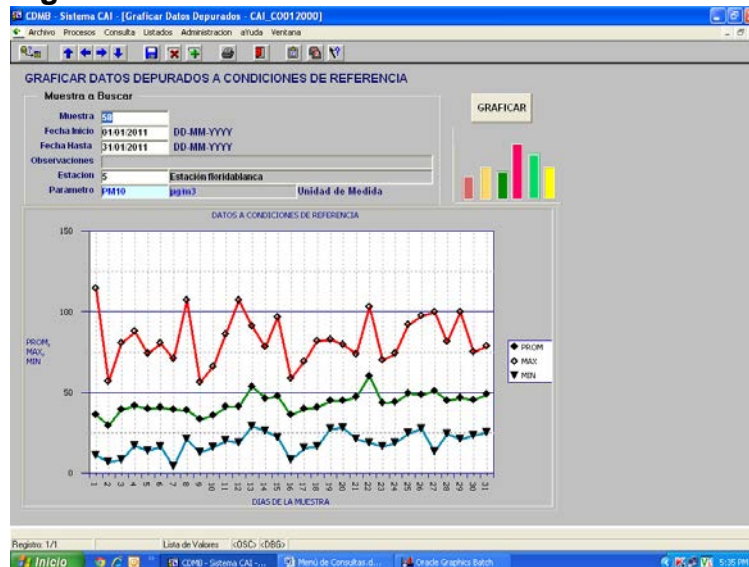


Fuente: Autora.

7. Graficar Datos Depurados a Condiciones de referencia

Muestra el comportamiento o tendencia de los datos depurados y convertidos a condiciones de referencia.

Figura 22. Interfaz Graficar Datos de Referencia.

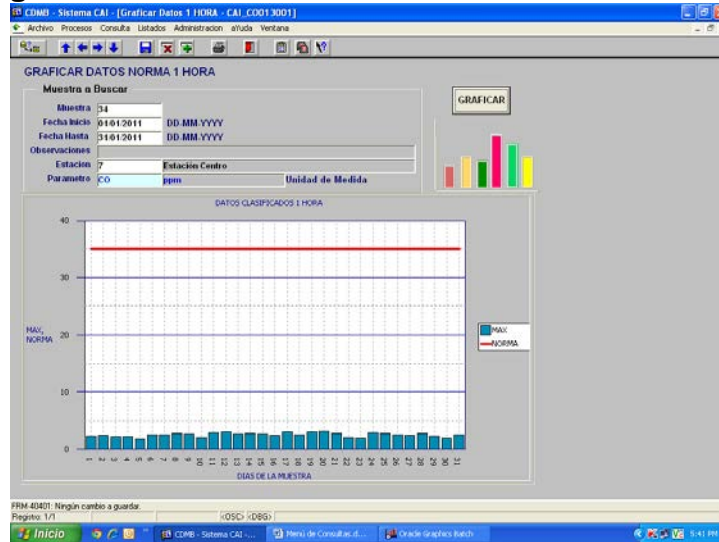


Fuente: Autora.

8. Graficar Datos Clasificados

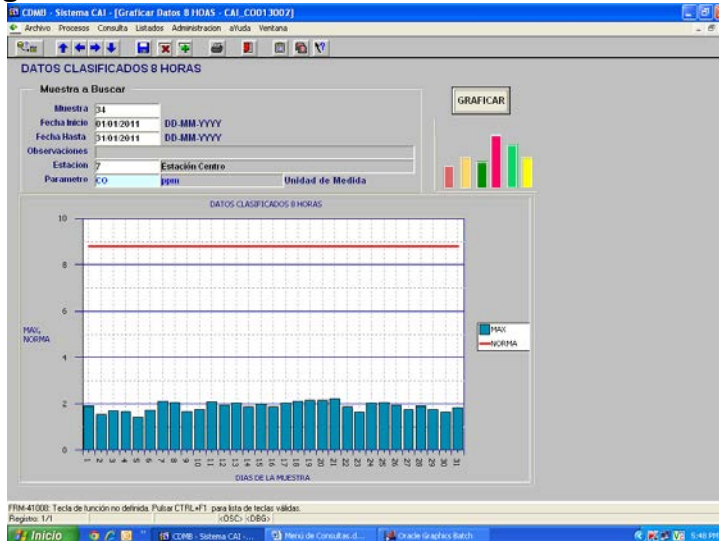
Tiene las opciones de gráficas para los datos en su respectivo periodo de exposición.

Figura 23. Interfaz Graficar Datos Clasificados 1 Hora.



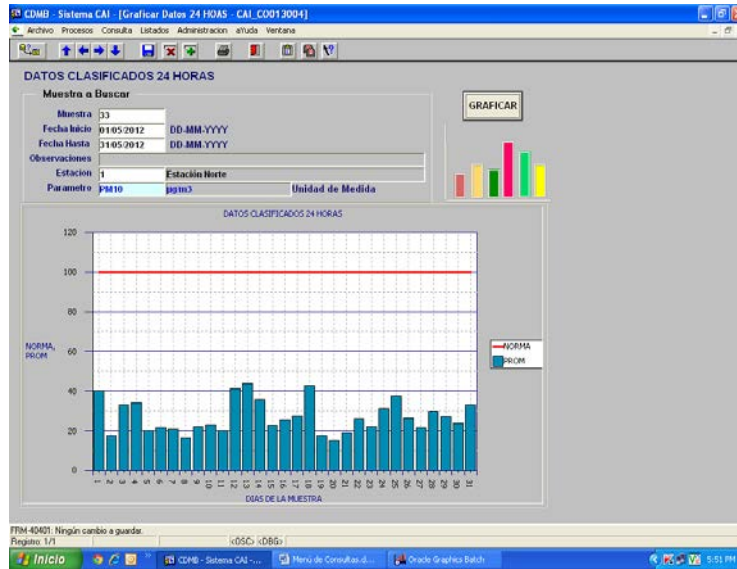
Fuente: Autora.

Figura 24. Interfaz Graficar Datos Clasificados 8 Horas.



Fuente: Autora.

Figura 25. Interfaz Graficar Datos Clasificados 24 Horas



Fuente: Autora.

9. Áreas Fuente

Áreas Fuente es una opción de búsqueda de tendencias de datos definidas en la normatividad colombiana para periodos de Exposición Anuales.

Se definen 4 tipos de contaminación para el Área fuente: Contaminación Marginal, Contaminación Moderada, Contaminación Media y Contaminación Alta. Los rangos están dados por porcentajes de aceptación de datos según el Nivel de la Norma. 0-24.9%, de 25% a 49.9%, 50% a 74.9% y superior a 75%.

Figura 26. Interfaz Calcular Áreas Fuente

ÁREAS FUENTE

Buscar Área Fuente

Parámetro: PM10

Fecha Inicio: 01.01.2011 DD.MM.YYYY Fecha Fin: 30.01.2011 DD.MM.YYYY

Estación: 7 Estación Centro

Norma: 50 TOTAL de Datos: 30

CALCULAR

Clasificación	L.Inferior	L.Superior	# Datos	% Datos
Contaminación Marginal	0	12,495	0	0
Contaminación Moderada	12,5	24,995	0	0
Contaminación Media	25	37,495	0	0
Contaminación Alta	37,5		30	100

Fuente: Autora.

LISTADOS

En todos los listados del aplicativo CAI el usuario puede descargar información generada por el sistema.

Enviar un Reporte a Pantalla: Indicar los parámetros de consulta. (Fecha inicio, Fecha Hasta, Estación y Parámetro) y dar clic sobre el botón Ejecutar.

El seguimiento de las figuras 27 a la 29 permite entender el funcionamiento de los reportes generados por pantalla.

Figura 27. Interfaz para Selección de Parámetros desde el Menú.

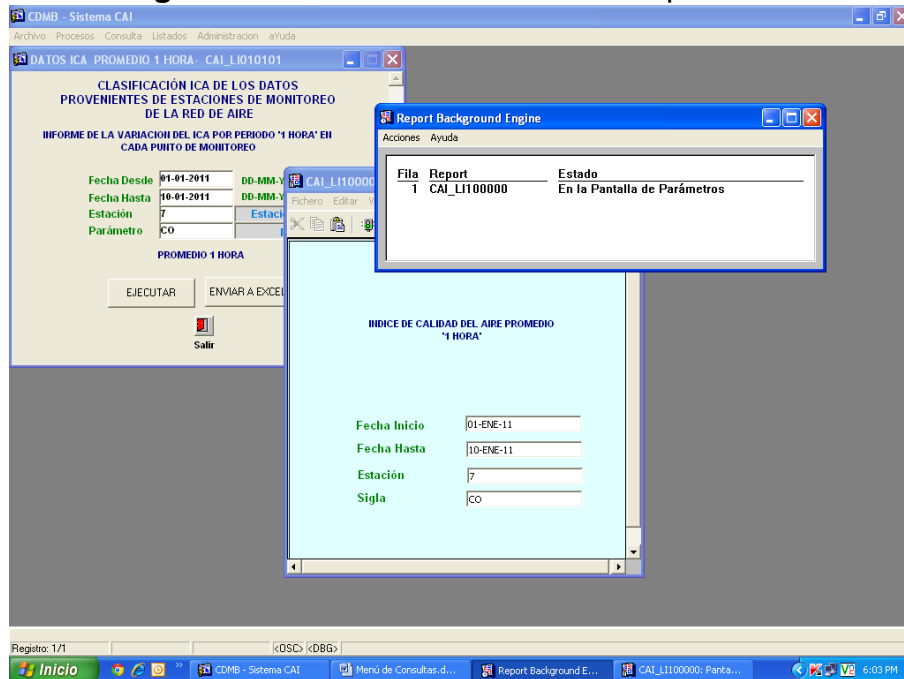
The screenshot shows a web application window titled "CDMB - Sistema CAI". The main content area displays a form for selecting parameters for a report. The form is titled "CLASIFICACIÓN ICA DE LOS DATOS PROVENIENTES DE ESTACIONES DE MONITOREO DE LA RED DE AIRE" and "INFORME DE LA VARIACION DEL ICA POR PERIODO '1 HORA' EN CADA PUNTO DE MONITOREO". The form includes the following fields and buttons:

Fecha Desde	01-01-2011	DD-MM-YYYY
Fecha Hasta	10-01-2011	DD-MM-YYYY
Estación	7	Estación Centro
Parámetro	CO	ppm

Below the form, there are three buttons: "EJECUTAR", "ENVIAR A EXCEL", and "Salir". The status bar at the bottom shows "Registro: 1/1" and "CDMB - Sistema CAI".

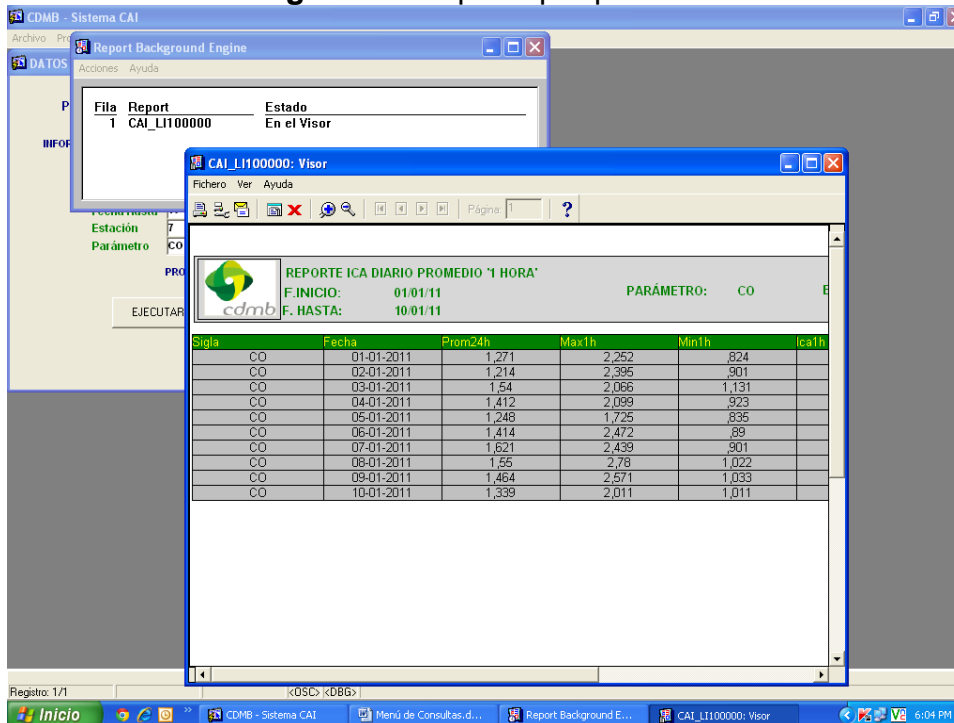
Fuente: Autora.

Figura 28. Interfaz Parámetros del Reporte.



Fuente: Autora.

Figura 29. Reporte por pantalla.



Fuente: Autora.

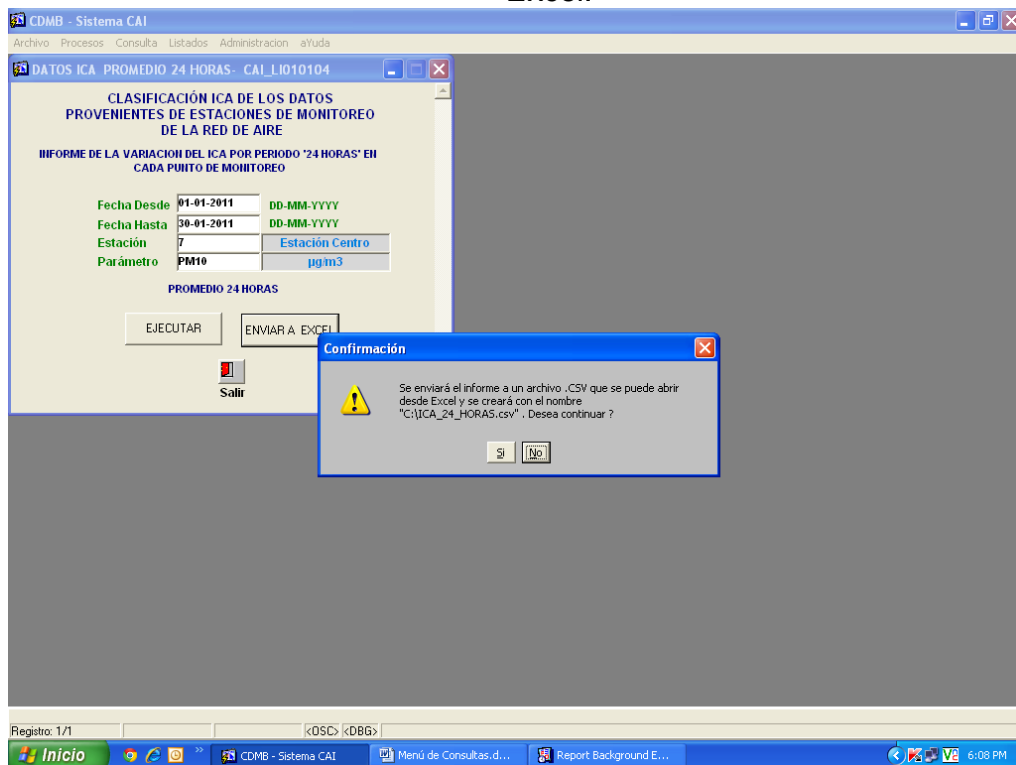
Enviar un Reporte a Excel

Indicar los datos de la consulta: fecha inicio, fecha final, estación y parámetro. Dar clic en el botón Enviar a Excel.

Le aparece una ventana de confirmación que indica la ruta donde se ubicará el archivo Excel que se va a generar con el reporte.

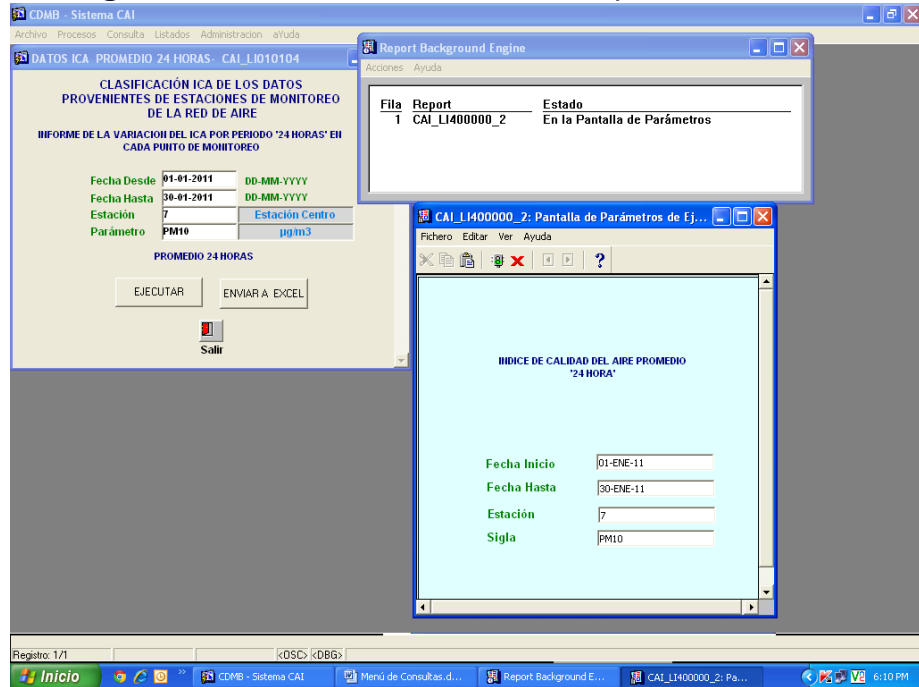
El seguimiento de las figuras 30 a la 32 permite entender el funcionamiento de los reportes generados por pantalla.

Figura 30. Interfaz para Selección de Parámetros desde el Menú para exportar a Excel.



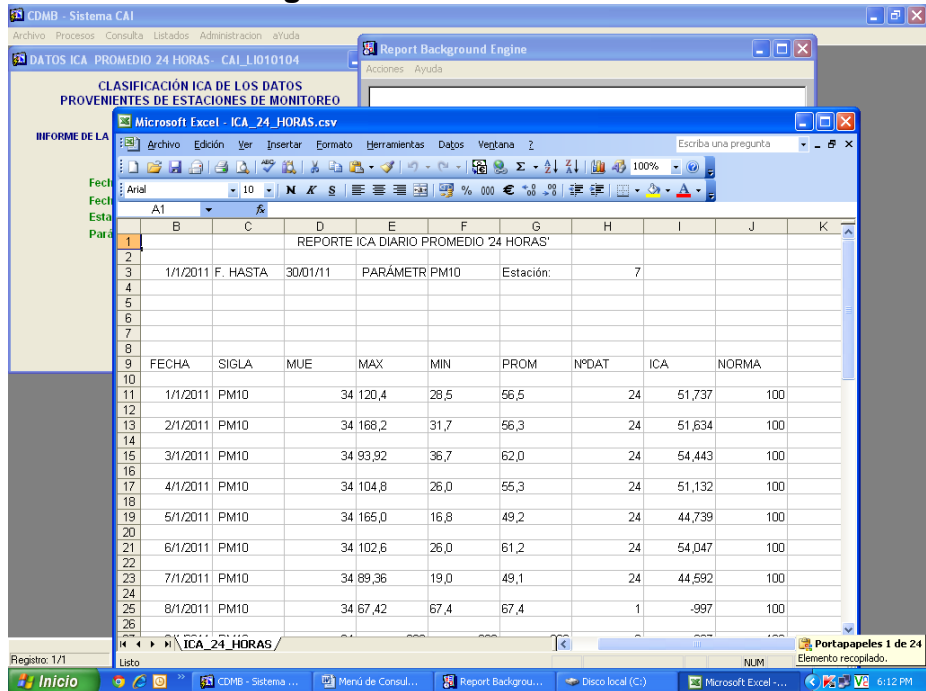
Fuente: Autora.

Figura 31. Interfaz Parámetros del Reporte a Excel.



Fuente: Autora.

Figura 32. Archivo Generado.



Fuente: Autora.

ADMINISTRACIÓN

El menú administración permite garantizar la mantenibilidad del sistema, gracias a la actualización de niveles de contaminación, normas, parámetros, información sobre la Red de Aire, etcétera.

1. Actualizar Norma Actual

La norma Actual es la norma vigente que legisla la contaminación del aire, a la se pueden ajustar los máximos y mínimos de contaminación permitida.

Figura 33. Interfaz de Administración Norma Actual.

NUEVO PARÁMETRO EN LA NORMA		
Consecutivo	1	
Parámetro	PM10	µg/m3
Cód.Periodo	1	24 HORAS
Cód. Norma	2	Resolución 610
Máximo Permitido	100	Valor máximo estipulado en la Norma
Mínimo Permitido	09,4	Valor mínimo estipulado en la Norma

NOTA:
Tenga en cuenta las unidades establecidas por el sistema para del parámetro correspondiente.

Fuente: Autora.

2. Norma ICA

Almacena los máximos permitidos y puntos de corte ICA por contaminante y periodo de exposición.

Figura 34. Interfaz de Administración del ICA.

Actualizar ICA

Consecutivo: 1
Parámetro: PM10 ug/m3
Codigo Per: 1 24 HORAS
Limite Menor: 51 0
Limite Mayor: 100 50
Color: ROJO Verde
Clasificación: DAÑINO Bueno
Valor Mínimo: 55 Valor Mínimo posible para el Contaminante escogido.
Valor Máximo: 154.999 Valor Máximo posible para el Contaminante escogido.
Efecto Salud: Posibles síntomas respiratorios en individuos no sensibles. Posible agravamiento de enfermedad del corazón o del pulmón en personas con enfermedades cardiopulmonares y adultos mayores.

Índice de Calidad del Aire (ICA)

Color	Clasificación	Rango
Verde	Bueno	0-50
Amarillo	Moderado	51-100
Naranja	Regular	101-150
Rojo	Dañino	151-200
Púrpura	Muy Dañino	201-300
Marrón	Peligroso	301-500

NOTA:
1. Tenga en cuenta las unidades establecidas por el sistema para el parámetro correspondiente.
2. Los Rangos del ICA son:
0-50 Verde-Bueno, 51-100 Anaranjado-Moderado, 101-150 Naranja-Dañino para Grupos Sensibles, 151-200 Rojo-Dañino, 201-300 Púrpura-Muy Dañino y 301-500 Marrón-Peligroso.

Fuente: Autora.

3. Periodo de Permanencia

El periodo de permanencia del contaminante en el ambiente o también llamado periodo de exposición.

Figura 35. Interfaz de Administración Periodos de Exposición.

PERIODO DE PERMANENCIA

Periodos de Permanencia del Contaminante

Consecutivo: 1
Periodo: 24 HORAS Periodo de exposición del contaminante.
Observaciones: EL PERIODO 24 HORAS

NOTA:
El periodo de permanencia permite definir cuáles son los tiempos de exposición de los contaminantes en la atmósfera. Los periodos están definidos en la Normatividad Colombiana.
Digite el Periodo seguido de la unidad de tiempo:
Ej: <1 HORA, 3 HORAS, 8 HORAS, 24 HORAS, ANUAL>

Fuente: Autora.

4. Nueva Norma

Guarda el Histórico de Normas que legislan el Recurso Aire.

Figura 36. Interfaz de Administración Nueva Legislación.

CREAR UNA NUEVA NORMA

Nueva Norma

Consecutivo	1	Nombre de la Norma abreviado	
Nombre	Resolución 601		
Fecha Aprobación	01-MAR-2006	DD-MM-YYYY	
Fecha Derogación	01-MAR-2010	DD-MM-YYYY	
Emitida por	Ministerio M.A.V.D.T		
Objeto de la Norma	Por la cual se rigen las CAR en el funcionamiento de SVCA		

NOTA:
Nueva Norma corresponde al Histórico de Normas para la Calidad del Aire, emitidas por entes reguladores de la Calidad del Aire.
- Se debe indicar la *fecha de Aprobación* de la norma es decir fecha a partir de la cual se cumple la norma.
- Se debe indicar la *Fecha de Derogación* es decir cuando la norma deja de estar vigente.
- Es importante escribir el *Ente que emite* la norma, sea el ministerio correspondiente u otra entidad.
- Finalmente debe describir el *Objeto* por el cual se crea la nueva norma.

Fuente: Autora.

5. Jornadas de Aceptación.

Son las jornadas del día definidas por el analista Ambiental para facilitar el proceso de depuración, encontrando datos atípicos o fuera de rango.

Figura 37. Interfaz de Administración Jornadas del día.

JORNADAS DE ACEPTACIÓN DE DATOS

Jornadas de Aceptación

Parámetros: DZOND ppb
Estación: 1 Estación Norte

Jornada UNO Hora Inicio: 0 00:23 Hora Hasta: 5 00:23 Limite Inf: 0 Limite Sup: 25	Jornada DOS Hora Inicio: 6 00:23 Hora Hasta: 11 00:23 Limite Inf: 0 Limite Sup: 70
Jornada TRES Hora Inicio: 12 00:23 Hora Hasta: 17 00:23 Limite Inf: 0 Limite Sup: 70	Jornada CUATRO Hora Inicio: 18 00:23 Hora Hasta: 23 00:23 Limite Inf: 0 Limite Sup: 30

NOTA:
- Tenga en cuenta las Unidades de Medida antes de escribir los límites.
- Las horas van de las 00 a las 23.
- Recuerde que únicamente puede ingresar un registro por cada Estación y Parámetro

Fuente: Autora.

6. Estaciones de monitoreo

Las estaciones de monitoreo deben contener información de las coordenadas X, Y junto con la latitud y longitud correspondiente.

Figura 38: Interfaz de Administración Estaciones de Monitoreo.

ESTACIONES DE MONITOREO DE LA RED DE CALIDAD DE AIRE

Estaciones de Monitoreo

Código: 2
Nombre: Estación Cabecera
Tipo: móvil Automática
 Validar si se toman datos de (PM10-SO2-NO2-CO-O3-PM25)

Latitud: 7°06'47.51s dos ° Coord. X: 1106820 mts.
Longitud: 73°06'37.99 dos ° Coord. Y: 1278458 mts.
Municipio: 1 Bucaramanga
Dirección: Cra 33 en frente de cremas

ESTACIÓN DE MONITOREO

Descripción u Observaciones
Es una estación automática que incluye variables meteorológicas y químicas.

Ruta de Imagen: C:\Users\USUARIO\Desktop\estacion.jpg CARGAR

NOTA:
El campo Tipo es espacio donde puede indicar si es un estación Automática, Manual etc.
Las estaciones para las que NO se calcula ICA son las estaciones climatológicas.

Fuente: Autora.

7. Parámetros y Equipos por estación

Permite registrar por cada una de las estaciones de monitoreo de calidad de aire, los equipos con los que se cuenta y los parámetros que mide.

Figura 39. Interfaz de Administración Equipos por Estación.

PARÁMETROS Y EQUIPOS POR ESTACIÓN

Estación de Monitoreo
Código: 1
Nombre Estación: Estación Norte
Tipo de Estación: Automática

Equipos

ID.Equipo	Estación	Descripción	Modelo	Marca	Fecha Inicio DD-MM-YYYY	Fecha Fin DD-MM-YYYY
1	1	SO2	100A	API	05-09-2008	
5	1	FULL EQUIPO	100B	API	01-02-2010	

Observaciones:

Parámetros Medidos

Parámetro Medido	Descripción del Parámetro	Observaciones
PM10	PARTICULAS SUSPENDIDAS	mide el PM10
SO2	OXIDOS DE AZUFRE	MIDE EL OXIDO DE AZUFRE

NOTA: Ubíquese sobre el código de la estación y pulse F3.

Fuente: Autora.

ANEXO 5: Descripción de la Aplicación Web

Descripción de la Aplicación Web del SVCA de la CDMB

La Aplicación web de consulta del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de la CDMB, es una aplicación que complementa el Sistema CAI dado que permite a la comunidad conocer sobre el SVCA de la CDMB y las labores que desarrolla como responsable de monitorear y controlar los factores que afectan el Recurso Aire, en el que se incluyen: Fuentes Fijas, Fuentes Móviles y Ruido.

En la figura 1 se puede apreciar la página inicial de la aplicación web.

Figura 1. Página de Inicio.



Fuente: Autora.

En la aplicación se puede consultar información sobre las Estaciones de Monitoreo de Calidad del Aire, equipos utilizados para las mediciones, normatividad ambiental e informes periódicos a la Comunidad.

También se permite generar gráficas de contaminación ICA Índice de Calidad del Aire reportada por el SVCA, y gráficas de la tendencia de los datos a condiciones de referencia, a lo que se le llama Reporte Diario.

En las figuras 2 a 9 se muestran algunas páginas que componen la aplicación.

Seguimiento de las Fuentes Fijas:

Figura 2. Fuentes Fijas.



Fuente: Autora.

Seguimiento de las Fuentes Móviles:

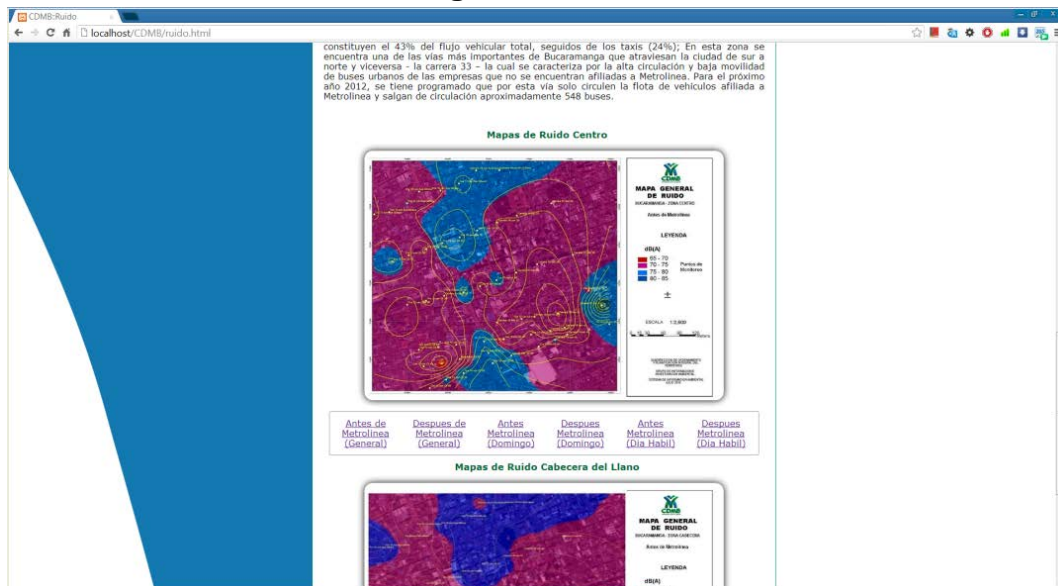
Figura 3. Fuentes Móviles.



Fuente: Autora.

Ruido: Contiene las imágenes producto de mapas de ruido realizados en la zona Centro y Cabecera antes y después de la puesta en funcionamiento del Sistema de Transporte Masivo Metrolínea.

Figura 4. Ruido.



Fuente: Autora.

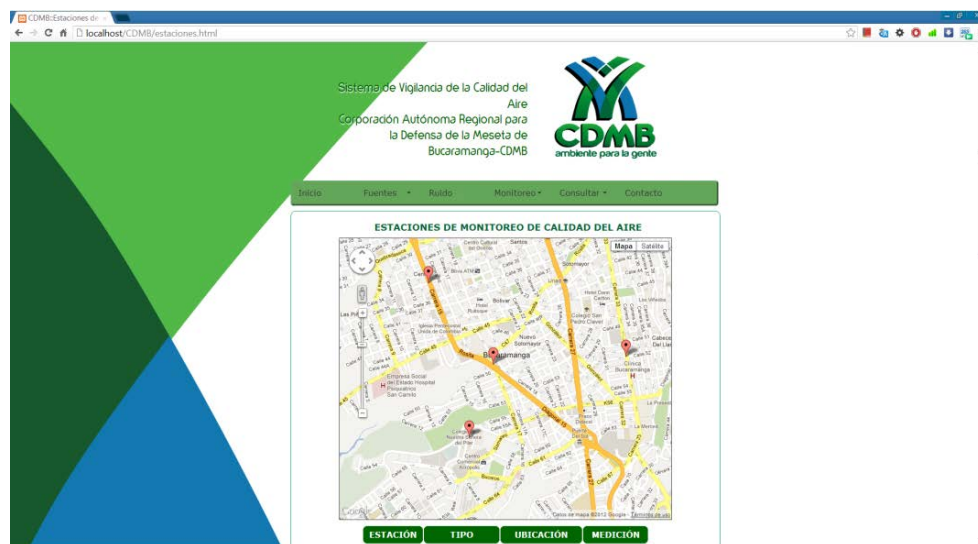
La CDMB como autoridad Ambiental creó la Red de Calidad del Aire la cual realiza el Monitoreo de Gases Contaminantes y Material Particulado en Bucaramanga y el Área Metropolitana.

Figura 5. Red de Monitoreo de Calidad del Aire CDMB.



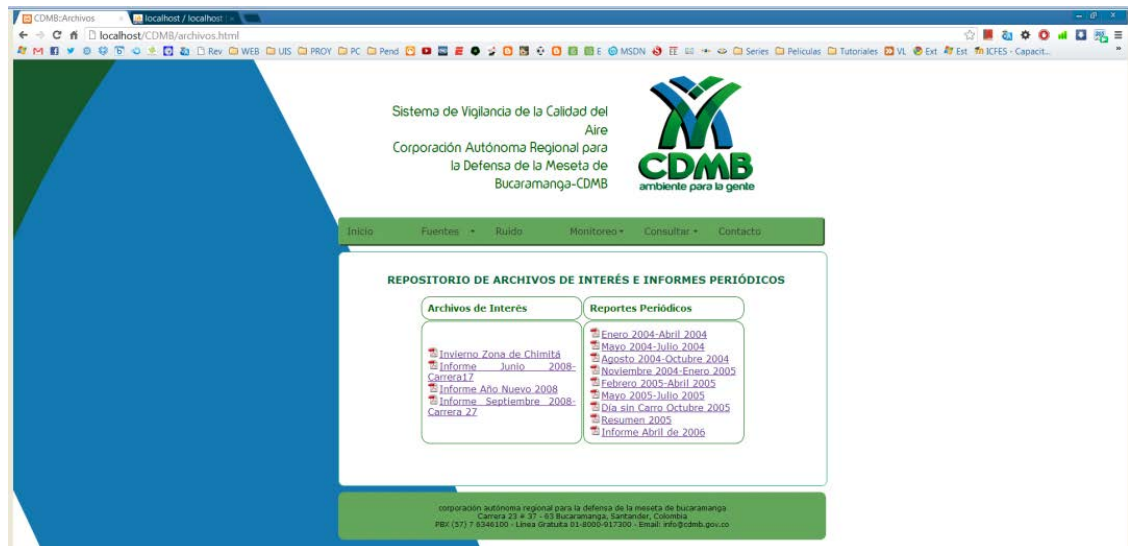
Fuente: Autora.

Figura 6. Mapa de Ubicación de Estaciones de Monitoreo de Calidad del Aire en Jurisdicción de la CDMB.



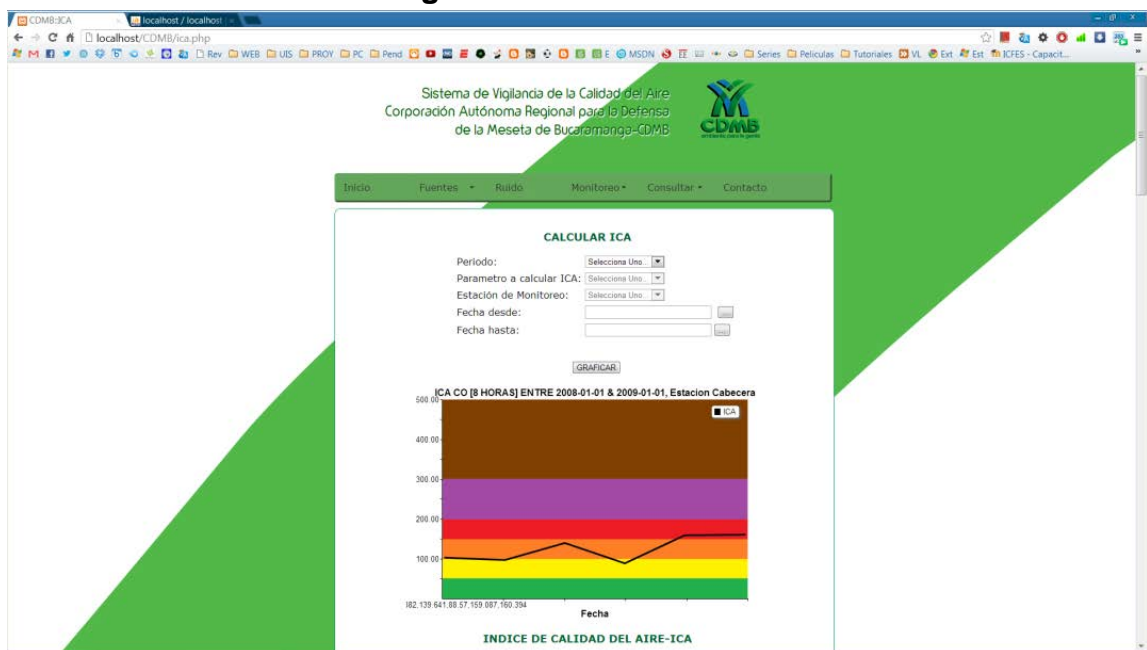
Fuente: Autora.

Figura 7. Repositorio de Archivos emitidos por el SVCA.



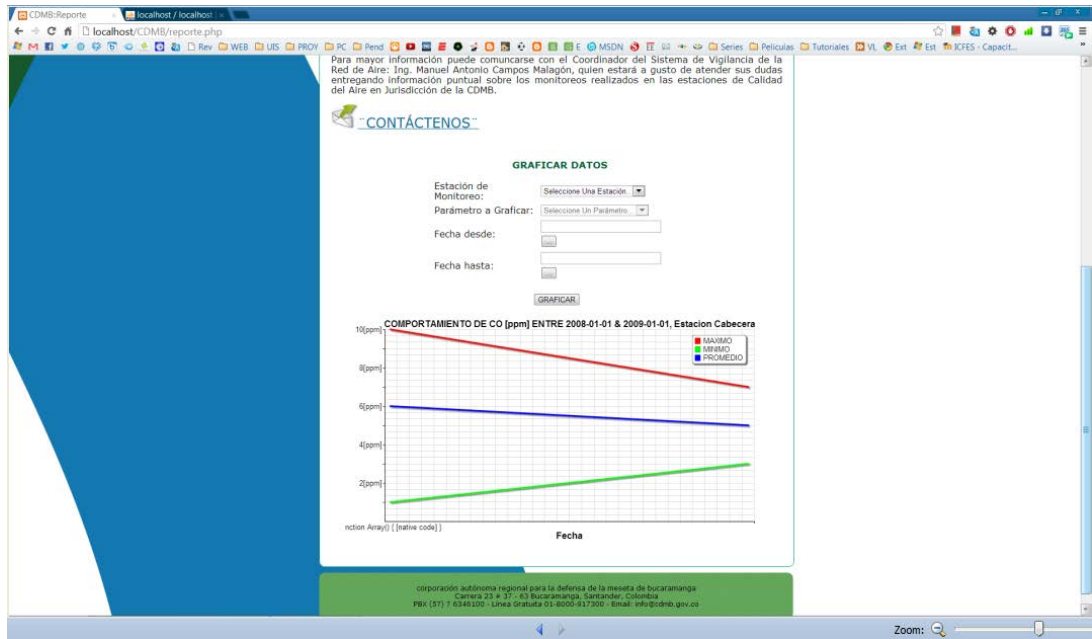
Fuente: Autora.

Figura 8. Cálculo del ICA.



Fuente: Autora.

Figura 9. Reporte Diario.



Fuente: Autora.

ANEXO 6: Plan de Prueba

PLAN DE PRUEBA

ENTRADAS:

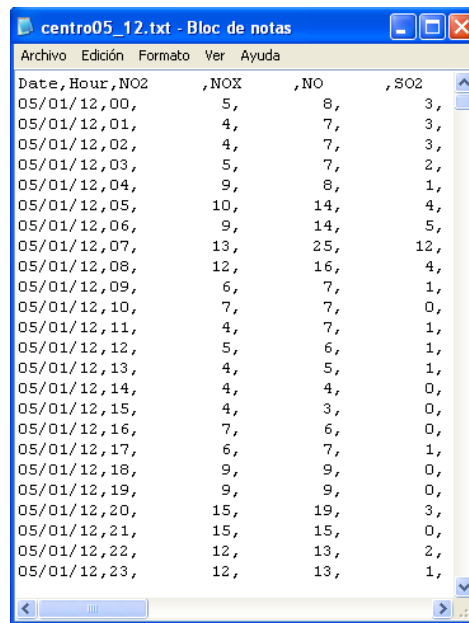
1. Archivo plano proveniente de las estaciones de monitoreo de calidad del aire. (Las especificaciones del archivo plano son las siguientes).
 - Archivo de texto (*.txt)
 - Se deben registrar 24 datos por cada uno de los días de toma de la muestra, partiendo de la hora 00 a la hora 23.
 - El formato de fecha debe estar dato de la siguiente manera 'MM/DD/YY'.
 - El elemento delimitador del archivo debe ser la coma (,).
 - Seguida de la fecha debe ir la hora del día a la cual pertenece el registro.
 - Después de la hora se indican los valores obtenidos de cada uno de los equipos.
 - La primera línea del archivo indica el encabezado del archivo, en ésta se indica la fecha, hora, y número de parámetros medidos en la estación.

2. Tabla en Excel de cálculo manual de promedios y clasificación de datos realizados por el analista ambiental, para verificar que los resultados del sistema coincidan con lo requerido por el analista ambiental.

Para la realización de la prueba se tomará el archivo plano de una de las estaciones más completas es decir de que mida mayor número de parámetros y que actualmente esté en funcionamiento.

El archivo debe ubicarse en una carpeta dentro del equipo donde se realice la prueba. Se asegura que el archivo cumpla con las especificaciones dadas desde la fase de elicitación de requerimientos, donde el Analista Ambiental manifestó el formato en el cual el datalogger de las estaciones exporta los datos.

Figura 1. Archivo Plano .txt para el mes de mayo de 2012 en la estación centro.



Date, Hour, NO2	,NOX	,NO	,SO2
05/01/12,00,	5,	8,	3,
05/01/12,01,	4,	7,	3,
05/01/12,02,	4,	7,	3,
05/01/12,03,	5,	7,	2,
05/01/12,04,	9,	8,	1,
05/01/12,05,	10,	14,	4,
05/01/12,06,	9,	14,	5,
05/01/12,07,	13,	25,	12,
05/01/12,08,	12,	16,	4,
05/01/12,09,	6,	7,	1,
05/01/12,10,	7,	7,	0,
05/01/12,11,	4,	7,	1,
05/01/12,12,	5,	6,	1,
05/01/12,13,	4,	5,	1,
05/01/12,14,	4,	4,	0,
05/01/12,15,	4,	3,	0,
05/01/12,16,	7,	6,	0,
05/01/12,17,	6,	7,	1,
05/01/12,18,	9,	9,	0,
05/01/12,19,	9,	9,	0,
05/01/12,20,	15,	19,	3,
05/01/12,21,	15,	15,	0,
05/01/12,22,	12,	13,	2,
05/01/12,23,	12,	13,	1,

Fuente: Autora.

PROCESO DE LA PRUEBA. (Prueba de Unidad)

Se escoge para la realización de pruebas del Software, la prueba de Unidad en primer lugar porque es el tipo de prueba realizada a aplicativos institucionales y en segundo lugar porque permite probar las interfaces para asegurarse que la

información fluye de manera adecuada hacia y desde la unidad de programa que está siendo probada. Se examinan las estructuras de datos locales para asegurarse que conserven su integridad durante todos los pasos de ejecución del algoritmo. (Seguimiento a los estados de los datos: En Bruto, Depurado, A Condiciones de Referencia y clasificado)

Pre-Condiciones:

1. Se garantiza la realización de pruebas previas sobre las unidades de programas de cada una de las interfaces y sobre la compilación de las interfaces en general por parte de la desarrolladora. El cumplimiento de la metodología permitió la verificación y validación de cada una de las formas y unidades de programa correspondientes de manera adecuada parte de:
 - ✓ La desarrolladora quien verificaba el cumplimiento de los requisitos y evaluaba la mejor manera de realizar los procesos, tomando el tiempo de ejecución del programa e indicando opciones de optimizar las consultas y utilización de recursos de la base de datos.
 - ✓ El Analista Ambiental quien estuvo comprometido en toda la etapa de proceso de desarrollo revisando el cumplimiento del sistema desde el punto de vista ambiental.
 - ✓ El Ingeniero de sistemas Edgar Augusto Serrano Munar encargado de validar y verificar el sistema desde el punto de vista del sistema en los procesos y funciones.

2. Durante la realización de pruebas internas se tuvo en cuenta conceptos basado en la técnica de prueba de caja negra y de caja blanca. Analizando en cada paso del algoritmo, las posibles excepciones, evitando caer en bucles infinitos y errores de programa como el ERROR: ORA-01403 no data found.

El error *ORA-01403*, se debe a consultas que no recuperan ningún registro, en tal caso Oracle detiene la ejecución del procedimiento y manda el mensaje de error.

Por medio de la Prueba de Caja Blanca, prueba que se basa en el minucioso examen de los detalles procedimentales, comprobando los caminos lógicos del software, se encontró que una forma fácil de evitar el error *ORA-01403* era hacer una consulta previa a la base de datos por medio de un contador.

Select COUNT(NOMBRE_CAMPO) INTO NOMBRE_VARIABLE from NOMBRE_TABLA WHERE CONDICION; de ésta manera así no se encontrara con datos que cumplieran la condición el resultado de la consulta sería igual a cero (0) y se podía continuar la validación manejando casos y condiciones en el programa.

La prueba de caja negra fue una opción complementaria a la prueba de caja blanca, en ella se pudieron encontrar errores que en las pruebas de caja blanca no se presentaron, pues las pruebas de caja negra son realizadas sobre la interfaz del sistema. Para ello se logró ejecutar y compilar el menú CAI y verificar una por una las interfaces del Sistema demostrando que las funciones eran operativas y que las entradas se aceptaban de forma adecuada produciendo las salidas esperadas, favoreciendo la integridad de la información durante todos sus estados ya mencionados.

3. Se realizó la verificación de Reportes en el menú "Listados", donde se observa y exporta la información procesada por el software, para analizar que los datos coinciden con los históricos registros que ha realizado el ingeniero ambiental de manera manual.
4. Correcciones de errores presentados durante las pruebas de caja negra y caja blanca presentados durante la fase de desarrollo del sistema.

PASOS A REALIZAR DURANTE LA PRUEBA DE UNIDAD

1. CARGAR EL ARCHIVO PLANO

Se comienza compilando la forma CAI_PR05000, se deben tener en cuenta adjuntar las librerías correctas. En el menú ítem Procesos>Cargar Datos.

- Se indica la estación correspondiente al archivo de datos, se puede activar con F9 la lista de valores para la tabla CAI_ESTACIONES_V2.

- Se busca la ruta donde se encuentra el archivo .txt. y se da clic en MIGRAR DATOS, debe aparecer la confirmación donde se escoge "SI". Se espera unos segundos mientras internamente el sistema reconoce el archivo, ubicando los registros en una tabla temporal CAI_DATOSTEMP y posteriormente en CAI_MUESTRAS y CAI_RESULTADOSDEP. La muestra indica la estación, la de fecha de inicio y hasta de todos los datos que se cargaron en el archivo, por otra parte la tabla CAI_RESULTADOS almacena los registros por hora y fecha de cada uno de los parámetros.

2. VERIFICAR MUESTRA

- El usuario debe cerciorarse que los datos se han subido correctamente para proceder con la depuración, para ello ingresa a la forma CAI_PR010100 o interfaz Item Procesos>Verificar Muestra.

Debe pulsar F8 para consultar las muestras cargadas y con la fecha hacia debajo de la barra de herramienta va a la última muestra cargada.

- Se verifica que las fechas de inicio y hasta coincidan con los datos del archivo y que la estación sea la escogida.

Es decir del 01/05/2012 hasta 31/05/2012 y la estación centro.

El usuario debe pulsar el botón MUESTRA CORRECTA. Los datos entonces se migran a la tabla CAI_MUESTRASDEP, CAI_RESULTADOSDEP y quedan listos para cargar en la matriz de depuración CAI_DEPURAR.

3. DEPURAR DATOS

Se compila la forma CAI_PR010301 en el menú CAI se encuentra ubicada en el ítem Procesos>Depurar Matriz.

Se selecciona la muestra y se pulsa el botón CARGAR TODAS, o se puede cargar sólo un parámetro, escogiendo la SIGLA y pulsando el botón CARGAR.

Por medio de un trigger se llama al procedimiento de la base de datos P_CAI_GENAR_MATRIZ, que permite crear la matriz de día * hora y almacenarlo en la tabla CAI_DEPURAR.

Esta es una interfaz principal en el proceso, en ella hay varias opciones que facilitan al ingeniero ambiental el proceso de depuración. Entre las opciones se encuentra DEPURACIÓN POR: Límites, Jornadas, Mantenimientos, Graficar Promedios, Máximos y Mínimos, Cargar promedios y desviación estándar Horaria y Limpiar datos Sospechosos.

También aparece una tabla donde el usuario puede consultar los parámetros que ya ha cargado a la matriz de depuración y cuándo realizó dicho proceso. Además puede decir si el parámetro lo ha depurado correctamente o no.

- Para el caso de la prueba se cargaron mantenimientos realizados con y sin afectación de datos. Se debe revisar que se alerten registros en la matriz de depuración con Checks de datos sospechoso.
- También se deben verificar las otras estrategias de depuración, jornadas y límites, gráficas y promedios.

4. CLASIFICAR DATOS

Para la clasificación de los datos se debe abrir y compilar la forma CAI_PR010300. En el menú ítem Procesos>Clasificar Datos.

Allí se convertirá a condiciones de referencia la información, aplicando un factor (Multiplicador) a los datos.

BUSCAR EL FACTOR: Para la elección del factor de condiciones de referencia el usuario tiene la opción de dar clic sobre el botón: BUSCAR FACTOR, el sistema debe buscar si entre los parámetros de la muestra existen datos para PRESION y TEMPERATURA y con dicho valor se realiza el insert del factor nuevo para la estación elegida (NORTE) (de la muestra correspondiente a la fecha (01-05-2012 hasta 31-05-2012).

Si entre los parámetros de la estación no hay valores correctos para PRESION y TEMPERATURA (TEMP) entonces el sistema debe buscar en otras muestras que cubran la fecha e indicar con un mensaje la opción de factor ya calculado.

Posterior a la conversión de datos, se presenta la opción de clasificación donde el usuario podrá calcular los promedios móviles 3 horas, 8 horas y Anual y calcular la clasificación ICA y norma correspondiente. Se mostrarán botones individuales o un botón para que realice la clasificación de toda la muestra.

VALIDACIÓN, VERIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA PRUEBA REALIZADA

Los parámetros medidos para la estación centro comprendido entre el periodo del 01-05-2012 y el 31-05-2012 son:

NO2 ,NOX ,NO ,SO2 ,CO ,O3 ,PM10 ,VELV ,DIRV ,TEMP
,HUMR ,PRESION ,SOLAR ,PRECIP.

Para las variables meteorológicas no se realiza cálculo de norma o ICA, ni se aplica el factor de conversión a condiciones de referencia, en primer lugar porque la norma no ha definido máximos permitidos para estas variables y segundo porque son observaciones propias del territorio donde se toma la muestra.

Se determina que los datos que no cumplan con el 75% de porcentaje de captura no se les calcula ICA, pero de todos modos se les calcula la norma lo anterior porque en el protocolo se define que si no existe el 75% de la captura de los datos se debe eliminar el dato o registro, aplicando una bandera.

En caso de parámetros a los cuales se calcula norma pero no ICA, se marcará con -997 en el espacio de ICA. (Queriendo decir que en la actualidad no hay un registro ICA para ese dato en determinado promedio).

Tabla1: Niveles Máximos de la Norma y Clasificación ICA de los parámetros registrados en la Prueba de Unidad.

PERIODO	PARAMETRO	NORMA	ICA
1 HORA	NO2	106 ppb	SI
	CO	35 ppm	NO
	OZONO	61 ppb	SI
3 HORAS	SO2	287 ppb	NO
8 HORAS	OZONO	41 ppb	SI
	CO	8.8 ppm	SI
	PM10	100 µg/m3	SI
24 HORAS	PM2.5	50 µg/m3	SI
	SO2	96 ppb	SI
	NO2	80 ppb	NO
	PM10	50 µg/m3	NO
	SO2	31 ppb	NO
ANUAL	NO2	53 ppb	NO
	PM2.5	25 µg/m3	NO

Fuente: Autora.

Para Verificar que los Datos estén correctos, se puede comparar con la tabla en Excel de la verificación de la prueba y utilizar el TOAD (Herramienta para Visualización y Administración de la Base de Datos empleada en la CDMB) para evidenciar que los datos están afectando las tablas correspondientes.

La tabla de Excel contiene el cálculo de los promedios móviles (3 y 8 horas) y cálculo del ICA. Muestra el seguimiento de la información de cada uno de los parámetros desde el cargue hasta la clasificación correspondiente.

Se debe realizar el correspondiente seguimiento de la información generada a través de la ejecución del plan de prueba para garantizar y avalar que el sistema está cumpliendo con los requerimientos técnicos estipulados.

SEGUIMIENTO Y VALIDACIÓN DEL PROCESO DE PRUEBA

1. Datos en Bruto (Datos que son Cargados al sistema)

Datos que no han tenido ningún proceso de depuración y clasificación.

En la Figura 2 se muestra el archivo plano depurado que usa el analista en la depuración y clasificación, el cual equivale al archivo texto que se ingresa al sistema para la prueba.

Figura 2: Datos en Bruto.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	1-May-12	5	4	4	5	9	10	9	13	12	6	7	4	5	4	4
2	2-May-12	9	7	4	4	7	9	12	10	8	10	2	7	6	10	1
3	3-May-12	5	3	6	12	12	11	14	19	20	16	12	10	9	8	13
4	4-May-12	15	14	14	13	12	11	11	15	19	14	8	7	4	10	14
5	5-May-12	6	5	5	8	9	11	14	16	17	15	13	10	9	6	5
6	6-May-12	10	11	10	6	7	8	9	10	12	11	11	7	7	3	2
7	7-May-12	3	1	2	6	7	8	12	10	12	12	11	8	9	8	11
8	8-May-12	6	5	6	5	6	8	9	9	11	11	8	8	6	5	10
9	9-May-12	9	8	7	7	8	9	14	12	13	12	8	8	9	9	10
10	10-May-12	8	10	9	10	9	9	14	19	21	18	11	12	8	8	8
11	11-May-12	11	11	10	10	9	10	12	13	13	12	14	14	12	10	12
12	12-May-12	10	6	7	7	8	9	14	19	20	20	21	18	19	10	8
13	13-May-12	9	11	10	11	6	9	9	17	14	9	11	8	7	5	6
14	14-May-12	11	9	10	8	8	10	13	13	11	12	11	8	8	10	10
15	15-May-12	7	11	11	9	8	8	9	15	17	17	14	15	10	7	5
16	16-May-12	13	16	14	12	11	13	18	24	28	14	10	14	8	5	8
17	17-May-12	14	12	7	9	8	11	13	12	15	18	18	16	7	6	8
18	18-May-12	11	10	13	11	11	12	17	17	20	18	14	19	11	11	12
19	19-May-12	5	6	6	6	6	11	14	16	17	13	10	9	14	9	7
20	20-May-12	8	8	10	13	11	10	12	10	8	4	5	6	5	5	2
21	21-May-12	15	9	5	9	10	9	9	11	11	9	8	10	6	4	4
22	22-May-12	4	2	4	4	8	12	12	12	20	22	15	12	9	8	8
23	23-May-12	9	4	4	4	6	8	17	23	16	17	11	12	11	11	11
24	24-May-12	7	6	9	9	10	7	12	19	18	17	14	14	18	9	13
25	25-May-12	12	11	10	9	9	9	14	18					11	7	8
26	26-May-12	8	10	5	7	6	15	15	18	24	19	13	10	13	12	10
27	27-May-12	11	11	9	10	9	9	10	11	12	8	7	5	4	3	3
28	28-May-12	11	9	7	5	5	12	14	11	14	16	12	13	10	7	8
29	29-May-12	16	14	10	11	11	12	15	19	19	12	14	10	10	7	9
30	30-May-12	11	6	5	5	7	9	15	22	22	19	21	13	11	9	11

Fuente: Autora.

2. Datos Depurados a condiciones de Referencia.

El factor de corrección aplicado es 1.099 que se fue calculado por el Analista Ambiental para la conversión de datos “de condiciones locales a condiciones de referencia”. Se tuvo en cuenta registros históricos de temperatura ambiente y presión atmosférica local para el cálculo del factor.

En la figura 3 se muestra el archivo plano con los datos convertidos a condiciones de referencia.

Figura 3: Datos Depurados a Condiciones de Referencia.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following structure:

- Columns:** Labeled A through Z, with a date '5/1/2012' in the header row.
- Rows:** Numbered 1 through 36.
- Content:** A header row for 'Aplicación del Factor de Conversión para SO2: 1.099' followed by rows of numerical data. The data appears to be organized in groups of 10 rows each, with some rows containing multiple values per column.
- Footer:** A summary row at the bottom with labels like 'PROMEDIO 3 HORAS' and numerical values.

Fuente: Autora.

3. Cálculo de Medias móviles y Clasificación ICA y norma Correspondiente.

Las franjas morada y lila indican los datos que corresponden a banderas de aceptación de datos y que por tanto no se cumple con el 75% de la captura de la información para tener en cuenta el registro en la clasificación.

En la Figura 4 se muestra el proceso de cálculo de medias móviles y descarte de datos de la depuración y de la falta del 75% de captura de datos.

Figura 4: Datos Listos para clasificar.

The image shows a screenshot of a Microsoft Excel spreadsheet titled "Prueba (Validación de Resultados) [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel". The spreadsheet contains a large table of data with columns labeled A through Z and rows for various dates and metrics. The data is organized into several sections, with some rows highlighted in purple and pink. The spreadsheet includes a menu bar, ribbon, and a grid of data points.

Fuente: Autora.

En la Figura 5 se muestra la clasificación de datos según ICA y máximos permitidos por contaminante.

Figura 5: Datos Clasificados.

The image shows a screenshot of a Microsoft Excel spreadsheet. The title bar reads 'Prueba (Validación de Resultados) [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel'. The ribbon includes 'Inicio', 'Insertar', 'Diseño de página', 'Fórmulas', 'Datos', 'Revisar', and 'Vista'. The main area contains a grid of data with columns labeled A through Z and rows of numerical values. The data appears to be organized into several sections, with some cells highlighted in yellow. The bottom of the spreadsheet shows a formula bar and a status bar indicating 'Libro' and '61%' zoom.

Fuente: Autora.

En la documentación entregada se ubica una carpeta Fase de Pruebas que contiene:

- ✓ Plan de Pruebas.
- ✓ Documento de Excel de validación de la información: Prueba (Validación de Resultados).
- ✓ Plantilla de pruebas de las interfaces (tiempos de ejecución de los procesos).
- ✓ Observaciones de la Prueba Realizada disponible en el documento de Acta de Reuniones. Reunión Realización del Plan de Prueba.

ANEXO 7: Acta de Instalación del Sistema en el Servidor de Desarrollo.

ACTA DEL PROCESO DE CARGUE DEL APLICATIVO CAI EN EL SERVIDOR DE DESARROLLO

Fecha: Septiembre 21 y 24 de 2012.

Personas: Ing Edgar Augusto Serrano Munar, Paula Camila Bravo Rivera

Objetivos

1. Poner en funcionamiento el aplicativo CAI en el Servidor de Desarrollo
2. Verificar que la aplicación se pueda correr en los equipos de la red de aire y en general en los equipos donde exista permiso para ingreso de aplicaciones en desarrollo.

Actividades Previas

Durante los días anteriores se migró la aplicación al equipo Ora9 donde se realizaron las pruebas de Unidad del sistema por parte del Ingeniero Edgar Serrano y la practicante Paula Camila Bravo siguiendo un plan de pruebas programado para la verificación y validación del sistema.

Luego de la revisión final del Sistema por parte del Ingeniero Edgar Augusto Serrano Munar como evaluación de los ajustes al sistema producto de la realización de las observaciones durante la fase de pruebas se determina poner en funcionamiento el Aplicativo CAI en el Servidor de Desarrollo.

Para la ubicación del aplicativo en el servidor Desarrollo-DEV se tuvo primero que cambiar la ruta de las formas de la versión anterior de CAI en una carpeta destinada por el ingeniero Edgar Augusto Serrano Munar.

PASOS REALIZADOS:

1. Se ubicaron los fuentes del aplicativo quedando en el computador Ora9 en la ruta C:\dev\appl\dev\cai\FRM, C:\dev\appl\dev\cai\REP y C:\dev\appl\dev\cai\GRF.
2. Abrir los archivos fuente de las formas con Forms Builder. Adjuntar las librerías correspondientes y realizar la compilación de las mismas.

Las librerías adjuntas se tomaron de la carpeta de librerías de la unidad de red "P", p:\dev\pil_6\

Las Librerías requeridas en la totalidad del sistema son:

Generic.pll
Winhelp.pll
d2kwutil.pll
Ofg4bsl.pll
Ofg4tel.pll
OG.pll
HINT.pll

Se aclara que no todas las formas requieren las siete librerías descritas. Las librerías que son obligatorias son: **Ofg4bsl.pll**, **Ofg4tel.pll**, **Generic.pll** y **Winhelp.pll** las cuales son empleadas por la mayoría de las aplicaciones de la Entidad.

La librería **d2kwutil.pll** solo se requiere en la forma **CAI_PR050000** de cargue de datos y en la forma **CAI_AD010400** de creación de estaciones de monitoreo, pues básicamente permite realizar una búsqueda de archivos en el caso puntal (TXT y PNG-JPG-TIF) en un directorio del computador donde se ejecuta el sistema.

Por otro lado las librerías **OG.pll** y **HINT.pll** se deben adjuntar únicamente para aquellas formas en las cuales se hace un llamado a gráficas generadas por la herramienta Graphic Bulder.

Para los Reportes y Gráficas del Sistema CAI no se requiere adjuntar librerías, pero si realizar la compilación de los fuentes.

3. Se definieron en el servidor de desarrollo las tres carpetas (Siguiendo los lineamientos de Instalación y puesta en marcha de Aplicaciones Oracle de la CDMB). En las carpetas se ubican los compilables de las formas, los reportes y las gráficas. *Carpetas creadas son: FRM, REP y GRF.*
4. Se verificó que efectivamente haya aparecido el menú CAI actualizado en el momento del ingreso al sistema con usuario de desarrollo.
Usuario: C
Clave: *****
Base de Datos: DEV
5. Se verificó que todas las formas se desplegaran en pantalla de forma correcta, cerciorándose que el direccionamiento del menú compilado **cai_menu.mmx** estuviera correcto.
6. Se realizó la verificación del funcionamiento de las diferentes interfaces, pulsando la tecla de función F8 para generar consultas a la base de datos.
7. Finalmente se logró que el aplicativo estuviera acorde con lo planeado y que las relaciones entre Formas y Reportes y entre Formas y Gráficas se realizaran con éxito.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

Posterior al montaje del aplicativo en el Servidor de Desarrollo se procede a verificar que se pueda correr en otros computadores de la entidad. Se probó en el computador Ora9 y SOPIT13 donde funcionó correctamente.

Se probó en el computador SOPIT08 pero no se mostraban las interfaces sólo se desplegaba el menú principal, indicando un error en el reconocimiento de las librerías, por lo cual se ve la necesidad de instalar la unidad de red P en los equipos donde se desee correr el aplicativo verificando que exista la carpeta de librerías 6i: pll_6i.

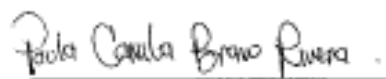
Para el éxito del proceso de consulta de datos por día de la semana en la forma CAI_CO011000 es necesario verificar que la versión Oracle esté en instalada en idioma inglés. Debido a que en la sentencia para consultar los días de la semana se manda el nombre del día reconocido en Oracle como: MONDAY, TUESDAY.... SUNDAY los cuales se capturan de la lista de valores que selecciona el usuario, pero si la versión instalada de Oracle está en idioma Español la consulta no mostrará ningún resultado porque sencillamente no reconocerá el día de la semana mostrando un mensaje de falla en el proceso 'Se han encontrado 0 *DíaIndicado*'.
DíaIndicado

El requerimiento se puso en conocimiento del Grupo de Tecnologías de información quienes finalmente deben estandarizar el idioma en los equipos donde se corra el aplicativo CAI.

Al ingresar al sistema con usuario de producción con permiso de acceso al aplicativo CAI se observa que se ha actualizado el menú y las formas compiladas pero se requiere ejecutar los scripts de tablas, procedimientos, funciones, restricciones, etc. en la base de datos de Producción - P para que funcione el Sistema CAI. Dicha labor se debe programar directamente con el grupo de Tecnología de la Información una vez el Sistema tenga el aval del talento humano de la Red de Aire a cargo del Ing. Manuel Antonio Campos Malagón líder del grupo.



Ingeniero Edgar Serrano Mupar
Administración y Soporte de
Aplicativos Oracle de la CDMB



Paula Camila Bravo Rivera
Practicante UIS.

ANEXO 8: Acta de Verificación y Validación del Sistema por parte de la Red de Aire

ACTA DEL PROCESO DE VERIFICACIÓN, VALIDACIÓN y APROBACIÓN DEL SISTEMA CAI POR PARTE DE LA RED DE AIRE

Fecha: Septiembre 27 y 28 de 2012.

Personas: Manuel Antonio Campos Malagón, Paula Camila Bravo Rivera

Objetivos

1. Realizar la Verificación y Validación del Sistema desde el punto de vista Ambiental.
2. Revisión de los registros de información Ambiental Ingresados en el Sistema. Normas ICA y Máximo de Exposición Permitidos.
3. Aprobar el Sistema para ponerlo en marcha en el Servidor de Producción.

Actividades Previas

- Durante el todo el desarrollo del proyecto se contó con la presencia del talento humano e la red de aire, siendo un trabajo conjunto entre la desarrolladora y el usuario (Analista Ambiental y técnicos de la Red), lo cual permitió la verificación y validación de los avances del sistema. Fueron tomadas en cuenta las recomendaciones y correcciones realizadas por el Experto en el Tema ambiental de modo que el sistema cumpliera con los requerimientos iniciales y a demás pudiera satisfacer las necesidades del Experto.
- Haber realizado y aprobado una serie de pruebas al sistema antes de la entrega final al Talento Humano de la Red de AIRE.
- Recibir la aprobación del Sistema CAI por parte del Ingeniero Edgar Augusto Serrano Munar.
- Instalar el Sistema CAI en servidor de Desarrollo. Base de datos DEV.
- Gestionar con el grupo de tecnologías de la información de la CDMB que se realizara en el equipo del Analista Ambiental SopitB el direccionamiento de permisos de Usuario de Desarrollo para la verificación, validación y aprobación del Sistema CAI.

Usuario: C

Clave: *****

Base de Datos: DEV

- Instalar la Unidad de Red P. en el equipo del Analista Ambiental y verificar que el Idioma de la versión de Oracle instalado esté en inglés.

- Cargar en el sistema la información solicitada a los Usuarios (Estaciones de Monitoreo, Equipos, Parámetros, Actividades de Mantenimiento).

Pasos Realizados.

1. Se tomó un archivo plano y se cargó al sistema.
2. Se ingresan al sistema datos de mantenimiento realizados utilizando la bitácora de mantenimiento de los técnicos de la Red de Aire. Se generan reportes de los mantenimientos ingresados.
3. Se realizó la verificación de las opciones de depuración. Pero no se aplican cambios al archivo porque los datos ingresados al sistema estaban depurados por el Analista.
4. Se realiza la conversión de los Datos a condiciones de Referencia, aplicando un factor calculado por el Sistema, 1.099.
5. Se realiza la clasificación de los Datos en los diferentes periodos de exposición de contaminación: 1 Hora, 3 Horas, 6 Horas, 24 Horas y Anual.
6. Se verifican los datos por el menú de consulta y se comparan con los archivos de datos clasificados que tiene el analista ambiental.
7. Se corrobora que la información clasificada por el sistema CAI es correcta. (Se tomaron Hojas de cálculo en Excel que el Analista ha Desarrollado para emitir sus informes a la comunidad).
 - La norma aplicada: Máximos contemplados en la Resolución No. 610 de 2010 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, coincide con la clasificación dada por el sistema a los diferentes registros en la unidad de medida de los equipos de monitoreo de la red de aire.
 - El ICA calculado por el sistema coincide con el ICA calculado por el Analista, exceptuando que el sistema entrega el dato con tres cifras decimales y el Analista lo almacena con sólo dos.
8. Se realizan consultas al sistema: Indicador Ica por estación e indicador ICA por Bucaramanga. Se corroboran los resultados con datos calculados por el Analista Ambiental.
9. Se realizan consultas de datos por día de la semana, y se genera el reporte correspondiente, verificando que las fechas obtenidas pertenezcan a los días escogidos.

10. Se realiza el cálculo de Área Fuente. Se tomaron periodos menores a un Año para verificar el cálculo. Se verifica con cálculos realizados por el Analista.
11. Se realiza la conversión de los datos al formato SISAIRE y se exporta del Sistema CAI mediante un Reporte del Sistema: Listados>Datos>Sisaire. El analista verificó que el formato coincide con el exigido por el Ministerio de Ambiente para su publicación en el subsistema para la calidad del aire SISAIRE.
12. Se verificó que los registros de tablas del sistema estuvieran acordes con la Normatividad Ambiental. (Banderas, ICA, Norma Vigente y periodos de exposición).
13. Se revisó que la información sobre la Red de Aire cargada en el Sistema estuviera correcta y coincidiera con la información suministrada. (Estaciones, Parámetros y Equipos).

CONCLUSIONES:

El Sistema CAI cumple con los requerimientos definidos al inicio del proyecto e inclusive se desarrollaron procedimientos que no estaban contemplados en la fase inicial pero que surgiendo durante el desarrollo del Sistema como producto de las necesidades de la Red de aire los cuales la desarrolladora tuvo en cuenta e implementó en el software.

Se valida que el Sistema CAI cumple con los requerimientos técnicos desde el punto de vista Ambiental.

Se avala el Sistema CAI para que sea instalado en Servidor de Producción y se pueda comenzar a emplear por parte de la Red de Aire.



Manuel Antonio Campos Malagón
Coordinador de la Red de Aire
de la CDMB.



Paula Camila Bravo Rivera
Practicante UIS.

ANEXO 9: Valoración Económica final del proyecto.

A continuación se presentará la valoración de los costos de la realización de éste proyecto.

La base de los costos está calculada a partir de los siete meses establecidos, pues el primer mes del cronograma estuvo dedicado a la elaboración del plan de proyecto, conocimiento de la empresa, reuniones con el Director y el Tutor, documentación, estudio del marco teórico y de las herramientas a utilizar; más el tiempo de realización de la práctica con una duración de seis meses contados a partir de la aceptación del plan del proyecto de grado modalidad práctica social.

Se presentarán las tablas de costo para: Recursos Hardware, Recursos Humanos y Otros Recursos que finalmente componen la tabla de Costo General y adicional a ello se mostrará una tabla de Equipo Requerido donde se evidencia tanto las herramientas software como las características del hardware empleado en la realización del proyecto.

Costo General

Tabla 1. Costo General.

Concepto	Sub Totales
Recursos Hardware	\$ 1.500.000,00
Recursos Humanos	\$ 19.600.000,00
Otros Recursos	\$ 1.832.000,00
SUB TOTAL	\$22.932.000,00
Improvistos (10% del total)	\$2.293.200,00
TOTAL GENERAL	\$ 25.225.200,00

Fuente: Autora.

Recursos Hardware

Tabla 2. Costo por Hardware.

Concepto	Valor	
	Propios. Valor por unidad	Total
Computador personal	\$ 1.500.000,00	\$ 1.500.000,00
TOTAL POR HARDWARE		\$ 1.500.000,00

Fuente: Autora.

Recursos Humanos

En cuanto a los costos de personal, se estimó un valor que corresponde al tiempo dedicado por las partes al desarrollo de la práctica empresarial.

Se tendrá en cuenta dentro de los recursos humanos al Especialista Ambiental, miembro del grupo de trabajo de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de la CDMB, quien durante el desarrollo de la práctica estuvo involucrado en el proceso, aportando sus conocimientos en el tema ambiental y verificando los resultados obtenidos.

También se incluye a los técnicos de la Red de Aire, quienes se involucraron durante el desarrollo del proyecto, para la definición del proceso de operación de la Red y módulo de mantenimiento.

En la Tabla 3 se mostrará el total de costo por Recursos Humanos.

Tabla 3. Costo Recursos Humanos.

Personal	Valor por hora	Horas semanales	Semanas	Horas Laboradas	Total
Director	\$100.000,00	2	28	56	\$5.600.000,00
Tutor	\$40.000,00	3	28	84	\$3.360.000,00
Analista Ambiental	\$40.000,00	2	28	56	\$2.240.000,00
Técnico 1 de la Red	\$15.00,00	1	28	28	\$420.000,00
Técnico 1 de la Red	\$15.00,00	1	28	28	\$420.000,00
Practicante	\$ 6.000,00	45	28	1260	\$7.560.000,00
TOTAL POR RECURSOS HUMANOS					\$19.600.000,00

Fuente: Autora.

Otros Recursos

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, aportó los enseres mobiliarios como escritorio de trabajo y silla. También efectuó un pago a la estudiante para cubrir los gastos de transportes y alimentación por un valor de \$262.000 pesos mensuales, durante los seis meses de realización de la práctica empresarial.

Tabla 4. Costo Otros Humanos.

Concepto	Valor Mensual	Meses	Total
Auxilio de Transporte y Alimentación, otorgado por la CDMB a la estudiante.	\$262.000	6	\$1.572.000
Papelería, fotocopias, tinta, e impresiones	\$ 40.000,00	6	\$240.000,00
Memoria Flash			\$ 20.000,00
TOTAL POR OTROS RECURSOS			\$ 1.832.000,00

Fuente: Autora.

Equipo Utilizado

Para la elaboración del proyecto se necesitaron especificaciones hardware y software que fueron puestas a disposición de la practicante por parte de la entidad CDMB.

El aplicativo CAI fue desarrollado bajo la herramienta Oracle Developer 6i y Motor de Base de Datos Oracle 10g.

Tabla 5. Equipo Utilizado.

HARDWARE	SOFTWARE
<p>1. Computadora. HP G60-235DX.</p> <ul style="list-style-type: none">• Procesador 2.0GHz Intel Dual-Core 420• Memoria 3GB, 667MHz DDR2• Disco duro 320GB 5400rpm• Tamaño de pantalla 15.6 pulgadas• Teclado Alfanumérico. <p>2. Memoria USB, Kingston DT 102, 4GB.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Software: Sistema Operativo: Windows XP o superior.• Oracle Developer Graphics Runtime 6i.• Oracle Developer Forms Runtime 6i.• Oracle Developer Reports Runtime 6i.• Oracle Client.• Motor de Base de Datos Oracle versión 10g.• Trial Version Enterprise Architect 7.5.844• Notepad ++V6.1.5

Fuente: Autora.