



PASANTÍA EN EL SUBPROGRAMA REDES DE MONITOREO Y CALIDAD AMBIENTAL DEL PROYECTO SISTEMA DE VIGILANCIA DE CALIDAD DE AIRE EN CORPOBOYACÁ (SEPTIEMBRE 2017)

Andres Felipe Daza Romero - *electronic Engineer student, USTA*

Resumen— *En este documento se presenta el trabajo desarrollado como pasante en la Corporación Autónoma y Regional de Boyacá (Corpoboyacá), según estipuló la Corporación por medio de un contrato, el cual está enfocado en el subprograma “REDES DE MONITOREO Y CALIDAD AMBIENTAL” que se encarga de definir las problemáticas ambientales en el departamento de Boyacá, la cual delimita diferentes proyectos que apuntan a cada uno de los ecosistemas que se ven afectadas, tales como: calidad del agua, calidad del aire, calidad de la tierra, entre otros aspectos que logran afectar los ecosistemas o sectores de presencia de población.*

I. INTRODUCCIÓN

La calidad del aire en sectores que presentan alteraciones de niveles de contaminación es una problemática para el departamento de Boyacá debido a que hace que la población de los sectores donde se presentan las situaciones de estudio, prefieran vivir en otros sectores. Debido a esto se generaron proyectos como apoyo en la prevención de daños futuros en la producción de alimentos y/o para habitantes de estas zonas.

Las situaciones de análisis, se refieren al exceso de contaminantes; razón para generar el proyecto “SISTEMA DE VIGILANCIA DE CALIDAD DE AIRE” que ayudará a la población a tomar medidas respecto de sus expectativas de vida.

II. JUSTIFICACION

- Impacto Social

La población residente en las zonas industriales de Boyacá – para este caso –: el valle de Sogamoso y Nobsa con sus veredas aledañas se ven afectadas en su calidad de

vida. Es por este motivo que la Corporación Autónoma y Regional de Boyacá debe asegurar que la calidad del aire sea aceptable para las personas que habiten estos sectores.

En este contexto, se notan también afecciones a nivel comercial y turístico, ya que estas zonas son apetecidas por la diversidad cultural que ofrece el departamento.

- Impacto Economico

Debido a que el monitoreo de calidad del medio ambiente requiere equipos y procesos que no cualquier entidad puede ofrecer, y la Corporación asumiendo el papel de autoridad ambiental debe hacerse cargo de los gastos de mantenimiento preventivo y correctivo que requieren los equipos.

El personal que se requiera para el seguimiento de los equipos de estas estaciones debe estar atento a las variaciones y cambio de partes de los equipos, ya que por su principio de funcionamiento son inestables y requieren ser vigilados de forma constante.

Con ayuda de asociaciones nacionales e internacionales se ha logrado hacer un monitoreo de la calidad del aire adecuado para estas zonas del departamento, ya que por sus costos y tecnología no son fáciles de mantener.

- Impacto Medioambiental

La Corporación se encarga de generar en las estaciones la información respecto a la calidad del aire y de validarla ante entidades nacionales que son las encargadas de su monitoreo y de informar a la población acerca del seguimiento realizado para garantizar que el aire que se respira es el adecuado para no contraer enfermedades y ayudar a mejorar la calidad de vida en los sectores afectados.



Una vez se generan los resultados de las emisiones en los sectores, se toman medidas preventivas o correctivas para controlar dichas emisiones y no afectar a las personas y a los ecosistemas que puedan estarse viendo perjudicados. Los controles que realiza la Corporación van desde el seguimiento de la calidad de emisiones para hacer que sean menos perjudiciales para el ambiente hasta cierres temporales o definitivos de las industrias que no cumplan con las normas establecidas por el gobierno para operar los recursos necesarios de sus producciones.

III. PROBLEMA

FORMULACION DE PREGUNTAS

- 1) ¿Por qué es necesario monitorear la calidad del aire en algunas zonas de riesgo del departamento de Boyacá donde hay industrias y a la vez zonas residenciales?
- 2) ¿Por qué es necesario realizar la medición de la calidad del aire con equipos especializados?
- 3) ¿Por qué es necesario hacer mantenimiento constante y periódico de los equipos de monitoreo de calidad del aire?

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

- 1) La Corporación autónoma y regional de Boyacá como autoridad ambiental tiene el deber de hacer seguimiento a la calidad del aire en los sectores residenciales e industriales que puedan afectar la calidad de vida de los residentes de esas zonas.
- 2) La normatividad de la EPA (Asociación de Protección del Medio Ambiente) regula la forma en que se debe hacer monitoreo de calidad del aire.
- 3) Los equipos de monitoreo de calidad del aire requieren mantenimiento y revisiones constantes debido a que estos trabajan con químicos y componentes que si no son calibrados con una referencia o parámetros determinados pueden presentar alteraciones al momento de hacer el muestreo de datos, dañando la calidad de los datos e impidiendo que sean validados por la Corporación para que sean conocidos a otros entes interesados en estos como el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales).

DELIMITACION DEL PROBLEMA

Para que la Corporación Autónoma y regional de Boyacá cumpla con los requisitos de medición y monitoreo de la calidad del aire, necesita tener recursos y personal idóneo para el manejo de los equipos que se requieren en una estación de monitoreo. Por tal motivo, la Corporación debe hacer seguimiento de la calidad del aire con equipos y personal que puedan desempeñar una labor correcta para tener información

que se pueda validar y mostrar a la sociedad el trabajo que se puede hacer en las estaciones.

IV. OBJETIVOS

A. General:

Realizar las actividades asignadas por el subprograma “redes de monitoreo y calidad del aire” en el proyecto “sistema de vigilancia de calidad del aire” en conformidad con lo asignado por el supervisor de la práctica.

B. Específicos

- Hacer visitas semanales a las estaciones de monitoreo de calidad del aire con motivo de hacer reportes en caso de que los equipos estén fallando o con alarmas.
- Realizar visitas periódicas a las estaciones de monitoreo de calidad del aire con el motivo de hacer limpieza de partes de los equipos y cambio de filtros de los demás equipos.
- Desarrollar las hojas de vida de los equipos, ordenarlas por estación, actualizarlas y diligenciar un formato adicional que incluya las actividades que se le hacen a los equipos en cada visita.
- Desarrollar calibraciones las cuales serán diligenciadas en un formato que muestra si la calibración es válida o no según los requisitos de la EPA (Asociación de Protección del Medio Ambiente).
- Documentar todas las actividades en formatos idóneos que permitan tener una programación de cada cuanto se deben hacer las actividades necesarias para mantener en óptimas condiciones los equipos de las estaciones.

V. MARCO TEORICO

En esta parte del documento se podrá apreciar los diferentes tipos de equipos que tienen las estaciones de monitoreo de calidad del aire, algunos de los equipos cumplen la misma función pero son de diferente marca y diferente manejo. Pero es importante mencionarlos ya que son equipos de uso constante y de revisión semanal.



ENVIRONNEMENT CPM Y MP101P (MONITOR DE PARTICULAS POR ATENUACION DE RAYOS BETA)



Fig.#1: Medidor de partículas MP101 con el módulo CPM

El CPM Es un medidor de partículas continuas adicional al módulo MP101M. El sistema está diseñado para contar partículas en tiempo real y clasificarlas en rangos de tamaño. El módulo CPM solo funciona a la par con el módulo MP101M y no funciona de manera independiente. El módulo CPM consta de una cámara de medición óptica, una fuente láser, un diodo fotoeléctrico receptor, y una placa con un microcontrolador.

Las unidades de medición del módulo CPM son en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Estas partículas que van a pasar a medición son de rango PM 2.5, esto quiere decir que son partículas de pequeñas dimensiones.

El módulo MP101M se encarga de medir las partículas suspendidas en el aire, en busca de una radiación nociva, y en caso de tener una medición sobre el rango del módulo se activará una alarma que informe de este suceso.

El módulo MP101M es un medidor de partículas de calibre beta, las cuales están reunidas en un volumen de aire dentro de un filtro de fibra de vidrio, donde el filtro esta enrollado entre el equipo de mediciones beta y un contador Geiger-Müller (GM) acorde con las secuencias definidas como el receptor lector de los rayos beta.

El módulo MP101M antes y después, de la calibración de las partículas representan la masa dentro del filtro, y se lleva a cabo el muestreo con una bomba aspiradora que está conectada en lo alto del analizador (sensor).

ENVIRONNEMENT AF22M (ANALIZADOR DE DIOXIDO DE AZUFRE POR RAYOS FLUORESCENTES UV)



Fig. #2: Analizador de Dióxido de Azufre AF22M.

El AF22M es un medidor continuo de dióxido de azufre, que está diseñado para medir bajas cantidades de este compuesto en el medio ambiente.

El monitor está diseñado con tecnología muy avanzada que requiere muy limitado mantenimiento. [2]

El modulo está diseñado para permitir el análisis de los diferentes compuestos que se encuentran en el aire. En este caso el AF22M es el que se encarga de determinar la cantidad de dióxido de azufre (SO_2) en el aire. [2]

Esto lo hace comparando el aire que obtiene con una referencia generada por un módulo de aire cero. Cuando se obtiene la referencia ya se puede determinar si el aire captado por la estación está contaminado o no. [2]

Para este módulo se requiere un mantenimiento dependiendo de su uso, y este consta en la revisión de los filtros de aire, el cambio del cilindro del gas, entre otros detalles que se pueden ir analizando a medida de que el módulo presente fallas.

Una vez el módulo este en óptimas condiciones para operar se puede monitorear la cantidad de dióxido de azufre (SO_2) que se encuentra en el aire, estará disponible para hacer las mediciones correspondientes y determinar los datos.

ENVIRONNEMENT O₃42M (ANALIZADOR DE OZONO)

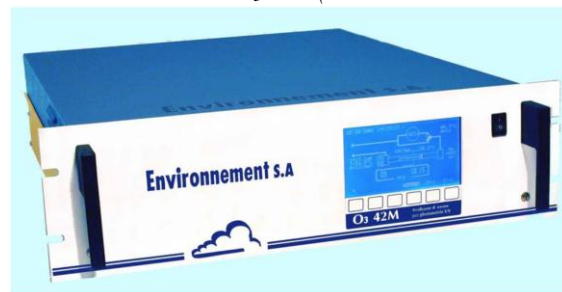


Fig. #3: Analizador de Ozono O₃42M.

El O₃42M analiza el aire en busca de ozono y tiene un comportamiento continuo. El módulo con su pantalla tiene una avanzada tecnología que no requiere de mantenimiento.

Para este módulo el funcionamiento será de la misma manera que el módulo AF22M, toma una muestra del aire que



recolecta para compararlo con un gas que sirve de referencia para el módulo, pero su lectura va a ser sobre el ozono (O_3).

El mantenimiento de este módulo es el mismo que del módulo AF22M, los filtros de aire, el gas que se usará como referencia, entre otros que sean necesarios para su óptimo funcionamiento. [4]

El módulo como tal se encarga de identificar particular de ozono (O_3) en el aire, de esta manera se puede monitorear que las cantidades de ozono no sobrepasen los límites establecidos por la resolución 610 del 2010 que es muy clara en los valores que no debe sobrepasar.

ENVIRONNEMENT ZAG7001 (GENERADOR DE AIRE CERO)



Fig. #4: Generador de Aire Cero ZAG7001.

Este equipo es el encargado de limpiar el aire de contaminantes para que pase a los equipos de medición. [6] Este módulo se considera un equipo de soporte. Algunas de las partes del módulo son esenciales para que este logre su objetivo, como el conector de aire cero, que este está separado del conector por un filtro, el cual se encarga de purificar el aire a trabajar. Este gas es el que pasará al módulo de ozono (O_3 42M) al módulo de dióxido de azufre (AF22M), el módulo de monóxido de carbono (CO12M) y al módulo de dióxido de nitrógeno (AC32M) que son los encargados de hacer las lecturas de gases.

Al momento de manejar la estación se puede establecer por especificación del fabricante de la máquina, que este módulo se calibre entre 25 PSI hasta 30 PSI (libras por pulgada cuadrada) y regular la salida de flujo ente 5 LPM hasta 15 LPM (litros por minuto). [6]

ENVIRONNEMENT MGC101P (CALIBRADOR DE GASES)



Fig. #5: Calibrador de Gas MGC 101P.

El MGC101P es un módulo encargado de detectar diferentes tipos de gases para su calibración. [7]

Los puertos usados en el módulo dependen de las entradas de gases, en este caso el puerto 1 es el ingreso del aire cero, y por este entra desde 20 PSI hasta 25 PSI (Libras por pulgada cuadrada). Y de los puertos 2 al 5 son donde se conectan los gases patones, es decir, las referencias. Estos están entre 15 PSI a 25 PSI. [7]

Por medio del puerto uno y el puerto de salida se diluye el aire para que sea adecuada su lectura. Vale la pena recordar que lo que se denomina aire cero es el aire referencia, el cual se mezcla con el aire contaminado para tener una lectura más acertada de las partículas y gases que estén presentes en el ambiente.

Los filtros encargados de limpiar el aire ambiente siempre van a entregar el aire limpio para el módulo y de esta manera tendrá una referencia a la cual seguir y determinar el contaminante que este en el ambiente.

ENVIRONNEMENT CO12M (ANALIZADOR DE MONOXIDO DE CARBONO)



Fig. #6: Analizador de monóxido de carbono COM12M.

Es un analizador de monóxido de carbono que mide bajo condiciones atmosféricas que se presenten en el ambiente. El módulo usa un sensor infrarrojo para detectar el gas que absorbe. [8]

Aparte del filtro de partículas del CO12M también tiene un filtro interno que se encarga de separar los diferentes gases, y deja pasar solo los Gases de monóxido de carbono (CO) para su respectivo análisis. Aparte de los análisis de gases es importante tener en cuenta la reglamentación que pide el IDEAM y las diferentes resoluciones (resolución 610 de 2010).

Al igual que los otros medidores de gases pueden leer la concentración en diferentes mediciones, en ppm o en $\mu g/m^3$, pero por reglamentación se debe mantener en $\mu g/m^3$.

Estos equipos no se pueden mantener a una temperatura mayor de 45 grados centígrados, incluso no se recomienda que pase de los 40 grados centígrados. Esto con el fin de evitarles daños y alargar su vida útil.

Los valores de monóxido de carbono (CO) se definen por una referencia interna, no solo por la concentración de gas que este en el ambiente, sino por los gases referencia que tiene el módulo, el cual es suministrado por el generador de aire cero ZAG7001.



ENVIRONNEMENT AC32M (ANALIZADOR DE OXIDO DE NITROGENO QUIMIOLUMINISCENTE)



Fig. #7: Analizador de óxido de nitrógeno quimioluminiscente AC32M.

Es un analizador de óxido de nitrógeno y de dióxido de nitrógeno, donde el monitor principal detecta el óxido de nitrógeno mediante una luz quimioluminiscente en la presencia abundante de moléculas de ozono en oxidación. [5]

En este equipo la unión de las partículas de monóxido de nitrógeno (NO) y las de ozono (O₃) son las encargadas de generar fotones, y estas se unen y generan NOX (Suma de monóxido de nitrógeno y dióxido de nitrógeno) que es el compuesto que se medirá en el módulo, el principio de funcionamiento es la unión del monóxido de nitrógeno (NO) y el ozono (O₃) donde a una temperatura determinada, una molécula de dióxido de nitrógeno (NO₂) le quita una de oxígeno y una de monóxido de carbono (NO). El encargado de hacer esto es el molibdeno, y este procedimiento lo hace para que el equipo mida la cantidad de Monóxido de nitrógeno (NO) que queda de la unión de las moléculas, y estas moléculas estarán en representación del dióxido de nitrógeno (NO₂) original, es decir, el módulo internamente hace una conversión de moléculas para que sea más sencillo leer la cantidad del gas de dióxido de nitrógeno (NO₂) del ambiente. [5]

THERMO FISHER FH62C-14 (MEDIDOR DE PARTICULAS)



Fig. #8: Monitor de partículas Thermo FH62C-14.

El monitor de partículas FH62C-14 es un monitor radiométrico másico de partículas capaz de proporcionar datos

en tiempo real. Este monitor mide la concentración de masa PM 10, PM 2.5 y PM 1. Este monitor se encarga de incorporar medidas temporales de un sensor de masa de atenuación Beta. [9]

Este monitor incorpora un Firmware que optimiza la medición continua de masa, este monitor de partículas incorpora un sistema de calefacción dinámica (DHS) diseñado para mantener la humedad relativa del aire que pasa a través de la cinta de filtro de la etapa radiométrica muy por debajo del punto en el que las partículas recogidas crecen y retienen la humedad. Este sistema DHS minimiza el aumento de temperatura interna (oscila entre 15° centígrados y 45° centígrados, rango que varía entre equipos) garantizando una pérdida insignificante de muestras recogidas, cuando la humedad (Entre 60% y 90%) relativa del ambiente está por debajo del umbral del control de la temperatura.

ECOTECH EC 9850 (ANALIZADOR DE DIOXIDO DE AZUFRE)



Fig. #9: Analizador de Dióxido de Azufre EC 9850.

El analizador EC9850 de Dióxido de Azufre es un espectrómetro de fluorescencia ultravioleta (UV) diseñado para medir bajas concentraciones de SO₂ en el aire. Este equipo comprende un conjunto de sensores ópticos, un módulo procesador de señales electrónicas analógicas, un sistema de control y electrónica de cálculo basado en microprocesadores y un sistema neumático que da las muestras por medio de puntos gráficamente. [10]

El equipo EC9850 tiene un depurador de carbón incorporado que proporciona aire libre al equipo. Este está diseñado para monitorear la fluorescencia del gas que se muestrea periódicamente en el aire depurado. Esto con motivo de eliminar el aire que no sea necesario para su análisis. [10]

Además de la compensación de la temperatura y de la presión, el analizador ajusta la relación de alcance basándose en una concentración conocida de gas utilizada para abarcar la cámara del analizador. Esta característica no se implementa automáticamente y debe ser seleccionada por el operador. [10]



ECOTECH SERINUS 50 (ANALIZADOR DE DIOXIDO DE AZUFRE)



Fig. #10: Analizador de Dióxido de Azufre Serinus 50.

El analizador de dióxido de azufre Serinus 50 utiliza tecnología de radiación UV fluorescente para detectar dióxido de azufre en el rango de 0-20 ppm (partículas por millón). El Serinus 50 mide SO₂ con los siguientes componentes y técnicas: ^[11]

- Pulsador de hidrocarburo
- Lámpara UV
- Célula de Fluorescencia
- Filtro de paso de bandas ópticos
- Tubo fotomultiplicador (PMT)

Un Microprocesador programado con el Firmware de Serinus supervisa las respuestas del detector y muchos otros parámetros. Las concentraciones de SO₂ se corrigen automáticamente para la temperatura del gas y los cambios de presión y cuando se usan unidades gravimétricas (por ejemplo, $\mu\text{g}/\text{m}^3$) hace referencia a 0 °C, 20 °C o 25 °C a una atmósfera. Esto permite que el Serinus 50 proporcione lecturas en las unidades correspondientes para sus requisitos. La EPA de los Estados Unidos ha designado el analizador de dióxido de azufre Serinus 50 como un método equivalente. ^[11]

ECOTECH SERINUS 10 (ANALIZADOR DE OZONO)



Fig. #11: Analizador de Ozono Serinus 10.

El analizador de Ozono Serinus 10 utiliza tecnología de dispersión no ultravioleta (UV) para medir el ozono a una sensibilidad de 0,5 PPB (Partículas por Billón) en el rango de 0 PPM a 20 PPM. ^[12]

La EPA ha designado el analizador de ozono Serinus 10 como un método equivalente. ^[12]

Esta sección describirá las especificaciones del equipo, así como los principales componentes y técnicas utilizadas para obtener concentración de gas estable. ^[12]

El ozono se mide por análisis de absorción UV. El fotómetro UV determina la concentración de Ozono (O₃) en un gas de muestra de presión ambiental detectando la absorción de la radiación UV en un tubo de absorción de vidrio. ^[12]

VI. DISEÑO METODOLÓGICO (CUALITATIVO)

Esta investigación es de tipo cualitativa, esta se describe por los estudios del quehacer de las personas, ya que este tipo de investigación se interesa en lo que la gente dice, el proceso y el significado de las relaciones con el medio, su función puede ser la de describir o generar conceptos a partir de la obtención de datos.

Los seguimientos y monitoreo a la calidad del aire dependen de valores que son establecidos por normas que funcionan a nivel nacional e internacional. Algunas ya mencionadas son la resolución 610 del 2010 y la resolución 601 del 2006: norma nacional que registra valores máximos de gases y material particulado contaminantes para el ambiente (se adjunta tabla de gases y sus límites según la resolución). ^[15]

Otras normas que acoge la Corporación son las establecidas por la EPA (Asociación de Protección del Medio Ambiente) ^{[21] [22]}. Estas rigen desde la clase de equipos adecuados para hacer monitoreo de calidad del aire, hasta la clase de gases que son los indicados para hacerles seguimiento en el ambiente. De esta manera los datos que se obtengan de los equipos serán válidos y podrán ser mostrados a entes encargados de controlar las emisiones en el país.

A continuación se muestran algunos ejemplos de lo que exponen estas normas:

Contaminante	Nivel Máximo Permissible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de Exposición
PST	100	Anual
	300	24 horas
PM10	50	Anual
	100	24 horas
PM2.5	25	Anual
	50	24 horas
SO ₂	80	Anual
	250	24 horas
	750	3 horas
NO ₂	100	Anual
	150	24 horas
	200	1 hora
O ₃	80	8 horas
	120	1 hora
CO	10.000	8 horas
	40.000	1 hora

Tabla #1: Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio, resolución 610 del 2010.

Fuente: Resolución 610 del 2010 ^[15]



VII. RESULTADOS

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Visita a las estaciones de monitoreo de calidad del aire.	Visita a las estaciones de monitoreo de calidad del aire.	Actividades documentales de los equipos.	Visita a las estaciones de monitoreo de calidad del aire.	Visita a las estaciones de monitoreo de calidad del aire.
Desarrollo de verificaciones cero y <i>span</i> de los equipos (entre 3 y 4 estaciones)	Desarrollo de verificaciones cero y <i>span</i> de los equipos (entre 3 y 4 estaciones)	Presentación de informes semanales.	Revisión de equipos con verificaciones inestables para hacerles ajuste.	Revisión y/o calibración de equipos restantes.
Revisión general del estado de los equipos.	Revisión de hojas de vida para limpieza periódica de cabezales y ciclones. (Cabezales cada mes y ciclones cada 20 días)		Traslado de sistema de calibración para estaciones que lo requieran.	Revisión general del estado de los equipos.

Tabla #2: Tabla de cronograma de actividades semanales.

Las actividades se repetirán de acuerdo a la necesidad de las estaciones, es decir, pueden necesitar una visita o varias visitas para realizar las labores especificadas.

De igual manera, es posible que las actividades programadas puedan cambiar los días según sea necesario, esto se debe a la disponibilidad de vehículo para movilizarse a las estaciones, con los equipos que se necesitan para hacer las verificaciones y/o calibraciones; las actividades varían en los días acordados, teniendo en cuenta la disponibilidad del personal encargado de las estaciones.

SEGUIMIENTOS A LAS ESTACIONES

Para hacer una respectiva manipulación de los equipos de monitoreo de calidad del aire fue necesario hacer una restructuración de cómo funciona el sistema de vigilancia de calidad del aire, por esto se hizo un proceso de empalme para estructurar todo el marco teórico que tiene este documento. A continuación se muestran algunas de las actividades realizadas durante el proceso de empalme en las estaciones:



Fig. #12: Equipos Estación Móvil Corpoboyacá.

Una vez se reconocen los equipos en las diferentes estaciones, que son de propiedad de Corpoboyacá, se empieza la identificación de los demás tipos de equipos que existen en otras estaciones. La Corporación tiene un convenio con la Asociación de Cooperación Internacional de Corea (Koica). Por esto se adquirieron unas estaciones de monitoreo de calidad del aire para la medición de zonas críticas de la región. Estas poseen equipos de la misma marca de las estaciones móviles de Corpoboyacá, pero tienen más variedad de equipos:



Fig. #13: Equipos Estación Móvil de Koica (Agencia de Cooperación Internacional de Corea).

Luego del inicio de las labores anteriormente mencionadas, se realiza el empalme con el personal encargado de la revisión de los equipos que ejecutan las calibraciones y revisiones de alarmas; esto para dar un diagnóstico de mantenimiento o en caso de que sea revisiones internas dejar un reporte de cuáles son los métodos para dar una solución a los problemas.

Para labores de calibración fue necesario seguir las instrucciones brindadas por el personal capacitado para el manejo de estos equipos y seguir paso a paso las instrucciones para hacer una calibración apropiada. Una vez se interpretó el funcionamiento de los equipos calibradores y cómo usarlos para los equipos de gas, se hicieron seguimientos a los datos que se obtenían de los equipos. Estos datos son medidos en porcentaje con respecto al rango de los equipos, estos datos se llaman “cero y span”.

El dato cero, es cuando se le suministra al equipo a calibrar aire cero (puro) para hacer una comparación o una calibración al equipo y de esta manera demostrar que en el momento de suministrarle este aire el equipo en verdad está dando el valor cero, de lo contrario es necesario ajustarlo.

El dato span corresponde a la concentración de gas que se desea ingresar, según sea el equipo analizador, este valor corresponde a 400 PPB (partículas por billón) que es el 80% del rango del equipo, y que por norma es el valor máximo para hacer una calibración adecuada a los equipos de gas.



Cuando se aplica un valor cero o span al equipo se debe poder visualizar en el equipo de la manera más precisa según el valor. Por ejemplo, cuando ingresamos el valor cero al equipo debe visualizarse lo más próximo a cero, de lo contrario el equipo debe ser ajustado en cero.

Estos equipos de monitoreo de calidad del aire tienen la facilidad de ser automáticos, por lo que en el momento de hacer una calibración o ajuste a los valores ingresados solo es necesario darle un comando de auto-ajuste en cero o en el span del 80% del rango del equipo que será en 400 PPB.

DESARROLLO Y DILIGENCIAMIENTO DE MATERIAL DE SEGUIMIENTO Y/O GUIA DE MANEJO DE EQUIPOS

Para las estaciones de monitoreo de calidad del aire, es necesario llevar una documentación que tenga datos de los equipos tales como números seriales, referencias y de más datos que los documentos se interesen en tener según estipule la Corporación. Estos documentos serán las hojas de vida que tendrá cada equipo que se encuentre en las estaciones de monitoreo, este tendrá dos partes, la primera donde están los datos del equipo, y la segunda las actividades que se realizan con los equipos. Por ejemplo, las verificaciones y/o calibraciones semanales, cambios de filtros, mantenimientos preventivos o correctivos, entre cualquier actividad que tenga que ver con los equipos.

También existen otros formatos que van de la mano con las hojas de vida de los equipos que son los formatos de calibración de los equipos. En estos formatos se registran los valores que se obtienen al realizar las calibraciones; algunos de estos se diligencian con menor periodicidad que otros, debido a las necesidades de los equipos y a conservar el buen estado de las calibraciones. Estos formatos están más que todo para los equipos de gas que son los de mayor compilación de datos ya que es necesario mantenerlos calibrados para que obtengan valores coherentes con la contaminación del aire.

MANEJO DE LOS EQUIPOS DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Como se aprecia en el desarrollo de este documento, existen diferentes marcas de equipos analizadores de gases y de material particulado, por lo que es necesario tener conocimiento de cómo funcionan los teclados de las diferentes marcas que maneja la Corporación en equipos monitoreo de calidad del aire.

Para este proceso es necesario hacer manipulación de estos equipos ya que en los manuales se encuentra el principio de funcionamiento interno de los equipos y las funciones básicas para hacer uso de estos en determinados casos, pero no se ilustra cómo se hace el proceso de calibración con respecto a la relación que tienen los equipos calibradores con los analizadores de gas, por lo que hacer la interpretación entre manuales de los equipos a usar no es fácil.



Fig. #14: Sistema de calibración.

RECOMENDACIONES DE MANEJO DE EQUIPOS ANALIZADORES

Los equipos analizadores deben estar en condiciones ideales para su correcto funcionamiento, estas condiciones son: temperatura interna y de ambiente y, dentro de un rango determinado (Temperatura interna no mayor a 50 grados centígrados en general, cada equipo tiene su rango máximo de temperatura, Temperatura ambiente no mayor a 40 grados centígrados). De igual manera, la humedad del ambiente también afecta a los equipos analizadores, por lo que esta se debe controlar al igual que la temperatura con aires acondicionados.

Es necesario que el equipo de aire acondicionado esté programado entre 20 grados y 25 grados centígrados. Algunas estaciones por la cantidad de equipos que manejan necesitan mantener 2 equipos de aire acondicionado. Estos equipos permanecen encendidos.

Para los sistemas de calibración también existen recomendaciones que se deben seguir para obtener un buen resultado en la calibración, una de estas es hacer revisión de que el cilindro que se usará tenga la suficiente carga; es decir, la carga no puede estar por debajo de los 200 PSI, teniendo en cuenta que un cilindro lleno o recién cargado está entre los 1500 PSI y los 2000 PSI (Libra por pulgada cuadrada).

La presión del gas al momento de salir del cilindro debe estar entre 25 PSI y 30 PSI, ya que los equipos calibradores no pueden resistir mayor presión a la estipulada. Es importante conservar en estado óptimo, los componentes electrónicos internos. De igual manera, la unidad de aire cero debe tener la configuración de la salida del aire cero iguales que la del cilindro (entre 25 PSI y 30 PSI).

También es importante que los rangos máximos de los equipos no son los mismos, esto se debe a que según la norma del Ministerio, las concentraciones de gas nocivo para la salud son diferentes en los gases a medir. Por ejemplo, el equipo analizador de CO tiene un rango del 80% según la calibración, que está en $40.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que los demás analizadores de gas tienen un rango de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Debido a esto es fundamental tener en cuenta la concentración de gas que se debe suministrar al equipo, ya que el equipo calibrador tiene la opción de mostrar su concentración en PPM



(Partículas por Millón); es decir, los analizadores se deben mostrar en PPM y en PPB según el equipo. Como sabemos que el analizador de CO tiene un rango diferente a los otros, en este se configura las unidades de medida en PPM, mientras que en los demás equipos se configura en PPB, ya que si se muestran en PPM se ven valores muy altos que pueden disparar una alarma en los equipos, esto se debe a que los equipos tienen rangos máximos determinados en unidades de $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Las recomendaciones dichas anteriormente deben ser atendidas por personal que tenga experiencia en el manejo de equipos de calidad del aire, de lo contrario, quien opere los equipos pueden desprogramarlos y hacer que las mediciones no sean correctas.

DOCUMENTACION Y/O REPORTE PRESENTADOS

En la Corporación existen ciertos tipos de formatos que son requeridos para su presentación con el fin de hacer efectivo el cumplimiento de los objetivos mensualmente, estos vienen desde el llenado de las hojas de vida, hasta presentación de informes que muestren por medio de fotos o texto el trabajo realizado en las estaciones. Una parte de estos informes son los anexos que se encuentran en este documento y que corresponden a la información semanal, los demás formatos mensuales, determinados por la Corporación, no se incluirán en este documento, son: actas y reporte de actividades, puesto que la información se duplica.

En muchos de estos informes se evidencia el trabajo realizado en cada visita a las estaciones y de igual manera se puede analizar que se incrementa el nivel de responsabilidad y la cantidad de labores a realizar. También se evidencia que las primeras actividades realizadas son sencillas y a medida que se avanza en el proceso de actividades se vuelven más complejas. Asimismo, haciendo una relación de varias actividades realizadas durante el proceso de la pasantía, se muestra que hay estaciones con ciertos problemas que son expuestos y tratados en cada visita.

Es importante aclarar que los informes de seguimiento de labores en las estaciones están relacionados con los documentos solicitados por la Corporación; en conjunto, se hace un reporte completo y detallado de las actividades realizadas, y así en cualquier caso que sea necesario las actividades ejecutadas se identifiquen fácilmente y se logren reportes de manera eficiente para ser corroborados.

VIII. OTROS APORTES DERIVADOS DEL TRABAJO

Una vez aplicados los seguimientos a las estaciones, el desarrollo documental de los equipos y las recomendaciones de manejo de los equipos con los sistemas de calibración, se da comienzo a las labores de calibraciones cero y span, multipunto.

Para la calibración cero y span se debe tener en cuenta que los puntos de calibración son el cero y el 80% del rango del equipo, es decir el span 400. Cuando estos valores no están en los rangos descritos por la norma, que son del 1% por encima y debajo en el punto cero y el 6% por encima y debajo del punto span 400, los equipos deben ser ajustados, si están dentro de esos rangos se asegura que el equipo está calibrado y solo necesita una verificación de los valores.

Para la calibración multipunto se tiene en cuenta los puntos anteriores (cero y span) pero se le suman 3 puntos más de calibración, los cuales son 300, 200 y 100, que representan el 60%, 40% y el 20% del rango de los equipos. Para esta calibración, primero se hacen los puntos cero y span que son los que los equipos pueden ajustar, los demás solo se le aplica la cantidad de gas específica para cada punto y se toma nota de estos en el formato correspondiente. El formato de calibración multipunto muestra una gráfica que debe ser lineal de 0 a 400, de lo contrario es necesario ajustar los valores cero y span.

Para desarrollar esta calibración se debe tener conocimiento del comportamiento del equipo con respecto a los valores que se obtienen, de lo contrario las calibraciones resultan erróneas y afectan las mediciones en los analizadores.

Para las calibraciones de masa de los equipos de material particulado se tiene en cuenta las diferentes marcas de equipos, debido a que las placas de calibración son de valores iguales, y las calibraciones entre las marcas se hacen diferentes.

IX. CONCLUSIONES

- 1) La situación de estudio, relacionada con la contaminación en algunas zonas del Departamento de Boyacá, viene de años atrás debido al crecimiento de industria informal, ya que muchas personas no tienen acceso a posibilidades laborales que les represente un futuro sostenible, y eligen la industria informal y en algunos casos ilegal. Debido a esto la Corporación como autoridad ambiental realiza controles sobre las emisiones que produce el sector alfarero en zonas aledañas a Sogamoso, Nobsa y municipios que se ven afectados por la contaminación.
- 2) La medición realizada por Corpoboyacá, se ciñe a las normas planteadas por el ministerio de ambiente, las cuales aclaran la clase de equipos que se deben usar para hacer monitoreo de la calidad del aire. Esto obliga a la Corporación a mantener un inventario de equipos aptos para el monitoreo de la calidad del aire y, hacer el mantenimiento de este tipo de equipos, con el fin de realizar un seguimiento constante a las estaciones para mantener la mayor cantidad de datos auténticos para ser analizados y reportados en su validación final.



- 3) Los equipos analizadores usados para el proyecto, son equipos que contienen químicos que se emplean para identificar los gases y material particulado del ambiente, y conseguir así una referencia al obtener el dato de la cantidad de contaminación que existe; por lo tanto los equipos son inestables y muy variables. Bajo estas condiciones los equipos requieren una calibración permanente, que asegure su buen estado, mediante una observación semanal.
- 4) Para llevar a cabo los objetivos planteados en el proyecto: “Sistema de vigilancia de calidad del aire”, es necesario seguir las actividades programadas; esto se explica a lo largo del documento. Así, se muestran los principios fundamentales de los equipos y los requerimientos que se cumplen para mantener al día cualquier actividad ejecutada.
- 5) Como ya se explicaba, los requerimientos de las estaciones de calidad del aire, se refieren a las visitas semanales para un mantenimiento preventivo óptimo. Es importante tener en cuenta un orden de actividades con una realización periódica, y de esta manera emitir informes o reportes del estado de los equipos para tomar medidas preventivas o correctivas según el caso.
- 6) Las labores preventivas que necesitan los equipos se refieren a: limpiar partes susceptibles a saturación de residuos, cambio de partes externas, calibraciones continuas y reemplazo de partes que se puedan dañar por el uso constante de los equipos, ya que estos funcionan las 24 horas. Esto indica que si no se realizan las labores básicas de limpieza, a futuro el mantenimiento no garantiza su buen estado. Es imprescindible hacer un seguimiento permanente a los equipos.
- 7) La documentación sobre las estaciones de monitoreo de calidad del aire, es esencial, para tener los equipos funcionando correctamente. Ya que es muy complicado memorizar o llevar un registro escrito a mano de las labores hechas en cada visita, por lo que se recomienda llenar los formatos de hojas de vida y demás formatos que existen, cada vez que sea necesario para no desprogramar las labores a realizar, ni los equipos.
- 8) Así como existe un formato de registro de actividades realizadas en cada visita, también se usa un formato de calibración que se diligencia cada semana, y este determina si el equipo necesita ajustes para que los valores sean adecuados al funcionar. Esto se determina por rangos que no pueden superar los límites ya mencionados; pues al superarlos, lo más probable es que los equipos se descalibren más rápido o que el ajuste sea más complicado si no se mantienen en el rango que especifiquen los formatos para esta actividad.
- 9) Al tener los formatos de hojas de vida y de calibración diligenciados se pueden sustentar informes para corroborar las labores ejecutadas en cada equipo de cada estación. De esta manera, el control de labores se llevará a cabo de forma ordenada y clara, evitando dudas sobre el proceso que se viene realizando, y así este control sigue su curso sin comprometer el estado del equipo y de los datos que se obtengan de cada estación.

X. RECOMENDACIONES

Los aspectos más importantes a tener en cuenta para un monitoreo de la calidad del aire, se refieren a la adecuación de un sistema de vigilancia que funcione de manera coordinada con entidades encargadas de valorar la calidad del aire, como el IDEAM. De esta manera se proporciona información confiable a la ciudadanía acerca de la calidad del aire que respira.

El proceso en mención depende de la coordinación de acciones para los involucrados; este trabajo requiere la obtención de información al realizar el seguimiento de las labores para controlar la contaminación generada por empresas informales, formales o situaciones que involucren la calidad del aire con actividades que afecten el medio ambiente.

Para que este proceso de control de emisiones no afecte a la comunidad residente en las zonas vulnerables, es importante tener en cuenta los puntos de emisiones contaminantes, como los datos obtenidos por las estaciones para tomar acciones preventivas. Así, se debe contar con un grupo de personas que contribuyan en el logro de este control de emisiones; igualmente con el monitoreo de la calidad del aire, de lo contrario será muy difícil hacer un seguimiento adecuado a las problemáticas que presentan algunas regiones del departamento, respecto de la contaminación de los ecosistemas y sus recursos naturales.

Teniendo en cuenta lo anterior, es imprescindible que la Corporación cuente con un presupuesto suficiente para mantener una red de monitoreo de emisiones y garantizar que las labores se distribuyan y coordinen permanentemente para tomar medidas preventivas o correctivas según sea el caso. Hechas estas labores de forma ordenada, se seguirá el proceso de análisis que corresponde a la red de monitoreo de calidad ambiental que determina zonas afectadas o en riesgo de sufrir una alteración en el ecosistema.



XI. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Environnement S.A, 111bd Robespierre, 78300 POISSY (2014) – Technical manual MP101M (Suspended Particulate Beta Gauge Monitor)
- [2] Environnement S.A, 111bd Robespierre, 78300 POISSY (2014) – Technical manual CPM (Continuous Particulate Measurement)
- [3] Environnement S.A, 111bd Robespierre, 78300 POISSY (2014) – Technical manual AF22M (UV Fluorescent Sulfur Dioxide Analyzer)
- [4] Environnement S.A, 111bd Robespierre, 78300 POISSY (2014) – Technical manual O342M (UV Photometric ozone analyzer)
- [5] Environnement S.A, 111bd Robespierre, 78300 POISSY (2014) – Technical manual AC32M (Chemiluminescent Nitrogen Oxide Analyzer)
- [6] Environnement S.A, 111bd Robespierre, 78300 POISSY (2008) – Technical manual ZAG7001 (Zero Air Generator)
- [7] Environnement S.A, 78300 POISSY (2011) – User's Guide MG101P (Ozone Transfer Standard Multi-Gas Calibrator)
- [8] Environnement S.A, 111bd Robespierre, 78300 POISSY (2014) – Technical manual CO12M (Gaz Filter Correlation Carbon Monoxide Analyzer)
- [9] Thermo Scientific INC. 2007 Continuous Ambient Particulate Monitor – Instruction Manual FH62C-14
- [10] Ecotech Environmental Monitoring Manual (2007) – EC9850 A & B Series Sulfur Dioxide Analyzer
- [11] Ecotech Environmental Monitoring Manual del Usuario (2009) – Sernius 50 Analizador de Dioxido de Azufre
- [12] Ecotech Environmental Monitoring Manual del Usuario (2006) – Sernius 10 Analizador de Ozono
- [13] Data Loggers Overview LSI Lastem, Milano Italy – MW9005 ENG 09-15
- [14] Environics Series 6100 (Multi-gas Calibrator) – Guía de usuario.
- [15] Resolución 610 del 2010
- [16] Resolución 601 del 2006
- [17] Lerma González, Héctor Daniel (2009). Metodología de la investigación: propuesta, anteproyecto y proyecto 4a. Ed, Bogotá.