

PROPUESTA

MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE CUENCA

Asistencia Técnica OPS/OMS

Quito – Ecuador, 2001

Equipo Técnico

ETAPA-Cuenca

**Ing. Jaime Dominguez Director Unidad Ambiental
Ing. Yolando Torres, Jefe de Laboratorio**

OPS-OMS Ecuador

**Ing. Eduardo Ortiz, Asesor en Salud y Ambiente
Ing. Victoria Prijodko, Consultor**

OPS-CEPIS

**Ing. Marcelo Korc
Experto en Calidad de Aire**

INDICE

Indice.....	2
Antecedentes.....	3
Objetivo.....	3
Metodología de trabajo.....	4

PROPUESTA DEL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA ACTUAL DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE CUENCA

1. Organización de la Unidad encargada de monitoreo.....	5
2. Objetivos de monitoreo.....	7
3. Red de monitoreo.....	7
3.1 Parámetros ambientales medidos.....	8
3.2 Número de sitios de muestreo.....	10
3.3 Localización de sitios de muestreo.....	10
3.4 Requerimientos de sitio de muestreo.....	12
3.5 Tiempo de toma de muestra.....	12
3.6 Frecuencia de muestreos.....	13
3.7 Equipos de muestreo.....	14
3.8 Técnicas de análisis.....	15
3.9 Tipos de control de datos.....	16
3.10 Mantenimiento y calibración de equipos.....	17
4. Duración del programa	18
5. Recursos humanos.....	19
6. Recursos económicos.....	23

Antecedentes

La I.Municipalidad de la ciudad de Cuenca ha emprendido la ejecución del Programa de Monitoreo de la Calidad del Aire en la ciudad de Cuenca en el año de 1998, recopilando los datos de los principales indicadores de la calidad del aire, mediante tres estaciones de la red, lo cual permitió establecer el primer nivel de la gestión dentro de un sistema de vigilancia y control de la calidad del aire, que es de medida de calidad del aire.

Tomando en cuenta las conclusiones y recomendaciones del diagnóstico de la situación actual del sistema de monitoreo, es evidente que en el cantón es indispensable desarrollar una serie de actividades y acciones tendientes al mejoramiento de la calidad del aire, lo cual es un proceso de la gestión ambiental, orientado al desarrollo sustentable.

En efecto, para proteger y mejorar la calidad del aire, requiere de la realización de varias actividades en un conjunto de definición de las competencias de los actores involucrados, por una parte de las autoridades ambientales seccionales que están encargadas de desarrollar las estrategias de control e implementar las mismas en base de la preparación de los criterios de salud ambiental y de la normativa, y por otra de los usuarios del recurso aire, en lo principal de los parques industrial y automotriz con la responsabilidad en el cumplimiento de los compromisos acordados para reducir las emisiones y aplicar los Planes de Mitigación Ambiental.

La operación de un Sistema de Monitoreo y Vigilancia de la Calidad del Aire continuo permiten conocer si las disposiciones, medidas y estrategias aplicados son adecuados o requieren de los reajustes dentro de planes y actividades para mantener y mejorar la calidad del aire.

Con la finalidad de evaluar la extensión del problema de contaminación del aire y evaluar en el tiempo las estrategias de control de la contaminación atmosférica, también es necesario establecer un programa o red de vigilancia del estado de la calidad del aire en un sitio establecido y durante un espacio del tiempo determinado. Las concentraciones de los indicadores de la calidad detectadas en el aire mediante la red en mención, servirán del nivel de referencia de la situación actual, de esta forma puede ser vigilada la efectividad de las estrategias y regulaciones aplicadas, así como para el desarrollo de las estrategias futuras para el control de las emisiones contaminantes.

Objetivo

El objetivo principal de la propuesta ejecutada, es proporcionar a las autoridades competentes una herramienta para mejorar la operatividad de la Red existente y trazar las líneas de acción para implementar una Red de Vigilancia de la Calidad del Aire en la ciudad de Cuenca, con el propósito de asegurar una toma de decisiones sostenidas y ambientalmente racionales, del desarrollo sustentable del cantón.

Metodología de Trabajo

En base del diagnóstico elaborado sobre la situación actual del Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire en la ciudad de Cuenca, identificar ventajas y fracasos del mismo, para proponer una serie de procedimientos estratégicos que permiten mejorar el funcionamiento de la red, así como implementar acciones de vigilancia de la calidad del aire, como siguiente paso en la gestión del recurso aire para el control de la contaminación atmosférica.

Trabajar conjuntamente con las autoridades ambientales de la zona del estudio, para llegar a consensos en la aplicación de las propuestas desarrolladas.

PROPUESTA DEL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA ACTUAL DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE CUENCA

Para mejorar el funcionamiento del Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire en la ciudad de Cuenca existente, es indispensables tomar en cuenta la implementación de las siguientes instrucciones:

1. Organización de la Unidad encargada de monitoreo

La reestructuración propuesta en el documento puede ser implementada para mejor organización y administración de la Red, pero antes de su ejecución es importante ponerse de acuerdo entre las autoridades ambientales a cargo de quienes está la gestión del recurso aire del cantón, desarrollando un Sistema Cantonal de Gestión de la Calidad del Recurso Aire, tomando en cuenta lo siguiente: ver Croquis No. 1. Lo cual permitirá definir la parte organizativa de la estructura orgánica – funcional para ejecutar la gestión, dirigiéndolo como un proceso administrativo.

La reestructuración organizativa de la entidad encargada del monitoreo de la calidad del aire para mejorar el funcionamiento de la Red, debe tomar en cuenta lo siguiente: La ejecución de cualquier programa es más exitosa, si es que desde el principio la unidad responsable para alcanzar metas trazadas, está estructurada de tal manera que permite formar un grupo de trabajo, en ves de mantener una organización tradicionalmente jerárquica, de esta forma cada miembro del grupo constituye una parte esencial de todo el proceso, cumpliendo con las responsabilidades de forma horizontal, más que vertical. La comunicación y cooperación dentro del grupo de trabajo, durante la planificación y ejecución del programa, su manejo y administración, permitan enfrentar problemas que podrían impedir alcanzar los objetivos propuestos, este grupo de trabajo para que logren resultados tienen que ser organizados y manejados de tal forma que incentive a sus integrantes a participar efectivamente, alcanzar consenso y lograr encontrar soluciones prácticas aún bajo condiciones de limitada disponibilidad del tiempo. Esta nueva organización depende de la predisposición de los miembros hacia el cambio y requiere de aprendizajes de trabajo en grupo, aprovechando así de la “sinergia grupal”, ante el desgaste físico- emocional de los esfuerzos separados de cada participante.

Los procedimientos para alcanzar los resultados concretos del programa deberán describir la manera cómo el grupo se propone proceder para resolver las futuras tareas fijadas en conjunto y estarán bajo una constante revisión o seguimiento en la ejecución de las mismas, con reajustes necesarios¹.

¹ En caso de ser aprobada la propuesta organizativa es indispensable realizar varios talleres de capacitación para reorganización de la unidad de monitoreo para formar un “grupo de trabajo”.

Las áreas para definir las tareas del grupo de trabajo serán las siguientes:

Administrativa: personal; logística; movilización hacia las estaciones; trámites de adquisición de los materiales, reactivos y repuestos; trámites administrativos varios; elaboración planes de acción para otros niveles.

Técnica: coordinación del programa, operación de las estaciones de monitoreo; estrategias de monitoreo atmosférico y su cumplimiento; procesamiento y control de la calidad de datos; capacitación; reajustes de las actividades; organización; monitoreo y seguimiento de la aplicación del programa; coordinación con otros organismos y instituciones de la proporción de datos, de asistencia técnica y participación de proyectos de investigación.

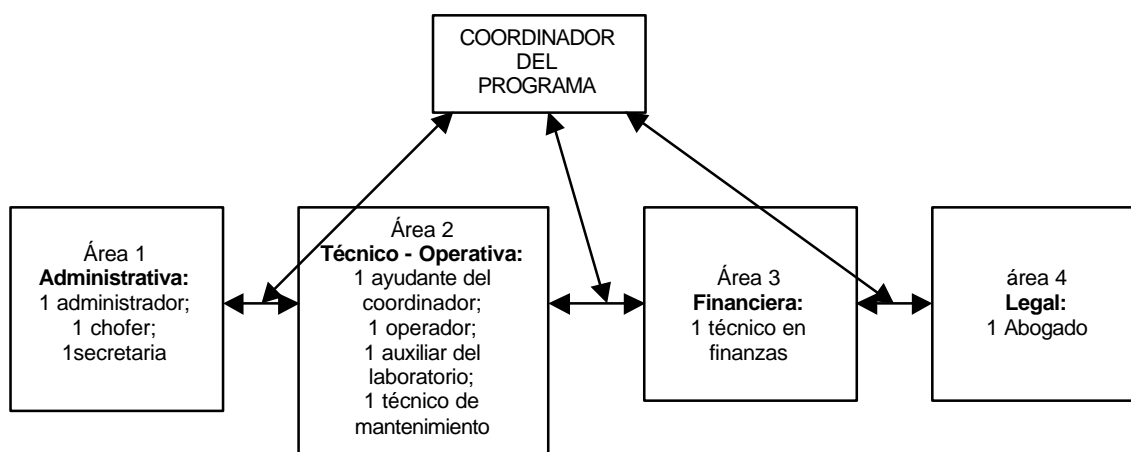
Financiera: velar por el manejo adecuado de los recursos predestinados para el programa; presupuestar los gastos necesarios; buscar los recursos financieros internos y externos; realizar trámites pertinentes y respectivos; gastos; pagos; identificación de mecanismos de autogestión; cumplimiento de los acuerdos contractuales.

Legal: consultas legales; preparación convenios; compromisos con otras instituciones; revisión del cumplimiento de los acuerdos firmados por la institución.

Lo cual ayudará desconcentrar las actividades y optimizará los recursos disponibles, organizando de mejor forma el funcionamiento de la unidad para lograr lo propuesto.

El grupo trabajará en función del objetivo principal, por ejemplo: “Obtención de datos confiables mediante el monitoreo de la calidad del aire”, pero dentro de cada área se definirán los objetivos específicos y el esfuerzo estará encaminado hacia su cumplimiento, por ejemplo para el área administrativa: “Dotar del personal necesario para que el programa funcione adecuadamente”. A continuación se puede observar la propuesta del esquema organizacional del grupo de trabajo, el cual puede y debe ser perfeccionado por la D.G.A. de acuerdo a las posibilidades de la situación real.

ESQUEMA ORGANIZACIONAL DEL GRUPO DE TRABAJO



2. Objetivos del monitoreo

Los objetivos del Sistema de monitoreo deben definirse por la entidad encargada de monitoreo, por que tiene que reflejar los resultados que se pretende alcanzar, lo cual a su vez se derivará los requerimientos de los datos que se pretenda a obtener.

La información recopilada servirá de base de datos para realizar estudios, proyectos y acciones que pueden cubrir una variada gama de las metas y objetivos propuestos. Los principales objetivos de la red de monitoreo de la calidad del aire en la etapa que se encuentra actualmente, son los que a continuación se describen:

- ★ Proveer una base de datos de indicadores de la calidad del aire.
- ★ Evaluar tendencias.
- ★ Determinar el cumplimiento de los estándares de calidad del aire.
- ★ Formular y revisar los estándares de calidad del aire.
- ★ Desarrollar programas de manejo integral del recurso aire.
- ★ Informar al público acerca de la calidad del aire.

Los objetivos planteados dependerán de una estrategia de monitoreo atmosférico. Considerando que el programa de monitoreo usualmente contempla más de un objetivo, es importante priorizar el orden de los mismos, definiendo siempre en función de *que resultado, fin, logro, propósito y alcance* por obtener éstos se alcanzará.

La definición de los objetivos, como parte de la estrategia del monitoreo, debe tomar en cuenta lo siguiente: la determinación de los objetivos es un proceso interactivo, por lo cual deben conciliarse, ponderarse, delimitar su área de influencia.

3. Red de monitoreo

La red de monitoreo existente cumpla con los requisitos establecidos, ya que constituye el conjunto de tres estaciones de muestreo, fijas y continuas, que están establecidas para medir los parámetros ambientales necesarios para cumplir con los objetivos fijados y cubren toda la extensión de un área determinada como representativa de la ciudad. Permita comparar concentraciones locales de parámetros ambientales con estándares de calidad del aire. La red en su diseño tomo en consideración el enfoque local, determinando el número representativo, distribución seleccionada de los sitios de monitoreo y frecuencia de muestreo (excepto a los monitores continuos para el CO) en base de datos confiables, como: población, calidad del ambiente, meteorología, topografía, escala geográfica del problema a considerar, fuentes contaminantes, definición de las zonas para el desarrollo urbano.

Para perfeccionar el funcionamiento de la red, mejorando la representatividad de la zona se recomienda reubicar una de las tres estaciones, lo que describirá a continuación.

Cuando se evalúa la inversión que se requiere para administrar u operar la red, es primordial contemplar además de los costos de inversión, costos de operación, requerimientos del laboratorio, personal especializado, transporte, costos de mantenimiento y costos de los materiales de operación y repuestos de los equipos.

La red en actualidad está organizada como un sistema centralizado, en el cual todas sus prácticas de operación, mantenimiento, manejo de datos y controles se realizan por medio de la Dirección de Gestión Ambiental de ETAPA, a través del laboratorio, lo cual tiene ventajas, como no duplica los esfuerzos, tiene enfocados los recursos económicos, permita realizar una sola línea de organización, asegurar control de la calidad de la implementación de las tecnologías, y desventajas: impida la competencia en alcanzar eficiencia de la operación de la red, desmotiva el personal por estructura orgánica – funcional vertical, se vuelva en “jefe y parte”, no toma en cuenta iniciativas para solucionar problemas. Por lo expuesto, para el éxito del programa de monitoreo de aire, es importante adoptar la administración y sistema organizacional apropiadas. Por ejemplo, delegar algunas o todas las tareas del monitoreo a terceros, impulsando además los procesos de modernización y de descentralización.

3.1 Parámetros ambientales medidos

Tomando en cuenta que la red actual está diseñada para el monitoreo de la calidad del recurso aire, los indicadores locales a medirse, fueron definidos para cumplir con los objetivos del programa (ver propuesta de objetivos).

Para evaluar el estado del recurso aire ambiente, los parámetros a medirse deben ser establecidos en función de las normas de calidad del aire vigentes.

En la Tabla No. 1 se puede comparar parámetros estipulados en el reglamento que establece las normas de calidad del aire nacionales (publicados en el R.O. No. 726 del 15 de julio de 1991), con los parámetros que se miden en la ciudad de Cuenca:

Tabla No. 1

Parámetros establecidos R.O. 726	Parámetros medidos/Red Cuenca
Partículas Sedimentables – PS Partículas Totales en Suspensión – PTS Anhídrido Sulfuroso - SO ₂ Óxidos de Nitrógeno - NO _x (NO ₂) Monóxido de Carbono – CO Óxidantes fotoquímicos - O ₃ Plomo – Pb	Partículas Sedimentables – PS Partículas Totales en Suspensión – PTS Anhídrido Sulfuroso - SO ₂ Óxidos de Nitrógeno - NO _x (NO ₂) Monóxido de Carbono – CO No se miden Plomo – Pb

Como se puede observar se miden prácticamente, a excepción del ozono, todos los parámetros ambientales que están establecidos en las normas, por lo cual no se recomienda el aumento de otros parámetros, a no ser que se requiere de la determinación de los niveles de los otros indicadores específicos dependiendo de los objetivos de monitoreo y las características de la zona de estudio, donde podrían considerarse ciertos indicadores de la calidad, presentes en el aire por la emisión de contaminantes mediante fuentes determinados.

Otros parámetros a medirse que deben ser considerados, son meteorológicos y topográficos, que tienen una gran injerencia en el estudio de la calidad del aire, por lo que influyen directamente en la dispersión de los contaminantes atmosféricos primarios y secundarios, además estos factores en algunos casos son responsables de las zonas críticas de un área de estudio. La definición de que tipo de parámetros se necesita medir dependerá del tipo de estudio a aplicarse, por ejemplo:

ESTUDIO A REALIZAR	PARÁMETROS REQUERIDOS A MEDIR*
Medida de condiciones atmosféricas	Velocidad y dirección de viento Temperatura Presión atmosférica Humedad relativa Precipitación Radiación solar
Predicciones de valores de contaminación	Velocidad y dirección de viento Matriz de frecuencia (rosa de viento) Categorías de estabilidad Altura de la inversión térmica (capa de mezcla) Campos de vientos a alturas (gradiente vertical)
Modelos matemáticos de dispersión de los contaminantes en la atmósfera	Velocidad y dirección de viento Radiación solar Nubosidad Categorías de estabilidad

* Se refiere solamente a parámetros meteorológicos, pero para llevar y concluir los estudios en mención, además se necesita disponer de los datos de calidad del aire, de las características de emisiones contaminantes y fuentes de contaminación.

Los parámetros topográficos a considerar: altura sobre el nivel del mar, relieve, tipo de suelo.

Para el sistema existente, es importante contar con valores de la temperatura ambiente y presión barométrica locales para calibrar los equipos y datos de medición, pero en caso que no tuviere la posibilidad de instalar equipos de su medición (por costos, experiencia técnica), se puede trabajar con parámetros ambientales promedios de la zona, los cuales existen de los reportes del aeropuerto local.

En caso de instalar las estaciones meteorológicas, su equipamiento mínimo para medir parámetros meteo, tiene que ser para: velocidad y dirección del viento y temperatura ambiente; los equipos de medición de la presión atmosférica, humedad relativa, precipitación y radiación solar aportan información complementaria.

3.2 Número de sitios de muestreo

Mantener tres estaciones de muestreo de la calidad del aire, cuya determinación está debidamente justificada en el programa de monitoreo que se aplica en la ciudad, donde fue evaluada la siguiente información: aspectos demográficos, evaluación de la calidad del aire en función de las fuentes contaminantes: parque industrial y automotriz, interés sobre áreas de estudio, recursos económicos, humanos y tecnológicos disponibles.

Aunque, para la ciudad podría ser suficientes dos estaciones de monitoreo de la calidad del aire, las tres existentes permiten obtener la información verídica de la ciudad debido a la irregularidad topográfica y condiciones meteorológicas específicas, también debido al parque industrial ubicado dentro de la ciudad.

En caso de que se requiera aumentar o disminuir el número de los sitios de muestreo al número actualmente existente, la propuesta debe ser justificada adecuadamente, realizando estudio pertinente y proponiendo Plan de acción ante el grupo de trabajo para su revisión y aprobación.

Para la medición de los parámetros meteorológicos no es necesario que los equipos de medición de éstos están ubicadas en todos los sitios del monitoreo atmosférico, para la ciudad es recomendable instalar máximo dos o una estación meteorológica, ubicada estratégicamente.

3.3 Localización de sitios de muestreo

Como fue determinado en el diagnóstico, la localización de sitios de muestreo en general corresponde a los objetivos planteados, representando los sectores típicos de la zona de interés para ser monitoreada:

La **Estación No. 1 Centro Histórico** está ubicada en el edificio de la ETAPA, representando la zona central de la ciudad del casco colonial. Tomando en cuenta las condiciones meteorológicas, topográficas, de calidad del aire, desarrollo de la zona con las actividades típicas: de comercio y alto flujo vehicular, se recomienda mantener su ubicación en la calle Benigno Malo, ente Mariscal Sucre y Presidente Córdova.

La **Estación No. 2 Parque Industrial** está ubicada en el edificio del Centro de Exposiciones de Cuenca de la zona industrial, pero también muy cerca están situadas las casas de la zona residencial, por lo cual se recomienda mantener la misma localización del sitio de muestreo.

La **Estación No. 3 San Roque (Tecnológico)** está ubicada en el sector de San Roque, en el edificio del Tecnológico de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Cuenca, representando el sector residencial de la ciudad. Se recomienda reubicar la estación en vista que se encuentra muy cerca a la estación No. 1, desfavoreciendo la representación de la zona del

suroeste de la ciudad con el crecimiento poblaciones más acelerado de la ciudad en comparación con otros sectores y de la urbanización acelerada, al mismo tiempo en ésta zona se planifica ubicar la estación de la transferencia del transporte interprovincial y interparroquial, para integrarse con el transporte urbano, u otras actividades como: presencia de la plaza de ferias, mercado municipal de la ciudad, varios centros comerciales, presencia del aeropuerto, convierten el sector en comercial – residencial y no únicamente residencial. En lo que se refiere a la distribución de vientos, la zona cuenta con los vientos predominantes del NNE y Sur, interactuando entre sí durante el año, por lo cual se podía sospechar que el sector recibiría el mayor impacto por el arrastre de los contaminantes producidas dentro de la ciudad acumulándolos en el sitio descrito.

Cabe indicar, que tomando en cuenta las características típicas orográficas de la zona del estudio, sus condiciones meteorológicas y topográficas con alta densidad de radiación solar y poca distribución de las masas del aire hacia otros espacios atmosféricos en sentido horizontal y vertical, son muy probables las situaciones de poca dispersión atmosférica. Éstas se forman por las inversiones térmicas de diferente origen, lo más probable son de carácter radioactivo: donde la inversión del gradiente vertical de temperatura se invierte formando condición de estancamiento del aire que resulta ser atrapado por masas superiores a las próximas al suelo, situación de la condición atmosférica que por su parte induce a la acumulación de los contaminantes en períodos de tiempo que pueden resultar de riesgo para afectaciones en la salud de la población, y se “rompe”, o se cambia está condición descrita para mejorar la dispersión del aire, en las horas de la mañana. Las inversiones térmicas se presentan muy a menudo en toda la zona de la sierra ecuatoriana, situación que es agravada además con la condición local de una ciudad de “altura”, donde por falta de oxígeno los procesos de combustión son incompletos. Por lo sintetizado, las autoridades a cargo de quien está el monitoreo, vigilancia y control de la calidad del aire, deben considerar a más corto plazo los estudios de la distribución y dispersión atmosférica, contando con datos meteorológicos, topográficos y ambientales necesarios para confirmar las hipótesis planteadas.

Para la reubicación de la estación Tecnológico, se revisaron varios sitios, en total cuatro:

1. Instalaciones de la Fundación Humanitaria “Pablo Jaramillo Crespo”, varias terrazas de un piso, sitio representativo del sector comercial – residencial por su ubicación y distribución de vientos, seguridad de guardia, fácil acceso;
2. Edificio de CREA, terreno cerca del edificio, zona mas alta de la región con presencia de árboles que pueden formar un microclima no muy bien representativo de la zona;
3. Escuela “Unidad Educativa de Desarrollo Integral y Deportivo”, plantas de dos pisos, pero no existe un libre acceso a las terrazas, falta de seguridad;

4. Hospital Regional Vicente Corral Moscozo, dispone de la terraza ubicada a la altura de un piso.

Tomando en cuenta las recomendaciones de las características que deben ser tomadas en consideración para ubicación de sitios de muestreo, el No. 1 La Fundación Humanitaria, es el sitio más apropiado para la reubicación de la estación.

También, fue tomada en consideración la posibilidad de la reubicación de la estación No.1 Centro Histórico, por lo que está ubicada a la altura de doce metros (en varias referencias que fueron revisadas, en lo relativo a la altura sobre el piso para la ubicación de toma de muestras de la escala de medición: micro, media y local o todas, del caso en estudio del tipo: local, es de 3 a 15 metros para parámetros medidos en Cuenca, lo cual no justificaría la reubicación), pero aun así se visitaron varios sitios en la zona y no fue posible determinar otro lugar adecuado, ya que en esta zona no existe muchos edificios con terrazas planas y que proporcionan seguridad y facilidad de acceso necesarios, por lo cual la localización de esta estación se mantendría en el mismo lugar, recomendando que el orificio (manguera con el embudo) de la recopilación de la muestra se baja a menor altura desde el suelo, aumentando el largo de la manguera.

3.4 Requerimientos del sitio de muestreo

Como fue indicado en el diagnóstico, todas las estaciones cumplan con los requerimientos del sitio de muestreo, por lo cual en caso de la reubicación de la estación o puesta en marcha otra estación de muestreo, es aconsejable proceder de la manera recomendada por las instituciones nacionales e internacionales con experiencia, asegurando de esta forma que la muestra recopilada no sufra ningún percance de su representatividad por factores externos, como fuentes de emisión contaminante cercanos, obstáculos en la dispersión del aire, retiro de las paredes de los edificios u obstáculos cercanos, seguridad contra vandalismo, fácil acceso, infraestructura necesaria: fuente de energía, línea telefónica, casetas para ubicación de los equipos y materiales del muestreo.

Es importante realizar visitas periódicas a las estaciones para confirmar que los requerimientos del sitio no fueron afectados por alguna razón, en caso necesario realizar trabajos de mantenimiento y reparación para brindar la seguridad del personal y la operatividad en el funcionamiento de las estaciones.

3.5 Tiempo de toma de muestra

Para confirmar el tiempo de muestreo para cada parámetro es imprescindible revisar y aplicar las disposiciones establecidas en el Reglamento de las normas de la calidad del aire y sus métodos de medición, y es importante cumplir con las recomendaciones de toma de

muestra para cada parámetro de factores de inmisión en aplicación de los procedimientos establecidos. Normalmente la muestra se recopila durante 24 horas día.

El resumen de los valores representativos para la evaluación de la calidad del aire de una localidad, se puede apreciar a continuación:

Para parámetros atmosféricos gaseosos (NO₂, SO₂, O₃ y CO): promedio diario, media aritmética mensual y anual; para algunos contaminantes gaseosos, como CO, además de los promedios diarios, se reportan datos horarios y promedios aritméticos móviles de cada 8 horas;

Humos, partículas en suspensión y compuestos asociados a ellas (PTS, PM10, PM2.5): media aritmética o geométrica mensual y anual;

Polvo y partículas sedimentables (PS): promedios mensuales y anuales;

Para plomo: promedios trimestrales.

En algunas regiones se determinen medianas para los diferentes períodos estacionales (invierno, verano, período lluvioso, período seco), tanto para los parámetros gaseosos, como para las partículas.

3.6 Frecuencia de muestreos

La frecuencia de muestreo indica el número de muestras que se tomarán o llevarán a cabo en un intervalo de tiempo, en un punto de muestreo o en un área. El factor de frecuencia es sumamente importante, por lo que puede producir variaciones en las concentraciones de los indicadores del aire ambiente, ya que sus valores dependen de una amplia gamma de variaciones durante cierto tiempo, como: cambios climáticos por estaciones, condiciones meteorológicas, en función si es que día de la semana es laboral o no, condiciones cambiantes meteorológicas y patrones de emisión durante el día y la noche.

El reglamento de las normas vigente, R.O. 726 establece las frecuencias de muestreo para todos los parámetros a medirse, por lo cual las mismas deben ser cumplidas de la forma que se indica: una muestra diaria tomada en forma continua por 24 horas, tanto para PTS, como para SO₂ y NO_x(NO₂) con frecuencia mínima de una muestra diaria cada tres días, completando así ocho muestras mínimo al mes, si ésta frecuencia puede ser aumentada contando con recursos necesarios la muestra sea más representativa en función de las variables tiempo y espacio.

Para el CO la frecuencia mínima de muestreo es recopilación de una muestra diaria tomada en forma continua en un período de 8 horas; o en 1 hora.

Para el O₃, una muestra diaria tomada en forma continua con la frecuencia mínima de 06h00 a 18h00.

Para Pb, una muestra diaria tomada en forma continua por 24 horas, cada tres días, como frecuencia mínima.

Para Partículas Sedimentables, una muestra recopilada durante 30 días \pm 2 días.

Por lo expuesto, las muestras de los parámetros indicadores de la calidad del aire, deben recopilarse durante 24 horas, cada tres días del mes, a excepción del CO y partículas sedimentables, incluyendo sábados y domingos, más no de forma continua durante 10 días al mes, como se realiza en la actualidad.

3.7 Equipos de muestreo

Los equipos de muestreo utilizados en la red de monitoreo son apropiados para concordar con los objetivos fijados y la calidad de datos que se requiere lograr, lo cual igual que precisión de la base de datos son principales elementos que fueron considerados a seleccionar los equipos. Los equipos como fue indicado en el diagnóstico, utilizados en la red en su mayoría son muestreadores activos, cuyo funcionamiento está basado en la tecnología de bombear el aire para la muestra a través de un medio de recolección físico (para PTS) o químico (para SO₂, NO_x), estos muestreadores son moderadamente caros, relativamente fáciles de operar, confiables y han proporcionado la base de datos de medición en mayor parte del mundo a lo largo de más de veinte años, por lo cual continuar con esta base de datos con los mismos muestreadores es muy importante para evaluar tendencias. Sensores remotos, que se utilizan para medición de CO, tienen varias ventajas, como por ejemplo de poder proporcionar mediciones integradas de diversos componentes a lo largo de una trayectoria específica en la atmósfera, o que sistemas móviles pueden determinar mapas tridimensionales de concentraciones de contaminantes de un área por un período de tiempo, pero también tienen varias desventajas.

La estación meteorológica ubicada en el sitio de la localización de la Planta de tratamiento de aguas residuales de E.T.A.P.A. en Ucubamba, tiene problemas de carácter funcional y en la calibración de los sensores remotos, actualmente no está funcionando por falta del mantenimiento. Razón por la cual no se recomienda la adquisición de equipos de “sensores remotos”, por que su aplicación debe ser realizada por el personal especializado, también estos instrumentos son caros y extremadamente complejos, presentan problemas para validar sus datos, determinar el nivel de confianza y calibración; por lo general se utilizan para investigaciones de fuentes de emisión, en las plumas de chimeneas, distribución vertical de gases y otros componentes, como aerosoles, investigación en la troposfera y estratosfera sobre distribución de gases, vapores y composición físico-química, en concreto para los estudios de difícil acceso al espacio investigativo por el personal técnico.

3.8 Técnicas de análisis

Para la realización de las técnicas de análisis utilizadas en el sistema del monitoreo se recomienda que:

Para Partículas Totales en Suspensión: el acondicionamiento de los filtros para muestreo de las PTS, utilizando el método de Alto Volumen en el desecador (acondicionador) debe realizarse 24 horas antes y 24 horas después de la toma de la muestra, más no como se realiza en actualidad durante los períodos de 1.5 a 2 horas, lo cual no es suficiente para estabilizar el filtro en la temperatura y humedad constantes, y así asegurar la respuesta real de la muestra recopilada que puede ser seriamente afectada en la respuesta de la determinación del peso neto de las PTS recopilados durante el tiempo de muestreo. También se aconseja utilizar el sistema manual del conteo del tiempo requerido (programados del tiempo, swich para el “prendido” y “apagado” del sistema) para la toma de la muestra, que es de 24 horas para PTS - inmisión, pero puede ser diferente, como de tres, seis, etc. horas para estudios específicos o en caso de emergencia del recurso aire por contaminación natural o antropogénica, cuando el filtro se “satura” en un período de tiempo menos que 24 horas y debe ser cambiado por uno nuevo antes de cumplir el tiempo recomendado, por ejemplo cada 12 horas.

Para Anhídrido Sulfuroso y Óxidos de Nitrógeno: en el sistema de trenes de muestreo se recomienda realizar varias pruebas para asegurarse que la determinación de las concentraciones de gases SO_2 y NO_x son correctas, debido a su funcionamiento en el mismo sistema del tren para dos parámetros, compartiendo la instalación de dos vías y el medidor del volumen del aire, que se bombea a través del sistema.

Ejemplo 1: Poner dos trenes de muestreo en paralelo pero separados, uno para el SO_2 y el otro para el NO_x , durante un día en la misma estación asegurándose que la calibración del flujo del gas desde el principio permite pasar el mismo volumen del aire en los dos trenes de muestreo; al final del muestreo comparar los volúmenes determinados para cada parámetro de medición y poder comprobar si existe la diferencia en la respuesta de los trenes o no;

Ejemplo 2: Calibrar un cierto volumen de aire para un determinado período de tiempo, conectando el tren de muestreo con dos soluciones, una para el SO_2 y otra para el NO_x , como para un muestreo de rutina; luego conectar solamente una vía de muestreo de SO_2 y durante la mitad del tiempo establecido registrar que volumen paso por el sistema con la misma calibración; después conectar la vía con la solución para el NO_x , registrando también el volumen del aire bombeado durante la mitad del tiempo preestablecido, a continuación comparar los dos volúmenes registrados para diferentes gases y así averiguar si es que los dos volúmenes fueron iguales y en suma dio el mismo resultado del volumen calibrado en el principio de la prueba, o hubo un cambio del registro entre

dos volúmenes y en que proporción, ya que pueden presentarse diferencias entre los volúmenes determinados, debido tal vez a la diferencia de la densidad de las soluciones de los reactivos preparados para dos gases o existe alguna otra razón que podría ser prevenida para el cálculo de las concentraciones de las inmisiones con volúmenes precisados, cuya corrección se haría en función de la respuesta del experimento.

Además, se recomienda que las mangueras que se utilizan para la toma de muestra serán de teflón, ya que es un material recomendado del muestreo para no alterar la respuesta de la concentración medida de los gases. El cambio del tipo de las mangueras será justificado además, en vista que se comprobó que las mangueras utilizadas en las estaciones se recalientan debido a altas temperaturas que se registran durante el día, cambiando la estructura física del material.

3.9 Tipos de control de datos

Garantizando la calidad de los resultados de medición y análisis, es posible asegurar la calidad de base de datos recopilados, por esto un sistema de monitoreo necesariamente debe contar con un plan de actividades que ratifiquen que los datos obtenidos cumplen con los estándares de calidad definidos con un nivel de confianza.

Este procedimiento descrito constituye parte de un Programa de Aseguramiento de Calidad, cual a más de las prácticas implementadas descritas, debe tomar en cuenta siguientes asuntos:

- ❖ Definir objetivos de monitoreo;
 - ❖ Determinar procedimientos o estrategias de monitoreo;
 - ❖ Diseñar la red;
 - ❖ Seleccionar sitios de monitoreo;
 - ❖ Desarrollar la estructura administrativa;
 - ❖ Evaluar y seleccionar equipos;
 - ❖ Instalar equipos, confirmar infraestructura del sitio;
 - ❖ Especificar métodos de medición y análisis;
 - ❖ Diseñar el sistema de muestreo;
 - ❖ Realizar operaciones de rutina;
 - ❖ Efectuar mantenimiento y calibración de equipos;
 - ❖ Elaborar programas de entrenamiento del personal y auditorías;
- Otros que considera la unidad encargada de monitoreo.

En fin, un adecuado programa de aseguramiento de calidad es la mejor forma de armonizar la obtención de datos con los procedimientos definidos y aplicados. Como se puede observar el programa así desarrollado es el mismo programa que en actualidad ejecuta la D.G.A., pero mejorado en función de la organización técnica, administrativa y financiera, el que debe ser complementado con un control de calidad que incluye:

- ❖ Definir procedimientos estandarizados de operación para control de calidad de datos (que asegura una cierta exactitud y precisión de las mediciones);
- ❖ Concretar metodologías estandarizadas para la operación;
- ❖ Definir requerimientos y formas de presentación de los datos (para lograr comparabilidad y compatibilidad de una red con otras redes nacionales e internacionales);
- ❖ Definir procedimientos de mantenimiento de los equipos;
- ❖ Determinar y elaborar formados de calibración y certificación de los equipos²;
- ❖ Preparar programas para las visitas de los sitios de muestreo;
- ❖ Elaborar formularios para el archivo, la inspección, revisión y validación de los datos.

El éxito de un programa de monitoreo dependerá en gran escala de la adecuada aplicación de un programa de aseguramiento y control de la calidad tomando en cuenta todos los factores expuestos.

3.10 Mantenimiento y calibración de equipos

La aplicación de los procedimientos de mantenimiento y calibración se llevan a cabo para la conservación y el cuidado de todos los sistemas de muestreo y monitoreo, en el programa aplicado en la ciudad de Cuenca se realizan de acuerdo a los procedimientos especificados en los manuales de operación, que permiten asegurar adecuado soporte técnico que vigile el sistema de monitoreo. Para próximas adquisiciones se recomienda evaluar las casas proveedores de los equipos dentro del concurso de ofertas: asignar más puntos para casas que oferten mayor tiempo de garantías para el funcionamiento de la red, proveen los repuestos necesarios, descripción de los requerimientos de los repuestos necesarios para asegurar monitoreo continuo, incluyendo los acuerdos en contratos definitivos.

En vista que en la actualidad por falta de la implementación del nivel preventivo se presenten problemas para el adecuado manejo de la red, debido generalmente a la falta de los repuestos para los muestreadores, es necesario desarrollar un Sistema de Control de Movimiento y Adquisición de materiales, mediante desarrollo de los formularios, que permiten planificar las necesidades de adquisición de los repuestos y materiales con anticipación, asegurando de esta forma el monitoreo continuo.

El mantenimiento de los equipos del nivel correctivo debe continuar efectuándose mediante la contratación de acuerdo a los términos del Contrato por servicios del mantenimiento, utilizando la experiencia y iniciativas de solución de los daños que se presenten.

² Para una adecuada calibración del equipo de monitoreo, para obtener datos de la calidad del recurso aire precisos y reproducibles, se utiliza técnicas de los estándares de gases primarios.

Se recomienda lo siguiente:

Para **Muestreadores de alto volumen** instalar equipos con estabilizadores de voltaje dotados de fusibles, para mejorar el tiempo de funcionamiento de motores, ya que según manifiesta el especialista que proporciona el mantenimiento de los equipos, en la ciudad de Cuenca existe un problema de sobre carga y cortes de energía inesperados.

Para **Trenes de muestreo**, los diafragmas de caucho de las bombas de succión, así como fue probado, seguir con reparaciones empleando el material más resistente, o ver la posibilidad de hacer una matriz para su posterior impresión en una vulcanizadora, en caso contrario adquirir los repuestos en una cantidad que tenga un stock a más largo plazo y permite el ahorro de su adquisición por el pago de impuestos por importación. Seguir realizando pruebas de fugas con agua jabonada de las conexiones entre partes del tren. Los medidores del volumen de gas cubrir o instalar dentro de muebles de las estaciones, protegiendo del polvo y la humedad.

Para **estación de sensores para el CO**, realizar trámites pertinentes para descartar sospechas sobre la respuesta de los valores medidos, calibrando sensores, mediante asistencia técnica de las instituciones que tienen experiencia de trabajo con sensores remotos, por ejemplo con la Dirección de Medio Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito.

Para **Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito**, en vista que el mantenimiento y adquisición de los repuestos, requieren trámites que toman el tiempo, realizar los mismos con anticipación.

Tratar de negociar el servicio de prestación de las garantías acordadas con la casa proveedora de los equipos, para que el representante de distribución de equipos en el país, realice consultas necesarias de los procedimientos del mantenimiento de los equipos, así como de dotación de manuales correspondientes a la empresa fabricante.

4. Duración del programa

El tiempo planteado del programa en general, siendo el monitoreo continuo, debe ser establecido para largos períodos de tiempo, donde todos los años se realiza la evaluación integral, continuando la aplicación del mismo con los reajustes operativos y técnicos para consiguientes períodos que se definirán en función de los objetivos de monitoreo y recursos disponibles.

Por duración del programa de muestreo se define también el período de tiempo que permite recopilar la base de datos suficientes para evaluar el sistema de monitoreo de acuerdo a los resultados obtenidos, experiencias adquiridas y reajustes necesarios.

Normalmente, para mediciones permanentes de la inmisión se considera un año (12 meses) como duración del programa de muestreo representativo, que

abarca un año completo del período de evaluación, porque en este espacio del tiempo es posible tomar en cuenta los cambios climáticos, factores de condiciones socioeconómicas, de estado del aire ambiente, entre otros, como fuentes contaminantes, medidas de control aplicadas que se presentaron durante el año y su incidencia en las inmisiones, ya que condiciones climáticas y los anteriormente indicados tienen la intervención directa sobre la respuesta en el comportamiento de los indicadores ambientales y el estado de la calidad del aire.

De acuerdo a los objetivos propuestos de monitoreo, se puede realizar programas mensuales o semanales, correlacionados con el programa permanente.

5. Recursos humanos

De acuerdo al personal existente para el programa de monitoreo y la propuesta del orgánico – funcional, se puede observar a continuación la Tabla No.2, que indica los requerimientos de los recursos humanos:

Tabla No. 2

Recursos humanos actuales del programa de monitoreo		Requerimientos de Recursos humanos para nueva organización
Jefe del programa *	↔	Coordinador
Auxiliar – operador *	↔	Ayudante del coordinador Operador
Técnico de mantenimiento	↔	Auxiliar del laboratorio
Personal de apoyo: Chófer, *	↔	Técnico de mantenimiento
Personal de administración de ETAPA, *	↔	Personal de apoyo: Chofer, secretaria, Técnico en finanzas
Abogado	↔	Administrador Abogado

* Crear vacantes, de acuerdo a la nueva propuesta.

Como se puede observar se propone implementar el personal del grupo de trabajo, lo cual debe estudiarse y en función de los recursos disponibles ver la posibilidad de contratar el personal necesario, o reestructurar la organización existente para reorganizar las funciones entre el personal existente en la Dirección de Gestión Ambiental.

Se propone que el personal estará a cargo de las siguientes funciones:

Ingeniero Ambiental ó especialista de amplia experiencia en los temas sobre gestión de la calidad de aire (coordinador del programa):

Con las siguientes funciones a tiempo completo de la jornada laboral:

- Coordinar con autoridades de gestión del recurso aire, definición de objetivos de vigilancia y monitoreo de acuerdo a las políticas trazadas, estrategias, normativa existente, proyectos y programas específicos planteados para el año;

- Elaboración Programa de vigilancia y monitoreo anual, en función de los objetivos propuestos (reajuste programa anterior);
- Definición de estrategias;
- Desarrollar el Plan de Acción de la planificación, concordado por el equipo;
- Formación del equipo de trabajo;
- Coordinación de la ejecución del programa por el equipo de trabajo;
- Supervisar realización correcta de la calibración de los equipos, de los análisis de laboratorio y métodos de medición aplicados;
- Supervisar procesamiento de datos de acuerdo a los métodos de cálculo especificados para cada parámetro y del manejo de la base de datos y sistema de información desarrollados;
- Inspeccionar periódicamente las estaciones, de acuerdo a lo establecido en el Plan de Acción (Trabajo).
- Dirigir actividades previstas y de ajustes necesarios del programa de vigilancia de la calidad del aire y liderar procesos de cambio imprevistos dentro del programa preestablecido;
- Dirigir reuniones de trabajo;
- Identificar temas y necesidades para módulos educativos de especialización y capacitación del personal;
- Definir y buscar los usuarios de información recopilada, mediante diferentes instrumentos de cooperación interinstitucional;
- Realizar seguimiento y monitoreo del programa, bajo indicadores;
- Tramitar presupuesto institucional y fondos económicos públicos y privados para la ejecución del programa.

Ingeniero Químico o Ambiental (Ayudante del coordinador general)

Trabajo a tiempo completo, asumiendo las siguientes funciones:

- Desarrollar con el grupo de trabajo el Programa de Aseguramiento y Control de la Calidad de Monitoreo y Vigilancia de la Calidad del Recurso Aire;
- Planificar el desarrollo del Plan de Acción;
- Elaborar Cronograma de Actividades por tiempos conjuntamente con el equipo de trabajo;
- Programar mensualmente el muestreo en coordinación con el operador;
- Realizar seguimiento y monitoreo del plan de acción y cronograma, definiendo indicadores del cumplimiento y avance de lo planificado;
- Realizar reuniones de trabajo para coordinación de la ejecución del plan de acción;
- Revisar el stock de repuestos para los equipos y reactivos para los análisis de muestras necesarios y material para operación de las estaciones y recopilación de las muestras; realizar trámites de adquisición de lo indicado a tiempo para asegurar el funcionamiento continuo de la red;
- Coordinar aspectos administrativos de logística y movilización necesarios, así como para mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos. Ingreso de valores a la base de datos
- Elaborar reportes mensuales, conjuntamente con el equipo y proporcionar al coordinador general para su revisión;

- Identificar problemas de carácter técnico, operativo, administrativo y financiero para su corrección, coordinando propuestas de las soluciones con el equipo;
- Establecer necesidades de la capacitación del personal;
- Asumir cualquier función del coordinador general del programa en caso necesario.

Operador de las estaciones de muestreo:

El operador puede ser de “planta” o ser contratado para el tiempo necesario del monitoreo, de acuerdo a las necesidades del mismo, por ejemplo a entrega del número de datos de muestreo acordado por valor a recibir, lo que se conoce como entrega por “producto”, y para cumplir con las funciones que serán:

- Participar activamente en todos los eventos que deben realizarse por el grupo de trabajo;
- Realizar las actividades previstos de acuerdo al Plan de Acción desarrollado, conformando el grupo de trabajo;
- Programar mensualmente el muestreo en coordinación con el ayudante del coordinador general;
- Preparar todo el material de operación de acuerdo a los procedimientos establecidos;
- Llevar a cabo el muestreo, aplicando métodos de medición y análisis establecidos;
- Realizar el mantenimiento mínimo de la red y calibrar los equipos de muestreo en supervisión del ayudante del coordinador;
- Realizar los análisis de laboratorio;
- Mantener el orden y limpieza tanto de los equipos como de la estación de muestreo;
- Comunicar a coordinadores y el grupo de trabajo, sobre cualquier eventualidad que se puede presentarse en el muestreo, sobre: laboratorio, operación, mantenimiento, calibración, necesidades de infraestructura, repuestos y movilización, otros imprevistos;
- Desempeñar actividades del auxiliar del laboratorio, en casos necesarios.

Auxiliar del laboratorio

Ser personal del laboratorio o también contratado, cumpliendo con las siguientes funciones:

- Participar en todos los eventos que deben realizarse por el grupo de trabajo en conjunto, activamente;
- Desempeñar actividades previstas en el Plan de Acción;
- Preparar los reactivos, el material para el muestreo de acuerdo a los métodos de medición y análisis establecidos;
- Realizar actividades del Programa de Control de Calidad en función a los procedimientos establecidos.

Técnico de mantenimiento

Contratado para el tiempo necesario.

- Cumplir con los términos de contratación del mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos de muestreo.

Administrador

- Participar en las reuniones de grupo de trabajo, identificando las necesidades de carácter administrativo para el cumplimiento de las tareas planteadas;
- Contratar el personal de acuerdo a los perfiles profesionales;
- Revisión del cumplimiento de las disposiciones administrativas por parte del personal, aplicando metodologías innovadoras: motivación, capacitación, incentivos y sanciones.
- Encargarse de la adquisición y provisión de la logística necesaria;
- Coordinar la movilización hacia las estaciones;
- Realizar trámites de adquisición de los materiales, reactivos y repuestos;
- Realizar trámites administrativos varios.

Técnico en finanzas

- Participar en las reuniones de grupo de trabajo, identificando las necesidades de carácter financiero;
- Elaborar presupuestos anuales;
- Controlar el manejo de los recursos económicos del programa;
- Tramitar los recursos financieros internos y externos;
- Identificar mecanismos de autogestión y llevar el control de movimientos de fondos;
- Revisar cumplimiento de los acuerdos contractuales del financiamiento.

Abogado

- Colaborar con el equipo de trabajo de acuerdo a las necesidades de las consultas jurídicas y legales.
- Encargarse del aspecto legal del programa y responsabilidades indicadas anteriormente de la descripción del nivel legal, principalmente en la revisión de los contratos, acuerdos y compromisos a firmarse tanto con instituciones públicas como privadas, revisión del cumplimiento de los acuerdos contractuales, de convenios y compromisos.

Personal de apoyo (Chofer, secretaria)

Así como se identifica el nombre, formando el grupo apoyarán el personal del nivel técnico - administrativo en al ejecución de los planes de acción y tareas planificadas durante su ejecución, principalmente:

Chofer:

- Traslado a las estaciones de muestreo de acuerdo a los tiempos establecidos;
- Colaboración en ejecución de otras actividades y trámites, relacionadas con el programa de monitoreo y vigilancia atmosférica.

Secretaria:

- Pasar documentos, informes, peticiones, trámites correspondientes;
- Formar archivo de documentos de respaldo de los trámites realizados por la unidad de monitoreo y vigilancia.
- Apoyar en realización trabajos del grupo de acuerdo a las necesidades.

6. Recursos económicos

Según las evaluaciones realizadas para el presupuesto del año en curso por la Dirección de Gestión Ambiental, los recursos económicos que serán invertidos para el monitoreo de la calidad del aire, son los que a continuación se observan en la Tabla No. 3:

Tabla No. 3
Monitoreo Mensual del Aire (costo por estación)

Descripción por parámetro de medición	Precio unitario dólares	Cantidad	Precio total dólares
Partículas totales en suspensión	5.95	10	59.5
Oxidos de nitrógeno	6.63	10	66.3
Anhídrido sulfuroso	4.87	10	48.7
Monóxido de carbono	14.4	1	14.4
Total			188.9

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental – E.T.A.P.A.

Tabla No. 3
Resumen de Costos mensuales por una estación

Materiales y operación	Costo por estación en dólares
Reactivos	42.25
Materiales	12.6
Equipos	46.99
Mano de obra	55.58
Indirectos	31.48
Presupuesto por estación	188.9

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental – E.T.A.P.A.

Tabla No.3
Costo mensual por tres estaciones

Presupuesto por tres estaciones	\$ 566.7
--	-----------------

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental – E.T.A.P.A.

El costo de muestreo anual sería de \$ 6 800.4 dólares.

Además, tomando en cuenta los costos adicionales, como para el mantenimiento de equipos y estaciones, adquisición del material de monitoreo y operación de las estaciones, según la propuesta de mejoramiento del sistema actual, los costos totales serían:

REPUESTOS PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MATERIAL DE MONITOREO CONTINUO ANUAL

1. Repuestos y materiales	Especificaciones técnicas	Cantidad	Costo unitario (dólares)	Costo total (dólares)
Material fungible	Papel-filtro G-810	2 cajas	300	600
	Papel -filtro Whatman N0.1, No.41	4 cajas	30	120
	Carbones	10	20	200
	Plumillas	3	15	45
	Cartillas G-106	2 cajas	70	140
	Manguera de teflón	60 metros	15/m	900
Repuestos	Motor de succión, modelo 115750	3	300	900
	Motor registro de flujo, modelo G105	1	350	350
	Repuestos para Medidor de flujo	global	-	600
	Repuestos para Bomba de succión	6	150	900
	Varios de mantenimiento	global	-	1000
Subtotal (1)				\$ 5 755

COSTOS DE EQUIPOS Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES

2. Equipos	Cantidad	Costo unitario (dólares)	Costo total (dólares)
Estabilizador de corriente	3	600	3 000
Subtotal (2)			3 000
3. Mantenimiento estaciones			
Obra civil , material	Global		900*
Subtotal (3)			900

*Incluye obras de mantenimiento y reubicación de la estación al nuevo sitio de muestreo

COSTOS DE OPERACIÓN PARA TRES ESTACIONES AL AÑO

4. Operación	Cantidad	Costo/mes (dólares)	Meses Operación	Costo/año (dólares)
4.1 PERSONAL				
Técnico mantenimiento	1	300	3 (8 días/mes)	900
Administrador	1	400	4 (10 días/mes)	1 600
Subtotal (4.1)				2 500**
4.2 MATERIALES Y REACTIVOS SEGÚN E.T.A.P.A.				
Material de vidrio		37.8	12	454***
Reactivos y filtros		126.75	12	1 521
Equipos (tiempo utilizado)		141	12	1 692
Costos indirectos (papel, otros)		94.44	12	1 133
Subtotal (4.2)				4 800

4.3 VEHICULO Y MOVILIZACIÓN				
Mantenimiento vehículo		150	12	1 800
Combustible		100	12	1 200
Subtotal (4.3)				3 000
4.4 ANALISIS DE MUESTRAS (Mano de obra)				
Subtotal (4.4)		167	12	2 004****
Subtotal (4)				12 304

** Los costos que no están incluidos directamente en el presupuesto de la Dirección de Gestión Ambiental, pero si deben considerarse en el presupuesto de E.T.A.P.A.;

*** Incluye material de vidrio en general;

**** Número de análisis por año: 100 por un indicador de la calidad del aire.

En la siguiente Tabla No. 4 se puede observar el resumen de los costos para la operación anual de las tres estaciones con el mantenimiento preventivo y correctivo.

Tabla No. 4
PRESUPUESTO PARA EL SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL
AIRE EN LA CIUDAD DE CUENCA

Rubros	Costos de monitoreo anual (dólares)
Subtotal (1) Repuestos y material	5 755
Subtotal (2) Equipos de adquisición	3 000
Subtotal (3) Mantenimiento de estaciones	900
Subtotal (4) Personal y Operación	12 304
Total, \$	21 959

Como se puede observar el costo total del monitoreo del aire para un año en las tres estaciones en la ciudad de Cuenca, es la cantidad de \$ 21 959 dólares.