



COORDINACIÓN DE TITULACIÓN ESPECIAL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Proyecto Técnico previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial

*Título: Diseño de un procedimiento para la
determinación de metales en el aire basado en la norma
ISO 17025:2005.*

*Title: Design of a procedure for the determination of
metals in the air based on ISO 17025:2005.*

Autor: Karla Stephanie Leones Hernández

Director: Ing. Néstor Marcelo Berrones Rivera, M. I. A.

Guayaquil, Noviembre de 2018

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

Yo, Karla Stephanie Leones Hernández, con cédula de ciudadanía No. 0931027148, declaro que soy el único autor de este trabajo de titulación titulado “Diseño de un procedimiento para la determinación de metales en el aire basado en la norma ISO 17025:2005”. Los conceptos aquí desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Karla Stephanie Leones Hernández

C. C.: 0931027148

DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Quien suscribe, en calidad de autor del trabajo de titulación titulado “Diseño de un procedimiento para la determinación de metales en el aire basado en la norma ISO 17025:2005”, por medio de la presente, autorizo a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de esta obra con fines académicos o de investigación.

Karla Stephanie Leones Hernández

C. C.: 0931027148

DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Quien suscribe, en calidad de director del trabajo de titulación titulado “Diseño de un procedimiento para la determinación de metales en el aire basado en la norma ISO 17025:2005”, desarrollado por el estudiante Karla Stephanie Leones Hernández previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial, por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su presentación y aceptación como una obra auténtica y de alto valor académico.

Dado en la ciudad de Guayaquil, a los 30 días del mes de Noviembre de 2018

Ing. Néstor Marcelo Berrones Rivera, M. I. A.

Docente Director del Proyecto Técnico

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

El presente proyecto técnico empiezo dedicándoselo a Dios porque gracias a Él he logrado concluir mi carrera que era uno de los retos que más anhelaba.

Agradezco infinitamente a mi padre por ser el pilar fundamental en mi vida gracias por enseñarme que cuando se quiere obtener algo los tropiezos no son caídas sino aprendizajes, a mis abuelos por ser mí día a día sobre todo en los tiempos difíciles en los cuales nunca faltaron consejos.

A mis docentes quienes se han tomado el arduo trabajo de transmitir sus conocimientos, debo agradecer de manera especial a mi tutor de tesis el Ing. Marcelo Berrones Rivera.

A mi mejor amiga Joselyn Jaramillo estoy feliz de poder lograr una meta más juntas y a mis amigos de la universidad “LOS SOBREVIVIENTES” los cuales de ser compañeros de clases se convirtieron en grandes amigos.

Finalmente, agradezco a la empresa estudiada por darme la oportunidad de poder desempeñarme en el ámbito laboral y sobre todo por la apertura para desarrollar mi proyecto técnico, para todos ustedes dedico este trabajo.

RESUMEN

En Ecuador muchas de las empresas industriales ignoran la presencia de metales en el ambiente de trabajo y las posibles adversidades que puede causar a la salud de sus trabajadores. El objetivo de este proyecto es realizar un manual procedimiento con lineamientos y recomendaciones basadas en la norma internacional ISO 17025:2005, respecto a la calidad y la gestión que los laboratorios deben seguir en la realización de muestreos y ensayos.

El procedimiento elaborado utiliza la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica para el análisis de un total de doce metales con diámetro aerodinámico superior a 0.5 micrones, entre los cuales se encuentran el aluminio, arsénico, bario, calcio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, potasio, manganeso, níquel y zinc.

La realización del manual procedimiento toma en cuenta principalmente las directrices de la norma de calidad ISO 17025:2005, y de manera secundaria otras normas de calidad y seguridad industrial como las 9001 y 45001. Además, se toman en cuenta algunos documentos pertenecientes a la misma compañía para la cual se elabora el procedimiento. Dichos documentos y formatos presentan la estructura para cualquier manual de su tipo.

El manual procedimiento final, toma en cuenta la identificación y descripción de instrumentos, equipos y materiales necesarios; la preparación de las muestras, el control de las condiciones ambientales, los criterios para la interpretación y validación de resultados, el control de calidad y los formatos necesarios que deben ser llenados antes, durante y posterior al análisis de metales en un ambiente laboral.

Palabras claves: procedimiento, ISO 17025, metales, aire, ambiente.

ABSTRACT

In Ecuador, many industrial companies ignore the presence of metals in the work environment and the possible adversities that can cause the health of their workers. The objective of this project is to carry out a procedure manual with recommendations and protocols based on the international standard ISO 17025:2005, the quality and management of laboratories and the realization of samples and tests.

The use of Atomic Absorption Spectrometry technology for the analysis of a total of twelve metals with an aerodynamic diameter greater than 0.5 microns, among which are aluminum, arsenic, barium, calcium, cadmium, cobalt, copper, iron, potassium, manganese, nickel and zinc.

The implementation of the instruction manual for obtaining the norms of the quality standard ISO 17025:2005, and other secondary, quality standards and industrial safety such as 9001 and 45001. In addition, there are some documents belonging to the same company for the which the procedure is elaborated. These documents and formats present the structure for your manual.

The final procedure manual takes into account the identification and description of necessary instruments, equipment and materials; the preparation of the samples, the control of the environmental conditions, the criteria for the evaluation and the evaluation of the results, the control of quality and the necessary formats before the analyzes, during and later analysis of metals in a work environment.

Keywords: procedure, ISO 17025:2005, metals, air, environment.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA	I
DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	II
DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	III
DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
EL PROBLEMA	2
1.1 Antecedentes	2
1.2. Descripción de la empresa.....	3
1.2.1 Misión	3
1.2.2 Visión.....	3
1.2.3 Estructura organizacional	3
1.3 Descripción del problema.....	4
1.4 Importancia y alcances	4
1.5 Delimitación	5
1.5.1 Delimitación Geográfica o Espacial	5
1.5.2 Delimitación temporal	5
1.5.3 Delimitación sectorial.....	5
1.5.4 Delimitación académica.....	5
1.6 Objetivos	6
1.6.1 Objetivo general.....	6
1.6.2 Objetivos específicos	6
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Antecedentes	7
2.2 Generalidades y aproximaciones a la Norma ISO 17025.....	7

2.2.1 Requisitos de Gestión	8
2.2.2 Requisitos Técnicos	10
2.3 Generalidades de la Norma ISO 9001	17
2.4 Generalidades de la Norma ISO 45001	20
2.4.1 Contexto de la organización	20
2.4.2 Liderazgo	20
2.4.3 Planificación	21
2.4.4 Apoyo.....	21
2.4.5 Operación.....	21
2.4.6 Evaluación del desempeño.....	22
2.4.7 Mejora.....	22
2.5 Marco legal.....	22
2.5.1 Constitución del Ecuador.....	23
2.5.2 Código Orgánico del Ambiente.....	23
2.6 Marco conceptual	25
2.6.1 Espectrometría	25
2.6.2 Espectrómetro de absorción atómica	25
2.6.3 Horno de grafito.....	26
2.6.4 Bomba de muestreo personal	27
2.6.5 Procedimiento	28
2.6.6 El muestreo	28
CAPÍTULO III.....	29
MARCO METODOLÓGICO	29
3.1 Población objetivo	29
3.2 Población usuaria	29
3.3 Consideraciones para elaboración del procedimiento	29
CAPÍTULO IV.....	32
RESULTADOS.....	32
4.1 Objeto	33
4.2 Alcance	33
4.2.1 Límites máximos permisibles	33
4.2.2 Tipo de Muestras	33
4.2.3 Interferencias conocidas	33
4.2.4 Rango o Intervalo de Trabajo	34
4.3 Referencias	34

4.3.1 Documentos utilizados en la elaboración	35
4.3.2 Documentos utilizados conjuntamente	35
4.4 Generalidades	35
4.4.1 Principio.....	35
4.4.2 Terminología.....	36
4.4.3 Unidades y simbologías utilizadas en este procedimiento.....	38
4.5 Descripción.....	38
4.5.1 Instrumentos de medición y equipos	38
4.5.2 Materiales e insumos	38
4.5.3 Reactivos.....	39
4.5.4 Patrones / Material de Referencia	39
4.5.5 Operaciones Previas.....	40
4.5.6 Medidas de Seguridad.....	45
4.5.7 Realización del Ensayo en Horno de Grafito:	46
4.5.8 Toma y Tratamiento de Resultados	46
4.5.9 Control de Calidad	53
4.6 Registros	54
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Patrones de elementos según la AAS.....	40
Tabla 2. Volumen de Aire Requerido para Muestreo	43
Tabla 3. Límites de exposición admitidos de acuerdo a elementos	53
Tabla 4. Formatos registros.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura jerárquica organizacional	3
Figura 2. Localización geográfica de la empresa.....	5
Figura 3. Espectrómetro de absorción atómica 240FS AA.....	26
Figura 4. Horno de grafito calentado eléctricamente	27
Figura 5. Filtro cassette	41
Figura 6. Instalación de filtro de cassette en soporte del ciclón.....	41
Figura 7. Enganche de bomba en correa de seguridad.....	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formato para Historial de Operaciones	60
Anexo 2. Formato Hoja de toma de datos y verificación.....	61
Anexo 3. Formato FO.PEE.66-01. Hoja de toma de datos y verificación	62
Anexo 4. PG.EL.01. Procedimiento para Elaboración de Documentos	64
Anexo 5. NTE 0001:90. Sistema Internacional de Unidades	66
Anexo 6. NTE 0053:87. Sistema de conversión	68
Anexo 7. FO.PEE.066-03. Formato para cálculo de incertidumbre	69
Anexo 8. Método NIOSH 7300	70
Anexo 9. Propiedades y volúmenes de muestras según NIOSH 7300.....	71
Anexo 10. Límites de Exposición de Muestras según NIOSH 7300	72
Anexo 11. Instructivo para Calibración de Dosímetro de Polvo	73
Anexo 12. Instructivo para Mantenimiento de Dosímetro de Polvo.....	74
Anexo 13. PG.EL.5.9. Procedimiento para Aseguramiento de calidad de resultados	76
Anexo 14. M-MA 03. Disposiciones de Higiene y Seguridad del Laboratorio de Análisis de Agua	77
Anexo 15. I-MA-04. Manejo y disposición de residuos líquidos	78
Anexo 16. Manual de Operación, GilAir-5 Air Sampling Systems.....	79
Anexo 17. Instructivo de Verificación y Mantenimiento del ciclón.....	80

INTRODUCCIÓN

La Norma ISO/IEC 17025 aporta nuevas exigencias en cuanto a responsabilidades y compromiso de alta dirección, prestándole atención a la mejora consecutiva de la calidad según el método PDCA (planificar, hacer, verificar, actuar) y la interacción con el cliente; el cual es usado frecuentemente por los SGC (Sistemas de gestión de la calidad) y los SGSI (Sistemas de gestión de la seguridad de la información).

ISO/IEC 1725 es una norma internacional de calidad que fue planteada por ISO (Organización Internacional de Estandarización) donde se encuentran planteados requerimientos que deben cumplir los laboratorios ambientales en sus prácticas de muestreo y ensayos.

El aire ambiente, es cualquier porción no confinada de la atmósfera y en él pueden estar presentes diversos tipos de contaminantes que representan amenaza de efectos adversos en la salud humana o en el ambiente. Algunos de estos contaminantes, pero que no se limitan a los mismos, son asbesto, berilio, mercurio, benceno, cloruro de vinilo.

En el Ecuador, una gran parte de las empresas industriales llevan a cabo procesos que incurren en el manejo y/o transformación de metales. Sin embargo, muchas veces ignoran la presencia de estos metales en el ambiente en forma de partículas, consecuentemente el daño que pueden causar a sus colaboradores. A la vez, muchas de estas empresas no realizan ningún tipo de auditoría que permita detectar los metales presentes en el aire, pudiendo verse afectada a futuro su operatividad.

El laboratorio de Higiene y Salud Ocupacional de la empresa en la cual se lleva a cabo este proyecto, es uno de los pocos laboratorios a nivel de Ecuador, que cuenta con la acreditación del SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriana) para la realización de análisis de ciertas sustancias y materiales en el ambiente, bajo los lineamientos de la Norma ISO 17025. Sin embargo, en la actualidad la empresa aún no ha logrado que el alcance de dicha acreditación aplique para la determinación de metales en el aire.

Este proyecto tiene como objetivo la elaboración de un manual con un procedimiento que permita a los colaboradores de esta empresa, seguir los lineamientos y recomendaciones internacionales para la realización de análisis de metales. Dicho procedimiento utiliza la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica, la cual provee de mejores resultados en el análisis de los metales que se desean detectar: Aluminio (Al), Arsénico (As), Bario (Ba), Calcio (Ca), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Potasio (K), Manganeso (Mn), Níquel (Ni) y Zinc (Zn).

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

Muchas empresas en sus procesos industriales generan la propagación de ciertas cantidades de metales en el aire, las cuales pueden afectar al ser humano y a la naturaleza. Un ejemplo, es el de los metales como el plomo y el cadmio, usados para la elaboración de tuberías y baterías; pero perjudiciales para la salud si se permanece expuestos a ellos sin las debidas precauciones.

Otro ejemplo, es el aluminio, que es uno de los metales más utilizados en la fabricación de ollas. El aluminio, según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), está entre los 118 componentes que son perjudiciales para el hombre. Si se permanece demasiado tiempo expuesto a partículas de polvo que contengan este metal, puede afectar el sistema respiratorio y nervioso, y puede llegar a causar cáncer (Torres, 2017).

El humo expulsado por las fábricas que utilizan procesos de fundición de metales o quema de hidrocarburos, puede contribuir a la aparición de enfermedades como el cáncer, explica el doctor Fernando de la Torre, especialista en asma, alergia e inmunología clínica, participante activo de la Academia Europea de Inmunología (Torres, 2017).

El tratamiento de los diferentes metales, requiere de inspecciones de ingeniería convenientes para aprisionar las manifestaciones e impedir su arribo al medio exterior, aunque, según el doctor De la Torre, “por mucho filtro que pongan no se eliminan del todo las sustancias tóxicas. Las fábricas y refinerías deberían estar alejadas de la población y, aun así, la polución se acumularía en la atmósfera” (Torres, 2017).

Un estudio realizado en Costa Rica acerca de las expresiones antropogénicas registradas en el aire en una de las mayores zonas industriales, estimó que el 5,4% provenía de una fuente puntual, el 81,5% de una fuente de área y el 13,1% de fuentes móviles, sumando en conjunto un total de 6974,10 toneladas de contaminantes (Rodríguez, 2014).

Los principales medios de emisiones antropogénicas corresponden a disolventes domésticos, pinturas industriales, automotrices y arquitectónicas, artes gráficas, fabricación de vidrio y productos de vidrio, vehículos a gasolina y diésel.

En cuanto a metales, se encontró que existían un total de 12 metales presentes en el aire en formas de compuestos y en diferentes porcentajes: plomo (45,6%), arsénico (16,9), manganeso (12,8%), antimonio (10,9%), cadmio (4,7%), níquel (3,5%), cromo (1,9%), cobalto (1,1%); cadmio, mercurio, berilio (menos del 1% cada uno).

Muchos de estos metales y otros, son nocivos para la salud, es por eso que las personas que trabajan en las diferentes industrias a nivel mundial, deben tener mucho cuidado con la manipulación de las diferentes sustancias y metales que se usen dentro de la empresa (Eróstegui, 2017).

1.2. Descripción de la empresa

1.2.1 Misión

Proporcionar al sector informal el servicio requerido de acuerdo a sus expectativas, a través de un método innovador de enseñanza fácil de entender. Nos caracterizamos principalmente por contar con los mejores profesionales, pensando y actuando siempre con espíritu innovador.

1.2.2 Visión

Maximizar los resultados de bienestar de modo que reflejen la preferencia de la sociedad por la calidad de los servicios que prestamos. Operar con equipos de trabajo motivados, capacitados, comprometidos y participativos. Transformar al grupo en una corporación que desarrolle negocios en todos los sectores informales.

1.2.3 Estructura organizacional

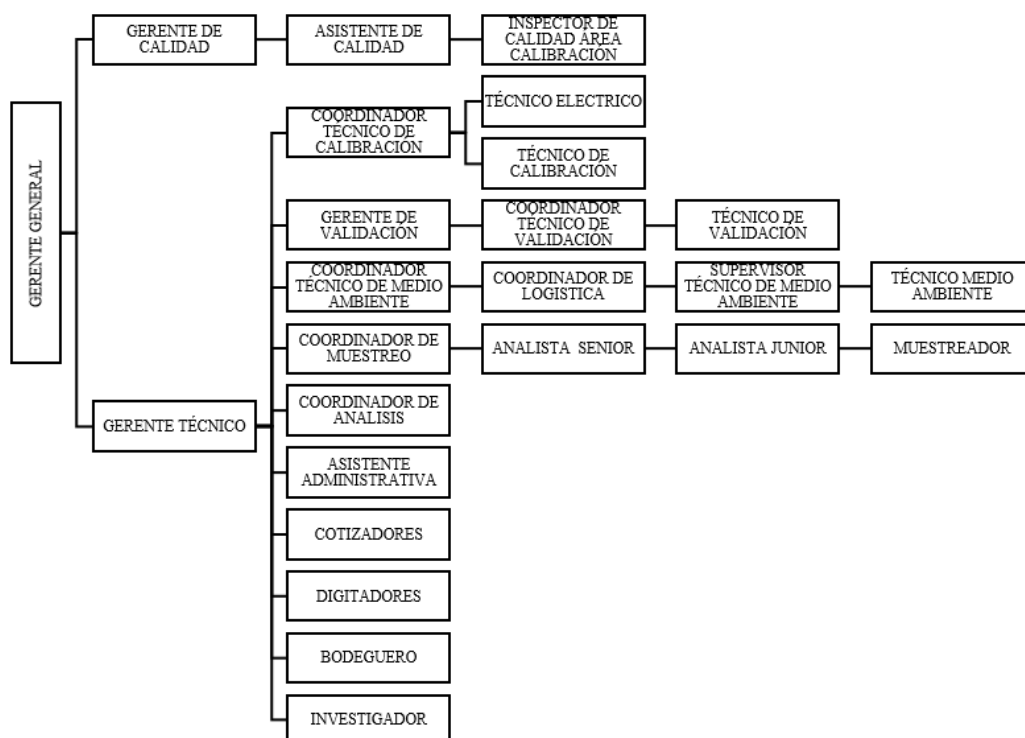


Figura 1. Estructura jerárquica organizacional

Fuente: Empresa

1.3 Descripción del problema

En el Ecuador existen muchas empresas que no realizan ningún tipo de control acerca de los contaminantes que pueden estar presentes en el aire-ambiente de trabajo, lo cual puede generar pérdida financiera para la compañía, si en determinado momento la salud de sus trabajadores se ve deteriorada, obligando a la empresa a pagar los gastos de recuperación y/o indemnización de su personal.

La empresa para la cual se va a elaborar el procedimiento cuenta con varias áreas y departamentos, entre los cuales se encuentra el Laboratorio de Higiene y Salud Ocupacional, el cual se encarga de realizar distintos análisis, como el de calidad de aire, análisis de parámetros de higiene industrial y análisis de aguas. El laboratorio en la actualidad se encuentra acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) bajo la norma ISO 17025 que es la norma que establece los Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

Sin embargo, la empresa no cuenta con un procedimiento estándar establecido para la determinación de partículas de metales que puedan estar presentes en el aire, perdiendo la oportunidad de ofrecer a sus clientes un sistema que asegure la calidad de sus ambientes de trabajo, lo cual podría representar una pérdida financiera por la desconfianza y no fidelización de los mismos.

1.4 Importancia y alcances

La importancia de esta propuesta está dada por la oportunidad de generar nuevos conocimientos en el campo de la seguridad y la salud en el trabajo y transferir esos conocimientos a la práctica para el mejoramiento del ambiente laboral de los trabajadores, evitando problemas de salud.

La elaboración del procedimiento en cuestión, será de gran relevancia para la empresa, generando información analítica exacta, confiable, y adecuada a los propósitos comerciales futuros.

Este procedimiento podrá aplicarse a nivel de todas las empresas donde se lleven a cabo procesos que incurran en el manejo y transformación de metales, con el fin de que las empresas tomen las medidas adecuadas para evitar el daño progresivo en la salud de los colaboradores de las empresas, así como del ambiente de trabajo.

También se beneficiarían los residentes de zonas cercanas al lugar de trabajo al evitar que las partículas de metales se transporten a través del aire. Por último, toda la población restante, aunque de manera menos radical.

1.5 Delimitación

1.5.1 Delimitación Geográfica o Espacial

El proyecto se desarrolló en el laboratorio de Higiene y Salud Ocupacional de una empresa ubicada en la Ciudadela Guayaquil, manzana 21, calle primera, solar 10, ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas. En la Figura 1 se observa la ubicación geográfica de la empresa.

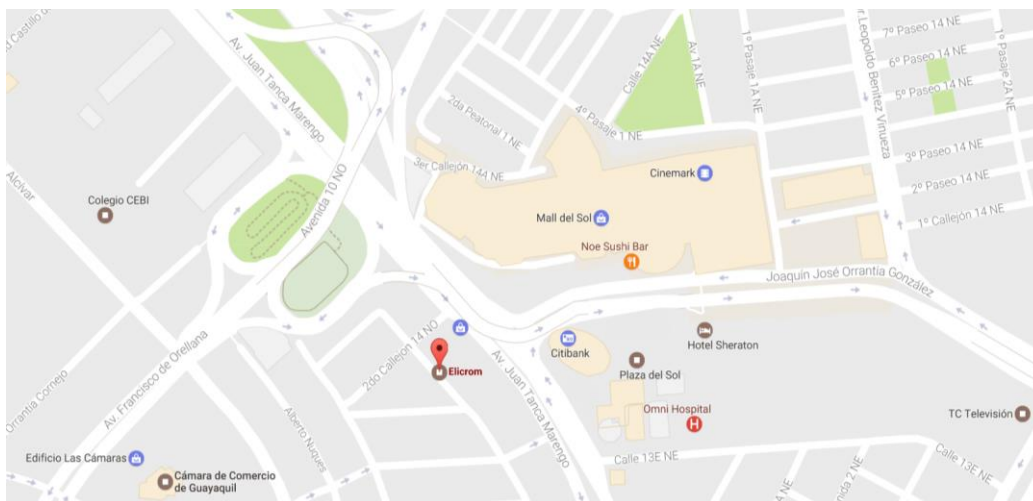


Figura 2. Localización geográfica de la empresa

Fuente: Google Maps

1.5.2 Delimitación temporal

El proyecto fue desarrollado en un periodo de 7 meses comprendido entre marzo a septiembre del 2018. El cronograma desarrollado puede consultarse en el capítulo III de este trabajo.

1.5.3 Delimitación sectorial

La delimitación sectorial de este proyecto está dada por la posibilidad de poder aplicar el procedimiento propuesto para la determinación de metales en el aire, en muchas empresas dentro del sector industrial, tales como petroleras, mineras, y todas en donde se manipulen metales.

1.5.4 Delimitación académica

Para la realización del proyecto se necesitó aplicar conocimientos en:

- Gestión de Calidad.
- Administración de Proyectos.
- Seguridad e Higiene Industrial.
- Resistencia de Materiales.

- Química.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Diseñar un procedimiento para la determinación de metales en el aire basado en la norma ISO 17025.

1.6.2 Objetivos específicos

1. Diseñar un procedimiento para la determinación de metales en el aire con la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica y su respectiva validación.
2. Establecer las medidas de seguridad que se debe tener en cuenta al momento de la toma de muestras tanto en campo, equipos, y laboratorios.
3. Elaborar los formatos necesarios para la documentación del procedimiento.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Desde el 2014, las Naciones Unidas tiene un programa donde se debaten temas relacionados con el medio ambiente. Con la creación de este programa, la colectividad internacional pretende reconocer al ambiente como uno de los asuntos globales más amplios y ubicarlo en el mismo plano que la paz, la seguridad, el comercio, las finanzas o la salud (Organización de las Naciones Unidas, 2018).

Si en este proyecto se pretende realizar un procedimiento que no perjudique, que sea amigable al ambiente o que reduzca el impacto negativo causado por las empresas, entonces conocer estos pequeños asuntos internacionales es conveniente. Además, son base teórica para la realización del procedimiento.

Aproximadamente el 80% de las distintas urbes a nivel mundial, incumplen con los esquemas de calidad del aire, lo cual compromete la salud de las personas. En muchas partes del mundo existe una exposición directa a sustancias tóxicas como el plomo de la pintura, mismas que pueden contaminar el medio ambiente de las personas al entrar en contacto con el agua y el suelo, causando perjuicios para su salud.

Según Naciones Unidas, los mares tienen 500 zonas muertas con escaso oxígeno para conservar la vida marina, ya que más del 80% de las aguas residuales del mundo se liberan al ambiente sin procedimientos, envenenando los campos, lagos y ríos. Asimismo, este inconveniente posee un gran costo económico, porque las pérdidas de bienestar por la contaminación valen más de 4,6 billones de dólares periódicos, lo que equivale al 6,2% de la manufactura económica universal (EFE, 2017).

La contaminación es uno de los problemas que no se han podido eliminar debido muchas veces a que las personas esperan que otras tomen la iniciativa en vez de ellas mismas, e inclusive es una contrariedad a nivel empresarial. Si bien es cierto que algunas empresas no perjudican al ambiente e incluso tienen políticas amigables con el mismo, también es cierto que hay otras que lo contaminan a corto o largo plazo, alimentando así al calentamiento global, sin olvidar las enfermedades que puede provocar.

2.2 Generalidades y aproximaciones a la Norma ISO 17025

La Norma ISO 17025 estipula requisitos tanto de gestión como técnicos que deben cumplir los laboratorios que realicen ensayos, calibraciones, muestreos, sea que apliquen métodos normalizados o no normalizados, o métodos desarrollados por la misma empresa. También estipula ciertas reglas de seguridad que son requisito

fundamental para el funcionamiento de los laboratorios (Organización Internacional de Estandarización, 2005).

La norma no rige bajo una cierta cantidad o rango de cantidad de empleados del laboratorio, la institución la puede aplicar para la elaboración de sus sistemas y procedimientos, especificando las actividades de calidad, administrativas y técnicas, que pueden ser usadas tanto por el laboratorio como por los clientes de este último.

2.2.1 Requisitos de Gestión

En cuanto a requisitos de gestión, la norma establece:

Organización:

- Las actividades deben realizarse acorde a la norma y de forma que satisfagan las necesidades de los clientes.
- Definir responsabilidades de todo el personal que participa en las actividades de ensayo y procedimientos.
- Definir responsabilidades técnicas y directivas, así como las tareas de cada uno de ellos.
- El personal de supervisión debe vigilar el correcto cumplimiento de las actividades por parte del personal a cargo, a fin de que se logren los objetivos de los ensayos y/o procedimientos.
- Nombrar un responsable de calidad cuyas responsabilidades y funciones irán enfocadas a asegurar que el sistema de gestión sea de calidad.
- Definir la ubicación del laboratorio dentro de la organización, así como su estructura de gestión.
- El laboratorio debe contar con todo el recurso necesario para el correcto desempeño de las tareas, esto incluye implementación, mantenimiento y mejora del sistema de gestión.
- Se debe prever desvíos y definir acciones para corregirlas o minimizarlos.
- Asegurarse que el personal no esté pasando por presiones o problemas de cualquier tipo (financieros, comercial, familia, etc.) que podrían afectar su rendimiento.
- Definir políticas a fin de evitar la pérdida de información y asegurar la confidencialidad de derechos de propiedad de los clientes.

Sistema de Gestión:

- El sistema de gestión del laboratorio irá de acuerdo al alcance de sus actividades.
- Se debe documentar todo, esto incluye al sistema, políticas, procedimientos, programas, procesos, instrucciones. Todo el personal pertinente debe estar al

tanto, informado o comunicado de la información generada por la documentación, asegurándose que la entiendan y apliquen.

- Las políticas de calidad relacionadas al sistema de gestión deben definirse y constar en un manual de calidad. La política de calidad será emitida por los más altos directivos. En general las políticas incluidas en dicho manual deberán velar por el compromiso de dirigir de buena forma las prácticas dentro del laboratorio, asegurando la calidad de los procedimientos y haciendo cumplir la norma internacional. Además, debe estar estipulado un objetivo de gestión relacionado a calidad.
- Los directivos deben comunicar a sus dirigidos sobre la importancia de cumplir con los requisitos que demandan los clientes, mismos que pueden ser reglamentarios o legales.
- Siempre que se hagan cambios en el manual de calidad, los altos directivos deberán comunicar al resto de la organización para que sean implementados.

Control de la documentación:

- El laboratorio deberá contar llevar un control de los documentos generados de las gestiones tales como ensayos, calibraciones, procedimientos, reglamentaciones, especificaciones, instrucciones y manuales.
- Antes de poner en práctica el contenido de un documento o cuando existan cambios en el mismo, éste debe ser revisado por el encargado él mismo que aprobará su uso para el resto del personal.
- Los documentos deben estar siempre disponibles y deberán mantenerse actualizados de acuerdo a los nuevos requisitos de normas y requerimientos.
- Los documentos generados contarán con una identificación única, con fecha de emisión, firma y nombre de la persona que lo aprueba, número y total de páginas, y una marca que indique el documento final.

Compra de suministros:

- Deben establecerse procedimientos para la compra, recepción y almacenamiento de suministros que el laboratorio necesite para los ensayos y calibraciones.

Relación y servicio con el cliente:

- Se debe procurar una relación de cooperación con el cliente, a fin de que se tenga en claro sus requerimientos, guardando en todo momento la confidencialidad de la información que se genere.

Sobre los trabajos no conformes:

- Cuando el cliente no se encuentre satisfecho con algún trabajo realizado, se deberá buscar la razón o causa. Luego se deberá asignar responsabilidades y autoridades que realicen el seguimiento de dicho trabajo, a fin de realizar las correcciones necesarias o en el último de los casos la anulación del trabajo.

De los registros:

- Los registros de calibraciones y ensayos realizados, deberán almacenarse en un ambiente seguro a fin de que evitar su deterioro y se mantengan disponibles por un periodo determinado. Así mismo deberán existir copias de informes de ensayos o calibraciones.
- Los registros deberán incluir información acerca de los factores que afectan la incertidumbre, la identificación de los responsables del muestreo, de la verificación de los resultados del ensayo o calibración y de cualquier otra información relevante al caso.
- Todos los datos generados por observaciones, cálculos y estimaciones se registran tan pronto se realizan o calculan.

Auditoría interna:

- Es importante que se realicen auditorías internas de manera periódica de acuerdo a un cronograma preestablecido, con el fin de detectar falencias en las actividades que se realizan dentro del laboratorio y que no cumplan los requisitos de esta norma.

Revisiones por los altos directivos:

- También es importante que, de manera periódica, los altos cargos hagan una revisión del sistema de gestión, esto incluye entre otras cosas, los ensayos y calibraciones, la documentación de políticas y procedimientos, así como otros factores como la calidad, manejo de recursos y la formación del personal.

2.2.2 Requisitos Técnicos

Entre los factores que pueden afectar la exactitud y confiabilidad de los resultados de un ensayo o calibración, se encuentran:

El factor humano

- El personal que realiza tareas en un ensayo o calibración, debe estar preparado para realizar las tareas específicas que le han sido encomendadas. La

competencia del personal es vital para obtener resultados verídicos que sean confiables. La competencia del personal debe estar basada en la educación que haya recibido previamente pero también la experiencia que haya podido adquirir, además de los méritos individuales alcanzados.

- El personal debe tener conocimiento sobre la tecnología a utilizarse, el modo de usarla, defectos o ventajas de usar un determinado producto, material u objeto. Conocimiento sobre la normativa vigente actual en torno a los requisitos del laboratorio y sobre las demás leyes que lo respaldan a nivel nacional e internacional.
- La empresa debe contar con un programa de formación con metas de conocimiento definidas, acorde a las necesidades requeridas.
- La empresa deberá contar con perfiles de los puestos de trabajo, mantenerlos documentados y actualizados. Los perfiles incluirán información acerca de las responsabilidades y obligaciones del cargo o puesto, así como educación, formación o experiencia requerida.

Instalaciones y condiciones ambientales

- Las condiciones ambientales de las instalaciones pueden influir en la calidad de los resultados de un muestreo, ensayo o calibración. Por tal razón se deberá tener un control de las fuentes de energía, la iluminación, el polvo, la radiación, la esterilidad biológica, la temperatura, la interferencia electromagnética, los niveles de ruido y vibración. Dicho control se hará de acuerdo a las especificaciones del método o procedimiento realizado, en la medida que dichos factores comprometan los resultados de un ensayo o calibración o lo interrumpan. El control sobre estos factores debe ser aún más exhaustivo cuando las pruebas se realicen fuera de las instalaciones del laboratorio.
- Todos los requisitos a cumplir en la adecuación de las instalaciones y de las condiciones ambientales, deberán ser documentados.
- Debe haber una correcta separación de las diferentes áreas o laboratorios con los que cuenta la empresa, a fin de evitar la contaminación cruzada cuando se realicen actividades no compatibles.
- En áreas de ensayos y calibraciones, deberá mantenerse un estricto control del acceso del personal y el uso de la misma, a fin de que los resultados no se vean comprometidos.
- El aseo y orden del laboratorio es importante aún más cuando algún procedimiento lo demande.

Métodos de ensayo y de calibración, y validación de métodos

- El laboratorio deberá establecer y aplicar procedimientos, métodos e instrucciones apropiadas para la realización de ensayos o calibraciones, esto

incluye la manipulación, muestreo, transporte, almacenamiento, y toda la preparación de ítems a ser calibrados o ensayados; así como también la aplicación de técnicas estadísticas que sirvan para el análisis de los datos las pruebas realizadas.

- El uso y funcionamiento de todo equipo que se utilice en la realización de pruebas de laboratorio, deberá contar con sus correspondientes instrucciones. Estas instrucciones, así como los métodos y procedimientos usados en las calibraciones y ensayos, deberán mantenerse documentados, actualizados y disponibles cuando así lo sea requerido.

Selección de los métodos

- Los métodos y procedimientos que el laboratorio use para un determinado muestreo, ensayo o calibración, deberán satisfacer las necesidades y requerimientos de los clientes, a fin de que éste se sienta finalmente satisfecho.
- Además, los métodos usados, preferentemente serán los que consten en normas internacionales, regionales o a nivel nacional, publicados por entidades técnicas reconocidas, o en revistas científicas y libros especializados en el tema.
- Se debe procurar usar la última versión de la norma, a menos que ésta no haya sido aprobada aún para su aplicación o cuando su aplicación no sea posible. La aplicación de tal norma, podrá complementarse con otras de manera que se asegure una coherente aplicación para el caso en cuestión.
- En el caso que el cliente no especifique el uso de algún método o procedimiento a usar, el laboratorio estará en la facultad de elegir el más apropiado para el caso, desde métodos normalizados que consten en normas, libros, revistas científicas o especificados por el fabricante de un equipo; hasta métodos elaborados, modificados y adaptados por el propio laboratorio, que hayan sido probados y validados previamente para su uso. Sin embargo, el cliente deberá tener conocimiento acerca del método a usar y estar de acuerdo en usarlo. En el caso de que el cliente proponga la aplicación de un método que el laboratorio considere desactualizado o no efectivo para el caso, deberá informárselo al cliente.

Métodos no normalizados desarrollados por el laboratorio

- Cuando el laboratorio desarrolle un método para su propio uso en un ensayo o calibración, tal método deberá ser elaborado por personal calificado, con los recursos necesarios y con una previa planificación de las actividades.
- Los métodos no normalizados deberán contar con las especificaciones de los requisitos del cliente, y del objetivo del ensayo o calibración. En general, contendrá la siguiente información:
 - Identificación
 - Un alcance
 - Una descripción del tipo de ítem a ensayar o a calibrar

- Los parámetros o magnitudes y rangos a ser determinados
- Los aparatos y equipos, incluidos los requisitos técnicos de funcionamiento
- Los patrones de referencia y los materiales de referencia requeridos
- Las condiciones ambientales requeridas y cualquier período de estabilización que sea necesario.
- La descripción del procedimiento como tal, que incluye identificación, manipulación, transporte, almacenamiento y preparación de los ítems; verificaciones previas del correcto funcionamiento de los equipos antes de cada uso y su calibración de ser necesario; el método de registro de las observaciones y de los resultados; las medidas de seguridad a observar.
- Los criterios o requisitos para la aprobación o el rechazo;
- Los datos a ser registrados y el método de análisis y de presentación
- La incertidumbre o el procedimiento para estimar la incertidumbre (Organización Internacional de Estandarización, 2005).

Validación de los métodos

- Todo método no normalizado desarrollado por el laboratorio deberá ser validado para su uso, así como también los normalizados que hayan sido adoptados o modificados para un uso específico. El laboratorio deberá registrar y documentar el procedimiento y el resultado de la validación, así como la declaración de la aprobación del método para su posterior uso. La validación del método podrá hacerse, por ejemplo, comparando sus resultados con otros resultados de otros métodos, usados en el mismo o en otros laboratorios.

Estimación de la incertidumbre de la medición

- El laboratorio que realiza sus propias calibraciones y ensayos debe contar con un procedimiento de medición de incertidumbre de dichas pruebas. En los casos en que tales pruebas no demanden cálculos rigurosos, el laboratorio deberá hacer una estimación razonable basada en la identificación de todos los componentes que intervienen en la incertidumbre. Para esto es necesario conocer el desempeño del método, su alcance, y hasta la experiencia adquirida de validaciones anteriores.
- Al estimar la incertidumbre se debe tener en cuenta todas las distintas fuentes que la componen, entre las cuales se incluyen “a los patrones de referencia y los materiales de referencia utilizados, los métodos y equipos utilizados, las condiciones ambientales, las propiedades y la condición del ítem sometido al ensayo o la calibración, y el operador” (Organización Internacional de Estandarización, 2005).

Control de los datos

- Los cálculos y transferencia de datos derivados de las pruebas, deberán estar sujetos a verificaciones.

- Cuando se usen computadoras para el manejo de los datos de ensayos o calibraciones, deberá tenerse en cuenta que el software tenga su documentación respectiva y que haya sido aprobado para su uso. Que se tengan procedimientos de respaldo de los datos, esto incluye su confidencialidad en todo momento. Y que las computadoras que se utilicen, se encuentren en un ambiente apropiado para su uso, dándoles el mantenimiento periódico adecuado.

Equipos a utilizar

- El laboratorio deberá contar con el equipo necesario para llevar a cabo los procedimientos que demanden las pruebas, muestreo, ensayos o calibraciones.
- Antes de hacer el uso de un equipo, éste debe ser calibrado a fin de que no afecte a los resultados del experimento. De ser necesario se puede hacer uso de programas de calibración que establezcan las magnitudes y/o valores esenciales de los instrumentos.
- El uso de un equipo y de su software debe ser por parte de personal autorizado, que cuenta con el conocimiento necesario para su manejo.
- Cada equipo y su software que sea usado durante los ensayos y calibraciones, deberá poseer una identificación única que lo diferencie del resto.
- Se debe llevar un registro de cada equipo y su software, que permita obtener información sobre su identificación, nombre del fabricante, modelo, número de serie (de tenerlo), ubicación actual, instrucciones del fabricante, informes de calibraciones, criterios de aceptación y fecha de próxima calibración, plan de mantenimiento con fechas de mantenimientos anteriormente realizados, modificaciones, daños y reparaciones del equipo.
- El laboratorio debe contar con procedimientos documentados para la manipulación, traslado, almacenamiento y uso adecuado del equipo de medición, a fin de evitar su pronto deterioro.
- Cuando por el uso inadecuado de un equipo, se noten resultados no acordes a las mediciones, tal equipo deberá ser puesto fuera de servicio y retirado de la zona donde habitualmente se encuentra, a fin de evitar nuevas equivocaciones. Otra opción es rotularlo con una etiqueta que lo identifique como dañado o que está en reparación.
- En equipos que sea evidente que necesiten de ser calibrados, se puede aplicar la misma opción de rotulación, la cual debe incluir información que permita saber su última vez calibrado y la fecha en la que debería ser nuevamente calibrado. Las calibraciones deben ser periódicas de acuerdo a los procedimientos y periodos establecidos.
- En general los equipos deben ser protegidos de cualquier clase de daño que pudiera afectar la calidad de las mediciones.

Trazabilidad de las mediciones

Requisitos específicos

- El laboratorio de calibraciones debe contar con un programa cuyas mediciones realizadas sean acorde al Sistema Internacional de Unidades (SI). Dicha vinculación al SI puede lograrse tomando como referencia patrones de medición nacionales. En el caso de no poder realizar las calibraciones de acuerdo al SI, es necesario tomar como referencia patrones de medición apropiados para que las mediciones tengan un nivel de confiabilidad aceptable.
- En el laboratorio de ensayos se aplica también la trazabilidad de las mediciones a las unidades de SI, en equipos de medición y de ensayo. En caso de no poder ser aplicado o no ser pertinente al caso, deberá utilizarse requisitos de trazabilidad apropiados como, por ejemplo: el uso de métodos consensuados o materiales de referencia certificados.

Patrones de referencia y materiales de referencia

- Los patrones de referencia de un programa de calibración deberán ser calibrados por un ente que provea la trazabilidad de las mediciones al SI. Dichos patrones deberán ser calibrados antes y después de cualquier ajuste, y ser usados en lo posible solo para tal calibración. En el caso de los materiales de referencia siempre y cuando sea técnica y económicamente posible su trazabilidad a unidades del SI, debe hacerse.
- Se debe contar con procedimientos de manipulación segura, transporte, almacenamiento y uso de patrones y materiales de referencia de manera que se prevenga su contaminación o deterioro y se preserve su integridad (Organización Internacional de Estandarización, 2005).

Muestreo

- La realización del muestreo de una sustancia, material o producto implica tener un plan con el procedimiento establecido para tal actividad. Dicho plan de muestreo deberá basarse en métodos estadísticos admisibles al caso y deberá controlarse los diferentes factores que pueden intervenir en el muestreo para asegurar la posterior validez de los resultados en el ensayo o calibración. El plan y el procedimiento para el muestreo, deberá estar documentado y disponible en todo momento en el laboratorio o en el lugar donde se lo realice.
- Dependiendo de los requerimientos del cliente, pueden realizarse “desviaciones, adiciones o exclusiones de un procedimiento de muestreo antes documentado”. Cuando ese sea el caso, se deberá anotar en los registros tales excepciones junto a los resultados de las calibraciones o ensayos, además de comunicarlo al personal (Organización Internacional de Estandarización, 2005).

- Es importante la documentación del procedimiento del muestreo como tal, el cual debe incluir la identificación de quien realiza el muestreo, diagramas y otros medios de identificación del lugar de muestreo, las condiciones ambientales necesarias, las técnicas estadísticas usadas para el muestreo y cualquier otra operación que es necesaria ser llevada a cabo para realizar un correcto procedimiento.

Manipulación de los ítems de ensayo y de calibración

- “El laboratorio debe tener procedimientos para el transporte, la recepción, la manipulación, la protección, el almacenamiento, la conservación o la disposición final de los ítems de ensayo o de calibración, incluidas todas las disposiciones necesarias para proteger la integridad del ítem de ensayo o de calibración, así como los intereses del laboratorio y del cliente” (Organización Internacional de Estandarización, 2005).
- El laboratorio deberá estar en la capacidad de almacenar, transportar, manipular, preparar y proteger un ítem de muestreo, asegurando que éste no sufra ningún daño durante el tiempo que se lo necesite para el experimento, ni cuando sea devuelto después del ensayo o calibración. Para esto es necesario que el personal responsable de la extracción y transporte de las muestras, conozca a profundidad el procedimiento de muestreo, y sobre los factores que pueden afectar o influir sobre los resultados del ensayo o calibración.
- Cuando el laboratorio reciba un ítem en las condiciones no requeridas para el ensayo, se debe registrar tales desvíos o anomalías. Mientras que si se recibe un ítem que no cuenta con el detalle, instrucciones o descripción necesaria, el laboratorio deberá solicitar tal información al cliente.

Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y de calibración

- Es importante que se establezcan procedimientos de calidad a fin de asegurar la validez de los ensayos o calibraciones. Los resultados deben registrarse de manera que permitan detectar tendencias, y verificarse mediante técnicas estadísticas. Algunos de los elementos que pueden considerarse para asegurar la calidad de los resultados son: el uso de materiales/patrones de referencia, comparaciones con otros laboratorios, repetición del ensayo o calibración.

Informe de los resultados

- El laboratorio presentará los resultados de la calibración o ensayo, de forma clara, exacta, objetiva y no ambigua.
- Los resultados constarán en un informe de ensayo o en un certificado de calibración, y éstos deberán contener toda la información referente al método

utilizado para el ensayo o calibración, así como toda la información necesaria para que los resultados se puedan interpretar de manera correcta.

- Los informes de ensayos o calibraciones, podrán ser entregados en papel o vía electrónica cumpliendo los requisitos de esta norma y en general contendrán la siguiente información:
 - Título y número de identificación del informe
 - Nombre, dirección y lugar del laboratorio y del muestreo, calibración o ensayo
 - Nombre y dirección del cliente
 - Identificación del método usado
 - Descripción y condiciones de los ítems
 - Fecha de recepción de los ítems y de la ejecución del ensayo o calibración
 - Referencia al plan y procedimiento de muestreo utilizado
 - Resultados del ensayo o calibración con sus correspondientes unidades de medida
 - Nombres, cargo o función, y firma de la persona que autoriza el informe (Organización Internacional de Estandarización, 2005).
- Los informes de ensayos o calibraciones deberán estar numerados en todas sus páginas y tener una declaración de no reproducción del documento a excepción de que el laboratorio así lo apruebe mediante escrito.
- En todo caso que se necesite de incluir en los informes de ensayos o calibraciones, datos sobre desviaciones, adiciones o exclusiones, así como información concerniente a las condiciones en las cuales se desarrolló el ensayo o la calibración, deberá hacerse a fin de que se sepa si se cumplieron o no con los requisitos para tal.
- También cuando sea necesaria para asegurar la validez del ensayo o calibración, se debe incluir información sobre la incertidumbre de las mediciones. Cualquier otra información que se considere importante para la interpretación y aseguramiento de la fiabilidad del ensayo, deberá ser incluida en el informe.

La norma ISO 17025 tiene similitud con la norma ISO 9001, es decir, si se lleva a cabo todos los ítems de cumplimiento a la ISO 17025, de manera intrínseca se está cumpliendo con la norma de calidad ISO 9001. Sin embargo, para un mejor detalle o precisión de su comprensión, se hace necesario detallarla a continuación.

2.3 Generalidades de la Norma ISO 9001

ISO 9001 es creada por la International Organization for Standardization cuya sigla es ISO. Esta organización internacional está formada por los organismos de normalización de casi todos los países del mundo. ISO 9001 es la norma sobre gestión de la calidad con gran reconocimiento mundialmente. Forma parte de la familia ISO 9000 de normas de sistemas de gestión de la calidad. Colabora a distintas

organizaciones con el cumplimiento de expectativas y requerimientos de sus clientes, entre otros beneficios. ISO 9001 ayuda a tramitar e inspeccionar de modo continuo la calidad en todos los procedimientos.

La nueva adaptación de la norma ISO 9001:2015, fue divulgada el 15 de septiembre de 2015. Esta es el primer estudio importante de la norma desde el año 2000 y, ha sido perfeccionada basándose en los desafíos corporativos a los que se afrontan las compañías de cualquier dimensión y sector actualmente.

Entre los beneficios de la norma ISO 9001 de Gestión de Calidad tenemos:

- Ser una competencia más firme en el mercado.
- Tener técnicas más eficaces en el ámbito laboral que permitirá ahorrar tiempo, dinero y recursos
- Mejorar desempeño operativo, en donde los beneficios aumentarán y los errores se reducirán.
- Motiva y aumenta el compromiso del personal por medio de procedimientos más eficientes.
- Aumenta la cantidad de clientes inestimables a través de una alta asistencia de atención al cliente.
- Amplía las oportunidades de oficio manifestando consentimiento con las normas

Esta norma ISO 9001 se basa en los siguientes principios de gestión de calidad:

- Liderazgo
- Compromiso del recurso humano
- Soporte en la toma de decisiones
- Enfoque a las operaciones y procesos
- Enfoque al cliente
- Gestión de las relaciones
- Mejora constante

ISO 17025 fue perfeccionada con el objetivo de instaurar requerimientos para la acreditación del Sistema de Gestión de Calidad y la Competencia Técnica de los laboratorios de ensayo y/o calibración. Se visualiza entonces la relación que existe entre una norma y otra incluso hasta en sus actualizaciones. ISO 9001:2015 establece que es necesario implementar el control de calidad de los productos elaborados en las empresas, de igual forma ISO 17025:2017 plantea que es de vital importancia un control de calidad solo que en esta menciona a los laboratorios de ensayo y/o calibración.

Estas normas no son las únicas que se relacionan, también existen otras como el primer documento, ISO 9000 que es realmente una secuencia de pautas para la elección y utilización de los documentos ISO 9001, ISO 9002 e ISO 9003. Estas documentaciones son los cánones de apoyo de la calidad más aprovechados en este momento. El conjunto se convierte en íntegro con ISO 9004, que no es una norma en sí, más bien

es una documentación que otorga modelos para un buen progreso y establecimiento de sistemas de calidad.

Es sustancial destacar que la unión de normas de calidad ISO 9000 precisa qué elementos debe sujetar un sistema de la calidad, pero no patrocina cómo se implantan dichos elementos en situaciones particulares o asunto delimitado. Esto es esencialmente así, ya que cada contexto y cada aplicación difiere de las demás.

Preexiste un documento complementario, catalogado como ISO 10012-1 que limita con más pormenores los procesos ineludibles para elegir, manejar, calibrar, fiscalizar y mantener equipos de medida (los cuales realizan mediciones con respecto a las variables implicadas en procedimientos industriales. A partir de ellos, se observa y se vigila el proceso. Dichas mediciones deben ser fiables, inequívocas y de gran precisión, en general permite la visualización incesante del proceso), así como marca ISO 9001- 9003 (Castañeda, 2015).

Las Normas ISO 9000 no concretan como debe ser el Sistema de Gestión de la Calidad de una empresa, sino que funda requisitos que deben cumplir los SGC (Sistema de Gestión de Calidad), eso ya se lo explicó en párrafos anteriores. Dentro de estos menesteres existe una extensa escala de posibilidades que admite a cada organización sintetizar su propio SGC de acuerdo con sus peculiaridades.

Las Normas ISO y sus generalidades

- ISO 9000: Sistemas de Gestión de la Calidad – Fundamentos y Vocabulario.
- ISO 9001: Sistemas de Gestión de la Calidad – Requisitos.
- ISO 9004: Sistemas de Gestión de la Calidad – Directrices para la Mejora del desempeño.

ISO 9000: En ella se delimitan cláusulas relacionados con la calidad e instaura procedimientos generales para los Sistemas de Gestión de la Calidad.

ISO 9001: Instituye los requerimientos que debe cumplir un Sistema de Gestión de la Calidad. Se utiliza mayormente para su estudio interno, para certificación o para fines contractuales.

ISO 9004: Provee destreza para ir más allá de los requerimientos de la ISO 9001, persiguiendo la Mejora Continua del Sistema de Gestión de la Calidad.

Al mencionar Organización se refiere a una Empresa, Compañía o cualquier Estructura Organizada que forje o mercantilice bienes o servicios de algún tipo. Puede ser un producto material, un producto informático, servicio, información, etc.

Los clientes continuamente buscan alcanzar tal grado de calidad, además de trabajar con organizaciones que también la tengan. ISO brinda una orientación metódica para la calidad total, obligando a las compañías a evidenciar, instituir y amparar un sistema contable minucioso de sus ordenamientos y descripciones de trabajo.

La importancia del recurso humano

La empresa debe proveer las personas que se necesitan para la institución del Sistema de Gestión de Calidad. Para fijar las personas necesarias se tiene que analizar cada proceso y su respectiva evidencia del estado actual encerrando la necesidad o no de afiliación de personal. Una vez realizado empieza la gestión de las inscripciones acertadas.

La organización del recurso humano es indispensable para certificar que de modo constante y conveniente se cuente con el personal que sea necesario. En esta diligencia los líderes de los procedimientos deben decretar un periodo de tiempo suficiente para realizar las actividades y lograr sus objetivos.

Para el fiel cumplimiento de esta Norma es importante tener en cuenta que las personas que lo van a poner en práctica deben estar totalmente capacitadas para realizar un ejercicio como éste.

2.4 Generalidades de la Norma ISO 45001

Toda organización constituida como empresa debe velar por la seguridad y salud de todos sus trabajadores y de las personas relacionadas con la empresa. Por tal razón la norma ISO 45001 pretende proporcionar referencias válidas y estandarizadas para dar una buena gestión a los diferentes riesgos y como se puede minimizarlos, de esta manera el lugar de trabajo será un lugar seguro, saludable y donde el riesgo de lesiones sea mínimo.

La estructura de esta norma tiene diferentes puntos clave sobre los cuales se enfoca, dichos puntos son los siguientes:

2.4.1 Contexto de la organización

Es importante entender el contexto de la organización ya que alrededor de la misma existen cuestiones internas y externas que podrían afectar al sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SST). Una vez que se han establecido dichas cuestiones, se puede entender el alcance de la aplicabilidad de esta norma.

2.4.2 Liderazgo

Le establecimiento de políticas respecto a SST, responsabilidades, y organización es competencia directa de la alta dirección de la empresa; así como también la rendición de cuentas y el establecimiento de planes de prevención de lesiones y deterioro de la salud de los colaboradores (Molina, 2017).

En este apartado se da especial importancia a la consulta y participación de los trabajadores, por lo cual se deben establecer ciertos procesos a fin de asegurar que no

se presenten barreras comunicativas que impidan conocer la opinión o sugerencias de los colaboradores respecto a políticas, requisitos de competencia, identificación de peligros y riesgos que pueden formar parte del sistema de gestión de SST.

Las políticas, responsabilidades y esquemas organizacionales, deben ser claras, precisas y afines al sistema de gestión de la SST; deben comunicarse y estar documentadas, actualizadas y disponibles en cualquier momento para su consulta.

2.4.3 Planificación

La planificación en la organización es uno de los puntos claves para la identificación de riesgos y oportunidades de mejora, para esto es importante la implementación y mantenimiento constante de procesos que permitan una clara visión sobre la infraestructura con la que cuenta la empresa, los productos y servicios que ofrece, el factor humano y como se lleva a cabo el trabajo. A más de las anteriores, que son actividades rutinarias, deben incluirse procesos para la identificación de potenciales emergencias y otras situaciones que podrían presentarse.

Una buena planificación de las actividades de prevención de riesgo e identificación de oportunidades de mejora, exige el establecimiento de objetivos, los cuales deben ser claros, precisos, y ser coherentes a las políticas de SST. Los requisitos deben responder a las preguntas: ¿Que se va a hacer? ¿Qué recursos se requieren? ¿Quién será el responsable de su cumplimiento? ¿Cuándo es el plazo establecido para su cumplimiento? ¿Cuáles serán los indicadores que permitirán medir los resultados? (Organización Internacional de Estandarización, 2018).

2.4.4 Apoyo

La organización debe proporcionar recursos de apoyo para que los trabajadores puedan desarrollar competencias que les permitan evitar o tratar de forma adecuadas los peligros a los que pueden estar expuestos en sus trabajos. El desarrollo de estas competencias requiere acciones tanto educativas como evaluativas.

También es importante que los trabajadores tomen conciencia de los riesgos a los que están expuestos en su lugar de trabajo y que cumplan con las disposiciones y procedimientos de seguridad dispuestos previamente por los directivos.

2.4.5 Operación

El control de los procesos es indispensable para que los resultados al final sean favorables o los esperados. La planificación de los controles permite cumplir los requerimientos de esta norma. La documentación de la planificación no puede faltar. Todo procedimiento o actividad la cual incluya un riesgo laboral, deberá ser tomado en cuenta y aplicarse un proceso para la máxima disminución posible de dicho riesgo.

En general los controles de la operación se basan en cuidado de la manipulación de materiales y equipos peligrosos; uso de equipo de protección adecuados; organización del trabajo; formación de competencias.

Los realizado un control, sea necesario realizar cambios, dichos cambios pueden incluir: reorganización o cambio de lugar de trabajo, de las condiciones de trabajo, del equipo y de las fuerzas del trabajo. Estos cambios pueden incluir a aquellos realizados para el cumplimiento de requisitos legales y otros.

2.4.6 Evaluación del desempeño

La evaluación del desempeño se refiere al establecimiento de procesos que permitan identificar peligros en el desarrollo de diferentes actividades, el progreso respecto a los objetivos planteados en el sistema de gestión de la SST, y la eficacia de los controles operativos (Organización Internacional de Estandarización, 2018).

Una buena evaluación del desempeño debe incluir en la documentación la frecuencia y métodos a usarse para la evaluación y las acciones que deben tomarse una vez dados los resultados. Las evaluaciones de desempeño deben cumplirse acorde a la frecuencia y métodos estipulados en la documentación.

Las auditorías internas son una forma de evaluar el desempeño de la gestión diaria. La aplicación de una auditoría interna exige previamente el establecimiento de una planificación y selección del personal que la realizará, asegurándose de que sean imparciales al momento de implementar el programa de auditoría.

2.4.7 Mejora

La organización debe estar constantemente en un proceso de mejora continua, en el cual recurrentemente se están identificando oportunidades para mejorar las gestiones que se realizan dentro de la empresa siempre que sean acuerdo a lo establecido en esta norma.

La mejora continua exige que se promueva una cultura acorde al sistema de gestión de SST establecido previamente, la participación activa de los trabajadores, caracterizada por una buena comunicación entre los miembros de la empresa, así como la comunicación de los resultados que se van alcanzando.

2.5 Marco legal

Todo proyecto que se realice debe estar acorde a la normativa que rige interna y externamente, para saber que dicho proyecto puede llevarse a cabo sin perjuicio de ciertas partes que deriven en un problema legal. Por lo tanto, revisada la normativa

legal que rige en el Ecuador, se procede a citar los artículos bajo los cuales se ampara el fin de este proyecto.

2.5.1 Constitución del Ecuador

En relación al tema, se citan los siguientes artículos de la Constitución del Ecuador:

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras (Constitución del Ecuador, 2008).
2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional (Constitución del Ecuador, 2008).
3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales (Constitución del Ecuador, 2008).

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas (Constitución del Ecuador, 2008).

La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas (Constitución del Ecuador, 2008).

Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente. Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles (Constitución del Ecuador, 2008).

2.5.2 Código Orgánico del Ambiente.

Referente al tema, se citan los siguientes artículos del Código Orgánico del Ambiente.

De los derechos, deberes y principios ambientales

Artículo 6.- Derechos de la naturaleza. Son derechos de la naturaleza los reconocidos en la Constitución, los cuales abarcan el respeto integral de su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, así como la restauración (Asamblea Nacional, 2017).

Para la garantía del ejercicio de sus derechos, en la planificación y el ordenamiento territorial se incorporarán criterios ambientales territoriales en virtud de los ecosistemas. La Autoridad Ambiental Nacional definirá los criterios ambientales territoriales y desarrollará los lineamientos técnicos sobre los ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos de la naturaleza (Asamblea Nacional, 2017).

Artículo 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, lo que comprende:

6. La prevención, control y reparación integral de los daños ambientales;
7. La obligación de toda obra, proyecto o actividad, en todas sus fases, de sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental;
8. El desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías alternativas no contaminantes, renovables, diversificadas y de bajo impacto ambiental;
12. La implementación de planes, programas, acciones y medidas de adaptación para aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad ambiental, social y económica frente a la variabilidad climática y a los impactos del cambio climático, así como la implementación de los mismos para mitigar sus causas (Asamblea Nacional, 2017).

Artículo 9.- Principios ambientales. Constituyen los fundamentos conceptuales para todas las decisiones y actividades públicas o privadas de las personas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos, en relación con la conservación, uso y manejo sostenible del ambiente (Asamblea Nacional, 2017).

Estos principios incluyen:

1. Responsabilidad integral. La responsabilidad de quien promueve una actividad que genere o pueda generar impacto sobre el ambiente, principalmente por la utilización de sustancias, residuos, desechos o materiales tóxicos o peligrosos, abarca de manera integral, responsabilidad compartida y diferenciada. Esto incluye todas las fases de dicha actividad, el ciclo de vida del producto y la gestión del desecho o residuo, desde

la generación hasta el momento en que se lo dispone en condiciones de inocuidad para la salud humana y el ambiente (Asamblea Nacional, 2017).

4. El que contamina paga. Quien realice o promueva una actividad que contamine o que lo haga en el futuro, deberá incorporar a sus costos de producción todas las medidas necesarias para prevenirla, evitarla o reducirla. Asimismo, quien contamine estará obligado a la reparación integral y la indemnización a los perjudicados, adoptando medidas de compensación a las poblaciones afectadas y al pago de las sanciones que correspondan (Asamblea Nacional, 2017).

2.6 Marco conceptual

2.6.1 Espectrometría

La espectrometría forma parte de las diferentes técnicas utilizadas en la espectroscopía para el estudio de la interacción entre la radiación electromagnética y la materia. La espectrometría permite medir cuantitativamente la radiación electromagnética absorbida (espectroscopía de absorción atómica, AAS) o emitida (espectroscopía de emisión atómica, AES) por átomos, moléculas u otras especies químicas al pasar de un estado de energía a otro (Tomislav, 2016).

La espectrometría atómica es una técnica que permite cuantificar el comportamiento espectral es decir como una muestra se comporta al ser estimulada por un haz de luz electromagnética. En otras palabras, mide la concentración o cantidad de una sustancia mediante el análisis del espectro luminoso, identificando si existe absorción o emisión de radiación electromagnética de dicho material.

Cuando el espectro absorbe dicha materia o partículas de la materia con la que interactúa, esto se conoce como espectrometría de absorción atómica. La reacción de estas partículas se registra en relación a la longitud de onda de radiación, de esta forma se puede identificar y cuantificar la composición de una materia en una determinada muestra.

Para la determinación de absorción atómica por parte de un espectro, se puede hacer uso de un atomizador electrotérmico, en tal caso se habla de una técnica espectroscópica de absorción atómica electrotérmica (ETAAS). Al utilizar esta técnica, comúnmente se emplea un espectrómetro en conjunto con un horno de grafito, un ciclón con cassette para el filtro de la muestra y algunos otros materiales más.

2.6.2 Espectrómetro de absorción atómica

Es un equipo utilizado generalmente en laboratorios cuya capacidad analítica permite determinar la concentración de un metal presente en una muestra, a través de un principio de atomización donde la muestra es expuesta a la luz.

Los espectrómetros pueden usar diferentes métodos para la atomización de la muestra, el más comúnmente usado es la atomización en llama, sin embargo, existen otros métodos como el electrotérmico, en el cual se utiliza un horno de grafito, que ofrece una mayor eficiencia y sensibilidad en la toma de muestras.

Dependiendo de su proveedor y marca; el espectrómetro puede tener diferentes características en cuanto a diseño, funcionalidades, compatibilidad con software, tiempo de análisis, automatización, precisión.



Figura 3. Espectrómetro de absorción atómica 240FS AA
Fuente: Agilent Technologies (2016) Recuperado de <https://www.agilent.com>

2.6.3 Horno de grafito

El horno de grafito es un equipo utilizado cuando se realiza la atomización de un metal sea en estado sólido o diluido, mediante la aplicación de energía electrotérmica. Este método, ofrece mayor sensibilidad que las llamas y requiere menos muestra. Mientras en el método de llamas se necesitan de a 1 a 2ml de la muestra, en el electrotérmico por horno se requieren apenas 1 μ l (Harris, 2006).

El horno que funciona con energía electrotérmica, funciona de la siguiente manera: el horno es calentado a una temperatura alrededor de 2500°C a 3000°C. Mediante los extremos de un tubo de grafito se suministra energía eléctrica procedente de una lámpara espectral o de cátodo hueco. Esta luz es recibida por la muestra a la vez alojada en el interior del tubo, produciéndose una nube atómica concentrada en el área interna del tubo de grafito, por lo que se necesita inyectar gas argón (Ar) alrededor del horno para evitar la oxidación del grafito (Mañay, Clavijo, & Díaz, 2015).

Existen hornos con y sin plataforma. La diferencia está en que, durante el calentado, la plataforma se calienta desde las paredes del tubo, produciendo un pequeño retraso en el aumento de la temperatura en la plataforma respecto al tubo y condescendentemente un retraso en la atomización de la muestra, lo cual es favorable para la disminución de interferencias, ya que la atomización sobre la plataforma ocurre a una temperatura significativamente más elevada que si se hubiese producido directamente en el tubo.

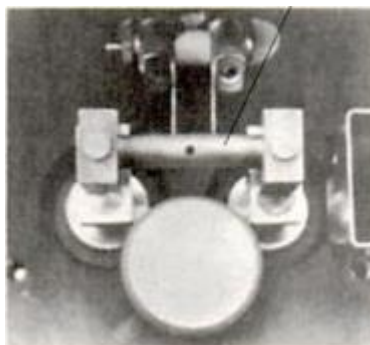


Figura 4. Horno de grafito calentado eléctricamente
Fuente: “Análisis químico cuantitativo” por Harris (2006)

El tubo de grafito que contiene el horno, puede tener dos posiciones: longitudinal o transversal. Sin embargo, la posición transversal evita las interferencias que se producen con un tubo en posición longitudinal, ya que en esta posición al ser calentado desde un extremo hacia el otro, la temperatura no es uniforme y ese gradiente de temperatura puede provocar en uno de los extremos del tubo, la condensación difusa de átomos y moléculas vaporizadas. El efecto que se produce por la posición longitudinal del tubo, es una desproporcionada absorbancia de la señal de luz de fondo, durante el proceso de atomización (Mañay, Clavijo, & Díaz, 2015).

2.6.4 Bomba de muestreo personal

Una bomba de muestreo personal es un equipo utilizado a menudo en estudios de higiene industrial u ocupacional, cuando se requiere hacer mediciones de agentes químicos o metálicos, concentrados en el aire. Por lo general se aplica, en las empresas zonas donde se desea hacer análisis del aire que respiran los trabajadores, de esta forma se determina si puede resultar perjudicial para ellos.

El funcionamiento de la bomba de muestreo es bastante sencillo, a través de un filtro, el equipo aspira cierta cantidad de aire durante un tiempo determinado, la cual será la muestra que posteriormente será analizada en la búsqueda de partículas contaminantes en el aire. Además, se debe analizar el volumen del aire muestreado, ya que el conocer este dato otorga fiabilidad a la calibración del equipo.

Según Heredia (2012), existen dos tipos de bombas de muestreo personal de acuerdo al caudal con el que operan:

- Bombas cuyos caudales sean inferiores a 5 L/min:
 - Tipo P: Caudales de 1 a 5 L/Min. Pérdida de carga de 0,1 a 6,25 kPa. Usadas para muestras de aerosoles.
 - Tipo G: Caudales de 5 a 300 mL/Min. Pérdida de carga de 0,01 a 10 kPa. Usadas para muestras de vapores y gases.
- Bombas cuyos caudales sean superiores a 5 L/min: Por lo general se usan en la toma de muestras estáticas

2.6.5 Procedimiento

Según Mañay, Clavijo, & Díaz (2015), la técnica de absorción atómica usando un horno de grafito, involucra básicamente dos procesos a cumplirse:

- La atomización de la muestra, y
- La absorción de radiación usando energía electrotérmica.

La atomización de la muestra consiste en los siguientes pasos previos:

- Secado: La muestra inyectada en el tubo de grafito, se calienta a una temperatura alrededor de 80° a 180°C con el objetivo de que el solvente alcance su punto de ebullición y se evapore.
- Calcinado: Se eleva la temperatura del horno de 350 a 1600° con el objetivo de que la mayor cantidad de material sólido se descomponga y remueva de la muestra.
- Atomización: Para que se produzca la vaporación atómica, ahora se eleva la temperatura entre 1800° a 2800°, lo cual produce átomos libres cuya absorbancia es medida en el interior del tubo.

Mora, Gras, Grindlay, & Montiel (2010) establecen los pasos que se deben seguir al aplicar la técnica de espectrometría de absorción atómica por atomización electrotérmica usando un horno de grafito:

- Selección del elemento
- Selección de longitud de onda y calibración de la fuente de luz
- Selección de los patrones
- Selección de la temperatura del horno
- Análisis:
 - Toma de muestra
 - Introducción de la muestra al horno
 - Calentamiento del horno
 - Registro de la señal analítica

2.6.6 El muestreo

“El muestreo es un procedimiento definido por el cual se toma una parte de una sustancia, un material o un producto para proveer una muestra representativa del total, para el ensayo o la calibración” (Organización Internacional de Estandarización, 2005).

Es conveniente que los procedimientos de muestreo describan el plan de muestreo, la forma de seleccionar, extraer y preparar una o más muestras a partir de una sustancia, un material o un producto para obtener la información requerida” (Organización Internacional de Estandarización, 2005).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Población objetivo

La población que directamente se beneficiará del procedimiento, será el laboratorio de Higiene y Salud Ocupacional de la empresa estudiada, conformado por 8 colaboradores: 2 técnicos, 1 ingeniero químico, 1 farmacéutico, 3 ingenieros industriales y 2 ingenieros ambientales.

3.2 Población usuaria

Los usuarios finales que se verán beneficiados por la aplicación del procedimiento para la determinación de metales, serán todas las empresas clientes de la empresa estudiada, con la característica de que todas pertenecen al sector industrial.

3.3 Consideraciones para elaboración del procedimiento

Se realizó una reunión previa con los directivos de la empresa con el fin de que autoricen la realización del proyecto, esto incluye el acceso a documentos confidenciales de la empresa, sus instalaciones, equipos e instrumentos con los que cuentan en la actualidad.

Para la elaboración del procedimiento de determinación de metales en el aire y del documento final donde consta el procedimiento, se tomó como referencia a más de las normas ISO 17025, 9001 y 45001; el documento “Elaboración de Documentos PG.EL.01” (ver Anexo 4), previsto por la misma compañía, en los cuales se presenta el formato guía sobre cómo debe estar estructurado el documento y el procedimiento.

El documento final sobre el procedimiento, consta de cinco apartados claves:

1. Objeto: Se definió para qué se desarrolla el procedimiento, cuál es su finalidad.
2. Alcance: Este apartado se subdivide en:
 - Tipo de muestras: En éste se estableció cuáles son los metales que se pretende descubrir una vez aplicada la técnica de absorción atómica.
 - Interferencias conocidas: Se definen las interferencias conocidas que pueden estar presente durante el procedimiento y que por lo tanto deberán ser soportadas, eliminadas o minimizadas en lo posible.
 - Rango o intervalo de trabajo: Se especifica el rango del diámetro aerodinámico de las partículas de metales que se desean determinar, así como el máximo volumen de aire admitido en el muestreo.
3. Referencias: En este apartado se especifican los:

- Documentos utilizados en la elaboración del procedimiento,
- Documentos utilizados conjuntamente en la elaboración del procedimiento; y que han servido como guía para la elaboración del procedimiento.

Se han considerado varias normas, leyes y documentos de formato para elaboración del procedimiento, entre las cuales se encuentran las normas ISO 17025, 9001 y 45001 y los formatos PG.EL.01 (ver Anexo 4), FO.PEE.66-01 (ver Anexo 3), FO.PG.5.5-03 (ver Anexo 2).

4. Generalidades: Se han conceptualizado los términos relevantes y siglas que son usados en la elaboración del documento y que son necesarios para una correcta comprensión del procedimiento.

5. Descripción del procedimiento: En el cual se incluye todas sus etapas y consideraciones previas que deben tomarse en cuenta para que los resultados finales sean de calidad. Esta sección se subdivide en varios:

- Instrumentos de medición: Contiene los instrumentos de medición y calibración que se usaron a fin de garantizar las condiciones ambientales necesarias para el ensayo; y el instrumento usado específicamente en la aplicación de la técnica de absorción atómica.
- Insumos y equipos: Se enlista cada uno de los equipos e insumos que han de utilizarse en el muestreo y/o ensayo.
- Reactivos: Se enlistan y dan especificaciones acerca de las sustancias que intervienen durante la aplicación del procedimiento.
- Patrones/Materiales de referencia: Se establece la relación de medidas, magnitud y nombres de elementos que se esperan determinar mediante el procedimiento.
- Medidas de seguridad: Se identifican y describen las consideraciones previas sobre seguridad que deben aplicarse antes y durante el procedimiento, tanto en campo, en el laboratorio y sobre los equipos que se utilizan.
- Operaciones previas: En este punto se describen una serie de actividades que deben realizarse previamente al muestreo o ensayo. Dichas operaciones toman en cuenta a los insumos y equipos usados, así como también operaciones que deben realizarse a fin de determinar y controlar variables presentes en el ambiente.
- Realización del ensayo en Horno de Grafito: Constituye la serie de pasos realizados en los cuales interviene el horno de grafito. Los pasos realizados incluyeron el ajuste de condiciones ambientales, muestreo, calibración del software a usar y lectura de los resultados de las concentraciones de los metales.
- Toma y tratamiento de resultados: A la vez éste apartado se subdivide en:
 - Toma de datos: Se indicó el formato establecido por la empresa en el cual se realiza el registro de datos generales acerca del muestreo (ver Anexo 3).

- Tratamiento de resultados: En este punto se especifican las operaciones de cálculo y presentación de resultados que realiza el software del horno de grafito y del espectrómetro. Se utilizan un total de tres fórmulas: La primera para el cálculo de la concentración del metal (curva de calibración). La segunda para el cálculo del volumen de aire muestreado. La tercera en el caso que se utilice una muestra diluida.
- Interpretación de resultados: Aquí se presenta la unidad de medida en la que se verán expresados los resultados finales, de acuerdo al Sistema de conversión (NTE 0053:87) y al Sistema Internacional de Unidades (NTE 0001:90).
- Informe de resultados: Los resultados se presentan de acuerdo a la estructura proporcionada por la ISO 17025 para la elaboración de informes de resultados que serán entregados a los clientes.
- Validación y estimación de la incertidumbre: El cálculo del valor de incertidumbre se realiza de acuerdo a las fuentes de incertidumbre, las mismas que pueden ser: por repetibilidad, por medición de la muestra, por el Material de Referencia Certificado (MRC), por la preparación de soluciones estándar, resolución del espectrómetro de absorción atómica, y por tiempo de muestreo.
- Criterios de aceptación y rechazo: Los criterios de aceptación y rechazo establecidos fueron de acuerdo al proceso de toma de muestra (incluyendo el equipo e insumos utilizados), y a los resultados como tal.
- Criterios de verificación de equipos: Se especifica el documento que se toma como referencia para la verificación y calibración de equipos de muestreo y ensayo.
- Criterios para el reporte de resultados: Se indicó el número de cifras significativas al que un resultado debe acogerse, dentro de un informe. Se hicieron consideraciones acerca del redondeo de cifras, para que el resultado final exprese fidedignamente y con exactitud, la concentración de un metal.
- Control de calidad: Aquí se especificaron los programas de control de calidad interno y externo al que se rigen las actividades de la empresa relacionadas a los ensayos. Se presentan los límites de exposición de los metales, mismos que son tomados como estándares en la determinación de concentraciones de los elementos a los cuales se les aplica la técnica de absorción atómica.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINACIÓN DE METALES EN AIRE – OCUPACIONAL

Revisión n° : 01

Fecha de emisión: 02-03-18

Elaborado por: Nombre:	Revisado por: Nombre:	Aprobado por: Nombre:
Cargo: Firma:	Cargo: Firma:	Cargo: Firma:
Fecha: 02-03-18	Fecha: 02-03-18	Fecha: 02-03-18

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE METALES EN EL AIRE	REVISIÓN: 01
	Pág. 33

4.1 Objeto

Establecer una metodología estandarizada para la toma y análisis de muestras de metales en el aire, utilizando la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica que permite establecer los niveles de concentraciones de estas sustancias a los que están expuestos el personal en sus lugares de trabajo.

4.2 Alcance

Este procedimiento es aplicable para determinar las mediciones de material particulado cuyo diámetro aerodinámico sea superior a 0.5 micrones, entre los cuales consten los siguientes elementos: Aluminio (Al), Arsénico (As), Bario (Ba), Calcio (Ca), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Potasio (K), Manganeso (Mn), Níquel (Ni) y Zinc (Zn).

A su vez estos elementos son considerados como contaminantes comunes en el aire, y en su mayoría son metales pesados los cuales, en cantidades superiores a los límites máximos permisibles, resultan nocivos para la salud de las personas.

4.2.1 Límites máximos permisibles

Según la normativa ecuatoriana vigente y que puede ser consultada en el Libro VI de la Norma de Calidad del Aire Ambiente (ver Anexo 1), establece que para materiales particulado con diámetro aerodinámico inferiores a 2,5 micrones (PM_{2,5}), su concentración promedio anual de todas las muestras tomadas no podrá exceder 15 µg/m³; y de manera diaria 65 µg/m³ más de dos veces anualmente (Libro VI: De la calidad ambiental, 2015).

4.2.2 Tipo de Muestras

Este protocolo aplica al análisis de diversos metales presentes en el aire en forma particulada en un entorno laboral mediante el uso del Horno de Grafito aplicando el método de Espectrometría de Absorción Atómica.

4.2.3 Interferencias conocidas

En la espectrometría de absorción atómica, las interferencias son menos comunes en comparación con otros métodos de análisis, sin embargo, la mayor sensibilidad de detección que otorga este método de análisis da lugar a ciertas interferencias.

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE METALES EN EL AIRE	REVISIÓN: 01
	Pág. 34

- Uso de lámparas de cátodo hueco múltiple. Forman interferencias espectrales por la absorción de la radiación por medio de elementos que no son parte del análisis. Esta interferencia no ocurre muy a menudo en los análisis de absorción atómica ya que no se recomienda el uso de lámparas múltiples de cátodo hueco.
- Interferencias por ionización. Se produce cuando se realizan lecturas de átomos de fácil ionización, para amortiguar esta interferencia frecuentemente se agrega a los estándares y a las muestras potasio o sodio como supresor de ionización.
- Interferencias químicas. Ocurren cuando elementos presentes en la muestra provocan variaciones en el grado en el que los átomos son formados o cuando diferentes estados de valencia de un mismo elemento tienen diferentes características de absorción. Dichas interferencias pueden ser controladas mediante el ajuste de la matriz de la muestra o del estándar del método usado.
- Formación de depósitos en los filtros. Vapores como el dióxido de sulfuro, óxido de nitrógeno, ácido nítrico y otros vapores orgánicos puede ser absorbidos en el medio del filtro junto con las partículas en suspensión que causan sesgos positivos en el análisis.
- Incompatibilidad de la matriz. Se debe tener presente que la matriz de la muestra coincida con la matriz del estándar empleado para minimizar interferencias.
- Interferencias analíticas. La presencia de diferentes compuestos orgánicos como benceno, tolueno, acetona, tetracloruro de carbono, entre otros, absorben la misma longitud de onda (253.7nm) del mercurio al momento del análisis dando una lectura mayor de lo real, para evitar eso se debe utilizar agua desionizada libre de compuestos orgánicos durante el muestreo y al preparar los estándares.
- Contaminación cruzada. Se debe tener especial cuidado en el manejo de los materiales y en el momento de hacer las lecturas para evitar contaminación de una muestra a otra o por el uso de materiales que no han sido lavados correctamente.

4.2.4 Rango o Intervalo de Trabajo

El intervalo de trabajo está entre 0.005 a 2.0mg/m³ para cada elemento tomando un volumen de hasta 2000Lt de aire.

4.3 Referencias

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE METALES EN EL AIRE	REVISIÓN: 01
	Pág. 35

4.3.1 Documentos utilizados en la elaboración

- Formato de elaboración de documentos PG.EL.01 (ver Anexo 4).
- Método NIOSH 7300 – Elementos (Digestión por Ácido Nítrico / Perclórico) (ver Anexo 8 y 9).
- Exposure Limits – Welding Fumes by OSHA, NIOSH and ACGIH (ver Anexo 10).
- NTE 0001:90 Sistema Internacional de Unidades (ver Anexo 5).
- NTE 0053:87 Sistema de conversión (ver Anexo 6).

4.3.2 Documentos utilizados conjuntamente

- Manual de Operación del Dosímetro de Polvo (ver Anexo 11 y 12).
- Manual de Operación, GilAir-5 Air Sampling Systems (ver Anexo 16).
- Instructivo de Verificación de la Bomba (ver Anexo 17).
- Instructivo de Mantenimiento del Ciclón (ver Anexo 17).

4.4 Generalidades

4.4.1 Principio

La espectroscopía atómica se basa en la medición de la radiación electromagnética absorbida (espectroscopía de absorción atómica, AAS) o emitida (espectroscopía de emisión atómica, AES) por átomos, moléculas u otras especies químicas al pasar de un estado de energía a otro.

La absorción y emisión de radiación da lugar a la excitación de electrones de valencia, no obstante, se ha de atomizar previamente las especies constituyentes para descomponerlas y convertirlas en partículas gaseosas elementales.

Los espectros de emisión o absorción de las partículas gaseosas obtenidas están constituidos por una cantidad limitada de líneas discretas de longitud de onda características de cada elemento.

En función del sistema empleado para llevar a cabo la atomización de la muestra tendremos diferentes técnicas. Cuando se hace uso de un atomizador electrotérmico se tiene la espectroscopía de absorción atómica electrotérmica (ETAAS).

La mayoría de estos espectrómetros emplean un horno de grafito como atomizador electrotérmico, por este motivo, a esta técnica se le suele conocer con el nombre de espectroscopía de absorción atómica en horno de grafito (GFAAS).

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE METALES EN EL AIRE	REVISIÓN: 01
	Pág. 36

En GFAAS, la muestra se introduce en forma de gota (5 – 20ml), de suspensión o en forma sólida en un horno de grafito que es calentado eléctricamente, alcanzándose hasta temperaturas de atomización de 3000°C. El horno está montado en el camino óptico de un espectrómetro de absorción atómica, de esta manera la radiación característica proveniente de una fuente de luz (generalmente una lámpara de cátodo hueco) pasa coaxialmente a través del tubo de grafito por unas ventanas de cuarzo.

Este tipo de absorción atómica otorga una mayor precisión si es comparada contra la absorción atómica por llama, razón por la cual es utilizada en mediciones de partículas en el medio ambiente debido a sus bajas concentraciones.

4.4.2 Terminología

Para el propósito de este procedimiento se consideran las definiciones establecidas en el Libro VI de la Norma de Calidad del Aire Ambiente:

Aire

“Aire o aire ambiente, es cualquier porción no confinada de la atmósfera y se define como mezcla gaseosa cuya composición normal es, de por lo menos, veinte por ciento (20%) de oxígeno, setenta y siete por ciento (77%) nitrógeno y proporciones variables de gases inertes y vapor de agua, en relación volumétrica” (Libro VI: De la calidad ambiental, 2015).

Contaminante del aire

“Cualquier sustancia o material emitido a la atmósfera, sea por actividad humana o por procesos naturales, y que afecta adversamente al hombre o al ambiente” (Libro VI: De la calidad ambiental, 2015).

Contaminantes comunes del aire

“Cualquier contaminante del aire para los cuales, en esta norma, se especifica un valor máximo de concentración permitida a nivel del suelo en el aire ambiente, para diferentes períodos de tiempo” (Libro VI: De la calidad ambiental, 2015).

Contaminante peligroso del aire

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE METALES EN EL AIRE	REVISIÓN: 01
	Pág. 37

“Son aquellos contaminantes del aire no contemplados en esta norma pero que pueden presentar una amenaza de efectos adversos en la salud humana o en el ambiente. Algunos de estos contaminantes, pero que no se limitan a los mismos, son asbesto, berilio, mercurio, benceno, cloruro de vinilo” (Libro VI: De la calidad ambiental, 2015).

Contaminación del aire

“La presencia de sustancias en la atmósfera, que resultan de actividades humanas o de procesos naturales, presentes en concentración suficiente, por un tiempo suficiente y bajo circunstancias tales que interfieren con el confort, la salud o el bienestar de los seres humanos o del ambiente” (Libro VI: De la calidad ambiental, 2015).

Diámetro aerodinámico

“Para una partícula específica, es el diámetro de una esfera con densidad unitaria (densidad del agua) que se sedimenta en aire quieto a la misma velocidad que la partícula en cuestión” (Libro VI: De la calidad ambiental, 2015).

Emisión

“La descarga de sustancias en la atmósfera. Para propósitos de esta norma, la emisión se refiere a la descarga de sustancias provenientes de actividades humanas” (Libro VI: De la calidad ambiental, 2015).

Material particulado

“Está constituido por material sólido o líquido en forma de partículas, con excepción del agua no combinada, presente en la atmósfera en condiciones normales. Se designa como PM_{2,5} al material particulado cuyo diámetro aerodinámico es menor a 2,5 micrones. Se designa como PM₁₀ al material particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 micrones.” (Libro VI: De la calidad ambiental, 2015).

Monitoreo

“Es el proceso programado de coleccionar muestras, efectuar mediciones, y realizar el subsiguiente registro, de varias características del ambiente, a menudo con el fin de

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE METALES EN EL AIRE	REVISIÓN: 01
	Pág. 38

evaluar conformidad con objetivos específicos” (Libro VI: De la calidad ambiental, 2015).

4.4.3 Unidades y simbologías utilizadas en este procedimiento

- EAA: Espectrómetro de Absorción Atómica.
- AAS: Atomic Absorption Spectrometry
- ug/m³: Microgramo por metro cúbico.
- %v/v: Porcentaje volumen/volumen.
- psig: Presión manométrica, lb/in².
- %w/v: Porcentaje peso/volumen.
- mmHg: Milímetro de mercurio.
- %w/w: Porcentaje peso/peso.
- g/ml: Gramos por mililitro.
- RH: Humedad Relativa.
- °C: Grados Celsius.
- Abs: Absorbancia.
- ug: Microgramo.
- nm: Nanómetro.
- mg: Miligramos.
- cm: Centímetro.
- d: Densidad.
- min: Minutos.
- ml: Mililitro.

4.5 Descripción

4.5.1 Instrumentos de medición y equipos

- Espectrómetro de absorción atómica
- Campana extractora de gases
- Bombas de succión personal
- Plato de calefacción
- Horno de grafito
- Tanque de argón
- Autosampler
- Termohigrómetro

4.5.2 Materiales e insumos

- Filtros de PVC. 37mm (diámetro) y 5µm (diámetro de poro).

- Matraces volumétricos. 10, 25, 100, 1000ml de capacidad.
- Lámparas de Cátodo Hueco para espectrometría.
- Pipetas volumétricas. 0.5, 2, 5, 10, 20, 50ml.
- Beaker. 50ml de capacidad (Borosilicato).
- Cassette de filtros. Poliestireno 37mm.
- Soporte de filtros. Celulosa.
- Tubos plásticos. Nylon.
- Ciclón. Nylon 10mm.
- Guantes de nitrilo.
- Cajas Petri
- Rotulador.
- Mascarillas.
- Parafilm M.
- Pinzas plásticas.

4.5.3 Reactivos

- **Agua Desionizada:** libre de cualquier material orgánico.
- **Modificador de Matriz:** diluya una cantidad del Modificador de Matriz concentrado hasta obtener una concentración entre 500 a 2000ppm.
- **Ácido Nítrico:** concentrado al 65%, $d=1,40$ g/ml grado reactivo, recomendable calidad para trazas de metales, se debe almacenar en lugar fresco protegido de la luz.
- **Ácido Perclórico:** concentrado, ultra puro grado reactivo.
- **Ácido Clorhídrico:** concentrado al 37%, $\rho = 1,19$ g/ml grado reactivo.
- **Agua Regia 3:1 (v/v) HCl:HNO₃:** mezclar 3 volúmenes de ácido clorhídrico concentrado con un volumen de ácido nítrico concentrado.
- **Ácido para Digestión 4:1 (v/v) HNO₃:HClO₄:** mezclar 4 volúmenes de ácido nítrico concentrado con un volumen de ácido perclórico concentrado.
- **Ácido para Dilución 4% HNO₃, 1% HClO₄:** diluya 50ml del ácido de digestión en 600ml de agua desionizada y enraca a 1 litro.

4.5.4 Patrones / Material de Referencia

Los patrones de referencia que se han tomado en cuenta para la calibración del equipo de espectrometría son los indicados por el mismo equipo y se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Patrones de referencia para la AAS

Elemento	Nombre
Aluminio	Aluminum Standard for AAS
Arsénico	Arsenic Standard for AAS
Bario	Barium Standard for AAS
Cadmio	Cadmium Standard for AAS
Calcio	Calcium Standard for AAS
Cobalto	Cobalt Standard for AAS
Cobre	Copper Standard for AAS
Hierro	Iron Standard for AAS
Manganeso	Manganese Standard for AAS
Níquel	Nickel Standard for AAS
Potasio	Potassium Standard for AAS
Zinc	Zinc Standard for AAS

Fuente: Equipo de espectrometría

Material de Referencia: Soluciones estándar de 1000mg/L ($1 \times 10^9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) del elemento a determinar. Mantener en refrigeración y verificar la fecha de caducidad recomendada por el fabricante.

4.5.5 Operaciones Previas

Para la cuantificación de metales se debe tener especial cuidado en la toma de muestra, en el almacenamiento de las muestras, en la limpieza del material de vidrio y en la preparación de reactivos, con la finalidad de reducir al mínimo los errores debido a sus mínimas concentraciones.

Ensamblaje del Equipo Muestreador

Saque uno de los filtros de las cajas Petri y colóquelo dentro del cassette del filtro, y éste instálelo en el soporte del ciclón que está conectado a la bomba de muestreo mediante un tubo plástico, una vez ensamblado enganche la bomba en la correa de seguridad o en el pantalón del trabajador seleccionado (parte posterior o lateral).

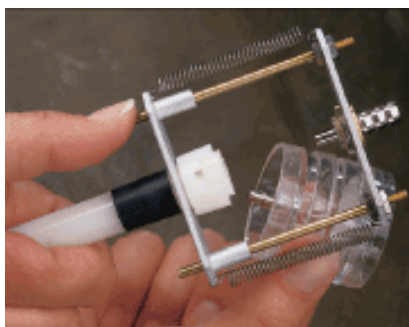


Figura 5. Filtro cassette
Fuente: Empresa estudiada.



Figura 6. Instalación de filtro de cassette en soporte del ciclón
Fuente: Empresa estudiada.



Figura 7. Enganche de bomba en correa de seguridad
Fuente: Empresa estudiada.

El cabezal de muestreo (ciclón) debe ser instalado lo más cercanamente posible a la altura de la zona respiratoria (cuello de la camisa u overol o de las tiras superiores de la correa de seguridad) del trabajador en posición vertical con el vórtex o tubo de ingreso de aire del ciclón hacia afuera.

Limpieza del material de vidrio

La limpieza y lavado del material de vidrio y diferentes envases de las muestras, debe ser realizado según lo descrito a continuación:

- El material de vidrio utilizado en el análisis de metales debe manejarse separadamente del resto del material.
- Una vez realizado el análisis descartar los desechos en el respectivo recipiente para posterior tratamiento por parte del gestor.
- Enjuagar con agua del grifo.
- Remojar en agua con Extrán mínimo por 30 min.
- Enjuagar con agua del grifo y agua destilada.
- Enjuagar con HNO₃ al 20% (w/w), durante 4 horas.
- Enjuagar con suficiente agua destilada y agitando vigorosamente por 3 veces.
- Secar invertidos en la canastilla y almacenar tapados y en el respectivo sitio.
- Cuando hay precipitados o incrustaciones remojar con HCl 1:1 y repetir el proceso de lavado.

En general, la vidriería utilizada en el análisis de trazas de metales tales como frascos para almacenar los reactivos, frascos Erlenmeyer, pipetas, probetas y otros debe seguir el mismo procedimiento de limpieza y se aconseja que este material solo se use en los análisis de metales por espectrometría de absorción atómica.

El uso de mezcla sulfocrómica puede ser útil solo cuando los frascos tienen residuos de material orgánico difícil de eliminar y, en este caso, se debe tener especial cuidado en la remoción total del cromo, enjugando con abundante agua.

Toma de muestra

El personal técnico siempre debe tener una copia del procedimiento específico en los cuales se basarán para tomar la muestra solicitada con el fin de consultar si surgen dudas en el sitio de muestreo evitando que personas ajenas al laboratorio tengan acceso a estas copias.

Previo a la medición se debe hacer el reconocimiento del sitio, con el propósito de determinar las áreas y características de operación que se encuentren asociados al lugar de las muestras a tomar.

Antes de la medición, el sistema de muestreo debe de estar calibrado y probado por si existe aún tipo de fuga para que esté listo de instalarlo en el trabajador y realizar el muestreo. Luego se llenará la hoja de toma de datos FO.PEE.66-01 Rev.01 (ver Anexo 3).

- Coloque la bomba con el ciclón en el trabajador seleccionado de acuerdo al punto 5.5.
- Encienda la bomba.

- Indique al trabajador que realice sus labores de manera normal durante su jornada de trabajo.
- Tras un periodo de tiempo entre 1 a 8 horas (basado en el caudal de aire empleado y del elemento a muestrear – ver tabla #1) finalice el monitoreo y apague la bomba. Éste tiempo depende del ambiente a analizar, si se observa que presenta una alta carga de partículas se recomienda un muestreo de menor tiempo para evitar la sobrecarga del filtro (no mayor de 2mg).
- Retire el filtro de muestreo con cuidado desde el ciclón y tape adecuadamente los extremos del portafiltro con las respectivas tapas (roja y azul) en posición invertida a la original para señalar que han sido utilizadas.
- Registre cualquier observación relevante producida durante el muestreo.

Evite sobrecargar la capacidad del filtro durante el ensayo y tome entre 2 a 10 blancos de campos por set de filtros usados.

Volumen de Aire Requerido para Muestreo

El volumen de aire que se requiere muestrear para la medición de las concentraciones de partículas metálicas, depende del tipo de elemento. En la Tabla 1 se presentan los volúmenes máximos y mínimos y el tiempo estimado de muestreo:

Tabla 2. Volumen de Aire Requerido para Muestreo

Elemento	Símbolo	Vol. Mín. (l)	Vol. Máx. (l)	Tiempo estimado – horas (a 1.7 l/min)
Aluminio	Al	5	100	1
Arsénico	As	5	2000	8
Bario	Ba	50	2000	8
Calcio	Ca	5	200	2
Cadmio	Cd	13	2000	8
Cobalto	Co	25	2000	8
Cobre	Cu	5	1000	8
Hierro	Fe	5	100	1
Potasio	K	5	1000	8
Manganeso	Mn	5	200	2
Níquel	Ni	5	1000	8
Zinc	Zn	5	200	2

Fuente: Equipo de espectrometría

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE METALES EN EL AIRE	REVISIÓN: 01
	Pág. 44

Preparación y digestión de las muestras

Los filtros empleados como Blancos deben ser sometidos a este mismo tratamiento. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Abrir el cassette del filtro y transfiera el filtro a un beaker limpio.
- Añadir 5ml del ácido para digestión y cubra con un vidrio reloj, dejando reposar durante 30 minutos en temperatura ambiente.
- Traslade el beaker con el filtro a un plato calefactor y caliente a 120°C, hasta que quede aproximadamente 0.5ml.
- Añadir 2ml de ácido para digestión repitiendo el calentamiento hasta que quede aproximadamente 0.5ml de manera que la solución sea clara, en caso contrario siga repitiendo este paso.
- Quitar el vidrio reloj y enjuagarla con agua destilada en el mismo beaker.
- Elevar la temperatura hasta 150°C y dejar que la muestra se seque casi por completo, dejando aproximadamente 0.5ml.
- Disolver el residuo en 2 o 3 ml de solución ácida para dilución.
- Transferir las soluciones a matraces volumétricos de 25ml.
- Diluir las muestras hasta completar el volumen de aforo con ácido de dilución.

NOTA: Elementos como el aluminio (Al), cobalto (Co) y manganeso (Mn) pueden que no se solubilicen adecuadamente con la mezcla ácida para digestión, en esos casos se recomienda utilizar Agua Regia para su digestión (ver precauciones en el punto 4.2).

Transporte de la muestra

Una vez realizado el muestreo mediante la bomba de succión en el lugar a determinar el metal, y pasado el tiempo de toma de muestreo se procede a cerrarlo, para poder ser transportado hasta el laboratorio de análisis.

Control de Condiciones Ambientales

Las condiciones ambientales se las registra utilizando un Termohigrómetro previamente calibrado, se lo coloca en donde se encuentra el objeto del análisis, se resetea el Termohigrómetro y después de su estabilización se tomará los datos de temperatura y humedad. Las condiciones del laboratorio deben encontrarse a una temperatura aproximada entre $25 \pm 4^\circ\text{C}$ y una humedad relativa no mayor a 50%.

Preparación del Equipo Espectrómetro de Absorción Atómica:

Luego de terminar el tiempo de la digestión las muestras, procedemos a preparar el Espectrómetro encendiéndolo, hacer las verificaciones de acuerdo al instructivo de operación, permitiendo su calentamiento por el tiempo necesario y ajustar las condiciones del equipo de acuerdo al elemento a analizar.

4.5.6 Medidas de Seguridad

Seguridad en Campo:

El técnico de muestreo deberá de hacer uso del siguiente equipo de protección: gafas de seguridad y botas (solo en el caso de ser necesario), guantes de nitrilo, además de las normas de seguridad interna de cada empresa donde se realice el ensayo.

Seguridad del Equipo:

La bomba de muestreo, así como el ciclón deberá ser transportada en un estuche apropiado para evitar el funcionamiento del mismo producto de golpes durante su traslado.

Este equipo debe tener un constante mantenimiento (preferiblemente mensual) por parte del técnico a cargo, para evitar daños en las tuberías plásticas, malfuncionamiento de la bomba y líneas de muestreo.

Seguridad en Laboratorio:

El analista del laboratorio deberá de hacer uso del siguiente equipo de protección:

- Bata de tela, mascarilla, guantes de nitrilo y gafas de seguridad (solo en el caso de ser necesario).
- Utilizar guantes, gafas de protección y campana extractora de gases al manipular el HNO_3 , HCl y el HClO_4 . Evitar contacto con la piel.
- No manipular los Erlenmeyer calientes, dejar reposar hasta que se enfríen.
- Al manipular muestras contaminadas se debe tener todas las precauciones para evitar el contacto con la piel (utilice guantes).
- Se debe tener especial cuidado con el manejo del cilindro de Nitrógeno, evite superar una presión de salida de gas de 50 pulgadas de mercurio (24.5 PSI).
- Al encender el Horno de Grafito y durante su funcionamiento se deberá encender el sistema de ventilación y extracción de gases.

- Evite preparar grandes cantidades de agua regia si se presenta el caso, preparar la cantidad deseada para el procedimiento debido a su inestabilidad y peligros potenciales. No se recomienda el almacenaje de este reactivo.
- Tener presentes las disposiciones del **M-MA 03 “Higiene y Seguridad del Laboratorio de Análisis de Aguas”** y del Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional del SGI (ver Anexo 14), en el cual se menciona que todos los técnicos pertenecientes a un laboratorio deben consultar y conocer los riesgos de las actividades y sustancias que manipulan. Todo colaborador debe tener conocimiento sobre cómo actuar ante emergencias, fichas de emergencia, uso del botiquín, manejo de extintores, uso de duchas y lavajos.

Disposición de los desechos

Nunca eliminar los desechos del análisis por los desagües del laboratorio. Seguir las instrucciones dadas en el **I-MA-04 “Manejo y disposición de los residuos líquidos”** (ver Anexo 15), que mencionan lo siguiente:

- Cuando se trate de reactivos obsoletos o degradados, deberá ser retirado inmediatamente y colocarse en un recipiente adecuado, luego de lo cual debe contactarse al gestor capacitado para proceder a su eliminación.
- Si existiese algún derrame de alguna solución se debe cubrir y absorber con Chemizorb en polvo. Una vez absorbido el material, se lo coloca en una funda plástica para su posterior eliminación, la cual dependiendo de la sustancia será en relleno sanitario o incineración.

4.5.7 Realización del Ensayo en Horno de Grafito:

Ajustar las condiciones apropiadas para el análisis de acuerdo con el instructivo de operación y del elemento a analizar.

- Coloque 1ml de la muestra a analizar en las cubetas del AutoSampler del EAA.
- Fije la rampa de temperatura de acuerdo al elemento en cuestión en el software del equipo (basado en el manual de operación).
- Realice las lecturas de los estándares de menor concentración a mayor junto con el blanco y posterior a ello las muestras.
- Si la absorbancia o concentración de alguno de las muestras esta por fuera del intervalo de trabajo, haga una dilución apropiada y realice nuevamente la lectura.

4.5.8 Toma y Tratamiento de Resultados

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE METALES EN EL AIRE	REVISIÓN: 01
	Pág. 47

Toma de datos

El registro de datos generales se los registrará en el formato FO.PEE.66–01 (ver Anexo 3).

Tratamiento de Resultados

Interpole la señal (absorbancia) obtenida para cada muestra en la respectiva curva de calibración y aplique los factores de dilución si es del caso. El equipo posee un software que realiza estas operaciones de cálculo automáticamente y arroja la concentración del elemento en la muestra.

Una vez obtenido las absorbancias del blanco y de las muestras, se aplica la siguiente ecuación para obtener la concentración:

$$C = \frac{C_s V_s - C_b V_b}{V}$$

En donde:

- C : Concentración del metal, $\mu\text{g/Lt} - \text{ppb}$.
- C_s : Concentración de la solución muestreada, $\mu\text{g/Lt} - \text{ppb}$.
- C_b : Concentración del blanco, $\mu\text{g/Lt} - \text{ppb}$.
- V : Volumen del aire muestreado, Lt.
- V_s : Volumen de la solución muestreada, Lt.
- V_b : Volumen del blanco, Lt.

El volumen de aire muestreado es calculado mediante la fórmula siguiente:

$$V = \left[\frac{(Q_i + Q_f)}{2} \right] t$$

En donde:

- V : Volumen de aire muestreado, Lt.
- Q_i : Caudal de aire inicial, Lt/min.
- Q_f : Caudal de aire final, Lt/min
- t : Tiempo total de muestreo, min.

En el caso que la muestra haya sido diluida, calcule la concentración final usando la ecuación:

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE METALES EN EL AIRE	REVISIÓN: 01
	Pág. 48

$$\mu\text{g/L metal en la muestra} = \frac{A(C + B)}{C}$$

En donde:

- A: Concentración del metal en la alícuota diluida, $\mu\text{g/Lt} - \text{ppb}$.
- B: Volumen del ácido de dilución usado, ml.
- C: Volumen de la proporción de la muestra, ml.

Interpretación de Resultados

De acuerdo al Sistema de conversión (NTE 0053:87) y al Sistema Internacional de Unidades (NTE 0001:90), los resultados obtenidos se expresan en $\mu\text{g/m}^3$: microgramos del metal en la muestra por cada metro cúbico de aire.

Informe de Resultados

Los resultados de los ensayos se los presentará mediante un informe que se lo realiza indicando la información siguiente:

- a) Nombre y dirección del cliente.
- b) Fecha, hora y lugar de muestreo.
- c) Fecha y hora de recepción de la muestra.
- d) Identificación de la muestra.
- e) Coordenadas geográficas.
- f) Fecha del análisis.
- g) Nombre del muestreador y analista.
- h) Norma técnica o procedimiento de muestreo.
- i) Identificación del procedimiento analítico utilizado.
- j) Resultados de los ensayos con sus unidades de medida.
- k) Nombres, funciones, o una identificación equivalente de la o las personas que autorizan el informe de ensayo.

Validación y Estimación de la Incertidumbre

Para conocer los parámetros y objetivos utilizados para la realización de validación de este método y su cumplimiento, revisar el informe de validación.

El cálculo de incertidumbre se registrará en el formato FO.PEE.066-03 (ver Anexo 7) y se detalla a continuación:

Para calcular la incertidumbre de medición se utiliza la siguiente ecuación:

A continuación, se detalla cada uno de los cálculos realizados, para calcular la incertidumbre, de acuerdo con las fuentes de incertidumbre descritas en la metodología.

$$\frac{\mu_{elem}}{C_{elem}} = \sqrt{\left(\frac{u_{REPETIBILIDAD}}{C_{elem}}\right)^2 + \left(\frac{u_{cronómetro}}{tiempo}\right)^2 + \left(\frac{u_{MRC}}{C_{MRC}}\right)^2 + \left(\frac{u_{MV}}{V_{aliquota}}\right)^2 + \left(\frac{u_{resolución}}{C_{elem}}\right)^2}$$

- **Incertidumbre por Repetibilidad**

$$\mu_{(REPETIBILIDAD)} = S$$

En donde:

S : Desviación estándar por reproducibilidad, $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

C_{elem} : Concentración del elemento analizado, $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

- **Incertidumbre por Medición de la Muestra**

$$\mu_{muestra} = \frac{U_{probeta}}{K}$$

En donde:

$U_{probeta}$: Incertidumbre del material volumétrico, $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

K : Factor de cobertura, $K=2$.

- **Incertidumbre aportada por el Material de Referencia Certificado (MRC)**

$$\mu_{MRC} = \frac{\text{tolerancia MRC}}{\sqrt{3}}$$

En donde:

tolerancia MRC : Variación en la concentración del estándar, mg/Lt .

- **Incertidumbre aportada por la Preparación de Soluciones Estándar**

$$\mu_{sol} = \frac{V_{total}}{V_{aliquota}} \sqrt{\left(\frac{\mu_{pipeta}}{V_{medido}} \text{ mL}/\text{mL}\right)^2 + \left(\frac{\mu_{balón}}{V_{aforo}} \text{ mL}/\text{mL}\right)^2}$$

En donde:

V_{total} : Volumen total empleado, ml .

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE METALES EN EL AIRE	REVISIÓN: 01
	Pág. 50

- $V_{alícuota}$: Volumen de alícuota usado para la dilución, ml.
 u_{pipeta} : Incertidumbre de la pipeta, ml.
 V_{medido} : Volumen tomado en la pipeta, ml.
 $u_{balón}$: Incertidumbre del balón usado para la dilución, ml.
 V_{aforo} : Volumen de aforo, ml.

- **Incertidumbre de Resolución del Espectrómetro de Absorción Atómica**

$$\mu(\text{resolución}) = \frac{\text{especificación del fabricante}}{\sqrt{3}}$$

La contribución del equipo tiene que ser relativa para poder llevar a cabo los cálculos de manera consistente de acuerdo a unidades, de esta manera se divide la absorbancia obtenida para la absorbancia a cada nivel (transformando la concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de cada nivel a absorbancia utilizando la ecuación de la recta fijada).

- **Incertidumbre del Tiempo de Muestreo**

$$\mu_{\text{cronometro}} = \frac{U_{\text{calibración}}}{K}$$

En donde:

- $U_{\text{calibración}}$: Incertidumbre del cronómetro. Seg.
 K : Factor de cobertura, $K=2$.

Al aplicar la ecuación principal, se obtiene:

$$U_{\text{elem}} = \mu_{\text{elem}} * 2$$

En donde:

- u_{elem} : Incertidumbre del elemento. $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
 K : Factor de cobertura, $K=2$.

Criterio de Aceptación y Rechazo

Muestreo

- El funcionamiento de la bomba debe de ser frecuente, para ello realice inspecciones periódicas del equipo.

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE METALES EN EL AIRE	REVISIÓN: 01
	Pág. 51

- El ciclón debe permanecer siempre en la posición correcta según se ha detallado anteriormente.
- Los filtros deben de haber sido transportados en un contenedor adecuado de manera horizontal.

Equipo Muestreador:

Para que las muestras sean consideradas aptas para el proceso de análisis hay que tener en cuenta las siguientes observaciones:

- **Presencia de fugas.** Las conexiones y compartimientos de cada parte del equipo no deben presentar ningún tipo de fuga que pueda comprometer la integridad del equipo, así como la del personal a cargo.
- **Caudal de aire muestreado.** Se considerará aceptada la muestra si el caudal del flujo de aire muestreado no presenta una variación superior de $\pm 5\%$ del establecido inicialmente.

Filtros:

Todos los filtros deben ser inspeccionados visualmente en busca de defectos, y los filtros defectuosos deben ser rechazados si se encuentra alguno. Los lotes de filtros que contienen numerosos defectos deben ser devueltos al proveedor.

Los siguientes son los defectos específicos que debe buscar:

- **Presencia de agujeros.** Un pequeño agujero aparece como un punto brillante claro y evidente de luz cuando se examina sobre una mesa de iluminada o en una pantalla, o como una mancha oscura cuando se ve a través de una superficie de color negro.
- **Material suelto.** Cualquier material o partículas de suciedad adicionales sueltos en el filtro que debe ser cepillado antes de usarlo.
- **Decoloración.** Cualquier decoloración visible evidente que podría ser evidencia de un contaminante.
- **Ausencia de uniformidad.** Cualquier falta de uniformidad visible en la superficie del filtro pudiera indicar alteraciones en la porosidad del mismo.

Muestras:

Las muestras serán inspeccionadas a su llegada para comprobar su adecuación a los requisitos especificados en este documento.

Los filtros deben estar dentro de un portafiltro enumerado y sellado correctamente con las tapas rojas y azules en cada extremo.

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE METALES EN EL AIRE	REVISIÓN: 01
	Pág. 52

Las muestras serán rechazadas únicamente cuando no se haya conservado la integridad de las mismas hasta el laboratorio, o cuando se dé cualquier posible circunstancia que imposibilite la correcta realización de los ensayos y/o la entrega de resultados.

En otros casos, y de manera general, ante la falta de cumplimiento de los requisitos establecidos en este documento (como por ejemplo falta de información en la Hoja de Solicitud de ensayo, cantidad de muestra menor a la acordada, etc.), o los particularmente acordados de manera previa a cada ensayo, el personal del Servicio entrará en contacto con el usuario para corregir la deficiencia, o en su caso descartar la muestra y solicitar una nueva.

Resultados:

Los resultados serán revisados, aceptados o rechazados de acuerdo a los criterios establecidos en el PG.EL.5.9 “Aseguramiento de la calidad de los resultados” (ver Anexo 12).

Criterios de verificación de equipos

Las bombas de muestreo deben ser verificadas antes y después de los muestreos de acuerdo al instructivo de verificación EL.IE.102 (ver Anexo 11 y 12).

Criterio para el reporte de resultados

Los resultados de los análisis deben ir acompañadas por un número de cifras significativas apropiadas que indiquen la precisión y confiabilidad de la medición; se debe fijar como cifras significativas todos los dígitos que sean seguros más el primero incierto que está afectado por la incertidumbre. Al realizarse las operaciones básicas de suma, resta, multiplicación y división con datos que poseen diferentes números de cifras significativas, existen dos reglas generales a aplicar:

- El resultado final no debe tener más cifras significativas que el dato inicial que tenga menos cifras significativas.
- No deben redondearse los datos iniciales, esto debe efectuarse en el resultado final.

Los informes de ensayos cuando contengan parámetros no acreditados deben contener la siguiente nota: “Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE (Organismo de Acreditación Ecuatoriana)” con el mismo tamaño de letra que la utilizada en el cuerpo del informe. Cuando los informes contengan opiniones, interpretaciones o cualquier otra información que no sea parte

del método de ensayo deben contener la siguiente nota: “Las opiniones/ interpretaciones/ etc., que se indican a continuación están fuera del alcance de acreditación del OAE (Organismo de Acreditación Ecuatoriana)” con el mismo tamaño de letra que la utilizada en el cuerpo del informe.

4.5.9 Control de Calidad

Existe un programa de control de calidad interno y externo e Internamente se realiza:

De acuerdo a los límites de exposición para cada elemento según la OSHA, NIOSH y ACGIH, se preparan los estándares para la curva de calibración a partir del material de referencia:

Tabla 3. Límites de exposición admitidos de acuerdo a elementos

Elemento	Símbolo	Límite de Exposición (mg/m ³)		
		OSHA	NIOSH	ACGIH
Aluminio	Al	15 (polvo total) 5 (respirable)	10 (polvo total) 5 (humo respirable) 2 (sal, álcali)	10 (polvo total) 5 (humo respirable) 2 (sal, álcali)
Arsénico	As	0.01	0.002	0.01
Bario	Ba	0.5	0.5	0.5
Calcio	Ca	5.0	2.0	2.0
Cadmio	Cd	0.005	No Establecido	0.01 (total) 0.002 (respirable)
Cobalto	Co	0.1	0.05 (polvo, humo)	0.02 (polvo, humo)
Cobre	Cu	1 (polvo, niebla) 0.1 (humo)	1 (polvo) 0.1 (humo)	1 (polvo, niebla) 0.2 (humo)
Hierro	Fe	10 (polvo, humo)	5 (polvo, humo)	5 (humo)
Potasio	K	No Establecido	No Establecido	No Establecido
Manganeso	Mn	5.0	1.0	5 (polvo) 3 (humo)
Níquel	Ni	1.0	0.015	0.1 (soluble) 1 (metal insoluble)
Zinc	Zn	5.0	5.0	5.0

Fuente: OSHA, NIOSH y ACGIH.

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE METALES EN EL AIRE	REVISIÓN: 01
	Pág. 54

Externamente se realizan intercomparación. Para el control de calidad externo se llevarán cartas de control. El control de actividades de inspección será realizado por el gerente técnico, como están descritas en el procedimiento PG.EL.5.9 (ver Anexo 13).

4.6 Registros

A continuación, se presentan los registros que deben utilizarse al seguir éste procedimiento:

Tabla 4. Formatos registros

CÓDIGO	NOMBRE	UBICACIÓN	TIEMPO DE RETENCIÓN	RESPONSABLE
FO.PEE.066-01	Hoja de Toma de datos de muestreo con Dosímetro de Polvo	Computador del CTM (archivo electrónico)	5 años	CTM (COORDINADOR TÉCNICO DE MEDIO AMBIENTE)
FO.PEE.066-03	Hoja de cálculo de incertidumbre	Computador del CTM (archivo electrónico)	5 años	CTM (COORDINADOR TÉCNICO DE MEDIO AMBIENTE)
FO.IE.068 - 01	Verificación del Espectrómetro	Carpeta hoja de toma de datos (archivo físico)	5 años	CTM (COORDINADOR TÉCNICO DE MEDIO AMBIENTE)

Fuente: Empresa

CONCLUSIONES

Se diseñó un procedimiento de determinación de metales en el aire para la empresa estudiada. El método desarrollado está sujeto a la técnica de espectrometría de absorción atómica usando un horno de grafito, al ser mayormente eficiente y sensible en la medición de metales con diámetro aerodinámico superior a 0.5 micrones.

El presente procedimiento ha sido desarrollado bajo las especificaciones dadas por la norma internacional ISO 17025, la misma que establece los requisitos técnicos y de gestión para los laboratorios donde se realicen ensayos y calibraciones. El procedimiento ha sido aprobado y validado de manera interna por el jefe de calidad del laboratorio y el gerente de la empresa, por lo que puede considerarse su aplicación a futuro.

De forma complementaria para la realización del procedimiento se ha considerado las recomendaciones de las diferentes normas de calidad y seguridad industrial a nivel internacional como la ISO 9001 y 45001, por lo que se puede afirmar que los pasos establecidos a lo largo del documento pueden ser realizados por el personal técnico y del laboratorio de manera segura.

Los diferentes formatos de registro de actividades, FO.PG.5.5-03, FO.PEE.66-01 y FO.PEE.066-03, que son necesarios llenar como parte del procedimiento, de manera previa, durante y posterior al mismo, tanto en el lugar de muestreo como en el laboratorio, han sido elaborados tomando en cuenta las consideraciones dadas por la empresa, de forma que su registro sea predecible para el personal relacionado con el procedimiento.

RECOMENDACIONES

Implementar en lo posterior el procedimiento de determinación de metales propuesto en el presente trabajo técnico, el mismo que cumple con las especificaciones dictadas por las diferentes normas de calidad y seguridad industrial.

El procedimiento puede ser aplicado con el fin de ayudar a diferentes empresas a cumplir con ciertos requisitos impuestos por diferentes auditorías externas a las que deben acogerse; y también identificar ciertos elementos que representen un riesgo laboral para el recurso humano.

La empresa estudiada puede realizar un procedimiento de determinación de metales en el aire por la técnica de atomización en llama con el fin de que pueda ser aplicada para metales con diámetro aerodinámico inferior a 0.5 micrones.

Actualizar permanentemente la documentación del laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- Agilent Technologies. (2016). *Sistemas de absorción atómica (AA) Agilent Serie 200*.
Obtenido de <https://www.agilent.com/cs/library/brochures/5990-6495ES.pdf>
- Asamblea Nacional. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. Quito. Obtenido de <https://www.propiedadintelectual.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/micrositio/normativa/codigo-organico-ambiental.pdf>
- Castañeda, A. (2015). *Naturaleza de la Norma ISO 9000*. (U. N. U.N.M.S.M, Editor)
Obtenido de Sistemas de Bibliotecas:
http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/ingenie/casta%C3%B1eda_b_a/cap1.htm
- Constitución del Ecuador. (2008). *Constitución del Ecuador*. Obtenido de http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf
- EFE. (2017). *ONU: La contaminación causa casi una de cada cuatro muertes en todo el mundo*. Obtenido de La Tercera: <http://www2.latercera.com/noticia/onu-la-contaminacion-causa-casi-una-cuatro-muertes-mundo/>
- Eróstegui, C. (2017). Contaminación por metales pesados. *Revista Científica Ciencia Médica*, 12(1), 45 - 46. Obtenido de http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rccm/v12n1/v12n1_a13.pdf
- Harris, D. (2006). *Análisis químico cuantitativo* (3 ed.). Barcelona: Reverté.
- Heredia, M. (2012). *Selección y uso de las bombas de muestreo personal*. Ficha Técnica, Murcia.
- Libro VI: De la calidad ambiental. (2015). *Libro VI: De la calidad ambiental*. Obtenido de <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA+LIBRO+VI+TULSMA++R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108>
- Mañay, N., Clavijo, G., & Díaz, L. (2015). Absorción atómica con horno de grafito. En *Metodologías analíticas para la determinación y especiación de As en aguas y suelos* (págs. 79-92). Litter, Armienta, Farías.
- Molina, R. (2017). *Aplicación de la futura Norma ISO 45001 a una Organización o Empresa*. Valladolid: Universidad de Valladolid. Escuela de Ingenierías Industriales. Obtenido de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/25744>
- Mora, J., Gras, L., Grindlay, G., & Montiel, J. (2010). Espectrometría de absorción atómica por atomización electrotérmica. Alicante: Universidad de Alicante. Obtenido de <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/14593>

- Organización de las Naciones Unidas. (2018). *Introducción: Medio Ambiente*. Obtenido de Dag Hammarskjöld Biblioteca: <https://research.un.org/es/docs/environment>
- Organización Internacional de Estandarización. (2005). *Norma ISO/IEC 17025:2005(ES)*. Suiza. Obtenido de www.iso.ch
- Organización Internacional de Estandarización. (2018). *ISO 45001 Primera Edición 2018-03. Sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo - Requisitos con orientación para su uso*. Ginebra.
- Rodríguez, J. (2014). Emisiones antropogénicas de compuestos tóxicos para el aire en el Gran Área Metropolitana de Costa Rica. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 30(1), 20 - 45 .
- Tomislav, M. (2016). *News Medical Life Sciences*. Obtenido de What is Spectroscopy?: <https://www.news-medical.net/health/What-is-Spectroscopy.aspx>
- Torres, S. (2017). Vivir del metal, morir por el metal. *El País*. Dai Bai. Obtenido de [https://elpais.com/elpais/2017/07/20/planeta_futuro/1500580208_403300.htm](https://elpais.com/elpais/2017/07/20/planeta_futuro/1500580208_403300.html)
1

ANEXOS

Anexo 1. De la Norma de Calidad del Aire del Libro VI

Según el documento, los contaminantes comunes del aire ambiente y sus valores máximos permitidos son:

- Partículas Sedimentables: 1 mg/cm^2 x 30 días de forma continua
- Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 micrones (PM_{10}): 150 mg/m^3 en 24 horas y 50 mg/m^3 en promedio al año.
- Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 2,5 micrones ($\text{PM}_{2,5}$): $65 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ en 24 horas y $15 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ en promedio al año.
- Óxidos de Nitrógeno: NO y NO_2 , y expresados como NO_2 .
- Dióxido de Azufre SO_2 : 350 mg/m^3 en 24 horas y 80 mg/m^3 en promedio al año.
- Monóxido de Carbono: $10\,000 \text{ mg/m}^3$ en 8 horas y $40\,000 \text{ mg/m}^3$ en 1 hora.
- Oxidantes Fotoquímicos, expresados como Ozono: 150 mg/m^3 en 24 horas y 100 mg/m^3 en promedio al año (Norma de Calidad del Aire Ambiente: Libro VI Anexo 4, s.f.).

Las condiciones de referencia para para la determinación de estos valores son de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ y 760 mm Hg (Norma de Calidad del Aire Ambiente: Libro VI Anexo 4, s.f.).

En el caso de que se incumpla con las concentraciones de contaminantes comunes del aire, la Entidad Ambiental de Control, será la encargada de controlar y realizar las acciones necesarias en cumplimiento de esta norma, así también será la encargada de tomar acciones que ayuden a prevenir a futuro el deterioro de la calidad del aire (Norma de Calidad del Aire Ambiente: Libro VI Anexo 4, s.f.).

Anexo 3. Formato FO.PEE.66-01. Hoja de toma de datos y verificación

INFORME N°: HOJA DE TOMA DE DATOS Y VERIFICACION - METALES EN AIRE - OCUPACIONAL C/da. Guayaquil Calle Primera Mz. 21 Solar 10 Teléfonos: 2282007 Mail: elicorom@elicorom.com Web: www.elicorom.com															
CLIENTE:			FECHA:			M. ORDEN:									
DIRECCIÓN:						CONTACTO:									
						HORA INICIAL:									
						HORA FINAL:									
PATRON(ES) UTILIZADO(S) CÓDIGOS:						COORDENADAS:									
CONDICIONES AMBIENTALES															
CÓDIGO TERMOMIGRÓMETRO:						CÓDIGO ANEMÓMETRO:									
T-C MEDIA:						VELOCIDAD DEL AIRE:									
zHR MEDIA:						VELOCIDAD DEL AIRE:									
VERIFICACIÓN DE LA BOMBA															
PREVIO AL MUESTREO			POSTERIOR AL MUESTREO			NOMINAL			CUMPLIMIENTO						
CAUDAL INICIAL (L/min.)			CAUDAL FINAL (L/min.)			(1,7 L/min.)			%						
# LECTURA			# LECTURA			%			%						
1			1			%			%						
2			2			%			%						
3			3			%			%						
IDENTIFICACIÓN DE FILTROS															
CÓDIGO DEL FILTRO		CÓDIGO DE LA BOMBA		NOMBRE DE LA PERSONA		CARGO		TURNO		CONTAMINANTE		TIPO DE FILTRO		COD. FOTO	
DATOS DE MUESTREO															
CÓDIGO DEL FILTRO		HORA INICIAL		HORA FINAL		ABSORBANCIA (ABS)		CONCENTRACIÓN Ppb - ug/L.		OBSERVACIONES					
OBSERVACIONES GENERALES															
RESPONSABLES															
REALIZADO POR: _____						TÉCNICO _____									
SUPERVISADO POR: _____						GERENTE TÉCNICO _____									

Anexo 4. Parte A. PG.EL.01. Procedimiento para Elaboración de Documentos

	PROCEDIMIENTO GENERAL ELABORACION DE DOCUMENTOS	CODIGO: PG.EL.01
		REVISION: 02
		FECHA DE EMISION:

1. OBJETO

El presente procedimiento tiene por objeto describir el contenido a desarrollar en cada uno de los documentos elaborados internamente, que forman parte del sistema de la calidad de ELICROM.

2. ALCANCE

Este procedimiento es de aplicación a todos los documentos internos del Sistema de la Calidad emitidos por los Laboratorios ELICROM-CALIBRACION y ELICROM-MEDIOAMBIENTE sujetos al Sistema de la Calidad]

Manual de la Calidad
 Procedimientos Generales
 Procedimientos Especificos (ensayo, calibración, etc.)
 Instructivos (generales, de uso de equipos, etc.)
 Formatos derivados de los documentos anteriores

3. REFERENCIAS

Como referencia básica para la elaboración de este procedimiento se han tomado los criterios establecidos en el Manual de Calidad del Laboratorio.

4. GENERALIDADES

N.A.

5. DESCRIPCIÓN

5.1. Consideraciones Generales

El tipo de letra a ser utilizada por ELICROM para la elaboración de todos sus documentos será "Times New Roman" tamaño 12, mientras que en el pie de página el tamaño de letra será de 8 y en el encabezado en la parte derecha también será de tamaño 8.

Anexo 4. Parte B. PG.EL.01. Formato para Elaboración de Documentos

	PROCEDIMIENTO GENERAL ELABORACION DE DOCUMENTOS	CODIGO: PG.EL.01
		REVISION: 02
		FECHA DE EMISION:

5.2. Manual de Calidad y formatos

Es el documento que establece la política de la calidad y describe el Sistema de la Calidad de una organización. Establece la organización, actividades a desarrollar y responsabilidades básicas. En algunos casos describe cómo y cuándo se realizarán esas actividades.

5.2.1. Estructura

El Manual de la Calidad tendrá la siguiente estructura:

- FO.PG.01-01: "Hoja de portada de Procedimiento/Manual de Calidad" en la que se indicará el título del documento, la revisión, la fecha de la emisión (fecha de emisión del documento), identificación del responsable de elaboración, revisión y aprobación del documento.
- FO.PG.01-02: "Hoja de Procedimiento/Manual de Calidad" en la que se irá redactando el Histórico de modificaciones, el índice y el contenido del documento. En las hojas del manual se identificará el título del documento, código, la revisión, fecha de emisión, el número de página y total de páginas.

5.2.2. Contenido

El manual se ha redactado siguiendo la siguiente estructura:

1. Declaración de las políticas de calidad
2. Objeto
 - Alcance
 - Abreviaturas
3. Requisitos de Gestión
 - Objetivos de Calidad
4. Requisitos Técnicos
5. Anexos

5.2. Procedimientos Generales y formatos

Los Procedimientos Generales son documentos que desarrollan apartados del Manual de Calidad y describen sistemáticas Generales: p.e. Procedimiento de muestras, realización de auditorías, procedimiento de equipos, etc.

Anexo 5. Parte A. NTE 0001:90. Sistema Internacional de Unidades.

NTE INEN 1

2013-06

Ejemplos:

Escritura correcta: N.m.; N m, que representa a newton - metro

Escritura incorrecta: mN, que representa a mili-newton

4.2.3 Cuando se multipliquen varias unidades, se recomienda respetar el siguiente orden de prelación:

$$D^a \rightarrow m^b \rightarrow kg^c \rightarrow s^d \rightarrow A^e \rightarrow K^f \rightarrow cd^g \rightarrow mol^h \rightarrow rad^i \rightarrow sr^j$$

Siendo:

D = símbolo (o símbolos) de unidades derivadas que tengan nombres especiales.

a, b, c,.....j = exponentes reales y enteros, mayores o menores que cero.

Ejemplos:

Voltio:

$$V = m^2 \times kg \times s^{-3} \times A^{-1}$$

Unidad SI de calor específico: $J = kg^{-1} \times k^{-1}$

4.2.4 La división entre dos o más unidades se indicará mediante una línea inclinada, una línea horizontal o potencias negativas.

Ejemplos:

$$m/s, \frac{m}{s} \quad m \times s^{-1}$$

4.2.5 En el símbolo de una unidad derivada podrá aparecer sólo una línea inclinada. Ejemplos:

Escritura correcta: m/s^2 , $m \cdot s^{-2}$ Escritura incorrecta: $m/s/s$

4.2.6 Todas las unidades que aparezcan inmediatamente después de una línea inclinada serán consideradas como colocadas en el denominador de la expresión, y cuando sean dos o más, deberán agruparse con paréntesis. Se recomienda no usar paréntesis para agrupar las unidades que aparezcan en el numerador (antes de la línea inclinada).

Ejemplos:

Formas correctas: $m^2 \times kg / (s^2 \cdot K)$; $m \times kg / s$ Formas incorrectas: $m^2 \times kg / s^2 \cdot K$; $m / kg \times s$

4.2.7 La palabra "por", utilizada dentro del nombre de una unidad derivada, significará proporción.

4.2.8 El nombre de una unidad derivada deberá estar relacionado con su símbolo escrito en forma de fracción, de tal manera que se use las palabras "por" para indicar la separación entre el numerador y el denominador.

Además, cuando dentro de una unidad derivada existen varias unidades multiplicadas, se enumerarán los nombres de las unidades multiplicadas, separándolos mediante guiones.

Ejemplos:

 $N \cdot s / m^2$ = newton - segundo por cada metro cuadrado $m^{-1} = 1/m$ = unidad por cada metro $J / (K \times mol)$ = julio por cada kelvin - mol

(Continúa)

Anexo 5. Parte B. NTE 0001:90. Sistema Internacional de Unidades.

NTE INEN 1

2013-06

4.2.9 No deberán combinarse nombres y signos al expresar el nombre de una unidad derivada.

Ejemplos:

Forma correcta: m/s o metro por segundo

Forma incorrecta: m/segundo o metro/s

4.3 Reglas para el uso de los prefijos SI

4.3.1 Se usarán los prefijos SI y sus símbolos (ver tabla A.4) para formar, respectivamente, los nombres y los símbolos de los múltiplos y submúltiplos de las unidades SI.

4.3.2 Con excepción de los múltiplos y submúltiplos de la unidad SI de masa (ver 4.3.3), los nombres y los símbolos de los múltiplos y submúltiplos de las unidades SI fundamentales, suplementarias o derivadas que tengan nombres especiales (ver tabla A.2) deberán formarse añadiendo los prefijos a los nombres de las unidades, o los símbolos de los prefijos a los símbolos de las unidades.

Ejemplos:

cm; kK; mA, MHz; daN; prad; pF
micrómetro, attosegundo, kilómetro, megavatio, gigahertzio

4.3.3 Los nombres y los símbolos de los múltiplos y submúltiplos de la unidad SI de masa deberán formarse añadiendo los prefijos a la palabra "gramo" o los símbolos de los prefijos al símbolo "g", a pesar de que es el kilogramo y no el gramo la unidad SI fundamental.

Ejemplos:

Formas correctas: mg; μ g
Formas incorrectas: μ kg; kkg

4.3.4 Los símbolos de los múltiplos o de los submúltiplos, formados de acuerdo con lo establecido en los numerales 4.3.2 y 4.3.3, deberán ser considerados símbolos simples y podrán ser elevados a potencias (sin necesidad de usar paréntesis) o combinados con otros símbolos de unidades para formar los múltiplos y submúltiplos de las unidades derivadas.

Ejemplos:

cm^2 , representa $(0,01m)^2$ y no $0,01 m^2$
 $km^2 \times Mg/ms = (10^3 m)^2 (10^3 kg)/(10^{-6}s) = 10^{15} m^2 \times kg/s$

4.3.5 No deberán usarse prefijos compuestos.

Ejemplos:

Formas correctas: mm; g.
Formas incorrectas: m μ m, "mkg"

4.3.6 Es recomendable usar prefijos que representen un factor igual a 10 elevado a una potencia, positiva o negativa, que sea múltiplo de tres.

4.3.7 De ser posible, es recomendable que se use un solo prefijo, colocado en el numerador, para formar los múltiplos o submúltiplos de la unidad SI derivada expresada en forma de fracción.

Ejemplos:

MN/m² es preferible a N/mm²
kV/m es preferible a V/mm

(Continúa)

Anexo 6. Parte A. NTE 0053:87. Sistema de conversión.

NTE INEN 53

2013-06

(Continuación de la lista de unidades)

Los factores en **negrita** son valores exactos

Convertir de	a	símbolo de la unidad de medida	Multiplicar por
Kilogramo fuerza/centímetro ² (kgf/cm ²)	Pascal	Pa	9,806 650 E+04
Kilogramo fuerza/centímetro ² (kgf/cm ²)	kilopascal	kPa	9,806 650 E+01
kilogramo fuerza/metro ²	Pascal	Pa	9,806 650 E+00
kilogramo fuerza/milímetro ²	Pascal	Pa	9,806 650 E+06
kilogramo fuerza/milímetro ²	megapascal	MPa	9,806 650 E+00
kip/pulgada ² (KSI)(kilolibra fuerza)	Pascal	Pa	6,894 757 E+06
kip/pulgada ² (KSI)(kilolibra fuerza)	Newton	N	6,894 757 E+03
milibar	Pascal	Pa	1,0 E+02
milibar	kilopascal	kPa	1,0 E-01
milímetro de mercurio(mmHg) a 273,15 K	Pascal	Pa	1,333 224 E+02
Milímetro de agua (mmH ₂ O)	Pascal	Pa	9,806 65 E+00
milímetro de mercurio (0°C)	Pascal	Pa	1,333 22 E+02
poundal/pie ²	Pascal	Pa	1,488 164 E+00
libra fuerza/pie ²	Pascal	Pa	4,788 026 E+01
libra fuerza/pulgada ² (PSI)	Pascal	Pa	6,894 757 E+03
libra fuerza/pulgada ² (PSI)	kilopascal	kPa	6,894 757 E+00
psi	Pascal	Pa	6,894 757 E+03
psi	kilopascal	kPa	6,894 757 E+00
torr (mm Hg a 0°C)	Pascal	Pa	1,333 22 E+03

UNIDADES DE RADIACIÓN

curie	becquerel	Bq	3,7 E +10
rad	Gray	Gy (gray)	1,0 E -02
rem	siever	Sv (sievert)	1,0 E -02
roentgen	Coulomb por kilogramo	C/kg	2,58 E -04

PERMEABILIDAD

darcy	Metro cuadrado	m ²	9,869 233 E -13
Perm(0°C)	Kilogramo por pascal segundo metro cuadrado	kg/(Pa.s.m ²)	5,721 35 E -11
Perm (23 °C)	Kilogramo por pascal segundo metro cuadrado	kg/(Pa.s.m ²)	5,745 25 E -11
Perm pulgada (0°C)	Kilogramo por pascal segundo metro cuadrado	kg/(Pa.s.m)	1,453 22 E -12
Perm pulgada (23°C)	Kilogramo por pascal segundo metro cuadrado	kg/(Pa.s.m)	1,459 29 E -12

ESFUERZO (Ver presión)

TEMPERATURA			
kelvin	Grado kelvin	K	$T_K = t_C + 273,15$
Grado centígrado	Grado centígrado	°C	$t_C = \text{temperature grado centígrado}$
grado Fahrenheit	Grado centígrado	°C	$t_C = (t_F - 32)/1,8$
grado Fahrenheit	Grado Kelvin	K	$T_K = (t_F + 459,67)/1,8$
grado Rankine	Grado Kelvin	K	$T_K = T_R / 1,8$
grado fahrenheit	Grado Kelvin	K	$t_C = (t_F - 32)/1,8$

INTERVALO DE TEMPERATURA

Kelvin(k)	Grado centígrado	°C	$t_C = T_K - 273,15$
Grado Celsius(°C)	Kelvin	K	1,0 E+00
Grado centígrado	Grado Celsius	°C	1,0 E+00
Grado Fahrenheit(°F)	Grado Celsius	°C	5,555 556 E -01
Grado Fahrenheit(°F)	Kelvin	K	5,555 556 E -01
Grado Rankine(°R)	Kelvin	K	5,555 556 E -01

TIEMPO

día solar medio	segundo	s	8,64 E+04
día sidéreo	Segundo	s	8,616 409 E+04
hora solar media	Segundo	s	3,6 E+03
hora sidérea	Segundo	s	3,590 170 E+03
minuto solar medio	Segundo	s	6,0 E+01
minuto sidéreo	Segundo	s	5,983 617 E+01
segundo sidéreo	Segundo	s	9,972 696 E -01

(Continúa)

Anexo 6. Parte B. NTE 0053:87. Sistema de conversión.

NTE INEN 53

2013-06

*(Continuación de la lista de unidades)*Los factores en **negrita** son valores exactos

Convertir de	a	símbolo de la unidad de medida	Multiplicar por
shake	segundo	s	1,0 E -08
shake	nanosegundo	ns	1,0 E+01
mes calendario	Segundo	s	2,628 000 E+06
año calendario (365 días)	Segundo	s	3,153 600 E+07
año sidéreo	Segundo	s	3,155 815 E+07
año trópico	Segundo	s	3,155 693 E+07
TORQUE (ver momento de flexión)			
VELOCIDAD			
pie/hora	metro por segundo	m/s	8,466 667 E -05
pie/minuto	metro por segundo	m/s	5,08 E -03
pie/segundo	metro por segundo	m/s	3,048 E -01
pulgada/segundo	metro por segundo	m/s	2,54 E -02
kilómetro/hora	metro por segundo	m/s	2,777 778 E -01
nudo (milla náutica US/h, Internacional)	metro por segundo	m/s	5,144 444 E -01
milla/hora (terrestre US, Internacional)	metro por segundo	m/s	4,470 4 E -01
milla/hora (terrestre US, Internacional)	kilometro por hora	km/h	1,609 344 E+00
milla/minuto (terrestre US, Internacional)	metro por segundo	m/s	2,682 240 E+01
milla/segundo (terrestre US, Internacional)	metro por segundo	m/s	1,609 344 E+03
Revolución por minuto (rpm)	Radian por segundo	rad/s	1,047 198 E -01
rpm	Radian por segundo	rad/s	1,047 198 E -01
VISCOSIDAD, DINAMICA			
centipoise (viscosidad dinámica)	Pascal segundo	Pa.s	1,0 E -03
poise	Pascal segundo	Pa.s	1,0 E -01
poundal.s/pie ²	Pascal segundo	Pa.s	1,488 164 E+00
libra.fuerza segundo/pie ²	Pascal segundo	Pa.s	1,488 164 E+00
libra por pie hora	pascal segundo	Pa.s	4,133 789 E -04
libra por pie segundo	pascal segundo	Pa.s	1,488 164 E+00
rhe	Pascal segundo reciproco	1/(Pa.s)	1,0 E+01
slug/(pie.segundo)	Pascal segundo	Pa.s	4,788 026 E+01
VISCOSIDAD Y CINEMATICA			
centistokes (viscosidad cinemática)	Metro cuadrado por segundo	m ² /s	1,0 E -06
pie ² /segundo	Metro cuadrado por segundo	m ² /s	9,290 304 E -02
stoke	metro cuadrado por segundo	m ² /s	1,0 E -04
VOLUMEN (incluido capacidad)			
acr E -pie	metro cubico	m ³	1,233 489 E+03
baril (42 galones líquidos US)	metro cubico	m ³	1,589 873 E -01
baril (42 galones líquidos US)	Litros	L	1,589 873 E+02
bushel U.S. (bu)	metro cubico	m ³	3,523 907 E -02
bushel U.S. (bu)	Litro	L	3,523 907 E+01
Cord(128ft ³)	metro cubico	m ³	3,624 556 E+00
pie cúbico	metro cubico	m ³	2,831 685 E -02
pulgada cúbica	metro cubico	m ³	1,638 706 E -05
Milla cubica	Metro cúbico	m ³	4,168 182 E+09
yarda cúbica	metro cubico	m ³	7,645 549 E -01
copa	metro cubico	m ³	2,365 882 E -04
onza líquida UK	metro cubico	m ³	2,841 307 E -05
onza líquida US	metro cubico	m ³	2,957 353 E -05
onza líquida US	mililitro	mL	2,957 353 E+01
galón (líquido UK y canadiense)	metro cubico	m ³	4,546 092 E -03

(Continúa)

Anexo 7. FO.PEE.066-03. Formato para cálculo de incertidumbre.

Evaluación de las incertidumbres de medición

Medición basada en la función y medición de una jornada completa

Para introducir datos: utilídense sólo las celdas amarillas

Valores medidos	Niveles de ruido (dB)	Parámetros	Cálculos (Referencias ISO)
	$L_{p,A,eqT,1}$ 94	T_o (h) = 8	(Ec. C.8) $L_{EX,8h} = 93,7$
	$L_{p,A,eqT,2}$ 94		
	$L_{p,A,eqT,3}$ 94	Duración efectiva T_e de la jornada de trabajo (en horas)	(Ec. 11) $L_{p,A,eqT_e} = 94,0$
	$L_{p,A,eqT,4}$	$T_e = 7,5$	(Ec. C.12) $u_1 = 0,00$
	$L_{p,A,eqT,5}$		(Tabla C.4 para N y u_1) $c_1 * u_1 = 0,00$
	$L_{p,A,eqT,6}$		
	$L_{p,A,eqT,7}$		
	$L_{p,A,eqT,8}$		
	$L_{p,A,eqT,9}$	0	
	$L_{p,A,eqT,10}$		
	$L_{p,A,eqT,11}$	$u_2 = 1,5$	
	$L_{p,A,eqT,12}$		
	$L_{p,A,eqT,13}$		
	$L_{p,A,eqT,14}$	Desviación estándar debida a la selección imperfecta de las posiciones de medición	
	$L_{p,A,eqT,15}$	$u_3 = 1$	
	$L_{p,A,eqT,16}$		
	$L_{p,A,eqT,17}$		
	$L_{p,A,eqT,18}$		
	$L_{p,A,eqT,19}$		
	$L_{p,A,eqT,20}$		
Números de valores medidos	N = 3		
		Nivel de ruido diario	93,7 dB
		Incertidumbre expandida	3,0 dB

Cálculos
(Referencias ISO)

(Ec. C.8)

$$L_{EX,8h} = 93,7$$

(Ec. 11)

$$L_{p,A,eqT_e} = 94,0$$

(Ec. C.12)

$$u_1 = 0,00$$

(Tabla C.4 para N y u_1)

$$c_1 * u_1 = 0,00$$

Desviación estándar combinada

Fuentes

1) Niveles de ruido $(c_1 * u_1)^2 = 0,00$

2) Instrumentación Q2 $(u_2)^2 = 2,25$

3) Posición del micrófono Q $(u_3)^2 = 1$

Suma (C.9) $u^2(L_{EX,8h}) = 3,25$

$$u(L_{EX,8h}) = 1,8$$

$$U(L_{EX,8h}) = 1,65 * u(L_{EX,8h}) = 3,0$$

Anexo 8. Método NIOSH 7300

ELEMENTOS (ICP)
(Digestión por ácido nítrico/perclórico)

7300

Peso molecular: Tabla 1

CAS: Tabla 2

RTECS: Tabla 2

MÉTODO: 7300, Versión 3		EVALUACIÓN: PARCIAL		Versión 1: 15 de agosto de 1990 Versión 3: 15 de marzo de 2003			
OSHA: Tabla 2 NIOSH: Tabla 2 ACGIH: Tabla 2			PROPIEDADES: Tabla 1				
ELEMENTOS:		aluminio*	calcio	lantano	níquel	estroncio	tungsteno*
		antimonio*	chromo*	litio*	potasio	telurio	vanadio+
		arsénico	cobalto*	magnesio	fósforo	estaño	itrio
		bario	cobre	manganeso*	selenio	talio	zinc
		berilio*	hierro	molibdeno*	plata	titanio	circonio*
		cadmio	plomo*				
* Algunos compuestos de estos elementos requieren un manejo especial de la muestra.							
MUESTREO				MEDICIÓN			
EQUIPO DE MUESTREO: FILTRO (membrana de ésteres de celulosa de 0.8 µm o membrana de cloruro de polivinilo de 5.0 µm)				MÉTODO: PLASMA DE ARGÓN ACOPLADO POR INDUCCIÓN-ESPECTROMETRÍA DE EMISIÓN ATÓMICA (ICP-AES)			
ÍNDICE DE FLUJO: 1 a 4 lpm				ANALITOS: los elementos mencionados arriba			
VOLUMEN -MÍN.: Tabla 1 -MÁX.: Tabla 1				REACTIVOS PARA LA DIGESTIÓN: HNO ₃ concentrado / HClO ₄ concentrado (4:1), 5 ml; en incrementos de 2 ml según sea necesario			
ENVÍO: rutinario				CONDICIONES: temperatura ambiente, 30 min.; 150 ° hasta sequedad casi total			
ESTABILIDAD DE LA MUESTRA: estable				SOLUCIÓN FINAL: HNO ₃ al 4%, HClO ₄ al 1%, 25 ml			
BLANCOS: 2 a 10 blancos por juego				LONGITUD DE ONDA: depende del elemento; Tabla 3			
EXACTITUD				CORRECCIÓN DE FONDO: desviación espectral de la longitud de onda			
RANGO ESTUDIADO:		no determinado		CALIBRACIÓN: elementos en HNO ₃ al 4%, HClO ₄ al 1%			
SESGO:		no determinado		RANGO: varía según el elemento [1]			
PRECISIÓN TOTAL (S_r):		no determinada		LDD ESTIMADO: Tablas 3 y 4			
EXACTITUD:		no determinada		PRECISIÓN (S): Tablas 3 y 4			
APLICABILIDAD: Este método tiene un rango de trabajo de 0.005 a 2.0 mg/m ³ para cada elemento en una muestra de aire de 500 l. Este es un análisis multielemental simultáneo, no de compuestos específicos. Verificar que los tipos de compuestos de las muestras sean solubles con el procedimiento de digestión seleccionado.							
INTERFERENCIAS: Las interferencias espectrales son las principales interferencias que ocurren en un análisis ICP-AES. Se pueden minimizar si se utiliza un criterio adecuado en la selección de la longitud de onda, los factores de corrección de los elementos interaccionantes y la corrección de fondo [1-4].							
OTROS MÉTODOS: Esta versión actualiza las versiones 1 y 2 del Método 7300, el cual reemplazó al P&CAM 351 [3] para los elementos. La espectroscopia de absorción atómica con llama (p.ej., los Métodos 70XX) es un método analítico alternativo para muchos de estos elementos. El horno de grafito AAS (p. ej., 7102 para Be, 7105 para Pb) es más sensible.							

Anexo 9. Propiedades y volúmenes de muestras según NIOSH 7300

ELEMENTOS (ICP); MÉTODO 7300, Versión 3, fechado el 15 de marzo de 2003 - Página 6 de 10

TABLA 1: PROPIEDADES Y VOLÚMENES DE LAS MUESTRAS

Elemento (Símbolo)	Propiedades		Volumen de aire, l / LEP de OSHA	
	Peso atómico	MP, °C	MÍN.	MÁX.
Plata (Ag)	107.87	961	250	2000
Aluminio (Al)	26.98	660	5	100
Arsénico (As)	74.92	817	5	2000
Bario(Ba)	137.34	710	50	2000
Berilio (Be)	9.01	1278	1250	2000
Calcio (Ca)	40.08	842	5	200
Cadmio (Cd)	112.40	321	13	2000
Cobalto (Co)	58.93	1495	25	2000
Cromo (Cr)	52.00	1890	5	1000
Cobre (Cu)	63.54	1083	5	1000
Hierro (Fe)	55.85	1535	5	100
Potasio (K)	39.10	63.65	5	1000
Lantano	138.91	920	5	1000
Litio (Li)	6.94	179	100	2000
Magnesio (Mg)	24.31	651	5	67
Manganeso (Mn)	54.94	1244	5	200
Molibdeno (Mo)	95.94	651	5	67
Níquel (Ni)	58.71	1453	5	1000
Fósforo (P)	30.97	44	25	2000
Plomo (Pb)	207.19	328	50	2000
Antimonio (Sb)	121.75	630.5	50	2000
Selenio (Se)	78.96	217	13	2000
Estaño (Sn)	118.69	231.9	5	1000
Estroncio (Sr)	87.62	769	10	1000
Telurio (Te)	127.60	450	25	2000
Titanio (Ti)	47.90	1675	5	100
Thalio (Tl)	204.37	304	25	2000
Vanadio (V)	50.94	1890	5	2000
Tungsteno (W)	183.85	3410	5	1000
Itrio (Y)	88.91	1495	5	1000
Zinc (Zn)	65.37	419	5	200
Circonio (Zr)	91.22	1852	5	200

Anexo 10. Límites de Exposición de Muestras según NIOSH 7300

ELEMENTOS (ICP); MÉTODO 7300, Versión 3, del 15 de marzo de 2003 - Página 7 de 10

TABLA 2. LÍMITES DE EXPOSICIÓN, CAS N°, RTECS

Elemento (Símbolo)	CAS N°	RTECS	Límites de exposición, mg/m ³ (Ca = carcinógeno)		
			OSHA	NIOSH	ACGIH
Plata (Ag)	7440-22-4	VW3500000	0.01 (polvo, vapor, metal)	0.01 (metal, soluble)	0.1 (metal) 0.01 (soluble)
Aluminio (Al)	7429-90-5	BD0330000	15 (polvo total) 5 (respirable)	10 (polvo total) 5 (vapor respirable) 2 (sales, alquillos)	10 (polvo) 5 (polvos, vapor) 2 (sales, alquillos)
Arsénico (As)	7440-38-2	CG0525000	varían	C 0.002, Ca	0.01, Ca
Bario(Ba)	7440-39-3	CQ8370000	0.5	0.5	0.5
Berilio (Be)	7440-41-7	DS1750000	0.002, C 0.005	0.0005, Ca	0.002, Ca
Calcio (Ca)	7440-70-2	--	varían	varían	varían
Cadmio (Cd)	7440-43-9	EU9800000	0.005	minima posible, Ca	0.01 (total), Ca 0.002 (respirable), Ca
Cobalto (Co)	7440-48-4	GF8750000	0.1	0.05 (polvo, vapor)	0.02 (polvo, vapor)
Cromo (Cr)	7440-47-3	GB4200000	0.5	0.5	0.5
Cobre (Cu)	7440-50-8	GL5325000	1 (polvo, rocío) 0.1 (vapor)	1 (polvo) 0.1 (vapor)	1 (polvo, rocío) 0.2 (vapor)
Hierro (Fe)	7439-89-6	NO4565500	10 (polvo, vapor)	5 (polvo, vapor)	5 (vapor)
Potasio (K)	7440-09-7	TS6460000	--	--	--
Lantano	7439-91-0	--	--	--	--
Litio (Li)	7439-93-2	--	--	--	--
Magnesio (Mg)	7439-95-4	OM2100000	15 (polvo) como óxido 5 (respirable)	10 (vapor) como óxido	10 (vapor) como óxido
Manganeso (Mn)	7439-96-5	OO9275000	C 5	1; STEL 3	5 (polvo) 1; STEL 3 (vapor)
Molibdeno (Mo)	7439-98-7	QA4680000	5 (soluble) 15 (total insoluble)	5 (soluble) 10 (insoluble)	5 (soluble) 10 (insoluble)
Niquel (Ni)	7440-02-0	QR5950000	1	0.015, Ca	0.1 (soluble) 1 (insoluble, metal)
Fósforo (P)	7723-14-0	TH3500000	0.1	0.1	0.1
Plomo (Pb)	7439-92-1	OF7525000	0.05	0.05	0.05
Antimonio (Sb)	7440-36-0	CC4025000	0.5	0.5	0.5
Selenio (Se)	7782-49-2	VS7700000	0.2	0.2	0.2
Estaño (Sn)	7440-31-5	XP7320000	2	2	2
Estroncio (Sr)	7440-24-6	--	--	--	--
Telurio (Te)	13494-80-9	WY2625000	0.1	0.1	0.1
Titanio (Ti)	7440-32-6	XR1700000	--	--	--
Thalio (Tl)	7440-28-0	XG3425000	0.1 (piel) (soluble)	0.1 (piel) (soluble)	0.1 (piel)
Vanadio (V)	7440-62-2	YW2400000	--	C 0.05	--
Tungsteno	7440-33-7	--	5	5 10 (STEL)	5 10 (STEL)
Itrio (Y)	7440-65-5	ZG2980000	1	N/A	1

Anexo 11. Instructivo para Calibración de Dosímetro de Polvo

	INSTRUCTIVO CALIBRACIÓN DEL DOSÍMETRO DE POLVO	CÓDIGO: IE.IE.101
		REVISIÓN: 01
		FECHA DE EMISIÓN:

5. OPERACIONES PREVIAS

Para la correcta calibración de un dosímetro de polvo mediante el calibrador de flujo, primeramente hay que revisar las conexiones (tubos) de manera que no se presenten fugas ni estrangulamientos en el tren de calibración.

De igual manera verifique que las conexiones de la jarra de calibración se encuentren en buen estado y sin fugas en las uniones. También se debe revisar que el filtro a emplear debe ser de las mismas características que el que fue utilizada en el muestreo y que se encuentre en el ciclón de forma adecuada dentro de la jarra de calibración.

5.1. Control de condiciones ambientales

Las condiciones ambientales se las registra utilizando un Termohigrómetro previamente calibrado, se lo coloca en donde se encuentra el objeto del análisis, se resetea el Termohigrómetro y después de su estabilización se tomara los datos de temperatura y humedad.

Las condiciones del laboratorio deben encontrarse a una temperatura aproximada entre $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa no mayor a 50%. Se anotarán en el Registro de Condiciones Ambientales FO.IE.101-01.

5.2. Preparación del calibrador Bios

Previo a la prueba de verificación identifique el puerto del calibrador (Succión / Presión) a utilizar de acuerdo a la aplicación que se le vaya a dar al dosímetro posteriormente. Por ejemplo, si se va a extraer aire del ambiente para hacerlo pasar a un tubo adsorbente o un filtro, conecte la línea de la bomba en el puerto de Succión, o en el caso de querer llenar una bolsa de aire para muestras de gases o vapores conecte la línea de la bomba en el puerto de Presión.

6. REALIZACIÓN DEL ENSAYO

Para realizar la calibración del flujo de aire del Dosificador de Polvo, siga las siguientes indicaciones anotando los datos de las lecturas en la hoja de toma de datos FO.IE.101-01.

- Conecte la bomba a la Jarra de Calibración conteniendo el ciclón en su interior junto con un filtro que posea las mismas características del filtro que se utilizará en terreno, con el fin de que la pérdida de carga sea la misma.
- Conecte la salida de la Jarra con la manguera de conexión al puerto de Succión del Calibrador de flujo.
- Encienda la Bomba y seleccione el tipo de medición del flujo que se desee emplear, "Single / Cont. / Burst" (Simple / Continua / Ráfaga)
- Una vez seleccionado, presione "Enter" y se observará que el calibrador empezara a realizar las lecturas.
- Mediante un destornillador de cabeza plana ajuste el flujo de aire a 1.7Lt./min.
- Revise nuevamente en el calibrador el flujo de aire obtenido.
- Registre un total de 10 lecturas de flujos y obtenga el promedio aritmético de ellos.
- Repita nuevamente una serie de 10 lecturas y obtenga el promedio aritmético de ellos.

Anexo 12. Instructivo para Mantenimiento de Dosímetro de Polvo

	INSTRUCTIVO MANTENIMIENTO DEL DOSÍMETRO DE POLVO	CÓDIGO: IE.IE.103
		REVISIÓN: 01
		FECHA DE EMISIÓN:

5. OPERACIONES PREVIAS

Para el correcto mantenimiento del Ciclón utilizado en la Dosimetría de Polvo, primeramente hay que revisar las conexiones (tubos) de manera que no se presenten fugas ni estrangulamientos, orificios o suciedad en su interior.

Se debe tener preparado un paño suave para remover cualquier impureza tales como residuos de muestreos anteriores previamente lavadas con agua tibia y jabón, dichas partes deben dejarse secar antes de ensamblarlas nuevamente.]

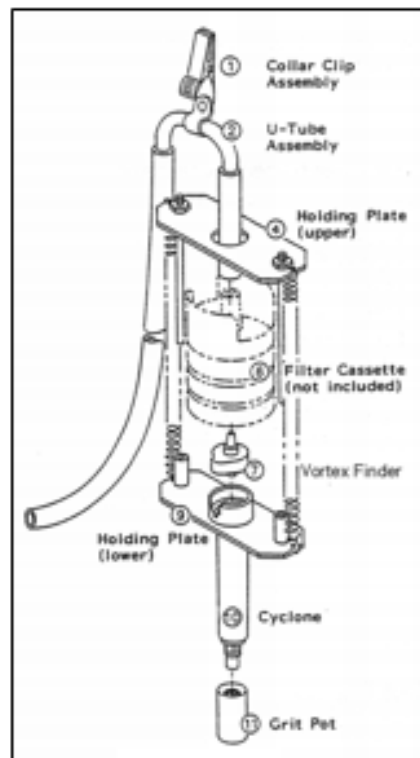
6. REALIZACION DEL MANTENIMIENTO

Se recomienda que la limpieza del ciclón sea de manera constante, mientras que la prueba de fugas debe ser realizada mensualmente en caso que por el uso se aflojen piezas que componen el ciclón.

Para realizar el mantenimiento del Ciclón del Dosificador de Polvo, siga las siguientes indicaciones anotando registrando las situaciones que se presenten de acuerdo a la Hoja de Registro de Mantenimiento FO.IE.103-01.

Instalación de Conexión Directa

- Separe los Platos Sujetadores Superior [4] e Inferior [9].
- Sitúe el cassette en el Punto de Ensamblaje del Vórtice [7] con el extremo de ingreso de aire hacia abajo mientras que el punto de salida esté posicionado de forma que atraviese el Plato Sujetador Superior [4].
- Asegure la posición del cassette en su posición dejando que el sistema sujetador se cierre.
- Conecte el Tubo Flexible [2] al extremo de salida del cassette.



Anexo 13. PG.EL.5.9. Parte A. Procedimiento para Aseguramiento de calidad de resultados

	PROCEDIMIENTO GENERAL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS RESULTADOS DE LOS CALIBRACIONES	CÓDIGO: PG.EL.5.9
		REVISION: 03
		FECHA DE EMISION:

5. DESCRIPCIÓN

5.1 Comprobación de Resultados

El registro de los datos obtenidos durante la realización de una calibración, permitirán al GT detectar su tendencia y análisis de los resultados mediante la aplicación de técnicas estadísticas.

Los resultados son revisados por el GT, repitiendo, si procede, las operaciones de cálculo, para asegurar su idoneidad. Así mismo, se responsabilizará de verificar la correcta transferencia al certificado de calibración de los datos indicados en las hojas de toma de datos, y su coherencia.

Cuando los resultados se obtienen o procesan por medios informáticos, se asegurarán los resultados por uno de los métodos siguientes:

- Verificación de la idoneidad de los parámetros y programas usados. (Ver PG.EL.5.4.7)
- Gestión informática de los registros informáticos (ver PG.EL.4.13).

En los casos que se detecten anomalías o trabajos no conformes se documentarán estas actuaciones en un registro (formato FO.PG.4.9-01) que describa las verificaciones realizadas, su resultado y el análisis y acciones correspondientes.

5.2 Control de las actividades de calibración

5.2.1 Control de Calidad externo Interlaboratorio

El Gerente Técnico coordina 1 vez al año para la realización de ejercicios de inter-comparación, ya sea con los laboratorios del país ó con laboratorios de países vecinos (acreditados o en fase de implantación de la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2005), estas inter comparaciones sigue los requerimientos de la ISO/IEC 43 con el siguiente proceso:

- Coordina con los laboratorios sobre la intercomparación que se va a llevar a cabo, indicando los parámetros y la metodología a usar.
- Luego de aceptar los parámetros y métodos recomendados se procede a definir los objetos de calibración.
- El envío de los objetos de calibración se lo realiza tomando en cuenta los procedimientos de transporte de equipos que nos indica que estos deben ir empacados de manera tal que evite su deterioro por golpes. A los objetos de calibración se adjunta un instructivo de las condiciones de realización de la calibración y la fecha máxima de envío de resultados.

Anexo 13. PG.EL.5.9. Parte B. Procedimiento para Aseguramiento de calidad de resultados

	PROCEDIMIENTO GENERAL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS RESULTADOS DE LOS CALIBRACIONES	CÓDIGO: PG.EL.5.9
		REVISION: 03
		FECHA DE EMISION:

- Se reporta el resultado promedio.
- La tabulación de los datos es realizada por el laboratorio u organizador de intercomparación.
- Para establecer la compatibilidad de los resultados entre los laboratorios se utilizará como criterio el índice de compatibilidad, tomando en consideración las incertidumbres expandidas de cada uno de los laboratorios.
- La condición de compatibilidad entre los resultados se expresará en función del índice de compatibilidad C , de la siguiente manera:

$$C \leq 1$$

En donde el índice de compatibilidad C se define de la siguiente manera:

$$C = \frac{|y_1 - y_2|}{U}$$

Donde:

$(y_1 - y_2)$ significa el valor absoluto de la diferencia

Siendo y_1 el valor estimado del error de medición del laboratorio 1

y_2 el error de medición para el laboratorio 2

Por tanto, dos laboratorios emitirán resultados compatibles si es que:

$$|y_1 - y_2| \leq U$$

Donde U es la incertidumbre expandida combinada de ambos laboratorios.

$$U = \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$$

El control de calidad externo se registrara en el formato FO.PG.5.9-02.

Cuando en algún ejercicio de inter comparación no se cumpla alguno de los criterios establecidos anteriormente $C \leq 1$ y $|y_1 - y_2| \leq U$, el GT realizará un análisis de causas con respecto a:

Condiciones ambientales, método utilizado, operador, equipos utilizados, determinando el origen que está provocando el no cumplimiento de este criterio, se tomarán las acciones correctivas necesarias y repetirá la inter comparación hasta su aprobación. El análisis y acciones correctivas en caso de realizarse quedarán registradas como observación en el formato FO.PG.5.9-02

Anexo 14. M-MA 03. Disposiciones de Higiene y Seguridad del Laboratorio de Análisis de Agua



Documentos establecidos en el Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional del SGI de la Corporación.

5. GENERALIDADES

La Corporación ha implementado dentro de su SGI el Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional bajo la Norma NTC-OHSAS 18001, el cual tiene como objetivo mejorar los controles asociados con los peligros y riesgos presentes en los lugares de trabajo que afecten la salud de los funcionarios y contratistas de la Corporación.

Sin embargo por las especificidades del CENSA adicional al soporte documental de este sistema, en el presente manual se establecen el conjunto de normas y procedimientos que aseguran el control de los riesgo de enfermedades profesionales e incidentes de trabajo que puedan atentar contra la salud y el bienestar del grupo de trabajo analítico del CENSA, clientes y visitantes; así como la conservación del medio ambiente.

La prevención de los incidentes de trabajo y enfermedad profesional es un requisito prioritario en todas las operaciones y actividades del Grupo de Trabajo Analítico (G.T.A.) del CENSA. Todos deben poseer instrucciones claras y precisas acerca de los peligros y riesgos de las sustancias y procedimientos que maneja así como la forma de evitarlos.

Adicional al responsable de Seguridad y Salud Ocupacional de la Unidad de Desarrollo Humano, en el CENSA el responsable de asegurar que se cumplan los Programas de Higiene y Seguridad en el CENSA es el coordinador técnico. Sus funciones son:

- Gestionar y optimizar el entrenamiento en seguridad para los técnicos.
- Verificar que los equipos de protección del personal estén disponibles, en buen estado y sean usados apropiadamente.
- Realizar inspecciones periódicas de los equipos de emergencia (extintor, ducha de emergencia, lavaojos).
- Adquirir y actualizar la información especializada en seguridad.
- Observar que el G.T.A. cumpla con las normas y procedimientos impartidos.
- Mantener un registro de los incidentes, inspecciones, entrenamientos, etc.
- Dejar constancia de estas inspecciones a través del **F-MA-17 "Registro Inspección Higiene y Seguridad"**.

Anexo 15. I-MA-04. Manejo y disposición de residuos líquidos



5.3.4 Manejo y Disposición de Residuos

5.3.4.1 *Reactivos Obsoletos*

Una vez se detecte por medio de su desempeño (cartas de control, cambio de color, de aspecto, etc.) que el reactivo esta degradado y no se puede utilizar, se retirará inmediatamente de uso y se colocará en el estante adecuado para tal fin ubicado en la bodega. Luego se clasifican de acuerdo con los criterios establecidos en el Decreto 4741/2005. Estos reactivos no deben estar almacenados por mas de 12 meses en la bodega del CENSA.

Posteriormente se hará consulta a una Universidad si los pueden utilizar para docencia y en este caso se hará la donación, en caso contrario continuará almacenado en el sitio especial designado para ello y se contactaran gestores para su eliminación.

5.3.4.2 *Soluciones Obsoletas*

En el caso que una solución presente problemas en su desempeño y no se pueda utilizar, se descartará de acuerdo con lo establecido en el **F-MA-52 "Manejo y Disposición de Residuos Líquidos"**.

5.3.5 Manejo de Derrames

En caso de presentarse un derrame de reactivos o soluciones se deben cubrir y absorber con el Chemizorb en polvo, el cual es recomendado para absorber productos químicos derramados independientemente de la naturaleza química de los mismos. El chemizorb absorbe hasta el 100% de su propio peso. Luego el material de absorción se pasa a una bolsa plástica para su posterior eliminación; la cual dependiendo de la sustancia puede ser disposición final en relleno sanitario o incineración.

5.3.6 Capacitación

Dentro de plan anual de capacitación se incluirá, para todos los técnicos del CENSA, temas sobre manejo de residuos peligrosos, tecnologías de disposición entre otros.

5.3.7 Recuperación en la Fuente de Cobre

Los residuos procedentes de los análisis de Nitrógeno Total contienen cobre el cual se remueve como hidróxido precipitado y una vez deshidratado se entrega a un

Anexo 16. Manual de Operación, GilAir-5 Air Sampling Systems.

CICLÓN y el conjunto de soporte del kit de casete

Introducción

El Kit de conjunto titular Gilian ciclón y casete (PNº 800061) proporciona un método sencillo para la separación centrífuga de polvo respirable de la materia particulada. El conjunto está diseñado para ser usado en un cuello de la camisa para obtener una muestra de polvo respirable de la zona de respiración.

El conjunto consiste en un conjunto de soporte de casete cargado por resorte y una Asamblea Cydome que se conecta con la entrada de una casete de filtro. El ciclón y montaje que sostiene aceptarán la mayoría de las marcas de cartuchos de filtro. El tubo de muestreo de aire se puede conectar directamente al jefe casete de filtro, o indirectamente con el uso de un adaptador de forma cónica Leur.

teoría de operación

El concepto del ciclón es separar polvo respirable de partículas de 10 micras o más. Con un muestreador de aire fija en 1,7 LPM, la entrada del ciclón dibuja en el aire y crea una acción espiral que separa las partículas más grandes de los más ligeros. olla de grano del ciclón acepta las partículas más pesadas, mientras que las partículas más ligeras (menos de 10 micras) se preparan y atrapados en el casete de filtro.

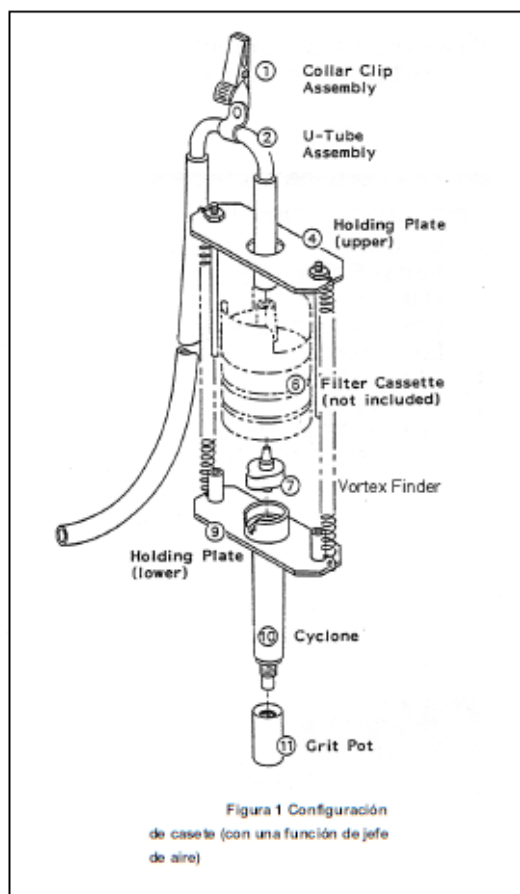
Algunos cartuchos de filtro proporcionan un jefe de manguera incorporado que le permite conectar el tubo directamente a la casete de filtro (ver Figura 1).

NOTA

El Grit Pot [11] y Vortex Asamblea Buscador [7] deben estar correctamente conectados antes de instalar el cartucho del filtro

La instalación (conexión directa)

- 1) Extender la superior [4] y Baja [9] placas de sujeción del conjunto de soporte y el asiento de la casete en la Asamblea localizador de vórtice [7] con el jefe introducción del casete hacia abajo. El jefe de salida está posicionado para venir a través de la sujeción superior Plate_ [4].
- 2) Permitir que el conjunto de sujeción para cerrar y asegurar el casete en su posición. Una el conjunto Tubos Flexibles [2] con el jefe de la salida del casete.



Anexo 17. Instructivo de Verificación y Mantenimiento del ciclón.

CICLÓN y el conjunto de soporte del kit de caseta

Mantenimiento

Limpeza y prueba de fugas del muestreador ciclón debe hacerse sobre una base regular para mantener el rendimiento. El ciclón debe limpiarse y verifica si hay partes rotas o desgastadas sobre una base diaria, y la prueba de fugas en una base mensual.

Limpeza

Desatornillar el bote de grano desde el ciclón (ver Figura 1). Vaciar la olla de grano por se vuelve boca abajo y dando golpecitos suavemente sobre una superficie sólida.

Las partes de ciclones deben limpiarse en agua jabonosa caliente. Todas las partes deben dejarse secar antes de volver a montar.

PRECAUCIÓN

NUNCA inserte nada en el ciclón que pueda rayar las superficies interiores.

Inspección

El localizador de torbellino, cuerpo de tipo ciclón, la olla de grano y la olla de grano junta tórica (véase la figura 1) deben ser inspeccionados por desgaste, grietas o daños. Reemplazar las piezas desgastadas o dañadas, ya que pueden poner en peligro el rendimiento del ciclón.

Prueba de fugas

Las pruebas de fugas se puede realizar de dos maneras diferentes. La primera prueba es una prueba de campo simple que comprueba para grandes fugas en todo el conjunto.

Prueba de campo

Una el muestreador ciclón con filtro instalado a un GIIAir-3 cargada, GIIAir-5, HFS-513 o Gillan 3500 bomba (u otra bomba de flujo constante). **Funcionar la bomba a 1,7 LPM (± 5%). Bloquear la entrada del ciclón con el dedo o pulgar.** La bomba debe acelerar y entrar en su modo de fallo, haciendo que el Indicador de fallo para iluminar.

NOTA

Esta prueba también se puede ejecutar usando una bomba de flujo constante no (por ejemplo BDX II). Esto se puede hacer mediante la observación de la parada de la bomba y viendo la caída de la bola rotámetro a la parte inferior del eje. Sin embargo, debido al control de flujo apretado requerido para el muestreo de ciclón, se recomienda que las muestras se recogieron usando una bomba de control de flujo constante.

Banco de pruebas

Un banco de prueba más exhaustiva comprueba las partes individuales del sistema y se puede realizar usando un manómetro, un bulbo aspirador, y la tubería.