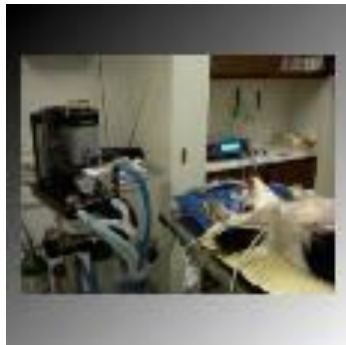


REGLAMENTO TÉCNICO PARA EVALUACIÓN DE GASES ANESTÉSICOS



Reglamento Técnico para
Evaluación de Gases Anestésicos

DIRECCIÓN

José Manuel López Camargo

REDACCIÓN DEL TEXTO

Edna Iveth Leguizamón Amaya
Omar Enrique Restrepo Padilla

INTERVENTORIA

Unidad de Interventoría
Facultad de Salud Pública
Universidad de Antioquia

2002

***REGLAMENTO TÉCNICO
PARA EVALUACIÓN DE
GASES ANESTESICOS***



JUAN LUIS LONDOÑO DE LA CUESTA
MINISTRO DE SALUD
ENCARGADO DE LAS FUNCIONES
DEL DESPACHO DEL
MINISTRO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL

LUZ STELLA ARANGO DE BUITRAGO
VICEMINISTRA
MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL

JOSE VICENTE CASAS DÍAZ
SECRETARIO GENERAL

NESTOR ARTURO HERRERA ARENALES
DIRECTOR GENERAL DE SALUD
OCUPACIONAL Y RIESGOS
PROFESIONALES



JOSÉ MANUEL LOPEZ CAMARGO
DIRECTOR GENERAL

EDNA IVETH LEGUIZAMON AMAYA
INGENIERA ESPECIALISTA
EN GERENCIA AMBIENTAL

OMAR ENRIQUE RESTREPO PADILLA
INGENIERO ESPECIALISTA
EN HIGIENE INDUSTRIAL

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	13
2. OBJETO	15
3. CAMPO DE APLICACIÓN	17
4. FUNDAMENTO DEL METODO	19
5. CONTENIDO ESPECÍFICO DEL REGLAMENTO TECNICO	21
DEFINICIONES	21
ACTUACIÓN EN HIGIENE INDUSTRIAL	23
RECONOCIMIENTO	24
<i>procedimientos para el reconocimiento</i>	25
<i>Priorización Cualitativa</i>	29
<i>Informe Final del Reconocimiento</i>	31
ELECCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO A MUESTREAR	31
<i>Muestreo ambiental (de área)</i>	31
<i>Muestreo personal</i>	32
ELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MUESTREO	33
ELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DEL TREN DE MUESTREO	35
CÁLCULO DEL VOLÚMEN MÍNIMO REQUERIDO	36
EQUIPOS PARA REALIZAR EL MUESTREO	37
<i>Bombas de Muestreo</i>	37
<i>Porta Tubos</i>	38
<i>Medios de Retención</i>	39
<i>Equipos de calibración</i>	40
<i>Cargadores</i>	41
<i>Otros Accesorios</i>	42
<i>Mantenimiento de Equipos</i>	42
<i>Equipos de lectura directa</i>	42
CALIBRACIÓN DEL TREN DE MUESTREO	43
<i>método de Burbuja</i>	43
<i>metodo de uso del Equipo Electrónico de Burbuja</i>	44
<i>Cálculo del Caudal del Tren de Muestreo</i>	45
<i>Corrección de Caudales de Calibración</i>	45
<i>Post Calibración</i>	46
INSTALACIÓN DE TUBOS ADSORBENTES	47
<i>Instalación de Un Tubo Adsorbente en el Portatubos</i>	47
<i>Instalación de Dos tubos Adsorbentes en serie en el Portatubos</i>	47
TÉCNICA DE MUESTREO	48
<i>Preparación para ingreso a las áreas de cirugía</i>	48
<i>Ubicación del Tren de Muestreo en el trabajador (Muestreo personal)</i>	48
<i>Ubicación del Tren de Muestreo en la Zona (Muestreo ambiental):</i>	50
<i>Recolección de la Muestra</i>	50
<i>Número mínimo de muestras</i>	51
<i>recolección de las muestras "Blanco"</i>	51
<i>Identificación de la Muestra</i>	51
<i>Muestras rechazadas</i>	52
TRANSPORTE DE MUESTRAS AL LABORATORIO	52
ANÁLISIS DE LABORATORIO	52

CONCENTRACIÓN DEL GAS ANESTÉSICO	52
ERRORES DE LAS MEDICIONES.....	53
VALORES LÍMITE PERMISIBLES.....	55
<i>Valor límite permisible corregido por tiempo de exposición</i>	55
<i>Valor límite corregido por temperatura y presión</i>	56
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	57
<i>Criterio estadístico</i>	57
<i>Nivel de Intervención (NIOSH)</i>	62
<i>Registro y Notificación</i>	62
MÉTODOS DE CONTROL PARA GASES ANESTÉSICOS	62
<i>Controles de ingeniería</i>	63
<i>Prácticas de Trabajo</i>	64
<i>Controles administrativos</i>	65
<i>verificación de controles</i>	65
6. IDONEIDAD DEL HIGIENISTA	67
7. VIGILANCIA Y CONTROL.....	69
8. REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN	71
9. DEROGATORIA.....	73
10. VIGENCIA	75
11. RÉGIMEN SANCIONATORIO.....	77
12. BIBLIOGRAFÍA	79
13. ANEXOS.....	83

LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Distribución de planta de un local quirúrgico	27
Figura 2. Representación Gráfica de los Muestreos	35
Figura 3. Bomba Portátil	37
Figura 4. Porta Tubos Gemini y Accesorios	38
Figura 5. Portatubos Unico y Regulador de Flujo	39
Figura 6. Tubo con material adsorbente	40
Figura 7. Calibrador de Burbuja (primario)	40
Figura 8. Calibrador Electrónico de Burbuja	41
Figura 9. Calibrador Electrónico de Burbuja	41
Figura 10. Calibrador Seco (Dry Cal)	41
Figura 11. Cargadores para Bomba De Muestreo.....	42
Figura 12. Esquema Calibración de Tren de Muestreo por el Método de Burbuja	43
Figura 13. Instalación de un tubo en el Portatubos Gémini	47
Figura 14. Dos tubos adsorbentes en serie	48
Figura 15. Ubicación del tren de muestreo en el trabajador (Portatubos Unico)	49
Ubicación del tren de muestreo en el trabajador (Portatubos Gémini)	49
Figura 17. Ubicación del tren de muestreo en la zona (Ambiental).....	50
Figura 18. Efecto del número de muestras consecutivas de periodo completo para la demostración de No conformidad cuando el criterio de prueba es del 50%	59
Figura 19. Influencia del número de muestras y el tiempo cubierto en el muestreo para demostración de No Conformidad.....	60
Figura 20. Efecto del número de muestras puntuales para la demostración de conformidad.....	61
Figura 21. Clasificación de acuerdo a los límites de confianza	62

LISTA DE TABLAS

<i>TABLA I. Nivel de Efecto en la Salud de los Factores de Riesgo Ocupacionales</i>	29
<i>TABLA II. Tipo de Exposición a los Factores Riesgos Ocupacionales,</i>	30
<i>TABLA III. Matriz de Trascendencia para Calificación Cualitativa de los Factores de Riesgo,</i>	30
<i>TABLA VI. Propiedades físicas del Aire a Diferentes Alturas</i>	46

1. INTRODUCCIÓN

La exposición a gases y vapores anestésicos se presenta principalmente en el sector salud en los procedimientos quirúrgicos que se llevan a cabo en salas de cirugía, tratamientos odontológicos y cirugías veterinarias. La anestesia inducida por inhalación a base de innumerables técnicas de anestesia general de uso común. También es posible recurrir a la inducción intravenosa por conducción.

Los gases anestésicos incluyen dos clases diferentes de químicos: óxido nitroso y agentes halogenados. Los agentes halogenados actualmente en uso incluyen el Halotano (Fluothane®), Enflurano (Ethrane®), Isoflurano (Forane®), Desflurano (Suprane®) y Sevoflurano (Ultane®). El Metoxiflurano (Penthrane®), en alguna ocasión de uso general, es ahora utilizado principalmente en procedimientos veterinarios.

Este reglamento técnico describe el equipo y los procedimientos necesarios para la evaluación de gases anestésicos empleando sólidos adsorbentes y bombas de muestreo personal, señalando la técnica analítica de laboratorio más adecuada.

Así mismo, el reglamento incluye los procedimientos de calibración de los equipos y las medidas aplicables para el control de los contaminantes químicos en forma de gases anestésicos.

Como parte de las políticas de mejoramiento continuo en Prevención de Riesgos, la aplicación de estos procedimientos de evaluación de contaminantes se ajusta a los lineamientos establecidos por las normas referentes a los Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional (Norma Técnica Colombiana OHSAS 18000) y Sistemas de Gestión Ambiental (Norma Técnica Colombiana - ISO 14000) en cuanto a intervenir las condiciones de riesgo generadas por contaminantes químicos mediante la ejecución de programas de monitoreo y medición que deben incluir las instituciones de prestación de servicios de salud que desean ser certificadas,

2. OBJETO

Este reglamento técnico permite conocer, a partir de la obtención de las concentraciones ambientales, el grado de riesgo al cual se encuentra expuesto el personal que manipula gases anestésicos como parte de su actividad laboral, en tal sentido describe el procedimiento que comprende los pasos necesarios para evaluar gases anestésicos presentes en el ambiente de trabajo y en particular en actividades realizadas por médicos, paramédicos y auxiliares, en las distintas salas de procedimientos quirúrgicos.

Este reglamento constituye una herramienta útil para actuar en el campo del mejoramiento de las condiciones de trabajo y de salud existentes en los diferentes procedimientos quirúrgicos de uso médico, odontológico y veterinario, ya que proporciona los parámetros técnicos que son necesarios para identificar, evaluar y controlar estos gases.

También, brinda al Sistema General de Riesgos Profesionales del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, una herramienta útil para la verificación de la correcta aplicación de los procedimientos de evaluación de estos contaminantes

Como parte de los objetivos de prevención y promoción de la salud del trabajador expuesto, constituye un mecanismo fundamental para el Sistema General de Riesgos Profesionales, en el sentido que suministra información necesaria para tomar decisiones más acertadas, en torno a la evaluación de exposición ocupacional y ambiental a gases anestésicos con el fin de evitar la aparición de enfermedades profesionales.

Además, representa una guía de utilidad para los profesionales y técnicos que realicen este tipo de evaluaciones.

3. CAMPO DE APLICACIÓN

Este reglamento tiene aplicación directa en todo puesto y lugar de trabajo en el cual se den actividades de manipulación de gases anestésicos. En particular aplica en la evaluación de condiciones de trabajo en instituciones prestadoras de servicios de salud que llevan a cabo procedimientos quirúrgicos a nivel médico, odontológico y veterinario.

Como campo de aplicación se encuentran todas las empresas que proyecten programas de intervención del riesgo sobre la exposición ocupacional a gases anestésicos y cuyo interés se oriente a prevenir la ocurrencia de enfermedades profesionales en sus trabajadores.

En este documento se describen los pasos a seguir para determinar los niveles de concentración de gases anestésicos presentes en el ambiente laboral. Aplica en las instituciones prestadoras de servicios de salud de toda índole y que realizan procedimientos con el manejo de estos gases principalmente en las fases de tratamiento de enfermedades. En tal sentido, este reglamento es aplicable en la evaluación de exposición a gases y vapores anestésicos, durante la realización de procedimientos quirúrgicos en salas de cirugía.

El presente reglamento es aplicable en la determinación de concentraciones de gases y vapores anestésicos en los que se utilizan tubos con sólidos adsorbentes, como medios de captación, según lo establecido por OSHA en Higiene Industrial.

Los gases anestésicos que son considerados en este reglamento técnico son:

- Enflorano (Ethrane)
- Halotano (Fluotano)
- Isoflurano (Forane, Isorane)

Este reglamento es aplicable en todo el territorio nacional a todo lugar de trabajo donde se realicen procedimientos quirúrgicos, cualquiera que sea la forma jurídica de la empresa.

4. FUNDAMENTO DEL METODO

El método se basa en la conexión de equipos calibrados y accesorios de muestreo, el cual está conformado principalmente por una bomba de muestreo personal calibrada entre 0.05 a 0.1 L/min (Métodos OSHA 29/91, OSHA-103/94) y uno o dos tubos de vidrio (según el gas objeto de evaluación) con dos secciones de sólido adsorbente (carbón activo), por el que se hace pasar un volumen conocido de aire. Los tubos se colocan en portatubos de diferentes modelos. Las muestras se analizan por medio de procedimientos de cromatografía de gases con detector de ionización de llama, previa desorción de la sustancia retenida en el sólido adsorbente.

Adicionalmente, el método está de acuerdo con las disposiciones legales existentes en cuanto a evaluación de contaminantes en los ambientes de trabajo y la realización de actividades de promoción y prevención en función de la salud del trabajador expuesto a factores de riesgo químicos. Este soporte legal comprende lo siguiente:

- Resolución 2400/79 Cáp.9. (Art.155-156): Contaminación Ambiental
- Ley 9/79 (Art.110): De los Valores Límites en lugares de trabajo
- Decreto 614/84 Cáp.2, Art.24: Responsabilidades de los Empleadores y Art. 28: Programas de Salud Ocupacional en las Empresas.
- Decreto 1295/94 Cáp.6 (Art.56-57): Prevención y Promoción de Riesgos Profesionales

El método también toma en consideración la información científica existente publicada por entidades reconocidas como NIOSH, OSHA, ACGIH, Instituto de Salud Pública de Chile, Fundación Mapfre, Moreno C. Rafael & Mañas A Justo, entre otras.

Este reglamento describe varias alternativas sobre la tecnología existente en bombas de muestreo, portatubos reguladores y calibración electrónica, en tal sentido las entidades que evalúen gases anestésicos pueden considerar diferentes opciones para realización del muestreo, así como equipos de lectura directa como podrían ser los cromatógrafos portátiles.

5. CONTENIDO ESPECÍFICO DEL REGLAMENTO TÉCNICO

DEFINICIONES

A

- **ACGIH:** Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales.
- **Adsorción:** Fenómeno físico - químico que ocurre en el cuerpo del material retenedor o adsorbente.
- **Anestesiólogo:** Personal encargada de administrar el gas anestésico al paciente.
- **Auxiliares:** Personal encargado en la cirugía de asistir al cirujano.

B

- **Bomba de muestreo:** Equipo que permite muestreo personal y ambiental con un caudal calibrado en un margen determinado para cada tipo de contaminante, asegurando una exactitud del $\pm 5\%$. Su funcionamiento radica en la aspiración de volúmenes de aire a un caudal específico.
- **Bomba de muestreo de bajo flujo:** Bomba de muestreo digital que permite la calibración de caudales entre 0.05 y 0.1 LPM, márgenes recomendados cuando se realizan muestreos de gases anestésicos.

C

- **Calibración:** Determinación de los valores exactos de la escala de un instrumento de medida.
- **Calibrador de Burbuja:** Equipo empleado para ajustar el caudal de una bomba de muestreo mediante el uso de una burbuja de jabón.
- **Calibrador Seco:** Equipo similar al anterior en el que se suprime la burbuja de jabón por un sistema de émbolo.
- **Carbón Activado:** Carbón generalmente de cáscara de coco o base de petróleo sometido a un proceso de activación para la retención por adsorción de sustancias en forma de gas o vapor.
- **Cirujano:** Persona encargada de realizar el procedimiento quirúrgico
- **Contaminante:** Cualquier sustancia tóxica presente en el aire y que es capaz de generar daño a la salud.
- **Cromatografía de Gases:** Proceso físico - químico de separación en dos fases de los componentes de una muestra objeto de análisis.
- **Caudal:** Volumen de un fluido que se desplaza entre dos señales cualquiera en un tiempo determinado, se expresa en litros/minuto o en metros cúbicos minuto.

D

- **Desorción:** Procedimiento mediante el cual, la sustancia retenida por adsorción en el medio de soporte es extraída de este por otra sustancia denominada desorbente.

CONTENIDO ESPECÍFICO DEL REGLAMENTO TÉCNICO

E

- **Enfermera circulante:** Persona responsable de todo el funcionamiento del quirófano antes, durante y después del procedimiento quirúrgico.
- **Evaluación Ambiental:** Es la emisión de un juicio basado en la observación, medición de la magnitud de un agente de riesgo y la comparación del resultado con criterios higiénicos preestablecidos.

F

- **Formato de Reconocimiento:** Instrumento mediante el cual se registran datos previos a la realización de una evaluación de un contaminante. Ver ANEXO No. 1 FORMATO DE RECONOCIMIENTO

G

- **Gas Anestésico:** Sustancia química utilizada con dos fines básicos: Primero: La producción del estado de inconsciencia y consiguiente insensibilidad al dolor. Segundo: La pérdida del movimiento, un campo relajado en el que el cirujano puede trabajar mejor, en beneficio propio y del paciente.

M

- **Máquina de anestesia:** Es el equipo utilizado para suministrar y obtener los gases anestésicos al sistema respiratorio del paciente.
- **Muestra Ambiental:** Es la muestra que se obtiene de una zona determinada o del ambiente general.
- **Muestra Personal:** Es la muestra recogida a un trabajador en particular a quien se le coloca el dispositivo de muestreo.
- **Muestra Blanco:** Se considera "Blanco" al tubo que se somete a las mismas manipulaciones que el resto de los tubos muestreados, excepto que no se pasa aire a través de él.

N

- **NIOSH:** National Institute for Occupational Safety and Health.

O

- **OSHA:** Occupational Safety and Health Administration.
- **Oxido Nitroso:** Sustancia gaseosa que puede usarse como un agente anestésico en operaciones médicas dentales y veterinarias, pero más comúnmente usado como un vehículo para otros agentes anestésicos más potentes.

P

- **Partes por millón:** Expresa la proporción entre las unidades de volumen de un contaminante(gas o vapor) por cada millón de unidades de volumen de aire que lo contiene.
- **Portatubo Regulador de Flujo:** Elemento diseñado para graduar el caudal de flujo recomendado, a través de los tubos de captación.
- **Precisión:** La precisión de una medida es la suma de todos los valores de los errores absolutos cometidos al efectuar una medición.

R

- **Reconocimiento:** Etapa de la Higiene Industrial dirigida a identificar los agentes de riesgo que se originan en el lugar de trabajo.
- **Rotámetro:** Instrumento utilizado para medición de flujo, se basa en el desplazamiento de una esfera a través de una cavidad cilíndrica transparente, la cual se encuentra señalizada en una escala lineal dada en L/min.

S

- **STEL:** Short Time Exposure Limit – Límite de Exposición de Corta Duración, que refleja la máxima concentración a que puede exponerse el trabajador, de forma continua durante periodos de quince (15) minutos, siempre que no existan mas de cuatro de tales periodos al día y que los intervalos entre los mismos sean de al menos, sesenta minutos y además cuidando que el TLV para la jornada diaria no se sobrepase.

T

- **Tren de Muestreo:** Conjunto formado por la bomba, la manguera conectora y el portatubo regulador con el tubo que contiene carbón activado.
- **Tubos adsorbentes:** Tubos que contienen sustancias adsorbentes dispuestas en forma de una, dos o tres porciones de pesos variables, separadas mediante espacios apropiados. Estos tubos suelen estar cerrados a la llama y vienen provistos de dos tapones para su protección, una vez efectuado el muestreo.
- **TLV-TWA (Threshold Limit Value-Time Weighted Average) :** Corresponde a los valores definidos por la ACGIH para jornadas de 8 horas diarias o 40 horas semanales, a los que repetidamente pueden estar expuestos casi todos los trabajadores a lo largo de toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos.

V

- **Validez:** Es una característica o propiedad de una medición importante y siempre es deseable que esté presente en una medición, hace referencia a si la medición mide realmente lo que se quiere medir.
- **Valor Límite Permisible (TLV-Threshold Limit Value):** Concentración de un contaminante por debajo de la cual se espera que la mayoría de los trabajadores puedan exponerse repetidamente, día tras día sin sufrir efectos adversos en la salud.
- **Vaporizador anestésico:** Instrumento diseñado para facilitar el cambio del agente anestésico de su fase líquida a gaseosa.

ACTUACIÓN EN HIGIENE INDUSTRIAL

Dentro de la higiene industrial se pueden distinguir cuatro etapas fundamentales, en las que se enfocan las actividades desarrolladas por esta disciplina, en la búsqueda del mejoramiento de las condiciones en las que los trabajadores desempeñan su labor. Estas etapas fundamentales son:

- a) Estudio de los contaminantes, para determinar las relaciones dosis – respuesta, relacionadas directamente con el hombre, a través de estudios y experimentaciones, con el fin de establecer unos valores estándar de concentración. Esta etapa de la higiene es conocida como Higiene Teórica.

CONTENIDO ESPECÍFICO DEL REGLAMENTO TÉCNICO

- b) Estudio de la situación higiénica en el lugar de trabajo, para tal fin se realiza el análisis del puesto de trabajo, la detección de los contaminantes y tiempo de exposición, toma de muestras y comparación de los resultados con los valores establecidos. A esta etapa se le conoce como Higiene de Campo.
- c) Investigación y determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes presentes en el ambiente de trabajo. Esta etapa se conoce como Higiene Analítica y se encuentra estrechamente relacionada con la higiene teórica y la higiene de campo.
- d) Elección y recomendación de los métodos de control que deben ser implementados para reducir los niveles de concentración presentes en el ambiente de trabajo hasta valores no perjudiciales para la salud.

El contenido de los capítulos del reglamento, está dirigido a la Higiene de Campo aplicada a la evaluación de los Gases Anestésicos generados en salas de cirugía, tratamientos odontológicos, y clínicas veterinarias, estableciendo los métodos para el reconocimiento, elección de lugares donde se debe realizar el muestreo y número de muestras que deben ser tomadas, para que los resultados obtenidos por el Higienista industrial en el proceso de evaluación del contaminante, cumpla con los requisitos necesarios de precisión, exactitud y fiabilidad.

RECONOCIMIENTO

A partir de las políticas de prevención y promoción de la salud de los trabajadores, que toda empresa debe plantear se siguen objetivos en materia de control de la exposición a contaminantes químicos. Para ello se requiere implementar programas de Higiene Industrial, la cual conduce a la ejecución de varias etapas.

De esta manera el reconocimiento es una de las etapas de la Higiene Industrial que permite identificar en forma previa a la toma de muestra, la información directa y objetiva de las condiciones presentes en campo, es decir en el sitio de la medición.

Esta información se obtiene por personas con conocimiento sobre los procesos que requieren el uso de gases anestésicos y los riesgos para la salud que se puedan presentar como resultado de su inhalación. Se destaca que la realización de estos procedimientos exige observadores con formación y experiencia en Higiene Industrial, de otra forma se corre el riesgo de obtener desviaciones de una realidad objetiva.

Esta información de reconocimiento es de mayor utilidad cuando es suministrada por personal con conocimiento en la manipulación, transporte y/o almacenamiento de gases anestésicos, en el uso de estos gases como parte de la ejecución de su trabajo o en la operación de equipos de suministro.

REGLAMENTO TÉCNICO PARA LA EVALUACIÓN DE GASES ANESTÉSICOS

Como parte de las actividades de reconocimiento se analizan los momentos en los cuales se da la exposición durante la realización de un procedimiento quirúrgico. En tal sentido, la exposición a gases anestésicos, se hace presente en ocasiones como¹:

- Verificaciones de inicio (ventilación manual y mecánica)
- Llenado de vaporizadores
- Prácticas de trabajo inapropiadas
- Durante la operación de la máquina de anestesia (escapes en uniones, sellos defectuosos, conexión inadecuada de accesorios, instalación defectuosa de vaporizadores)
- Incorrecto ajuste de la mascarilla de suministro del gas
- Escapes en la aplicación endotraqueal especialmente en niños
- Salida de gases y vapores residuales

PROCEDIMIENTOS PARA EL RECONOCIMIENTO

Toda investigación en Higiene Industrial debe partir necesariamente con un reconocimiento del lugar de trabajo².

El reconocimiento puede estar dirigido a cubrir todos los componentes del procedimiento quirúrgico, u orientado solo a una parte específica del mismo, también se acostumbra a realizar para verificar el cumplimiento de normas o de recomendaciones formuladas encaminadas a corregir condiciones insalubres observadas en visitas de inspecciones o estudios anteriores.

En el reconocimiento de salas de cirugía, se pueden diferenciar dos tipos de actividades de terreno de acuerdo al objetivo que se persiga en cada uno de ellos, de esta manera se plantean: a) Actividades de reconocimiento general y b) Actividades de reconocimiento dirigidas a un aspecto específico.

La identificación de puntos críticos en la evaluación de gases anestésicos en los lugares de trabajo debe cubrir todos las etapas desde el paso del gas anestésico del recipiente contenedor al sitio de aplicación, el posterior suministro al paciente, incluyendo los medios que existen para evacuación del gas, hasta finalizar el procedimiento. También debe cubrir aquellos lugares cercanos a las zonas quirúrgicas, en donde exista sospecha de la existencia residual de gases anestésicos y que impliquen exposición ocupacional.

Es necesario comprender el proceso para reconocer en qué sitios se dan posibilidades de escape del gas anestésico y en qué momentos es generado.

Se requiere también, identificar la programación de los diferentes horarios sean diurnos o nocturnos, así como los turnos de trabajo con más de 8 horas diarias y los períodos semanales totales de trabajo.

El reconocimiento es la base para la planeación del muestreo, en el sentido en que establece parámetros locativos, temporales, técnicos y de procedimiento, para orientar la decisión sobre los puestos de trabajo a muestrear, la estrategia de muestreo a utilizar o el tipo de muestreo a realizar (personal, zona respiratoria, otros)

Las personas responsables de realizar un reconocimiento, deben preparar previamente su trabajo o sea detallar cuidadosamente los procedimientos a seguir en su ejecución³. Se identifican claramente unas etapas que comprenden una serie de actividades para cumplir con un adecuado

¹ OSHA: Anesthetic Gases: Guidelines for Workplace Exposures

² Haddad. R. Curso de Higiene Industrial. Encuesta de Reconocimiento. Universidad Nacional. OPS. Ministerio de Salud Bogotá Colombia 1968

³ Universidad del Bosque. Salud Ocupacional. Procedimientos para el Reconocimiento. Bogotá, Colombia. 2000

CONTENIDO ESPECÍFICO DEL REGLAMENTO TÉCNICO

reconocimiento de los lugares de trabajo, estos se enmarcan en tres grandes grupos a saber: a) Actividades previas al reconocimiento, b) Actividades durante el reconocimiento, c) Actividades posteriores al reconocimiento.

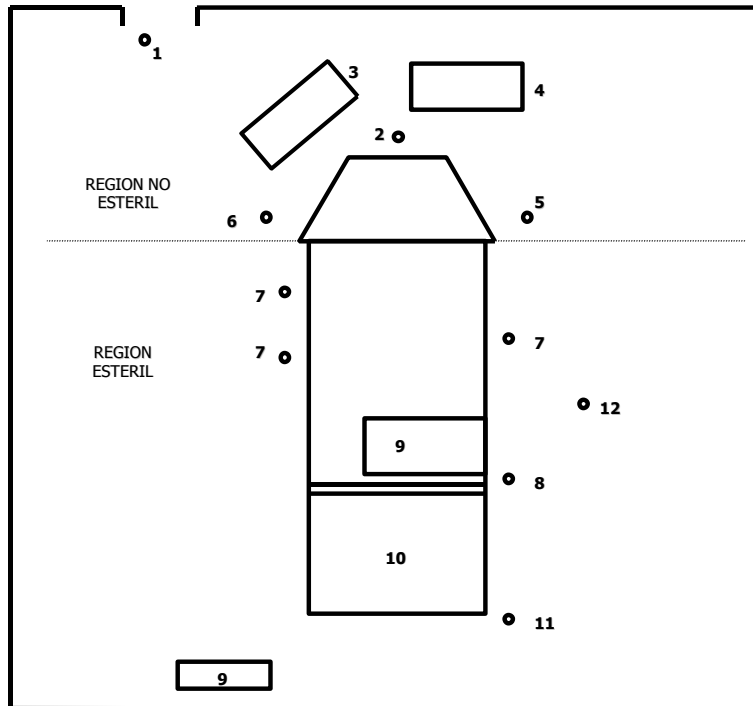
Actividades Previas a la Visita de Reconocimiento

Antes de ingresar a las áreas de evaluación es necesario llevar a cabo los siguientes pasos:

- 1) Establecer el objetivo de la visita de reconocimiento.
- 2) Revisar la documentación bibliográfica existente en relación con la operación a evaluar, la cual involucra la presencia de gases anestésicos y en particular de los posibles riesgos generados en esa operación. Esta revisión bibliográfica previa comprende:
 - a) Hoja de seguridad del gas anestésico
 - b) Principios de anestesia general
 - c) Operaciones y procesos que intervienen
 - d) Posibles riesgos generados
 - e) Normas o disposiciones legales vigentes.
 - f) Aparatos de anestesia por inhalación
 - g) Aspectos diferenciales sobre efectos en la salud.
- 3) Conocer las características de la máquina de anestesia.
- 4) Requerir información complementaria a entidades.
- 5) Realizar el contacto preliminar con la entidad interesada, asegurarse de informar la fecha y hora de la evaluación al supervisor o jefe del área en cuyas instalaciones se va a realizar el muestreo. Excepto, en el caso que se trate de una visita para verificar cumplimiento de normas realizada por autoridades competentes de inspección, vigilancia y control.
- 6) Definir recursos que requiera la visita de reconocimiento.

En la siguiente figura se da una orientación al higienista, sobre la localización física de puntos para realizar el muestreo, como son: la máquina de anestesia, el anesthesiólogo, los cirujanos, entre otros. En esta figura se diferencian dos regiones: Estéril y No Estéril. Es importante hacer reconocimiento previo de los requisitos necesarios de asepsia ya sea en un área estéril o no estéril, para ingresar elementos a la sala de cirugía, entre ellos, los equipos de muestreo. Estos requisitos se obtienen de los Protocolos de Bioseguridad definidos para el hospital a evaluar.

Figura 1. Distribución de planta de un local quirúrgico⁴



SIN ESTERILIZAR	ESTÉRILES
1. Puerta 2. Anestesiólogo 3. Máquina de anestesia 4. Mesa de anestesia 5. Solución estándar 6. Soporte para equipos	7. Cirujanos y ayudantes 8. Enfermera ayudante de campo 9. Mesitas de mayo 10. Mesa de instrumentos 11. Soporte para palangana de instrumentos 12. Soporte para palangana de mano

Actividades Durante la Visita de Reconocimiento.

La evaluación de gases anestésicos depende de la información que sea recogida en el lugar de la evaluación. Es importante solicitar acompañamiento e información de personas que tengan mayor conocimiento acerca de la actividad que se va a evaluar (médicos cirujanos, anestesiólogos, instrumentadores y demás personal del quirófano) y revisar los siguientes aspectos:

- 1) Registros. Deben ser escritos en forma completa y de forma inmediata en el sitio inspeccionado y nunca se deben dejar para el final del reconocimiento. Se recomienda utilizar el ANEXO No. 1- FORMATO DE RECONOCIMIENTO y se deben tener en cuenta lo siguiente:
 - a) Datos generales (Nombre de la entidad, número de personas expuestas)
 - b) Identificación del Gas anestésico a evaluar (Hoja de Seguridad)
 - c) Equipos empleados para el suministro de gases anestésicos

⁴ Yeager, M.E., **Técnicas en el Quirófano**. Agencia para el Desarrollo Internacional (AID), México 1982

CONTENIDO ESPECÍFICO DEL REGLAMENTO TÉCNICO

- d) Características generales de operación del equipo de suministro del gas (ubicación del recipiente del gas anestésico, ubicación de vaporizadores, válvulas reductoras, recorrido del gas anestésico, aspiración de gases residuales, encendido, regulación, apagado, monitores de indicación de nivel de suministro o interrupción del flujo)
 - e) Intervención quirúrgica a realizar
 - f) Selección y planeación de la técnica de anestesia (tiempos estimados que se manejarán con el paciente, etapas de suministro o interrupción del flujo)
 - g) Controles existentes (suministro, extracción)
 - h) Mantenimiento (de equipo de suministro y/o de instalaciones)
 - i) Croquis: Elaborar un bosquejo del lugar de muestreo, teniendo en cuenta ubicación de los equipos, sistemas de ventilación o extracción, ubicación del personal expuesto, puntos de muestreo y dimensiones del sitio.
 - j) Precauciones especiales que el higienista debe tener durante la medición (distancias de seguridad, restricción de conductas, uso de dotación de ropa especial)
- 2) El ANEXO No. 1- FORMATO DE RECONOCIMIENTO, se diligencia completamente; en el caso que en algún tipo de información no quede completa, se hará la anotación, para obtenerla posteriormente.
 - 3) Se debe pedir una ampliación de la información para aquellas condiciones no entendidas. En el caso de usos en el sector salud, es de gran ayuda la participación de los médicos, cirujanos, anestesiólogos y aún de trabajadores experimentados.
 - 4) Es necesario observar cuidadosamente cada una de las operaciones y procesos para identificar los riesgos actuales o potenciales que puedan derivarse y con el número de expuestos a los diferentes riesgos.
 - 5) Se recomienda realizar observación de las prácticas de trabajo e indagar al personal del quirófano sobre las principales incomodidades en su lugar de trabajo, en especial sobre el manejo de los gases anestésicos.
 - 6) Se deben observar los sistemas utilizados para el control de gases anestésicos y emitir si es posible un concepto preliminar a cerca de ellos, mediante una calificación de los sistemas de extracción y ventilación existentes.
 - 7) En casos necesarios, se pueden hacer algunas determinaciones preliminares como pauta para evaluaciones detalladas.
 - 8) Es aconsejable que toda esta labor de reconocimiento, se realice sin ningún apresuramiento, debido a que todos estos datos proporcionarán el material para una correcta evaluación de los gases anestésicos.

Actividades Posteriores al Reconocimiento

Después de la realización del reconocimiento del lugar de trabajo, deberá analizarse la totalidad de la información de reconocimiento para determinar los puntos de muestreo, las etapas de suministro o interrupción del flujo y aspectos relevantes que deben tenerse en cuenta para la realización del mismo.

PRIORIZACIÓN CUALITATIVA

Se realiza con base en los resultados de realizar una comparación entre los valores cuantitativos o cualitativos de los factores de riesgo existentes en cada punto. Estos se obtienen a partir de 3 variables (magnitud, trascendencia, factibilidad de evaluación y control).

En tal sentido, se tienen en cuenta los lineamientos recomendados por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) adaptados como se describe a continuación:

Magnitud

Tamaño de la población expuesta a cada factor de riesgo: según el número de trabajadores.

Trascendencia

La trascendencia se establece relacionando el nivel del efecto en la salud y del tipo de exposición, así:

Nivel del efecto en la salud: Estimación dada por la toxicidad potencial del gas anestésico. Considera también efectos agudos o crónicos.

Tipo de exposición: Combina frecuencia y duración de la exposición en la jornada con un estimativo del nivel de la contaminación.

En tal sentido, la trascendencia se determina a partir de los valores definidos en la TABLA I y la TABLA II, como sigue:

TABLA I. Nivel de Efecto en la Salud de los Factores de Riesgo Ocupacionales⁵

NIVEL DE EFECTO	DETALLE
0 = Nulo:	No se describen efectos permanentes en salud No requiere tratamiento. No causa incapacidad
1 = Leve:	Efecto reversible, posibles consecuencias. Usualmente no necesita tratamiento para recuperación. Incapacidad rara
2 = Serio:	Efectos severos reversibles. Requiere tratamiento para recuperación. Produce incapacidad.
3 = Crítico:	Efectos irreversibles. No tratable. Cambia estilo de vida para adaptarse a la discapacidad.
4 = IDLH:	Inmediatamente peligroso para la vida y la salud. Incapacidad total. (Immediately Dangerous for Life or Health).

⁵ TALTY, J.T. P.E. Industrial Hygiene Engineering Recognition, Measurement, Evaluation and Control Ed. Ohio. 1985

TABLA II. Tipo de Exposición a los Factores Riesgos Ocupacionales^{6,7}

TIPO DE EXPOSICIÓN	OBSERVACIONES
0 = Exposición mínima:	Exposición ocasional de muy corta duración a muy bajas concentraciones. Dilución ambiental grande. No hay organolepsia. No amerita evaluación. Concentraciones menores al 10% del TLV
1 = Exposición baja:	Exposición ocasional o infrecuente a bajos niveles. Se percibe el factor. Evaluación a juicio del profesional dependiendo del peso de las demás variables. Concentraciones menores al 50% del TLV.
2 = Exposición Moderada:	Exposición relativamente frecuente a bajos niveles o poco frecuente a altos niveles. Se percibe o molesta. Debe evaluarse si coincide con demás variables. Concentraciones entre el nivel de acción y el TLV.
3 = Exposición Alta:	Exposición frecuente 2 veces /día o total hasta 4 horas /día a altas concentraciones. Debe evaluarse, excepto si es muy bajo el efecto o escasa población. Concentraciones cerca al TLV o por encima del TLV.
4 = Exposición Muy alta:	Más de 2 veces /día o más de 4 horas /día a concentraciones o niveles muy por encima del TLV. Debe evaluarse.

TLV: Valor Limite Permissible

Factibilidad de evaluación y control

Representa la posibilidad de realizar estudios de evaluación y aplicar medidas de control. Teniendo en cuenta variables de disponibilidad de recursos. Cuando al análisis de factores de riesgo se encuentra en niveles medio o bajo, la factibilidad de evaluación y control determina requerimientos económicos y tecnológicos que son necesarios para la aplicación de una medida de control.

Se debe registrar en un formato la calificación correspondiente a cada riesgo, evaluando: Tipo de exposición y trascendencia, esta última basada en el nivel de efecto y el tipo de exposición.

TABLA III. Matriz de Trascendencia para Calificación Cualitativa de los Factores de Riesgo^{8,9}

		Tipo de Efecto				
		0=Exposición Mínima	1=Exposición Baja	2=Exposición Moderada	3=Exposición Alta	4=Exposición Muy Alta
Nivel del Efecto	4 = IDLH	Media	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
	3 = Critico	Baja	Media	Alta	Alta	Muy Alta
	2 = Serio	Baja	Media	Media	Alta	Alta
	1 = Leve	Mínimo	Baja	Media	Media	Alta
	0 = Nulo	Mínimo	Mínimo	Baja	Baja	Media

⁶ Rock, J.C. Ph.D, Air Sampling Instruments Ch2. Occupational Air Sampling Strategies. Texas A&M University Texas. 9th Ed. 2000

⁷ ACGIH, Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants Ohio. 8th Ed. 1995

⁸ Rock, J.C. Ph.D, Air Sampling Instruments Ch2. Occupational Air Sampling Strategies. Texas A&M University Texas. 9th Ed. 2000

⁹ ACGIH, Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants Ohio. 8th Ed. 1995

Ejemplo: En un hospital, tres quirófanos están conformados por diferentes números de trabajadores expuestos al mismo riesgo "X", para valorarlo cualitativamente se sigue así:

CUADRO RESUMEN DE PRIORIZACIÓN CUALITATIVA DE FACTORES DE RIESGO

NO.	FACTOR DE RIESGO	NO DE TRABAJADORES EXPUESTOS	NIVEL DE EFECTO EN LA SALUD (SEGÚN TABLA I)	TIPO DE EXPOSICIÓN (SEGÚN TABLA II)	VALOR CUALITATIVO (SEGÚN TABLA III)
1	"X"	6	1	3	Media
2	"X"	3	1	2	Media
3	"X"	5	1	4	Alta

Con la TABLA I se califica como leve el nivel de efecto en salud para el halotano, calificando los sitios con nivel de efectos leves, por tiempo de exposición. Con la TABLA II los grupos se califican como alta para el primero, moderada para el segundo y muy alta para el tercero. Con los datos se entra a la TABLA III para obtener finalmente, la calificación cualitativa del factor de riesgo a que están expuestos los tres grupos de personas.

INFORME FINAL DEL RECONOCIMIENTO

La información preliminar se debe registrar en un informe¹⁰ indicando los criterios que se aplicaron, con la priorización cualitativa indicando los factores de riesgo prioritarios para ser objeto de evaluación ambiental y biomédica y las recomendaciones correspondientes, inclusive para aquellos factores de riesgo que no son prioritarios pero que requieren ser solucionados fácilmente y con prontitud.

La determinación preliminar de la priorización cualitativa, conlleva a establecer la realización de estudios cuantitativos de Higiene Industrial y estudios sobre las condiciones de salud del personal expuesto.

De los resultados de la calificación preliminar se derivan dos tipos de decisiones:

- 1) Evaluación ambiental y monitoreo biológico del problema con:
 - a) Estudios cuantitativos de Higiene Industrial sobre los sitios de trabajo considerados prioritarios para establecer las condiciones ambientales.
 - b) Monitoreos biológicos de la población expuesta para definir el compromiso o efecto en la salud.
- 2) Aplicación de medidas correctivas pertinentes para situaciones con efectos severos.

ELECCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO A MUESTREAR.

Desde el punto de vista de la Higiene Industrial, en particular de la Higiene de Campo, es fundamental evaluar la condición del trabajador para conocer la cantidad de gas anestésico que inhala durante la realización de su labor, independiente del comportamiento del gas dentro de la sala de procedimientos quirúrgicos.

MUESTREO AMBIENTAL O DE ÁREA

Para el personal de la sala de cirugía, diferente al anesthesiólogo o su ayudante y cuando la situación lo permite, se deben tomar muestras ambientales o de área en lugares de esta sala, que se consideran representativas de la concentración a la que se hallen expuestos.

Se debe considerar la exposición ambiental o de área para los siguientes cargos¹¹: Médico principal o cirujano, médicos ayudantes, residentes o internos, instrumentadores o instrumentista, enfermera circulante, estudiantes en práctica en hospitales universitarios.

¹⁰ Universidad del Bosque. Salud Ocupacional. Procedimientos para el Reconocimiento. Bogotá, Colombia. 2000

¹¹ Brooks, S.M., Fundamentals of Operating Room Nursing, New York, 1978

CONTENIDO ESPECÍFICO DEL REGLAMENTO TÉCNICO

Para que este muestreo ambiental sea representativo se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- 1) *Atmósfera Homogénea*: El suministro del gas anestésico generalmente requiere vaporización mediante uso de óxido nitroso, esta mezcla se volatiliza con rapidez por lo tanto permite muestreos que son realizables en períodos cortos de tiempo (Ej: Máx. 2 horas para el Enflurano). Este criterio garantiza que las condiciones ambientales dentro de la sala de cirugía, sean uniformes en el recinto, lo que significa la distribución homogénea del contaminante en el ambiente.
- 2) *Sala Cerrada*: Con este criterio, se evita que condiciones externas, como el ingreso de corrientes contaminadas de aire por puertas o ventanas, influyan en el ambiente de la sala de cirugía causando alteraciones en el comportamiento del gas anestésico dentro de ésta. Es necesario realizar los muestreos cuando el recinto se encuentre cerrado en cumplimiento de los Protocolos de Bioseguridad, en cuanto a mantener cerradas las puertas, mantener adecuadas condiciones sépticas y activar la ventilación local existente que garantice un equilibrio entre el suministro y extracción de aire, por lo tanto presencia de atmósfera homogénea.
- 3) *Diferencial de alturas*: Se debe tener en cuenta que para el caso de los gases anestésicos cuya densidad es mayor que la densidad del aire, hay una disposición de estos contaminantes a la altura de nivel de piso, en especial si los desfogues residuales son conducidos a este nivel y dentro de la misma sala de cirugía.¹²

MUESTREO PERSONAL

En el caso de salas de cirugía, la elección de los puestos de trabajo a muestrear debe enfocarse hacia el muestreo personal en el anesthesiólogo y su ayudante, ya que los niveles de concentración a los cuales se encuentran expuestos, difieren significativamente del resto de personas que se encuentran en la sala de operaciones. La ubicación del equipo se describe en “Ubicación del Tren de Muestreo en el Trabajador (Muestreo personal)” en el capítulo “Técnica de Muestreo” de este documento.

Para que este muestreo personal sea significativo, se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- 1) *Distancia a la fuente generadora del contaminante*: El anesthesiólogo y su ayudante se encuentran más cerca de la fuente generadora, por lo tanto, estarán expuestos a concentraciones superiores.
- 2) *Diferentes Prácticas de Trabajo*: Aún cuando varios anesthesiólogos efectúan la misma labor con el mismo gas anestésico, sus hábitos individuales pueden producir variaciones en los niveles de exposición. Es de observar la realización de las diferentes tareas que realiza determinado trabajador ya que se puede incurrir en prácticas inadecuadas de trabajo que pueden determinar exposición a concentraciones más altas.
- 3) *Tiempo de Exposición*: Dado que generalmente el tipo de cirugía determina un tiempo que puede oscilar entre un rango desde 20 minutos hasta 20 horas, se deben tener en cuenta aspectos como el tiempo establecido por cada una de las técnicas de muestreo del contaminante correspondiente. Especialmente, debe considerarse la condición de trabajo del anesthesiólogo teniendo en cuenta que él permanece expuesto durante todo el tiempo del procedimiento quirúrgico, desde el suministro del gas o vapor anestésico, hasta la fase de recuperación del paciente y la entrega final al médico cirujano.

¹² Profesionales en Salud Ocupacional Ltda., Estudios de Gases Anestésicos Hospital de Kennedy, Bogotá, D.C., 2000

ELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MUESTREO

Algunos aspectos¹³ que deben tenerse en cuenta y que han sido propuestas por el National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH en la selección de una estrategia de muestreo se relacionan con:

- 1) Disponibilidad y costo de los equipos que indique la técnica para la recolección y análisis de las muestras. (Bombas, Tubos Adsorbentes, Calibradores, Etc.).
- 2) Contar con personal capacitado en las operaciones de las tomas de muestras y de igual forma para su análisis.
- 3) Disponibilidad y costo de equipos para servicios de laboratorio reconocidos para el análisis confiable de muestras.
- 4) Consideración de las fluctuaciones de gases anestésicos durante una misma jornada y de una jornada a otra.
- 5) Precisión y exactitud de los métodos de medición y análisis empleados.
- 6) Número de muestras necesarias para lograr la exactitud requerida de la medida de exposición.

La precisión y exactitud de los métodos de muestreo y análisis se conoce generalmente en forma previa en la mayoría de los procedimientos recomendados por NIOSH con un coeficiente de variación de un 5% a 10%.

En el planteamiento de un muestreo de un gas anestésico es conveniente tener en cuenta todos los factores que conduzcan a obtener la mejor decisión posible para esto deben analizarse los siguientes aspectos:¹⁴.

- 1) Trabajadores que deben ser identificados para realizar el muestreo personal.
- 2) Ubicación del tren de muestreo (en el trabajador, en otras zonas determinadas).
- 3) Número de muestras que se necesitan tomar durante el procedimiento quirúrgico, para obtener resultados representativos.
- 4) Duración del muestreo.
- 5) Etapas que deben ser muestreadas (inicio, durante, final del suministro de anestesia).
- 6) Repeticiones de muestreo (tiempos adicionales).
- 7) Influencia de errores en el funcionamiento de equipos, sobre los resultados del muestreo.
- 8) Exposición del trabajador según los Valores Límite Permisibles establecidos por la ley colombiana.
- 9) Exposición a largos plazos.
- 10) Funcionamiento de controles de ingeniería existentes.

¹³ Fundación Mapfre. Cursos de Higiene Industrial. Introducción a la Higiene Industrial. España 1988

¹⁴ Instituto de Salud Pública de Chile. Manual Básico sobre Mediciones y Toma de Muestras Ambientales y Biológicas en Salud Ocupacional. Ministerio de Salud. Chile. 1999

CONTENIDO ESPECÍFICO DEL REGLAMENTO TÉCNICO

En las salas de cirugía a evaluar, el tiempo de muestreo varía de acuerdo con la evolución que requiere la cirugía, este tiempo es variable, puesto que se plantea en función de los diferentes procedimientos quirúrgicos. El muestreo se puede realizar al inicio, durante o al final de la cirugía y está determinado por las etapas previstas de suministro e interrupción de flujo de gases anestésicos. Se registra en el Anexo No. 2 - Hoja de Campo Muestreo de Aire, tanto la hora de inicio como la hora final del muestreo, para aplicar posteriormente en el cálculo del volumen muestreado.

Se debe tener cuidado en que la capacidad de captación del medio de retención no se sobrepase, esto depende del volumen y tiempo de muestreo recomendado por el método. Ver Anexo No. 3 Guía para el Muestreo y Análisis de Gases Anestésicos^{15,16}.

Para elegir la estrategia de muestreo adecuada ¹⁷ se consideraran los siguientes criterios:

- 1) Muestras consecutivas de periodo completo:** Consiste en tomar varias muestras consecutivas de igual o distinta duración, durante toda la jornada de trabajo. Es la mejor estrategia para obtener una evidencia del riesgo higiénico, ya que proporciona el menor intervalo de confianza, en el cual se encuentra el verdadero valor de la concentración media. La precisión de los resultados obtenidos, crece con el número de muestras tomadas, pero hay que tener en cuenta que al aumentar el número de muestras aumenta también el costo del procedimiento de evaluación. Lo más recomendable para una jornada de 8 horas es tomar 2 muestras de 4 horas ^{18,18} cada una. Esto aplica en la evaluación de gases anestésicos que no tienen ni valor STEL ni valor Ceiling.
- 2) Muestra única de periodo completo:** Se trata de tomar una única muestra durante todo el periodo para el cual está definido el estándar, así se hará una muestra de 240 minutos (Según OSHA-103) o de 100 minutos (Según OSHA-29) si se trata de conocer la exposición promedio ocupacional o de 15 minutos si se trata de compararlas con los límites de exposición de corta duración.
- 3) Muestras consecutivas de periodo parcial:** Esta estrategia, consiste en captar una o varias muestras, durante un tiempo inferior a la jornada laboral (8 horas). Los resultados obtenidos por este método, son válidos únicamente si el muestreo se realiza por lo menos en el 80% de la jornada.
- 4) Muestras puntuales:** Consiste en tomar una o varias muestras de corta duración, desde segundos hasta 15 minutos, a intervalos de tiempo elegidos aleatoriamente a lo largo de la jornada laboral. Es la estrategia menos recomendable, si se desea comparar con el valor de la exposición durante toda la jornada. El muestreo puntual (aleatorio) se aplica principalmente para menos del 80% del tiempo de la norma, pero debe abarcar por lo menos dos (2) horas. Es importante considerar que estas muestras puntuales deben ser representativas de la jornada de trabajo. Si se toma menos de 15 muestras instantáneas, debe usarse el modelo lognormal y si son más de 15 muestras se usa la curva normal.

¹⁵ TLV's and BEL's. ACGIH. 2001

¹⁶ Analytical Methods. OSHA

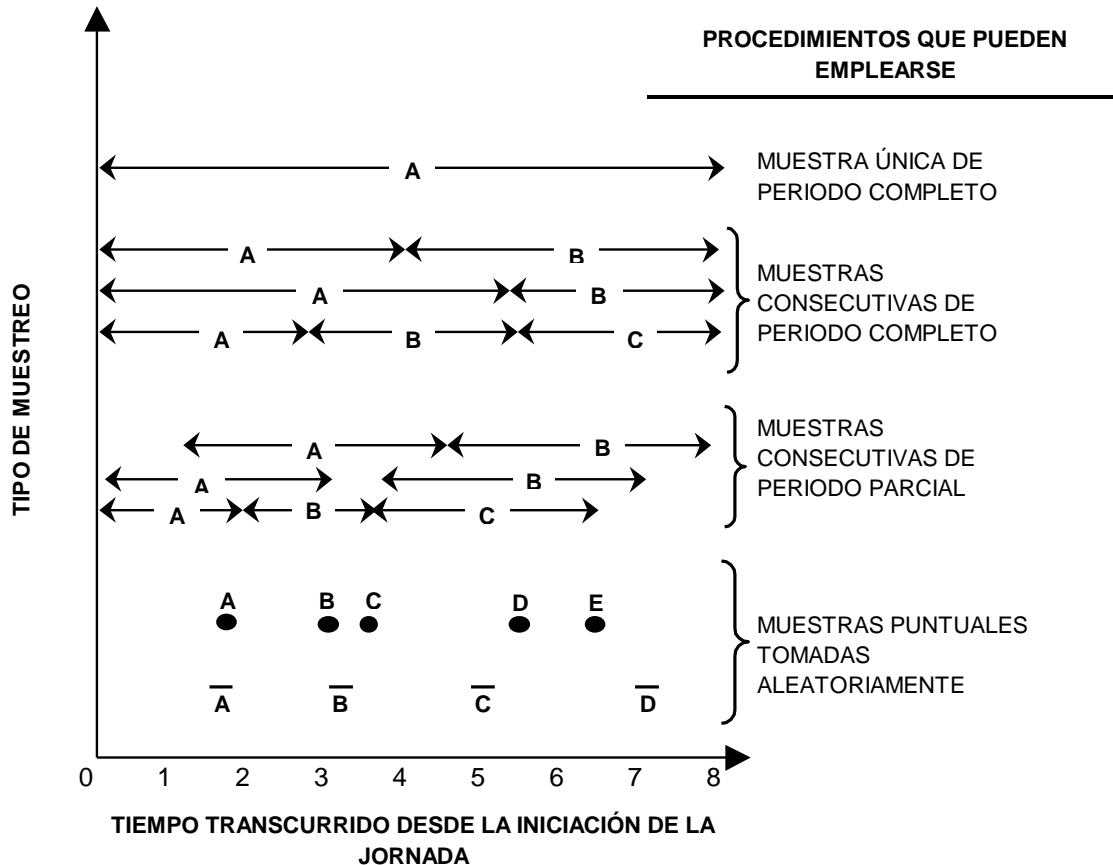
¹⁷ Moreno C. Rafael A. & Mañas A. Justo, Métodos y Estrategias para el Muestreo de Contaminantes Químicos. Ed.CCS. Bogotá, Colombia, 1989

¹⁸ Fundación Mapfre. Cursos de Higiene Industrial. Introducción a la Higiene Industrial. España 1988

Representación Gráfica de las Diferentes Estrategias de Muestreo.

En la figura siguiente se pueden observar en forma esquemática las estrategias de muestreo^{19,20,21}.

Figura 2. Representación Gráfica de los Muestreos



ELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DEL TREN DE MUESTREO²²

Para elegir la ubicación del muestreo adecuada se consideran los siguientes criterios:

Muestra Personal: El equipo se coloca al trabajador a evaluar, quien lo lleva continuamente durante el tiempo requerido del procedimiento quirúrgico. Este muestreo es el de mayor interés en este momento. Y los TLV se corrigen de acuerdo con los tiempos muestreados. También recibe el nombre de muestra ocupacional.

¹⁹ Instituto de Salud Pública de Chile. Manual Básico sobre Mediciones y Toma de Muestras Ambientales y Biológicas en Salud Ocupacional. Ministerio de Salud. Chile. 1999

²⁰ Leidel N.A., Validez y Representatividad de las Mediciones Ambientales en Higiene Industrial. II Simposium de Higiene Industrial. Fundación Mapfre. España. 1979

²¹ Perkins, J.L. Modern Industrial Hygiene Recognition and Evaluation of Chemical Agents. Vol 1 N.Y. 1997

²² Leidel N.A., Validez y Representatividad de las Mediciones Ambientales en higiene Industrial. II Simposium de Higiene Industrial. Fundación Mapfre. España. 1979

Muestra Ambiental: El equipo de muestreo es colocado en una posición fija representativa del ambiente general del trabajo o se hace un barrido completo de la zona. El objetivo es conocer la distribución del agente anestésico en la sala de cirugía. También recibe el nombre de muestreo zonal.

Una vez elegido el tipo de muestra a aplicar, se siguen los procedimientos descritos en el capítulo Técnicas de Muestreo, en cuanto a muestreo personal y ambiental.

CÁLCULO DEL VOLÚMEN MÍNIMO REQUERIDO

De acuerdo a la técnica analítica empleada en el laboratorio, es necesario calcular un volumen mínimo de muestra, ya que esta técnica puede no ser lo suficientemente sensible para detectar pequeñas cantidades del gas anestésico, dando resultados negativos²³. En casos extremos, se debe tener en cuenta la temperatura y la presión del lugar donde se realizó el muestreo. El volumen mínimo requerido, permitirá un mejor análisis en el laboratorio y se calcularía con la ecuación:

Ec. 1

$$Vmr = \left\{ \frac{S * 22,4 * 760 * (273 + t^{\circ}) * 10^6}{PM * TLV * P * 273} \right\}$$

Donde:

Vmr	= Volumen Mínimo Requerido (m ³).
S	= Mínima cantidad de sustancia detectada por el método instrumental
PM	= Peso molecular del contaminante (gr/mol)
TLV	= Valor Límite Permisible del contaminante en p.p.m.
P	= Presión barométrica del lugar de muestreo (mm. Hg).
t°	= Temperatura del aire del lugar de muestreo en (°K).

Para condiciones estándar la formula es la siguiente²⁴:

Ec. 2

$$Vmr = \left\{ \frac{S * 1000}{TLV} \right\}$$

(Litros de aire)

Donde:

S	= Sensibilidad del método analítico en mg.
TLV	= Valor Límite Permisible del contaminante en p.p.m.

²³ Instituto de Salud Pública de Chile. Manual Básico sobre Mediciones y Toma de Muestras Ambientales y Biológicas en Salud Ocupacional. Ministerio de Salud. Chile. 1999

²⁴ ACGIH. Cualitative Industrial Hygiene. A. Formula Workbook Caravanos, j. Dr.PH. Cincinnati. 1991

EQUIPOS PARA REALIZAR EL MUESTREO

BOMBAS DE MUESTREO

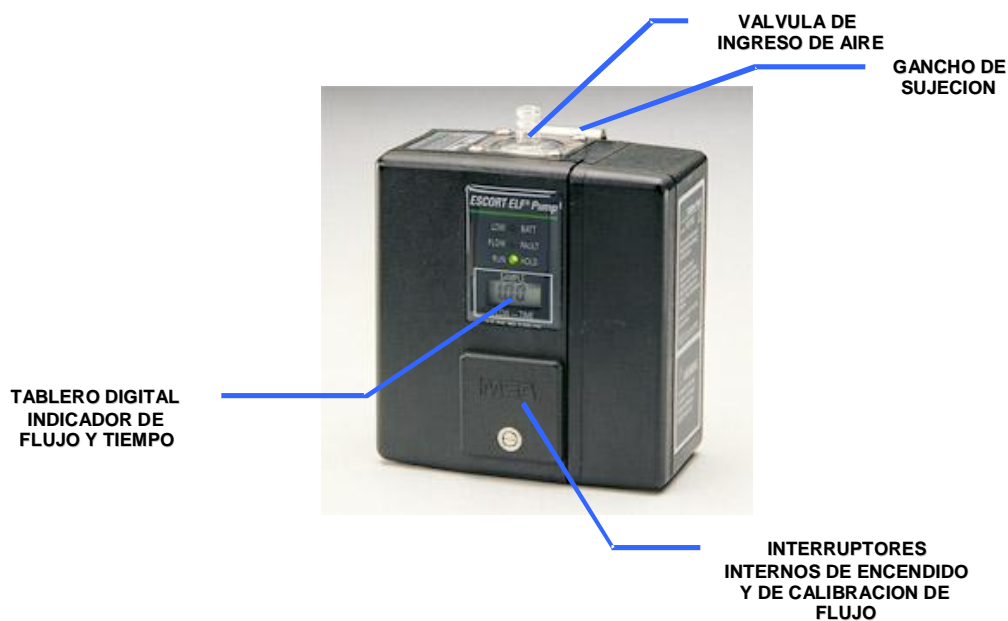
Equipo portátil para muestreo personal y ambiental (de zona), se calibra antes y después de cada muestreo en el caudal requerido, determinado por el tipo de gas anestésico a muestrear, generalmente en un bajo flujo entre 0.01 y 1 L/min.

La calibración de la bomba se realiza en conexión con el mismo tipo de tubo que contiene el sólido adsorbente que se empleará en la captación, para que la pérdida de carga sea similar a la que se presentará en la toma de muestras.

Las bombas se pueden calibrar con medidor de bureta de 1000 ml. (calibrador primario), con calibrador de burbuja electrónico digital o mediante el calibrador seco Dry-Cal , éste último no requiere uso de solución jabonosa.

En la figura siguiente se ilustra uno de los tipos de bomba de muestreo más reciente, el cual cuenta con un tablero digital indicador del flujo al cual ha sido calibrada (L/min) y del tiempo de muestreo (min).

Figura 3. Bomba Portátil



Esta bomba posee interruptores internos de encendido y apagado al igual que los que permiten graduar el flujo.

También son útiles otros modelos de bomba que en lugar de tener un tablero digital indican el flujo de captación por medio de un rotámetro, el cual está integrado al cuerpo de la bomba. Sin embargo, estos modelos no son muy adecuados para el muestreo de gases anestésicos por que presentan inestabilidad a flujos bajos.

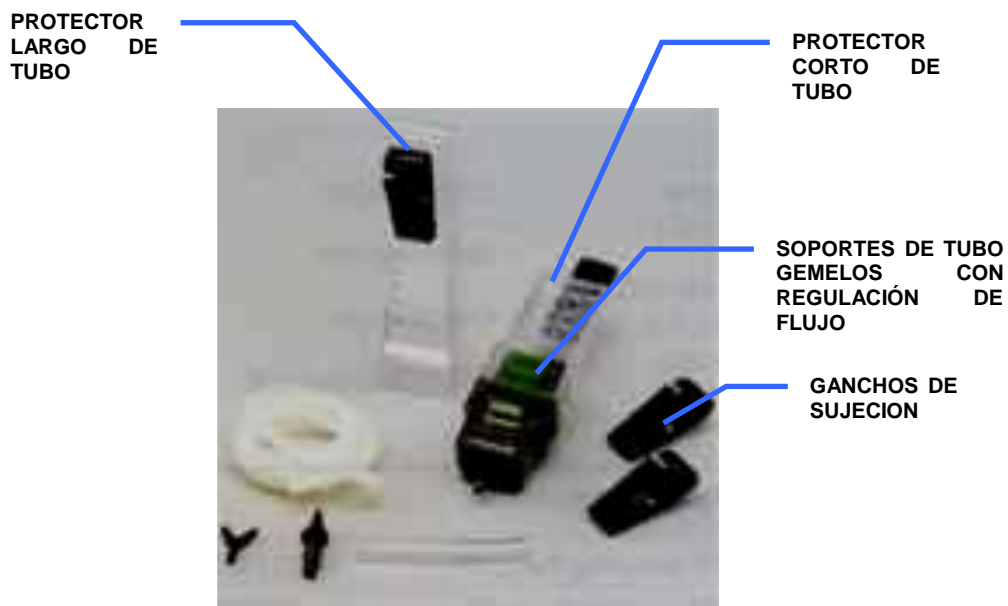
PORTA TUBOS

Es el elemento generalmente de plástico, que facilita la conexión de la manguera al tubo de captación.

Para la captación de los gases anestésicos, es necesario emplear un portatubos con regulación de flujo, que permita realizar la calibración con un flujo regulado para valores menores que 1 L/min.

Dentro de la variedad de portatubos se encuentran disponibles tanto para único tubo como para dos tubos (Gémini de MSA)²⁵, el cual se muestra en la siguiente figura.

Figura 4. Porta Tubos Gemini y Accesorios



El portatubos Gémini está compuesto por dos entradas para colocar respectivos tubos adsorbentes. Cada una de las entradas posee un mecanismo independiente de regulación de flujo.

Este portatubos permite la regulación de caudales bajos, desde 0.05 L/min hasta 0.1 L/min. También permite usar cada entrada en forma independiente para hacer muestreos simultáneos de gases anestésicos, cada uno de los cuales requiere un caudal de captación diferente.

También existen otros tipos de portatubos reguladores de flujo como el señalado por SKC y la Guillian.

²⁵ MSA, Gemini. Manual de operación

Figura 5. Portatubos Unico y Regulador de Flujo



MEDIOS DE RETENCIÓN

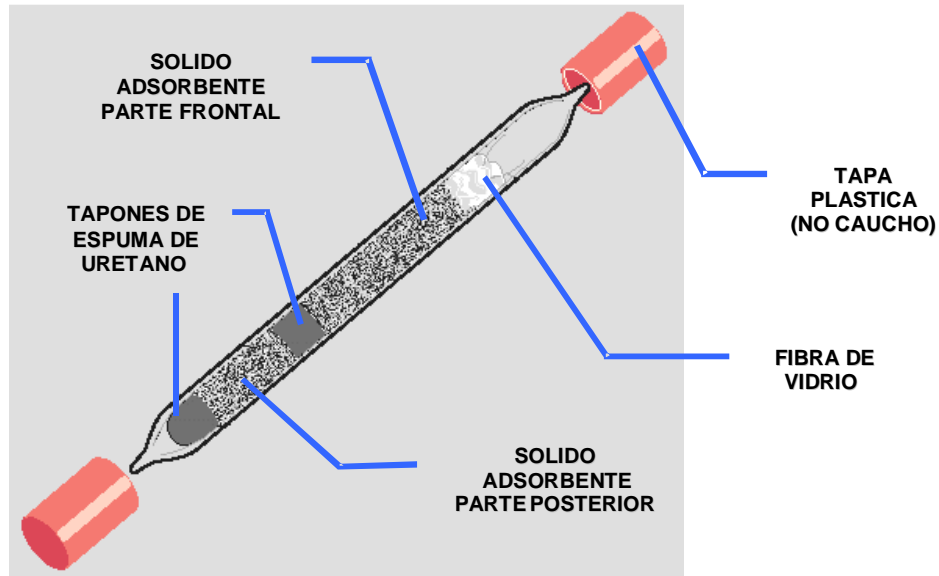
Tubo Adsorbente

Tubo de vidrio de 7 cm de longitud, 6 mm de diámetro externo y 4 mm de diámetro interno, cuyos extremos están sellados y donde se colocarán después del muestreo tapones plásticos herméticos. El sólido adsorbente colocado en el tubo es de dos porciones, en donde la porción de la parte frontal (entrada inicial del contaminante) es el doble de la segunda porción y se mantienen en su lugar mediante un tapón de fibra de vidrio y dos tapones de espuma de uretano de 2 mm (material inerte). Ver Anexo N° 2. Guía para el Muestreo y Análisis de Gases Anestésicos.

El material adsorbente debe cumplir las siguientes características:

- 1) Posibilidad de captar pequeñas concentraciones del gas anestésico y de retenerlas con un alto porcentaje hasta su análisis.
- 2) Que permita desorción o extracción eficaz del contaminante retenido.
- 3) El material adsorbente debe ser inerte a los contaminantes.

Figura 6. Tubo con material adsorbente



EQUIPOS DE CALIBRACIÓN.

Entre los sistemas de calibración mas utilizados en Higiene Industrial, se encuentran: rotámetros, contadores de gas, calibrador de campo (columna) y las buretas con solución jabonosa conocidas estas últimas como calibradores primarios, éstas se han sustituido en algunos casos con equipos electrónicos bajo los mismos principios como el calibrador digital de burbuja y el calibrador seco "Dry-Cal" el que no utiliza solución jabonosa y se encuentra equipado con registradora de datos.

En la figura siguiente se puede observar el equipo comúnmente usado para la calibración de los trenes de muestreo (Bureta)

Figura 7. Calibrador de Burbuja (primario)

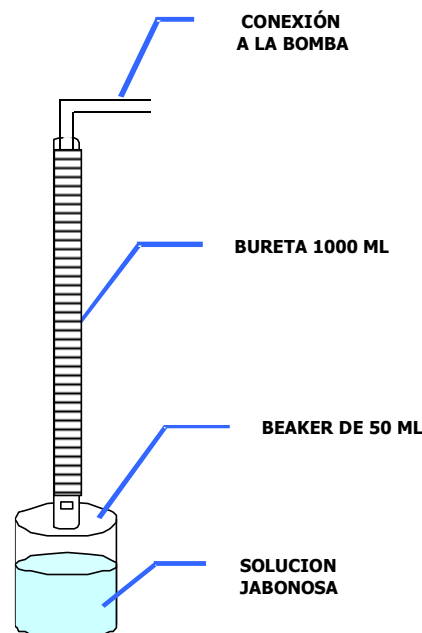


Figura 8. Calibrador Electrónico de Burbuja



Figura 9. Calibrador Electrónico de Burbuja



Figura 10. Calibrador Seco (Dry Cal)



CARGADORES

Se emplea para cargar las baterías de la Bomba, el cargador se conecta directamente a la corriente alterna de 110 voltios y esta al enchufe de carga de la Bomba.

El cargador tiene un selector de rango de dos posiciones: alto y bajo, en la posición “alto” se logra una carga completa de las baterías en 14 horas; en la posición “bajo” se pueden cargar las baterías por un tiempo indefinido, con un mínimo de 64 horas.

Una carga completa permite un funcionamiento continuado de la Bomba durante 8 horas.

Figura 11. Cargadores para Bomba De Muestreo.



OTROS ACCESORIOS

Termómetro y Barómetro

En el sitio o lugar de la medición se deben medir la temperatura ambiente y la presión, con el fin de realizar las correcciones de las concentraciones del gas anestésico en los casos en que sea necesario.

Manguera Flexible

Tubo flexible, no quebradizo, de aproximadamente 90 cm de largo, de 6 a 8 mm de diámetro interior.

MANTENIMIENTO DE EQUIPOS

Los equipos utilizados para calibración y/o medición deben ser objeto de un programa de mantenimiento periódico con el fin de prevenir daños que puedan presentarse y/o corregir defectos en su funcionamiento, para esto se deben seguir las recomendaciones del fabricante.

Para el caso de las bombas de muestreo es importante tener en cuenta:

- 1) Mantener siempre la Bomba y el cargador limpios y secos.
- 2) Si no se están usando, mantener la bomba y el cargador en un lugar limpio y seco.
- 3) Aún cuando no se emplee la Bomba con frecuencia, se debe cargar y descargar las baterías con cierta periodicidad para evitar el agotamiento de éstas.
- 4) Conviene sacar periódicamente los vástagos de las válvulas y soplarlos para evitar la acumulación de partículas

EQUIPOS DE LECTURA DIRECTA

Algunos gases anestésicos como el halothane y el óxido nítrico, pueden ser muestreados en forma directa con instrumentación portátil de espectrofotometría infrarroja para análisis de gases y vapores como por ejemplo el equipo MIRAN 1 A & 1 B, los cuales permiten muestreos continuos e instantáneos con retroalimentación de datos. Estos equipos deben ser operados siguiendo las recomendaciones del fabricante.

CALIBRACIÓN DEL TREN DE MUESTREO

MÉTODO DE BURBUJA

El calibrador de burbuja es un tubo de vidrio graduado en centímetros cúbicos, abierto en un extremo y que en el otro extremo se le acopla una manguera flexible que se conecta al tren de muestreo que se desea calibrar. Una burbuja de solución jabonosa colocada en el extremo abierto se desplaza a lo largo del tubo empujada por la succión de la bomba a través del tren de muestreo.

Con un cronómetro se toma el tiempo que demora la burbuja en desplazarse entre dos marcas del calibrador (volumen recorrido), el caudal se puede calcular mediante la siguiente ecuación.

Ec. 3

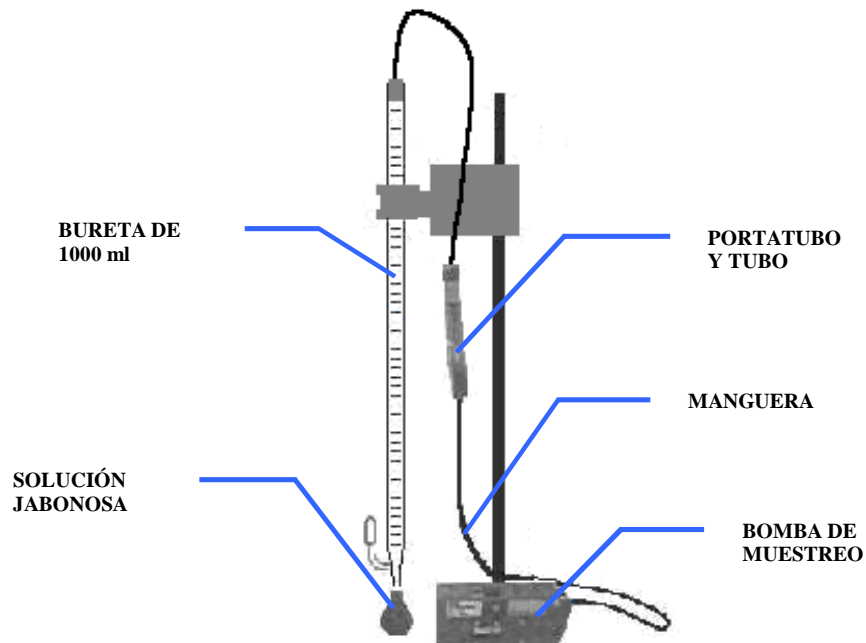
$$Q = \left\{ \left(\frac{V}{T} \right) * 60 \right\}$$

Donde:

Q	= Caudal de muestreo en litros por minutos
V	= Volumen de aire entre las dos marcas en la bureta que recorre la película de jabón en el tiempo (t) en segundos.
T	= Tiempo en segundos

Los datos del muestreo son registrados en el formato del Anexo. No. 2 Hoja De Campo De Muestreo De Aire

Figura 12. Esquema Calibración de Tren de Muestreo por el Método de Burbuja



El procedimiento general de calibración de un Tren de Muestreo se realiza de la siguiente manera:

- 1) Instalar el calibrador de burbuja en un soporte adecuado.

CONTENIDO ESPECÍFICO DEL REGLAMENTO TÉCNICO

- 2) Conectar el extremo superior del calibrador de burbuja al tren de muestreo que se quiere calibrar, el cual debe tener un tubo adsorbente similar (no el mismo) al que se va a utilizar en el muestreo
- 3) Hacer funcionar la bomba oprimiendo el interruptor de encendido. La bomba se ajusta aproximadamente a 1.5 L/min (entre 1.2 y 1.7 L/min). Como una regla general, el flujo de la bomba debe ser por lo menos 2 o 3 veces el flujo total que pasa a través de los tubos.
- 4) Ubicar en el extremo abierto de la bureta un vaso con solución jabonosa, de modo que la succión que ejerce el tren de muestreo, haga ascender una burbuja de jabón. Medir con un cronómetro el tiempo que demora esta burbuja en recorrer una distancia determinada. Con estos datos se hace un cálculo preliminar del flujo o caudal de trabajo, empleando la ecuación 3.
- 5) Adaptar el caudal de captación del tren de muestreo mediante el ajuste de la válvula que el portatubos regulador posee en una de sus entradas y su respectivo costado. Esto se realiza girando el tornillo a izquierda o derecha si se desea aumentar u disminuir el flujo, hasta obtener el caudal requerido, mediante la Ecuación 3. En caso de requerir la calibración de la otra entrada, se procederá de la misma manera utilizando el otro costado.
- 6) Se repiten los pasos indicados en los numerales 4) y 5) hasta acercarse al flujo requerido.
- 7) Llegando a esta aproximación se procede a la calibración definitiva. Para ello se repite el paso señalado en 4) por lo menos tres veces. El flujo definitivo es el promedio de éstas observaciones, si es necesaria mayor precisión, se repite el procedimiento.
- 8) Para corregir eventuales variaciones del flujo durante el muestreo por descarga de pilas u otra causa, es conveniente calibrar el tren de muestreo, luego de haber realizado el muestreo. La calibración final debe efectuarse sin modificar la posición en que quedaron las válvulas reguladoras de flujo al final del muestreo.

METODO DE USO DEL EQUIPO ELECTRÓNICO DE BURBUJA

Este tipo de calibrador indica directamente en un tablero digital el flujo en L/min al que la bomba está funcionando, por lo cual no se hace necesaria la aplicación de fórmulas para el cálculo de caudales, con la aplicación de éste método.

El procedimiento para calibrar con el equipo electrónico de burbuja es el siguiente:

- 1) Ubicar el calibrador, la bomba de muestreo y demás accesorios en la mesa de trabajo. Tanto el calibrador como la bomba de muestreo deben poseer una carga de baterías adecuada antes de realizar este procedimiento.
- 2) El tren de muestreo compuesto en su orden por la conexión de bomba de muestreo, manguera plástica flexible, portatubos y tubo adsorbente, se debe conectar mediante otro segmento de manguera aproximadamente de 40 cm a la boquilla existente en el equipo calibrador y ubicada en la parte superior del calibrador. Al mismo tiempo la boquilla inferior se debe abrir a la atmósfera. El tubo adsorbente empleado en la calibración debe ser de las mismas características (no el mismo) o del mismo lote, que los tubos que se van a utilizar para el muestreo.
- 3) Dar encendido al calibrador, e inmediatamente a la bomba de muestreo. La bomba se ajusta aproximadamente a 1.5 L/min (entre 1.2 y 1.7 L/min). Como una regla general, el flujo de la bomba debe ser por lo menos 2 o 3 veces el flujo total que pasa a través de los tubos. Para la bomba con tablero digital, el ajuste se realiza utilizando los interruptores internos de calibración.

REGLAMENTO TÉCNICO PARA LA EVALUACIÓN DE GASES ANESTESICOS

Para la bomba con rotámetro, el ajuste se realiza utilizando un destornillador y girando el tornillo ubicado en uno de sus lados.

- 4) Inducir la formación de la burbuja a partir de la solución jabonosa, accionando el mecanismo manual que el equipo calibrador posee para tal fin. Verificar previamente que al calibrador se le haya adicionado la solución jabonosa necesaria, a través de la boquilla inferior dispuesta para esto.
- 5) Observar la rata de flujo en el tablero de lectura del calibrador, este valor de flujo aparece en el momento en que la burbuja ha ascendido al tope de su desplazamiento.
- 6) Adaptar el caudal de captación del tren de muestreo mediante el ajuste de la válvula que el portatubos regulador posee en su respectivo costado. Esto se realiza girando el tornillo a izquierda o derecha si se desea aumentar u disminuir el flujo, hasta que el tablero del calibrador indique el flujo de captación que se desea alcanzar (entre 0.05 y 0.1 L/min). En caso de requerir la calibración de la otra entrada, se procederá de la misma manera utilizando el otro costado.
- 7) Repetir los pasos 4), 5) y 6) hasta obtener el valor que se busca.

Si se desea comprobar la calibración de la bomba, se utiliza el mismo procedimiento, conectando la bomba directamente al equipo de calibración. El ajuste del flujo de la bomba se realiza como se describe en el numeral 3).

CÁLCULO DEL CAUDAL DEL TREN DE MUESTREO

El flujo para el cálculo final del volumen de aire muestreado será el promedio de los flujos determinados en ambas calibraciones inicial y final.

Ec. 4

$$Q_p = \left\{ \frac{Q_i + Q_f}{2} \right\}$$

Donde:

Q_p	= Caudal Promedio (L/min)
Q_i	= Caudal Inicial (L/min)
Q_f	= Caudal Final (L/min)

CORRECCIÓN DE CAUDALES DE CALIBRACIÓN

Para corregir el caudal de una Bomba a cualquier condición de temperatura y presión diferentes a la calibración inicial se puede emplear la ecuación:

Ec. 5²⁶

$$Q_m = \left\{ Q_{cal} \sqrt{\left(\frac{P_{cal}}{P_m} * \frac{T_m}{T_{cal}} \right)} \right\}$$

²⁶ Moreno C. Rafael A. & Mañas A. Justo, Métodos y Estrategias para el Muestreo de Contaminantes Químicos. Ed.CCS. Bogotá, Colombia, 1989

CONTENIDO ESPECÍFICO DEL REGLAMENTO TÉCNICO

También puede hacerse esta corrección con las densidades del aire en el lugar de calibración y del lugar de muestreo (TABLA VI), para este caso la ecuación empleada es:

Ec. 6²⁷

$$Q_m = \left\{ Q_{cal} \sqrt{\frac{d_c}{d_m}} \right\}$$

Donde:

- Q_m** = Caudal de muestreo L/min
- Q_{cal}** = Caudal de calibración L/min
- P_{cal}** = Presión en el sitio de calibración (mm Hg)
- P_m** = Presión en el sitio de muestreo (mm Hg)
- T_{cal}** = Temperatura en el sitio de calibración en grados absolutos (273.1° C+t¹)
- T_m** = Temperatura en el sitio de muestreo en grados absolutos (273.1°C+t²)
- d** = Densidad del aire en el sitio de calibración (kg/m³)
- d_m** = Densidad del aire en el sitio de muestreo (kg/m³)

El volumen muestreado se determina multiplicando el caudal de muestreo Q_m, por el tiempo de duración del muestreo.

Si la posición del flotador del rotámetro, durante el muestreo, es distinta a la observada durante la calibración del Tren de Muestreo, no se debe corregir la posición de este, pues la diferencia del caudal se corrige a través de la ecuación.

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AIRE A DIFERENTES ALTURAS²⁸

ALTURA (m)	DENSIDAD		PRESIÓN BAROMÉTRICA	
	Relativa	Kg/m ³	mmHg	Mbar (hPa)
0	1,0000	1,225	760,0	1013,3
250	0,9707	1,189	737,8	983,6
500	0,9422	1,154	716,0	954,7
750	0,9143	1,120	694,9	926,4
1000	0,8871	1,087	674,2	898,8
1250	0,8605	1,054	654,0	871,9
1500	0,8346	1,022	634,3	845,7
1750	0,8094	0,991	615,1	820,1
2000	0,7847	0,961	596,4	795,1
2250	0,7607	0,932	578,1	770,7
2500	0,7372	0,903	560,3	747,0
2750	0,7144	0,875	542,9	723,9
3000	0,6921	0,848	526,0	701,3
3250	0,6704	0,821	509,5	679,3
3500	0,6493	0,795	493,4	657,9
3750	0,6287	0,770	477,8	637,0
4000	0,6086	0,746	462,5	616,6

POST CALIBRACIÓN

Después de ser realizados los muestreos, las bombas deben ser calibradas bajo las mismas condiciones y de la misma forma como se calibraron inicialmente. Si la diferencia de flujo es del 5%²⁹ o más entre la calibración inicial y la final se debe de repetir el muestreo. En caso contrario se promediará el flujo inicial y final para realizar los cálculos de la concentración.

²⁷ Instituto de Salud Pública de Chile. Manual Básico sobre Mediciones y Toma de Muestras Ambientales y Biológicas en Salud Ocupacional. Ministerio de Salud. Chile. 1999

²⁸ Instituto de Salud Pública de Chile. Manual Básico sobre Mediciones y Toma de Muestras Ambientales y Biológicas en Salud Ocupacional. Ministerio de Salud. Chile. 1999

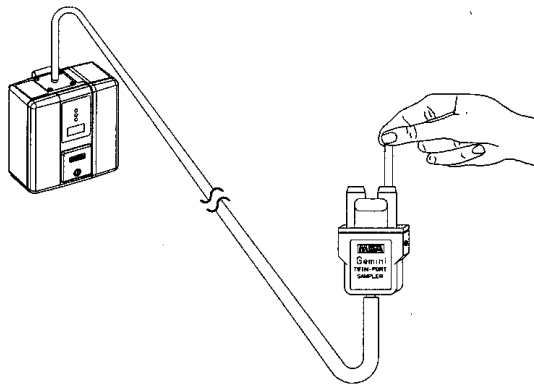
²⁹ OSHA-103, Metodología Analítica para Enflurano, Halotano, Isoflurano

INSTALACIÓN DE TUBOS ADSORBENTES

INSTALACIÓN DE UN TUBO ADSORBENTE EN EL PORTATUBOS

- a) Romper los extremos del tubo adsorbente de forma que queden unos orificios no menores a la mitad del diámetro del tubo, generalmente los portatubos traen un orificio especial para este propósito o se emplean pinzas especiales para este fin.
- b) Insertar el tubo abierto, apropiadamente en el portatubos. Es necesario tener cuidado en que la sección de menor carga del tubo (50mg) sea la que más próxima que de a la bomba y que el flujo del tren de muestreo vaya en la misma dirección que la flecha impresa en el tubo. Se coloca el tubo en posición vertical durante el muestreo para evitar efectos de acanalamiento y saturación prematura.

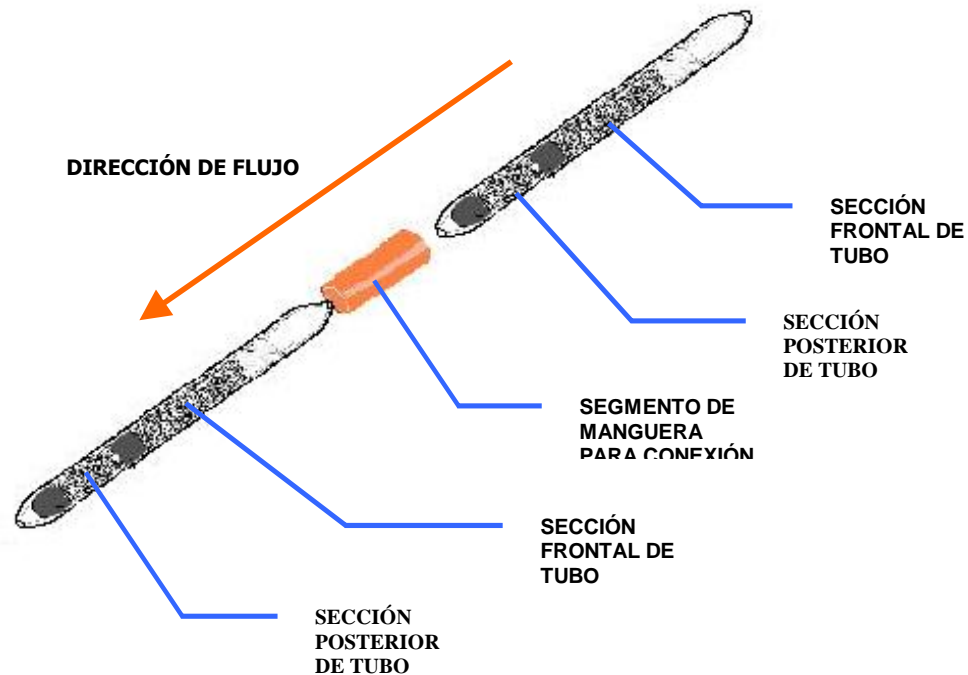
Figura 13. Instalación de un tubo en el Portatubos Gémini



INSTALACIÓN DE DOS TUBOS ADSORBENTES EN SERIE EN EL PORTATUBOS

- 1) Romper los extremos de los tubos adsorbentes de la forma mencionada.
- 2) Conectar los dos tubos abiertos, en serie por medio de un segmento de manguera flexible, de aproximadamente 3 cm. Es necesario tener cuidado en que las flechas impresas en los tubos conectados conserven la misma dirección.

Figura 14. Dos tubos adsorbentes en serie



- 3) Insertar este ensamble apropiadamente en el portatubos . Es necesario tener cuidado en que la sección con menos carga del tubo(50mg) sea la más próxima a la bomba y que el flujo del tren de muestreo vaya en la misma dirección que las flechas impresas en los tubos. Los tubos se colocan en posición vertical durante el muestreo, para evitar efectos de acanalamiento y saturación prematura.

TÉCNICA DE MUESTREO

PREPARACIÓN PARA INGRESO A LAS ÁREAS DE CIRUGÍA

En salas de cirugía deben llevarse estrictamente las medidas y guías de asepsia, tanto para los elementos físicos como en el comportamiento del personal, en tal sentido, el equipo que se utiliza para el muestreo ha de ingresar en condición estricta de limpieza, al igual que la persona que lo realiza debe usar el vestuario definido para ingresar a estas áreas.

El manejo de los equipos y accesorios, debe cumplir con los Protocolos de Bioseguridad definidos en la Institución Prestadora de Servicios de Salud en cuanto a los requerimientos de asepsia y esterilización de elementos para el ingreso a las salas de cirugía.

UBICACIÓN DEL TREN DE MUESTREO EN EL TRABAJADOR (MUESTREO PERSONAL)

Antes de instalar el tren de muestreo en el trabajador, se verifica su correcto ensamble y se dan unas breves indicaciones al trabajador a cerca de los cuidados que debe tener con el tren de muestreo. En las salas de cirugía, en que se utiliza un pantalón especial que por sus características no resiste el peso de la bomba, el trabajador debe utilizar un cinturón que permita la ubicación de la bomba.

REGLAMENTO TÉCNICO PARA LA EVALUACIÓN DE GASES ANESTESICOS

El tren de muestreo se ubica en el trabajador de la siguiente manera:

- 1) Colocar la bomba convenientemente cargada y calibrada, en la cintura del trabajador, asegurando el gancho de sujeción a la pretina del pantalón o al cinturón.
- 2) Ubicar el portatubos próximo a la zona respiratoria del trabajador, de forma que el extremo del tubo quede a la altura de la clavícula.
- 3) El tubo debe permanecer siempre en posición vertical, de forma que orificio por el cual va a entrar el contaminante se disponga hacia arriba.
- 4) Tener en cuenta que la colocación de la manguera es por encima de la camisa, en su parte frontal.
- 5) Comprobar la hermeticidad de las uniones y conexiones del tren de muestreo.
- 6) Realizar una inspección sobre la adecuada fijación del tren de muestreo, utilizar los ganchos de sujeción tanto de la manguera como del portatubos a la camisa del trabajador.
- 7) Asegurarse que la ubicación del tren de muestreo no interfiera con las tareas que realiza el trabajador

Para evaluar gases anestésicos en los trabajadores de una sala de cirugía, el tren de muestreo se ubica en el trabajador de la misma manera que se ha mencionado, sin importar si este se encuentra de pie o sentado, si combina estas dos posiciones durante el periodo en que se realiza el muestreo, o si se desplaza de un lugar a otro como parte del desarrollo de su labor. Esto se aplica en particular al anestesiólogo, quien, dada su importancia en atender la evolución de la cirugía, permanece sentado junto a la máquina de suministro de gases anestésicos, durante todo el procedimiento quirúrgico.

Figura 15. Ubicación del tren de muestreo en el trabajador (Portatubos Unico)

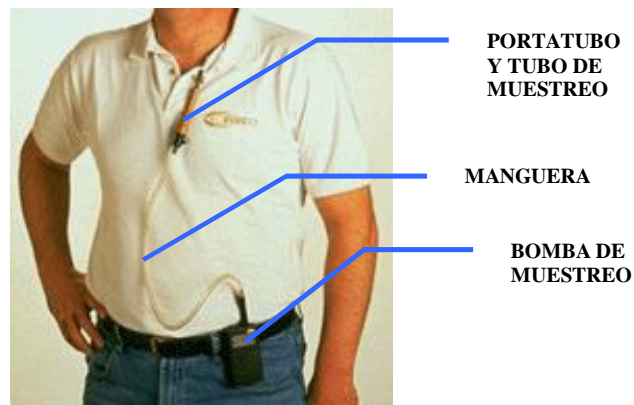
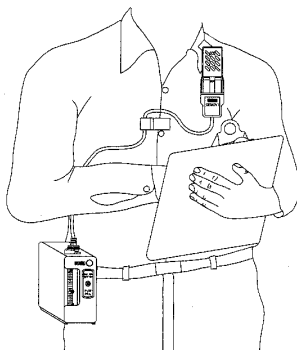


Figura 16. Ubicación del tren de muestreo en el trabajador (Portatubos

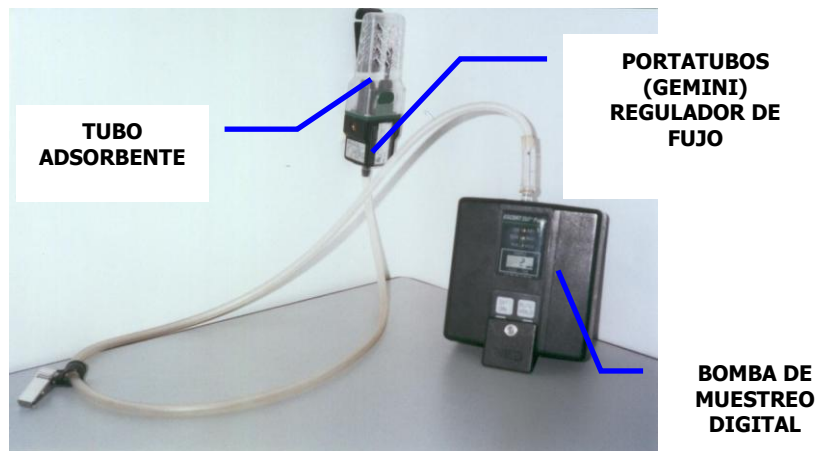


Gémini)

UBICACIÓN DEL TREN DE MUESTREO EN LA ZONA (MUESTREO AMBIENTAL):

- 1) El muestreo ambiental se usa para establecer el comportamiento del gas en la sala de cirugía y para determinar concentraciones representativas, a las cuales se encuentra expuesto, personal diferente al anestesiólogo o su ayudante.
- 2) El tren de muestreo compuesto por bomba, manguera plástica flexible y portatubo; se coloca en el lugar que corresponda. En las salas de cirugía, se muestrean zonas determinadas por los siguientes criterios:
 - a) Zonas en los cuales existe sospecha reportada de escapes de gases anestésicos
 - b) Zonas en los cuales se requiere comprobar la eficiencia de una medida de control
 - c) Zonas distribuidas a diferentes distancias y alturas, de la fuente, para determinar comportamiento del gas en el recinto.
- 3) Se debe revisar el estado de ajuste de las conexiones de todo el conjunto.
- 4) Comprobar la hermeticidad de la uniones y conexiones del tren de muestreo
- 5) Colocar la bomba de aspiración convenientemente cargada y calibrada en la zona previamente definida. El flujo para calibrar la bomba de muestreo de gases anestésicos está entre 0.01 y 1 L/min.

Figura 17. Ubicación del tren de muestreo en la zona (Ambiental)



RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA

- 1) Poner la bomba en funcionamiento oprimiendo el interruptor, verificando que el caudal sea el correspondiente, determinado en la calibración y registrar la hora exacta de la iniciación de la captación
- 2) Durante la captación de la muestra debe vigilarse periódicamente el correcto funcionamiento de la bomba, en caso de observar alguna anomalía durante el muestreo, ésta se debe detener. Transcurrido el tiempo predeterminado de muestreo se retira el tubo o los tubos y se tapan los extremos con sus respectivos tapones
- 3) Si se nota que el valor del caudal se reduce significativamente, y no puede ser corregido por medio de ajustes o sustitución de la bomba, se detiene el muestreo de inmediato y se registra la hora. En este caso el higienista debe decidir si la muestra tomada hasta este momento es válida para ser considerada dentro de la evaluación, de acuerdo al volumen y tiempo muestreados, de lo contrario, el muestreo se pospone a una nueva ocasión.

REGLAMENTO TÉCNICO PARA LA EVALUACIÓN DE GASES ANESTESICOS

- 4) Observar periódicamente, durante la captación, el funcionamiento de la bomba verificando que el caudal se mantenga en el establecido previamente.
- 5) Después de que haya transcurrido el tiempo de muestreo predeterminado, el cual podrá cubrir toda la jornada o parte de esta, se suspende el funcionamiento de la bomba, se cierran los extremos del tubo absorbente con sus respectivos tapones plásticos.
- 6) Se debe registrar la hora exacta de la finalización de la captación.
- 7) Registrar los datos pertinentes de las muestras, incluyendo localización del muestreo, tiempo inicial y final, temperatura inicial y final, humedad relativa, presión atmosférica. Ver Anexo 2. Hoja De Campo Datos Del Muestreo De Aire.

NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS

Para la obtención de resultados representativos en la evaluación de gases anestésicos, se deben tomar mínimo dos muestras consecutivas por punto de muestreo, dentro del área de trabajo, cuya duración no debe ser menor al 80% de la jornada laboral.

La elección de la estrategia de muestreo que se va a aplicar en la evaluación de los gases anestésicos, depende de los requerimientos de la evaluación y del buen criterio y experiencia del higienista.

RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS “BLANCO”

- 1) Preparar los tubos marcados como “blancos” al mismo tiempo que se inicia el muestreo. Estos blancos deben ser del mismo lote de los tubos utilizados para la captación de muestras. Estos tubos “blancos”, se someten a las mismas manipulaciones que los tubos muestra, salvo que no pasa aire a través de éstos. Los tubos “blancos” se abren el mismo ambiente del lugar de muestreo y se cierran inmediatamente para enviarlas a análisis junto con las muestras reales.
- 2) Una muestra en blanco debe acompañar a cada grupo de muestras homogéneo y remitirse también para el análisis.
- 3) En términos generales el número de tubos “blanco” deberá ser como mínimo el 10% de las muestras o más en el caso de que se requiera mayor exactitud.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Con el fin de contar con la información necesaria y evitar que se olviden detalles importantes, se deberá colocar sobre el(los) tubo(s) adsorbente(s), una etiqueta que no se desprenda fácilmente, con el número o clave de identificación de la muestra tomada, utilizando un formato ordenado. A cada muestra se le anotarán los siguientes datos:

- Empresa a la que pertenece.
- Fecha de recolección.
- Número de orden.
- Sitio o lugar de la toma.
- Número de trabajadores expuestos.
- Fuente de generación.
- Hora de inicio del muestreo.
- Hora final del muestreo.
- Caudal de la bomba.
- Identificación de la bomba
- Volumen total de aire muestreado
- Nombre del responsable del muestreo
- Nombre del trabajador, si es necesario

MUESTRAS RECHAZADAS

Cuando una muestra no cumple con los requisitos de cada uno de los procedimientos indicados en este reglamento, debe ser rechazada por el Higienista, pues los resultados obtenidos de esta no tendrán ninguna confiabilidad.

TRANSPORTE DE MUESTRAS AL LABORATORIO

Se colocan las muestras junto con el Blanco (o blancos) en cajas u otros envases o materiales convenientemente protegidos, para evitar cualquier tipo de daño, de alteración debida a acciones mecánicas, de calentamiento excesivo o de exposición a la luz intensa, humedad o pérdida de su contenido durante su envío o transporte al laboratorio.

El tiempo máximo recomendado, que transcurre entre la toma de muestras y su envío al laboratorio, es de 10 días.

Manipular cuidadosamente los tubos para evitar roturas en el transporte.

Almacenar los tubos a una temperatura inferior a 20°C, si hay una demora inevitable anterior al envío al laboratorio analítico.

Las precauciones anteriores deben mantenerse mientras dure el almacenamiento hasta el momento en que se dispongan para ser analizadas.

Para obtener mayor información sobre el almacenamiento y transporte al laboratorio de las muestras, es pertinente remitirse a lo establecido en el método analítico de NIOSH específico para la sustancia

ANÁLISIS DE LABORATORIO

Previo desorción del gas o vapor anestésico recogido en el sólido adsorbente, se lleva a cabo el análisis de laboratorio mediante la técnica de cromatografía de gases con detector de ionización de llama.

Asegurar la calidad de los resultados del muestreo implica que los laboratorios nacionales que realicen evaluaciones de este tipo de contaminantes químicos, certifiquen el cumplimiento de los requisitos de la norma NTC-ISO/IEC 17025, en cuanto a competencia de laboratorios de ensayo y calibración. Además, los laboratorios de Metrología en Higiene Industrial deben estar acreditados ante el Ministerio de Desarrollo por medio de la Superintendencia de Industria y Comercio.

Los laboratorios extranjeros que realicen determinaciones sobre gases anestésicos, deberán estar acreditados ante la AIHA- American Industrial Hygiene Association.

CONCENTRACIÓN DEL GAS ANESTÉSICO

La determinación del peso y de la concentración del contaminante se realiza en el laboratorio por medio de métodos instrumentales de Cromatografía de Gases con Detector de Ionización de Llama previa desorción de la sustancia retenida en el sólido adsorbente.

Una vez se haya medido la masa del gas o vapor anestésico recogido en la muestra y a partir del volumen conocido de aire del que se ha tomado la muestra, es posible calcular la concentración.

La concentración de los gases anestésicos de la sustancia muestreada se determina de los resultados del análisis del laboratorio expresados en miligramos por muestra a la que se le restará los miligramos del promedio de las muestras "blancas", mediante la fórmula.

Ec. 7

$$C = \frac{Pm - Pb}{V} \frac{mg}{m^3}$$

Donde:

- C** = Concentración del gas en mg/m³
- Pm** = Peso de la muestra en mg.
- Pb** = Peso del promedio de los "blancos" en mg.
- V** = Volúmen en m³

Las concentraciones de gases anestésicos deben expresarse en partes por millón (p.p.m) para su comparación con los valores límites permisibles la cual es logra mediante la formula.

Ec. 8

$$p.p.m. = \left(\frac{Vm}{PM} \right) (mg / m^3)$$

Donde:

- Vm**= Volumen en molar a las condiciones del lugar de la medición (temperatura y presión)
- Pm**= Peso molecular de la sustancia muestreada

Los valores obtenidos en la evaluación, se comparan con los Valores Límite Permisibles de los gases anestésicos. Los valores límite permisibles que se toman como referencia son los publicados anualmente por la ACGIH. En la siguiente tabla, se presentes dichos valores:

TABLA IV. Valores límite permisibles para los Gases Anestésicos³⁰

Sustancia	Estándar AGIH/01 TLV-TWA	Estándar ACGIH/01 TLV-STEL
Enflurano (Ethrane®)	75 ppm	No Tiene
Halotano (Fluothane®)	50 ppm	No Tiene
Isoflurano (Forane®) (Isorane®)	50 ppm	No Tiene

ERRORES DE LAS MEDICIONES³¹

Para la medición de los gases anestésicos, cualquiera que sea el equipo empleado para la toma de muestras, siempre existe un margen de error. Para tratar de una manera crítica estos datos y tener un criterio claro de cuáles de las deducciones de los mismos son ciertas y cuáles dudosas o simplemente infundadas, es necesario valorar el error del resultado de la medición. Sin esta valoración no se puede obtener una medida cuantitativa del agente.

La tarea de determinar el error de la medida de la concentración ambiental de gases anestésicos, en la práctica no es sencilla. La mayor dificultad radica en que la medición va acompañada de factores, que influyen en uno y otro grado sobre el resultado de la misma. Dado que el conocimiento de las circunstancias y procesos que concurren en la toma de muestras siempre es limitado, en cualquier caso es imposible analizar todos los factores que actúan sobre el resultado de la medición. Por eso, el valor del error de la concentración medida permanece desconocido. De aquí, que el objetivo sea la apreciación máximamente cierta del error de las mediciones, o , lo que es lo mismo, el porcentaje de certeza.

³⁰ TLV's and BEL's. ACGIH 2001

³¹ Fundación Mapfre, Manual de Higiene Industrial, Madrid, 1996

CONTENIDO ESPECÍFICO DEL REGLAMENTO TÉCNICO

El grado de certeza de la medida depende, antes que nada, de la cantidad de factores que se han tenido en cuenta, en la determinación de un contaminante concreto, y que influyen sobre el resultado de las mediciones. La magnitud absoluta del error se determina, claro está, por factores subjetivos tales como la habilidad, la exactitud y minuciosidad del higienista, su grado de preparación, etc.

La labor de apreciación del error en las determinaciones de la concentración de gases anestésicos en Higiene Industrial, se complica aún más por la imposibilidad práctica de medirlos aisladamente y, en la mayoría de los casos, de forma directa.

Para facilitar el análisis del error del resultado, los errores de las mediciones conviene clasificarlos de acuerdo con los motivos que lo provocan. Se distinguen dos categorías: los errores sistemáticos y los causales o accidentales.

Comúnmente, por errores sistemáticos se sobreentienden aquellos que, sin variar prácticamente durante el muestreo y/o análisis, entran de igual modo en cada resultado de las mediciones, dando lugar a su desviación hacia un sentido cualquiera. Las fuentes de los errores sistemáticos pueden ser:

- 1) Errores instrumentales originados por defectos o irregularidades de los equipos de medición.
- 2) Errores vinculados con las condiciones meteorológicas del ambiente en que se realizan las determinaciones.
- 3) Errores debidos a la particularidad del higienista (errores subjetivos o personales)
- 4) Errores debidos a la inexactitud de las constantes de graduación o calibración de los equipos.
- 5) Errores, aportados por el mismo método de medición, debidos al carácter aproximado o indeterminado en ocasiones de las correlaciones entre la cantidad de contaminantes presente y el retenido por el sistema de muestreo.

Los errores sistemáticos no pueden ser considerados estadísticamente. Si son detectados durante una medición, los datos habrán de corregirse primeramente antes de efectuarse el análisis estadístico.

Los errores sistemáticos se pueden revelar y analizar solamente a base de la observación tanto del mismo método como de los equipos de medición. Hay que tener en cuenta que en una serie de casos el error sistemático puede ser mayor que el accidental.

La categoría de errores que se denominan accidentales está vinculada con factores que sufren pequeñas variaciones durante el muestreo y/o análisis.

La acción conjunta de un gran número de tal género de factores da lugar a que la repetición de una misma medición nos dé en cada ocasión un valor distinto.

El origen de los principales errores aleatorios puede estar en:

- 1) Las fluctuaciones de la concentración de un gas anestésico (de un día para otro o dentro de un mismo día) influidas por el proceso físico generador o por los hábitos laborales del trabajador.
- 2) Las variaciones del equipo, tanto del muestreo (por ejemplo, fluctuaciones en el caudal de una bomba), como análisis

REGLAMENTO TÉCNICO PARA LA EVALUACIÓN DE GASES ANESTÉSICOS

En principio cabe resolver el problema a través de la consideración de la influencia en el resultado de las mediciones de cada uno de los errores aleatorios por separado. Sin embargo, está claro que semejante tentativa es prácticamente inútil. Puesto que el resultado de cada medición individual de la concentración de gases anestésicos depende de la acción de un gran número de distintos factores, que varían durante la realización de dicha determinación. La acción de tales factores (el error) puede considerarse como una magnitud aleatoria. Semejante enfoque permite tratar los errores aleatorios del muestreo y análisis de una muestra destinada a las mediciones de Higiene Industrial utilizando las leyes de la distribución normal. La clasificación de los errores en sistemáticos y accidentales, antes expuesta, es puramente convencional y justa sólo para un muestreo concreto, cuando el conjunto de mediciones está determinado.

Esto se ilustra en el siguiente ejemplo: Supongamos que un higienista industrial utiliza una bomba erróneamente calibrada para medir la exposición de un trabajador a un gas anestésico, tomando sucesivas muestras a lo largo de una jornada. Aquí, el error instrumental actúa como un error sistemático típico. Si el muestreo consistiera en obtener varias muestras simultáneas, para el mismo trabajador y contaminante, disponiendo de un conjunto de bombas, con el caudal perfectamente determinado, que incluya el aparato erróneamente calibrado, el defecto instrumental indicado puede considerarse como una magnitud aleatoria.

Téngase presente que si los métodos sistemáticos de tratamiento de los resultados de las mediciones permiten hacer determinadas deducciones con respecto a su fiabilidad, son impotentes si la medición y el análisis se han realizado con negligencia y sin observar los requisitos de los métodos estandarizados.

VALORES LÍMITE PERMISIBLES

Los valores límite permisibles (TLV's) hacen referencia a concentraciones de sustancias en el aire, por debajo de las cuales, se cree que la mayoría de los trabajadores puedan exponerse repetidamente, día tras día sin sufrir efectos adversos a la salud³². Sin embargo, debido a la amplia variación entre las susceptibilidades individuales, un pequeño porcentaje de trabajadores pueden experimentar molestias para algunas sustancias a concentraciones iguales o por debajo del valor límite permisible.

La Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH). (Art. 154 de la Resolución N. 2400 del Ministro de trabajo y Seguridad Social). publica anualmente los valores límite permisibles, los cuales son actualmente vigentes y aplicables en el país para la comparación de resultados obtenidos en muestreos de gases anestésicos en los lugares de trabajo.

VALOR LÍMITE PERMISIBLE CORREGIDO POR TIEMPO DE EXPOSICIÓN

La aplicación de los TLV's para turnos de trabajo diferentes a la jornada laboral de ocho horas al día ó cuarenta horas en la semana, requiere una consideración especial si se quiere proteger a los trabajadores en la misma medida en que se realiza con aquellos que cumplen una jornada normal de trabajo.

Si bien los TLV's tienen un factor de seguridad para desviaciones moderadas de las condiciones normales, la ACGIH reconoce que pueden existir grandes desviaciones en los casos de temperaturas superiores a 32°C o jornadas de trabajo superiores en un 25% a las establecidas³³.

³² TLV's and BEL's. ACGIH 2001, pág. 3

³³, ³³ FUNDACIÓN MAPFRE. Manual de Higiene Industrial, Madrid, 1996.

CONTENIDO ESPECÍFICO DEL REGLAMENTO TÉCNICO

El modelo Brief y Scala³⁴, es el modelo más conservador, para realizar la evaluación del riesgo higiénico bajo estas circunstancias, ya que reduce proporcionalmente el TLV, tanto al incremento del tiempo de exposición, como a la reducción que se produce en el tiempo de no exposición.

La corrección del TLV propuesto por este modelo se realiza a través de las siguientes fórmulas:

Cálculo diario:

Ec. 9

$$F_r = \left\{ \frac{8}{H_d} * \frac{24 - H_d}{16} \right\}$$

Cálculo semanal:

Ec. 10

$$F_r = \left\{ \frac{40}{H_s} * \frac{168 - H_s}{128} \right\}$$

para conocer el valor límite permisible corregido, se emplea la siguiente ecuación:

Ec. 11

$$TLV_c = (F_r * TLV_{8horas})$$

Donde:

- F_r** = Factor de Reducción. (adimensional)
- H_d** = Horas de Turno Diario (más de 8 horas).
- H_s** = Horas de Trabajo Durante la Semana.
- TLV** = Valor Límite Permisible en mg/m³

VALOR LÍMITE CORREGIDO POR TEMPERATURA Y PRESIÓN

Cuando el muestreo se realiza, bajo condiciones de temperatura y presión con una diferencia significativa de las condiciones presentes cuando se realizó la calibración, los volúmenes de muestreo deberán ser corregidos empleando la siguiente fórmula:

Ec. 12

$$\left[\left(\frac{V_m * P_m}{T_m} \right) = \left(\frac{V_c * P_c}{T_c} \right) \right]$$

Donde:

- V_m** = Volumen Muestreado (m³)
- P_m** = Presión de Muestreo (mm de Hg)
- T_m** = Temperatura de Muestreo (°K)
- V_c** = Volumen Corregido (m³)
- P_c** = Presión de Calibración (mm de Hg)
- T_c** = Temperatura de Calibración (°K)

Cuando los lugares de trabajo están a alturas diferentes a los que vienen referidos los valores límite permisibles, se deberá hacer la corrección de estos mediante la formula:

Ec. 13

$$Fr = \left(\frac{P}{760} \right)$$

Donde:

- Fr** = Factor de reducción
- P** = Presión del lugar de trabajo

Este factor de corrección se aplica en el Cálculo del TLV corregido (Ec. 11).

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

CRITERIO ESTADÍSTICO

Las variabilidades muestrales, las fluctuaciones fortuitas del ambiente de las salas de cirugía y la existencia ineludible de errores, conduce a que cuando un trabajador es muestreado, y calculada su exposición media, esta raramente coincide con la exposición verdadera.^{35.36}

Así, el resultado de un muestreo en higiene industrial, es siempre una estimación de la verdadera exposición media. Haciendo uso de métodos estadísticos, se puede calcular el límite superior e inferior de un intervalo en torno a la exposición promedio estimada, que contenga el verdadero valor de esta magnitud con un nivel de confianza prefijado, por ejemplo el 95%.

El valor numéricamente menor se conoce como Límite Inferior de Confianza (**LIC**) y numéricamente mayor como Límite Superior de Confianza (**LSC**). Para un nivel de confianza prefijado, la amplitud del intervalo que contiene el verdadero valor medio, disminuye al hacerlo el coeficiente de variación total del método analítico empleado, aumentando la probabilidad que el método analítico encontrado, coincida con el verdadero valor medio de la exposición.

La posición de los límites del intervalo de confianza, **LIC** y **LSC**, respecto al valor medio del mismo depende del nivel de confianza con que se trabaje y de la estrategia de muestreo empleada.

A continuación se presentan los procedimientos de cálculo del **LIC** y **LSC** dependiente de la estrategia de muestreo y para un nivel de confianza del 95%.

³⁵ FUNDACIÓN MAPFRE. Manual de Higiene Industrial. Madrid 1991.

³⁶ FUNDACIÓN MAPFRE. Estudios. Curso Master de Seguridad Integral en la Empresa

CONTENIDO ESPECÍFICO DEL REGLAMENTO TÉCNICO

En el caso de muestras consecutivas de periodo completo o parcial, la concentración medida es una serie de valores $X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_n$. Obtenidos durante los tiempos $t_1, t_2, t_3, t_4, \dots, t_n$, respectivamente.

La concentración relativa viene dada por:

Ec. 14

$$CR = \left[\frac{TWA}{TLV} \right]$$

Donde TWA es la exposición promedio ocupacional, que se calcula mediante la siguiente fórmula:

Ec. 15

$$TWA = \left\{ \frac{x_1t_1 + x_2t_2 + x_3t_3 + x_4t_4 + \dots x_nt_n}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + \dots t_n} \right\}$$

Los límites del intervalo de confianza se calculan mediante las siguiente expresión:

Ec. 16

$$LC = \left\{ CR \pm \left[\frac{EMA \sqrt{x_1t_1 + x_2t_2 + x_3t_3 + x_4t_4 + \dots x_nt_n}}{TLV * (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + \dots t_n)} \right] \right\}$$

Donde EMA es el error de la técnica de muestreo y análisis y son valores dados por NIOSH y OSHA.

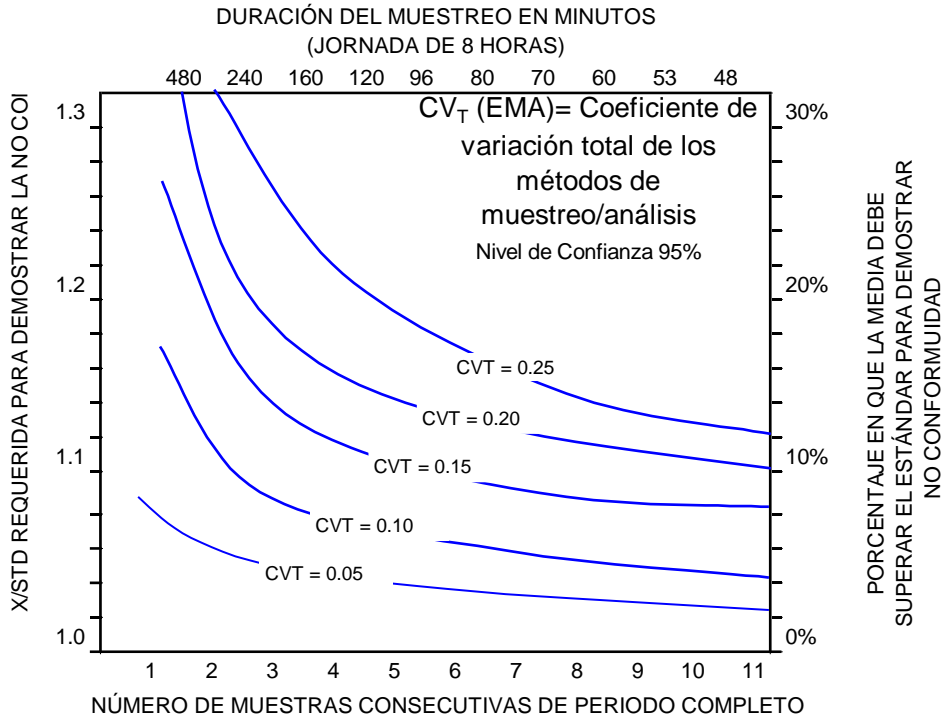
Si el laboratorio proporciona independientemente los coeficientes de variación de la bomba personal (CV_p) y/o del método analítico (CV_a), el error de muestreo y análisis total se calcula mediante la siguiente fórmula:

Ec. 17

$$EMA = \sqrt{(CV_p)^2 + (CV_a)^2}$$

El porcentaje en el cual el resultado debe exceder al valor límite permisible para poder demostrar que este se supera, depende del número de muestras tomadas, utilizando la siguiente figura se representa la influencia del número de muestras consecutivas durante un periodo completo, obteniéndose, a partir de este y de el coeficiente de variación del método, la cantidad en porcentaje, en que el resultado de la evaluación debe exceder el valor límite permisible que se está comparando.

Figura 18. Efecto del número de muestras consecutivas de periodo completo para la demostración de no conformidad cuando el criterio de prueba es del 50%



Así mismo, la demostración de conformidad queda sujeta a las mismas condiciones.

En el caso de haber recogido una muestra única en la totalidad de la jornada, la concentración medida X , del contaminante, por el laboratorio de higiene industrial, permite calcular la concentración relativa, respecto a su valor límite permisible.

Ec. 18

$$CR = \left[\frac{x}{TLV} \right]$$

y la fórmula dada para calcular los límites de confianza, queda reducida a:

Ec. 19

$$LC = CR \pm EMA$$

Para muestras tomadas puntualmente, los límites de confianza están influidos principalmente por el número de muestras tomadas y por la variación de las condiciones ambientales en los momentos en que se realizó el muestreo. Debido a que las condiciones ambientales son imposibles de predecir, no se puede llegar a ninguna decisión de cumplimiento o incumplimiento,

CONTENIDO ESPECÍFICO DEL REGLAMENTO TÉCNICO

de un valor límite permisible de larga duración a partir de los resultados obtenidos de muestras aleatorias de corta duración.

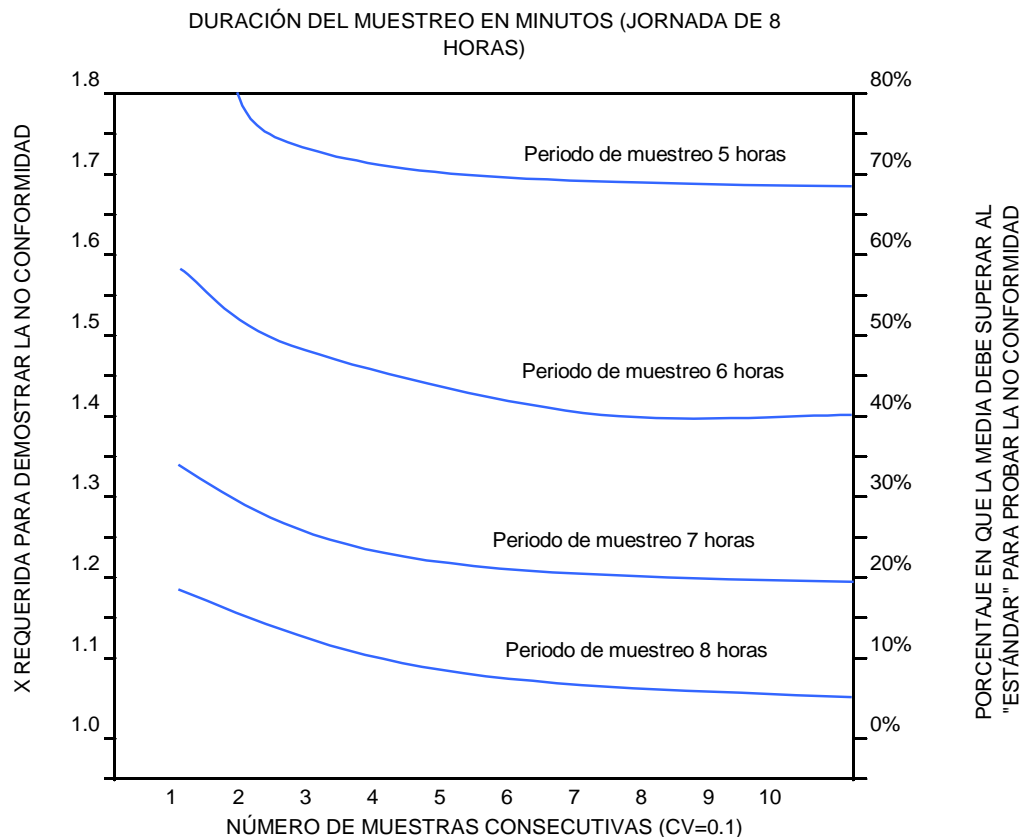
Es necesario disponer de un número muy elevado de muestras puntuales, y repartidas aleatoriamente durante toda la jornada, para que los resultados alcancen una mínima fiabilidad.

Un estudio comparativo de las estrategias de muestreo, dejando a un lado los costos, resalta como óptima las muestras consecutivas de periodo completo, siendo el número adecuado de muestras a tomar entre dos y siete.

La muestra única de periodo completo no es el mejor procedimiento ya que se precisan sistemas de muestreo y análisis adecuados. En las muestras consecutivas de periodo parcial, los resultados serán válidos únicamente sobre el periodo de tiempo muestreado, surgiendo la discusión acerca del tratamiento a dar a aquel periodo que no fue muestreado. Esta estrategia se acepta como válida siempre y cuando el periodo de muestreo alcance el 80% de la jornada laboral y las condiciones de trabajo no varíen sustancialmente.

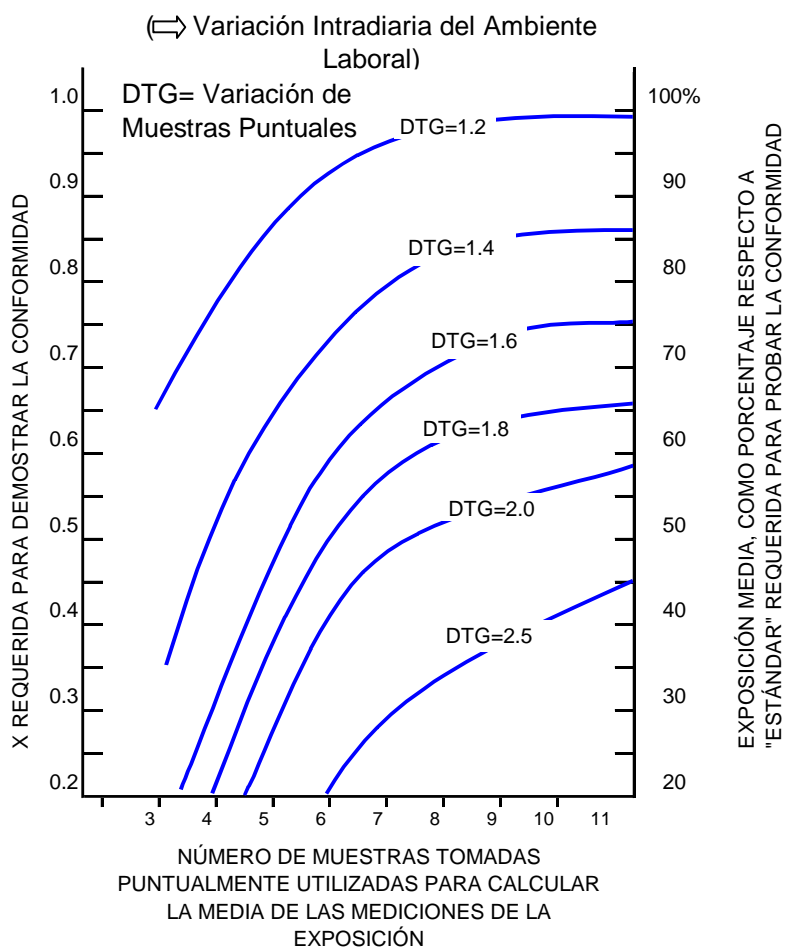
En la siguiente figura se indica la influencia del número de muestras y el tiempo cubierto, muestreado con un método de EMA= 0.10, sobre los valores que debe tomar la concentración, para poder asegurar el estándar fue superado.

Figura 19. Influencia del número de muestras y el tiempo cubierto en el muestreo para demostración de No Conformidad



Las muestras tomadas puntualmente son la peor estrategia, cuando se quiere estimar la exposición promedio ocupacional. Como se puede apreciar en la figura, para demostrar la existencia de una no conformidad, tomando un número relativamente elevado de muestras, por ejemplo 11, y para una desviación típica geométrica igual a 2, la concentración media obtenida deberá exceder el valor límite permisible en un 40%.

Figura 20. Efecto del número de muestras puntuales para la demostración de conformidad³⁷

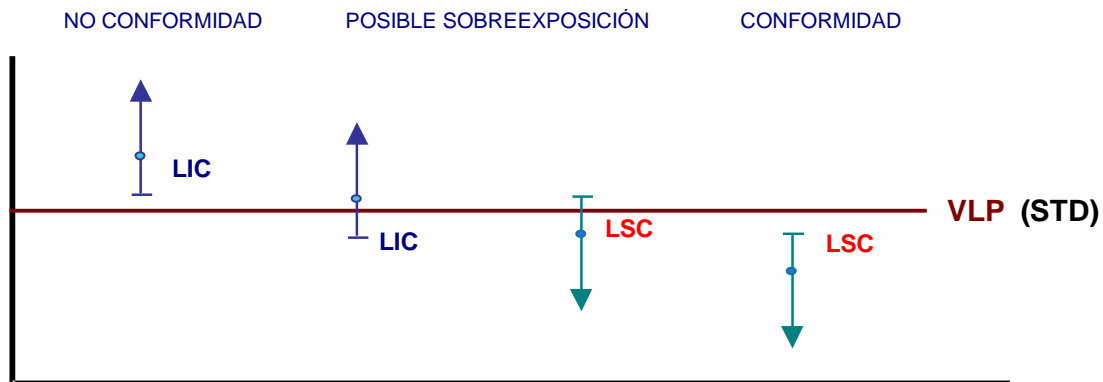


El cumplimiento o incumplimiento de un valor límite viene indicado por la concentración relativa y los límites de confianza superior e inferior de la siguiente forma:

- 1) Si la concentración relativa y el límite inferior de confianza superan el valor límite permisible dado para la unidad, se puede afirmar que la concentración ambiental del contaminante es superior al valor límite permisible establecido.
- 2) Si la concentración relativa y el límite superior de confianza no superan el valor límite, existe certeza que el valor límite permisible dado para el contaminante, no se está sobrepasando.
- 3) En cualquier otra situación, los resultados del muestreo no son concluyentes.

³⁷ Fundación Mapfre. Manual de Higiene Industrial, pag154. España 1991

Figura 21. Clasificación de acuerdo a los límites de confianza



NIVEL DE INTERVENCIÓN (NIOSH)

Se deben establecer acciones de intervención o mitigación del factor de riesgo si las concentraciones de gases anestésicos medidas o encontradas son mayores que el cincuenta (50%) del Valor Límite Permisible corregido.

REGISTRO Y NOTIFICACIÓN

El registro de la información que resulte de las evaluaciones de gases anestésicos forma parte de la estadística de las instituciones prestadoras de servicios de salud, y se deben llevar en forma sistemática para su posterior análisis.

Los resultados obtenidos de las evaluaciones ambientales, se deben notificar a la entidad que ha requerido la evaluación, en tal sentido pueden ser comunicados al Gerente de la Institución Prestadora de Salud o a la Administradora de Riesgos Profesionales a la cual se encuentra afiliada esta Institución para que se tome la decisión política o administrativa de intervenir el riesgo.

MÉTODOS DE CONTROL PARA GASES ANESTÉSICOS³⁸

Las exposiciones ocupacionales a gases anestésicos pueden ser controladas por medio de la aplicación de una variedad de principios incluyendo los controles de ingeniería y de prácticas de trabajo, controles administrativos, equipos de protección personal y monitoreos. Estos principios pueden ser aplicados en o cerca de la fuente de contaminación, para el medio ambiente general del lugar de trabajo, o en el punto de exposición ocupacional de los individuos. Los controles aplicados a la fuente de la contaminación, incluyen controles de ingeniería y de prácticas de trabajo, y son generalmente los mas efectivos y utilizados como medios de control. En las áreas quirúrgicas, donde está presente el riesgo de exposición a gases anestésicos, esta exposición puede ser controlada por uno o varios de los medios mencionados a continuación:

- 1) Sistemas de evacuación de gases anestésicos que remuevan los excesos de gases residuales presentes en el punto de origen.
- 2) Un sistema de ventilación o dilución
- 3) Buenas prácticas de los trabajadores afectados
- 4) Monitoreo periódico, personal y ambiental, para determinar la efectividad de las medidas de control para disminuir la exposición a gases anestésicos.

³⁸ OSHA: Anesthetic Gases: Guidelines for Workplace Exposures

Lo siguiente es una discusión general de los controles de ingeniería, controles de prácticas de trabajo y controles administrativos que pueden reducir la exposición del trabajador a los gases anestésicos.

CONTROLES DE INGENIERÍA

La evacuación de los gases anestésicos residuales en salas de cirugía es esencial para la reducción de la exposición ocupacional de médicos cirujanos, anestesiólogos, instrumentadores y demás personal del quirófano. Los controles de ingeniería implementados en la fuente y el medio son la primera línea de defensa y el método de control preferido para prevenir la exposición de los trabajadores a gases anestésicos en los procedimientos quirúrgicos. Un sistema efectivo de evacuación de gases anestésicos atrapa los gases residuales en los sitios donde se presenta un exceso de flujo de éstos del sistema de respiración del paciente y realiza la disposición de estos gases hacia la atmósfera. Un sistema de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire, contribuye a la dilución y remoción de los gases anestésicos residuales que no fueron recolectados por el sistema de evacuación o provenientes de otras fuentes como escapes en las máquinas empleadas para el suministro de la anestesia o prácticas inapropiadas de trabajo.

Un sistema de evacuación de gases anestésicos consiste en cinco componentes básicos:

- 1) Ensamble de recolección del gas:** Encargado de capturar el exceso del gas anestésico en el sitio de la emisión, e impulsar éste a través de la manguera de transferencia.
- 2) Manguera de Transferencia:** A través de ésta manguera, el exceso de gas anestésico es transportado a una interfase.
- 3) Interfase:** Provee de presión positiva de alivio (y algunas veces negativa) y puede proveer capacidad de reserva. Esta interfase es diseñada para proteger los pulmones del paciente de presión excesiva ya sea positiva o negativa, del sistema de evacuación.
- 4) Ensamble de mangueras para la disposición del gas:** Se encarga de conducir los excesos de gases anestésicos, desde la interfase al ensamble de disposición del gas.
- 5) Ensamble para la disposición del gas:** Es el encargado de transportar los excesos del gas anestésico a un punto donde éstos puedan ser descargados de una forma segura en la atmósfera. Diferentes métodos en uso incluyen un sistema de ventilación con recirculación o sin esta, un sistema central de vacío, un sistema de agotamiento del gas residual, un sistema pasivo de ductos y un adsorbedor.

En general una interfase debe estar integrada con accesorios que faciliten la remoción de los gases. La interfase permite que los excesos del gas sean recolectados en un reservorio y limita la presión dentro de éste. Un accesorio del sistema de evacuación de los gases, recibe los gases provenientes de la interfase y debe ventilarlos hacia el exterior del edificio y lejos de los ductos de aire o de ventanas abiertas, de tal forma que no permita el reingreso de los gases anestésicos.

La remoción de excesos de gases anestésicos desde el circuito de anestesia, puede estar acompañada de sistemas de evacuación pasivos o activos. Cuando un vacío o una fuente negativa de presión es conectada a la interfase de evacuación, el sistema es conocido como activo. Cuando el vacío o la presión negativa no es utilizado, se denomina sistema pasivo. Con un sistema activo se va a presentar una presión negativa en las mangueras de disposición del gas. En un sistema pasivo, esta presión va a ser incrementada por encima de la atmosférica (presión positiva) por medio de la exhalación pasiva del paciente o por la compresión manual del sistema de respiración.

CONTENIDO ESPECÍFICO DEL REGLAMENTO TÉCNICO

Cuando en combinación del sistema de evacuación de gases, es empleado un sistema ventilación o dilución general, se reduce, no se elimina completamente, la contaminación por gases anestésicos. Si se encuentran concentraciones excesivas de gases anestésicos, el flujo de aire de este sistema se debe incrementar dentro de la sala para permitir una mayor mezcla del aire y además la dilución de éstos gases.

Los controles de ingeniería como programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo constituyen los procedimientos más eficaces de control de contaminación de gases anestésicos.

En este sentido se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- 1) Siempre debe utilizarse el sistema de extracción de gases anestésicos. La tasa de ventilación de la mascarilla del paciente debe mantenerse a un caudal de 45 L/min, ajustado con un elemento calibrador de flujo y vaciarse al exterior, nunca al interior de la sala de cirugía.
- 2) En lo posible, la sala de cirugía debe ventilarse con aire limpio externo. Las áreas de inyección y extracción de aire, deben estar suficientemente separadas para evitar corto circuito (ingreso de aire viciado después de extraído al ambiente externo).

PRÁCTICAS DE TRABAJO

Las prácticas de trabajo, diferente a los controles de ingeniería, involucran la forma en que las actividades son realizadas. Realizar el trabajo de una forma apropiada es vital para ayudar en la reducción de exposiciones a los gases anestésicos. Por el contrario, técnicas inapropiadas de anestesia, pueden contribuir a incrementar los niveles de gases en las salas de operaciones. Estas técnicas pueden incluir selección no apropiada del tamaño de la boquilla que se usará el paciente, una inapropiado ajuste de la boquilla en el paciente, falta de cuidado en el llenado de los vaporizadores y derrame de los líquidos de los agentes anestésicos, entre otros.

Las prácticas generales de trabajo recomendadas incluyen los siguientes aspectos:

- 1) Un completo chequeo de las máquinas de anestesia debe ser realizado cada día antes de la primera cirugía. Una versión abreviada de este chequeo se debe realizar después de cada caso que siga. Se recomienda la aplicación de una lista de chequeo.
- 2) Si se va a emplear una máscara para la administración de la anestesia, estas deben estar disponibles en diferentes tamaños para que ajusten apropiadamente a cada paciente.
- 3) Los tubos traqueales, máscara y otros recursos empleados para el suministro de aire deben estar ubicados con precisión.
- 4) Los vaporizadores deben ser llenados en un área bien ventilada y forma tal que se evite cualquier derrame del agente. Este proceso se puede mejorar utilizando un instrumento especial para el llenado. Cuando sea posible, los vaporizadores deben ser llenados en el lugar donde el anestésico va a ser administrado y realizar este proceso únicamente el personal requerido presente en la sala. Los vaporizadores deben estar apagados cuando no están en uso. El acceso a estos equipos debe ser limitado, estableciendo normas internas de restricción de paso a personal no autorizado y evitando su manipulación por personal que no se encuentre calificado.
- 5) Los derrames de los agentes anestésicos deben ser limpiados inmediatamente.

REGLAMENTO TÉCNICO PARA LA EVALUACIÓN DE GASES ANESTÉSICOS

- 6) Los gases anestésicos residuales deben estar conducidos por líneas que se encuentren selladas, evitando presencia de escapes, la disposición final de estos gases no debe ser hacia otras áreas en que se vea afectada la salud de otras personas.

CONTROLES ADMINISTRATIVOS

Los controles administrativos son otra forma de mejorar las condiciones de trabajo para reducir la exposición a gases anestésicos. Los controles administrativos deben ser pensados de tal forma que cualquier decisión ayude en la reducción de exposiciones. Para trabajadores potencialmente expuestos a gases anestésicos, el programa administrativo debe establecer e implementar políticas para:

- 1) Instituir un programa rutinario de inspección y mantenimiento de equipos en busca de reducir los escapes de gases y para tener un mejor funcionamiento del sistema de evacuación y de la ventilación de la sala.
- 2) Implementar un programa de monitoreo para realizar mediciones de los niveles de gases en la zona de respiración de los trabajadores o en el área de trabajo donde ocurra mayor exposición.
- 3) Promover el uso de los sistemas de evacuación en todas las instalaciones donde se administre anestesia por inhalación, puntualizando en que este sistema de evacuación es el mejor medio de control de exposición.
- 4) Implementar un programa de información y entrenamiento a los empleados expuestos a gases anestésicos, de tal forma que los empleados puedan participar y apoyar las medidas de protección a implementar en el lugar de trabajo.
- 5) Definir e implementar unas prácticas de trabajo apropiadas para ayudar a reducir la exposición del personal del quirófano.
- 6) Implementar un Sistema de Vigilancia Epidemiológica para todos los trabajadores expuestos a gases anestésicos, en el momento que se llegue al nivel de intervención definido en este reglamento, es decir, cuando las concentraciones encontradas en el ambiente de trabajo alcancen el 50% del Valor Límite Permisible.
- 7) Controlar el uso correcto de los elementos de protección personal, en operaciones de llenado, limpieza, inspección de los equipos de suministro de gases anestésicos.
- 8) Programa de manejo y disposición de los agentes anestésicos, contenedores de derrames y monitoreos después de los derrames.
- 9) Cumplimiento de la normativa vigente en cuanto a riesgos profesionales.

VERIFICACIÓN DE CONTROLES

Una vez se han aplicado las medidas de control anteriores, la empresa debe evaluar las nuevas condiciones de trabajo, para determinar variaciones en las concentraciones de gases anestésicos, en relación con las existentes antes de la implementación de los métodos de control.

Esta verificación se desarrolla como parte de la evaluación del programa de Higiene Industrial y procede de las políticas internas de prevención de enfermedades profesionales o en algunos casos de la exigencia de la autoridad competente.

6. IDONEIDAD DEL HIGIENISTA

La buena práctica de la evaluación del riesgo por exposición a gases anestésicos, implica “un compromiso constante con la salud humana que permita tomar una actitud esencialmente crítica, evadir falsas complacencias, la búsqueda constante de excelencia, y el estímulo del sentido de la responsabilidad personal y del autocontrol corporativo en materia de seguridad” y por tanto, es importante que las entidades o personas interesadas en prestar servicios de evaluación de la exposición ocupacional a gases anestésicos, deban cumplir con los requisitos siguientes:

- . Acreditar idoneidad profesional mediante títulos de Tecnólogo y/o Profesional, con formación en áreas de Salud Ocupacional e Higiene Industrial y Licencia de prestación de servicios que incluya el componente de Higiene Industrial y con mínimo cinco (5) años de experiencia en evaluaciones de Higiene Industrial.
- . Contar con los equipos adecuados para el muestreo de los Gases Anestésicos, con sus respectivos certificados de calibración y mantenimiento, dados por una entidad reconocida.
- . Contar con los recursos físicos apropiados para la prestación de los servicios.
- . La experiencia de trabajo en áreas de Salud Ocupacional e Higiene Industrial tendrá validez mediante certificación expedida por una institución de carácter oficial o entidades reconocidas en las cuales haya prestado este servicio.
- . La autorización para la prestación de servicios en áreas de Salud Ocupacional e Higiene Industrial a personas o entidades, puede únicamente ser expedida por el Ministerio de Salud a través de los entes territoriales y será válida en todo el Territorio Nacional.

Con el fin de propender por una verdadera cultura de la seguridad en el territorio nacional, es de extrema importancia que ninguna entidad de carácter oficial o privado contrate servicios de higiene industrial, con personas naturales o jurídicas que carezcan de las pertinentes licencias o autorizaciones de las autoridades competentes. Dicha falta será sancionada por la correspondiente entidad de vigilancia y control.

7. VIGILANCIA Y CONTROL

Se sugiere que el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y el Sistema General de Riesgos Profesionales asigne funciones de Vigilancia y Control a través de los Comités de Salud Ocupacional y los Grupos de Inspección, Vigilancia y Control de las Direcciones Territoriales de Trabajo y de Salud existentes en los diferentes entes territoriales del país.

Estos organismos podrán ejercer vigilancia sobre los servicios de Higiene Industrial y/o de Metrología en Higiene Industrial que presten las diferentes entidades naturales y jurídicas y/o laboratorios.

8. REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN

La revisión y actualización de este Reglamento Técnico, es competencia del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, como entidad encargada de la Vigilancia y Control del cumplimiento de la normativa en Salud Ocupacional y Riesgos Profesionales. A partir de las entidades Prestadores de Servicios de Higiene Industrial, en lo relacionado con la evaluación de gases anestésicos, se obtendrá la información necesaria para actualizar el contenido de este Reglamento.

Esta actualización se obtiene mediante la realización de actividades de Inspección, Vigilancia y Control como mecanismo para el fortalecimiento de los Sistemas de Vigilancia Epidemiológica y para el mejoramiento de las condiciones de trabajo y salud.

Se propone una periodicidad de tres años para hacer la revisión y actualización de este reglamento técnico con la participación de personal idóneo y el concepto de diferentes entidades relacionadas con el Sistema General de Riesgos Profesionales. Esta revisión se debe realizar en el marco de toda la legislación en Salud Ocupacional vigente en el momento.

La revisión y actualización debe comprender la verificación del cumplimiento de las funciones y responsabilidades de los entes territoriales en materia de evaluación de gases anestésicos.

9. DEROGATORIA

El presente Reglamento Técnico deroga a partir del inicio de su vigencia las disposiciones que le sean contrarias

10. VIGENCIA

El presente reglamento técnico empezará a regir a partir de la fecha de su publicación por parte del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, Dirección de Riesgos Profesionales.

11. RÉGIMEN SANCIONATORIO

En cualquier caso de incumplimiento de las disposiciones establecidas por este Reglamento Técnico, por parte de los responsables de su aplicación, la Dirección Nacional de Salud Ocupacional y Riesgos Profesionales del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y las direcciones Territoriales, como autoridad competente, previo conocimiento de los informes que rindan los Inspectores y por medio de resolución motivada, podrá imponer las sanciones previstas al empleador y tomar las medidas que estime necesarias, por falta de control de los agentes contaminantes en los ambientes de trabajo.

12. BIBLIOGRAFÍA

ACGIH,

Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants
9th Ed.Cinc., 2001

ACGIH,

Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants
Ohio, 8th Ed. 1995

ACGIH,

Cualitative Industrial Hygiene. A. Formula Workbook Caravanos, j. Dr.PH.
Cincinnati. 1991

ACGIH,

TLV's and BEL's.
2002

ACGIH.

Threshold Limit Values For Chemical Substances and Physical Agents
Cinc OH, 2002

ARSEG

Compendio de Normas Legales en Salud Ocupacional
Bogotá, Octubre 2001

Ayala, Carlos

Legislación en Salud Ocupacional y Riesgos Profesionales
Ediciones Salud Laboral, Bogotá Octubre1999

Brooks, S.M.,

Fundamentals of Operating Room Nursing,
New York, 1978

Caplan , P.E;

Calibration of Air Sampling Instruments,
ACGIH, CINC 1062

Consejo Interamericano de Seguridad

Practiguías Nos. 2069, 2073
New Jersey, USA, 1977

Fundación Mapfre

Manual de Higiene Industrial
Madrid, 1996

Haddad. R.

Curso de Higiene Industrial. Encuesta de Reconocimiento.
Universidad Nacional.
OPS, Ministerio de Salud, Bogotá, Colombia, 1968

Inklaar, A.,

Guía para la Elaboración de Reglamentos Técnicos.
Por Autorización del Physikalisch – Technische Bundesanstalt Braunschweig y Berlin. Enero, 2001.

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, INSHT

Nota Técnica de Prevención NTP No.141
Madrid

Instituto de Salud Pública de Chile.

Manual Básico sobre Mediciones y Toma de Muestras Ambientales y Biológicas en Salud Ocupacional.
Chile, 1999

BIBLIOGRAFIA

J.J Gestal Otero, M Romami Lestón.

Riesgos de la Exposición a Substancias Químicas en los Hospitales

. **Revista MAPFRE MEDICINA. Vol.2 No. 3**

Santiago de Compostela, 1991

J.N. Tejedor – Ma. J. García

Estrategia de Muestreo para la evaluación de la exposición laboral a contaminantes químicos

Madrid, INSHT., 1994

Leidel N.A.,

Validez y Representatividad de las Mediciones Ambientales en higiene Industrial.

II Simposium de Higiene Industrial. Fundación Mapfre, España, 1979

Lippmsnn, M; Ph, D

Air Sampling Instruments

Chapter 7 9th Ed. CINC 2001

MSA

Escort Elf® Pump Instruction manual

Pittsburgh, Pensylvania

MSA

Gemini® Twin Port Sampler- Operation Manual

Pittsburgh, Pensylvania

MSA

Optiflow 660- Operations Manual

Pittsburgh, Pensylvania

MSA

DigiCal ® Primary Calibrator

Pittsburgh, Pensylvania

Moreno C. Rafael A. & Mañas A. Justo,

Métodos y Estrategias para el Muestreo de Contaminantes Químicos.

Ed.CCS. Bogotá, Colombia, 1989

NIOSH

The Industrial Environment Its Evaluation y Control

Washington D.C., 1973

NIOSH.

Manual of Analytical Methods.

4th Ed. 1994

OSHA:

Anesthetic Gases: Guidelines for Workplace Exposures

OSHA-103

Metodología Analítica para Enflurano, Halotano, Isoflurano

OSHA-29

Metodología Analítica para Enflurano, Halotano

Perkins, J.L.

Modern Industrial Hygiene Recognition and Evaluation of Chemical Agents.

Vol 1 N.Y., 1997

Perkins, J.L.;

Modern Industrial Hygiene, Recognition and Evaluation of Chemical Agents.

Cap 18. N.Y, 1997

REGLAMENTO TÉCNICO PARA LA EVALUACIÓN DE GASES ANESTESICOS

Profesionales en Salud Ocupacional

Estudios de Gases Anestésicos

Hospital de Kennedy, Clínica Carlos Lleras Restrepo, Hospital San José
Bogotá, 2000

Rock, J.C. Ph.D,

Air Sampling Instruments Ch2. Occupational Air Sampling Strategies.

Texas A&M University Texas, 9th Ed. 2000

SKC

The Essential Reference for Air Sampling,

Pag 200

TALTY, J.T. P.E.

Industrial Hygiene Engineering Recognition, Measurement, Evaluation and Control

Ed. Ohio, 1985

Universidad del Bosque.

Salud Ocupacional. Procedimientos para el Reconocimiento.

Bogotá, Colombia, 2000

Universidad Politécnica de Madrid-EAN

Material didáctico curso de Evaluación de Riesgos Ambientales

Madrid, 2001

Yeager, M.E.,

Técnicas en el Quirófano.

Agencia para el Desarrollo Internacional (AID), México 1982

13. ANEXOS

ANEXO No. 1. FORMATO DE RECONOCIMIENTO

ANEXO No. 2. HOJA DE CAMPO MUESTREO DE AIRE

ANEXO No. 3. GUIA PARA EL MUESTREO Y ANALISIS DE GASES ANESTESICOS

ANEXO No. 4. FLUJOGRAMA

ANEXO No. 5. EFECTOS EN LA SALUD POR EXPOSICION A GASES ANESTESICOS

**ANEXO No. 1
EVALUACION DE GASES ANESTESICOS
FORMATO DE RECONOCIMIENTO**

DATOS GENERALES

Fecha
Nombre de la entidad
Número de personas expuestas
Cargo

IDENTIFICACION DEL GAS ANESTESICO A EVALUAR

Nombre
Hoja de seguridad

MAQUINA DE ANESTESIA

--

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA MAQUINA DE ANESTESIA

Recipiente general de gas anestésico
Vaporizadores
Recorrido del gas anestésico
Puesta en marcha (encendido)
Válvulas de regulación de flujo
Interrupción de flujo (apagado)
Monitores o indicadores de nivel de suministro del gas
Aspiración de gases residuales
Disposición final del gases residuales

PROCESOS DE EXPOSICION AL GAS ANESTESICO

Llenado de vaporizadores
Prácticas de trabajo inadecuadas
Escapes por inadecuada unión de acoples, sellos, válvulas

**ANEXO No. 1
EVALUACION DE GASES ANESTESICOS
FORMATO DE RECONOCIMIENTO**

PAG. 2/2

SELECCIÓN Y PLANEACION DE LA TECNICA DE ANESTESIA

Tipo de intervención quirúrgica a realizar
Método de anestesia general (inhalación mediante mascarilla, endotraqueal)
Tiempos estimados de la intervención quirúrgica
Etapas previstas de suministro e interrupción de flujo

SISTEMA DE VENTILACION

Suministro de aire
Extracción de aire
Planos del sistema de ventilación

SISTEMA DE EVACUACION

Del equipo de anestesia (Gases Residuales)
De la sala de cirugía

MANTENIMIENTO

Del equipo de anestesia
Del sistema de ventilación

CALIBRACION DEL EQUIPO

Equipo:	Marca:	Modelo:	Serie:
Método de calibración:			
Caudal de calibración (antes):		Caudal de calibración (después):	

CROQUIS

Dibujar un bosquejo de la distribución de planta y la ubicación de los trabajadores

OBSERVACIONES GENERALES

--

Persona que realiza el muestreo: _____
Licencia En Salud Ocupacional No. _____

REGLAMENTO TÉCNICO PARA LA EVALUACIÓN DE GASES ANESTESICOS

**ANEXO No. 2
EVALUACION DE GASES ANESTESICOS
HOJA DE CAMPO MUESTREO DE AIRE**

PÁG.1/2

DATOS GENERALES

FECHA:	
EMPRESA:	
SECCION:	
PUESTO DE TRABAJO:	
TIEMPO DE EXPOSICIÓN EN LA JORNADA DE 8 H:	
TEMPERATURA INICIAL:	TEMPERATURA FINAL:
PRESION ATMOSFÉRICA EN mm de Hg:	

DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN REALIZADA

--

REGISTRO DE DATOS Y CALCULOS

No. De Muestra	Sala de Cirugía No.	Sitio de Muestreo	Tipo de Gas Anestésico	Etapa de la cirugía (Inicio, durante, final)	Tipo de Muestreo (Zona Respiratoria, Ambiental, Otros)			Estrategia de Muestreo	Hora Inicio del muestreo	Hora Fin del muestreo	Tiempo de Muestreo	Volumen muestreado m ³	Concentración encontrada		V.L.P.	G.R.	%
					ZR	A	O						mg/m ³	ppm			
1																	
2																	
3																	
4																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11 (Blanco)																	

* Por cada lote de muestras tomadas se debe tomar como mínimo un "blanco", siendo recomendado un 10% de muestras blanco por muestras totales tomadas.

**ANEXO No. 2
EVALUACION DE GASES ANESTESICOS
HOJA DE CAMPO MUESTREO DE AIRE**

PÁG.2/2

CONTROLES EXISTENTES

FUENTE:
MEDIO:
INDIVIDUO:

OBSERVACIONES GENERALES

--

Persona que realiza el muestreo: _____
Licencia En Salud Ocupacional No.

REGLAMENTO TÉCNICO PARA LA EVALUACIÓN DE GASES ANESTESICOS

ANEXO No. 3
EVALUACION DE GASES ANESTESICOS
GUÍA PARA EL MUESTREO Y ANÁLISIS DE GASES ANESTESICOS

Sustancia	Método	Estándar ACGIH/01 TLV-TWA	Estándar ACGIH/01 TLV-STEL	Volumen (L)	Caudal (L/min)	Tiempo de muestreo (min)	Medio de Recolección	Método Analítico
Enflurano (Ethrane®)	OSHA-103	75 ppm	-	12	0.05	240	Tubo de vidrio de 7-cm x 4-mm diámetro interno x 6 mm diámetro externo, dos secciones de Anasorb CMS (150/75 mg) o Anasorb 747 (140/70 mg). Las secciones son mantenidas en su lugar con un tapón de fibra de vidrio y dos tapones de espuma de uretano. Comercialmente SKC, Inc.	Cromatografía de gases con detector de ionización de llama
	OSHA-29	75 ppm	-	10	0.1	100	Dos tubos de carbón activado conectados en serie, sellados (tubos de vidrio de 7 cm de longitud, 6 mm de diámetro externo y 4 mm de diámetro interno). Estos contienen 100-mg y 50-mg partes de carbón activado y el tubo es sellado con calor en ambos extremos. Comercialmente SKC carga 120.	Cromatografía de gases con detector de ionización de llama
Halotano (Fluothane®)	OSHA-103	50 ppm	-	12	0.05	240	Tubo de vidrio de 7-cm x 4-mm diámetro interno x 6 mm diámetro externo, dos secciones de Anasorb CMS (150/75 mg) o Anasorb 747 (140/70 mg). Las secciones son mantenidas en su lugar con un tapón de fibra de vidrio y dos tapones de espuma de uretano. Comercialmente SKC, Inc.	Cromatografía de gases con detector de ionización de llama
	OSHA-29	50 ppm	-	10	0.1	100	Dos tubos de carbón activado conectados en serie, sellados (tubos de vidrio de 7 cm de longitud, 6 mm de diámetro externo y 4 mm de diámetro interno). Estos contienen 100-mg y 50-mg partes de carbón activado y el tubo es sellado con calor en ambos extremos. Comercialmente SKC carga 120.	Cromatografía de gases con detector de ionización de llama
Isoflurano (Forane®) (Isorane®)	OSHA-103	23 ppm	-	12	0.05	240	Tubo de vidrio de 7-cm x 4 mm diámetro interno x 6 mm diámetro externo, dos secciones de Anasorb CMS (150/75 mg) o Anasorb 747 (140/70 mg). Las secciones son mantenidas en su lugar con un tapón de fibra de vidrio y dos tapones de espuma de uretano. Comercialmente SKC, Inc.	Cromatografía de gases con detector de ionización de llama

NOTA 1: Los gases anestésicos generalmente se administran junto con óxido nitroso (OSHA-103)

NOTA 2: Para muestras instantáneas o de período corto se toman 0.75L a 0.05 L/min (OSHA-103)

REGLAMENTO TÉCNICO PARA LA EVALUACIÓN DE GASES ANESTESICOS

**ANEXO No. 4
EVALUACION DE GASES ANESTESICOS
FLUJOGRAMA**

PÁG.1/2

FLUJOGRAMA	RESPONSABLE	DESARROLLO	INSTRUMENTO
	HIGIENISTA INDUSTRIAL, ENTIDAD	Identificación en terreno de aspectos generales del proceso quirúrgico, identificación del gas anestésico a evaluar, identificación de las características generales de la máquina de anestesia. Reconocimiento de fuentes de suministro del gas anestésico, sistemas de extracción en máquina de anestesia, sistemas de ventilación en la sala de cirugía. Reconocimiento de etapas de exposición del trabajador. Reconocimiento sobre tipo y tiempos previstos para la intervención quirúrgica. Reconocimiento sobre programas de mantenimiento. Levantamiento del croquis.	FORMATO DE RECONOCIMIENTO
	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Definición de los puestos de trabajo a muestrear, a partir de la identificación de los trabajadores de más exposición o a partir de una selección aleatoria.	HOJA DE CAMPO MUESTREO DE AIRE
	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Elección de la estrategia de muestreo, las etapas de muestreo según las etapas de interés durante la cirugía. Definición de número de muestras por	HOJA DE CAMPO MUESTREO DE AIRE
	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Establecer en los lugares en los cuales será ubicado el tren de muestreo(zona respiratoria, ambiental, otras)	HOJA DE CAMPO MUESTREO DE AIRE
	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Cálculo del volumen mínimo de aire a muestrear, de acuerdo a la sensibilidad del método analítico.	Ec. 1 y Ec. 2
	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Alistamiento de equipos: Bombas de muestreo, tubos adsorbentes, cargadores, accesorios, mangueras, portatubos.	EQUIPOS PARA CALIBRACION Y MEDICION
	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Establecer el caudal de trabajo según el gas a evaluar. Los portatubos y bombas deben estar calibrados al caudal requerido.	EQUIPOS PARA CALIBRACION Y MEDICION
		Continúa	

**ANEXO No. 4
EVALUACION DE GASES ANESTESICOS
FLUJOGRAMA**

PÁG.2/2

FLUJOGRAMA	RESPONSABLE	DESARROLLO	INSTRUMENTO
	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Elección de cantidad de tubos necesaria para el muestreo, verificar las características de estos, según el tipo de gas anestésico a muestrear.	TUBOS ADSORBENTES
	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Preparación previa al ingreso a la sala de cirugía, ubicación del tren de muestreo, recolección de las muestras e identificación de muestras recolectadas.	TREN DE MUESTREO, HOJA DE CAMPO MUESTREO DE AIRE
	ENTIDAD RESPONSABLE DEL MUESTREO	Manipular las muestras cuidadosamente, en adecuado embalaje y evitando manejos bruscos de las muestras.	MUESTRAS TOMADAS
	LABORATORIO ANALÍTICO	Determinación del peso y de la concentración del gas anestésico, mediante el método analítico de "cromatografía de gases con detector de ionización de llama".	HOJA DE CAMPO MUESTREO DE AIRE
	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Determinación y cálculos de las concentraciones encontradas. Cálculo del Valor Límite Permisible, de acuerdo con el tiempo de exposición.	HOJA DE CAMPO MUESTREO DE AIRE
	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Comparar la concentración encontrada con el TLV, para determinar grado de riesgo, porcentaje de exposición y llegar a conclusiones finales de la evaluación.	HOJA DE CAMPO MUESTREO DE AIRE
	HIGIENISTA INDUSTRIAL	Análisis de la información obtenida. Mediante métodos estadísticos, se verifican los límites superior e inferior de confianza.	INFORME FINAL
	ENTIDAD	Aplicación de controles de ingeniería, de prácticas de trabajo y controles administrativos.	PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO DE MAQUINAS E INSTALACIONES

ANEXO No. 5
EVALUACION DE GASES ANESTESICOS
EFFECTOS EN LA SALUD POR EXPOSICION A GASES ANESTESICOS³⁹

Alteraciones en la conducta y en la respuesta a test psicométricos. Se han observado trastornos en la percepción, cognoscitivos y de habilidad motora en voluntarios expuestos a trazas de gases anestésicos, sin bien estos resultados no han podido ser reproducidos. Por lo que se conoce, las concentraciones inferiores al 8-12% de óxido nítrico y 0.1% de Halotano, no producen efectos agudos sobre la conducta. Se ha observado en anesthesiólogos, una frecuencia de suicidios muy elevada, calificando la Sociedad Americana de Anestesiología a éste como el principal problema de salud de los anesthesiólogos menores de 55 años.

Enfermedades de los órganos metabolizadores y excretorios. En el personal de quirófano se han descrito aumentos temporales de transaminasas, ictericia y cirrosis hepática, así como aumento de la frecuencia de enfermedades hepáticas. También se ha descrito, sobre todo en mujeres, mayor frecuencia de enfermedad renal por exposición al metoxifluorano.

Alteraciones de la multiplicación celular. De todos los efectos sobre la salud atribuidos a los gases anestésicos, los más controvertidos son el riesgo de malformaciones congénitas (sobre todo, del Sistema Nervioso Central, Músculo Esqueléticas y Cardiovasculares) y el riesgo de aborto ya señalados por Abisman y luego por numerosos investigadores Cohen y Cols, Knill-Jones y Cols, en tanto otros no lo observan. También se han realizado numerosos estudios sobre el riesgo carcinogénico transplacentario, sin que hasta la fecha se haya podido confirmar que la exposición crónica a trazas de gases anestésicos suponga riesgo de cáncer.

Se han descrito cuadros de irritación de las vías respiratorias tras la inhalación crónica de éter y de laringitis y crisis de asma tras la exposición a Halotano, Enflurano respectivamente, como también neuropatías.

³⁹ J.J Gestal Otero, M Romami Lestón. Riesgos de la Exposición a Sustancias Químicas en los Hospitales: Su prevención, Cátedra de Medicina Preventiva y Salud Pública. Facultad de Medicina. Santiago de Compostela. Revista MAPFRE MEDICINA. Vol.2 No. 3 1991

Este reglamento técnico permite conocer, a partir de la obtención de las concentraciones ambientales, el grado de riesgo al cual se encuentra expuesto el personal que manipula gases anestésicos como parte de su actividad laboral, en tal sentido describe el procedimiento que comprende los pasos necesarios para evaluar gases anestésicos presentes en el ambiente de trabajo y en particular en actividades realizadas por médicos, paramédicos y auxiliares, en las distintas salas de procedimientos quirúrgicos.

Este reglamento constituye una herramienta útil para actuar en el campo del mejoramiento de las condiciones de trabajo y de salud existentes en los diferentes procedimientos quirúrgicos de uso médico, odontológico y veterinario, ya que proporciona los parámetros técnicos que son necesarios para identificar, evaluar y controlar estos gases.

También, brinda al Sistema General de Riesgos Profesionales del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, una herramienta útil para la verificación de la correcta aplicación de los procedimientos de evaluación de estos contaminantes

Como parte de los objetivos de prevención y promoción de la salud del trabajador expuesto, constituye un mecanismo fundamental para el Sistema General de Riesgos Profesionales, en el sentido que suministra información necesaria para tomar decisiones más acertadas, en torno a la evaluación de exposiciones ocupacional y ambiental a gases anestésicos con el fin de evitar la aparición de enfermedades profesionales.

Además, representa una guía de utilidad para las profesionales y técnicos que realicen este tipo de evaluaciones.



Participe 28 de Julio, Día Nacional de la Salud en el Mundo del Trabajo

Dirección General de Salud Ocupacional y Riesgos Profesionales

Carrera 7 No. 32-16 Piso 16

Teléfonos: 3500161 – 56128557

Línea de información al usuario desde Bogotá: 3500138

Para el resto del país: 9800-916530

Página web: www.mintrabajo.gov.co

Correo electrónico: atencionusuario@mintrabajo.gov.co