

# **GUÍA DE NIOSH SOBRE ENTRENAMIENTO EN ESPIROMETRÍA**

GUÍA DE NIOSH SOBRE ENTRENAMIENTO EN ESPIROMETRÍA

1 de Marzo de 2007

Elaborada por:

CDC/ CENTROS PARA EL CONTROL Y LA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES  
Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional/ NIOSH  
División de Estudios de Enfermedades Respiratorias  
Departamento de Vigilancia Epidemiológica  
Morgantown, Virginia Occidental 26505

Y

EL INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS  
México DF, México

El desarrollo de la versión original (1991) de esta guía fue patrocinada por el fondo (NIOSH Grant) número T15-0H-071-25

## CONTENIDO DE LA GUÍA DE NIOSH SOBRE ENTRENAMIENTO EN ESPIROMETRÍA

EXONERACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	iv
RECONOCIMIENTOS .....	v
RESPONSABLES DEL PROYECTO .....	vi
ANUNCIO PARA TODOS LOS PARTICIPANTES DEL CURSO .....	vi
INTRODUCCIÓN .....	0-1
METAS Y OBJETIVOS DEL CURSO	0-2
UNIDAD 1: REVISIÓN DE LA ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA PULMONAR	1-1
A. El sistema respiratorio	1-1
B. Mecanismos de la respiración	1-3
C. Mecanismos para proteger a los pulmones de los riesgos que son transportados por el aire	1-7
D. El hábito de fumar y las enfermedades pulmonares ocupacionales	1-9
E. Enfermedades pulmonares ocupacionales	1-9
UNIDAD 2: REVISIÓN DE LA ESPIROMETRÍA	2-1
A. Definición de la espirometría	2-1
B. Tipos de espirómetros	2-1
C. Medidas importantes de la función ventilatoria	2-5
D. Limitaciones de la espirometría	2-11
E. Exactitud y precisión	2-12
UNIDAD 3: PROGRAMA DE GARANTÍA DE CALIDAD	3-1
A. Componentes de un buen programa de control de calidad en la espirometría	3-1
B. Verificaciones de la calibración y otras medidas de control de calidad de los equipos	3-4
C. Control de las infecciones	3-7
UNIDAD 4: TÉCNICA ESPIROMÉTRICA	4-1
A. Preparación del equipo	4-1
B. Prepare al sujeto	4-2
C. Posición del sujeto	4-3
D. Realice la prueba	4-5
E. Verifique la aceptabilidad y reproducibilidad de la maniobra	4-7
F. Repita la prueba cuando sea necesario	4-9
G. Archivo de registros y pruebas	4-10
H. Trazos de muestra	4-11

UNIDAD 5: CÁLCULOS ESPIROMÉTRICOS BÁSICOS	5-1
A. Capacidad vital forzada (CVF)	5-1
B. Cálculo de la variabilidad excesiva de la CVF	5-2
C. Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF <sub>1</sub> )	5-7
D. Cálculo de la variabilidad excesiva del VEF <sub>1</sub>	5-10
E. Extrapolación retrógrada	5-13
F. Cálculo del volumen extrapolado excesivo	5-22
G. VEF <sub>1</sub> como porcentaje de la CVF (VEF <sub>1</sub> /CVF%)	5-30
H. Flujo meso-espiratorio forzado (FEF <sub>25-75%</sub> )(OPCIONAL)	5-35
I. Conversión a unidades BTPS	5-42
 UNIDAD 6: LA COMPARACIÓN DE VALORES OBSERVADOS CON LOS NORMALES ESPERADOS	 6-1
A. Espirometría “normal”	6-1
B. Estudios de referencia de espirometría	6-2
C. El límite menor del rango normal (LMN) (LLN)	6-3
D. Cómo determinar valores esperados usando tablas de referencia	6-4
 UNIDAD 7: COMPARACIÓN DE LOS CAMBIOS DE ESPIROGRAMAS DE SEGUIMIENTO	 7-1
A. Justificación para la comparación de cambios	7-1
B. Interpretación de los cambios en espirogramas de seguimiento	7-1
 UNIDAD 8: REVISIÓN DE LOS ESTÁNDARES PARA EL EQUIPO ESPIROMÉTRICO	 8-1
 UNIDAD 9: EJERCICIOS ADICIONALES	 9-1
 UNIDAD 10: EJERCICIOS ADICIONALES MIDIENDO EL VOLUMEN EXTRAPOLADO	 10-1
 APÉNDICE A: GLOSARIO DE TÉRMINOS USADOS FRECUENTEMENTE EN ESPIROMETRÍA	 A-1
 APÉNDICE B. UNA REVISIÓN SOBRE RIESGOS PULMONARES OCUPACIONALES	 B-1
 APÉNDICE C. REVISIÓN DE LA ENFERMEDAD PULMONAR OCUPACIONAL	 C-1
A. Algunas de las enfermedades pulmonares que muestran un patrón obstructivo	C-1
B. Algunas de las enfermedades pulmonares que muestran un patrón restrictivo	C-2
C. Algunas de las enfermedades pulmonares que muestran un patrón ya sea obstructivo o restrictivo	C-3
 APÉNDICE D. PROGRAMAS DE VIGILANCIA RESPIRATORIA	 D-1
 APPENDIX E.EL ESTÁNDAR DEL “COTTON DUST” DE LA OSHA	 E-1

APÉNDICE F. ESTÁNDARES DE LA SOCIEDAD AMERICANA DEL TÓRAX	F-1
APÉNDICE G. LISTA DE VERIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE LA ESPIROMETRÍA	G-1
APÉNDICE H. ESQUEMA GENERAL DE LOS CÁLCULOS ESPIROMÉTRICOS	H-1
APÉNDICE I. CÁLCULOS MATEMÁTICOS BÁSICOS	I-1
APÉNDICE J. CONVERSIONES MÉTRICAS	J-1
APÉNDICE K. OTROS FACTORES A TOMAR EN CUENTA AL CALCULAR BTPS	K-1
APÉNDICE L. TABLAS DE VALORES ESPERADOS	L-1
APÉNDICE M. TABLAS DE PATRONES OBSTRUCTIVOS Y RESTRICTIVOS	M-1
REFERENCIAS	REF-1

## **Exoneración de responsabilidad**

Las opiniones, hallazgos y conclusiones expresadas aquí, no son necesariamente las del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), ni las del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias de México (INER), ni tampoco el que se mencionen nombres o productos constituye una aprobación por parte de NIOSH o del INER.

**NOTA:** Debido a las limitaciones propias de impresión de la **GUÍA DE NIOSH SOBRE ENTRENAMIENTO EN ESPIROMETRÍA**, la distancia que representa un segundo, puede variar de un espirograma al otro. Mida en la parte superior del espirograma para determinar la distancia de un segundo en cada uno de los ejemplos y de los ejercicios.

## **RECONOCIMIENTOS**

La versión original de este manual se completó en 1991 bajo la dirección del Dr. Audrey R. Gotsch, Director del Programa de Educación Continua y Extensión Extramuros (UOSHERC) y profesor asociado de Medicina Comunitaria y Ambiental, de la Escuela de Medicina UMDNJ-Robert Wood Johnson. En 1994, la Sociedad Americana del Tórax (ATS) actualizó sus recomendaciones para la espirometría. El manual fue actualizado en 1997 por el Dr. John Hankinson para reflejar los cambios en las recomendaciones para espirometría de la ATS emitidas en 1994. El manual fue editado y actualizado por la Dra. Lu-Ann Beeckman-Wagner en 2004 para expandir los procedimientos de control de calidad y para reflejar nuevas ecuaciones de referencia espirométrica. La traducción al español del manual fue realizada por el Dr. Florencio De la Concha y por el Dr. Rogelio Perez-Padilla, del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias de México, y Dra. María Sofía Lioce-Mata, del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH).

## **AUTORIDADES Y PERSONAL DEL PROYECTO**

**La Guía de NIOSH sobre entrenamiento en espirometría fue preparada por:**

### **Oficial de Proyecto NIOSH**

Dra. Lu-Ann F. Beeckman-Wagner  
Rama de Vigilancia Epidemiológica  
División de Estudios en Enfermedades Respiratorias

y

Dra. María Sofía Lioce-Mata  
Especialista en Salud Ocupacional  
Médico Investigador Senior  
Oficina del Director

### **Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias**

Dr. Rogelio Perez-Padilla, y el Dr. Florencio de la Concha (traductores)

## ANUNCIO A TODOS LOS PARTICIPANTES DEL CURSO

La Sección (h) (iii) de *Cotton Dust Standard* (29 CFR 1910.43) promulgada por OSHA en 1978, y corregida el 13 de Diciembre de 1985, establece lo siguiente: “Además del personal constituido por médicos certificados, cualquier otra persona que lleve a cabo las pruebas de función pulmonar señaladas por esta sección, deberán haber completado un curso de espirometría aprobado por NIOSH”.

Dentro de NIOSH, la responsabilidad de aprobar los cursos había sido delegada a la División de Entrenamiento Desarrollo y Capacitación (Division of Training and Manpower Development), pero actualmente es parte de la División de Estudios de Enfermedades Respiratorias. Los requerimientos mínimos para aprobar el curso vienen contenidos en el Apéndice D del Standard, e incluye los criterios para los equipos, los técnicos, la interpretación, el contenido del curso y las horas de instrucción. Además, NIOSH ha establecido criterios para la calificación del personal así como del formato del curso.

Cuando NIOSH aprueba un curso, está avalando el hecho de que dicho curso cumple los requisitos mínimos de OSHA/NIOSH para la enseñanza de las personas, con relación a la realización de espirometrías en la Industria Cotton Dust. Esto no implica que el sujeto que toma el curso, quede certificado por NIOSH como técnico en función pulmonar. Dicho estudiante ha aprobado simplemente el curso aprobado por NIOSH. El Standard no exige que se complete un segundo curso ni tampoco que se tome un curso de actualización para completar el primer curso aprobado por NIOSH.

## Introducción

**Antecedentes:** La **Guía NIOSH de entrenamiento en espirometría** se basa en dos publicaciones previas, **El libro NIOSH de trabajo de espirometría** y el **Manual NIOSH de espirometría en medicina ocupacional**. En el nuevo desarrollo curricular, el material que abarca el **Manual NIOSH de Espirometría en Medicina Ocupacional**, ha sido simplificado e incorporado dentro del contenido del **Libro NIOSH de trabajo de espirometría**. Se ha agregado nuevo material que incluye una comparación de los espirómetros de volumen y de flujo, una serie de trazos volumen/tiempo y flujo/volumen, así como procedimientos para garantizar el control de calidad, el análisis de los riesgos y las enfermedades pulmonares ocupacionales y además, información sobre la **Estandarización en espirometría de la Sociedad Americana de Tórax—actualización de 1994(1)**.

La Sociedad Americana de Tórax es la sección médica de la Asociación Americana del Pulmón (*American Lung Association*). Esta sociedad ha tenido una posición de liderazgo en la estandarización y mejoramiento de los instrumentos espirométricos y de sus prácticas. Su primera serie de estándares denominado Declaración de la **ATS-Taller Snowbird sobre estandarización en Eespirometría**, fue incorporado por OSHA en el Cotton Dust Standard, que se promulgó en Junio 23, 1978. Los estándares del taller Snowbird se revisaron en 1987(2), y de nuevo, en 1994, para ser publicados como La **Estandarización de la ATS sobre espirometría—Actualización de 1994(1)**.

**OBJETIVO:** La **Guía de NIOSH sobre entrenamiento en espirometría** fue elaborada con el objeto de ser utilizada como **material adjunto** al curso de espirometría aprobado por NIOSH. No intenta ser un material de tipo autodidáctico. El aprendizaje de la espirometría requiere de observación, demostración y prácticas manuales.

**PÚBLICO AL QUE VA DIRIGIDO:** Esta **guía** está dirigida a quienes son responsables directos de llevar a cabo las espirometrías en un sitio de trabajo. Va a ser de interés especial para los médicos interesados en la salud ocupacional, las enfermeras, así como otros profesionales de la salud.

**NOTA:** Debido a las limitaciones propias de impresión de la **GUÍA DE NIOSH SOBRE ENTRENAMIENTO EN ESPIROMETRÍA**, la distancia que representa un segundo, puede variar de un espirograma al otro. Mida en la parte superior del espirograma para determinar la distancia de un segundo en cada uno de los ejemplos y de los ejercicios.

## META Y OBJETIVOS DEL CURSO

**META:** La meta de este curso es aumentar el número de técnicos en espirometría que:

1. Utilizan métodos estandarizados para lograr espirogramas que sean aceptables y reproducibles.
2. Realizan de manera correcta los cálculos de los parámetros espirométricos básicos.
3. Establecen procedimientos adecuados para garantizar el control de calidad de los equipos de espirometría.
4. Reconocen las aplicaciones, ventajas y limitaciones de la espirometría en el área ocupacional.

**Objetivos:** Al final de este curso, los estudiantes deberán ser capaces de:

### Unidad 1: Revisión de la anatomía y fisiología pulmonar

Describir de manera breve:

- a. La función del sistema respiratorio y el mecanismo de la respiración.
- b. Los mecanismos dentro del sistema respiratorio para proteger a los pulmones de los riesgos transportados por el aire.
- c. Las enfermedades obstructivas y restrictivas.

### Unidad 2: Revisión de la espirometría

Describir de manera breve:

- a. Términos espirométricos comunes.
- b. Los espirómetros de volumen y de flujo
- c. Los trazos volumen/tiempo y flujo/volumen.
- d. La maniobra espiratoria forzada, la capacidad vital forzada (CVF), y el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF<sub>1</sub>).
- e. El papel de la espirometría en la evaluación de la función pulmonar y en la detección de las enfermedades pulmonares ocupacionales.
- f. Las limitaciones de la espirometría como instrumento de tamizaje.
- g. La importancia de la exactitud y precisión en la espirometría.

### Unidad 3: Programa de garantía de calidad

Llevar a cabo procedimientos para garantizar el control de calidad:

- a. Calibrar el volumen en los espirómetros de flujo y en los de volumen.
- b. Verificar que el sistema mecánico de registro esté funcionando adecuadamente.
- c. Verificar la exactitud de la lectura de la temperatura ambiental.
- d. Verificar que el inicio de la prueba comience en el momento adecuado, y en el lugar adecuado, sobre el papel cuadriculado.
- e. Verificar que el VEF<sub>1</sub> derivado de manera electrónica, sea calculado usando el método de extrapolación retrógrada.

- f. Verificar que los valores esperados normales (calculados de manera electrónica) sean calculados de manera correcta.
- g. Mantener un diario de calibración y mantenimiento de registros de espirometrías.
- h. Llevar a cabo procedimientos apropiados para el control de infecciones de acuerdo al espirómetro que se esté usando.

#### **Unidad 4: Técnica espirométrica**

- a. Preparar de manera correcta el equipo, previo a la espirometría.
- b. Identificar aquellos sujetos en los que es necesario posponer la prueba.
- c. Preparar a los sujetos para que realicen la prueba.
- d. Llevar a cabo la prueba de manera correcta.
- e. Determinar la aceptabilidad de los espirogramas obtenidos
- f. Determinar las razones por las cuales el sujeto presenta dificultades para completar una prueba satisfactoria, y llevar a cabo un asesoramiento sobre las correcciones que se tienen que hacer al repetir las pruebas.
- g. Obtener al menos dos espirogramas que sean reproducibles de una serie de tres que sean aceptables.
- h. Mantener un registro del paciente que incluya los siguientes datos: fecha/hora, talla, sexo, raza, posición durante la prueba, temperatura ambiental, presión barométrica, espirómetro utilizado, pruebas realizadas, resultados de las pruebas, valores esperados normales utilizados, así como comentarios sobre la cooperación y el esfuerzo del sujeto.

#### **Unidad 5: Cálculos espirométricos básicos**

Calcular correctamente las mediciones básicas para interpretar los resultados de la prueba:

- a. La capacidad vital forzada (CVF) y la variabilidad entre las dos mayores CVF.
- b. El volumen espiratorio forzado en el primer segundo ( $VEF_1$ ) y la variabilidad entre los dos  $VEF_1$  mayores.
- c. La extrapolación retrógrada y el volumen extrapolado.
- d. El  $VEF_1/CVF\%$
- e. El flujo meso-espiratorio forzado ( $FEF_{25-75\%}$ ) (Medición opcional)
- f. Convertir a BTPS

#### **Unidad 6: La comparación de valores observados con los valores normales esperados**

- a. Seleccionar las tablas de valores normales esperados que sean apropiadas para los sujetos y las condiciones del sitio de trabajo.
- b. Usar la misma serie de valores esperados para todos los cálculos espirométricos y para futuras comparaciones.
- c. Determinar los valores normales esperados del sujeto y calcular el porcentaje de los valores esperados de dicho sujeto.
- d. Enumerar los factores que afectan los valores esperados normales (Ejm: edad, sexo, talla, raza).
- e. Calcular el factor de corrección para la raza, de acuerdo a las categorías étnicas apropiadas y de acuerdo a las circunstancias del sitio de trabajo.

### **Unidad 7: Comparación de los cambios de espirogramas de seguimiento**

- a. Determinar el cambio absoluto y el porcentaje de cambio, o cambio porcentual, en los espirogramas de seguimiento.
- b. Identificar aquellos factores no patológicos comunes que pueden potencialmente afectar los cambios en los espirogramas durante el seguimiento (Ejm: edad, talla, estación del año, hora del día, etc).

### **Unidad 8: Revisión de los estándares para el equipo espirométrico**

- a. Enumerar las especificaciones para los espirómetros y los equipos de calibración establecidas por el Cotton Dust Standard, así como las recomendaciones de la Sociedad Americana del Tórax.

### **Unidad 9: Ejercicios adicionales**

- a. Completar de manera exitosa estos ejercicios.

### **Unidad 10: Ejercicios adicionales para medir el volumen extrapolado**

- a. Completar de manera exitosa estos ejercicios.