

## NTP 218: La espirometría forzada en Medicina del Trabajo

L'Espirometrie en Médecine du Travail  
Forced Spirometry in Occupational Medicine

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

### Redactor:

Joaquín Pérez Nicolás  
Diplomado en Enfermería

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

### Introducción

Los objetivos del estudio funcional pulmonar en Medicina del Trabajo son diversos entre ellos:

- Como ayuda en el diagnóstico (Bisinosis, Asmas de origen ocupacional, etc.).
- En la evaluación legal de las Neumoconiosis.
- En los exámenes previos en empresas de riesgo (TDI, PVC, etc.).

En patología pulmonar laboral es imprescindible el estudio de la función pulmonar.

La finalidad de esta nota es el familiarizar y servir de consulta a los servicios médicos de empresa.

Afortunadamente el estudio de la ventilación (proceso ya en si complejo: volúmenes y capacidades pulmonares; resistencias, compliance, mecánica respiratoria, etc.) es suficiente para evaluar en gran parte el estado de la función respiratoria.

Centraremos la atención dentro de este proceso en al apartado de la espirometría dinámica. Ello está justificado por el hecho de que en último término, con la medición de los parámetros que se obtienen, se alcanza una evaluación del estado de la ventilación del sujeto, en un grado suficiente y satisfactorio en la práctica clínica diaria. Siendo además casi utópico el disponer en un servicio médico de empresa de todo el utillaje necesario e indispensable para valorar por completo y de forma exhaustiva la función pulmonar.

### Espirometría dinámica

Cuando se introduce como unidad de referencia el tiempo pasamos a considerar aspectos dinámicos de la ventilación, variaciones de volumen por unidad de tiempo (flujos).

Así hablaremos de:

- Curvas de Volumen - Tiempo.
- Curvas de Flujo - Volumen.

### Curvas de Volumen - Tiempo

De estas curvas se obtienen fundamentalmente los siguientes parámetros:

FVC: Forced Vital Capacity (Capacidad Vital Forzada) es el volumen de aire que podemos espirar (en forma rápida, sostenida y máxima) tras una inspiración máxima.  
FEV<sub>1</sub>: Forced Expiratory Volume in one Second (VEMS, Volumen Espiratorio Máximo en un Segundo).

%FEV<sub>1</sub>: Índice de Tiffeneau, es la relación porcentual entre el volumen espiratorio Máximo en un Segundo (FEV<sub>1</sub>) y la Capacidad Vital Forzada (FVC)

$$\%FEV_1 = \frac{FEV_1}{FVC} \times 100$$

FEF<sub>25-75%</sub>: Forced Expiratory Flow 25-75%(Flujo Espiratorio Forzado entre el 25 y el 75% de la Capacidad Vital Forzada).

## Curvas flujo - volumen

La investigación en fisiología pulmonar ha ido evolucionando con los años y los avances tecnológicos han permitido desarrollar este tipo de curvas. Aún a pesar de tener una gran equivalencia con las curvas de volumen-tiempo, obtenemos por medio de ellas una mayor cantidad de información sobre las zonas de ventilación en las que no está presente el factor esfuerzo -dependiente del sujeto a examinar.

En esta curva se estudian los siguientes datos entre otros:

MF<sub>75%</sub>: Máximal Flow 75% (Flujo Máximo al 75% de la capacidad Vital Forzada), puede ser medido en inspiración (MIF<sub>75%</sub>), o en espiración (MEF<sub>75%</sub>).

MF<sub>50%</sub>: Maximal Flow 50% (Flujo Máximo al 50% de la Capacidad Vital Forzada), puede ser medido en inspiración (MIF<sub>50%</sub>), o en espiración (MEF<sub>50%</sub>).

MF<sub>25%</sub>: Maximal Flow 25% (Flujo Máximo al 25% de la Capacidad Vital Forzada), puede ser medido en inspiración (MIF<sub>25%</sub>), o en espiración (MEF<sub>25%</sub>).

PF: Peak Flow (Apice de Flujo), es el punto máximo en un instante del flujo ya en inspiración (PIF), ya en espiración (PEF).

## Tipos de espirómetros

Se pueden distinguir tres tipos de espirómetros:

- Espirómetros húmedos o de agua
- Espirómetros secos
- Espirómetros electrónicos (Neumotacógrafos);

### Espirómetros húmedos o de agua

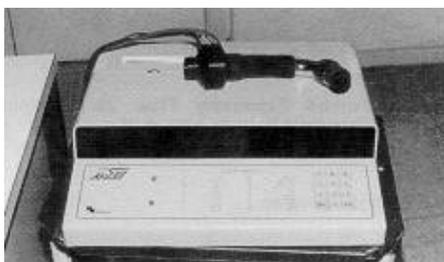
Consisten en un tambor invertido sobre una cámara de agua, equilibrado por un contrapeso. En el interior del tambor, hay aire u oxígeno, con un tubo que conecta a la boca del sujeto a examinar, que al inspirar o espirar desplazará el tambor hacia arriba o abajo, realizando así por medio de un registro un trazado espirográfico.

### Espirómetros secos

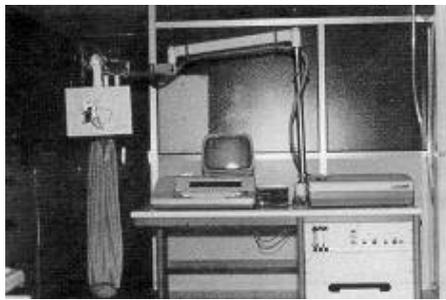
Se subdividen en dos tipos de pistón y de cuña, tienen la ventaja sobre los húmedos de ser portátiles y ofrecer menos resistencias.

### Espirómetros electrónicos (Neumotacógrafos);

Son aparatos más recientes y por ello mucho más sofisticados, están compuestos por un ordenador (microprocesador), un transductor de flujo, un convertidor analógico digital y un neumotacógrafo. (Fig. 1, fig. y fig. 3)



**Fig. 1: Espirómetro portátil**



**Fig. 2: Espirómetro para el estudio de la difusión pulmonar**



**Fig. 3: Pletismógrafo de cuerpo entero**

En el interior del neumotacógrafo se halla el transductor de flujo o cabezal, en donde se produce la lectura de la diferencia de presiones originadas por los cambios de presión debidos a la circulación del volumen de aire inspirado o espirado por el sujeto a examinar; magnificando esta lectura o transformándola en señal eléctrica, el convertidor analógico digital recoge esta señal convirtiéndola en digital para ser tratada por el ordenador.

## Descripción de la maniobra de espiración forzada

Como procedimiento común a todas las exploraciones funcionales pulmonares hay que tener en cuenta y anotar los siguientes datos:

- Temperatura.
- Presión barométrica.
- Sexo del sujeto a examinar.
- Talla.
- Edad.
- Peso.

## Espirometría dinámica

Individuo sentado de forma que sus piernas y tronco formen un ángulo de 90 grados.

Instruir al sujeto a examinar sobre la maniobra a realizar:

Ventilación a nivel de volumen corriente (respiración normal), durante unos segundos, realizar una maniobra de inspiración máxima, mantener una apnea de unos escasos segundos (conectar el paciente al aparato por medio de la boquilla), y realizar a continuación una espiración máxima forzada (expulsión fuerte, rápida y sostenida del aire).

Caso de poseerse un registro, deberá observarse el mismo para comprobar: la morfología de la curva, la inexistencia de irregularidades indicadoras de tos o inspiraciones intercurrentes y que la maniobra espiratoria sea completa (horizontalización de la curva, nivel de volumen residual).

Deben obtenerse un mínimo de tres curvas cuya variabilidad sea inferior al 5% (normas de la American Thoracic Society), si ésta fuera superior deberán repetirse hasta alcanzar una reproducibilidad inferior al 5%. Una vez lograda escogeremos la curva en la que la suma de la Capacidad Vital Forzada (FVC) y el Volumen Espiratorio Máximo en un Segundo FEV<sub>1</sub> o VEMS) sea mayor.

Es de suma importancia el que la persona (técnico a ejecutar la maniobra) esté concienciado para animar con su propio esfuerzo al paciente a fin de conducirlo a la máxima colaboración.

## Valoración de los resultados

Una vez obtenidas las gráficas y calculados los resultados se comparan con los valores teóricos según edad, sexo y peso, expresando el resultado final en forma de porcentaje.

Son muchas las tablas de valores teóricos utilizadas: CECA, MORRIS, KNUDSON, COTES, etc., la mayoría de ellas son de origen

anglosajón que, por razones étnicas, poca relación guardan con la población mediterránea, debido a este motivo, se inició en Barcelona un estudio multicéntrico: Servicio de Neumología del Hospital Clínico Provincial; Servicio de Neumología del Centro Nacional de Condiciones del Trabajo del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Para obtener valores teóricos propios de la población mediterránea, valores que fueron presentados en el Congreso de la Sociedad Española de Patología Respiratoria en Santiago de Compostela en el año 1982 y desde entonces se recomienda el uso generalizado de los mismos, con la finalidad de hablar todos el mismo lenguaje. (Se adjuntan fórmulas de regresión).

### Ejemplo práctico:

Valor observado de FVC en (BTPS) = 4.00 litros

Valor teórico = 4.00 litros

$$\% = \frac{\text{valor observado}}{\text{valor teórico}} \times 100 = \frac{4.00}{4.00} = 100$$

Se consideran normales aquellos valores superiores al 80% del valor teórico.

### Síndromes de alteración ventilatoria

PARAMETROS FUNCIONALES	SINDROME	
	OBSTRUCTIVO	RESTRICTIVO
FVC	(N) (D)	(D) (DD)
FEV <sub>1</sub>	(D) (DD)	(D) (DD)
%FEV <sub>1</sub>	(D) (DD)	(N)
FEF <sub>25%-75%</sub>	(D) (DD)	(D)

**N=Normal; D= Ligeramente disminuido; DD= Muy disminuido**

Existe otro síndrome muy común en los fumadores y que es la primera manifestación patológica respiratoria que es el llamado S.A.D. (Small Airway Disease, Enfermedad de los Bronquios Periféricos), se manifiesta cuando la FVC, FEV<sub>1</sub> y %FEV<sub>1</sub> son normales pero el FEF<sub>25%-75%</sub> está por debajo del 65%.

### Fórmulas de regresión para el cálculo de los valores teóricos

#### Varones

$$FVC = 0.0678 \times T - 0.0147 \times A - 6.0548$$

$$FEV_1 = 0.0499 \times T - 0.0211 \times A - 3.837$$

$$\%FEV_1 = -0.1902 \times A + 85.58$$

$$FEF_{25\%-75\%} = 0.0392 \times T - 0.043 \times A - 1.1574$$

$$PEF = 0.0945 \times T - 0.0209 \times A - 5.7732$$

#### Mujeres

$$FVC = 0.0454 \times T - 0.0211 \times A - 2.8253$$

$$FEV_1 = 0.0317 \times T - 0.025 \times A - 1.2324$$

$$\%FEV_1 = -0.224 \times A - 0.1126 \times P + 94.88$$

$$FEF_{25\%-75\%} = 0.023 \times T - 0.046 \times A + 1.1055$$

$$PEF = 0.0448 \times T - 0.0304 \times A + 0.3496$$

Donde:

- T = talla en centímetros.
- A = edad en años
- P = peso en Kg.

## Ejemplos prácticos

### Varón de 40 años de edad, 170 cm. de talla

Con valores observados de FVC = 4.00 l.; FEV<sub>1</sub> = 3.20 l.; % FEV<sub>1</sub> = 80%; FEF<sub>25%-75%</sub> = 3.60 l/s; PEF = 9.25 l/s.

#### Calculo de valores teóricos:

$$FVC = 0.0678 \times 170 - 0.0147 \times 40 - 6.0548 = 4.88 \text{ litros}$$

$$FEV_1 = 0.0499 \times 170 - 0.0211 \times 40 - 3.837 = 3.80 \text{ litros}$$

$$\%FEV_1 = 0.1902 \times 40 + 85.58 = 77.97$$

$$FEF_{25\%-75\%} = 0.0392 \times 170 - 0.043 \times 40 - 1.1574 = 3.79 \text{ l/s}$$

$$PEF = 0.0945 \times 170 - 0.0209 \times A - 5.7732 = 9.46 \text{ l/s}$$

PARAMETRO	VALOR OBSERVADO	VALOR TEORICO	%
FVC	4.00	4.88	81
FEV <sub>1</sub>	3.20	3.80	84
%FEV <sub>1</sub>	80.00	77.97	--
FEF <sub>25%-75%</sub>	3.60	3.79	94
PEF	9.25	9.46	97

#### INTERPRETACIÓN : NORMAL

### Varón de 30 años de edad, talla de 160 cm

Con valores observados de FVC = 3.55 l.; FEV<sub>1</sub> = 1.50 l.; %FEV<sub>1</sub> = 42%; FEF<sub>25-75%</sub> = 0.92 l/s; PEF = 4.66 l/s

#### Cálculo de valores teóricos:

$$FVC = 0.0678 \times 160 - 0.0147 \times 30 - 6.0548 = 4.35 \text{ l.}$$

$$FEV_1 = 0.0499 \times 160 - 0.0211 \times 30 - 3.837 = 3.51 \text{ l.}$$

$$\%FEV_1 = 0.1902 \times 30 + 85.58 = 85.00$$

$$FEF_{25\%-75\%} = 0.0392 \times 160 - 0.043 \times 30 - 1.1574 = 3.02 \text{ l/s.}$$

$$PEF = 0.0945 \times 160 - 0.0209 \times 30 - 5.7732 = 8.71 \text{ l/s.}$$

PARAMETRO	VALOR OBSERVADO	VALOR TEORICO	%
FVC	3.55	4.35	81
FEV <sub>1</sub>	1.50	3.51	42
%FEV <sub>1</sub>	42.25	85.00	--
FEF <sub>25%-75%</sub>	0.92	3.02	24
PEF	4.66	8.71	53

#### INTERPRETACIÓN : ALTERACIÓN DE TIPO OBSTRUCTIVO

##### Varón de 62 años de edad y 168 cm de talla

Con valores observados de FVC = 2.26 l.; FEV<sub>1</sub> = 1.77 l.; % FEV<sub>1</sub>, = 78; FEF<sub>25%-75%</sub> = 1.75 l/s. ; PEF = 3.53 l/s.

##### Cálculo de valores teóricos:

$$FVC = 0.0678 \times 168 - 0.0147 \times 62 - 6.0548 = 4.42$$

$$FEV_1 = 0.0499 \times 168 - 0.0211 \times 62 - 3.837 = 3.23$$

$$FEV_1 = -0.1902 \times 62 + 85.58 = 73.7$$

$$FEF_{25\%-75\%} = 0.0392 \times 168 - 0.043 \times 62 - 1.1574 = 2.76$$

$$PEF = 0.0945 \times 168 - 0.0209 \times 62 - 5.7732 = 8.80$$

PARAMETRO	VALOR OBSERVADO	VALOR TEORICO	%
FVC	2.26	4.42	51
FEV <sub>1</sub>	1.77	3.23	55
%FEV <sub>1</sub>	78.00	73.70	--
FEF <sub>25%-75%</sub>	1.75	2.76	63
PEF	3.53	8.80	40

#### INTERPRETACIÓN : ALTERACIÓN DE TIPO RESTRICTIVO

### Bibliografía

- (1) SEGARRA OBIOL, F.  
**Enfermedades broncopulmonares de origen ocupacional.**  
Barcelona, Ed. Labor, 1985
- (2) ROCA TORRENT, J.  
**Valors de referencia de l'espirometria forçada d'una població mediterrània.**  
Tesis Doctoral, Universidad de Medicina Barcelona, 1982.
- (3) COTES, J.E.  
**Lung Function. Assessment and application in Medicine, 2nd ed.**  
Oxford, Blackwell Scientific Public., 1968.