# DOCUMENTO DE CONSENSO SOBRE ESPIROMETRÍA EN ANDALUCÍA

F.J. Álvarez Gutiérrez[1], V. Barchilón Cohen[2], F. Casas Maldonado[3], Mª V. Compán Bueno[4], L.M. Entrenas Costa[5], J. Fernández Guerra[6], J.S. Fernández Ruiz[7], A. González Jiménez[8], A. Hidalgo Requena[9], M. Jiménez de la Cruz[10], G. García de Vinuesa Broncano[11], J.L. López-Campos Bodineau[1], M. Lubián López[12], A. Morán Rodríguez[13], J.A. Quintano Jiménez[9], M. Solís de Dios[14], C. Trillo Fernández[15].

[1]Hospital Universitario Virgen del Rocío. Sevilla. [2]Centro de Salud Rodríguez Arias. San Fernando (Cádiz). [3]Hospital Universitario San Cecilio. Granada. [4]ATS-DUE. Servicio de Neumología. Hospital Universitario Virgen de la Macarena. Sevilla. [5]Servicio de Neumología. Hospital Reina Sofía. Córdoba. [6]Hospital Costa del Sol. Marbella (Málaga). [7]Centro de Salud de Armilla. Armilla (Granada). [8]Centro de Salud Doña Mercedes. Dos Hermanas (Sevilla). [9]Centro de Salud de Lucena I. Lucena (Córdoba). [10]Centro de Salud Casería de Montijo. Granada. [11]Servicio de Neumología. Hospital de Mérida (Badajoz). [12]Centro de Salud Rodríguez Arias. San Fernando (Cádiz). [13]DCCU Distrito Bahía de Cádiz-La Janda. Cádiz. [14]Centro de Salud de Mairena del Aljarafe. Mairena del Aljarafe (Sevilla). [15]Centro de Salud Puerta Blanca. Málaga.

## INTRODUCCIÓN

La espirometría es la más antigua de las pruebas de función pulmonar. Se considera que fue Borelli (1681) el primero que intentó medir el volumen inspirado en una respiración, pero fue Hutchinson (1846) quien diseñó el primer espirómetro de agua moderno y definió la capacidad vital estableciendo su relación con la talla del sujeto. En 1925 Fleisch diseña el neumotacógrafo y entre 1930 y 1950 se desarrollan conceptos como la máxima ventilación voluntaria, se clasifican las anormalidades ventilatorias en obstructivas y restrictivas, Tiffeneau describe el $FEV_1$ (1947) y Gaensler define los conceptos de capacidad, volumen y flujo (1951). La British Thoracic Society define en 1956 la relación $FEV_1/FVC$ y el $FEF_{25-75\%}$ y en 1958 el grupo de Hyatt describe las curvas flujo/volumen (F/V). Wright y McKerrow, en 1959, inventan el medidor de pico-flujo y en 1969 DuBois y Van Woestijne presentan el pletismógrafo corporal[1]. Desde entonces el desarrollo tecnológico e informático nos ha permitido disponer de sistemas cada vez más fiables, cómodos, compactos, versátiles y asequibles económicamente para la medida de la función pulmonar.

Es una prueba básica para el estudio de la función pulmonar cuya realización es necesaria en el estudio y seguimiento de las enfermedades respiratorias. A diferencia de otras pruebas funcionales respiratorias, su empleo trasciende el ámbito de los neumólogos y en los últimos años se está incorporando paulatinamente en Atención Primaria. Diferentes sociedades científicas han editado recomendaciones y normativas con las que se pretende garantizar unos estándares de calidad. A pesar de todos estos esfuerzos, la espirometría continúa siendo un procedimiento en teoría fácil de hacer, pero en la práctica difícil de realizar correctamente. Sólo si se cumplen de forma rigurosa una serie de requisitos técnicos de calidad, será posible disponer de una espirometría válida que resulte útil en la práctica médica.

La espirometría mide la magnitud de los volúmenes pulmonares y la rapidez con que éstos pueden ser movilizados (flujos aéreos). La representación gráfica puede ser entre estas variables (curva volumen/tiempo o V/T) o entre sus derivadas (curva F/V). Es fácil de realizar pero requiere de una gran colaboración por parte del paciente. Existen dos tipos de espirometrías: simple y forzada. La espirometría simple mide los volúmenes pulmonares estáticos, excepto el volumen residual (RV) y aquellos otros derivados en su cálculo de éste como son la capacidad residual funcional (FRC) y la capacidad pulmonar total (TLC). La espirometría forzada mide volúmenes pulmonares dinámicos y proporciona información de mayor relevancia clínica[2-4]. En este documento nos referiremos exclusivamente a la espirometría forzada.

Recibido: 9 de mayo de 2009. Aceptado: 25 de mayo de 2009.

*Elaborado por NEUMOSUR, SAMFyC y SEMERGEN-Andalucía.*
*Con la participación de NEUMOSUR Enfermería.*
*Con la colaboración de Boehringer-Ingelheim.*

## INDICACIONES, COMPLICACIONES Y CONTRAINDICACIONES

Las indicaciones para realizar una espirometría son las siguientes[2-4]:

1. Evaluar la función pulmonar ante la presencia de síntomas respiratorios (tos, expectoración, disnea, sibilancias, etc.) o signos de enfermedad (radiografía de tórax anormal, acropaquias, etc.).
2. Es imprescindible para el diagnóstico y necesaria para el seguimiento de pacientes con asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y otras enfermedades respiratorias.
3. Valorar el impacto sobre la función pulmonar de enfermedades de otros órganos o sistemas (patología cardiaca, renal, hepática, neuromuscular, etc.).
4. Cribado en pacientes con riesgo de padecer enfermedades respiratorias (tabaco, exposición a agentes ocupacionales, procesos alérgicos, etc.).
5. Evaluar el riesgo de procedimientos quirúrgicos.
6. Valorar la presencia de alteración respiratoria ante solicitudes de incapacidad profesional u otras evaluaciones médico-legales.
7. Cuantificar una alteración conocida de la función pulmonar y valorar evolución con/sin intervención terapéutica.
8. Evaluar la respuesta terapéutica frente a diferentes fármacos o en ensayos clínicos farmacológicos.
9. Estudios epidemiológicos que incluyan patología respiratoria.

Las contraindicaciones para la espirometría forzada hacen referencia a todas aquellas situaciones clínicas o circunstancias que desaconsejen la realización de un esfuerzo físico que empeore la situación clínica del paciente, o aquellas otras que puedan derivar en una mala calidad de la prueba. Habitualmente se distinguen contraindicaciones relativas y absolutas (tabla 1).

Las complicaciones de la espirometría forzada son infrecuentes. Las más habituales son: accesos tusígenos, broncoespasmo, dolor torácico o aumento de presión intracraneal. Raramente el paciente puede sufrir un cuadro sincopal o un neumotórax.

- La espirometría es imprescindible para el diagnóstico y necesaria para el seguimiento de pacientes con asma, EPOC y otras enfermedades respiratorias.
- Sólo si se cumplen de forma rigurosa una serie de requisitos técnicos de calidad, será posible disponer de una espirometría válida que resulte útil en la práctica médica.
- Las complicaciones de la espirometría forzada son infrecuentes. Las más habituales son: accesos tusígenos, broncoespasmo, dolor torácico o aumento de presión intracraneal.

**Tabla 1. Contraindicaciones para la realización de la espirometría**

| Relativas: | Absolutas: |
|---|---|
| • Falta de comprensión o de colaboración en el entendimiento y la realización de la prueba (deterioro físico o cognitivo y simuladores). | • Neumotórax activo o reciente*. |
| • Problemas bucodentales o faciales que impidan o dificulten la colocación y sujeción de la boquilla. | • Hemoptisis activa o reciente*. |
| • Náuseas provocadas por la boquilla. | • Aneurisma torácico, abdominal o cerebral. |
| • Dolor torácico significativo que impida la colaboración para el esfuerzo. | • Ángor inestable o infarto de miocardio reciente*. |
| • Traqueostomía. | • Cirugía torácica o abdominal reciente*. |
| | • Desprendimiento de retina o cirugía ocular reciente*. |

* Aún siendo la definición de reciente diferente para cada uno de los procesos reseñados, consideramos que a partir de la 8ª semana es un plazo prudencial para que el paciente pueda realizar el esfuerzo de la espirometría.

## LOCAL Y EQUIPAMIENTO BÁSICO

Para la correcta realización de la espirometría es necesario contar con un entorno y un material adecuados. El espacio físico debe ser una habitación suficiente para contener el equipo de espirometría y mobiliario, acústicamente bien aislada y exclusivamente dedicada a la realización de la espirometría, o al menos en la que no se realicen otras actividades al mismo tiempo, para evitar distracciones del técnico o del paciente. Es necesaria una mesa para ubicar el equipo de espirometría, así como sillas cómodas para el paciente y el técnico. Además son precisos: jeringa de calibración, tallímetro, báscula, estación meteorológica (temperatura, presión barométrica y humedad relativa) y mobiliario para guardar material desechable, medicación broncodilatadora, aerocámaras y contenedores para las boquillas y los filtros desechables[2,3,5].

## TIPOS DE ESPIRÓMETROS Y ESPECIFICACIONES MÍNIMAS QUE DEBEN REUNIR

Existen 2 tipos de espirómetros: los volumétricos y los de sensor de flujo. Los volumétricos (de agua o campana, de pistón y fuelle) no son utilizados en la actualidad y han sido desplazados por los espirómetros de sensor de flujo. Este sensor relaciona la cantidad de aire que el paciente moviliza con el tiempo que tarda en hacerlo y su señal eléctrica es representada como un flujo. Los sensores de flujo más conocidos son los neumotacógrafos (tipo *Fleisch* y desechables) y los de turbina (figura 1). Otros sensores mucho menos utilizados calculan el flujo a través de un hilo calentado por una corriente eléctrica o por medio de ultrasonidos. Una vez medidos los flujos, un microprocesador calcula los volúmenes.

La fiabilidad de un espirómetro depende de las características de sus dos principales componentes: el sensor de flujo y el procesador. Existen diferentes publicaciones[2,3] en las que se recogen los requerimientos técnicos mínimos que debe cumplir un espirómetro. En los últimos años ha aparecido en el mercado una amplia oferta de espirómetros de muy diversas características, prestaciones y precios. Para elegir un espirómetro es importante determinar cuáles son las necesidades actuales y futuras siendo imprescindible el cumplimiento de una serie de requisitos que son recogidos en el Anexo 1.

## PERSONAL TÉCNICO

El técnico (diplomado universitario en Enfermería) debe tener una formación adecuada que le permita llevar a cabo los distintos procedimientos de la espirometría, lo que implica tener conocimientos de los fundamentos fisiopatológicos de las enfermedades respiratorias, de los recursos técnicos, de la maniobra de realización de la espirometría y de la evaluación de sus resultados (patrón obstructivo y no obstructivo). Ello debe complementarse con habilidades de comunicación con el paciente para conseguir que éste colabore adecuadamente en su realización. Así mismo, debe reconocer las limitaciones de pacientes individuales (personas mayores o de baja capacidad intelectiva) u otras situaciones que puedan influir decisivamente en los resultados, circunstancias que deberá reflejar en su informe.

El técnico debe tener un entrenamiento supervisado suficiente como para realizar la espirometría adecuadamente e interpretarla cumpliendo los mínimos estándares de calidad[2,3]. Consideramos que el tiempo

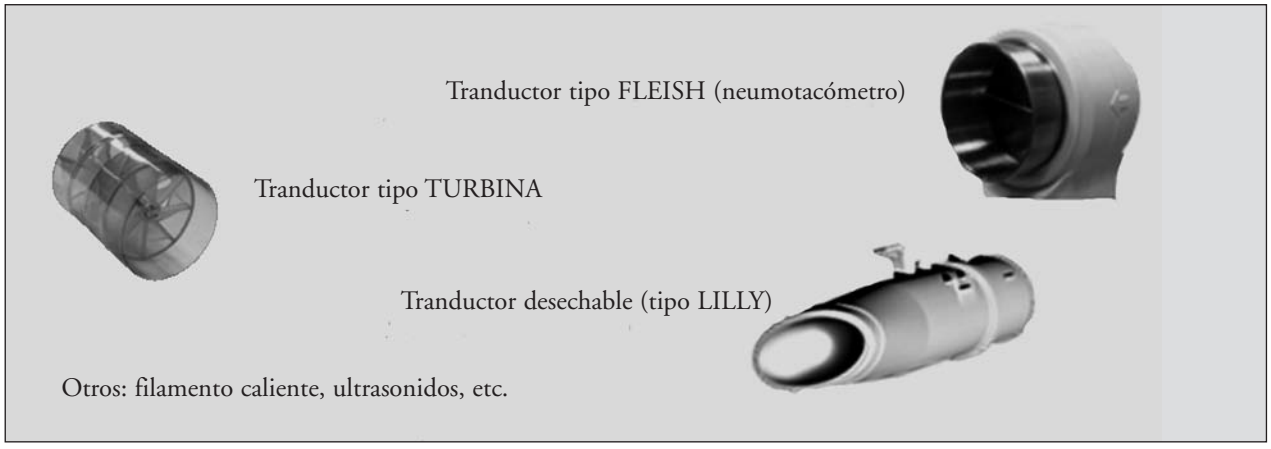



**Figura 1: Tipos de transductores.**

de entrenamiento puede ser variable, siendo imprescindible la formación acreditada y un reciclaje del técnico para cumplir estos objetivos[4,6].

## CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA.

Los espirómetros requieren una calibración diaria y también deben calibrarse tras cada limpieza o desinfección o bien si se detecta un problema inesperado. Además de los procedimientos de autocalibración, incorporados al aparato por el fabricante, el espirómetro debe ofrecer la posibilidad de poder comprobar esta autocalibración mediante la aplicación de señales externas al mismo. Las jeringas de calibración de 3 l de volumen proporcionan una señal adecuada para ello (figura 2). La jeringa se vaciará en varias ocasiones con impulsos diferentes (flujos altos, medios y bajos) para verificar si la lectura del flujo mantiene una respuesta rectilínea. De esta forma se comprobará la exactitud de lectura a lo largo de la escala de medición[2,3]. Los espirómetros modernos incorporan en su software un registro histórico de las calibraciones que nos proporciona un adecuado control de calidad del equipo. Aquellos espirómetros que no requieran calibración deberán estar homologados.

Debe realizarse una limpieza diaria de todo el material con agua y jabón neutro, debiendo seguir las instrucciones del fabricante. Posteriormente procederemos a un secado cuidadoso manual utilizando un dispositivo de secado eléctrico para rejillas y filtros. La desinfección debe hacerse cada semana con un desinfectante de alto nivel con capacidad esporicida. Se recomienda la utilización de boquillas desechables de un solo uso para cada paciente[2,3].

**Figura 2. Jeringa de calibración del espirómetro.**

## VALORES DE REFERENCIA

Las variables espirométricas experimentan variaciones en función de diferentes factores[2,3] y por tanto para su interpretación se compararán con valores de referencia obtenidos de una población de sujetos sanos no fumadores (ajustados por sexo, edad, altura y origen étnico), usando protocolos similares y espirómetros validados.

Para obtener esos valores teóricos se elaboran ecuaciones de predicción, en las que el parámetro espirométrico es la variable dependiente y el peso, la edad y la talla, las variables independientes. De esta manera se obtiene una tabla de valores teóricos que sirve de referencia a los valores obtenidos en la espirometría de un paciente en concreto. Se escogerán aquellas tablas de valores teóricos lo más similares posibles a la población en la que se realiza la prueba. En España se suelen utilizar las tablas de Roca et al[7], adoptadas por la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR). Los valores obtenidos se expresan como porcentaje de su teórico.

En algunos espirómetros se permite elegir entre tablas diferentes. En este caso, se recomienda elegir las tablas SEPAR de Roca et al para adultos y las de Polgar o Zapletal[8,9] para niños.

## INSTRUCCIONES PREVIAS

Al paciente se le deben explicar los motivos por los que se solicita la espirometría y en qué consiste, así como una serie de recomendaciones previas a su realización, que deben ser entregadas por escrito[2]. Son las siguientes:

- No es necesario acudir en ayunas aunque es aconsejable evitar comidas abundantes.
- No fumar al menos en la hora previa[3].
- Se evitará la ingesta de estimulantes o depresores del sistema nervioso central (café, té, alcohol, tranquilizantes, hipnóticos, etc.) en las horas previas.
- No usará en las 6 horas previas un broncodilatador (BD) de corta duración (inhaladores con salbutamol, terbutalina o bromuro de ipratropio), agonistas-ß2 de larga duración en las 12 horas previas (inhaladores con formoterol o salmeterol) y tiotropio inhalador o teofilinas por vía oral en las 36 horas previas, excepto cuando la situación clínica del paciente no lo permita, por indicación expresa del facultativo o en el seguimiento de la EPOC.

- No realizar ejercicio vigoroso, al menos 30 minutos antes.
- Se recomienda llevar ropa ligera, no ajustada (cuellos, corbatas, fajas) que lo incomoden y, si es posible, aflojarla para así poder realizar la prueba de una forma más cómoda.
- Si tiene prótesis dental, comuníqueselo al técnico.

En el Anexo 2 se recoge un modelo de instrucciones previas a la realización de la espirometría dirigido al paciente.

## MANIOBRA

Previamente a la realización de la espirometría se registrará la talla (cm), el peso (kg) del paciente (no basta con preguntar los datos) y la edad (años). El paciente será pesado con ropa ligera y la talla se obtendrá con el sujeto descalzo, el cuerpo estirado y la cabeza erguida. En caso de marcada cifoescoliosis u otra deformidad torácica, o si el paciente no puede ponerse de pie, la talla se puede estimar midiendo la envergadura (distancia máxima entre el extremo de los dedos medios de ambas manos, con las extremidades superiores extendidas al máximo en cruz)[2,3].

- Para la correcta realización de la espirometría es necesario un entorno y un material adecuados.
- Para elegir un espirómetro es importante determinar cuáles son las necesidades actuales y futuras siendo imprescindible el cumplimiento de una serie de requisitos mínimos de calidad.
- El técnico debe tener una formación y un entrenamiento supervisado suficiente como para realizar la espirometría adecuadamente e interpretarla cumpliendo los mínimos estándares de calidad. El tiempo de entrenamiento puede ser variable siendo imprescindible una formación acreditada y un reciclaje.
- Los equipos requieren una calibración diaria con una jeringa de 3 l.
- Se recomienda la utilización de boquillas desechables de un solo uso para cada paciente.
- Se escogerán aquellas tablas de valores de referencia lo más similares posibles a la población en la que se realiza la prueba. En España se suelen utilizar las tablas de Roca et al, adoptadas por la SEPAR. Los valores obtenidos se expresan como porcentaje de su teórico.
- Al paciente se le deben explicar los motivos por los que se solicita la espirometría y en qué consiste, así como una serie de recomendaciones previas a su realización, que deben ser entregadas por escrito.

El paciente debe estar en reposo al menos unos 15 minutos antes de la prueba. En este periodo, podrá recibir las explicaciones necesarias sobre el procedimiento que va a realizarse y cómo deberá colaborar. Se le indicará cómo tiene que colocarse la boquilla dentro de la boca evitando que los dientes o la lengua obstruyan el flujo de aire. Deberá mantener la dentadura postiza, a menos que impida la realización de la prueba. Se advertirá que no se sobresalte por las órdenes enérgicas del técnico[2]. Se sentará en una silla con el tórax recto apoyado sobre el espaldar, las piernas rectas (no cruzadas) y con los pies firmemente asentados sobre el suelo. En el caso de realizar la maniobra en decúbito debe anotarse oportunamente, ya que los valores pueden ser hasta un 10% inferior a los obtenidos en sedestación[2].

El paciente debe respirar a través de una boquilla desechable e indeformable, manteniendo bien cerrados los labios alrededor de la misma para que no se escape el aire. También es recomendable utilizar una pinza nasal para evitar que el aire entre o se escape por la nariz. Una vez cómodamente sentado, el técnico solicita de forma clara y tajante al paciente que realice una inspiración máxima lenta y progresiva, no forzada, que mantendrá menos de 1 s, y a continuación se le indica que expulse el aire lo más fuerte y rápidamente que pueda, debiendo mantener la espiración durante al menos 6 segundos o hasta que no haya cambios en el flujo final en el último segundo de la maniobra (flujo inferior a 30 ml/s). En caso de querer disponer de inspirometría se puede continuar la maniobra anterior con una inspiración máxima, también de forma rápida y con esfuerzo máximo. La inspirometría está indicada en el estudio de la vía aérea superior o en la detección de un componente obstructivo a este nivel, en el conjunto de la obstrucción al flujo aéreo que tiene el paciente[10-12].

Se deberán repetir las maniobras hasta conseguir un mínimo de 3 técnicamente correctas (máximo de 8 intentos), dos de ellas reproducibles. El técnico debe animar al paciente durante toda la prueba (figura 3). Es aconsejable la demostración de la maniobra por el técnico y en caso de pacientes poco hábiles ensayar con la boquilla suelta de forma previa[2]. El técnico vigilará la posibilidad de que se produzcan fugas alrededor de la pieza bucal, evitará la inclinación hacia delante durante la espiración colocándole la mano sobre el hombro y observará en tiempo real que la morfología de la curva F/V es correcta[2]. El técnico anotará en el informe de la espirometría todas aquellas eventualidades que se hayan producido durante la

**Figura 3. Realización de la espirometría**

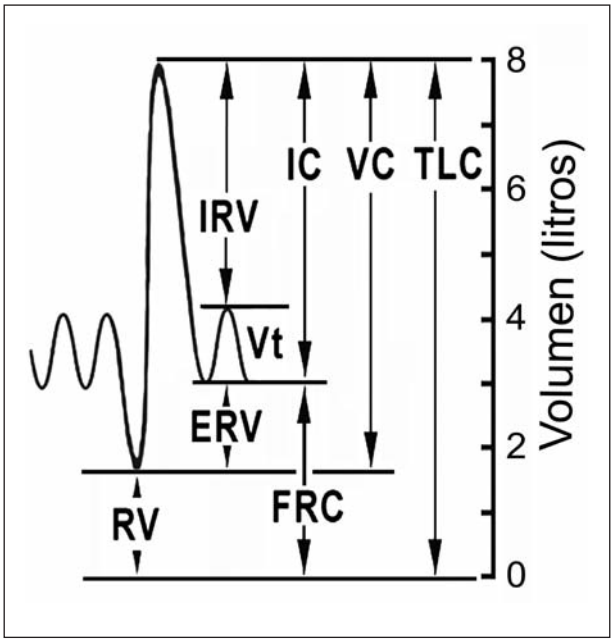



**Figura 4. Volúmenes pulmonares estáticos.**

Vt: volumen tidal ó corriente; IRV: volumen de reserva inspiratorio; ERV: volumen de reserva espiratorio; RV: volumen residual; FRC: capacidad residual funcional; IC: capacidad inspiratoria; VC: capacidad vital; TLC: capacidad pulmonar total.

- Es aconsejable la demostración de la maniobra por el técnico y en caso de pacientes poco hábiles ensayar con la boquilla suelta de forma previa.
- El paciente deberá mantener la espiración durante al menos 6 s o hasta que no haya cambios en el flujo final en el último segundo de la maniobra (flujo inferior a 30 ml/s).
- Se deberán repetir las maniobras hasta conseguir un mínimo de tres técnicamente correctas (máximo de 8 intentos), dos de ellas reproducibles.
- En caso de querer disponer de inspirometría se puede continuar la maniobra con una inspiración máxima. La inspirometría está indicada en el estudio de la vía aérea superior o en la detección de un componente obstructivo a este nivel, en el conjunto de la obstrucción al flujo aéreo que tiene el paciente.
- El técnico vigilará la posibilidad de que se produzcan fugas alrededor de la pieza bucal, evitará la inclinación hacia delante durante la espiración colocándole la mano sobre el hombro y observará en tiempo real que la morfología de la curva F/V es correcta.

maniobra (grado de colaboración, tos, disnea, dolor torácico, si ha usado los inhaladores en domicilio, si se ha medido la envergadura, etc.).

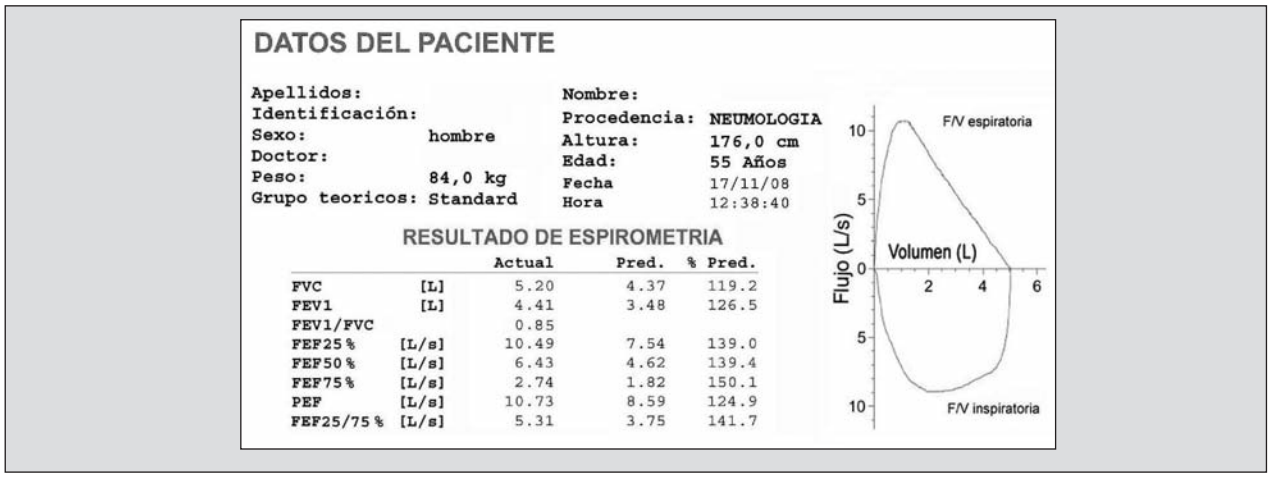
## REGISTRO DE DATOS Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA

Como ya ha sido comentado, existen dos tipos de espirometrías: simple y forzada. La espirometría simple mide los volúmenes pulmonares estáticos, excepto el RV y aquellos otros derivados en su cálculo de éste como son la FRC y la TLC (figura 4). La espirometría forzada mide volúmenes pulmonares dinámicos y proporciona información de mayor relevancia clínica[2-4].

Los resultados de la espirometría deben expresarse en forma numérica y gráfica. Para la expresión numérica suelen utilizarse tres columnas: en la primera se anotan los valores de referencia para cada variable, en la segunda los valores obtenidos en el paciente, y en la tercera el porcentaje de los valores medidos con relación a los de referencia[10]. En caso de realizar la prueba broncodilatadora (PBD) se utilizan otras tres columnas: en la primera se anotan los valores obtenidos post-broncodilatador (post-BD) en el paciente para cada variable, en la segunda el porcentaje de los valores medidos con relación a los de referencia y en la tercera el porcentaje de ganancia o pérdida con respecto a los valores pre-broncodilatador (pre-BD) (figura 5).

**Tabla 2. Parámetros más relevantes de la espirometría.**

- FVC: capacidad vital forzada o volumen de aire expulsado mediante una espiración forzada. Se expresa en litros.
- $FEV_1$: volumen máximo expulsado en el primer segundo de la espiración forzada. Se expresa en litros.
- $FEV_1$/FVC: relación entre $FEV_1$ y FVC medidos. Puede expresarse en valor absoluto o porcentual ($FEV_1$%). No debe ser confundido con el índice de Tiffeneau o relación entre $FEV_1$ y capacidad vital (VC), dado que en circunstancias patológicas la FVC puede ser inferior a la VC debido al colapso dinámico de la vía aérea.
- $FEF_{25-75\%}$: flujo espiratorio forzado entre el 25% y el 75% de la FVC. Se expresa en litros/segundo.
- PEF: flujo pico espiratorio o flujo espiratorio máximo conseguido durante la espiración forzada. Se expresa en litros/segundo.



DATOS DEL PACIENTE

| | | | |
|---|---|---|---|
| Apellidos: | | Nombre: | |
| Identificación: | | Procedencia: | NEUMOLOGIA |
| Sexo: | hombre | Altura: | 176,0 cm |
| Doctor: | | Edad: | 55 Años |
| Peso: | 84,0 kg | Fecha | 17/11/08 |
| Grupo teoricos: | Standard | Hora | 12:38:40 |

RESULTADO DE ESPIROMETRIA

| | | Actual | Pred. | % Pred. |
|---|---|---|---|---|
| FVC | [L] | 5.20 | 4.37 | 119.2 |
| FEV1 | [L] | 4.41 | 3.48 | 126.5 |
| FEV1/FVC | | 0.85 | | |
| FEF25% | [L/s] | 10.49 | 7.54 | 139.0 |
| FEF50% | [L/s] | 6.43 | 4.62 | 139.4 |
| FEF75% | [L/s] | 2.74 | 1.82 | 150.1 |
| PEF | [L/s] | 10.73 | 8.59 | 124.9 |
| FEF25/75% | [L/s] | 5.31 | 3.75 | 141.7 |



**Figura 5. Espirometría: representación numérica y curva flujo/volumen**

Pred: predicho o teórico; L: litros; s: segundos; F/V: flujo/volumen; FVC: capacidad vital forzada; $FEV_1$: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; FEF25%: flujo espiratorio forzado al 25% de la FVC; FEF50%: flujo espiratorio forzado al 50% de la FVC; FEF75%: flujo espiratorio forzado al 75% de la FVC; PEF: flujo espiratorio forzado máximo o pico-flujo; FEF25-75%: flujo espiratorio forzado entre el 25 y el 75% de la FVC.

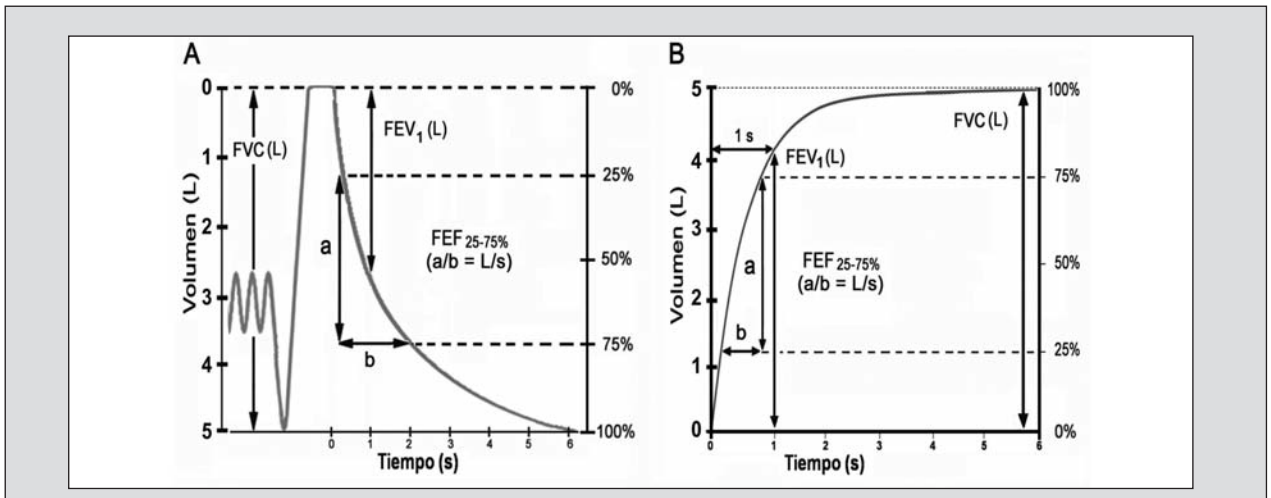




**Figura 6. Curvas volumen/tiempo**

La curva volumen/tiempo puede ser representada gráficamente según se puede ver en la figura A ó en la figura B.
L: litros; s: segundos; FVC: capacidad vital forzada; $FEV_1$: volumen espirado forzado en el primer segundo; $FEF_{25-75\%}$: flujo espiratorio forzado entre el 25 y el 75% de la FVC.

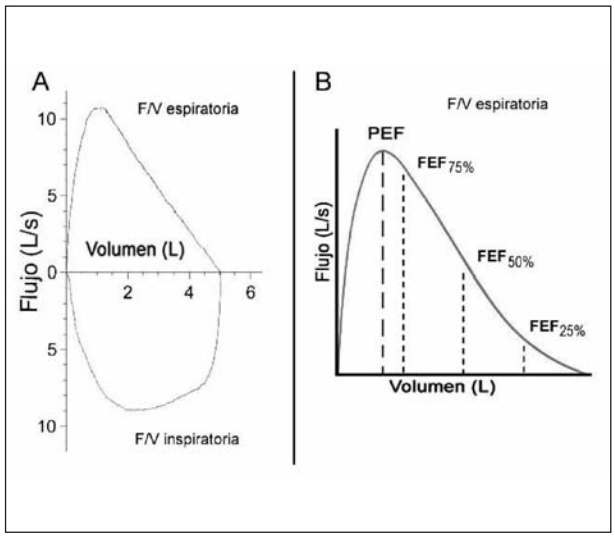



**Figura 7. Curva flujo/volumen**

A: Curva flujo/volumen con representación de las ramas inspiratoria y espiratoria.
B: Curva flujo/volumen con representación de la rama espiratoria.
L: Litros; s: segundos; F/V: flujo/volumen; FVC: capacidad vital forzada; PEF: flujo-pico espiratorio; $FEF_{25\%}$: máximo flujo espirado al 25% de la FVC; $FEF_{50\%}$: máximo flujo espirado al 50% de la FVC; FEF75%: máximo flujo espirado al 75% de la FVC.

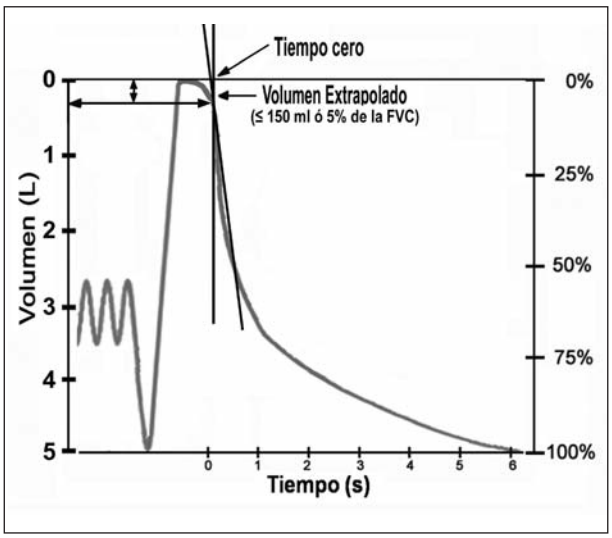



**Figura 8. Extrapolación retrógrada**

L: Litros; ml: mililitros; s: segundos; FVC: capacidad vital forzada.

Las variables espirométricas que pueden medirse son muchas pero en la práctica clínica son suficientes tres para disponer de casi toda la información necesaria para interpretar la espirometría (tabla 2): FVC, $FEV_1$ y la relación $FEV_1/FVC$[9]. En determinadas situaciones también es de utilidad el $FEF_{25-75\%}$.

Los resultados de la espirometría forzada se pueden representar en dos tipos de gráficos: curva V/T y curva F/V. Ambas curvas son complementarias. La primera parte de las curvas V/T y F/V es esfuerzo-dependiente y, por tanto, su análisis nos permite conocer si el esfuerzo realizado por el paciente es el apropiado[13].

**Curva V/T.** Representa el volumen en litros en el eje de las ordenadas y el tiempo transcurrido en segundos, en el eje de las abscisas (figura 6). La curva muestra en su inicio una deflexión neta y brusca, seguida de una curva de concavidad suave hacia arriba, sin rectificaciones, y una finalización asintótica[2].

**Curva F/V.** Representa el flujo en las ordenadas y el volumen en las abscisas (figura 7). Si se realiza al terminar la espiración forzada una maniobra inspiratoria máxima, también de forma rápida y con esfuerzo máximo, se obtiene un asa que representa los flujos inspiratorios (figura 7A). Esta maniobra sólo se emplea si se quiere disponer de la inspirometría[11,12]. La morfología de la curva en una persona sana muestra un ascenso brusco que alcanza un pico (pico de flujo) y una caída lenta con una curva discretamente cóncava y una finalización asintótica.

## CRITERIOS DE CALIDAD DE LA ESPIROMETRÍA

La espirometría es una prueba fundamental en la valoración de la función respiratoria. Para que ésta pueda ser correctamente interpretada y tenga valor clínico es imprescindible que se cumplan de forma obligatoria unas condiciones referentes, tanto al espirómetro (Anexo 1) como a la maniobra, que deberá cumplir unos criterios de calidad en su realización (aceptabilidad y de reproducibilidad)[2,3,10,11].

### Criterios de aceptabilidad

**a) Buen comienzo.** Siempre debe tenerse en cuenta en la maniobra que exista un buen comienzo, que consiste en que éste debe ser brusco, por lo que al observar la curva V/T en el inicio se deberá producir un ascenso neto y brusco. Cuando no se consiga un comienzo brusco de la maniobra, para obtener el nuevo punto de inicio se debe efectuar el método de la extrapolación retrograda de la curva que consiste en prolongar la porción más pendiente del trazado hasta el volumen inspiratorio máximo. El volumen extrapolado no debe exceder el 5% de la FVC o ser menor de 0,150 l (figura 8). Para evaluar mejor la calidad de la prueba debería incluirse el trazado de los 0,25 s iniciales anteriores a la espiración. La inspección de la curva

F/V también puede ayudar a valorar el inicio de la prueba. El flujo espiratorio pico (PEF) debería alcanzarse rápidamente al comienzo de la espiración, antes de espirar el 15% de la FVC o en un tiempo inferior a 120 milisegundos[2,3,10,11].

**b) Buena finalización.** La finalización de la curva debe ser asintótica y no perpendicular o brusca. Hay que evitar una finalización temprana de la espiración que se detecta porque la terminación de la curva F/V alcanza demasiado perpendicularmente la línea horizontal de base. Se puede considerar la prueba bien finalizada cuando se alcanza una meseta final en la que no se aprecia prácticamente variación en el volumen de aire espirado (flujo < 30 ml/s) o el paciente ha hecho una espiración durante un tiempo igual o superior a 6 s (adultos y niños mayores de 10 años)[2,3,10,11].

**c) Libre de artefactos.** La morfología de la curva debe estar libre de muescas, melladuras o escalones. La aparición de tos, el cierre de la glotis (maniobra de Valsalva) o la vacilación en su realización pueden originar artefactos que alteren la medida del $FEV_1$ y FVC. En estos casos debe considerarse como no aceptable la maniobra. Otras anomalías que interfieren en la medida correcta de los flujos y volúmenes son las fugas a nivel de la boca y la interposición de la lengua o de la dentadura postiza en la boquilla. Para que una espirometría sea aceptable se tienen que cumplir estos tres criterios en tres maniobras[2,3,10,11].

### Criterios de reproducibilidad

Se considera que las maniobras son reproducibles cuando la diferencia entre el mayor FVC y el siguiente es menor o igual de 0,150 l y la diferencia entre el mayor $FEV_1$ y el siguiente es menor o igual de 0,150 l. Cuando los valores de FVC son menores de un litro la variación aceptable en $FEV_1$ y FVC llega hasta 0,1 l. Si estos criterios se cumplen en dos de las tres maniobras aceptables se considera válida la prueba, y si no, se debe continuar hasta un máximo de 8 intentos. Se seleccionaran los mejores valores de FVC y $FEV_1$ de las 3 maniobras técnicamente correctas, aunque sean de distintas maniobras. El resto de los parámetros se tomarán de la maniobra con la mejor suma de FVC y $FEV_1$. Los espirómetros más modernos disponen de notas de advertencia sobre el cumplimiento o no de los criterios de aceptabilidad y reproducibilidad[2,3,10,11].

### Prueba broncodilatadora

La PBD es uno de los tests más sencillos y útiles de los que se utilizan en clínica para medir la reversibilidad bronquial[2]. Es imprescindible para evaluar los procesos que cursan con obstrucción de la vía aérea. Consiste en medir los cambios funcionales que se producen tras la administración de un BD de acción corta, más allá de la variabilidad biológica espontánea y de la respuesta observada en sujetos sanos[3].

Debe realizarse una espirometría en situación basal y otra tras administrar un BD de acción corta. El tiempo que debe transcurrir entre la inhalación del BD de acción corta y la espirometría post-BD depende del fármaco empleado. Para los agonistas-ß2 de acción corta se deben esperar 15 minutos y para el bromuro de ipratropio 30 minutos[3]. El mejor momento para realizar la PBD es en las primeras horas de la mañana, ya que los valores espirométricos son más bajos y se puede conseguir una mayor respuesta[14]. Se pueden utilizar de forma indistinta salbutamol o terbutalina por vía inhalada. Se usan dosis de 400 mcg de salbutamol con cámara (4 puffs) o 1.000 mcg de terbutalina turbuhaler (2 inhalaciones) a intervalos de 30 segundos entre cada aplicación[3]. En la tabla 3 quedan recogidas las fórmulas para medir la respuesta al BD. Una PBD se considera positiva si el cambio en el $FEV_1$ o FVC es $\geq$ 12% siempre que la diferencia sea $\geq$ 200 ml[2,3].

Las indicaciones y contraindicaciones son las mismas que las expuestas para la realización de la espirometría. También hay que tener en cuenta las contraindicaciones del BD de acción corta que usemos.

- En la práctica clínica son suficientes tres variables para tener casi toda la información necesaria para interpretar la espirometría: FVC, $FEV_1$ y la relación $FEV_1$/ FVC. En determinadas situaciones también es de utilidad el $FEF_{25-75\%}$.
- Los resultados de la espirometría deben expresarse en forma numérica y gráfica: curva V/T y curva F/V. Ambas curvas son complementarias. La primera parte de las curvas V/T y F/V es esfuerzo-dependiente y por tanto su análisis nos permite conocer si el esfuerzo realizado por el paciente es el apropiado.
- Para que la espirometría pueda ser correctamente interpretada y tenga valor clínico es imprescindible que se cumplan, de forma obligatoria, unas condiciones referentes tanto al espirómetro como a la maniobra, que deberá cumplir unos criterios de calidad en su realización (aceptabilidad y de reproducibilidad).

- La PBD mide la reversibilidad bronquial. Es imprescindible para evaluar los procesos que cursan con obstrucción de la vía aérea.
- Debe realizarse una espirometría en situación basal y otra tras la administración de un BD de acción corta (15 minutos para los agonistas-ß2 y 30 minutos si se usa bromuro de ipratropio). Se usan dosis de 400 mcg de salbutamol con cámara (4 puffs) o 1.000 mcg de terbutalina turbuhaler (2 inhalaciones) a intervalos de 30 segundos entre cada aplicación.
- Una PBD se considera positiva si el cambio en el $FEV_1$ o FVC es $\geq$ 12% siempre que la diferencia sea $\geq$ 200 ml.
- Las indicaciones y contraindicaciones son las mismas que las expuestas para la realización de la espirometría. También hay que tener en cuenta las contraindicaciones del BD que usemos (agonistas-ß2 de acción corta o bromuro de ipratropio).

**Tabla 3. Fórmulas para medir la respuesta al broncodilatador**

| Parámetro | Fórmula | Criterios de PBD positiva |
|---|---|---|
| 1)Variación de $FEV_1$ en valor absoluto[9] | $FEV_1$ postBD – $FEV_1$ preBD | $\geq$ 200 ml |
| 2)Aumento porcentual del $FEV_1$ respecto al valor basal | $\frac{FEV_1 \text{ postBD} - FEV_1 \text{ preBD} \times 100}{FEV_1 \text{ preBD}}$ | $\geq$ 15% |
| 3)Porcentaje ponderado[9] | $\frac{FEV_1 \text{ postBD} - FEV_1 \text{ preBD}}{(FEV_1 \text{ postBD} + FEV_1 \text{ PreBD})/2}$ | $\geq$ 12% |
| 4)Aumento porcentual del $FEV_1$ respecto al teórico[2] | $\frac{FEV_1 \text{ postBD} - FEV_1 \text{ preBD} \times 100}{FEV_1 \text{ teórico}}$ | $\geq$ 12% |

$FEV_1$: volumen espirado forzado en el primer segundo; preBD: pre-broncodilatador; postBD: post-broncodilatador.
1, 2 y 3) Tienen la ventaja de ser fórmulas simples pero el inconveniente de depender mucho del valor basal y no tener en cuenta la edad, sexo y altura del paciente; 4) Evita estos inconvenientes e incluye información de si existe obstrucción antes y después de la prueba broncodilatadora.

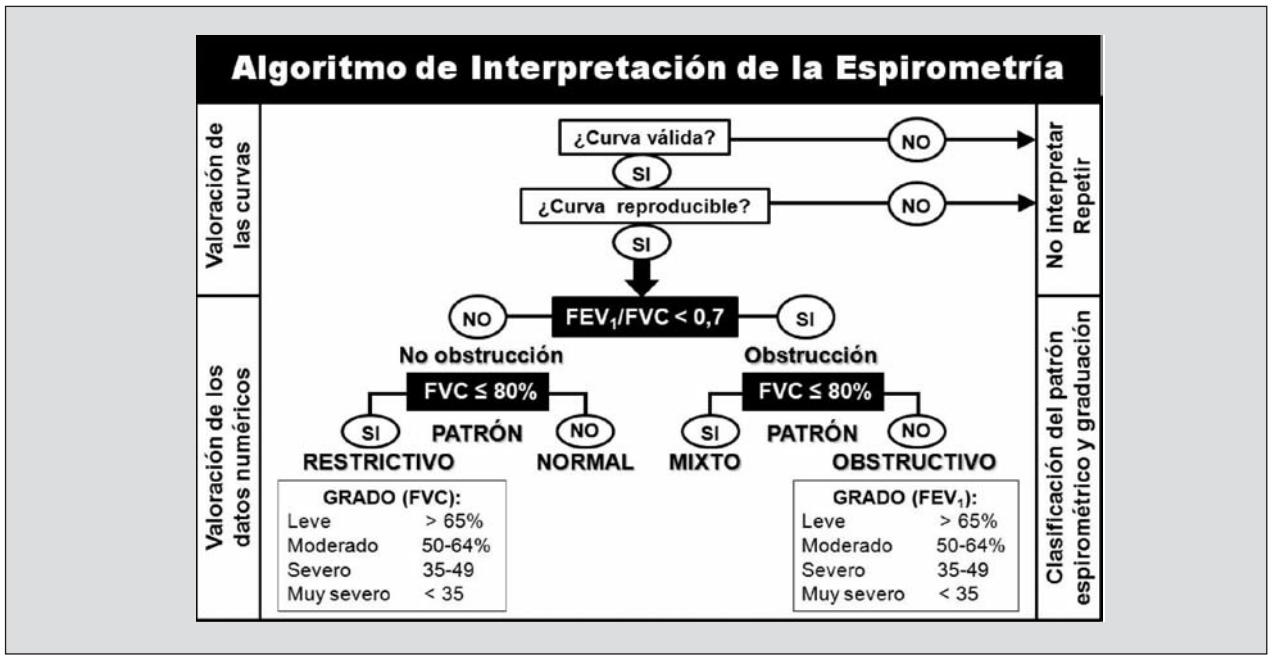



**Figura 9. Sistemática de lectura e interpretación de la espirometría**

## Sistemática de lectura e interpretación de los resultados

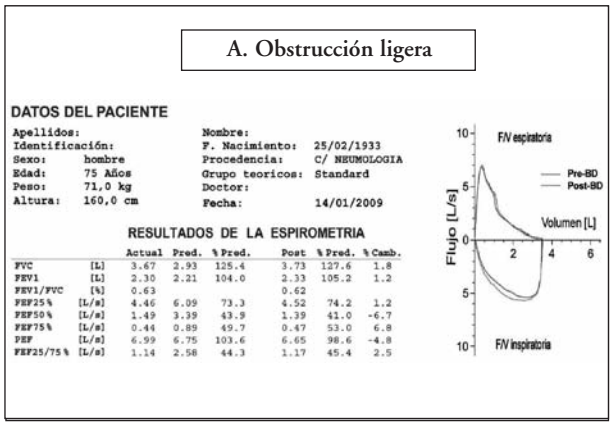
En la figura 9 se muestra el algoritmo que recomendamos para la sistemática de lectura e interpretación de la espirometría. En primer lugar debemos analizar la morfología de las curvas para conocer si cumplen o no los criterios de calidad ya descritos. Si estos criterios se cumplen pasaremos a la interpretación de los datos numéricos y si no se cumplen hay que repetir la espirometría.

Los valores de la espirometría se pueden expresar como valores absolutos o en porcentaje sobre el valor teórico de referencia, excepto para la relación $FEV_1/FVC$ en la que consideraremos solo el valor medido. Es necesario recordar que, aunque para el diagnóstico es importante el porcentaje sobre el valor de referencia, para el seguimiento y evolución de los pacientes son importantes los valores absolutos y sus variaciones[15]. El análisis de la espirometría nos permite establecer la existencia o no de una alteración ventilatoria y, en caso de existir, clasificarla en tres tipos de patrones:

1. *Patrón ventilatorio obstructivo:* se produce en las enfermedades que cursan con limitación al flujo aéreo. La obstrucción bronquial puede ser debida a un aumento de las resistencias de las vías aéreas, como es el caso de la EPOC o del asma, o a una disminución de la retracción elástica del pulmón, como ocurre en el enfisema, o por la combinación de ambas. La gráfica espirométrica de estos pacientes adquiere una forma característica con disminución del pico máximo y retardo en la caída (figura 10). Se caracteriza por una relación $FEV_1/FVC<0,7$. La FVC será normal o ligeramente disminuida. Según la intensidad de la alteración se establecen los niveles de gravedad de la obstrucción (tabla 4)[12].

2. *Patrón ventilatorio restrictivo:* se produce en las enfermedades que cursan con disminución del volumen pulmonar, que puede ser debida a alteraciones del parénquima pulmonar, de la caja torácica o de la musculatura respiratoria y su inervación. La gráfica espirométrica muestra una disminución global de tamaño con una morfología normal (figura 11). Se caracteriza por disminución de la FVC con relación $FEV_1/FVC$ normal o aumentada (>0,85). Los flujos pueden estar normales o ligeramente disminuidos. Según la intensidad de la alteración se establecen los grados de gravedad de la restricción (tabla 4)[10,12]. Es necesaria la realización de volúmenes pulmonares para el diagnóstico de un proceso restrictivo.

- Debemos analizar la morfología de las curvas para conocer si cumplen o no los criterios de calidad. Si éstos se cumplen pasaremos a la interpretación de los datos numéricos y si no se cumplen hay que repetir la espirometría.
- El análisis de la espirometría nos permite establecer la existencia o no de una alteración ventilatoria y, en caso de existir, clasificarla en tres tipos de patrones:
  - Patrón ventilatorio obstructivo: se caracteriza por una relación $FEV_1/FVC<0,7$. La gráfica espirométrica de estos pacientes adquiere una forma característica con disminución del pico máximo y retardo en la caída.
  - Patrón ventilatorio restrictivo: Se define por una FVC<80% con una relación $FEV_1/FVC$ normal o aumentada (> 0,85). La gráfica espirométrica muestra una disminución global de su tamaño con una morfología normal.
  - Patrón ventilatorio mixto: Se mezclan características de los dos patrones anteriormente comentados (relación $FEV_1/FVC<0,7$ y FVC < 80%).



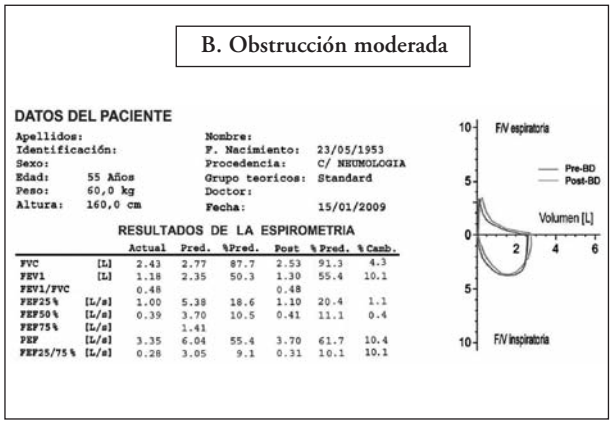
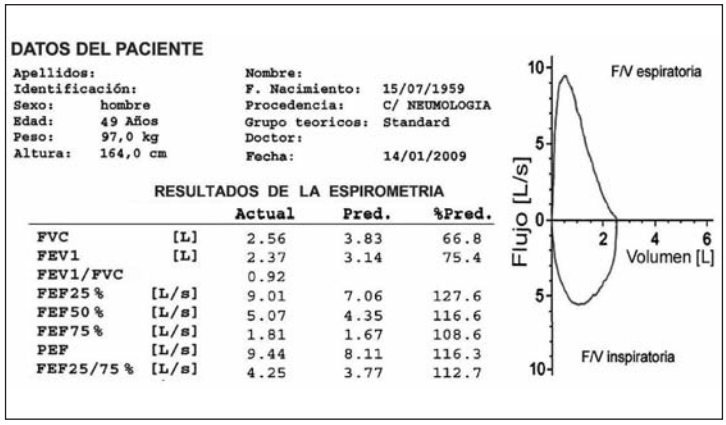



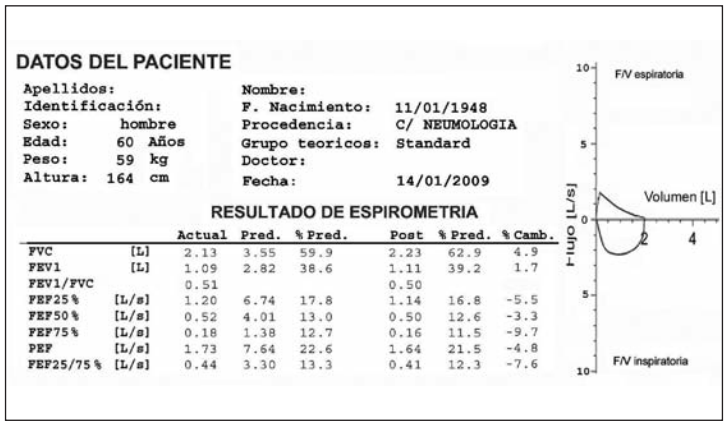

**Figura 10. Espirometría: representación numérica y gráfica de patrón obstructivo**

3. *Patrón ventilatorio mixto:* se mezclan características de los dos patrones anteriormente comentados (relación $FEV_1$/FVC < 0,7 y FVC < 80%) (figura 12). Para conocer con más precisión el grado de alteración de cada componente utilizaremos los volúmenes pulmonares estáticos.




Pred: predicho o teórico; L: litros; s: segundos; FVC: capacidad vital forzada; $FEV_1$: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; $FEF_{25\%}$: flujo espiratorio forzado al 25% de la FVC; $FEF_{50\%}$: flujo espiratorio forzado al 50% de la FVC; $FEF_{75\%}$: flujo espiratorio forzado al 75% de la FVC; PEF: flujo espiratorio forzado máximo ó pico-flujo; $FEF_{25-75\%}$: flujo espiratorio forzado entre el 25 y 75% de la FVC.

**Figura 11. Espirometría: representación numérica y gráfica de patrón restrictivo.**




Pred: predicho o teórico; L: litros; s: segundos; FVC: capacidad vital forzada; $FEV_1$: volumen espiratorio forzado en el primer segundo; $FEF_{25\%}$: flujo espiratorio forzado al 25% de la FVC; $FEF_{50\%}$: flujo espiratorio forzado al 50% de la FVC; $FEF_{75\%}$: flujo espiratorio forzado al 75% de la FVC; PEF: flujo espiratorio forzado máximo ó pico-flujo; $FEF_{25-75\%}$: flujo espiratorio forzado entre el 25 y 75% de la FVC.

**Figura 12. Espirometría: Representación numérica y gráfica de patrón mixto.**

**Tabla 4. Interpretación de la espirometría**

| Obstrucción: $FEV_1$/FVC < 0,7 | |
|---|---|
| Parámetros | |
| FVC | Normal o ligeramente disminuido |
| $FEV_1$ | Normal o disminuido |
| Grado de alteración* | |
| Ligera | $FEV_1$: > 65% |
| Moderada | $FEV_1$: 50-64% |
| Severa | $FEV_1$: 35-49% |
| Muy severa | $FEV_1$: < 35% |

| Restricción: FVC < 80% | |
|---|---|
| Parámetros | |
| FVC | Normal o ligeramente disminuido |
| $FEV_1$ | Normal o > 0,85 |
| Grado de alteración* | |
| Ligera | FVC: 65-79% |
| Moderada | FVC: 50-64% |
| Severa | FVC: 35-49% |
| Muy severa | FVC: < 35% |

Se establece como normal cualquier valor de FVC o $FEV_1$ superior al 80%.
* Standardization of Spirometry, 1994 Update. American Thoracic Society. Am J Respir Crit Care Med 1995; 152(3): 1107-1136.
$FEV_1$: volumen espirado forzado en el primer segundo; FVC: capacidad vital forzada; $FEV_1$/FVC: relación $FEV_1$/FVC.
Patrón ventilatorio mixto: Se mezclan características de los dos patrones anteriormente comentados: relación $FEV_1$/FVC < 0,7 y FVC < 80%.

## BIBLIOGRAFÍA


1. Yernault JC. The birth and development of the forced expiratory manoeuvre: a tribute to Robert Tiffeneau (1910-1961). Eur Respir J 1997; 10(12): 2704-2710.
2. Casan P, Burgos F, Barberà JA, Giner J. Espirometría. En: Puente Maestu L. Manual SEPAR de Procedimientos. Procedimientos de evaluación de la función pulmonar. Madrid: Luzan 5, 2002; 4-15.
3. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A et al; ATS/ERS Task Force. Standardisation of spirometry. Eur Respir J 2005; 26(2): 319-338.
4. Johns DP, Pierce R. Spirometry. The measurement and interpretation of ventilatory function in clinical practice. The Thoracic Society of Australia and New Zealand. Australia: McGraw-Hill, 2007.
5. Cimas Hernando E, Pérez Fernández J. Ideap. Técnica e interpretación de espirometría en atención primaria. Editorial Luzán 5, S.A. 2003.
6. León Jiménez A (coord.). Enfermedad pulmonar obstructiva crónica: proceso asistencial integrado. 2ª Ed. Sevilla: Consejería de Salud, 2007: 81.
7. Roca J, Sanchis J, Agustí-Vidal A, Segarra F, Navajas D, Rodríguez-Roisin R, Casan P et al. Spirometric reference values from a Mediterranean population. Bull Eur Physiopathol Respir 1986; 22(3): 217-224.
8. Quanjer PH, Borsboom GJ, Brunekreef B, Zach M, Forche G, Cotes JE et al. Spirometric reference values for white European children and adolescents: Polgar revisited. Pediatr Pulmonol 1995; 19(2): 135-142.
9. Zapletal A, Chalupová J. Forced expiratory parameters in healthy preschool children (3-6 years of age). Pediatr Pulmonol 2003; 35(3): 200-207.
10. Sanchís Aldás J, Casan Clará P, Castillo Gómez J, Gómez Mangado N, Palenciano Ballesteros L, Roca Torrent J. Espirometría forzada. Barcelona: Doyma, 1998.
11. Standardization of Spirometry, 1994 Update. American Thoracic Society. Am J Respir Crit Care Med 1995; 152(3): 1107-1136.
12. Acres JC, Kryger MH. Upper airway obstruction. Chest 1981; 80: 207-211.
13. Togores B, Pons S, Agustí AGN. Espirometría: análisis de flujos y volúmenes pulmonares. En: Agustí AGN. Función Pulmonar aplicada. Puntos Clave. Madrid: Mosby/Doyma Libros, 1995; 17-34.
14. Ind PW, Pride NB. Assessment of airway responses and the cough reflex. En Hughes JMB & Pride NB eds. Lung function tests. W.B. Saunders, London, 1999.
15. GN. Agustí A. Función pulmonar aplicada. Editorial Mosby/Doyma. S.A. Barcelona 1995: 16-42.


## ANEXO 1. REQUISITOS PARA LA ELECCIÓN DE UN ESPIRÓMETRO

### Requisitos mínimos

1. Volumen: el espirómetro debe ser capaz de medir volúmenes entre 0,5 y 8 l, con flujos entre 0 y 14 l/s. Volumen mínimo detectable de 30 ml.
2. Inercia y resistencia: debe haber menos de 1,5 cm $H_2O$/l/s, a un flujo de aire de 12 l/s.
3. Determinación del tiempo cero: para aquellos sistemas computarizados y para fines del tiempo, el inicio de la prueba debe determinarse por medio de una extrapolación retrógrada.
4. Tiempo de lectura de 15 s.
5. Corrección BTPS: el instrumento o el operador deben tener la manera de convertir los valores a BTPS (Body Temperature and Pressure Saturated with water vapor) que es el modo de expresión de un volumen gaseoso en el cual se considera que la temperatura es la del cuerpo (37ºC), que la presión es de 760 mm de Hg y que la tensión del vapor de agua es la saturación ($PH_2O$= 47 mmHg). Este factor corrige las diferencias de temperatura y saturación de vapor de agua entre el pulmón del sujeto y el medio exterior, para determinar el volumen real de aire exhalado. Todos los valores espirométricos deben ser registrados con corrección BTPS.
6. Disponibilidad de valores de referencia adecuados y posibilidad de selección por el técnico.
7. Calidad de los resultados: validación por un laboratorio independiente. La FVC y el $FEV_1$ deben ser medidos con una exactitud dentro del ± 3% ó ± 50 ml. Al verificar la calibración del volumen, se debe lograr una exactitud dentro del ± 3% ó ± 50 ml. Mediciones de flujo con una exactitud entre un ± 5% ó 200 ml/s.
8. Capacidad para almacenar la señal eléctrica de 24 curvas flujo/volumen.
9. Deben tener la capacidad de visualizar en pantalla, en tiempo real, los valores numéricos y gráficos durante toda la maniobra de la espirometría forzada. También deben disponer de notas de advertencia sobre el cumplimiento o incumplimiento de los criterios de aceptabilidad y reproducibilidad para selección de las mejores curvas.
10. Posibilidad de impresión de los resultados de la prueba (numéricos y gráficos).
11. Posibilidad de calibración con jeringa de 3 l y verificación de resultados.
12. Facilidad de limpieza y desinfección de las partes expuestas. Debe existir la posibilidad de utilizar filtros antibacterianos.

**Otros requisitos importantes a considerar**

- Portabilidad y uso sencillo.
- Software con entorno intuitivo y posibilidad de conexión a un ordenador.
- Informe final modificable según necesidades.
- Incentivo visual para pacientes con el fin de conseguir la mejor maniobra.
- Disponibilidad de un manual de usuario.
- Servicio técnico accesible, mantenimiento fácil y económico del equipo y consumibles.

## ANEXO 2. ESPIROMETRÍA: INSTRUCCIONES PREVIAS PARA EL PACIENTE

CENTRO SANITARIO: . . . . . .
NOMBRE: . . . . . .
APELLIDOS: . . . . . .
TELÉFONO: . . . . . .
FECHA CITA: . . . . . .
MÉDICO: . . . . . .

La espirometría es una prueba básica para el estudio de la función pulmonar. Su médico ha considerado necesario indicar su realización para el diagnóstico o seguimiento de su problema respiratorio.

**Lea detenidamente estos consejos antes de realizar la prueba:**

- No es necesario acudir en ayunas aunque es aconsejable evitar comidas abundantes.
- No fumar al menos en la hora previa.
- Se evitará la ingesta de estimulantes o depresores del sistema nervioso central (café, té, alcohol, tranquilizantes, hipnóticos, etc.) en las horas previas.
- No usará en las 6 horas previas broncodilatadores de corta duración (inhaladores con salbutamol, terbutalina o bromuro de ipratropio), agonistas ß2 de larga duración en las 12 horas previas (inhaladores con formoterol o salmeterol) y tiotropio inhalador o teofilinas por vía oral en las 36 horas previas, excepto cuando la situación clínica del paciente no lo permita, por indicación expresa del facultativo o en el seguimiento de la EPOC.
- No realizar ejercicio vigoroso, al menos 30 minutos antes.
- Se recomienda llevar ropa ligera, no ajustada (cuellos, corbatas, fajas) que lo incomoden y, si es posible, aflojarla, para así poder realizar la prueba de una forma más cómoda.
- Si tiene prótesis dental, comuníqueselo al técnico.