

**Luis Alejandro Rodríguez Hidalgo MD. MsSP. PhD**



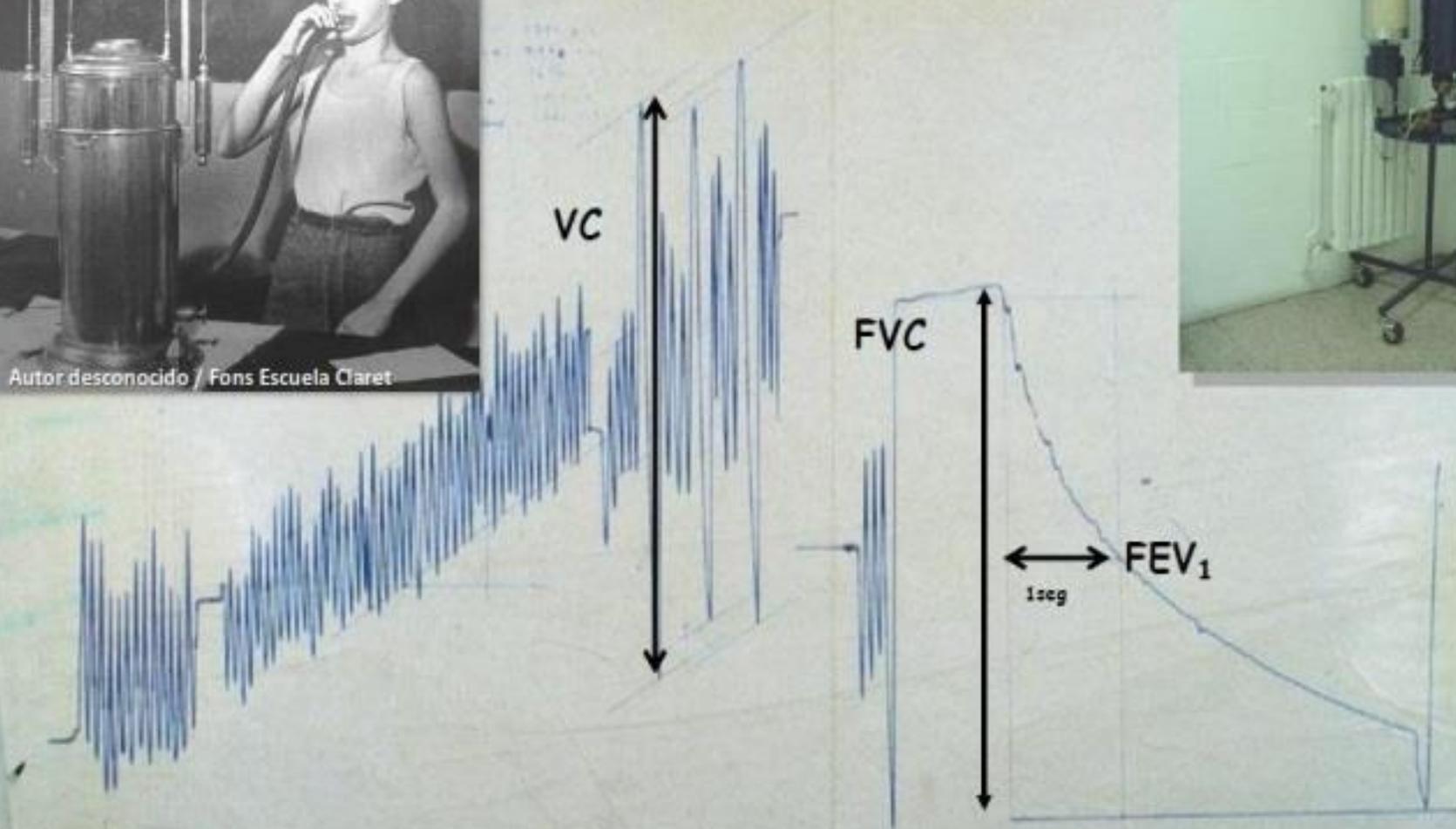
# **LA ESPIROMETRIA**

**Noviembre 2016**



Autor desconocido / Fons Escuela Claret

# Primera espirometría realizada en el Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. (Barcelona 1958)

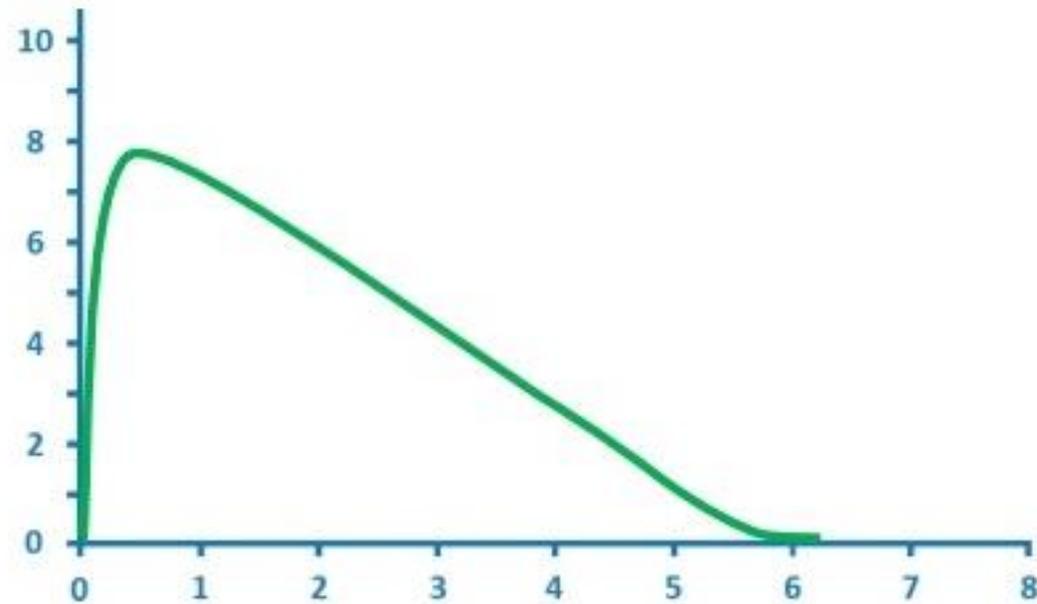


Cortesía : Dr. Felip Burgos

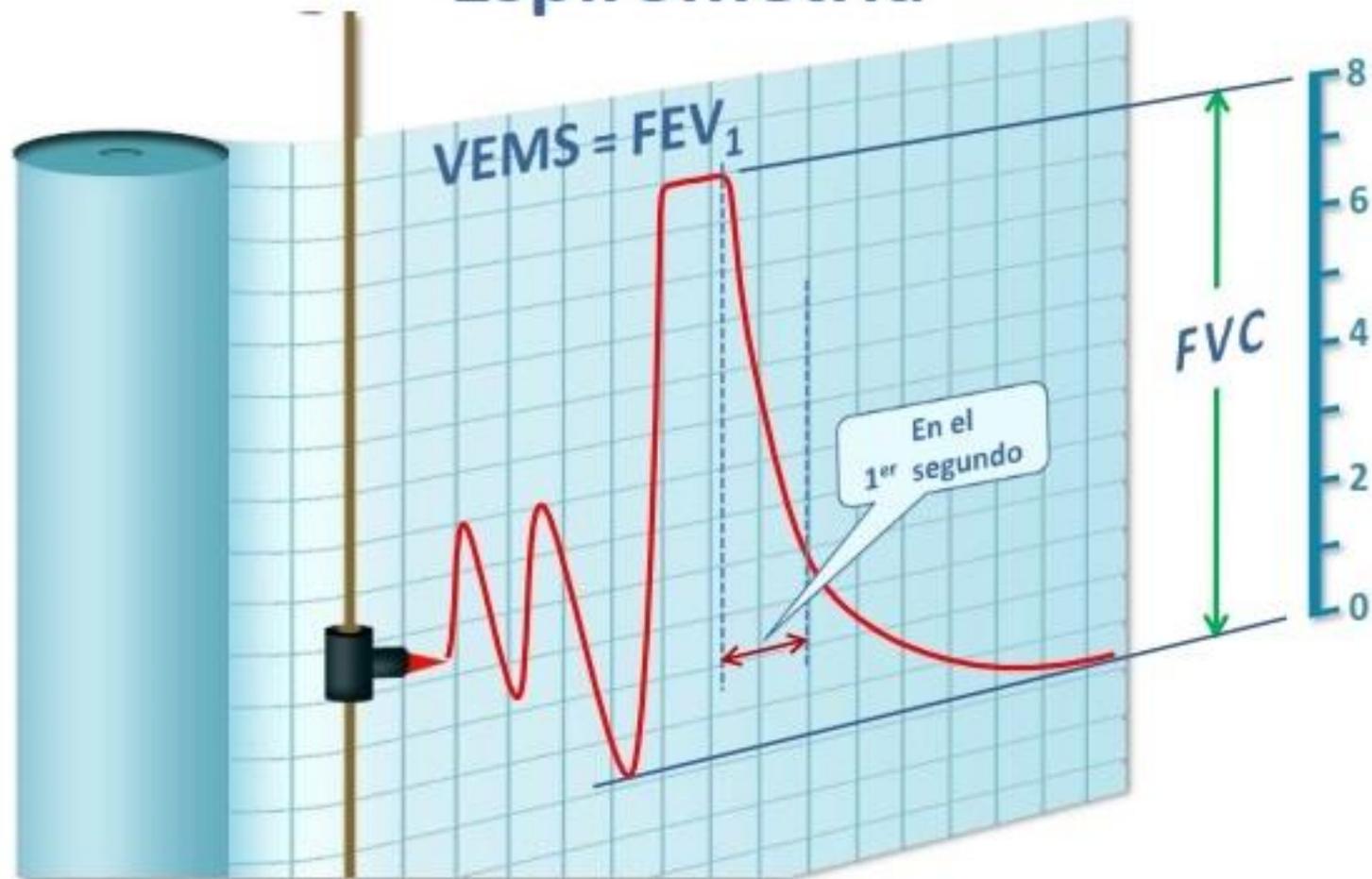
Hospital de Sta. Creu i St. Pau  
Barcelona 1958

# Qué es la espirometría

- La espirometría es la prueba esencial para el estudio de la función pulmonar, mide el volumen de aire movilizable en una espiración máxima y forzada.
- Es de utilidad para estudiar problemas respiratorios (asma, EPOC, etc.) y para evaluar posibles alteraciones ocupacionales relacionados con los pulmones.



# Espirometría



**VEMS:** Volume Expiratoire Maximum Seconde (*Volumen Espiratorio Máximo en un Segundo*)  
**FEV<sub>1</sub>:** Forced Expiratory Volume in the first Second (*Volumen Espiratorio Forzado durante un Segundo*).

# ¿ Que es el Espirómetro ?

El **espirómetro** es un instrumento de medida usado en [medicina](#) para determinar los volúmenes y capacidades del [pulmón](#).

# El espirómetro

La evolución y desarrollo técnico en los últimos años ha permitido la aparición constante y espectacular de nuevos modelos de espirómetros con especial énfasis en el apartado del tipo electrónico.

Se pueden distinguir tres tipos de espirómetros:

- Espirómetros de campana (húmedos).
- Espirómetros secos (fuelle, pistón, cuña, etc.).
- Espirómetros electrónicos (neumotacógrafos, turbina, termistor).

No nos extenderemos en las características particulares de cada uno de ellos. Sólo mencionaremos que los más extendidos en la actualidad son los de tipo electrónico.

# Tipos de espirómetro

## Según sus propiedades

- Agua / Secos
- Cerrados / Abiertos
- Volumétricos / Neumotacómetro

## Según su utilidad

- Laboratorios de la función pulmonar
- Cribado de pacientes

Los más utilizados actualmente son los **Neumotacómetros** (Abiertos)

### Tipos de Neumotacómetro:

- Lilly
- Fleisch
- Turbina
- Ultrasonidos
- Venturi
- Otros : Hilo caliente, Pitot, etc....

### Características (neumotacómetros)

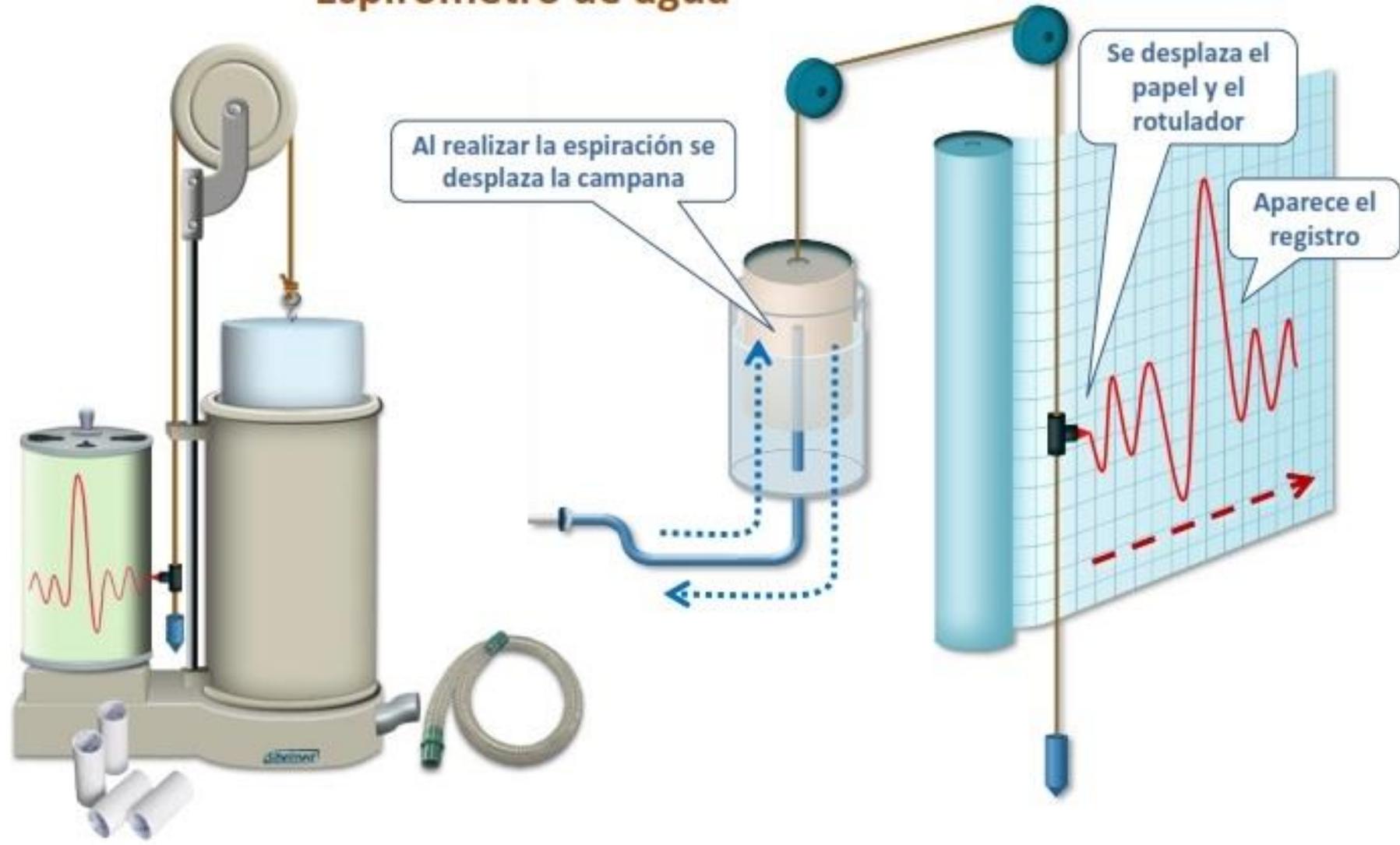
- Son del tipo abierto
- Son sensores del flujo
- Relación del flujo con el tiempo
- Cálculo de volúmenes por microprocesador
- Distintos tipos de curvas:
  - Volumen/Tiempo
  - Flujo /Volumen

**Tacómetro** : Del griego τάχος, *tachos*, 'velocidad' y μέτρον, *metron*, 'medida'

(En algunas bibliografías se denomina al neumotacómetro como neumotacógrafo)

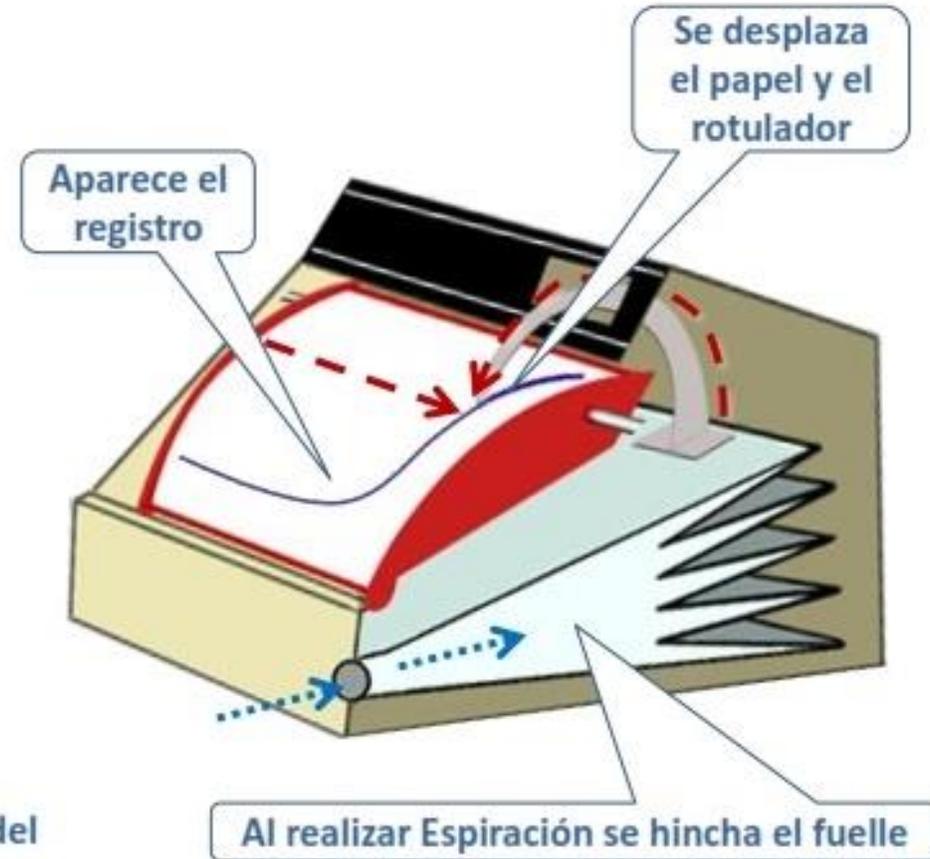
# Espirómetro de campana

## Espirómetro de agua



# Espirómetro de fuelle

De tipo cerrado y seco



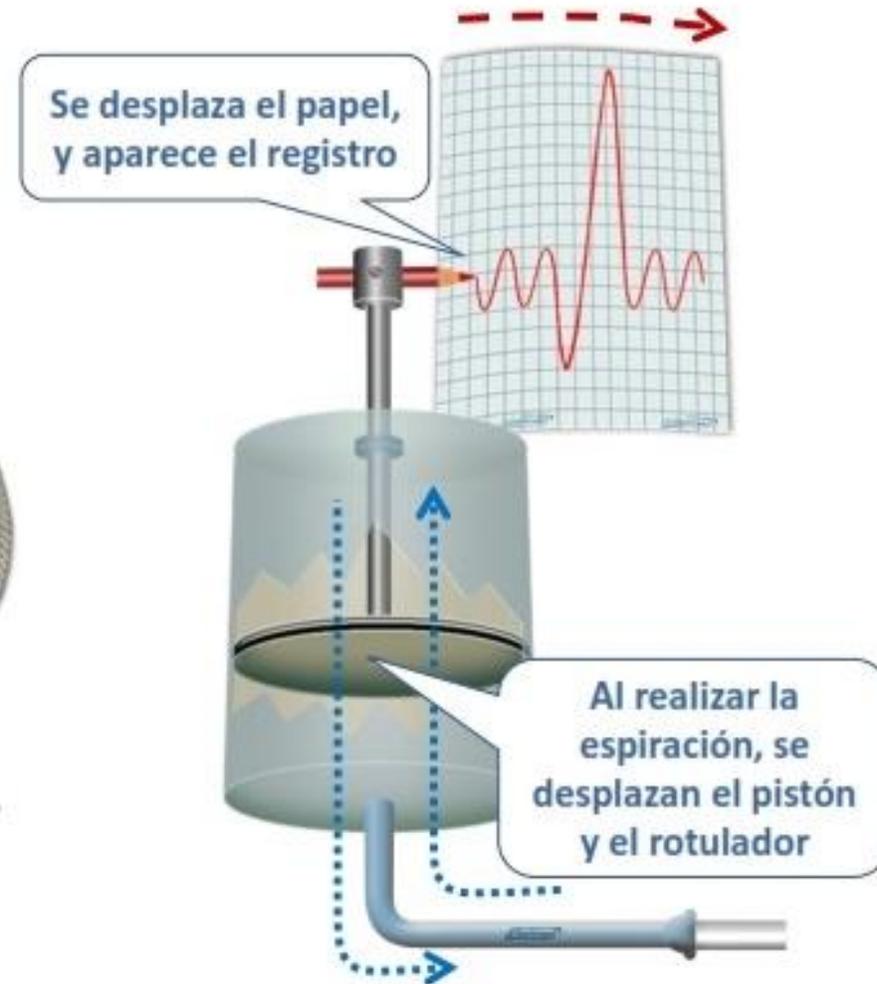
- Registra la espiración forzada.
- Espirómetro más utilizado hasta la aparición del neumotacómetro.

# Espirómetro de pistón

De tipo cerrado y seco

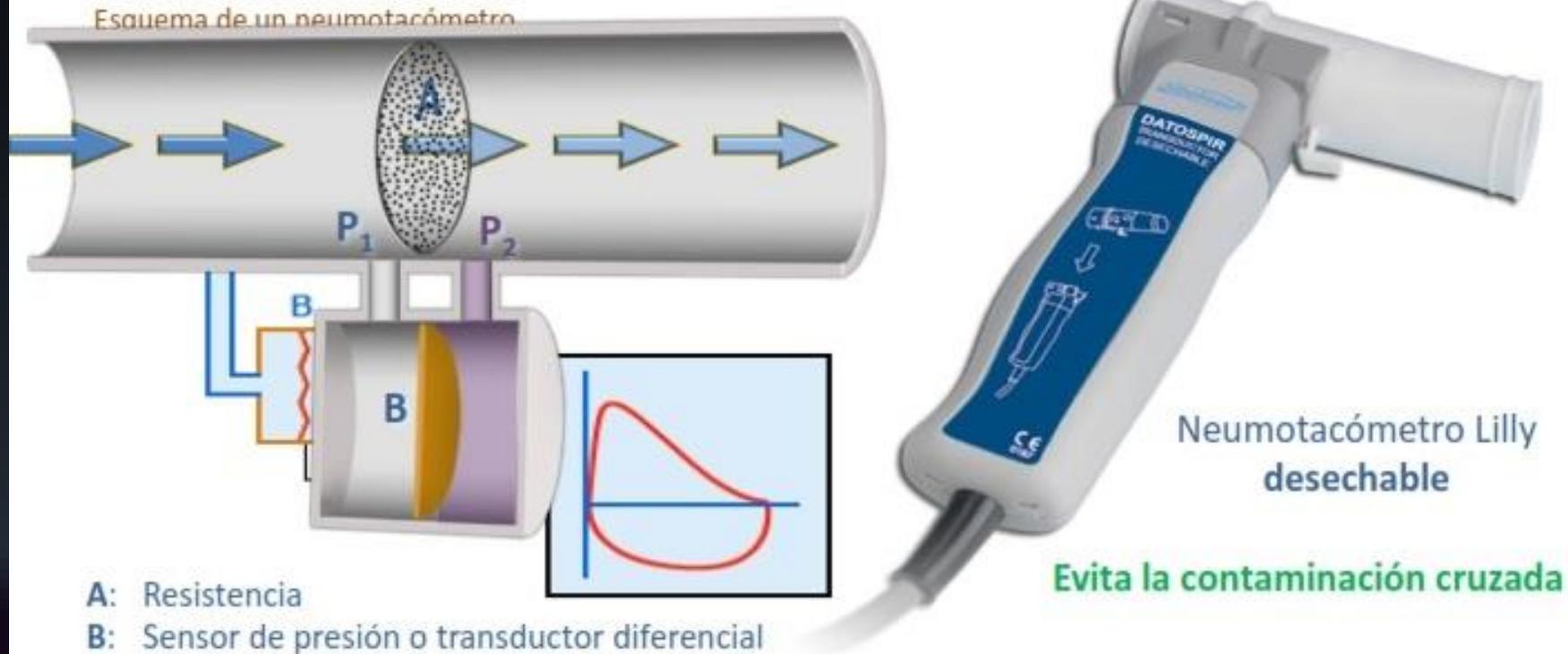


- Cilindro sellado que no deja escapar el aire.



## Neumotacómetro LILLY (principio de funcionamiento)

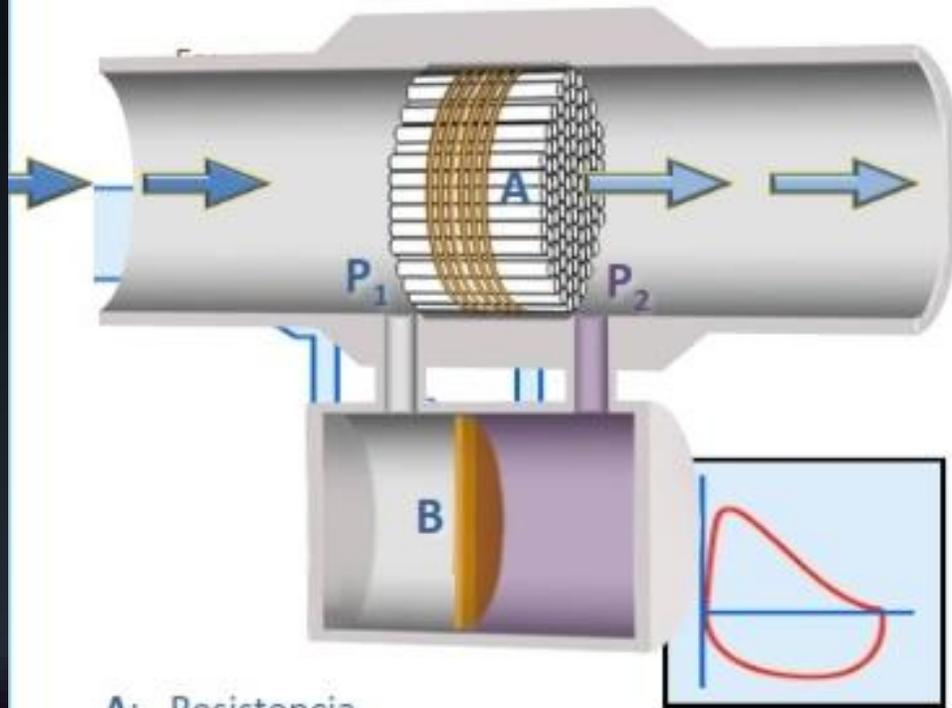
Medición basada en la diferencia de presiones del flujo de aire antes y después de atravesar una **RESISTENCIA** conocida (tamiz (A)), la cual, es directamente proporcional al flujo de aire que pasa a través de un **SENSOR DE PRESIÓN**. Una vez obtenido el flujo, el microprocesador calcula los volúmenes por integración matemática del flujo en función del tiempo.



El transductor diferencial recoge la presión antes de la resistencia ( $P_1$ ) y después de la resistencia ( $P_2$ ) para calcular el flujo; por integración de este último se obtiene el volumen.

## Neumotacómetro FLEISCH (principio de funcionamiento)

Medición basada en la diferencia de presiones del flujo de aire antes y después de atravesar una **RESISTENCIA** conocida (capilares paralelos(**A**)), la cual, es directamente proporcional al flujo de aire que pasa a través de un **SENSOR DE PRESIÓN**. Una vez obtenido el flujo, el microprocesador calcula los volúmenes por integración matemática del flujo en función del tiempo.



A: Resistencia

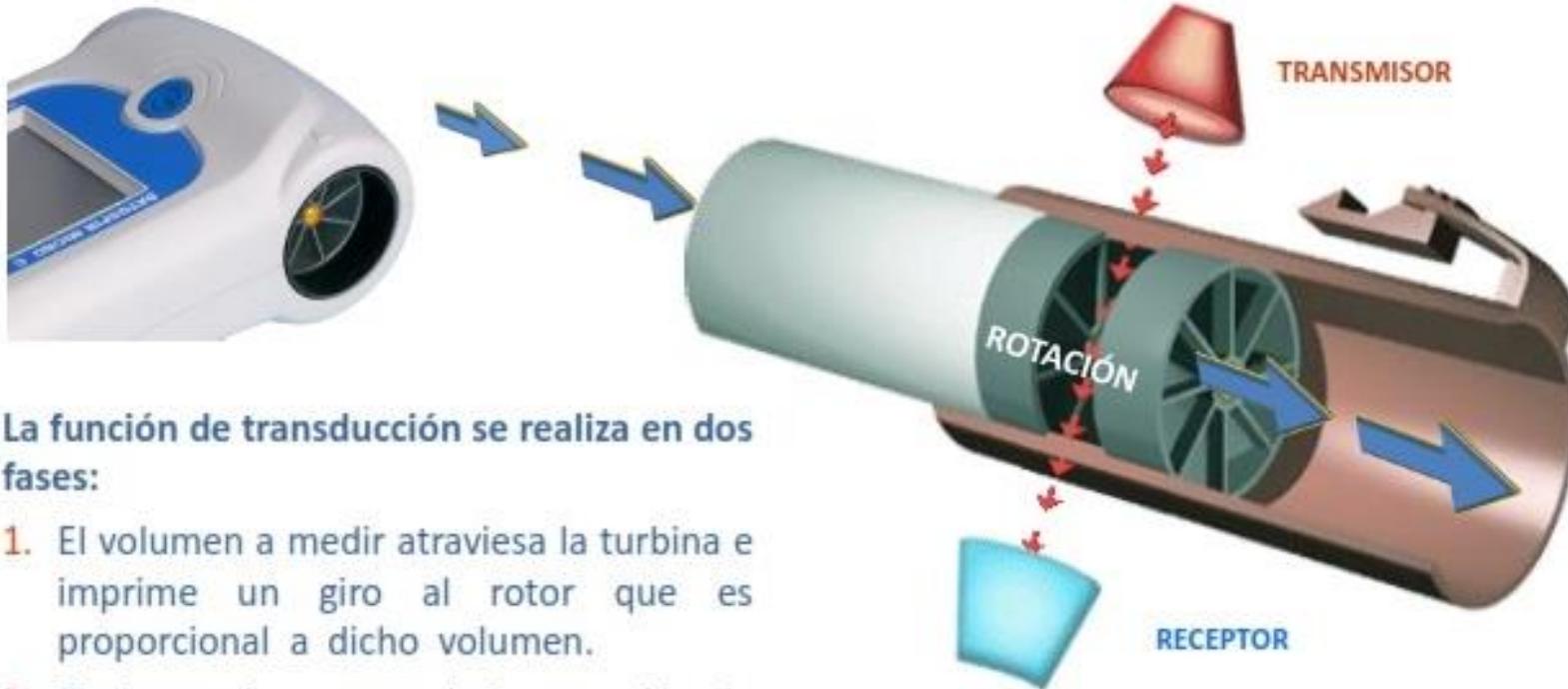
B: Sensor de presión o transductor diferencial



El transductor diferencial recoge la presión antes de la resistencia ( $P_1$ ) y después de la resistencia ( $P_2$ ) para calcular el flujo; por integración de este último se obtiene el volumen.

# TURBINA (principio de funcionamiento)

El espirómetro **DE TURBINA** es un equipo de adquisición de señales físicas y procesador de la información que proporciona la señal relacionada con la función pulmonar. Durante el proceso se realiza un cambio de la magnitud física a la eléctrica. Las unidades que se encargan de realizar dicho cambio se denominan transductores.

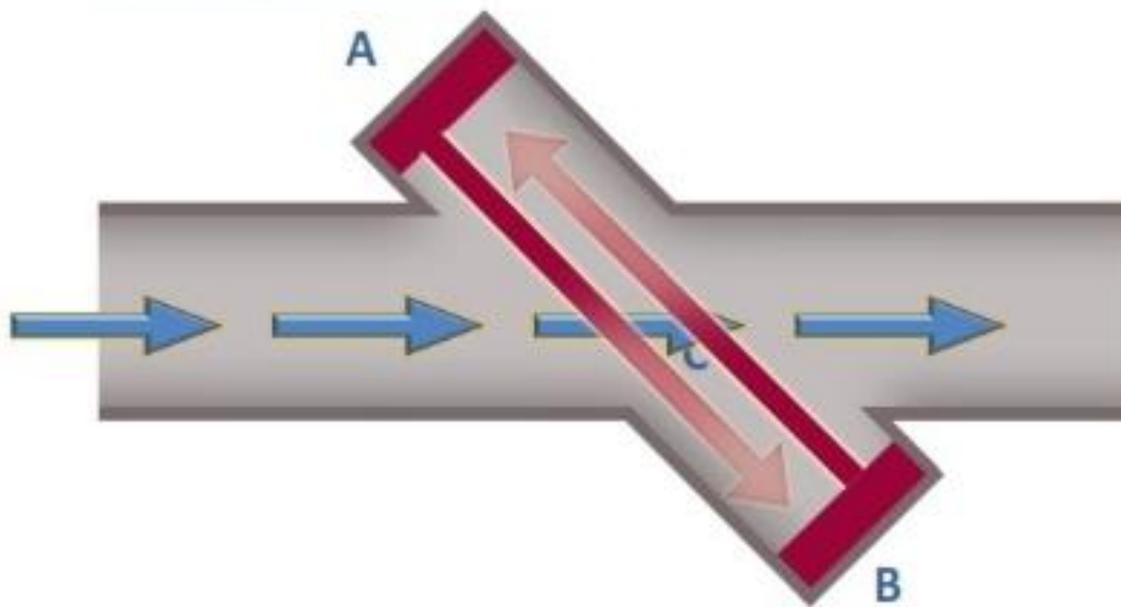


La función de transducción se realiza en dos fases:

1. El volumen a medir atraviesa la turbina e imprime un giro al rotor que es proporcional a dicho volumen.
2. El giro se detecta por la interrupción de un haz de luz infrarrojo cuyo sensor convierte la luz recibida en señal eléctrica de tipo digital.

# Ultrasonidos (principios de funcionamiento)

Para calcular el flujo, estos transductores se basan en la propiedad de los ultrasonidos de que, cuando forman un determinado ángulo respecto a la dirección del flujo, los ultrasonidos que van en el mismo sentido que el flujo tardan menos en llegar al receptor que aquellos que van en sentido contrario.



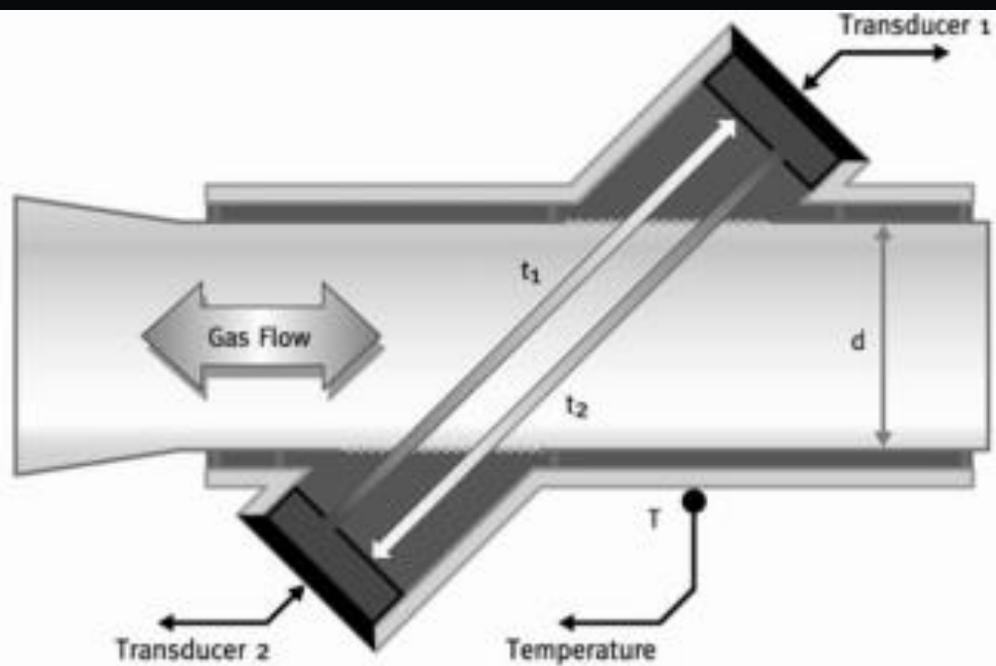


Figure 1: Schematic of EasyOne™ flow sensor





Figure 2: Top view of EasyOne™



Figure 3: Rear view with empty battery compartment



Figure 6: Cradle rear view

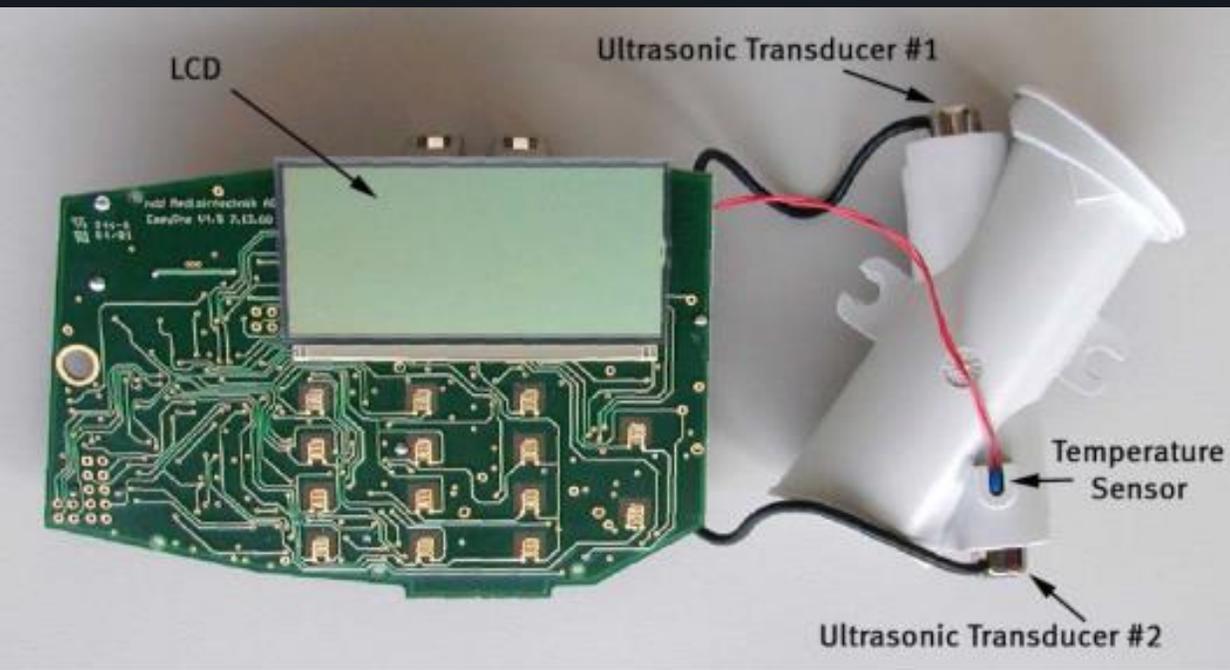


Figure 7: Bottom view of EasyOne™ PCB

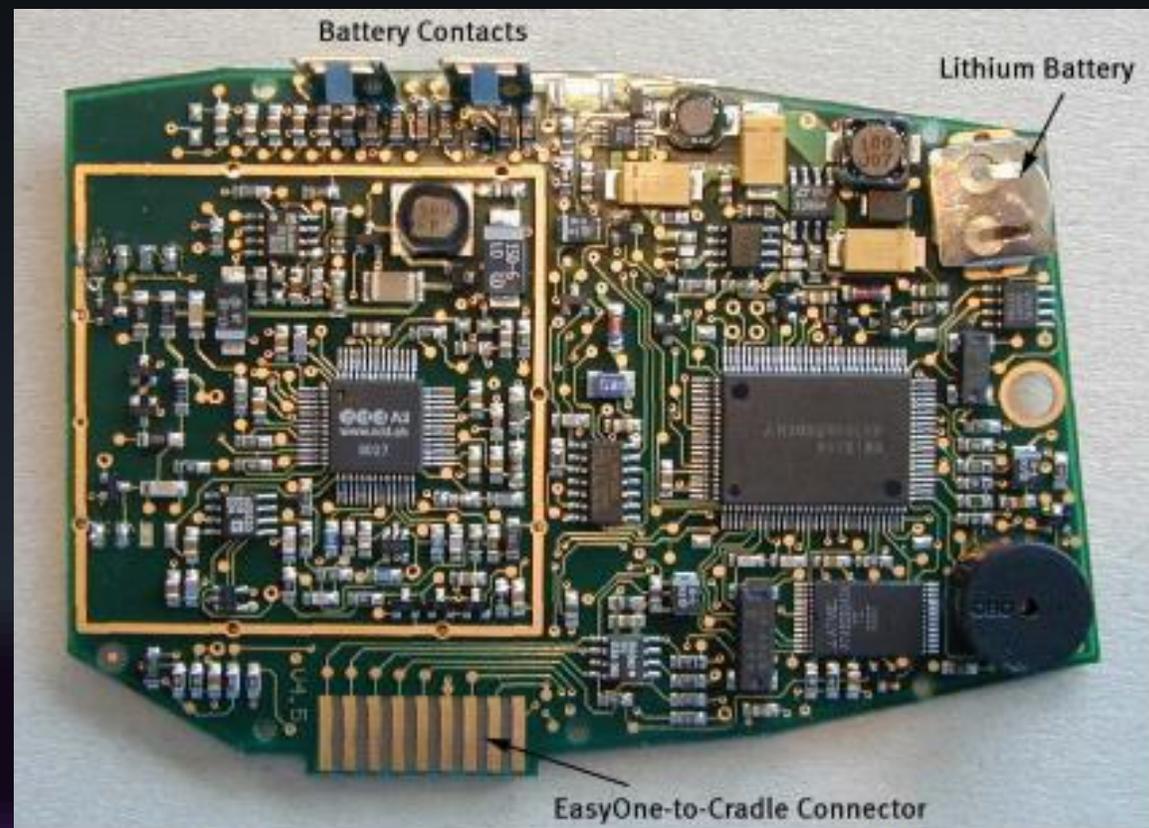


Figure 8: Top view of EasyOne™ PCB (without EMI shielding)

**No requiere filtros**  
**No requiere esterilización**  
**No requiere baterías**  
**No requiere transformador  
de potencia**  
**No requiere molestos  
cambios de sensor**



De forma general, los espirómetros digitales están formados por un neumotacógrafo, encargado de convertir la señal física del flujo volumétrico ventilatorio en una señal eléctrica proporcional, un circuito de acondicionamiento analógico y una tarjeta de adquisición de datos, un programa de procesamiento de la información, una interfaz de usuario de la prueba espirométrica y una base de datos para la administración de la información.

# Características exigibles a los espirómetros

- Medir un volumen mínimo de 8 litros y un flujo de 0 a 14 l/s
- Medir un volumen con una exactitud mínima de  $\pm 3\%$  ó  $\pm 50\text{ml}$  (*el mejor*)
- Acumular señal durante 30"
- Resistencia al flujo de 14 l/s inferior a 1,5 cmH<sub>2</sub>O
- Determinación del inicio de la maniobra por extrapolación retrograda
- Registro gráfico simultaneo

	FVC	FEV1	$\Delta$  FEV1/FVC  > 10%
Device	LoA (L)	LoA (L)	(%)
SpiroPro, Jaeger, GE	-0.222 - +0.350	-0.267 - +0.205	5
Spirobank, MIR, IT	-0.349 - +0.654	-0.258 - +0.288	5
Blue Spiro, Medisoft, BE	-0.044 - +0.764	-0.328 - +0.214	33
One Flow, Clement Clarke, UK	-0.500 - +0.913	-0.315 - +0.152	13
Spiro2000, Medikro OY, FI	-0.421 - +0.336	-0.366 - +0.238	0
Pocket-Spiro USB100, MEC, BE	-0.418 - +0.224	-0.423 - +0.076	9
PC-Spiro, MCT Ganseman, BE	-1.087 - +0.321	-0.671 - +0.234	26
SDS 104, Schiller, SZ	-0.556 - +0.374	-0.477 - +0.166	0
SpiroCard, QRS Diagnostics, USA	-0.394 - +0.251	-0.282 - +0.116	0
EasyOne, NDD, SZ	-0.532 - +0.404	-0.347 - +0.173	4
Spiro USB, Micromedical, UK	-0.389 - +0.413	-0.342 - +0.193	10
SpiroPerfect™, Welch Allyn, USA	-0.494 - +0.362	-0.304 - +0.174	0
Spirostik, Geratherm, GE	-0.420 - +0.407	-0.323 - +0.182	0

LoA: Limits of Agreement

# Validación de un espirómetro

Validar un espirómetro significa conocer el grado de fiabilidad de los resultados que con él obtenemos en lo que se refiere a repetibilidad, exactitud y precisión.

Es imprescindible el validar un espirómetro antes de empezar a trabajar con él, ya que los datos obtenidos van a ser comparados con otros datos sucesivas veces en el tiempo (estudios epidemiológicos, evolución clínica de un mismo sujeto, etc.).

- **Exactitud:** Es la correspondencia entre un volumen obtenido con respecto a otro teórico.
- **Precisión:** Es la repetibilidad de un mismo resultado, es decir, qué variabilidad presenta cuando efectuamos repetidas veces un mismo volumen.

# Métodos de calibración:

- **Calibración estática** (volumen).
- **Calibración dinámica** (descompresor explosivo). Calibración de la linealidad (generador de flujos). Calibración de la velocidad de registro.
- Control de ausencia de fugas en el circuito espirométrico.
- Control periódico del perfecto funcionamiento del "software" (cálculos, mediciones, etc.).



# Control de calidad (calibración)

## Método:

- Calibración diaria.
- Flujo alto, medio y bajo \*.

Para verificar el correcto funcionamiento de un espirómetro puede realizarse una única maniobra a flujo medio: de **2 a 5 l/s**.

Pero la verificación/calibración ideal que nos asegura una buena praxis, debe realizarse a flujos altos, medios y bajos.

### \* Nivel de flujo

**Bajo:** de 0,4 a 1,2 l/s

**Medio:** de 2 a 5 l/s

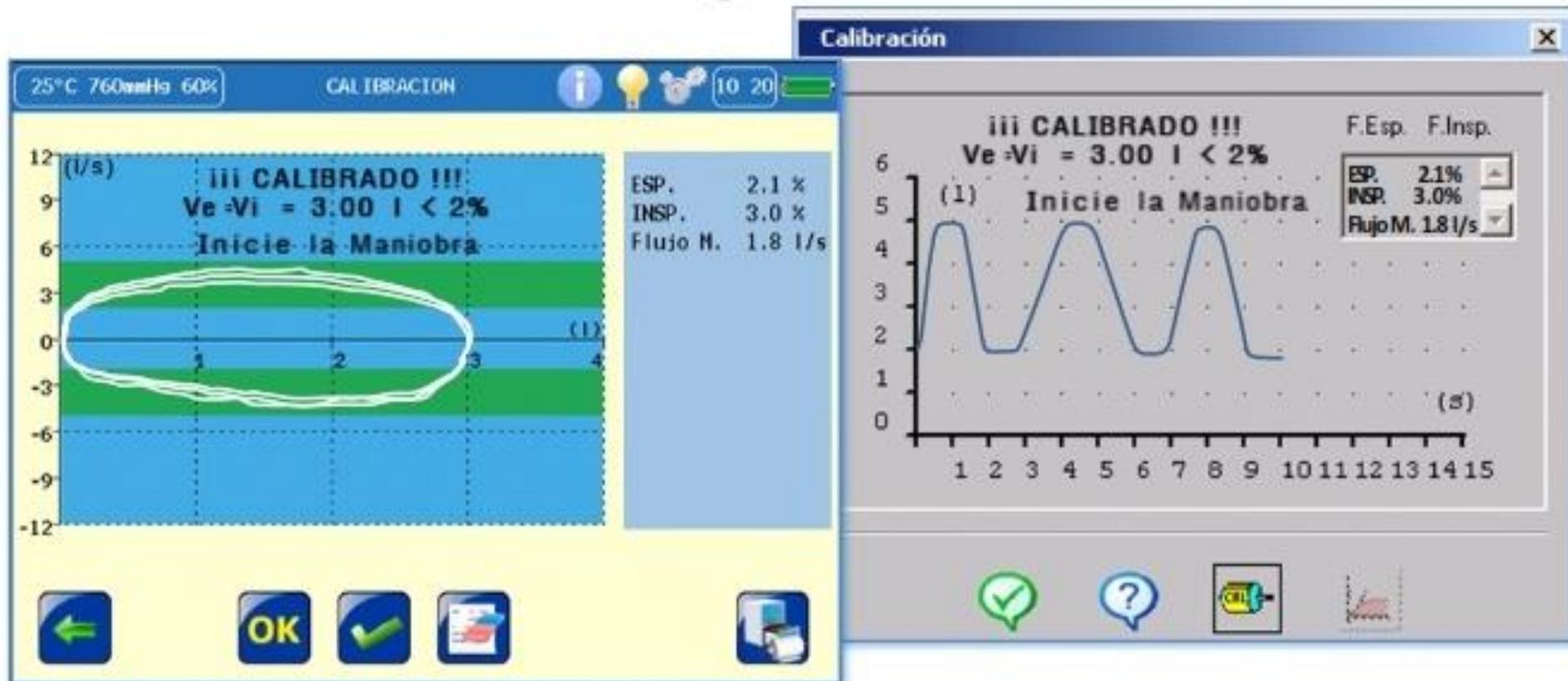
**Alto:** de 6 a 12 l/s

# Control de calidad

## Modo de realizar la Verificación/Calibración



Otro modo de representar la calibración según marca y modelo del equipo.



# Periodicidad de calibración

- Para cualquier tipo de espirómetro:
- **Diaria.**
- Calibración estática (volumen)
- Mediante una jeringa de calibración

