



Hospital de niños  
**SOR MARÍA LUDOVICA**  
La Plata - Buenos Aires - Argentina

**4° Congreso Argentino de Neonatología**  
**Sociedad Argentina de Pediatría**  
**CABA – 22 al 24 de mayo de 2019**



Facultad de Ciencias Médicas  
Universidad Nacional de la Plata

# Ventilación con objetivo de volumen

Norberto E Santos

Jefe Sala 11- Servicio de Neonatología - Hospital de Niños Sor Ma. Ludovica de La Plata

Prof. Adjunto Cátedra B de Pediatría – Facultad de Ciencias Médicas – UNLP

Prof. Adjunto Prácticas Finales Obligatorias – Facultad de Ciencias Médicas – UNLP

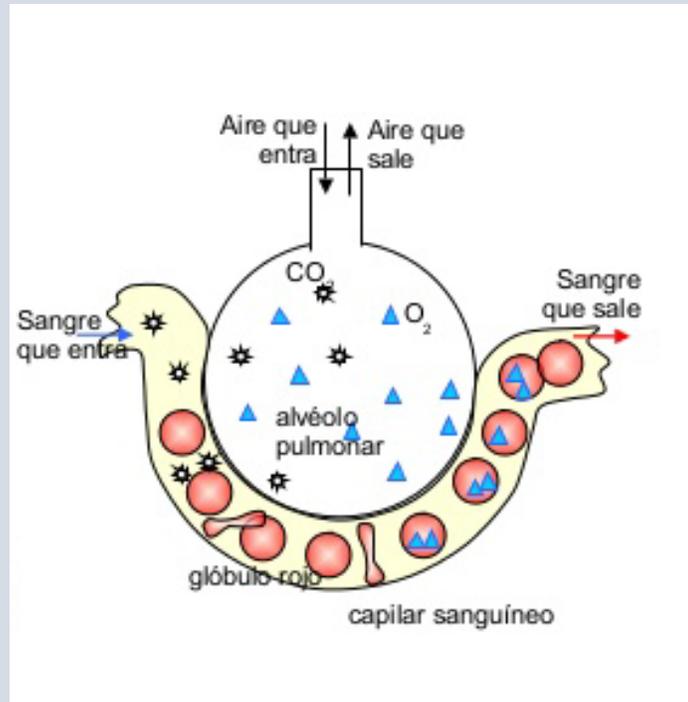
[nsantos@med.unlp.edu.ar](mailto:nsantos@med.unlp.edu.ar)

# Volúmenes ventilatorios

- La respiración es un proceso cíclico de inspiración y espiración.
- El volumen de aire desplazado hacia los pulmones o espirado en cada ciclo respiratorio en ARM se denomina volumen tidal ( $V_T$ )
- El Volumen Minuto Respiratorio (VMR) es el volumen de aire que ingresa en los pulmones en cada minuto.

$$\text{VMR} = (V_T) \times \text{frecuencia respiratoria}$$

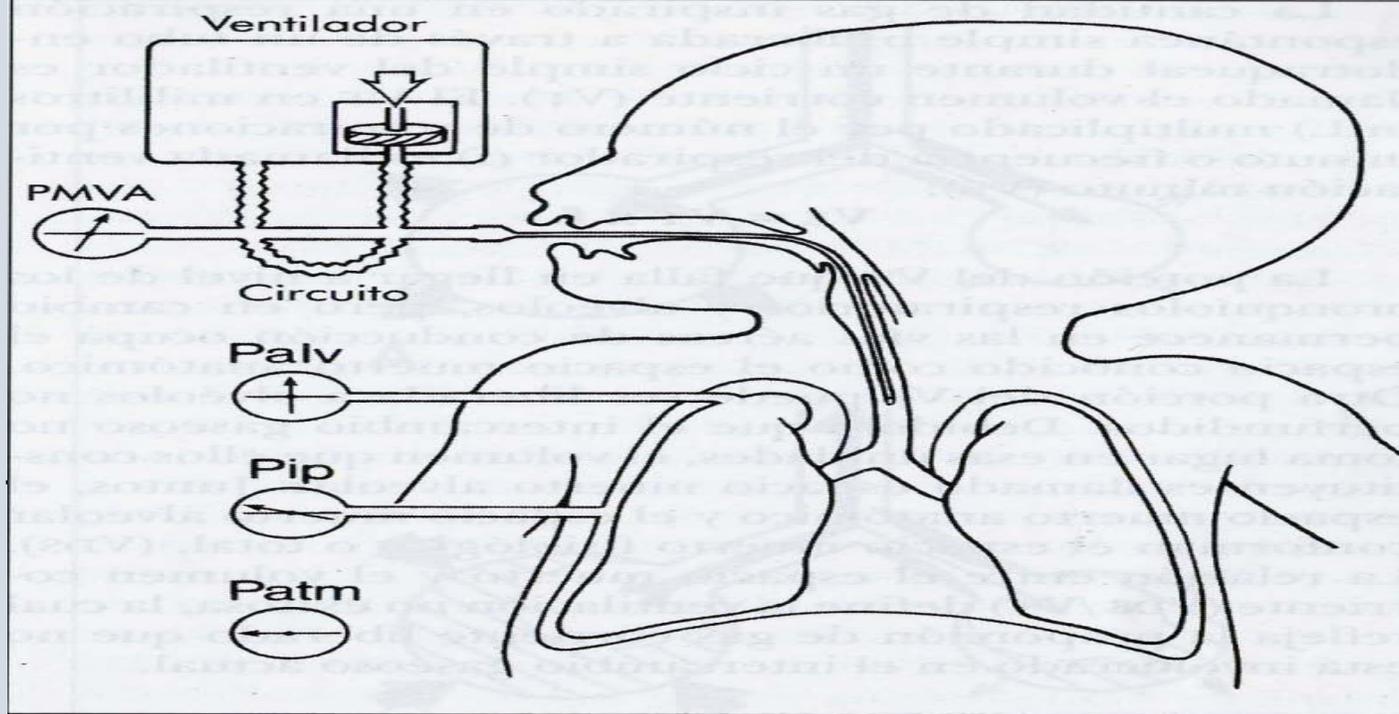
# Volúmenes ventilatorios



- El  $V_A$  es aquel en el cual se produce el intercambio gaseoso:

$$VMR = (V_A + VEM) \times FR$$

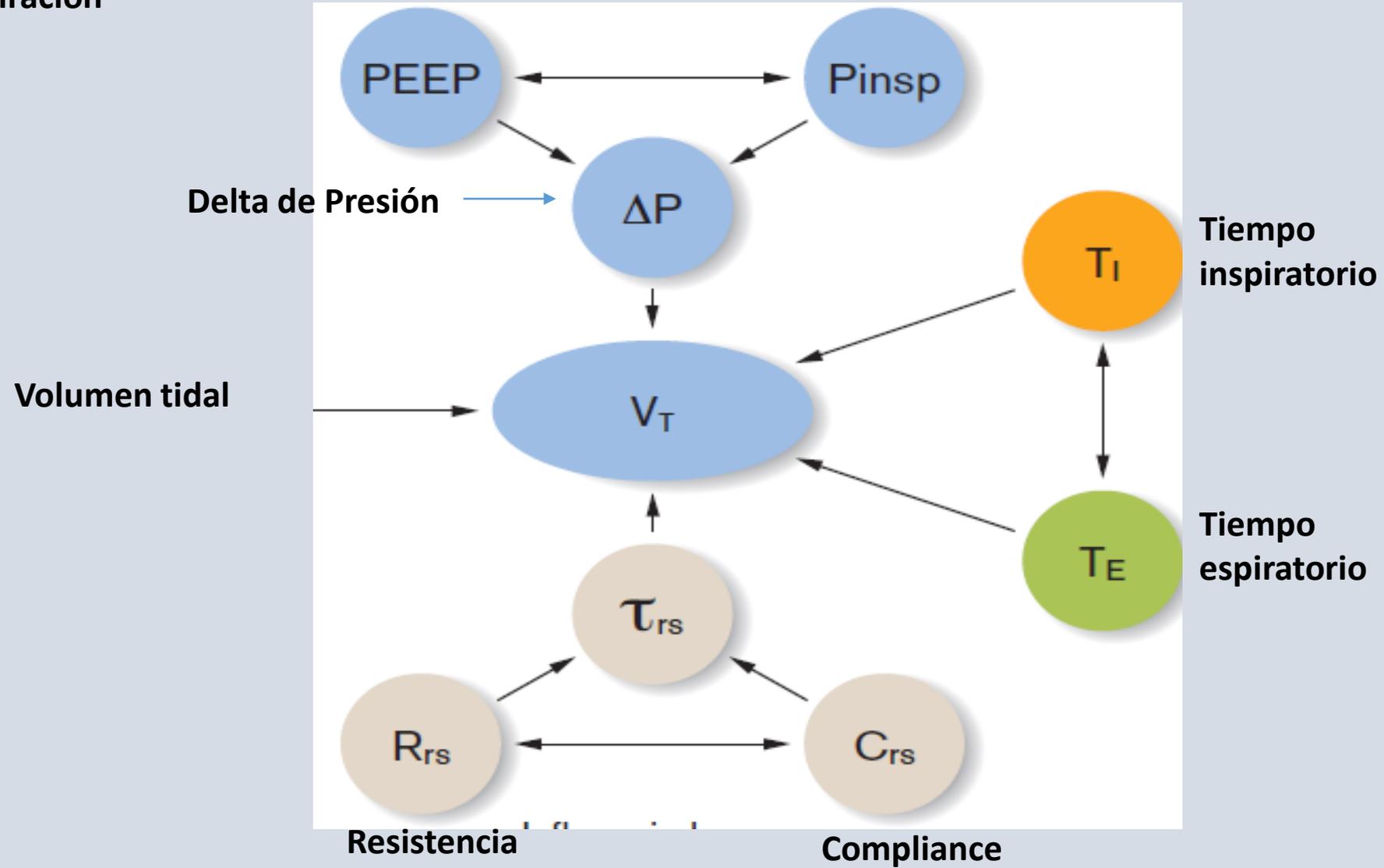
- La ventilación alveolar en un minuto (es producto de la frecuencia respiratoria y el  $V_A$ ).

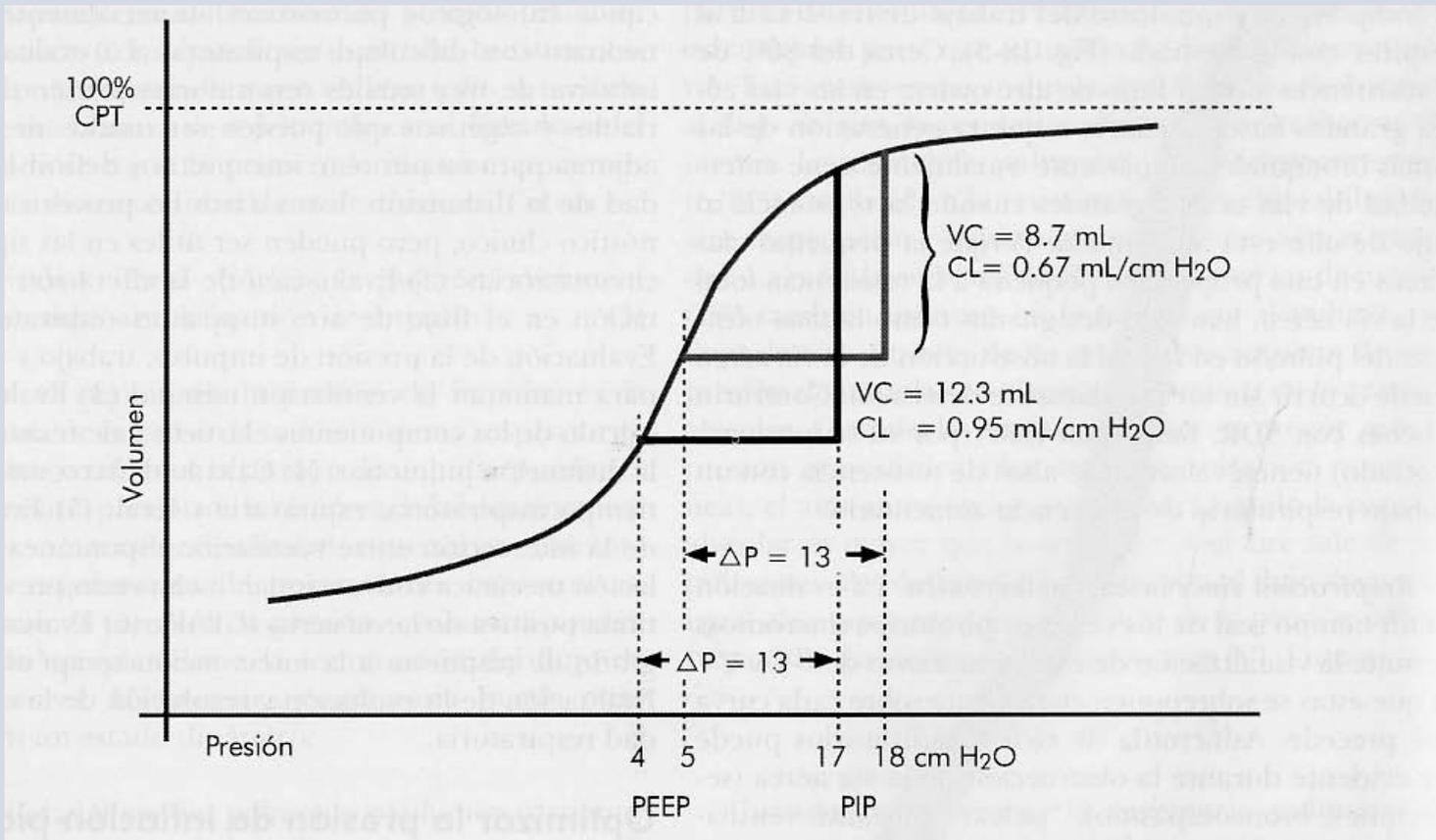


- Las interacciones entre todos los respiradores y los recién nacidos que respiran espontáneamente son complejas.
- Con las modalidades de ventilación desencadenada por el paciente, el volumen tidal que ingresa a los pulmones, es el resultado de la combinación del esfuerzo inspiratorio negativo del niño y la presión positiva generada por el respirador.

Presión Positiva al final de la Espiración

Presión Inspiratoria Máxima





¿POR QUÉ PENSAR EN EL VOLUMEN TIDAL?

- En la ventilación controlada por presión, la ventilación alveolar y por consiguiente la eliminación de CO<sub>2</sub> depende del volumen tidal.

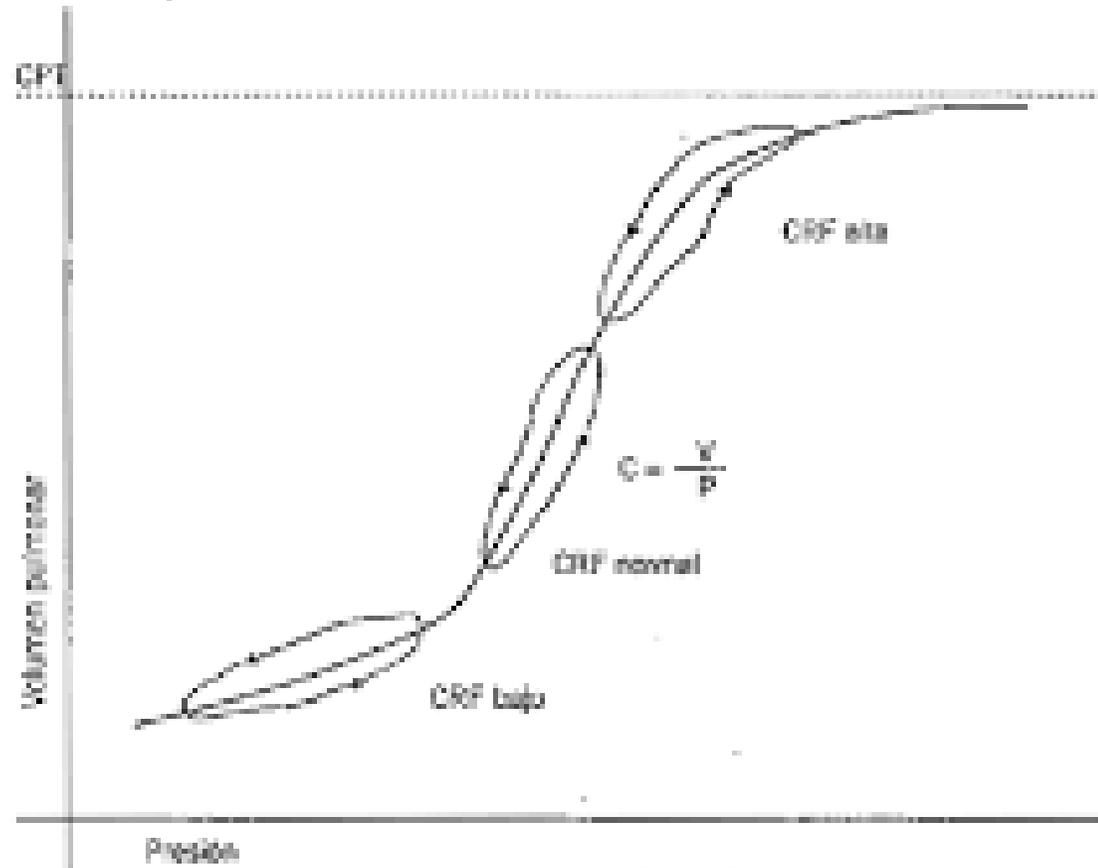
# ¿POR QUÉ PENSAR EN EL VOLUMEN TIDAL?

- Si el volumen tidal resultante es ligeramente mayor que el espacio muerto, el intercambio de gases alveolares no sería suficiente.
- Esta situación podría provocar rápidamente hipercapnia.
- Un volumen tidal insuficiente podría además provocar atelectasia, afectando la relación ventilación-perfusión y con el tiempo, hipoxia.

# ¿POR QUÉ PENSAR EN EL VOLUMEN TIDAL?

- Por otro lado, en la ventilación controlada por presión un volumen tidal exagerado puede producir sobredistensión alveolar y lesión de las vías respiratorias.
- La sobrecarga de volumen y la distensión pulmonar pueden ser el inicio de lesiones pulmonares y no simplemente las presiones altas
- La lesión pulmonar por volumen (volutrauma) es tan importante como la lesión por presión (barotrauma).

Curva P-V desde un estado de mínima inflación e colapso pulmonar a máxima expansión



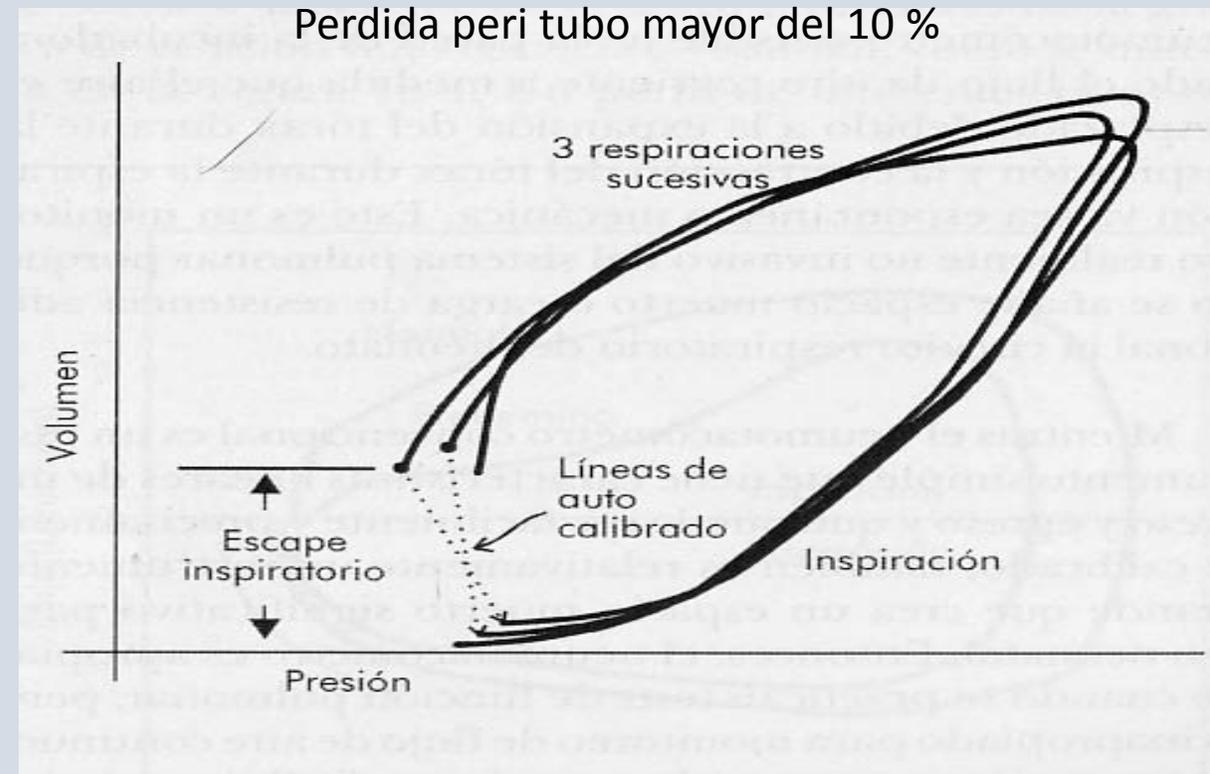
CPT = Capacidad pulmonar total  
CRF = Capacidad residual funcional

# Ventilación con objetivo de volumen (VOV)

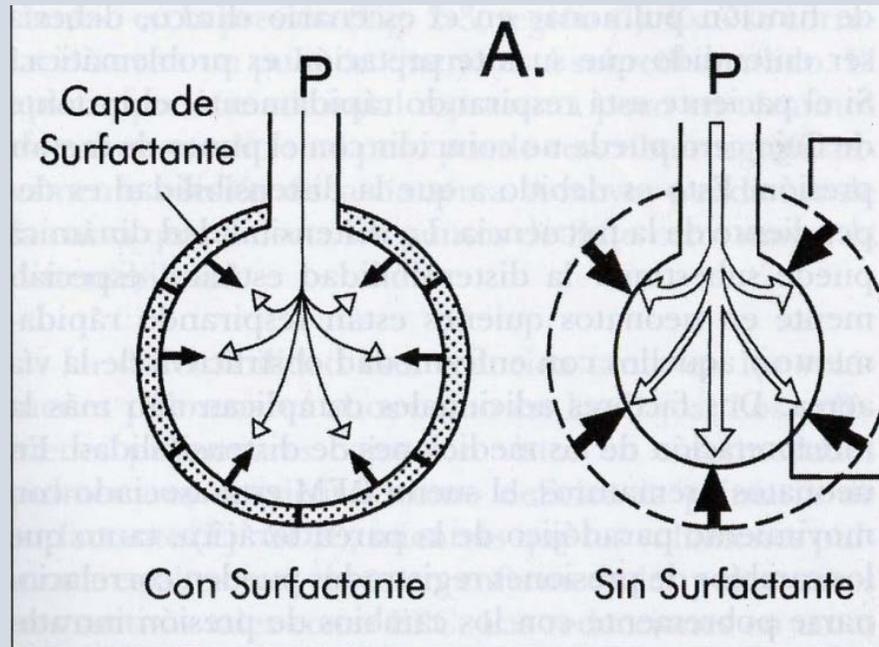
- Es una forma de ventilación mecánica en la cual el operador selecciona el volumen tidal que será aportado.
- El volumen tidal ingresa con una determinada presión dependiente de la compliance y de la resistencia pulmonar.
- Por lo tanto, es más apropiado describir esta forma ventilatoria como con objetivo de volumen en lugar de ventilación ciclada por volumen.

# Ventilación con objetivo de volumen (VOV)

- Debido a que los tubos endotraqueales que se utilizan en los recién nacidos no poseen balón, existe una pérdida variable del volumen de gas entregado.
- Por esta situación, el  $V_t$  inspirado es mayor que el  $V_t$  espirado
- Esta diferencia será mayor cuanto mayor la pérdida peritubo endotraqueal
- Los respiradores miden el  $V_t$  inspirado, el  $V_t$  espirado y el VMR



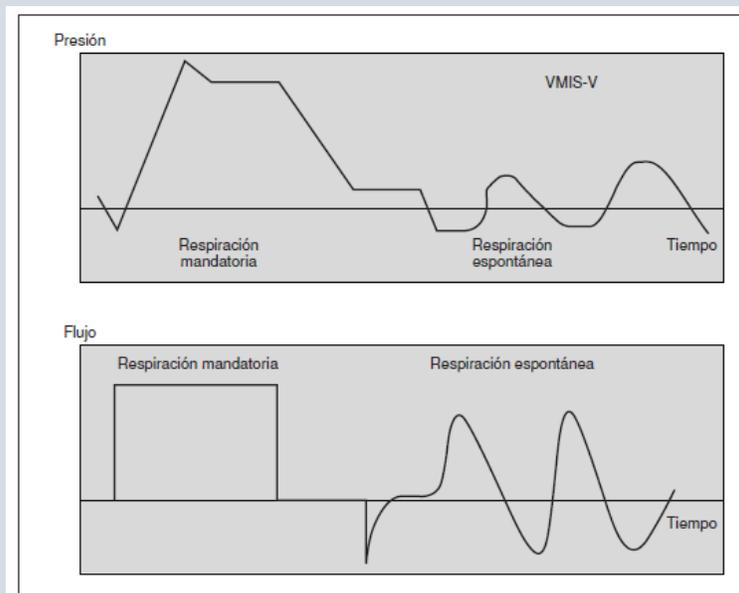
**Por tanto,  
la variable  
dependien  
te es la  
presión.**



- La compliance pulmonar disminuida, motivará que las presiones inspiratorias sean mayores para entregar el  $V_t$  seleccionado.
- A medida que la compliance mejora, que reconocida por el respirador, ajusta la presión inspiratoria, respetando el  $V_t$ .
- El  $V_t$  permanece constante, solo disminuye la presión inspiratoria.



- El ciclo respiratorio, pueden ser desencadenado tanto por el paciente o iniciado por el respirador.
- La sensibilidad de disparo puede ser por cambios de presión o por flujo.
- Limitado por flujo (flujo fijo)
- Con selección de parámetros:
  - $V_t$
  - $T_i$
  - $F_r$  (m)
  - PEEP
  - $F_iO_2$
  - Sensibilidad



**La forma de la curva de flujo es cuadrada.**

# Características de las VOV

- El volumen tidal fijado, no se podrá administrar cuando:
- El Tiempo inspiratorio establecido es menor que el tiempo necesario para insuflar los pulmones
- Observaremos en la curva de flujo que la misma no llega a 0 al final de la inspiración, ante esta situación hay que decidir si la situación actual del paciente permite prolongar el  $T_i$

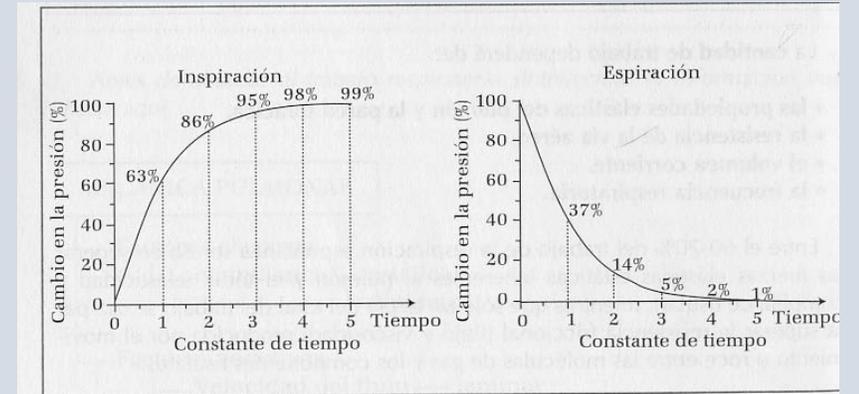
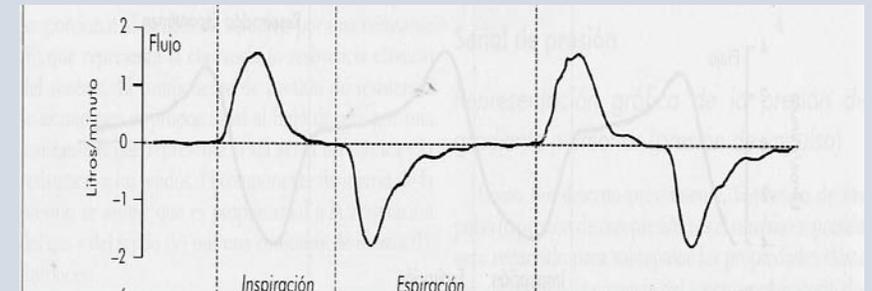


Fig. 10. Porcentaje de cambio en la presión (o porcentaje de equilibrio) con relación al tiempo.



# Selección del $V_t$ en la VOV

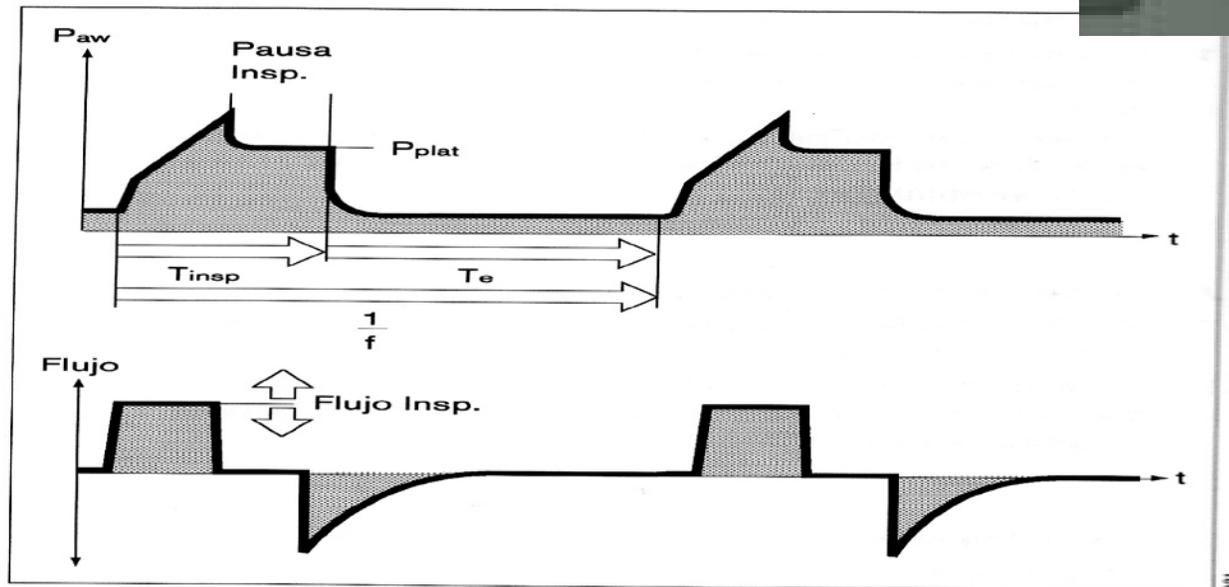
- Es necesario conocer, cual es el menor  $V_t$  que el respirador es capaz de entregar.
- No se debe superar el  $V_t$  deseable para cada paciente.
- Rangos recomendados:
  - $< 1000$  gr: 4 a 7 ml/Kg.
  - $> 1000$  gr: 5 a 8 ml/kg.

# Inicio de la ventilación por volumen

- Selección de modo deseado
- Se recomienda AC para enfermedad aguda
- Se recomienda VMIS con VPS para destete
- Selección del volumen tidal ideal entregado
- Confirmar que el paciente está recibiendo el volumen tidal apropiado a través de la monitorización de los volúmenes.
- Gráficos pulmonares: (1) Curva de volumen tidal; (2) Bucle de presión-volumen

# Ventilación A/C por volumen

- Parámetros a programar:
- Volumen tidal
- PEEP
- FiO<sub>2</sub>
- Tiempo inspiratorio
- Frecuencia mandatoria
- Sensibilidad de disparo



$$\text{VMR} = V_t \times F_r \text{ (mandatoria)}$$
$$\text{VMR} = V_t \times F_r \text{ (espontánea)}$$

# Ejemplo A/C

## Parámetros de la modalidad:

- **Vt: 4 ml/Kg.**
- **PEEP 5 cm de agua**
- **Fr espontánea: 60 ciclos por minuto**
- **FiO2: 0.80**
- **Ti: 0,45 seg.**

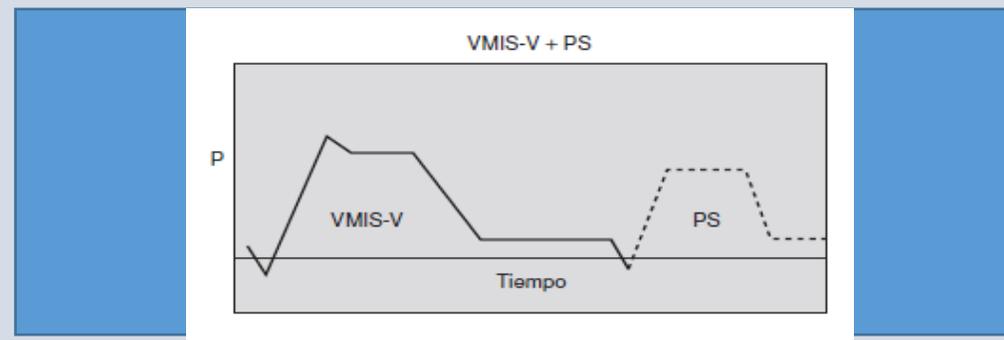
---

**EAB: 7,25/63/60/1/20 Sat. 92%**

**Conducta: ¿?**

# VMIS por volumen + PS

- Combinación de modos que lleva a que el médico deba programar las dos variables independientes en un mismo paciente.
- Unas respiraciones serán controladas por volumen y otras por presión.
- Parámetros a programar:
  - Vt (mandatorio)
  - Fr (mandatoria)
  - Ti (mandatorio)
  - FiO2
  - PS



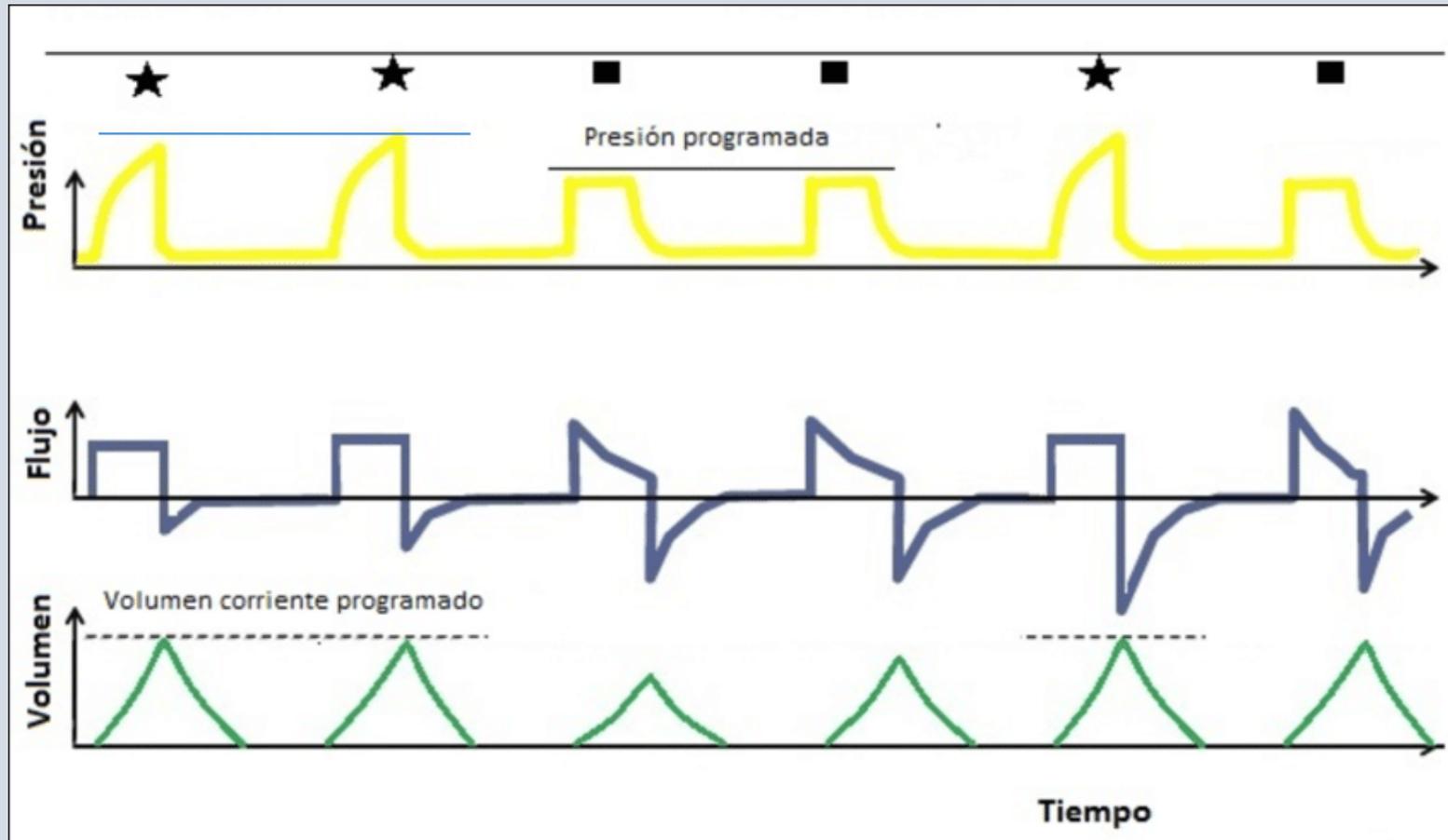
$$\text{VMR} = Vt(m) \times Fr(m) + Vt(s) \times Fr(e)$$

# VMIS por volumen + PS

Presión administrada por el respirador según  $V_t$  programado

Curva de flujo cuadrada en ciclo por volumen

Volumen tidal constantes en ciclos mandatorios



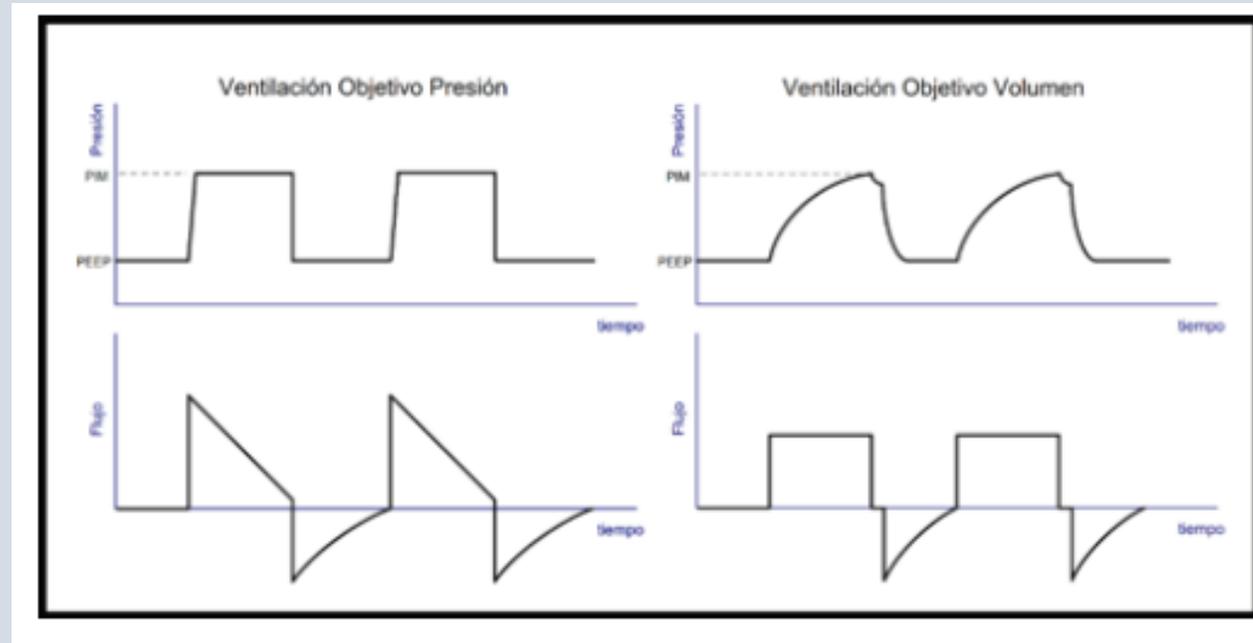
Respiraciones mandatorias y sincronizadas

Ventilación con presión de soporte

# Destete de pacientes desde VOV

- A medida que mejora la distensibilidad pulmonar la presión inspiratoria disminuye automáticamente para mantener la entrega del volumen tidal prefijado.
- Se puede realizar ajustes en el volumen tidal prefijado (dentro de los límites de  $V_t$  deseados para que no sea la modificación de la FR la única variable de ajuste del VMR).

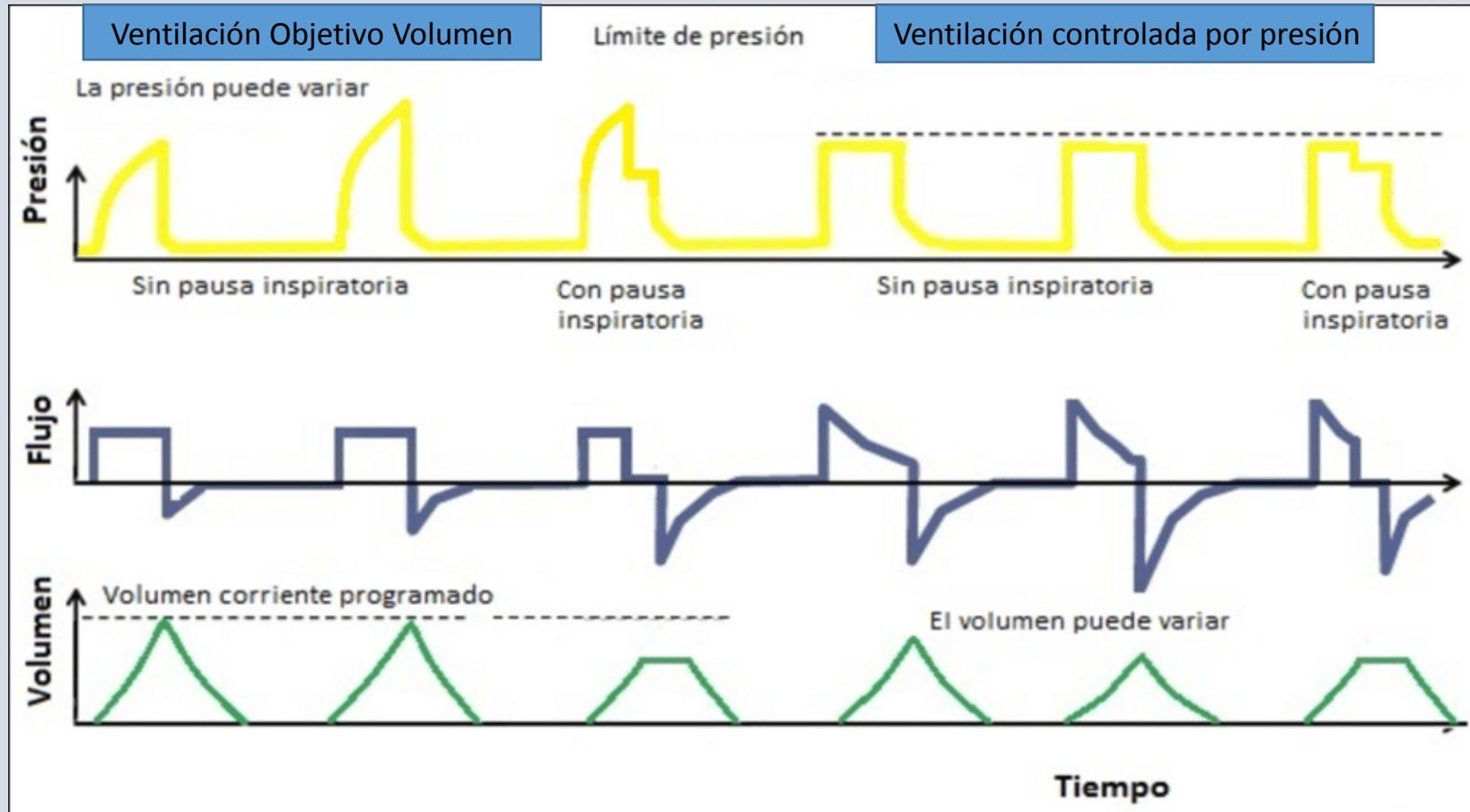
## Ventajas sobre ventilación limitada por presión



- La variabilidad del  $V_t$  resultante de los cambios en la compliance y en la resistencia pulmonar lleva a la utilización de  $V_t$  más altos que los necesarios
- Estos cambios pueden ocurrir muy rápidamente, especialmente en el período postnatal inmediato como resultado de la eliminación del líquido pulmonar, optimización del volumen pulmonar y la administración de surfactante exógeno.
- En la VOV la PIM varía dentro del rango necesario para mantener el  $V_t$  deseado

- Las consecuencias de la rápida mejoría en la compliance con presiones inspiratorias sostenidas produce hiperventilación inadvertida.
- La hipocapnia continúa siendo un problema en las modalidades cicladas por presión a pesar de las crecientes advertencias acerca del riesgo que involucra.
- El exceso de volumen, más que la presión, es el principal determinante de la injuria pulmonar inducida por el respirador
- Al disminuir la PIM de acuerdo al VT se previene la sobredistensión que puede llevar al baro-volutrauma.

# Curvas en VOV y controladas por presión



# Problemas de la VOV

- Saber, saber como hacer, hacer
- El uso de ventilación por volumen es infrecuente pero cada vez más frecuente en Neonatología
- El circuito del respirador debe tener una rigidez razonable (distensibilidad) para no causar una pérdida excesiva de volumen comprensible en el circuito, sí la distensibilidad pulmonar es baja.
- Pérdidas peri TET
- Calibre y longitud del TET: los tubos endotraqueales pequeños (2,5 mm.) pueden tener dificultades para desencadenar un ciclo respiratorio (especialmente si el dispositivo es gatillado por presión).

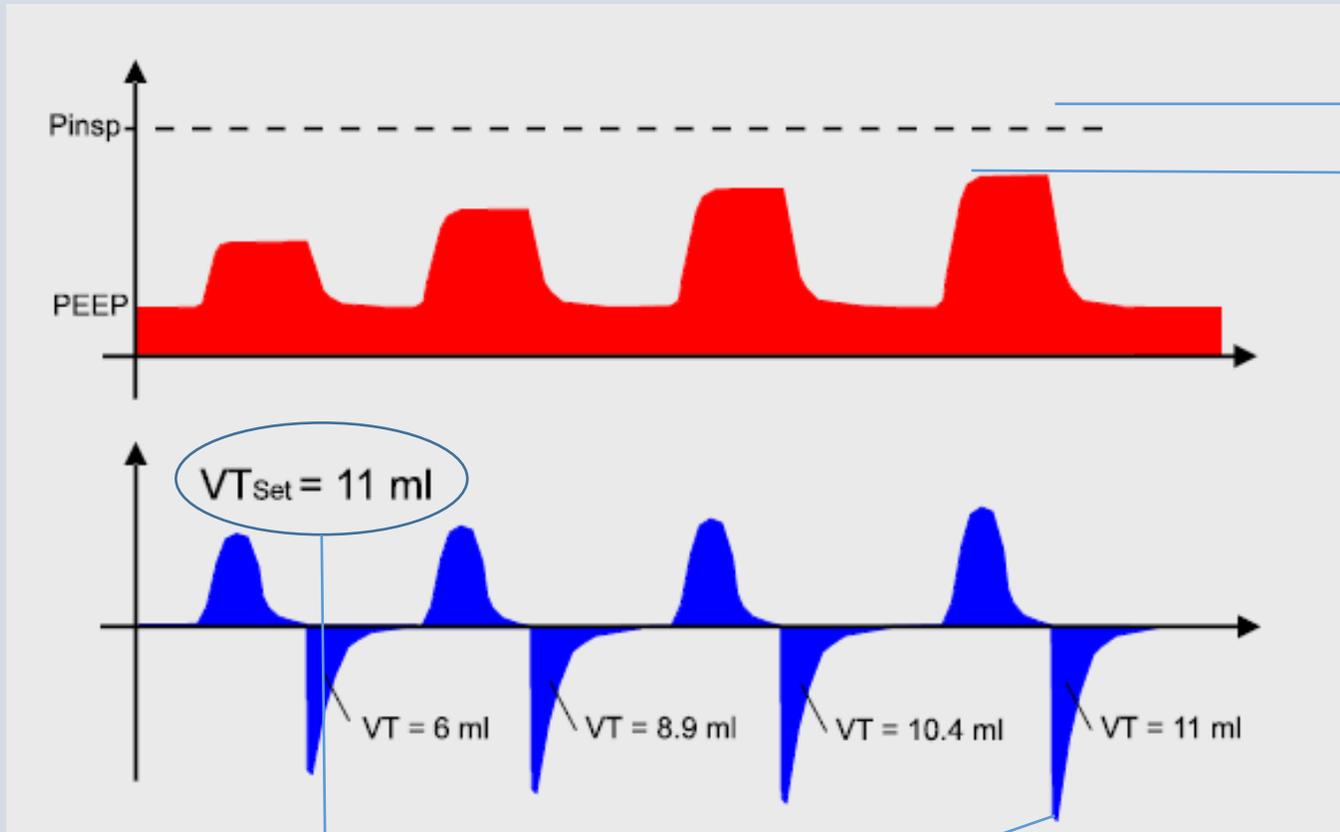
# Ventilación con volumen definido versus ventilación con presión limitada en el neonato.

McCallion N, Davis PG, Morley CJ

- De *La Biblioteca Cochrane Plus*, número 4, 2007. Oxford, Update Software Ltd
- 178 neonatos prematuros. Todos fueron reclutados durante las primeras 72 horas de vida
- **Conclusiones de los revisores:** Aunque las tasas de muerte y de DBP no fueron significativamente diferentes entre las dos estrategias de ventilación, en algunos resultados clínicamente importantes se mostraron efectos estadísticamente significativos a favor de ventilación con objetivo de volumen. Sin embargo, el número de ensayos y de neonatos asignados al azar es pequeño y se requieren estudios adicionales para confirmar la función de la VOV en la asistencia respiratoria neonatal

# VOLUMEN GARANTIZADO (VG)

- El VG es una forma de ventilación limitada por presión, controlada por volumen y ciclada por tiempo o flujo.
- El operador selecciona un volumen tidal y establece una presión límite por sobre la presión inspiratoria
- El respirador controla la presión inspiratoria necesaria.
- Un microprocesador compara el  $V_t$  exhalado en la última espiración con el  $V_t$  seleccionado y ajusta la presión inspiratoria en más o en menos para alcanzar el  $V_t$  seleccionado.



Presión límite

Presión aplicada por el respirador para asegurar el V<sub>t</sub>

- El dispositivo ajusta automáticamente la presión inspiratoria, basado en el volumen tidal exhalado de la respiración previa, para entregar el volumen tidal establecido por el operador
- El V<sub>t</sub> exhalado es usado para la autoregulación de la presión inspiratoria porque se aproxima más al V<sub>t</sub> real.
- El incremento de la presión se limita a un máximo de 3 cm de agua para evitar sobrecorrección

**McCallion N, Davis PG, Morley CJ:** *La Biblioteca Cochrane Plus, número 4, 2007.*  
Oxford, Update Software Ltd

El término “garantizado” es algo engañoso, porque el  $V_t$  fluctúa alrededor del valor preestablecido, en niños con respiración espontánea con un patrón respiratorio variable.

Podría describirse como ventilación de flujo continuo con presión limitada con volumen tidal objetivo.