

# Interpretación Básica de las Curvas de Ventilación Mecánica Presión, Flujo y Volumen Vs. Tiempo.

Dr. Alberto Jarillo Quijada.

Frecuentemente, los pacientes que reciben apoyo mecánico de la ventilación presentan eventos de inestabilidad ventilatoria manifestados como taquipnea, dificultad respiratoria, hipoxemia y/o acidosis respiratoria, lo que resulta paradójico ya que en muchos casos la ventilación mecánica se inició con el fin de corregir estas alteraciones.

El objetivo de esta guía es abordar de manera sistemática al paciente que presenta estas alteraciones, contestando las preguntas obligadas en un paciente bajo ventilación mecánica que presenta inestabilidad respiratoria: ¿la inestabilidad actual se debe a una falla del sistema de ventilación mecánica (ventilador, circuito de ventilación, suministro de gases), ¿la inestabilidad actual se debe a cambios en la evolución de la(s) entidad(es) fisiopatológica(s) del paciente, en donde los parámetros del ventilador ventilatorios programados inicialmente son insuficientes o excesivos bajo la condición actual?, y en este último caso, ¿la inestabilidad actual se debe a un problema restrictivo, a uno obstructivo, o es consecuencia de ambos?

Además de responder estas preguntas mediante un abordaje diagnóstico con el menor riesgo para el paciente, un objetivo adicional de la presente guía es orientar en las modificaciones y el tratamiento más adecuado en el ventilador mecánico y/o en el paciente, nuevamente, con el menor riesgo para este último.

La historia clínica y la exploración física son fundamentales y no deben ser pasadas por alto, la presente guía debe ser considerada como una herramienta complementaria no excluyente de lo anterior.

Durante el abordaje diagnóstico, esta guía clínica utiliza tres herramientas comúnmente integradas en los ventiladores modernos: graficas de presión, flujo y volumen Vs. tiempo, pausa inspiratoria y pausa espiratoria.

Esta guía es útil únicamente en el paciente bajo ventilación mecánica controlada-limitadas por volumen, sin embargo, una vez que se comprenden sus fundamento y realizando las consideraciones pertinentes es posible aplicarlos durante la ventilación controlada-limitada por presión

Se recomienda que durante el desarrollo de esta guía se mantenga al paciente con ventilación en moda asisto/controlada mediante una sedación adecuada y de ser necesario bajo relajación muscular, con el fin de limitar la intervención del paciente durante la determinación de las diferentes variables.

**A.** La nemotecnia DOPE (desplazamiento, obstrucción, neumotórax, Equipo-Esófago), debe ser ejecutada de manera anticipada ya que se centra de manera primaria en la atención del paciente con las alteraciones más frecuentes y potencialmente peligrosas a corto plazo.

**B.** Frecuentemente se realizan modificaciones en varios parámetros del ventilador (Fio<sub>2</sub>, PEEP, V<sub>t</sub>, etc.) que no son comunicados con oportunidad entre el personal y que pueden explicar las alteraciones ventilatorias en el paciente. De consideración especial para la presente guía es la modificación en la velocidad de flujo inspiratorio, que en la ventilación limitada por volumen modifica de manera directa la presión inspiratoria máxima (P<sub>imax</sub>), y que de no tomarse en cuenta puede inducir errores en la interpretación subsecuente de esta guía (ver punto C).

**C.** La Pimax y todos los demás parámetros incluyendo la presión meseta deben ser monitoreados y registrados por lo menos cada hora. Durante la ventilación limitada por volumen, la PiMax es la variable resultante de la resistencia y la elastancia/disensibilidad del sistema respiratorio que incluye tanto al sistema de ventilación y al paciente. Asegúrese que modificaciones previas en otros parámetros del ventilador no son la causa de la modificación en la Pimax.

**D.** La fuga de volumen corriente ( $V_t$ ) en la ventilación limitada por volumen provoca una disminución del la PiMax (puntos A a B en Figura 1). Adicionalmente, la fuga también puede identificarse rápidamente en la curva de volumen-tiempo, en la que la rama espiratoria del  $V_t$  no alcanza la línea base cero, (punto C en figura 1, Puntos A y B en figura 2 que muestran una fuga del 25% y 80% del  $V_t$  respectivamente y punto A en figura 3.) Los sitios en donde se presentan fugas incluyen al circuito de ventilación mecánica (rupturas, puertos de sensor de temperatura o censor de flujo, conexiones, trampas de agua, etc.), y frecuentemente en la interfase paciente (glotis)-cánula endotraqueal o traqueostomía, ya sea por la selección de una cánula endotraqueal pequeña, por desinflar el globo de la cánula endotraqueal, por su desplazamiento o extubación.

Figura 1.

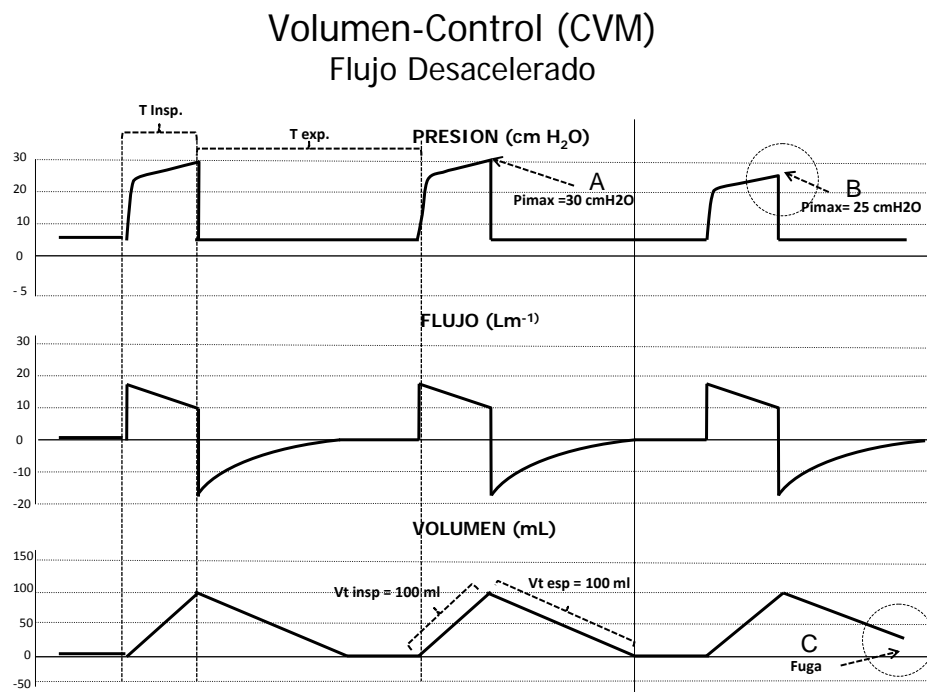


Figura 2.

### Volumen-Control (CVM) Flujo Desacelerado

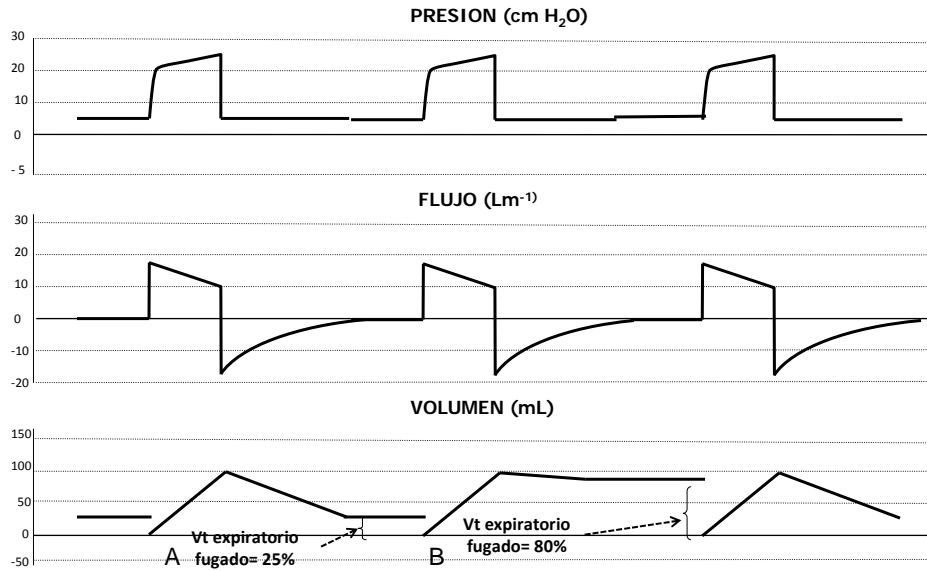
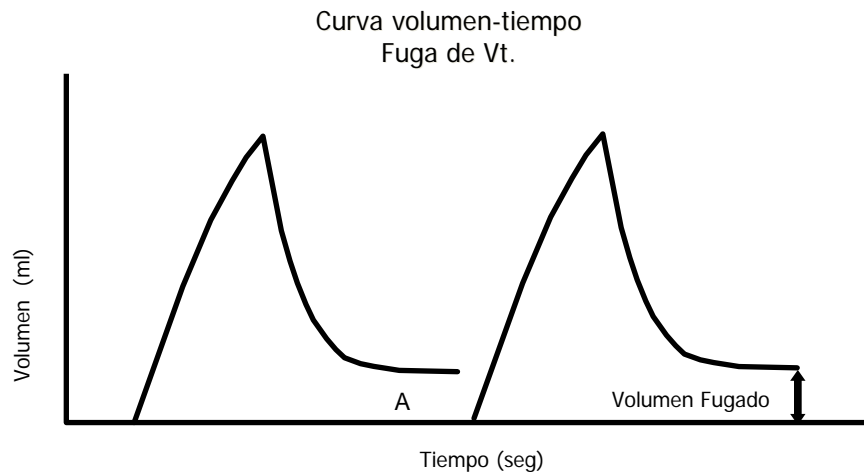


Figura 3.



**E.** Eventos de hipoxemia y acidosis respiratoria, pueden tener como etiología disminución en la perfusión pulmonar (relación  $V/Q > 1$ ) provocando aumentando el espacio muerto pulmonar fisiológico. Una de las claves de lo anterior durante la ventilación controlada por volumen es que ni la Pimax ni el Vt se modifican en sus valores durante el evento de inestabilidad en comparación con los valores previos a esta. No excluya alteraciones hemodinámicas (choque de cualquier etiología, trombo embolia pulmonar, etc.) como causa de inestabilidad ventilatoria

**F.** Durante la ventilación mecánica limitada por volumen, la Pimax es la variable resultante de la distensibilidad y resistencia del sistema respiratorio, En otras palabras, la fuerza necesaria (Pimax) para generar movimiento (flujo) en el sistema respiratorio requiere vencer dos fuerzas, resistencia y elastancia. La Pimax se modifica de manera directa con los cambios en la resistencia y elastancia del sistema respiratorio y de manera inversa con los cambios en la distensibilidad del sistema respiratorio.

**G.** La presión meseta es una determinación útil para determinar si el incremento en la Pimax es consecuencia del incremento de elastancia/disminución de distensibilidad o por incremento en la resistencia. La presión meseta se determina ejecutando una pausa inspiratoria de aproximadamente 5 segundos, de ser posible sedando y con relajación muscular transitoria del paciente. La mayoría de los ventiladores modernos integran la función de pausa inspiratoria en un comando independiente. La clave durante la determinación de la presión meseta, es que durante la pausa inspiratoria el ventilador no genera flujo (punto A de figura 4), por lo tanto, la resistencia del sistema respiratorio y la fuerza necesaria para vencerla son de cero, observando una caída en el registro de la PiMax que representa la presión meseta (Punto B a punto C de figura 4). En otras palabras, la diferencia entre la presión meseta registrada durante un pausa inspiratoria y la presión positiva al final de la espiración (PEEP), (P meseta – Peep) representa la fuerza necesaria para la vencer la elastancia y generar insuflación del sistema respiratorio. La diferencia entre la PiMax y la Presión meseta (Pimax-P. meseta) representa la fuerza (presión) necesaria para vencer la resistencia de la vía aérea. No existe un valor estándar de presión meseta, pero se acepta que sea de 1 a 5 cmH<sub>2</sub>O menor a la Pimax., que corresponde a la presión necesario para vencer la resistencia de la vía aérea. La figura 5 muestra también los componentes observados en la curva de presión- tiempo durante la pausa inspiratoria.

Figura 4.

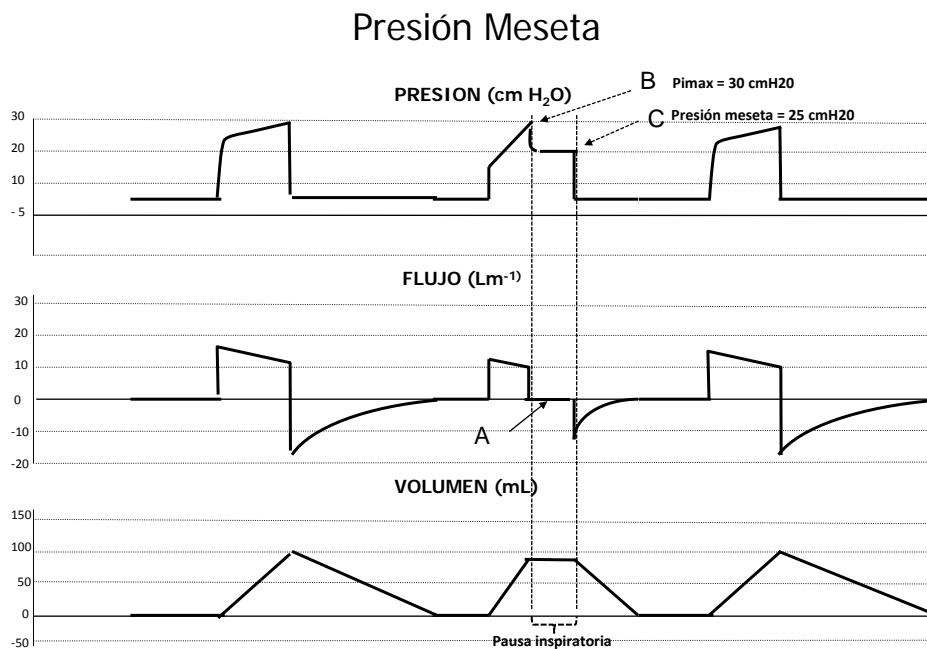
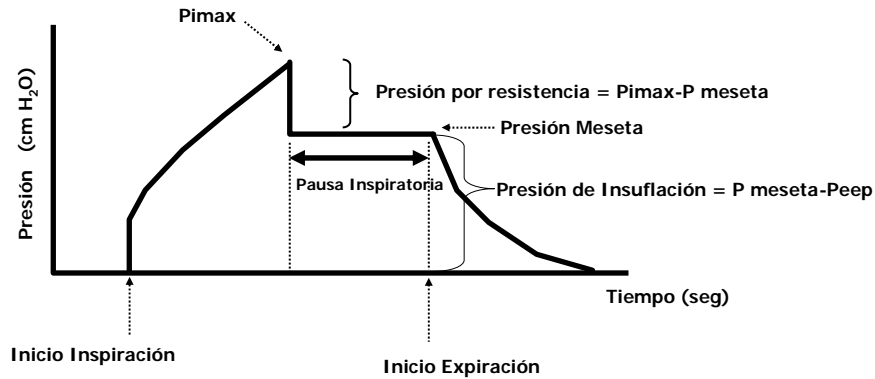


Figura 5.

### Componentes de Presión Inspiratoria durante Pausa Inspiratoria

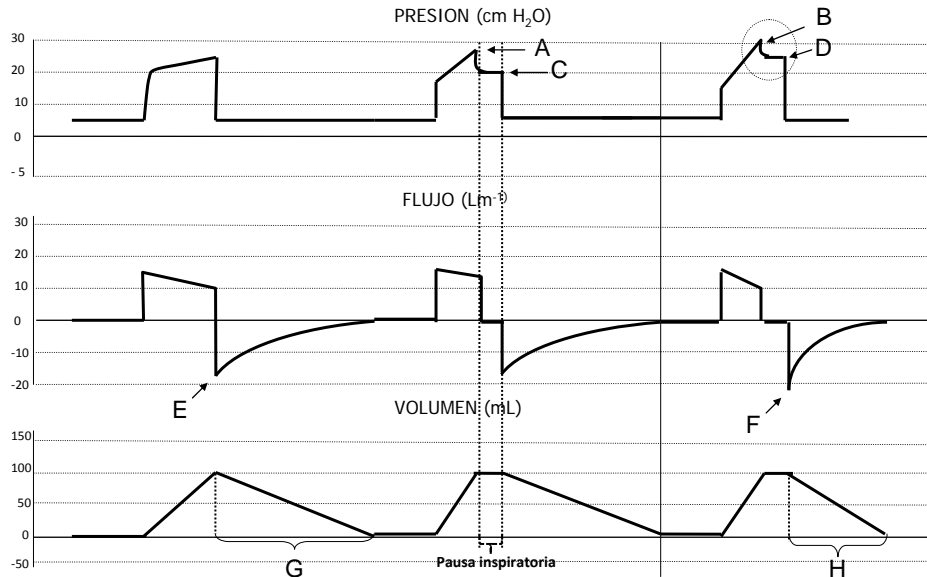


**H.** El incremento de elastancia/disminución de distensibilidad sin incremento en la resistencia provoca incremento en la Pimax con incremento en la presión meseta. En otras palabras, si la Pimax se incrementa (Del punto A al punto B en figura 6) y la diferencia entre Pimax-Presión se conserva entre 1 y 5 cm de agua (Del punto C al punto D en figura 6), el problema es un incremento en la elastancia/disminución de la distensibilidad del sistema respiratorio. El incremento en la elastancia/disminución de la distensibilidad puede tener origen en uno o ambos componentes del sistema respiratorio: pulmones o tórax. La Pimax y la presión meseta cambian por modificación en la distensibilidad/elastancia de cualquiera de estos componentes del sistema respiratorio. La determinación de la Presión meseta no hace posible diferenciar que componente se ha visto alterado, sin embargo, el incremento de la elastancia/disminución de distensibilidad del componente pulmonar genera cortos circuitos que explican la mayoría de los eventos de hipoxemia e hipoventilación persistente en un paciente bajo ventilación mecánica. Cambios adicionales explicados por incremento en la elastancia/disminución de la distensibilidad pueden ser observados durante la espiración en las curvas de flujo-tiempo como el incremento en la velocidad de flujo espiratorio (Punto E y punto F en figura 6). En consecuencia, un menor tiempo para la espiración del V<sub>t</sub> puede ser observado tanto en la curva flujo-tiempo y volumen-tiempo (Punto G y punto H en figura 6).

Figura 6.

## Presión Meseta

Aumento elastancia/Disminución distensibilidad



I. El incremento en la resistencia del sistema respiratorio sin incremento de la elastancia/disminución de la distensibilidad, provoca incremento en la P<sub>imax</sub> sin incremento en la Presión meseta. En otras palabras, si la P<sub>imax</sub> se incrementa (Punto A a punto B en figura 7), pero la presión meseta se mantiene en el valor registrado previamente (Punto C a punto D en figura 7) y/o la diferencia entre P<sub>imax</sub>-Presión meseta se incrementa más de 5 cm de agua, el problema es un incremento en la resistencia del sistema respiratorio. Cambios adicionales explicados por incremento en la resistencia de la vía aérea pueden ser observados durante la expiración en las curvas de flujo-tiempo como disminución en la velocidad de flujo espiratorio (Punto E y punto F en figura 7). En consecuencia, un mayor tiempo para la espiración del V<sub>t</sub> puede ser observado en la curva de flujo-tiempo y en la curva de volumen-tiempo; cuando la obstrucción es importante, la prolongación del tiempo espiratorio es tal que puede ser interrumpido por el inicio de la siguiente respiración antes de que la velocidad de flujo sea cero (punto G de la figura 7 y punto A de figura 8), y antes de que el total del V<sub>t</sub> sea espirado (punto H de la figura 7 y punto B de figura 8), dando lugar a secuestro del V<sub>t</sub> en cada ciclo respiratorio (Punto B de figura 8)

Figura 7.

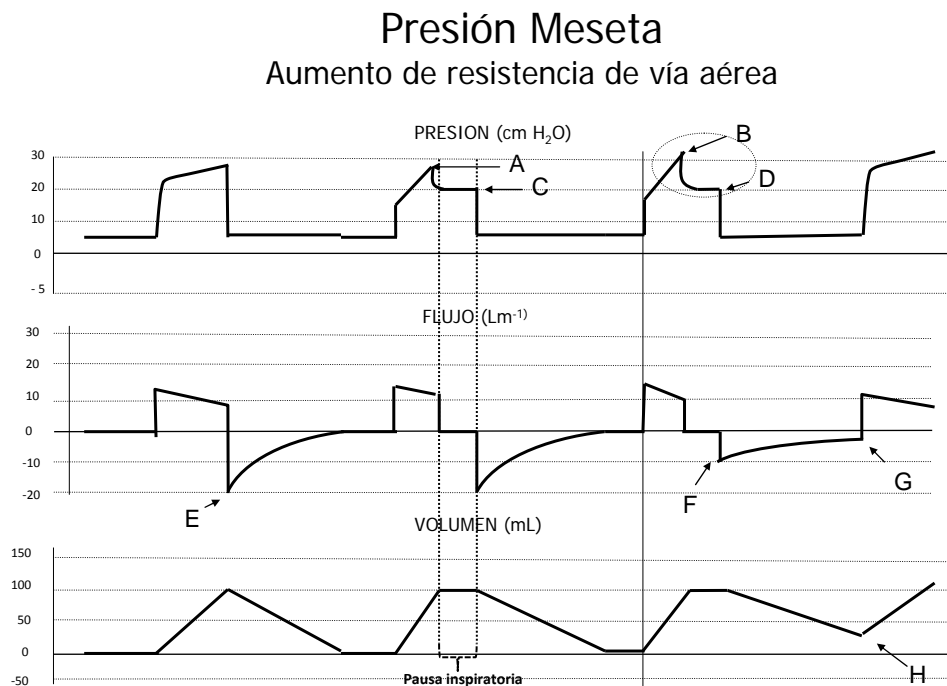
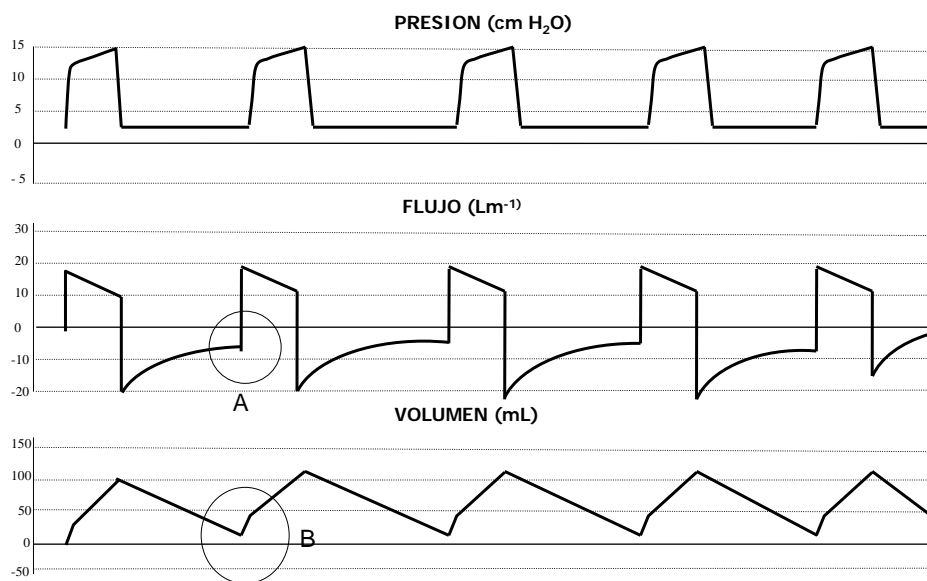


Figura 8

### Volumen Control (CMV)

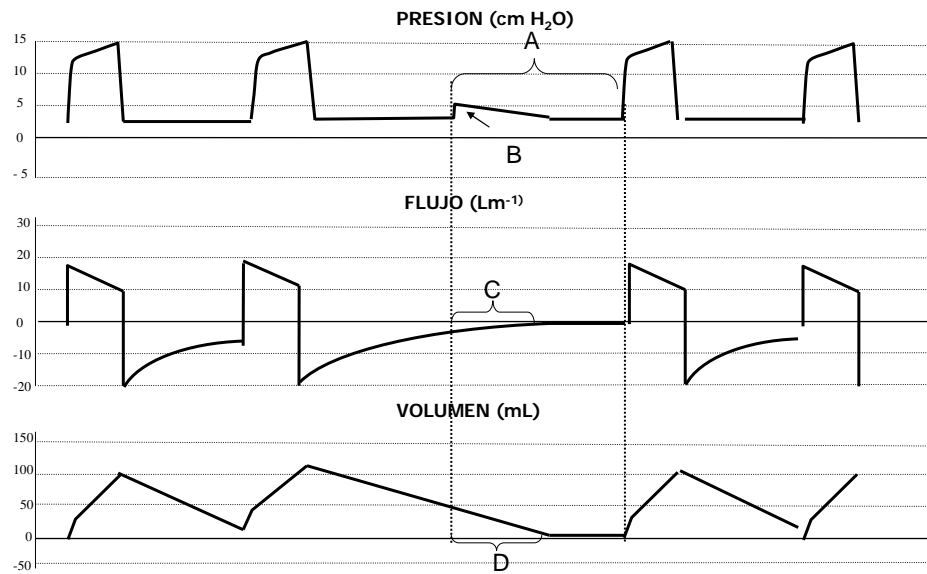
Interrupción de Flujo y Secuestro de Vt.



**J.** A medida que la resistencia limita el Vt exhalado y genera secuestro de VT intrapulmonar, aumenta la elastancia/disminuye la distensibilidad, provocando el mismo fenómeno similar al descrito en H. La mayoría de los ventiladores modernos integran la función de pausa espiratoria en un comando independiente. Una pausa espiratoria de aproximadamente 5 segundos (Punto A de la figura 9), de ser posible sedando y con relajación muscular transitoria del paciente, puede ser de utilidad para

diferenciar un incremento de distensibilidad/disminución de elastancia de origen pulmonar como se describe en punto H, del secuestro de volumen pulmonar como se describe en I. Solo en este último caso, el incremento de la presión de la vía generada por el secuestro pulmonar de  $V_t$  se manifiesta como un incremento del PEEP (Punto B de la figura 9). Además, durante la pausa espiratoria puede observarse el tiempo adicional necesario para que el flujo espiratorio sea cero (Punto C de la figura 9) y el total de  $V_t$  sea espirado (Punto D de la figura 9)

## Volumen Control Pausa espiratoria-Auto PEEP.



# Interpretación Básica de las Curvas de Ventilación Mecánica Presión, Flujo y Volumen Vs. Tiempo.

