



# MANUAL BASICO DE VENTILACIÓN MECÁNICA

## MANUAL DE APOYO AL CURSO



### **Autores:**

Dr. Manuel Poblano M.  
Dr. Uriel Chavarría M.  
Dr. Enrique Vergara Ch.  
Dr. José Manuel Lomelí T.  
Dr. Miguel Ángel Nares T.  
Dr. Enrique Monares Z.  
Dra. Lizzeth Torres L.  
Dr. Cristóbal Meneses O.  
Dr. Juan Antonio Buensuseso A.  
Dr. Javier Mendoza E.  
Dr. Sergio Zamora G.

Marzo, 2014

## Prólogo

La insuficiencia respiratoria es una condición médica que la mayoría de las veces requiere de intervención médica mediante el uso de la ventilación mecánica, ya sea mediante la modalidad invasiva o no invasiva; la gran mayoría de enfermos sometidos a ventilación mecánica también requieren de vigilancia en una unidad de cuidados intensivos, ésta atención va de la mano con elevado costo de la atención y que conlleva riesgo de complicaciones en caso de no ser apropiadamente aplicada. La ventilación mecánica se ha convertido en una herramienta fundamental en la atención de estos enfermos y así como es vital para salvar la vida de alguien que aqueja insuficiencia respiratoria, el proporcionar la ventilación mecánica de manera inadecuada puede generar lesión inducida por ésta y ocasionar complicaciones costosas desde el punto de vista económico, de morbilidad e incluso que pueden ser fatales en algunos casos. Es por esta razón que el Colegio Mexicano de Medicina Crítica preocupado por que sus agremiados tengan mejor dominio de esta destreza primordial en la atención de un enfermo crítico, ha decidido realizar este manual para complementar el entrenamiento del curso de Fundamentos de Ventilación Mecánica que han venido desarrollando un grupo de expertos de nuestro colegio desde hace algunos años, en donde en un principio el Dr. Manuel Poblano y su grupo de colaboradores y posteriormente el trabajo del Dr. Jorge Sánchez han puesto su mayor empeño para llevar a cabo esta tarea que permita mejorar nuestros conocimientos en este campo.

El curso de ventilación mecánica como el presente manual tienen como propósito abordar la bases fisiopatológicas de la hipoxemia e insuficiencia respiratoria, así como cuestiones básicas de programación y modos ventilatorios convencionales, indicaciones, complicaciones y retiro de la ventilación mecánica en las patologías más comunes de la medicina crítica. Explicados de manera simple y práctica que permita aterrizar la información obtenida ya sea que se trate del médico en formación o para afianzar los conocimientos del que tiene un poco más de experiencia. Espero pues que esta primera edición del Manual editada por el Colegio sea de su agrado y reciba la retroalimentación adecuada con la intención de que sigamos mejorando y permita a ambos enriquecerse con la colaboración nuestros todos ustedes, nuestros agremiados.

Asisclo Villagómez Ortiz  
 ExPresidente del Colegio Mexicano de Medicina Crítica, A.C.

## Índice

Descripción de un ventilador.....	Pendiente
Calibración inicial y detección de fugas .....	Pendiente
Objetivos.....	4
Variables a Programar.....	5
Programación inicial.....	7
Programación de Ventilación Controlada por Presión.....	12
Programación de Ventilación Controlada por Volumen.....	13
Programación de la ventilación con soporte de presión.....	14
Programación de alarmas.....	16
Monitoreo básico	
Oximetría.....	18
Capnografía.....	20
Humidificación y calentamiento del aire.....	24
Micronebulización de medicamentos.....	26
Cuidado de paciente intubado.....	28
Cuidados de Traqueostomía.....	32
Traslado de paciente .....	Pendiente
Cuidado pos- extubación.....	37
Cuidados de un ventilador.....	Pendiente
Medidas No Farmacológicas para prevenir el Delirium.....	39
Prevención de NAV.....	40
Escala de sedación de RASS.....	41
Mensaje Final.....	42

## Objetivos de la Ventilación Mecánica

---

Las indicaciones de la ventilación mecánica, están basadas en objetivos fisiológicos que incluyen:

- 1. Mejorar el intercambio gaseoso:**
  - Ventilación alveolar. Caracterizada por hipercapnea.
  - Oxigenación arterial.
  
- 2. Mantener/restaurar el volumen pulmonar y modificar la relación presión/volumen:**
  - Mejorar la Capacidad residual funcional (FRC) y volumen de fin de inspiración.
  - Aumentar la distensibilidad.
  - Prevenir la lesión pulmonar inducida por el ventilador.
  - Evitar el atrapamiento aéreo.
  
- 3. Reducir el trabajo respiratorio:**
  - Disminución de la carga de los músculos y del costo de oxígeno de la respiración.
  - Revertir la fatiga de los músculos respiratorios.
  
- 4. Mejorar la oxigenación tisular:**
  - Aumentar la disponibilidad de oxígeno en la sangre arterial.**Permitir la redistribución de oxígeno hacia tejidos vitales.**

## Variables a Programar

- ❖ **Frecuencia respiratoria ( f ):** Sin patología pulmonar se recomienda utilizar frecuencia respiratoria de 12 a 16 respiraciones por minuto. Debido a que la  $f \times$  volumen corriente son determinantes del volumen minuto y del nivel de  $\text{CO}_2$ , esta variable podrá ser ajustada de acuerdo al nivel de  $\text{pCO}_2$  que tenemos como objetivo.
- ❖ **Volumen Corriente (Vt):** Se define como la cantidad de aire que entra a la vía aérea con una inspiración normal. En condiciones normales, deberá de ser de 8-10 ml/kg de peso. Su ajuste estará en función del nivel de  $\text{pCO}_2$  que deba tener el paciente. Un Vt por debajo de 8 ml/kg de peso es utilizado en *ventilación protectora* para evitar mayor lesión alveolar, sobre todo en pulmones poco distensibles. En VC-V, la presión alcanzada en la vía aérea se convierte en una variable dependiente, de tal forma que en pulmones muy rígidos puede alcanzar un valor mayor de 30  $\text{cmH}_2\text{O}$  con un Vt programado de 400 ml, a diferencia de un pulmón sano, en donde se puede alcanzar presión de 10-15  $\text{cmH}_2\text{O}$  con el mismo Vt.
- ❖ **Fracción inspirada de oxígeno (FiO<sub>2</sub>).** En condiciones normales es del 21%. En la programación inicial utilizar FiO<sub>2</sub> al 100%, hasta tener un control gasométrico o una saturación arterial de oxígeno por oximetría de pulso, mayor al 90%. Es deseable tener FiO<sub>2</sub> por debajo del 60% una vez que el paciente se encuentre con estabilidad cardiopulmonar. El oxígeno en dosis elevadas es deletéreo para el tejido pulmonar; en niños produce displasia broncopulmonar, retinopatía, entre otras complicaciones.
- ❖ **Presión Positiva al Final de la Espiración (PEEP).** Corresponde a la presión ( $\text{cmH}_2\text{O}$ ) que permanece en los alveolos al final de la espiración. No existe PEEP fisiológico, es un término erróneo. El PEEP sirve para evitar el colapso alveolar, de aquellos alveolos que ya han sido abiertos. En el capítulo correspondiente se describirán algunas técnicas para calcular el mejor PEEP para este fin, pero en forma inicial comenzar con 5  $\text{cmH}_2\text{O}$  de PEEP.
- ❖ **Sensibilidad o Disparo.** Se refiere al nivel en el cual el esfuerzo del paciente es detectado por el ventilador, para ser asistido. Puede ser programado por presión (0.5 a 2  $\text{cmH}_2\text{O}$ ) o por flujo (1 a 2 litro/min). La sensibilidad programada debe de ser con un nivel bajo, de tal forma que un esfuerzo mínimo del paciente, supere el umbral programado y genera un disparo por el ventilador.
- ❖ **Flujo (f):** Se refiere a la velocidad con la que entra el aire a la vía aérea del paciente, sus unidades son L/min. En ventilación controlada por presión el flujo se ajusta a las condiciones de distensibilidad pulmonar; en ventilación controlada por volumen, el flujo determina el tiempo que durará la inspiración y en consecuencia la relación entre la inspiración y la espiración (I:E). De tal forma que si a un paciente en VC-V se le programa un frecuencia respiratoria de 20 respiraciones por minuto, cada ciclo respiratorio durará 3 segundos, y si deseamos que la relación (I:E) sea de 1:2, es decir 1 segundo la inspiración y dos seg la espiración, debemos de ajustar el flujo para lograr este objetivo. Vamos a suponer que con 60 L/min lo logramos, y que por alguna razón queremos que la I:E sea de 1:3 (el ciclo respiratorio seguirá siendo de 3 seg, ya que no variamos la frecuencia respiratoria), por lo que entonces tendremos que incrementar el flujo, tal vez a 80 L/min, para

que el tiempo inspiratoria se acorte y el entonces el espiratorio pueda ser mas prolongado. En estos casos la variación en el volumen corriente no se modifica, ingresa a la vía aérea la misma cantidad de aire programada. En conclusión podemos decir que el flujo, se programa en relación a la I:E deseada.

- ❖ **Tiempo inspiratorio (T<sub>insp</sub>):** En VC-P, no se programa flujo, en cambio si el tiempo inspiratorio, y se ajustará de acuerdo a la relación I:E deseada. Ej. Si un paciente se encuentra en VC-P con f de 15, cada ciclo respiratorio durara 4 segundos. Si deseamos que la I:E sea de 1:3, entonces el T<sub>insp</sub> se programará en 1 seg y por tanto la espiración durará 3 segundos.
- ❖ **Presión inspiratoria (P<sub>insp</sub>):** Se programa en VC-P. Cuando se programa P<sub>insp</sub>, el volumen corriente y el flujo se convierten en variables dependientes y el nivel que alcancen estará en relación a la distensibilidad pulmonar del paciente. Al programar un determinado nivel de P<sub>insp</sub>, debemos siempre asegurarnos que se está generando el V<sub>t</sub> deseado. Un paciente con pulmones sanos puede con una P<sub>insp</sub> de 10 cmH<sub>2</sub>O generar un V<sub>t</sub> de 500 ml, pero otro paciente con SIRA grave, tal vez pueda necesitar una P<sub>insp</sub> de 30 cmH<sub>2</sub>O para apenas alcanzar un V<sub>t</sub> de 500 ml.

En VC-P. Usualmente la presión generada en la vía aérea, será la suma de la P<sub>insp</sub> + PEEP. Sin un paciente tiene programada una P<sub>insp</sub> de 20 cmH<sub>2</sub>O y PEEP de 10 cmH<sub>2</sub>O, la presión alcanzada será de 30 cmH<sub>2</sub>O en la vía aérea. Al programar P<sub>insp</sub> *limitamos* la presión alcanzada en la vía aérea como una medida de seguridad para evitar mayor daño alveolar. Es importante conocer el equipo de ventilación mecánica del que disponemos, ya que en algunos la presión límite será la P<sub>insp</sub> programada.

**Algunas acciones incorrectas en VM:**

- Aumentar la sensibilidad a valores elevados, para mejorar la asincronía paciente-ventilador.
- Mantener FiO<sub>2</sub> > 60% cuando la SatO<sub>2</sub> es mayor del 90%
- Utilizar V<sub>t</sub> alto en pulmones inflamados y rígidos
- Programar flujo sin tomar en cuenta la relación I:E
- Dar más sedación en asincronía paciente/ventilador
- En retiro de VM, mantener sensibilidad elevada

## **Programación inicial de Ventilación Mecánica**

### **Guiada por metas**

Contestar correctamente unas cuantas preguntas a la luz de la evidencia científica durante las horas de estudio y aplicarlas de manera inteligente a la cabecera del enfermo garantiza darle a cada paciente el beneficio máximo que la medicina puede dar en la actualidad. Con excepción de la primera pregunta las demás en la lista siguiente se pueden correlacionar con los botones de mando de casi todos los tipos de ventilador y con casi todas las preguntas que el inhaloterapeuta o la persona al lado de nosotros nos hará al momento de iniciar la ventilación mecánica (VM) en un nivel básico.

- 1) ¿Cuáles son las metas del apoyo ventilatorio?
- 2) ¿Qué modalidad ventilatoria es la mejor para iniciar?
- 3) ¿Qué fracción de Oxígeno ( $FiO_2$ ) debo emplear?
- 4) ¿Qué volumen corriente (VC) debo utilizar?
- 5) ¿Qué frecuencia respiratoria (FR) debo programar?
- 6) ¿Qué nivel de presión positiva al final de la espiración (PEEP) debo emplear?
- 7) ¿Qué relación inspiración:espiración (I:E) es la correcta?
- 8) ¿Qué flujo inspiratorio (V) es el más apropiado?
- 9) ¿Qué nivel de sensibilidad de disparo (SD) es la mejor?

Estas cuestiones abordan los problemas más frecuentes a los que el médico se enfrenta durante el inicio del VM, aquí pretendemos contestar a la luz de la mejor evidencia disponible con un enfoque dirigido al momento en que el médico se enfrenta a la ventilación del paciente en la vida real a un nivel básico.

### **¿Cuáles son las metas del apoyo ventilatorio en general?**

La meta de la VM es comprar tiempo mientras las causas que condicionaron la intubación y el inicio de la VM se resuelven y al mismo tiempo evitar que esta cause daño al paciente.

#### **Meta número uno: “Metas de oxigenación”**

Los siguientes valores se han aceptado ampliamente en la mayoría de los grupos de investigación: Saturación periférica de  $O_2$  ( $SpO_2$ ) >92%, presión arterial de  $O_2$  ( $PaO_2$ ) 60-80 mmHg con  $FiO_2 \leq 50\%$ . Estos niveles de oxigenación parecen ser suficientes para la mayoría de los pacientes.

#### **Meta número dos: Equilibrio ácido base y presión arterial de $CO_2$ ( $PaCO_2$ )**

La meta del volumen minuto ( $VC \times FR$ ) se enfoca directamente al mantenimiento de un  $pH > 7.30$  y  $< 7.50$ ; con una  $PaCO_2$  normal acorde a la altitud. A nivel del mar de 35-40 mmHg. En la Ciudad de México de 28-32 mmHg. La meta de la  $PaCO_2$  y el  $pH$  deben de ser siempre un mismo objetivo por ejemplo si la corrección de la  $PaCO_2$  32 mmHg lleva a un  $pH > 7.50$  es necesario reconsiderar si los valores son los correctos para el paciente.

#### **Meta número tres “Presión meseta.”**

Se propone niveles de presión meseta  $\leq 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ .

## ¿Qué modalidad ventilatoria usar?

### Controlado por volumen versus controlado por presión

No hay ninguna diferencia significativa para utilizar alguna de estas modalidades, ni en cumplimiento de metas de oxigenación, ni en días de ventilación mecánica, tampoco en mortalidad o alteraciones hemodinámicas, para preferir ventilación controlada por volumen o controlada por presión; la única recomendación al respecto es que el médico debe de emplear la modalidad con la que se encuentre mas familiarizado. En palabras de JJ Marini “lo importante no es la modalidad ventilatoria que se elija sino como se emplea dicha modalidad”. No pierda tiempo en un debate sobre cual modalidad ventilatoria emplear. Los problemas en el cumplimiento de metas de AMV no son secundarios a la modalidad ventilatorio elegida pero si pueden ser secundarios a un mal manejo de dicha modalidad o la selección de metas inadecuadas.

### ¿Qué FiO<sub>2</sub> emplear?

Una de las metas en AMV es mantener parámetros ventilatorios que permitan una FiO<sub>2</sub> ≤50%, lo que minimiza la toxicidad por O<sub>2</sub>. Al inicio de la VM casi siempre se emplea FiO<sub>2</sub> al 100%, lo que es una medida de seguridad hasta lograr estabilizar al paciente, lo importante es disminuir la FiO<sub>2</sub> lo más rápidamente posible para minimizar la toxicidad por O<sub>2</sub> y las atelectasias por reabsorción o desnitrogenización.

En general inicie con FiO<sub>2</sub> 100% y disminuya al menos ≤60% en cuanto le sea posible manteniendo una SpO<sub>2</sub> > 92%.

### ¿Qué volumen corriente (VC) emplear?

**Esta se ha convertido en la pregunta más importante al iniciar la ventilación.** El daño asociado al ventilador debido al volutrauma es actualmente el principal efecto adverso.

Las recomendaciones actuales es iniciar con un VC de 8ml/kg de peso ideal por formula de ARDSnet:

$$\text{Peso ideal en mujeres} = (\text{Talla en cm} - 152.4 \times 0.9) + 45$$

$$\text{Peso ideal en hombres} = (\text{Talla en cm} - 152.4 \times 0.9) + 50$$

No existe ninguna indicación clínica donde sea correcto emplear un VC > 8ml/kg de peso ideal.

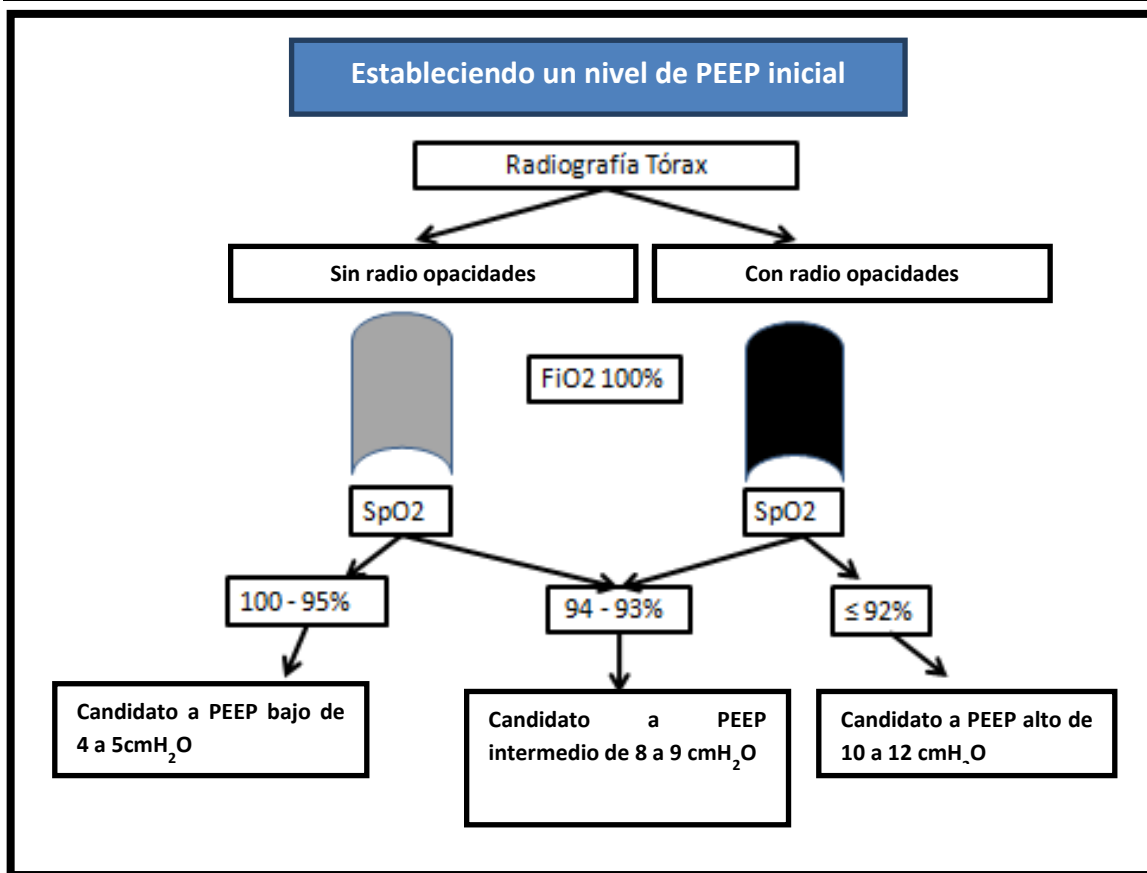
“Nunca emplee el peso real del paciente para determinar el VC”

### ¿Qué nivel de Presión Positiva al Final de la Espiración (PEEP)?

El nivel de PEEP debe de individualizarse acorde a cada caso. Encontrando un nivel de PEEP lo suficientemente alto para mantener los alveolos abiertos, pero no tan alto como para sobredistenderlos o provocar inestabilidad hemodinámica. Recuerde que una vez que la ventilación mecánica ha abierto (reclutado) alveólos, es importante aplicar PEEP para impedir que se cierren. La cantidad de PEEP dependerá del daño pulmonar existente.

A un nivel básico puede emplearse la siguiente regla para el PEEP inicial:





Autor: Dr Enrique Monares

El esquema anterior muestra en forma sencilla que cantidad de PEEP debe recibir un paciente. Una buena idea es al tener una radiografía de tórax y detectar la presencia de opacidades o infiltrados. Si la radiografía es normal y la SpO<sub>2</sub> es del 95%-100%, el paciente es candidato a recibir un PEEP de 5 cmH<sub>2</sub>O; pero si la saturación se encuentra por debajo de esta cifra podría incrementarse de 8 a 9 cmH<sub>2</sub>O. Aquel paciente que desde el inicio muestre opacidades en la radiografía, deberá recibir PEEP inicial de 8-9 cmH<sub>2</sub>O, y en caso de mantener una SpO<sub>2</sub> ≤ 92% entonces utilizar PEEP de 10-12 cmH<sub>2</sub>O.

### ¿Qué Frecuencia respiratoria usar?

La respuesta a la pregunta es: La necesaria para mantener un pH >7.30, con una PaCO<sub>2</sub> acorde a la altitud. Recordar que el determinante más importante para mantener una ventilación óptima con una PaCO<sub>2</sub> normal, es el **Volumen Minuto**.

Este se obtiene:

$$\text{Volumen minuto} = \text{VC} \times \text{FR}$$

Asegurar un Volumen Minuto adecuado para cada paciente evitara que el paciente tenga problemas de hipercapnea o hipocapnea.

En general un volumen minuto de 6-8 litros mantendrá una PaCO<sub>2</sub> óptima, sin embargo puede variar en cada paciente, por lo que de acuerdo a la meta 2 anotada previamente, será importante que volumen minuto necesita cada paciente para mantener una PaCO<sub>2</sub> óptima para esa condición.

Una regla general para empezar a nivel básico es emplear el peso ideal y dividirlo entre 10 para obtener el volumen minuto necesario, como puede verse en el siguiente ejemplo:

$$\text{Peso ideal} = 55 \text{ kg}$$

$$\text{Volumen minuto} = 55 / 10 = 5.5 \text{ Litros /minuto}$$

Si iniciamos el volumen corriente en 8 ml:

$$\text{VC} = 8\text{ml} \times \text{Kg peso ideal} = 440\text{ml}$$

Entonces:

$$\text{FR} = \text{Volumen minuto} / \text{VC}$$

$$\text{FR} = 5.5 / 0.440 = 12 \text{ x minuto}$$

### **¿Qué relación I:E emplear?, ¿Qué flujo inspiratorio?**

Establecer una relación I:E es la misma cuestión que establecer un flujo inspiratorio para una misma frecuencia respiratoria, hacer una u otra pregunta depende de la modalidad ventilatoria que estamos usando. En controlado por volumen estableceremos un flujo, en controlado por presión estableceremos una relación I:E.

La relación I:E inicial se establece en 1:2 y se puede disminuir o aumentar en base a los parámetros que mejor acoplen el ventilador al paciente, no se puede recomendar por el momento el empleo de relaciones I:E  $\geq 2:1$  como medida de rescate en este nivel del curso. Sin embargo en pacientes con EPOC Exacerbado o crisis asmática bajo sedación profunda es importante prolongar la I:E hasta 1:4 o en ocasiones un poco más, para permitir que el aire atrapado salga durante este tiempo espiratorio más prolongado.

### **¿Qué forma de onda de flujo?**

La forma de onda de flujo determina la velocidad en la que la mezcla de aire-O<sub>2</sub> entrará a la vía aérea, determinando tres posibles ondas de flujo:

- ❖ Onda cuadrática, el aire entra a la vía aérea alcanzando una velocidad, que se mantiene constante, hasta que todo el volumen corriente se ha completado.
- ❖ Onda descendente, el aire en forma inicial alcanza una velocidad máxima, la cual descende hasta que la mezcla de aire-O<sub>2</sub> ha entrado.
- ❖ Onda sinusoidal, es el tipo de onda que ocurre en respiración espontánea.

La forma de onda de flujo puede incrementar condicionar incremento en la presión de la vía aérea, sobre todo en pacientes que tienen aumento en la resistencia de la vía aérea, como ocurre en pacientes con EPOC exacerbado, por lo que se sugiere elegir la onda de flujo descendente. La onda cuadrada solo debe de ser empleada para fines diagnósticos de la mecánica ventilatoria.

### ¿Qué nivel de sensibilidad?

La sensibilidad para iniciar el disparo del ventilador puede ser por presión o por flujo. Generalmente 1 – 2 cmH<sub>2</sub>O en sensibilidad por presión o 1 – 2 L/min en sensibilidad por flujo. Antes de aumentar el nivel, lo correcto es optimizar la analgesia y/o sedación del paciente. Siempre es una mala decisión aumentar el nivel de sensibilidad del disparo >2 independientemente si es por flujo o presión, ya que es probable que necesite incrementar el nivel de sedación y/o analgesia o se genere problema en asincronía paciente-ventilador.

### En resumen:

Parámetros iniciales:

- Volumen corriente 8ml/kg peso ideal formula ARDSnet.
- Frecuencia respiratoria 12-20 por minuto.
- PEEP 3 – 8 cmH<sub>2</sub>O
- Relación I:E 1:2 – 1:3.
- Disparo 2 – 3 cmH<sub>2</sub>O o L/min

