



LOS PROFESIONALES DEL ENFERMO CRÍTICO

# GUIA PRÁCTICA PARA EL USO DE TORRES DE ANESTESIA PARA VENTILAR PACIENTES CRÍTICOS EN SITUACIONES DE EMERGENCIA

**Autoras:**

**Dra. Dña. Arantxa Mas Serra**, Servicio de Medicina Intensiva. Hospital de Sant Joan Despi Moisès Broggi.

**Dña. Ana Villagrà García**, Servicio de Medicina Intensiva, Osakidetza Servicio Vasco de Salud, Hospital Universitario de Alava, Vitoria-Gasteiz.

**Dra. Dña. Immaculada Vallverdú Perapoch**, Servicio de Medicina Intensiva. Hospital Universitario Sant Joan de Reus.

## ÍNDICE

Introducción.....	3
1.- Descripción básica de la estación de anestesia.....	4
2.- Particularidades en su uso en pacientes con insuficiencia respiratoria no sometidos a cirugía.....	5
2.1.- Generador de flujo inspiratorio.....	5
2.2.- Utilización del flujo de gas fresco (FGF) .....	5
3.- Puntos clave para su uso seguro.....	6
3.1.- Riesgo de reinhalación.....	6
3.2.-Asegurar la FiO <sub>2</sub> .....	6
3.3.- Asegurar el volumen corriente .....	7
3.4.- Acondicionamiento del gas inspirado.....	8
3.5.-Monitorización .....	8
Check-list para el uso prolongado de torres de anestesia como respirador de pacientes críticos .....	9
Referencias .....	11
Figuras.....	12

## INTRODUCCIÓN

En marzo de 2020 se produjo un aumento rápido e inesperado del número de pacientes con insuficiencia respiratoria aguda grave por neumonía COVID-19 que precisaron ventilación mecánica. En ocasiones hubo que usar respiradores no específicamente diseñados para dar soporte a este tipo de pacientes.

Muchos hospitales encontraron en las torres de anestesia una oportunidad para atender la necesidad urgente de respiradores.

De hecho, existe en general mayor disponibilidad de máquinas de anestesia que de respiradores de UCI, teniendo en cuenta que la mayoría de los hospitales, sea cual sea su nivel de complejidad, disponen de quirófanos para atender emergencias y cirugías programadas.

Aunque se pretendió evitar nuevos brotes de COVID de la misma magnitud que el primero y a pesar de que las autoridades han hecho un plan de provisión de respiradores adecuados para tratar este tipo de enfermos, parece prudente disponer de un documento que recuerde las peculiaridades del uso de torres de anestesia para ventilar pacientes críticos de forma continuada y repase de forma práctica los peligros que pueden acarrear al ventilar pacientes con SDRA y la forma de prevenirlos.

## 1.- DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LA ESTACIÓN DE ANESTESIA

La característica principal de las estaciones de anestesia es que disponen de un circuito interno circular que permite la reutilización parcial de los gases y anestésicos espirados por el paciente mediante sistemas de reinhalación cerrados o semicerrados.

Los componentes comunes incluyen un flujo de gas fresco para dirigir el flujo de gas que entra en el circuito, unas válvulas ajustables limitadoras para controlar la presión dentro del sistema y que permiten el barrido de gases residuales, y una bolsa de reservorio para almacenar gas.

A continuación, se expone el significado de los términos más habitualmente usados al referirnos a la ventilación mecánica con torres de anestesia (Figura 1):

**El flujo de gas fresco (FGF)** es la mezcla de oxígeno y aire medicinal procedente de las tomas de la pared, que se almacena en el reservorio del respirador y se utiliza para administrar al paciente el volumen corriente a través de la rama inspiratoria durante la inspiración. El gas presurizado procedente de las tomas de la pared también se puede usar, en los respiradores que usan fuelle (ver punto 2.1) como fuente de energía neumática para rellenar de gas el espacio existente entre el fuelle y su continente y, así exprimir el fuelle. Este es el **circuito doble**: el gas que comprime el fuelle y el que se administra al paciente discurren por 2 circuitos diferentes.

Cuando se utiliza una fuente de energía eléctrica (pistón o turbina) para administrar al paciente la mezcla de oxígeno, aire medicinal y gas anestésico (ver punto 2.1) , solo existe un circuito de gases, este es el **circuito simple**.

Durante la espiración, el gas espirado por el paciente a través de la rama espiratoria se hace pasar a través del absorbente de CO<sub>2</sub>, habitualmente cal sodada.

Si el FGF es menor que el volumen minuto del paciente, para llegar a administrar el volumen corriente pautado, se utiliza parte del gas exhalado, caliente y humidificado, después de pasar por el absorbente de CO<sub>2</sub> (reinhalación). Este es el **sistema semicerrado** que permite utilizar menos gases anestésicos.

Sin embargo, si el FGF es mayor que el volumen minuto, el volumen corriente pautado se administra sin añadir gas exhalado, evitando la reinhalación. Este es el **sistema semiabierto** y consume más gases anestésicos

El **desacople del FGF** permite que la administración del volumen corriente sea completamente independiente del FGF evitando que se administre un volumen corriente mayor. La válvula de desacople del FGF desvía el gas fresco hacia al reservorio durante inspiración donde lo

almacena temporalmente. Y luego esta válvula permite que este gas fresco esté disponible para rellenar el fuelle o pistón durante la espiración.

Las máquinas de anestesia disponen además de un modo manual/espontáneo, que consiste en ventilar con la bolsa reservorio, regulando la presión máxima mediante la APL (*Adjustable Pressure Limiting*). La válvula APL permite variar la presión dentro del sistema usando una válvula unidireccional, con resorte, que permite liberar el exceso de gas generado en el circuito cuando el paciente está en respiración espontánea o asistida. Durante la ventilación controlada esta válvula queda excluida del circuito y el exceso de gas se libera a través de una válvula de escape.

## **2.- PARTICULARIDADES EN SU USO EN PACIENTES CON INSUFICIENCIA RESPIRATORIA NO SOMETIDOS A CIRUGÍA**

Para ventilar pacientes con SDRA que no precisan intervención quirúrgica, se deben retirar del circuito la fuente de gas anestésico y el analizador de este. No se recomienda el uso de gases anestésicos para la sedación de estos pacientes, puesto que al usar flujos de gas elevados se produce un elevado consumo de estos y la expulsión de una cantidad importante de anestésico a los sistemas de evacuación o al aire ambiente si se utilizan fuera de quirófano.

2.1.- Generador de flujo inspiratorio: En función del respirador, se describen tres mecanismos mediante los que se produce la insuflación de gas durante la inspiración, los tres regulados por mecanismos electrónicos que permiten decidir los parámetros de volumen y tiempo inspiratorio y espiratorio:

2.1.1.- De pistón (Figura 2): En este caso la insuflación se produce por un desplazamiento del pistón que se acciona eléctricamente y empuja el aire almacenado hacia la rama inspiratoria

2.1.2.- De fuelle (Figura 3) : En este caso la entrada de gas proveniente de los circuitos del hospital es la que ejerce de fuerza neumática (doble circuito). Este gas provoca el colapso de un fuelle que empuja el gas almacenado durante la espiración hacia la rama inspiratoria. El gas que proviene de los circuitos y que ejerce la fuerza neumática sobre el fuelle suele ser el oxígeno, pero puede cambiarse a aire con una sencilla manipulación, evitando así el descenso de la presión de oxígeno en los circuitos del hospital en caso de que fueran necesarios varios respiradores funcionando simultáneamente. El fuelle se ha llenado previamente de gas proveniente de la fuente de FGF comentada con anterioridad.

2.1.3.- De turbina, similar a los respiradores específicos para ventilar pacientes críticos, capaz de generar el flujo que se le pide según los parámetros pautados.

**La mayoría de las torres de anestesia utilizan el pistón o el fuelle como generador de flujo inspiratorio**

2.2.- Utilización del flujo de gas fresco (FGF): El FGF es el gas que entra de forma continua en el circuito, a la concentración de oxígeno deseada y que llena el fuelle o el pistón para ser administrado en la inspiración. La velocidad de entrada suele regularse mediante caudalímetros de aire y oxígeno. El flujo de entrada de este gas al circuito marcará la cantidad de gas fresco que se haya almacenado para la siguiente inspiración. Si esta cantidad es insuficiente para generar el volumen/minuto demandado (bien porque se está usando una modalidad controlada por volumen pero se pauta un volumen/minuto mayor al FGF, bien porque existen respiraciones espontáneas o asistidas que aumentan la demanda de volumen/minuto), el respirador complementará el volumen obtenido por el FGF con una parte del volumen espirado por el paciente (reinhalaación):

$$\text{Volumen reinhalado} = \text{Volumen/minuto} - \text{FGF}$$

Si el FGF es superior al volumen/minuto realizado por el paciente, no debería existir la posibilidad de reinhalación.

SE RECOMIENDA UTILIZAR UN FGF QUE CORRESPONDA A **1,5 VECES** EL VOLUMEN/MINUTO REALIZADO POR EL PACIENTE, para asegurar que no exista reinhalación. El FGF sobrante se expulsará al ambiente con las distintas válvulas espiratorias.

### 3.- PUNTOS CLAVE PARA SU USO SEGURO

**3.1.- Riesgo de reinhalación:** Cuanto menor sea el FGF mayor es el riesgo de reinhalación. Para reducir al mínimo este riesgo y detectar la presencia de reinhalación es necesario:

3.1.1- Programar un FGF mayor que el volumen/minuto. A ser posible un mínimo de 1,5 veces el mismo. Existen respiradores antiguos que no disponen de mecanismo de desacoplamiento (ver punto 3) y un aumento del FGF por encima del volumen/minuto puede repercutir aumentando de forma proporcional el volumen corriente. Sólo en estos casos es necesario ajustar al máximo el FGF al volumen/minuto del paciente.

3.1.2.- No retirar del circuito el absorbente de CO<sub>2</sub>. En el caso de paso de aire espirado al circuito inspiratorio provocado por aumentos en la demanda no compensados por el FGF, este se producirá habiendo eliminado el CO<sub>2</sub>. Los cambios de color del absorbente, provocados por una reacción química, ayudarán a identificar que existe paso de aire espirado al circuito inspiratorio.

3.1.3.- Utilizar siempre la capnografía como método más fiable para monitorizar la ventilación mecánica con las torres de anestesia. La presencia de CO<sub>2</sub> en el flujo inspiratorio indica reinhalación. Se recomienda cambio del absorbente cuando dos terceras parte del mismo ha cambiado su color o cuando se documenta por capnografía que el CO<sub>2</sub> inspirado llega a 5 mmHg.

**3.2.-Asegurar la FiO<sub>2</sub>:** En muchas torres de anestesia modernas el gas que se introduce al circuito (FGF) lo hace a la FiO<sub>2</sub> pautada a través de mezcladores controlados electrónicamente.

Algunos modelos presentan caudalímetros de aire y oxígeno y se debe pautar el flujo de cada uno para obtener la FiO<sub>2</sub>, que puede ser medida después por la máquina o no.

La FiO<sub>2</sub> obtenida a los distintos flujos de aire y oxígeno resulta de aplicar la siguiente fórmula

$$\text{FiO}_2 \text{ resultante} = \frac{[(0,21 \times l/\text{min aire}) + l/\text{min O}_2]}{(l/\text{min aire} + l/\text{min O}_2)} \times 100$$

Se debe tener en cuenta que, si existe reinhalación, la FiO<sub>2</sub> del aire inspirado puede ser menor de la deseada, por lo que es importante su monitorización.

**3.3.- Asegurar el volumen corriente:** La clave de la ventilación protectora es asegurar un volumen corriente (VT) entre 6 y 8 ml por kilo de peso ideal. Para ello es necesaria la máxima precisión en la administración del VT pautado y su monitorización. Para ello es necesario:

3.3.1.- Realizar los chequeos de circuito recomendados por el fabricante. Los chequeos garantizan la ausencia de fugas y la compensación de la compliancia del sistema, además de monitorizar el funcionamiento de los diferentes sensores. En general se recomienda un chequeo diario, y nunca más allá de 72h. Durante el chequeo, que puede durar hasta 8 minutos, es necesario desconectar al paciente de la máquina de anestesia. Los chequeos deben realizarse en presencia de un anestesiólogo o enfermera de anestesia con experiencia, que asegure que éstos se realizan correctamente.

3.3.2.- Conocer la fuerza motriz de la torre: En general las máquinas que funcionan con pistón son más precisas en la administración del volumen corriente que las que funcionan con fuelles. En caso muy improbable de producirse una perforación accidental del fuelle podría ocurrir la entrada de gas desde la cámara estanca que rodea el fuelle hacia dentro del mismo, aumentando así el VT e incluso modificando la FiO<sub>2</sub> del gas que se vaya a insuflar, según se haya usado la toma aire o de oxígeno

3.3.3.- Identificar si se dispone de sistema de desacoplamiento: La existencia de estos sistemas reducen el impacto que el FGF tiene sobre el VT, evitando que el VT aumente por encima del deseado a medida que aumenta el FGF, hecho que puede ocurrir en algunos modelos antiguos. Tal como se ha comentado, el desacoplamiento es un mecanismo por el que durante la fase inspiratoria y mientras se produce el vaciamiento del fuelle o el desplazamiento del pistón, el FGF proveniente de la fuente de gas es dirigido hacia una bolsa reservorio situada entre la misma y el circuito inspiratorio, de manera que no contribuye a la inspiración que se está realizando, sino que se almacena para ser usado en la siguiente (Figuras 4 y 5).

Durante la espiración se abre la válvula de desacoplamiento y el gas acumulado en la bolsa reservorio pasa al circuito respiratorio y llena la cámara del pistón o el fuelle. También durante la espiración, se abren las válvulas que eliminan el exceso de gas fresco y el aire que está espirando el paciente.

Existen torres de anestesia que no disponen de sistemas de desacoplamiento, en cuyo caso el FGF que se introduce al circuito durante la inspiración se utiliza para la misma insuflación.

Algunos aparatos calculan cual es la cantidad de este gas y reducen, mediante sistemas electrónicos, el volumen insuflado desde el pistón o la turbina con la finalidad de mantener un VT adecuado a la pauta.

3.3.4.- No accionar el botón de O<sub>2</sub> al 100% adicional puesto que introduce en el circuito gas a presión elevada durante la inspiración y que se añade al VT pautado, pudiendo provocar barotrauma.

3.3.5.- Conocer los sistemas de monitorización: Se recomienda disponer de capnógrafo para monitorizar fugas y desconexiones. Aunque los respiradores cuentan en general de sensores de flujo capaces de detectar desconexiones, su ubicación en el circuito varia en función del modelo y podría darse la desconexión en una parte del circuito que no fuera detectada.

**3.4.- Acondicionamiento del gas inspirado:** Es necesaria la humidificación cuando se utiliza circuito abierto. Se recomienda el acondicionamiento de los gases mediante un intercambiador de calor y humedad (HME) puesto que la humidificación activa puede dificultar el funcionamiento del sistema. Si existe paso de aire espirado al circuito inspiratorio (reinhalaación) a través del absorbente de CO<sub>2</sub>, el contacto del CO<sub>2</sub> con la cal sodada desencadena una reacción química de la que resulta la producción de calor y agua, con peligro de llenado de los circuitos con agua (dificultad a la espiración) y riesgo de obstrucción de filtros. Son necesarias trampas de agua y vigilancia extrema cuando no se utiliza circuito abierto (FGF inferior al volumen/minuto)

**3.5.-Monitorización:** Además del uso de capnógrafo y la realización de chequeos para garantizar el buen funcionamiento de circuitos y sensores, se recomienda ajustar los limites inferiores de la alarma de presión baja y la de VT bajo para detectar presencia de fugas o desconexiones.



## CHECK LIST PARA EL USO PROLONGADO DE TORRES DE ANESTESIA COMO RESPIRADOR DE PACIENTES CRITICOS

### PREVIO A CONECTAR AL PACIENTE

1. Disponibilidad de un anestesiólogo/a experimentado.
2. Comprobar que está disponible la bolsa de respiración manual externa (Ambu®).
3. Colocar filtros antimicrobianos en la rama inspiratoria y espiratoria del respirador.
4. Utilizar sistemas de humidificación pasiva con intercambiador de calor humedad (HME).
5. Comprobar la correcta conexión de las tubuladuras, la línea de medición de gases, filtros antimicrobianos y la trampa de agua.
6. Retirar el vaporizador de gases anestésicos.
7. El respirador debe colocarse a una distancia visible y audible del personal asistencial.
8. Utilizar siempre el capnógrafo para monitorizar la concentración de CO<sub>2</sub> exhalado.
9. Utilizar solo los modos de ventilación mecánica controlada o asistida-controlada
10. Ajustar los parámetros de la ventilación mecánica: volumen corriente o presión máxima, frecuencia respiratorio, PEEP, relación I:E, FiO<sub>2</sub> y sensibilidad del *trigger* inspiratorio.
11. Ajustar el FGF a **1,5 veces** el volumen minuto (volumen corriente x frecuencia respiratoria).
12. Ajustar la válvula APL al valor del nivel de la PEEP.
13. Ajustar el volumen de las alarmas al 100%.
14. Ajustar los límites superior e inferior de las alarmas: presión pico, frecuencia respiratoria, volumen minuto, volumen corriente y PetCO<sub>2</sub>.
15. Ajustar el límite superior de la alarma del PetCO<sub>2</sub> en inspiración en 5 mmHg, si se dispone de ella

### DURANTE LA VENTILACIÓN DEL PACIENTE AL INICIO DEL TURNO

1. Disponibilidad de un anestesiólogo/a experimentado.
2. Comprobar que está disponible la bolsa de respiración manual externa (Ambu®).
3. Revisar la correcta conexión de las tubuladuras y la línea de medición de gases.
4. Comprobar que el respirador está colocado a una distancia visible y audible.
5. Comprobar la correcta lectura del capnógrafo. Si el PetCO<sub>2</sub> durante la inspiración es igual o superior a 5 mmHg, cambiar el absorbente.
6. Comprobar el color de la cal sodada. Cambiarla si está blanca  $\leq 1/3$ .
7. Comprobar el nivel de la trampa de agua. Cambiarla si está llena más de la mitad.
8. Comprobar si hay agua condensada en las tubuladuras. Vaciarlas si es así.
9. Comprobar si los filtros antimicrobianos o el HME están mojados. Cambiarlos si es así.
10. Comprobar que el FGF está ajustado a 1,5 veces el volumen minuto.

11. Comprobar el valor de la  $FiO_2$  medida. Si la diferencia con la pauta es  $> 5\%$  asegurarse de que no existe reinhalación.
12. Comprobar que el nivel de llenado del reservorio del respirador es suficiente. Utilizar bolsas de reservorio grandes, de 3 L.
13. Comprobar que el valor de la válvula APL está ajustado al nivel de la PEEP.
14. NO accionar el botón de  $O_2$  al 100% adicional. Si es necesario administrar  $O_2$  al 100%, ventilar manualmente al paciente con la bolsa de respiración manual externa (Ambu®).
15. NO realizar nebulización en jet de medicaciones.
16. Comprobar el ajuste de los parámetros de la VM volumen corriente o presión máxima, frecuencia respiratorio, PEEP, relación I:E,  $FiO_2$  y sensibilidad del trigger inspiratorio.
17. Comprobar los ajustes de los límites de alarma: presión pico, frecuencia respiratoria, volumen minuto, volumen corriente y  $PetCO_2$ .
18. Ajustar el volumen de las alarmas al 100%.
19. Debe realizarse una comprobación completa del respirador por un miembro experimentado del equipo cada 72 horas máximo. La prueba de comprobación dura hasta 8 minutos y deberá ventilarse al paciente con la bolsa de respiración manual externa (Ambu®) durante ese período.

## REFERENCIAS

1. Hendrickx JFA, De Wolf AM. The anesthesia workstation: Quo vadis? *Anesth Analg*. 2018;127(3):671–5.
2. Jain RK, Swaminathan S. Anaesthesia ventilators. *Indian J Anaesth*. 2013;57(5):525–32.
3. Aranda F, Aliste J, Altermatt F, Alvarez JP, Bernucci F, Bruhn A, et al. Recomendaciones para el manejo de pacientes con COVID-19 con indicación terapéutica de ventilación mecánica que eventualmente son conectados a máquinas de anestesia. *Rev Chil Anest*. 2020;49(3).
4. C P. Schober, S. A. Loer Vu . Closed system anaesthesia – historical aspects and recent developments. *European Journal of Anaesthesiology* 2020; 18 (5): 525-532.
5. Haina KMK. Use of Anesthesia Machines in a Critical Care Setting During the Coronavirus Disease 2019 Pandemic. *A&A Pract*. 2020;14(7):e01243.
6. Wallon G, Bonnet A, Guérin C. Delivery of tidal volume from four anaesthesia ventilators during volume-controlled ventilation: A bench study. *Br J Anaesth*. 2013;110(6):1045–51.
7. APSF/ASA guidance on purposing anaesthesia machines for ICU ventilators. American Society of Anaesthesia. May 2020. <https://www.asahq.org/-/media/files/spotlight/anesthesia-machines-as-icu-ventilators>

Figura 1: Estructura básica del respirador de anestesia (Created with BioRender.com)

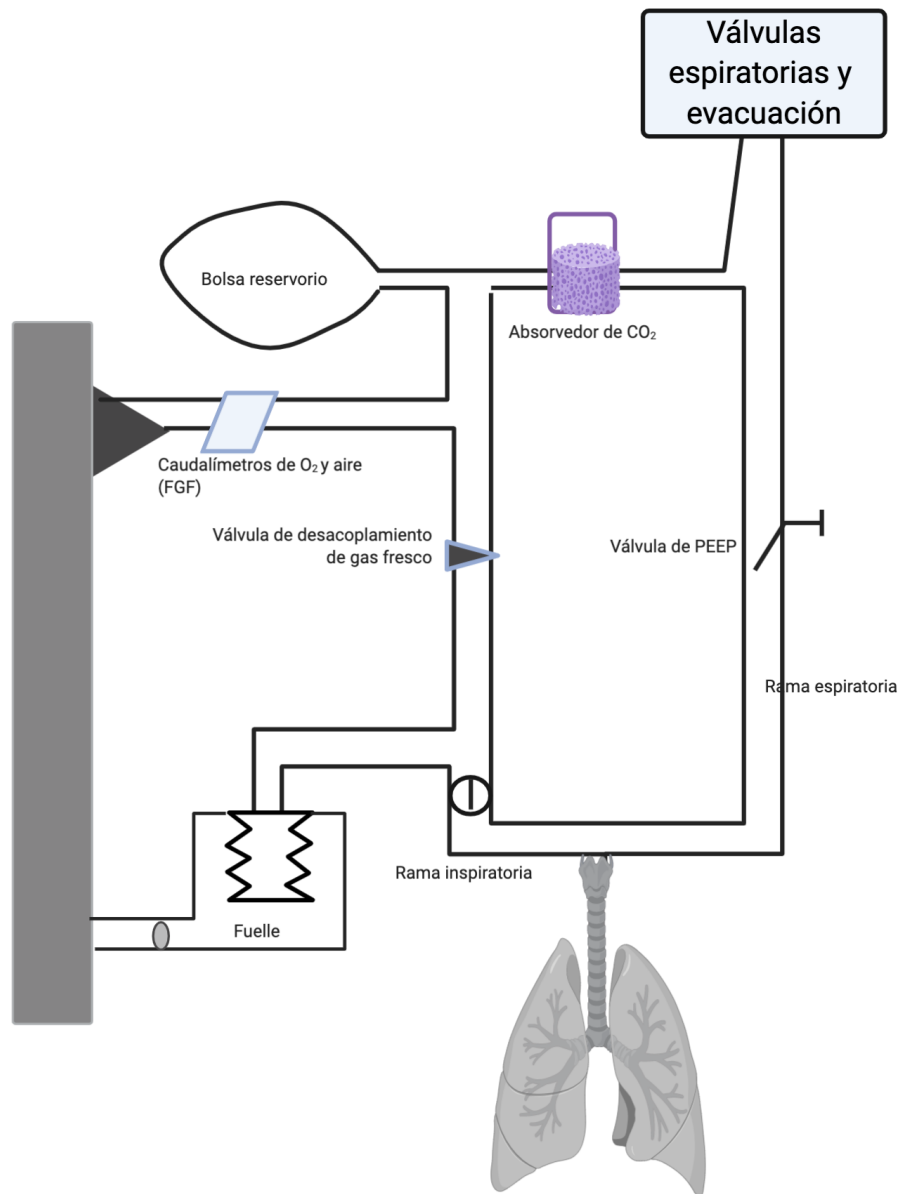


Figura 2: Generador de flujo de pistón (Created with BioRender.com)

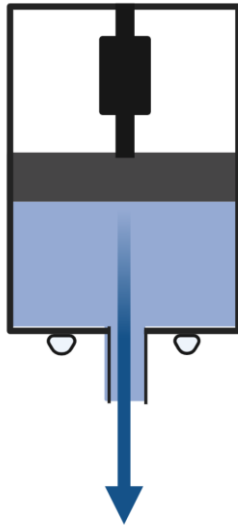


Figura 3: Generador de flujo de fuelle (Created with BioRender.com)

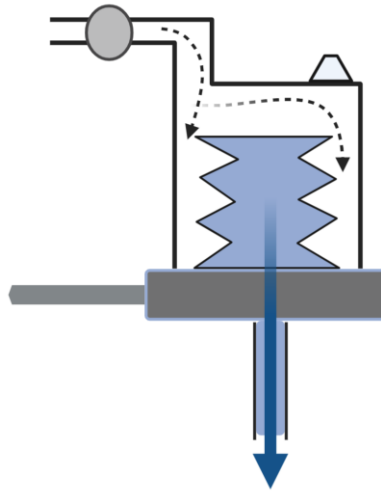


Figura 4: Circuito de gases durante la inspiración (Created with BioRender.com)

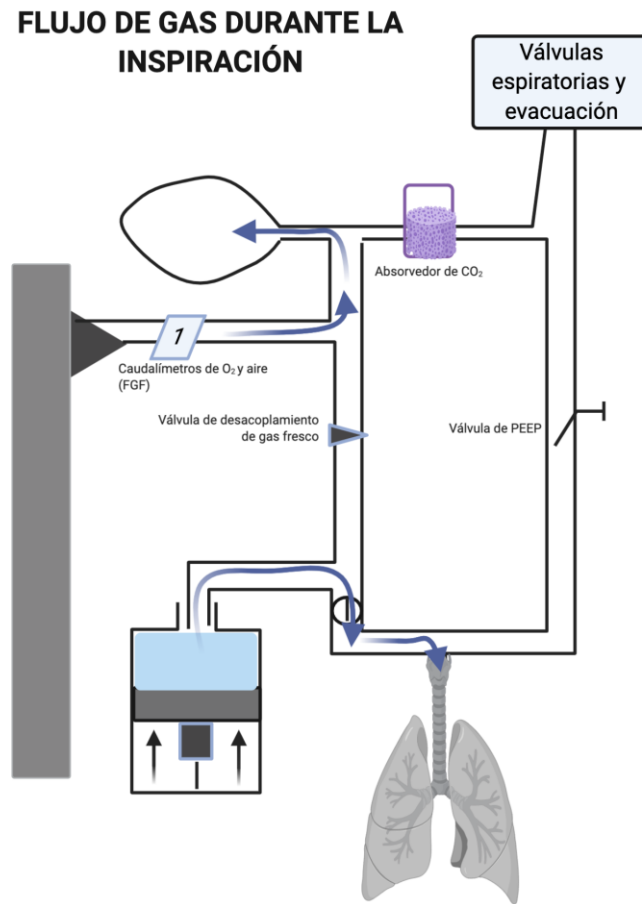


Figura 5: Circuito de gases durante la espiración (Created with BioRender.com)

