



SOCIEDAD CHILENA
DE MEDICINA INTENSIVA



DIV. KINESIOLOGÍA INTENSIVA
SOCIEDAD CHILENA
DE MEDICINA INTENSIVA



COLEGIO DE
KINESIÓLOGOS
— DE CHILE —



SOLACUR
SOCIEDAD LATINOAMERICANA
DE CUIDADOS RESPIRATORIOS



GUÍA DE RECOMENDACIONES Y CONSIDERACIONES DE USO DE VENTILADORES MECÁNICOS NO INVASIVOS PARA EL SOPORTE MECÁNICO VENTILATORIO INVASIVO



Sociedad Chilena de Medicina Intensiva (SOCHIMI)



División de Kinesiología Intensiva (DIKISOCHIMI)



Colegio de Kinesiólogos de Chile



Sociedad Latinoamericana de Cuidados Respiratorios



Guía desarrollada por:

Klgo. MEp. Rodrigo Adasme Jeria. Terapia Respiratoria Hospital Clínico Red de Salud UC-Christus. Escuela de Kinesiología. Universidad Andrés Bello. Director Científico DIKISOCHIMI. Santiago. Chile.

Klgo. Mg. Jorge Molina Blamey. Carrera de Kinesiología Facultad de Medicina Clínica Alemana - Universidad del Desarrollo. *Past president* DIKISOCHIMI. Santiago. Chile.

Klgo. MsC. Daniel Arellano Sepúlveda. Hospital Clínico Universidad de Chile. Escuela de Kinesiología. Universidad San Sebastián. Director Científico SOCHIMI. AARC Fellowship. *Past president* DIKISOCHIMI. Santiago. Chile.

Klgo. Lic. Javier Salas Oyarzo. Hospital Regional Guillermo Grant Benavente. Universidad de Concepción. *Past president* Filial Sur DIKISOCHIMI. Concepción, Chile.

Klgo. Lic. Horacio Abbona. TECME Global. AARC Fellowship. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

***Horacio Abbona es desarrollador de equipos de ventilación mecánica Neumovent® en TECME Global, Córdoba, Argentina. El resto de autores no presentan conflictos de interés comercial para el desarrollo de esta guía.**



Tabla de contenidos

Introducción.....	5
Objetivos	6
Plan de uso de equipos de ventilación mecánica no invasiva en usuarios intubados en pandemia	7
1. VM de UCI.....	7
2. VM de traslado, urgencias, UCI pediátrica y anestesia	8
3. VM no invasivos	9
4. VM de hospitalización domiciliaria	10
5. VM para uso en más de un sujeto	10
b. Debe seguir indicaciones precisas, como las planteadas en referencia.....	11
6. VM “artesanales” y prototipos	10
Uso histórico de ventiladores mecánicos no invasivos	12
Conceptos generales de funcionamiento de los ventiladores mecánicos no invasivos ..	15
Evidencia del soporte mecánico no invasivo	19
Tipos de equipos.....	20
Consideraciones en el uso de ventilador mecánico no invasivo en soporte invasivo	23
Recomendaciones finales	28
Referencias.....	29



Introducción

La pandemia por COVID19 ha generado al día 29 de abril de este año cerca de 3.000.000 casos de contagio, y 200.000 muertes aproximadas en el mundo, con su consiguiente crisis sanitaria debido a la carga asistencial que involucra un agente infeccioso que causa patología respiratoria, y que puede evolucionar a síndrome de dificultad respiratoria severa (SARS por su sigla en inglés) (1), con una mortalidad general por esta patología de un 35% aproximadamente (2), que no se ha visto reflejada en estadísticas nacionales (3), ni internacionales (4), reportando números inferiores al 6% de mortalidad en unidad de cuidados intensivos (UCI), siendo muchos de ellos por limitación del esfuerzo terapéutico (5). El enfrentamiento de esta patología viral se basa en el soporte que podemos brindarle al sujeto, específicamente respiratorio, donde el uso de equipos de soporte vital como el ventilador mecánico (VM) ha ganado notoriedad, tanto en el ambiente profesional como público, siendo el adecuado manejo de estos equipos, en suma al manejo interdisciplinario de estos sujetos críticamente enfermos, por parte del personal clínico especializado el elemento central en su mejor aprovechamiento y en el número reducido de mortalidad (6). Sin embargo, el asunto que moviliza esta guía es relacionado a la escasez de estos equipos de VM en ambiente de pandemia, por saturación del sistema de salud crítica, donde es necesario utilizar otros dispositivos llamado ventiladores mecánicos no invasivos (VNI), no creados dirigida mente para el fin de soporte ventilatorio invasivo en sujetos graves, como sistemas de soporte ventilatorio para hacer frente a esta demanda. En nuestro país con fecha 30 de abril del 2020, el Ministerio de Salud (MINSAL) reporta la existencia en la red nacional de UCI's un total de 1.699 VM's (8,7 equipos por cada 100.000 habitantes)(7), con un uso del 65% (1.057 en uso) de la capacidad (8), siendo aproximadamente 320 casos COVID-19 con tendencia parcialmente estacionaria (Figura 1). Esta situación en nuestro país y en América del sur, por su situación climática, se superpondrá con los virus respiratorios estacionales de invierno, lo que se transformará en un desafío diagnóstico, de manejo y de control de propagación de la pandemia de aún mayor dificultad, que puede derivar en escasez aún mayor de equipos, insumos y personal de salud calificado.

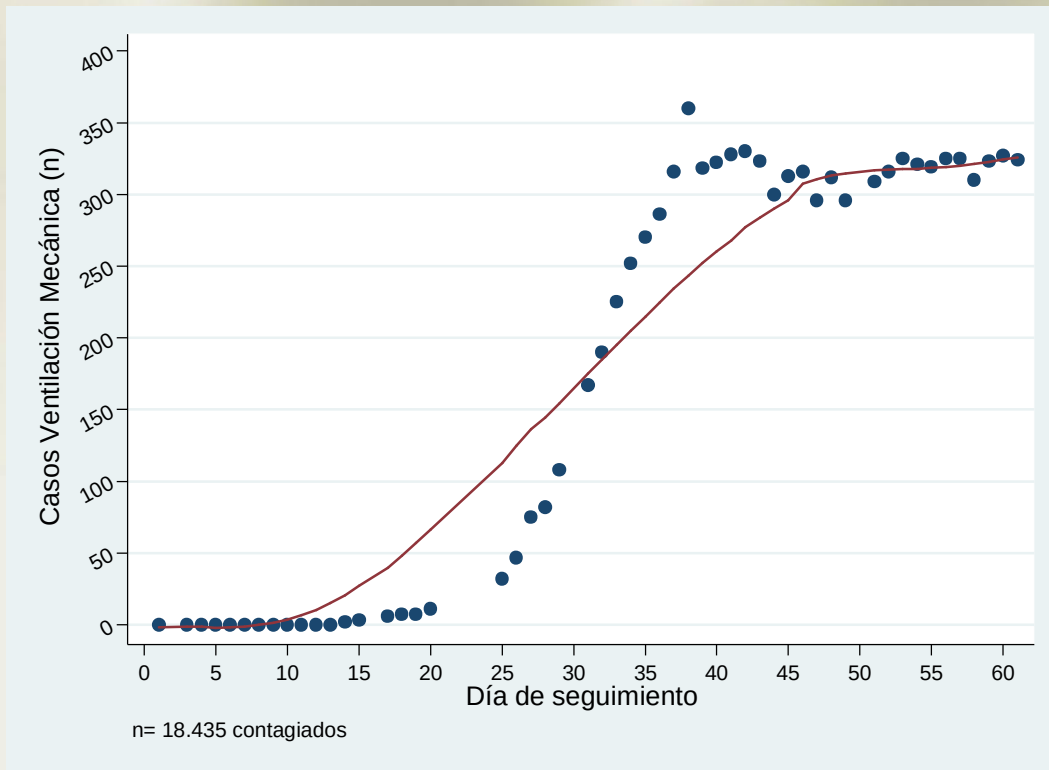


Figura 1. Número total de pacientes en ventilación mecánica invasiva COVID-19 por día de seguimiento de la pandemia desde 3 de marzo al 2 de mayo del 2020. Suavización mediante método LOWESS basado en reportes MINSAL (9)

Debido a esta situación y al plan de uso de equipos de VNI como VM para soporte invasivo se plantean los siguientes objetivos para esta guía de recomendaciones.

Objetivos

- Explicitar plan de uso de equipos de ventilación mecánica en situaciones de escasez.
- Actualizar sobre la evidencia específica de uso de VNI en COVID-19 y sobre el funcionamiento técnico de los equipos de VNI.
- Dictar recomendaciones técnicas y prácticas sobre el uso de equipos de VNI como soporte invasivo.



Plan de uso de equipos de ventilación mecánica no invasiva en usuarios intubados en pandemia

El uso de equipos para el soporte vital de los sujetos gravemente enfermos, considerando los de pandemia COVID-19, y los usuarios de UCI's por otras patologías que involucran un gran número debido a afecciones agudas, crónicas y reagudizaciones en crónicos, siendo éstas a su vez de origen respiratorio, cardíaco, trauma, y otras, en todos los rangos etarios del ciclo vital (neonatos, pediátricos y adultos), supone el uso racional, ordenado y adecuado de los equipos de soporte para satisfacer las necesidades de salud pública para cada uno de los potenciales usuarios. De este modo la SOCHIMI como sociedad científica consultada por el MINSAL en febrero de este año estimó el número y uso de los equipos de VM invasivo (VMI) (5). El uso de equipos sigue la lógica de asignación según disponibilidad del recurso y complejidad del caso a ventilar, siendo en orden jerárquico el siguiente:

1. VM de UCI

- a. Debido a su capacidad de administración de soporte ventilatorio, monitorización de situación mecánica del sujeto, capacidad de filtrado y disponibilidad en UCI es el dispositivo de elección para el manejo invasivo de los pacientes críticos. Su diseño constitucional es de soporte mecánico ventilatorio vital.
- b. Requieren para su funcionamiento, de manera general, aire medicinal y oxígeno de fuentes de alta presión (red mural a 50 PSI).
- c. Poseen batería interna y control preciso de la fracción inspirada de oxígeno aportada (FiO₂).
- d. La mayoría de estos equipos tienen “*software*” para realizar VNI, pero con compensaciones de flujo limitadas (<120 lpm).
- e. Alarmas simples y complejas.
- f. Corresponde al más disponible en las UCI's de Chile, siendo el número estimado a comienzos de marzo de 1.080 (actualmente 1.699) equipos.



2. VM de traslado, urgencias, UCI pediátrica y anestesia

- a. Todos estos equipos corresponden a segunda línea de uso.
- b. Permiten ajuste adecuado de FiO₂, parámetros y monitorización.
- c. VM de traslado y urgencias gestionan su propio aire mediante sistemas que absorben y presurizan aire ambiente.
 - i. De manera general, se les puede adicionar oxígeno adicional mediante fuentes de alta presión (red mural) y baja presión (flujómetros).
 - ii. Regulación poco precisa de la FiO₂ en sistemas de baja presión.
 - iii. Poseen limitaciones en cuanto a disponibilidad de modos ventilatorios, interfaz gráfica, capacidades de monitorización y disponibilidad en número de equipos.
 - iv. Son capaces de soportar pacientes durante periodos prolongados de tiempo (>7 días), según autonomía y modos.
 - v. Limitaciones en cuanto a circuitos de uso exclusivo.
 - vi. No existe número estimado de estos equipos.
 - vii. Alarmas simples.
- d. VM de UCI pediátrica generalmente corresponden a los mismos equipos usados en UCI adulto, salvo que cargan “software” pediátrico para ajustes de flujo base, volúmenes menores y umbrales de ajuste más precisos de alarmas.
 - i. Se excluyen de este punto los VM's para neonatología, que no son capaces por diseño de ventilar sujetos sobre 10 kilogramos de peso.
 - ii. La temporalidad conjunta entre pandemia de COVID-19 y virus estacionales de invierno podría hacer poco factible el traspaso de estos equipos entre unidades.
 - iii. Al 15 de abril, de 57 UCI's pediátricas del país (94,7%) la dotación de estos equipos es de 341 de VM, y de 284 equipos de VNI, con una ocupación de equipos de VM del 43,7%, y de VNI del 25,7% (10).



- e. VM de anestesia corresponden a equipos utilizados durante las cirugías para brindar soporte ventilatorio y administrar gases sedativos de manera inhalatoria.
 - i. Habitualmente tienen capacidad similar de ventilación y monitorización que un VM de UCI.
 - ii. Se encuentran limitados en modos.
 - iii. Funcionan con gestión de flujo diferente al VM invasivo, por lo cual pueden generar confusión en su programación y mecanismos de reinhalación.
 - iv. Interfaz y armado similar a VM de UCI.
 - v. Tienen la posibilidad de administrar gases halogenados como método de sedación, además de incorporar monitor cardiovascular invasivo en la gran mayoría de sus diseños.
 - vi. No diseñados para uso continuo por largo tiempo (>7 días).

3. VM no invasivos

- a. Estos equipos son la primera línea para soporte mecánico ventilatorio no invasivo, jerarquizando su uso según desempeño y gama (*"performance"*), y ajustado a la necesidad respiratoria del sujeto.
- b. Generalmente absorben aire del medio ambiente y lo presurizan mediante compresores, turbinas o turbinas modificadas para cambio de aceleración angular (*"blower"*).
- c. No son capaces de entregar modos de volumen control estricto (VCV), debido a la imposibilidad de gestionar flujos a demanda exclusivos, ni patrones cuadrados de onda. Sólo pueden brindar modos de presión control (PCV) o de volumen control asegurado.
- d. Bajo ciertas condiciones son capaces de brindar soporte mecánico ventilatorio invasivo, pero dependen de características tecnológicas del VM, del equipo profesional y de la capacidad de monitorización de ambos.
- e. No existen estimaciones formales de cantidad de estos equipos en UCI's del país.



- f. El ajuste de la FiO_2 es variable, dependiendo si cuentan con “blender” interno, y de su toma de oxígeno, pudiendo ser esta de baja presión (flujómetro), alta presión (red mural), o ambas. La gran mayoría puede incluir sistema de medición de FiO_2 (celda galvánica de oxígeno). La FiO_2 en los sistemas de baja presión está limitada a 60%.

4. VM de hospitalización domiciliaria

- a. Corresponden a equipos de una amplia gama, que van desde equipo de traslado sofisticados a equipos simples de presión positiva continua en la vía aérea (CPAP).
- b. El uso de estos equipos debe ser evaluado caso a caso, y corresponderá al soporte primario de sus usuarios en ambiente domiciliario y hospitalario al ingreso.
- c. Considerar uso de filtros adecuados para su armado.
- d. Algunos consideran algoritmos para monitorización de saturación de pulso de oxígeno (SpO_2) en su diseño.

5. VM “artesanales” y prototipos

- a. Hasta ahora ninguno se ha certificado para su uso con humanos en el país.
- b. Alternativas diversas desde sistemas compresores de bolsas de auto insuflación manual (“*Air mask bag unit*”, es una marca comercial con su acrónimo A.M.B.U.®) (11), pasando por sistemas de presión de distensión positiva continua en la vía aérea que regulan flujos (12), hasta sistemas con válvulas proporcionales reguladas mediante microprocesadores que controlan flujo y FiO_2 (13).



6. VM para uso en más de un sujeto

- a. A pesar de desaconsejar esta técnica en una guía anterior, ante la luz de la necesidad, podría considerarse una técnica válida en caso de crisis sanitaria extrema.
- b. Debe seguir indicaciones precisas, como las planteadas en referencia (14).
- c. Sólo personal altamente entrenado debe hacerse cargo de esta adaptación.

Como ya se mencionó anteriormente, el uso racional de estos equipos y de manera escalonada y jerárquica, según la necesidad asegura el máximo de beneficios para los potenciales requirentes y los usuarios clínicos de estos sistemas de soporte. El personal más capacitado, en términos de uso de equipos en sujetos graves, dentro de la unidad debe dar el apoyo técnico para estas medidas.



Uso histórico de ventiladores mecánicos no invasivos

La VM clásica inicia su uso masivo en tiempos de la epidemia de poliomielitis en los años 30's del siglo pasado, siendo VNI de base. Con el advenimiento de equipos de presión negativa conocidos como *"iron lung"*, donde su base de funcionamiento es el uso presiones negativas extratorácicas, mediante un tanque, coraza o poncho, para generar el ingreso de aire desde el medio externo hasta los pulmones del sujeto, sin el uso de una vía aérea artificial (15,16). Anteriormente se habían usado equipos a presión positiva en pilotos de la primera guerra mundial, como método de rescate del alteraciones por presión barométrica, con equipos como Pulmotor de Dräger (16) y uso de mascarillas o cánulas orofaríngeas, sin embargo este enfoque no fue el prioritario.

Esta situación empieza a cambiar masivamente en los años 50's, donde las complicaciones de acceso, interfaz, *"shock"* de tanque, y daño pulmonar debido a la incapacidad de controlar los volúmenes y presiones del sujeto en presión negativa nos remontan a equipos con diseños anteriores, pero a presión positiva, usando interfaces invasivas (tubo traqueal (TT) o traqueostomía (TQT)), y no invasivas (máscaras), definición que hasta hoy se mantiene para marcar la diferencia entre ambos tipos de soporte, invasivo y no invasivo. Por lo mismo, la diferencia sólo es el tipo de invasión de la interfaz, y no por el equipo o sus circuitos en sí mismo (17,18).

El uso de equipos de VNI marca diferencias con el CPAP de Gregory & cols (19) en neonatología en los años 70's, donde mediante cánulas nasales o cajas cefálicas se entrega presión positiva a recién nacidos de forma no invasiva, o el uso de botellas al final de la manguera espiratoria del VM para brindar PEEP en el manejo del síndrome de distrés respiratorio del adulto (16,20). De este momento, el uso de CPAP y PEEP vienen a ser la piedra angular en el soporte ventilatorio de cualquier sujeto en VM. Siendo la VNI hasta el día de hoy, el tratamiento inicial en el síndrome de distrés respiratorio (SDR) neonatal (21). En los años 80's se comienza a masificar el uso de equipo de CPAP y ventilación binivelada por mascarilla en ambiente domiciliario, como tratamiento de la apnea obstructiva del sueño (22). El equipo Respironics ST/D (Respironics Inc, Murrysville, PA. USA) fue el primer sistema de VNI que se comienza a utilizar en UCI (22) de manera rutinaria, con posibilidad de entregar CPAP, ventilación binivelada en secuencias espontáneas (S), espontánea / tiempo (ST), o ciclada por tiempo (T), con posibilidad de sumar oxígeno adicional en circuito de una rama, y necesidad de portales



de fuga espiratoria en el circuito proximal al paciente, o en la interfaz. También, es el primer equipo que de manera anecdótica se comienza a ocupar como generador de flujo y presión en pacientes con traqueostomía en los años 90's. A partir de este equipo, se van generando equipos con turbinas cada vez más silenciosas y con mejor compensación de fuga, hasta llegar a equipos exclusivamente diseñados para UCI, siendo el equipo más reconocido Respironics Vision (Respironics Inc, Murrysville, PA. USA), que cuenta con sistemas de “blender” para entrega de FiO2 desde una fuente de alta presión, pantalla gráfica, y sistema de fuga proximal al paciente de base en el circuito, con manguera adicional de pilotaje de presión proximal. En situaciones de crisis, también es dentro de los primeros equipos, que se comienza a ocupar para ventilar pacientes con traqueostomía o intubados.

En Chile, a fines de los años 90's y comienzos del año 2000, el aumento de usuarios dependientes de tecnología debido a un sin número de patologías, comienza a poner en jaque a los sistemas de salud pública y privada debido al uso de camas críticas por pacientes sub-agudos. Esto genera la necesidad imperiosa de poder derivar estos pacientes con equipos de soporte vital, como VM, a locaciones de menor riesgo como sus domicilios en el caso nacional, pero con sistemas que satisfagan sus requerimientos respiratorios. De este modo, gran cantidad de pacientes, comienzan a ir a sus casas bajo sistema de hospitalización domiciliaria asociados a los seguros catastróficos de las instituciones de salud previsional nacionales (ISAPRE) con equipos de VM de traslado o CPAP “artesanales” de la época (PLV-102, Newport HT50, “Down's” CPAP, entre otros) mediante traqueostomías (TQT). La carestía de equipos y/o gases, aunque menor que el día cama de UCI, y la escasa disponibilidad de estos equipos hace plantear en este ambiente el uso de equipos de VNI (llamados “livianos”) provenientes del ambiente de terapia del sueño, como dispositivos para ventilar mediante TQT, utilizando portales de fuga proximales al paciente para disminuir el flujo y permitir la exhalación de dióxido de carbono (CO2) (23). El caso más clave en la historia nacional, el año 2007, es el uso de estos equipos de ventilación binivelada no invasiva (Respironics Harmony (Respironics Inc, Murrysville, PA. USA) en usuarios con vía aérea artificial en domicilio (TQT), que se encontraban bajo los programas gubernamentales de asistencia ventilatoria no invasiva en domicilio (AVNI) (24) y asistencia ventilatoria invasiva en domicilio (AVNIA) (25). Esta situación fue duramente discutida por organismos internacionales, debido a que la



definición de ventilador de cuidados críticos, por ende, sistema de soporte vital (26) se basa en un equipo que es usada para mantener una persona viva cuando esta críticamente enferma y no puede respirar sin ayuda, donde la certificación de la “*Food and Drug Administration*” (FDA) no consideraba a los equipos de VNI por no poseer baterías, ni haber sido diseñados para el fin de ventilar por TQT o TT. A partir del desarrollo de equipos modernos de VNI en UCI como Respirationics V60 (Philips, Koninklijke, NV, USA), Dräger Carina (Drägerwerk AG & Co, Lübeck. Alemania); y equipos de VNI de gama intermedia como Respirationics Trilogy (Philips, Koninklijke, NV, USA), Resmed Stellar (ResMed, Australia), esta definición alcanza a estos equipos mono rama, pues incluyen en su diseño baterías incorporadas, configuraciones para TQT y portales exhalatorios o válvulas espiratorias desarrolladas para este fin. Este diseño de equipo hoy se aplica a la construcción de la gran mayoría de equipos. Actualmente, Philips ha declarado su equipo Respirationics V60 como sistema de soporte ventilatorio no invasivo e invasivo para pacientes pediátricos y adultos que respiran espontáneo (27), ampliando definitivamente el uso de estos equipos para el soporte vital de pacientes intubados (28). Otros equipos con capacidad de VMI disponibles actualmente en el mercado nacional son marcas y modelos como: Lowenstein PrismaVent, Respirationics Trilogy Evo, Puritan Bennett 560, entre otros.



Conceptos generales de funcionamiento de los ventiladores mecánicos no invasivos

La diferencia entre la VMI y VNI no está determinada por el equipo, si no por el tipo de interfaz con la cual el sujeto es conectado al equipo. La VMI, tal como lo dice su nombre, invade la vía aérea del paciente, usando TT o TQT. En cambio, la VNI utiliza como interfaz una mascarilla, por lo que no requiere invadir la vía aérea del paciente. (29)

En ambos casos, los principales equipos utilizados son generadores de presión positiva, que insuflan un flujo de gas al paciente a través de la generación de un gradiente de presión. La presión generada depende de dos grandes factores: el flujo y la resistencia. La variación de cualquiera de estos dos parámetros generará presión, que se transmitirá al paciente. La ecuación que representa este funcionamiento es:

$$F \quad (L/m) = \Delta P \quad \text{ón} (c1 \quad 20) \times R \quad (c1 \quad 20/L/m)$$

Los sistemas de gestión más clásicos en adultos eran los sistemas de flujo a demanda, inminentemente volumétricos y ajustados al desplazamiento de un fuelle o apertura de una válvula proporcional o solenoide para entregar un flujo de gas fresco ante un tiempo predeterminado o ante el disparo de un umbral. Este sistema era incompatible en sujetos que respiraban espontáneo, pero débiles o niños, incapaces de sobrepasar el umbral de disparo por lo cual se generan sistemas de flujo continuo, que mantenían circulando un monto de gas fresco similar o mayor a la necesidad ventilatoria del sujeto de manera permanente. En ambos casos existe una válvula espiratoria al final que controla la salida del gas espirado, cuya restricción constituye la generación de la PEEP. El advenimiento de VM's con microprocesadores, genera el conjunto de ambas tecnologías en equipos con sistemas de gestión de flujo "dual" y procesos de retroalimentación(16,17), donde existe un flujo de base ("bias flow") que continuamente se esta eliminando al medio externo, pero es clave para la mantención de la PEEP y como señal de disparo para la respiración espontánea del paciente en VM ("trigger"); y un flujo a demanda que viene a satisfacer la necesidad de los parámetros programados en el equipo, ya sean estos limitados por presión, volumen o dual (VCRP, VC+, VG, AVAPS, iVAPS) (30).

La monitorización clásica involucra sensores de presión y flujo en las vías inspiratorias y espiratoria (30,31) con integración en el microprocesador que nos permite tener de manera continua información de presión, flujo, volumen corriente y tiempo tanto inspirados como espirados (Figura 2).

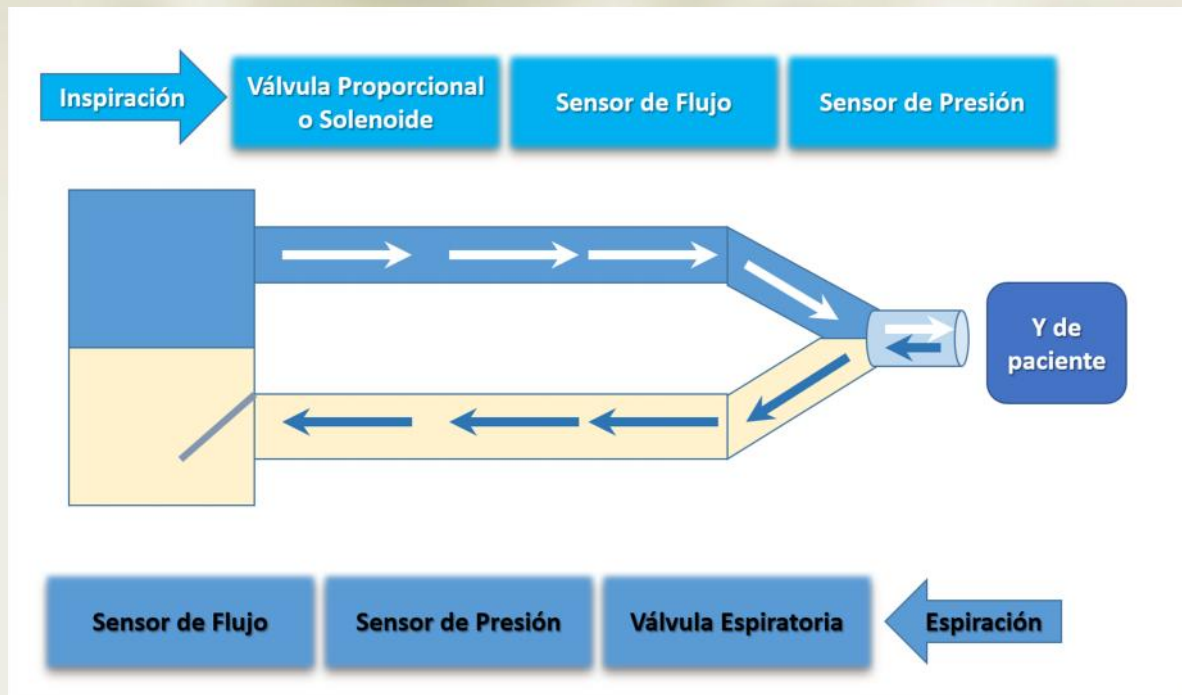


Figura 2. Sistema de integración de un VM actual de dos ramas, con canal inspiratorio compuesto por válvula inspiratoria, sensores de flujo y presión; y canal espiratorio compuesto por sensores de flujo y presión más válvula espiratoria. Recuerde que los gases son exhalados al medio ambiente externo después de pasar por la válvula espiratoria.

En los equipos de VNI, que generalmente son mono rama, el sensor de presión y flujo inspiratorio miden lo entregado al sistema, pero hace estimaciones del flujo que llega al sujeto considerando dentro de su algoritmo el flujo utilizado, la resistencia del circuito, la fuga del sistema y la presión alcanza, que en algunos equipos es dada por un pilotaje de presión mediante una línea proximal a la conexión al paciente, otros equipos tienen la posibilidad de uso de un sensor de flujo proximal para medición de presión y flujo cerca del paciente. Este flujo responde a la ecuación:

$$F_{ti} \text{ (L/m)} = F_{es} \text{ (L/m)} + F_{df} \text{ (L/m)}$$

Los equipos diseñados para VNI más utilizados se caracterizan por usar un solo corrugado (ventiladores de mono rama), a diferencia de los equipos más comúnmente usados en la VMI, que poseen dos ramas (corrugados): una inspiratoria y una espiratoria, con una pieza en “Y” como conexión entre el paciente y ambos corrugados. (29)

Los ventiladores de dos ramas, clásicamente utilizados para VMI, poseen una válvula inspiratoria y espiratoria. Generalmente, durante la fase de inspiración, la presión se genera por apertura de la válvula inspiratoria y el cierre de la espiratoria, en cambio, en la espiración, el mecanismo funciona de manera contraria. La generación de PEEP depende de la apertura parcial de la válvula espiratoria durante la fase espiratoria. Por lo tanto, la generación de presión en estos equipos es producida por cambios en la resistencia, como se esquematiza en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** (32)

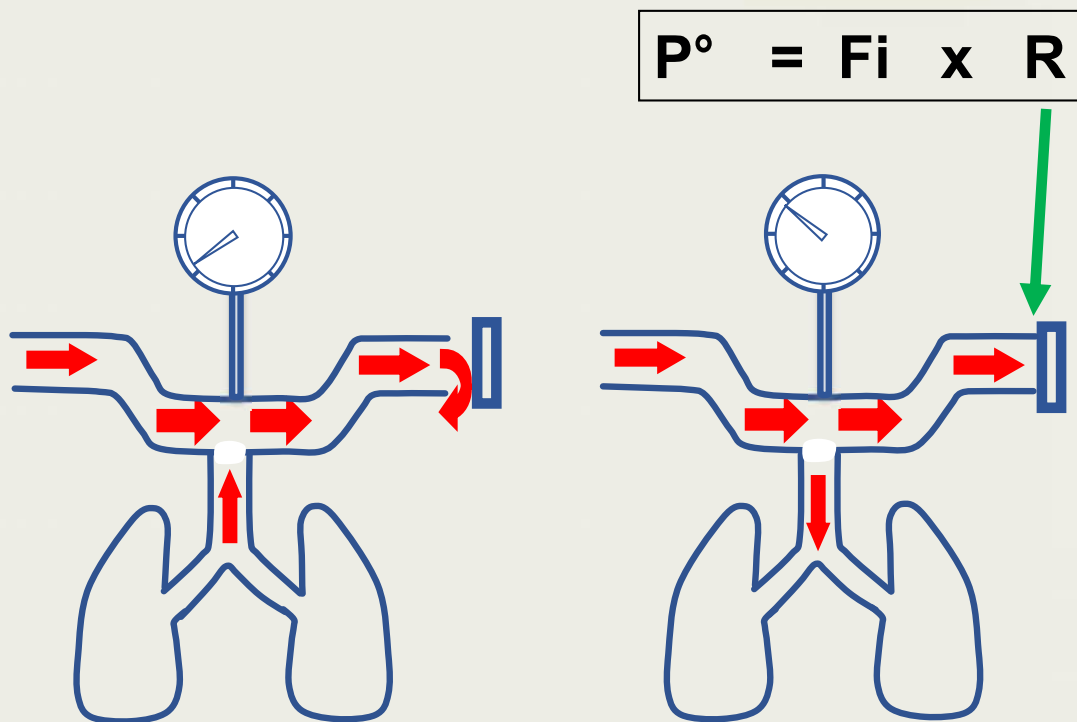


Figura 3. Funcionamiento ventilador bi-rama: Circuito inspiratorio y espiratorio.
Con válvula espiratoria (resistencia)

Por otra parte, los equipos de mono rama poseen un puerto de fuga de gas, que consiste en un orificio por donde escapa el gas, lo más cercano posible del usuario. Si el flujo generado por el equipo es mayor al flujo de escape del gas, se generará una presión positiva que será transmitida al paciente. El grado de presión generada dependerá del flujo producido(32). Este ventilador produce un flujo alto durante la fase inspiratoria para producir la presión inspiratoria, y un flujo más bajo para generar la presión espiratoria (CPAP/PEEP/EPAP). Por lo tanto, estos equipos generan presión a través de variación del flujo, usando una resistencia conocida (o puerto de fuga constante, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.4**).

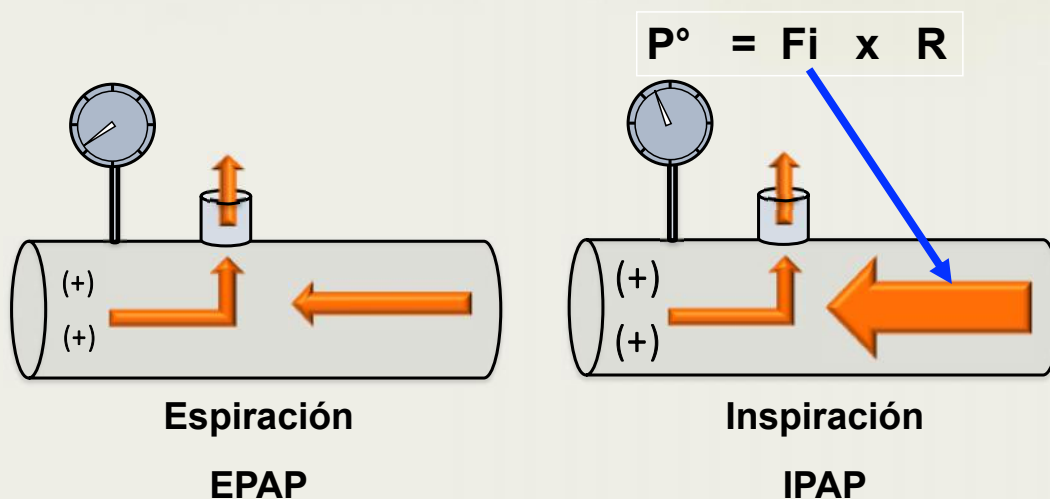


Figura 3. Funcionamiento ventilador mono rama.

Independiente del tipo de ventilador, ya sea mono rama o bi rama, que generen presión (principalmente por presión en el caso de los mono rama) y poseer diferentes modalidades y mecanismos de control, monitorización y alarmas.



Evidencia del soporte mecánico no invasivo

A mediados de marzo la OMS publica una guía de manejo de pacientes con COVID-19 (21), destacando en pacientes que requieran soporte/apoyo ventilatorio no invasivo lo siguiente:

1. La selección adecuada de los pacientes que reciben VNI debe estar acompañada de profesionales expertos que monitoreen e identifiquen precozmente la necesidad de intubación y no retardarla, planteando como tiempo límite 1 hora para esta decisión.
2. Los elementos que se deben considerar en su implementación son aerosolización durante la terapia y el potencial aumento de los volúmenes que recibe el paciente, con su consiguiente injuria asociada al aumento de la presión transpulmonar.

Con posterioridad ha aparecido evidencia que sugiere el uso de la VNI como método de elección de soporte ventilatorio en la UCI (28). Dentro de las recomendaciones que se plantean están el uso de habitaciones a presión negativa, la adecuada selección de las mascarillas sin puerto espiratorio incluido y la posibilidad de incorporar filtros de buena calidad en los circuitos usados ya sea de una o dos ramas (34). Se deben evitar las fugas de aire involuntarias y de primera elección utilizar equipos de VNI de alta “*performance*”. (35–37)

A pesar de la evidencia controversial del uso primario de VNI en el soporte de COVID-19, se sugiere el uso temprano de CPAP con tiempos de observación breves para escalamiento terapéutico (38), y uso de filtros adecuados (34). Se plantea su uso en pacientes cuidadosamente seleccionados, en centros con experiencia y en ambiente protegido (39,40). El uso de VNI en la falla post extubación, tanto profiláctica, como de rescate, requiere más evidencia específica para avalar o desestimar su uso (41), sin embargo, es planteable en grupos de riesgo (42) y con filtrado adecuado de aerosoles ambientales (34).

Recomendaciones para selección de equipos de VNI para soporte invasivo

1. En términos de generación de aire para presurizar el sistema, el uso de turbinas, pistones y/o “blowers” de los equipos, no parece haber diferencia respecto a su “performance”, pues sus productos tensión tiempo son similares en valores de VM de adulto (Figura 4) (43). Sin embargo, los equipos con turbina y “blowers” presentan presurización más rápida, lo cual evita problemas de sincronía paciente ventilador (44).

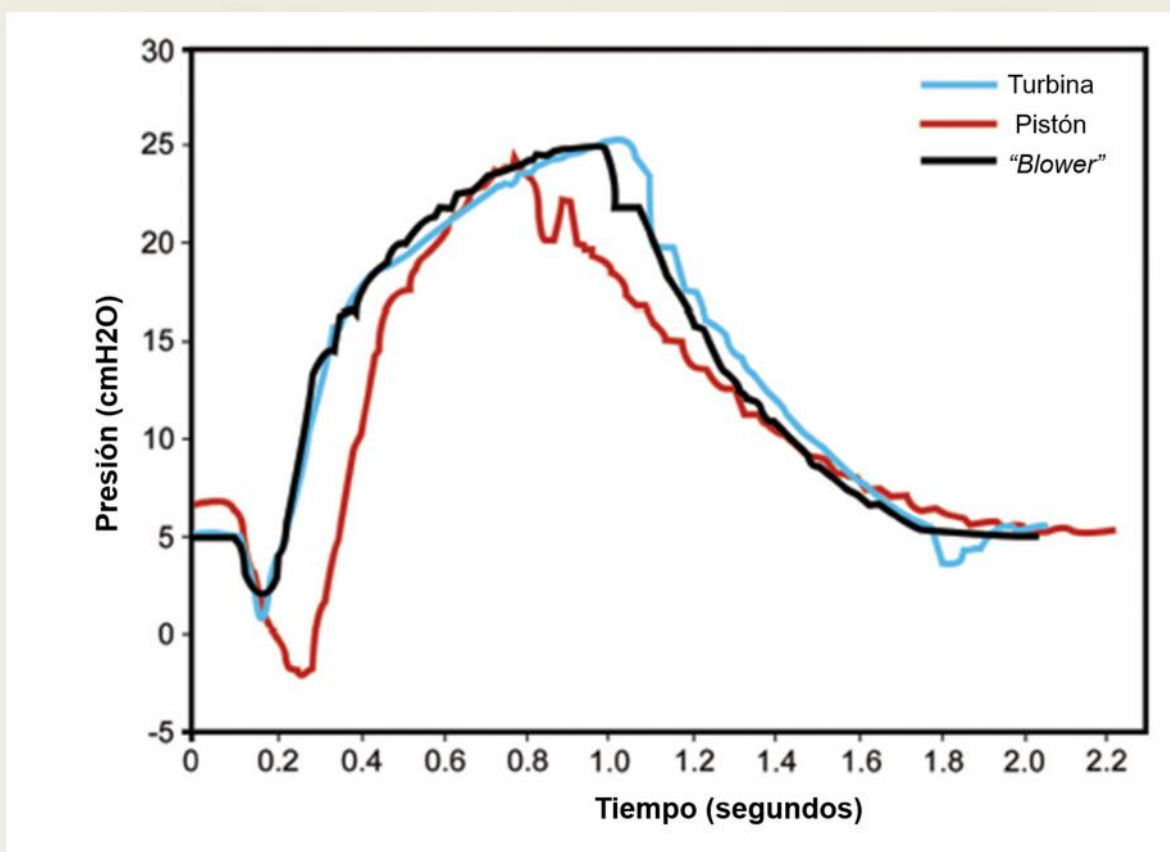


Figura 4. Producto presión tiempo entre los diferentes equipos que generar su propio aire. Traducido de referencia (43).



2. Como primera alternativa recomendaríamos equipos de VNI que permitan el uso de circuitos de doble rama, es decir con válvula espiratoria activa, que permitirían una mejor y más segura filtración del aire exhalado mediante sistema de filtros adecuados (34) y mejor control del gas espirado.
3. El equipo debe tener elementos mínimos de seguridad o bioseguridad:
 - a. Alarmas: como mínimo de desconexión, volumen corriente alto y bajo, volumen minuto alto y bajo, frecuencia respiratoria alta y baja, respaldo o “back-up” de frecuencia respiratoria, presión alta y baja.
 - b. Batería de respaldo eléctrico, de otra manera considerar el uso accesorio de una “uninterruptible power supply” (UPS), tras verificar autonomía mínima de 30 minutos para el consumo eléctrico del equipo.
 - c. Adecuada capacidad de presurización, por lo menos 40 cmH₂O de presión inspiratoria, y 20 cmH₂O para presión espiratoria (EPAP / PEEP).
 - i. El diferencial de presión mínimo debería permitir una “driving Pressure” de 5 a 10 cmH₂O, que, en el caso de estos pacientes con mecánica no muy alterada, podría ser suficiente para ventilar de forma segura. De igual forma, podría ser un problema en pacientes con una severa alteración de la distensibilidad del sistema respiratorio, con “drive” respiratorio aumentado, que requieran mayores diferenciales de presión. En este caso, son equipos de transición para VM’s de mayor “performance”.
4. El equipo debe tener ajuste del tiempo inspiratorio (Ti), para poder ventilar de manera mandatoria en modos de PCV, y en modos de VCV asegurado, como “average volumen assured pressure support ventilation” (AVAPS®) o “intelligent volumen assured pressure support” (IVAPS®).
5. El equipo debe tener idealmente sistema preciso de mezcla de aire / oxígeno (“blender”) dependiente de sistemas de alta presión de oxígeno, para regular y mantener estable una FiO₂, con rangos de 21 a 100%.
6. El equipo debería tener una amplia gama de monitoreo de las variables ventilatorias y gráficas. Debemos tener en cuenta que el monitoreo del Vt en algunos equipos es un valor inspiratorio o estimado, con más errores en la interpretación con respecto a los ventiladores invasivos de UCI.
 - a. Considerar sistemas con sensores de flujo espiratorio, o proximales como equipos con mejor rendimiento en monitorización respiratoria.
7. En los equipos de ventilación no invasiva de mono rama es mandatorio el uso de un HMEF conectado al tubo traqueal del paciente, en los de dos ramas el uso de HMEF en la “Y” o filtro viral / bacteriano antes de la válvula espiratoria (34).



8. En caso de usar humidificación activa deberían utilizarse puertos espiratorios con la capacidad de colocar un Filtro bacteriano/viral para contener la posible aerosolización.
 - a. Ese Filtro NO debería ser electroestático en lo posible, ya que este tipo de filtro pierde capacidad de filtrado al mojarse o sobresaturarse. Por lo tanto, de preferencia utilizar filtros de partículas hidrofóbicos, por ejemplo: Pall BB100®.
9. Si usa humidificación activa se debería utilizar:
 - a. Circuito calefaccionado (o sea, con cable calefactor interno) de doble rama o de 1 rama y;
 - b. Cámara de autollenado para evitar la apertura del circuito o sistema.
10. Utilizar sistemas de succión con circuito de aspiración cerrado.
11. En caso de prever la necesidad de aerosoles terapéuticos preferir inhaladores de dosis medida, y colocar de antemano una aerocámara plegable extensible u otro dispositivo similar, para evitar abrir el circuito.
 - a. En caso de necesitar nebulizar se sugiere el uso de dispositivos tipo malla vibratoria (*"mesh"*).
12. Para mejorar la eliminación de CO₂,
 - a. Se puede dejar abierto el tapón de conexión *"Lüer Lock"* que tienen los HMEF, como sistema de aumento de barrido, y filtrado, a su vez, del gas exhalado.
 - b. Se puede usar en lugar de puertos espiratorios pasivos en el circuito, puertos espiratorios activos como la válvula *"plateau"* o válvulas espiratorias.
 - i. Este potencial problema, no debería ser un gran inconveniente con equipos que proveen una EPAP mínima de 4 cmH₂O.



Consideraciones en el uso de ventilador mecánico no invasivo en soporte invasivo

Los ventiladores bi rama generalmente no toleran la fuga, en cambio, los ventiladores mono rama generalmente funcionan a través de fuga de gas por su válvula espiratoria (conocida también como válvula o puerto de fuga), lo cual genera un problema en el manejo de los pacientes con COVID-19, ya que este sistema de operación favorece la diseminación de aerosoles, y así, podría aumentar el riesgo de contagio en profesionales de la salud, al estar más expuestos al virus. Algunas guías realizadas por sociedades científicas (36,37,39), no recomiendan su uso como sistemas de soporte ventilatorio no invasivo para este tipo de pacientes, sin embargo, su uso puede ser factible considerando los aspectos de bioseguridad (34,45), en especial al ser utilizado para ventilación mecánica invasiva.

Con respecto a los equipos con mono rama para la ventilación invasiva, la mayoría de los equipos mono rama funcionan a fuga, y pueden generar presiones inspiratorias hasta 40 cmH₂O, generando volúmenes corrientes máximos hasta 2000 mL (algunos equipos hasta 4000 mL), con FR hasta 50 rpm y flujos inspiratorios de 200 lpm o más. Por lo tanto, son capaces de responder a las necesidades de los pacientes con COVID-19, y a la gran mayoría de los pacientes de UCI. Además, están provistos de diferentes modalidades ventilatorias (CPAP, PC, S/T, VCV, PCV, PS, SIMV) lo que permite entregar soporte ventilatorio, independiente del estado de conciencia del paciente y el estado de la patología. Por otra parte, estos equipos traen incorporados sistemas de alarma, lo que da más seguridad a la ventilación del paciente.

La VMI, usando ventiladores diseñados para dar soporte no invasivo, ha sido aplicada ampliamente en pacientes crónicos y/o traqueostomizados, demostrando poder mantener de forma segura por varios días, en el artículo de Ibrahim & cols (46) ventilaron pacientes traqueostomizados utilizando ventiladores a fuga, diseñados para VNI por más de 53 días e, incluso después del alta hospitalaria. Otros estudios, también mencionan la importancia del equipo profesional que trata a estos pacientes y aplica esta tecnología para su éxito (47), siendo el factor clave para el uso adecuado de estos dispositivos.



Dentro de los equipos a fuga diseñados para soporte ventilatorio no invasivo, hay ventiladores muy sofisticados, capaces de brindar múltiples modos ventilatorios, así como entregar una concentración estable y conocida de oxígeno (FiO_2), ya que poseen “blender” o mezcladores de aire / oxígeno y sensores capaces de medir la FiO_2 entregada al paciente. Entre estos equipos destacan los ventiladores V60, BiPAP Vision, y Trilogy de Phillips-Respironics; y Carina de Dräger, como ya se mencionaron previamente. Existen otros equipos que no poseen mezclador aire/oxígeno, pero sí traen un puerto (o conector) para administrar directamente oxígeno desde un flujómetro (baja presión). Estos equipos traen incorporados sensores de oxígeno y, por lo tanto, pueden indicar FiO_2 administrada al paciente, la cual puede variar y ser ajustada según los litros por minuto que se programen en el flujómetro. Dentro de estos equipos encontramos los ventiladores PB560 de Medtronic; y Astral 150, y Stellar de Resmed. Los ventiladores a fuga más simples, no traen incorporado un sensor de oxígeno ni “blender”, y se le pueden inyectar oxígeno de manera externa desde un flujómetro.

Independiente del modelo o “performance” de un equipo, la mayoría de los ventiladores a fuga de mono rama podrían ser usados para la ventilación de pacientes con vía aérea artificial, teniendo en cuenta que funcionan con fuga de gas, siendo la mayor complicación para el uso de los ventiladores no invasivos a fuga, la contaminación por dispersión de aerosol al ambiente (45), lo cual ha sido demostrado por diversos trabajos y ha llevado a algunas sociedades científicas considerar con precaución su uso en pacientes infectados con SARS-CoV2 (48). Cabe destacar que la dispersión depende no solo de la programación del equipo, sino también de la interfaz utilizada. Al ser usado estos equipos con máscara facial, la máxima distancia de dispersión de aerosoles puede alcanzar 92 cm., sin embargo, podría ser menor al estar conectado en un paciente con vía aérea artificial.

Existen algunas soluciones para minimizar la dispersión del virus, y la más importante es el uso de filtros viral / bacterianos de alta eficiencia (filtración > 99,999%) (47). Se recomienda en pacientes con vía aérea artificial el uso de filtros humidificadores pasivos (HMEF) entre el puerto de fuga y el tubo endotraqueal (Figura 56), aunque, también se podría usar un filtro en el mismo puerto de fuga si el conector del puerto lo permite (Figura 6).

No es necesario duplicar el número de filtros si ya se cuenta con alguno de estos dos sistemas. En paciente COVID-19 no se recomienda el uso de humidificación activa, por lo

que el uso de HMEF sería la principal indicación, ya que filtra el gas espirado por el paciente, protegiendo al ambiente y al personal de salud, y a la vez permite entregar calor y humedad al gas inspirado por el paciente, aunque de utilizarse existen formas adecuadas de filtración. (34)

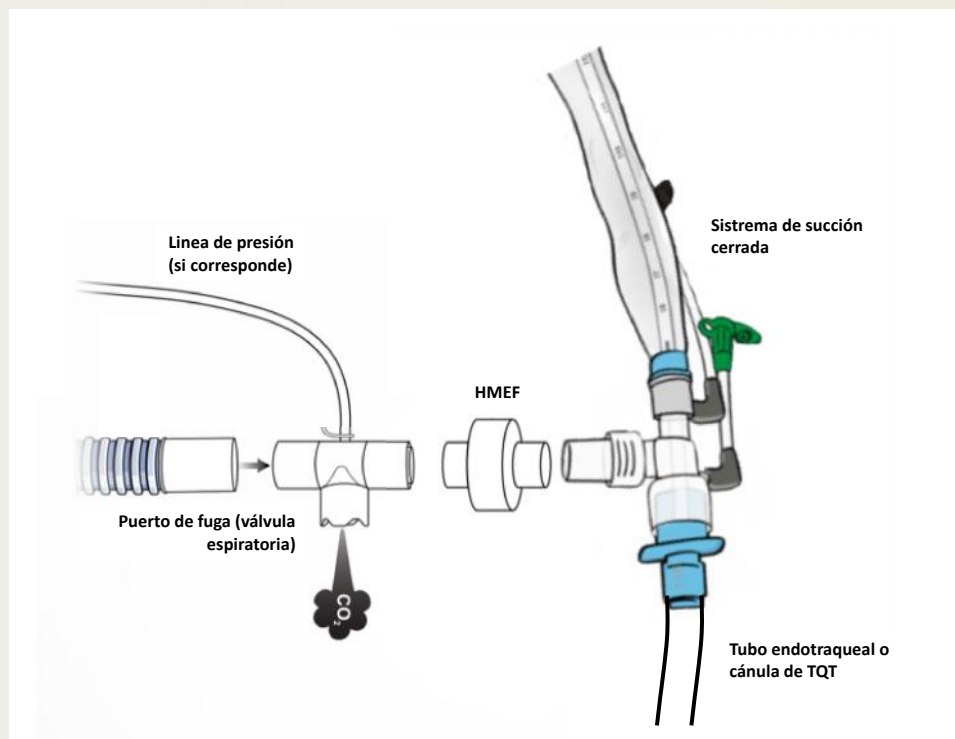


Figura 5. Uso de HMEF en paciente intubado con ventilador a fuga (mono rama).

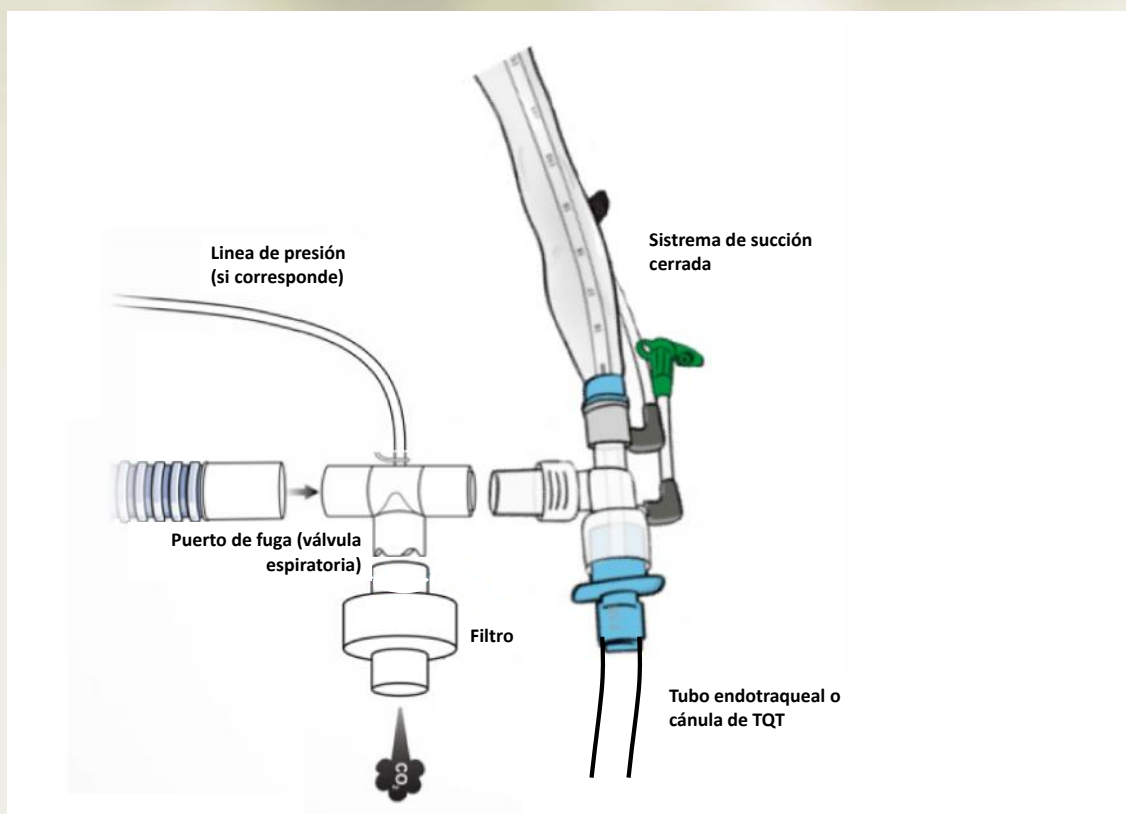


Figura 6. Uso de filtro lateral en puerto de fuga en paciente intubado con ventilador a fuga (mono rama).



Cabe destacar que el uso de un HMEF puede aumentar el espacio muerto instrumental (Vd) lo que podría favorecer la retención de CO₂ y aumentar el trabajo respiratorio en pacientes con respiración espontánea. Este Vd dado por un HMEF adulto se encuentra entre los 40 y 55 mL lo cual no debería impactar de forma importante en esfuerzo ventilatorio del paciente. Por otra parte, el barrido de CO₂ se optimiza con uso de EPAP/CPAP sobre 4 cmH₂O (8 cmH₂O en pacientes hipercápnicos) (23). Se hace necesario, además, un control de gases arteriales para monitorizar la adecuada ventilación del paciente.

Es importante considerar también el uso de sistemas de succión cerrada y la fijación de todas las conexiones del sistema, para evitar la desconexión innecesarias o accidentales del sistema, que podría aumentar la dispersión de aerosoles.

La monitorización de variables mecánicas es algo más compleja en VNI debido a limitaciones intrínsecas de sus pantallas y sensores de flujo, pero en ambientes de baja fuga, los valores reportados son cercanos a la realidad, por lo cual se sugiere tomar con cautela estos valores y considerar la tendencia de ellos. Estos equipos en su mayoría entregan ventilación controlada por volumen como una derivación de la ventilación por presión, por lo cual la ventilación con flujo cuadrado es casi inexistente como modo, siendo a su vez la medición de presión de “plateau” mediante pausa inspiratoria una medida inexistente en estos equipos, sin importar su gama.



Recomendaciones finales

- Ante situación de escasez de equipos de VMI, el uso de equipos de VNI pueden usarse como una 2° o 3° línea de soporte.
- La selección adecuada de los pacientes y el monitoreo frecuente son necesarios si se decide esta terapia en pacientes COVID-19, donde se debe prestar atención a monitorización de variables respiratorias y de desempeño del equipo, de manera continua, con alto grado de sospecha ante complicaciones.
- El uso de estos equipos debe considerar un armado idóneo para el soporte de sujetos con vía aérea artificial y filtrado adecuado del gas espirado para evitar la contaminación del equipo y la propagación de aerosoles contaminados al medio ambiente.
- El armado, uso, supervisión, cuidados e intervención con estos equipos debe ser cuidadosamente realizada por profesionales competentes en el uso de este tipo de equipos, y en la evaluación y tratamiento de sujetos gravemente enfermos con compromiso vital.
- Sugerimos que los miembros más entrenados dentro de los grupos con kinesiólogos intensivistas especialistas sean quienes se encarguen del uso y adaptación de estos equipos para pacientes graves.
- El uso de estos equipos en fase aguda de infección por COVID-19 es la más delicada por su uso con VAA, siendo una alternativa de 2° - 3° línea en invasivo, con las recomendaciones de filtrado del aire exhalado y minimizando las fugas. En la fase de “*weaning*” el desempeño del equipo debe evaluarse mediante la sincronía paciente ventilador. Durante todas las fases de uso debe haber monitorización estricta de variables fisiológicas, mecánicas, clínicas y de sincronía entre el equipo y el paciente.
- Es planteable el uso de estos equipos como puente intermedio de espera para uso de dispositivos más sofisticados. Así también, como puente para la liberación de estos mismos equipos de UCI, con mayor “*performance*”, a medida que el sujeto mejora, pero aún requiere VM.
- El uso de VNI con interfaz no invasiva, con las recomendaciones de filtrado del aire exhalado y minimizando las fugas, es una alternativa en la falla primaria “*de novo*” evitando retardar la intubación, y como uso profiláctico y de rescate adecuada en la fase de “*weaning*” y extubación del paciente crítico COVID-19.



Referencias

1. Enfermedad por el Coronavirus (COVID-19) - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud [Internet]. [citado 17 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/coronavirus/enfermedad-por-coronavirus-covid-19>
2. ARDS Definition Task Force, Ranieri VM, Rubenfeld GD, Thompson BT, Ferguson ND, Caldwell E, et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition. JAMA. 2012;307(23):2526–33.
3. Soc. Chilena de Medicina Intensiva [Internet]. [citado 19 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.medicina-intensiva.cl/site/>
4. Roussel Y, Giraud-Gatineau A, Jimeno M-T, Rolain J-M, Zandotti C, Colson P, et al. SARS-CoV-2: fear versus data. Int J Antimicrob Agents. 2020;105947.
5. Sociedad Chilena de Medicina Intensiva [Internet]. [citado 21 de marzo de 2020]. Disponible en: <https://www.medicina-intensiva.cl/site/>
6. Goligher EC, Ferguson ND, Brochard LJ. Clinical challenges in mechanical ventilation. Lancet Lond Engl. 2016;387(10030):1856–66.
7. Proyecciones de Población [Internet]. Default. [citado 19 de abril de 2020]. Disponible en: <http://www.inec.cl/estadisticas/sociales/demografia-y-vitales/proyecciones-de-poblacion>
8. 19.04.2020_Reporte_Covid19.pdf [Internet]. [citado 19 de abril de 2020]. Disponible en: https://cdn.digital.gob.cl/public_files/Campa%C3%B1as/Corona-Virus/Reportes/19.04.2020_Reporte_Covid19.pdf
9. Casos confirmados en Chile COVID-19 [Internet]. Ministerio de Salud – Gobierno de Chile. [citado 19 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.minsal.cl/nuevo-coronavirus-2019-ncov/casos-confirmados-en-chile-covid-19/>
10. Sociedad Chilena de Pediatría (@sochipe) / Твиттер [Internet]. Twitter. [citado 20 de abril de 2020]. Disponible en: <https://twitter.com/sochipe>
11. Mechanical - MIT E-Vent | MIT Emergency Ventilator [Internet]. [citado 29 de abril de 2020]. Disponible en: <https://e-vent.mit.edu/mechanical/>
12. Better Breathers and CPAP Support | McLaren Health Care News [Internet]. [citado 29 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.mclaren.org/main/news/better-breathers-and-cpap-support-2459>
13. Garmendia O, Rodríguez-Lazaro MA, Otero J, Phan P, Stoyanova A, Dinh-Xuan AT, et al. Low-cost, easy-to-build non-invasive pressure support ventilator for under-resourced regions: open source hardware description, performance and feasibility testing. Eur Respir J. 2020;2000846.



14. Ventilator-Sharing-Protocol-Dual-Patient-Ventilation-with-a-Single-Mechanical-Ventilator-for-Use-during-Critical-Ventilator-Shortages.pdf [Internet]. [citado 20 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.gnyha.org/wp-content/uploads/2020/03/Ventilator-Sharing-Protocol-Dual-Patient-Ventilation-with-a-Single-Mechanical-Ventilator-for-Use-during-Critical-Ventilator-Shortages.pdf>
15. Slutsky AS. History of Mechanical Ventilation. From Vesalius to Ventilator-induced Lung Injury. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015;191(10):1106–15.
16. Kacmarek RM. The mechanical ventilator: past, present, and future. *Respir Care*. 2011;56(8):1170–80.
17. Chatburn RL, El-Khatib M, Mireles-Cabodevila E. A taxonomy for mechanical ventilation: 10 fundamental maxims. *Respir Care*. 2014;59(11):1747–63.
18. Branson RD, Hess D, Chatburn RL. *Respiratory Care Equipment*. Lippincott Williams & Wilkins; 1995. 602 p.
19. Gregory GA, Kitterman JA, Phibbs RH, Tooley WH, Hamilton WK. Treatment of the Idiopathic Respiratory-Distress Syndrome with Continuous Positive Airway Pressure. *N Engl J Med*. 1971;284(24):1333–40.
20. Petty T, Nett L, Ashbaugh D. Improvement in oxygenation in the adult respiratory distress syndrome by positive end-expiratory pressure (PEEP). *Respir Care*. 1971;16(4):173–6.
21. Diblasi RM. Nasal continuous positive airway pressure (CPAP) for the respiratory care of the newborn infant. *Respir Care*. 2009;54(9):1209–35.
22. Pierson DJ. History and Epidemiology of Noninvasive Ventilation in the Acute-Care Setting. *Respir Care*. 2009;54(1):40–52.
23. Ferguson GT, Gilmartin M. CO₂ rebreathing during BiPAP ventilatory assistance. *Am J Respir Crit Care Med*. 1995;151(4):1126–35.
24. Prado DF, Astudillo DP. UNIDAD DE SALUD RESPIRATORIA SUBSECRETARIA DE REDES ASISTENCIALES DIVISIÓN DE ATENCION PRIMARIA (DIVAP) UNIDAD DE SALUD RESPIRATORIA. :65.
25. 2014 Criterios de Inclusion AVNIA.pdf [Internet]. [citado 3 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://respiratorio.minsal.cl/PDF/AVNIA/2014%20Criterios%20de%20Inclusion%20AVNIA.pdf>
26. Life-support machine definition and meaning | Collins English Dictionary [Internet]. [citado 3 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/life-support-machine>



27. Ver detalles del Philips Respironics V60 [Internet]. Philips. [citado 2 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.philips.es/healthcare/product/HCNOCTN96/respironics-v60-respirador-no-invasivo>
28. Rochweg B, Brochard L, Elliott MW, Hess D, Hill NS, Nava S, et al. Official ERS/ATS clinical practice guidelines: noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *Eur Respir J*. 2017;50(2):1602426.
29. Brochard L. Mechanical ventilation: invasive versus noninvasive. *Eur Respir J Suppl*. 2003;47:31s–7s.
30. Cairo JM, Karpel SK, Pilbeam SP. *Mosby's Respiratory Care Equipment*. Mosby; 2009. 323 p.
31. Kacmarek RM, Stoller JK, Heuer AH. *Egan's Fundamentals of Respiratory Care*. Elsevier Health Sciences; 2014. 1429 p.
32. McPherson SP. *Respiratory Care Equipment*. Mosby; 1995. 438 p.
33. WHO. Clinical management of severe acute respiratory infection when novel coronavirus (2019-nCoV) infection is suspected Interim guidance. Interim Guid. 2020;
34. Adasme R, Wood D, Bustos F, Sepúlveda I, Figueroa P. Guía de recomendaciones de armado y uso de filtros en ventilación mecánica COVID-19. *Soc Chil Med Intensiva* [Internet]. 2020; Disponible en: https://www.medicina-intensiva.cl/site/covid/armado_filtros.pdf
35. Nicola M, O'Neill N, Sohrabi C, Khan M, Agha M, Agha R. Evidence Based Management Guideline for the COVID-19 Pandemic - Review article. *Int J Surg* [Internet]. 2020 [citado 19 de abril de 2020]; Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1743919120302843>
36. Vitacca M, Nava S, Santus P, Harari S. Early consensus management for non-ICU ARF SARS-CoV-2 emergency in Italy: from ward to trenches. *Eur Respir J*. 2020;2000632.
37. Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi, Respiratory care committee of Chinese Thoracic Society. Expert consensus on preventing nosocomial transmission during respiratory care for critically ill patients infected by 2019 novel coronavirus pneumonia. *Chin J Tuberc Respir Dis*. 2020;43(4):288–96.
38. WeVent [Internet]. [citado 30 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.formacionsanitaria.eu/index.php/es/wevent>
39. Cinesi Gómez C, Peñuelas Rodríguez Ó, Luján Torné M, Egea Santaolalla C, Masa Jiménez JF, García Fernández J, et al. Recomendaciones de consenso respecto al soporte respiratorio no invasivo en el paciente adulto con insuficiencia respiratoria aguda secundaria a infección por SARS-CoV-2. *Med Intensiva* [Internet]. 2020 [citado



2 de mayo de 2020]; Disponible en:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0210569120300942>

40. Antonelli M, Conti G, Esquinas A, Montini L, Maggiore SM, Bello G, et al. A multiple-center survey on the use in clinical practice of noninvasive ventilation as a first-line intervention for acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med*. 2007;35(1):18–25.
41. Esteban A, Frutos-Vivar F, Ferguson ND, Arabi Y, Apezteguía C, González M, et al. Noninvasive Positive-Pressure Ventilation for Respiratory Failure after Extubation. *N Engl J Med*. 2004;350(24):2452–60.
42. Burns KE, Meade MO, Premji A, Adhikari NK. Noninvasive positive-pressure ventilation as a weaning strategy for intubated adults with respiratory failure. Cochrane Emergency and Critical Care Group, editor. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 9 de diciembre de 2013 [citado 30 de abril de 2020]; Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD004127.pub3>
43. Branson RD. Patient-ventilator interaction: the last 40 years. *Respir Care*. 2011;56(1):15–24.
44. Murata S, Yokoyama K, Sakamoto Y, Yamashita K, Oto J, Imanaka H, et al. Effects of inspiratory rise time on triggering work load during pressure-support ventilation: a lung model study. *Respir Care*. 2010;55(7):878–84.
45. Hui DS, Hall SD, Chan MTV, Chow BK, Tsou JY, Joynt GM, et al. Noninvasive positive-pressure ventilation: An experimental model to assess air and particle dispersion. *Chest*. 2006;130(3):730–40.
46. Ibrahim SG, Silva JM, Borges LGA, Savi A, Forgiarini Junior LA, Teixeira C. Use of a noninvasive ventilation device following tracheotomy: an alternative to facilitate ICU discharge? *Rev Bras Ter Intensiva*. 2012;24(2):167–72.
47. Thiessen RJ. Filtration of respired gases: theoretical aspects. *Respir Care Clin N Am*. 2006;12(2):183–201.
48. Lazzeri M, Lanza A, Bellini R, Bellofiore A, Cecchetto S, Colombo A, et al. Respiratory physiotherapy in patients with COVID-19 infection in acute setting: a Position Paper of the Italian Association of Respiratory Physiotherapists (ARIR). *Monaldi Arch Chest Dis* [Internet]. 26 de marzo de 2020 [citado 2 de mayo de 2020];90(1). Disponible en: <https://www.monaldi-archives.org/index.php/macd/article/view/1285>