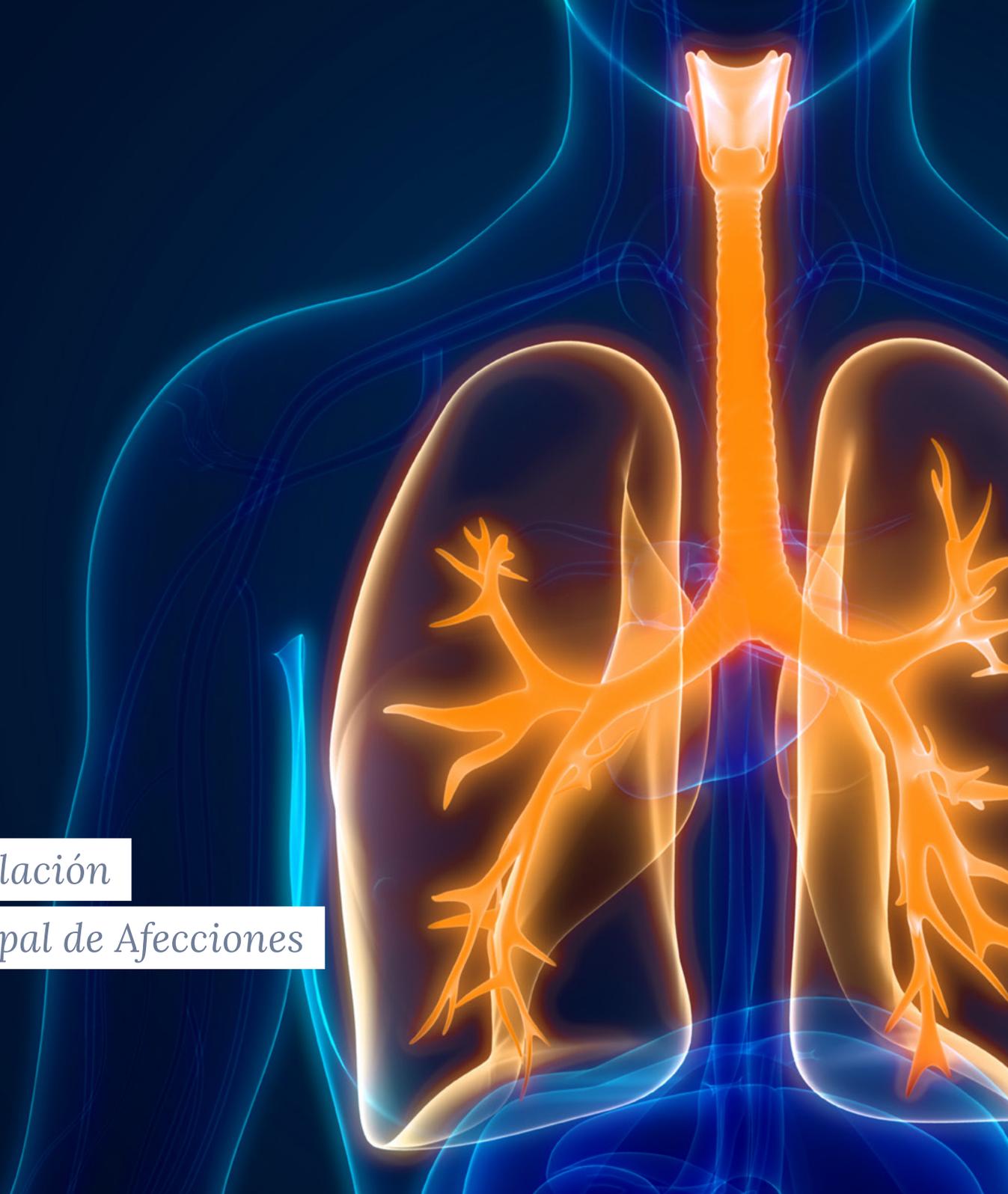


Diseño de un Sistema de Ventilación

Masiva para Tratamiento Grupal de Afecciones



Capítulo I.

Resumen

Sistema de ventilación masiva de pacientes tipo KTG con cuatro características esenciales:

(1)

control de ventilación personalizable, dedicado para cada paciente, económicamente rentable, con manejo centralizado del aire, lo que significa que un sistema de ventilación puede brindar servicio a varios pacientes a la vez;

(2)

los parámetros de ventilación del paciente (concentración de oxígeno, presión, frecuencia respiratoria, PEEP) pueden ser ajustados individualmente de acuerdo al tratamiento sugerido por los médicos;

(3)

transporte al exterior del aire infectado exhalado, reduciendo el riesgo de infección de todo el personal médico;

(4)

el equipamiento puede ser instalado a medida en ambientes que no cuenten con ninguna infraestructura hospitalaria.

Sistema de ventilación masiva

Una invención húngara que podría salvar vidas

La vida de muchas personas seriamente afectadas por el virus mortal del Coronavirus podrían ser salvadas en todo el mundo por un sistema de respiración masiva desarrollado por un equipo de investigadores, ingenieros, médicos y matemáticos de Hungría, a inicios de 2020.

Este desarrollo revolucionario puede jugar un rol particularmente importante en la lucha global contra la dispersión del COVID-19.

El sistema MassVentil, desarrollado y probado hasta ahora en ambiente de laboratorio, es capaz de ventilar simultáneamente 5 personas en su desarrollo actual, y hasta más de 50 personas en el futuro, a la vez que protege la vida de los profesionales médicos. Esta nueva solución es trasladable y puede ser fácilmente desplegada y operada fuera de hospitales, en instalaciones temporarias de emergencia, pabellones y otros ambientes -enfatiza el Dr. Miklos Kozlovszky, investigador e ingeniero de desarrollo líder del proyecto.

La epidemia del COVID-19, declarada pandemia por la OMS a principios de marzo de 2020, se ha llevado la vida de muchas personas en todo el mundo y este número crece exponencialmente día a día. Un elemento clave en el tratamiento de pacientes con problemas respiratorios agudos es la ventilación continua. Desafortunadamente, muchas de las víctimas no recibieron un nivel de cuidado adecuado debido a la falta de respiradores mecánicos.

Muy poco tiempo después del anuncio de la pandemia,

el Dr. Kozlovszky concibió la idea de este ventilador: su característica más importante es la capacidad de ser usado por varios pacientes de manera simultánea, esto es, una sola máquina puede ventilar a más de una persona a la vez.

Explicando la solución técnica del Proyecto MassVentil, el ingeniero enfatizó que el beneficio principal es el concepto de que mientras los respiradores estándar sólo atienden a una persona, el sistema MassVentil puede ventilar a mayor cantidad de personas. Éste consiste en dos partes: un sistema de transporte centralizado del aire y ventiladores más pequeños específicos para cada paciente. El manejo centralizado de la inhalación y exhalación de gases permite a más pacientes ser ventilados a la vez, por lo tanto salvando más vidas.



Proyecto MassVentil – Dr. Galambos

Visión conceptual del sistema de ventilación masiva



Dr. Kozlovszky, Miklos

”El sistema también protege a los profesionales de la salud mediante el transporte del aire exhalado contaminado fuera del espacio común hospitalario, a diferencia de los respiradores usados actualmente” -explica el experto- ”ya que el personal está expuestos a un nivel alto de agentes patógenos en el aire de la sala. El nuevo equipo filtra y elimina el aire exhalado contaminado del espacio común, reduciendo significativamente el riesgo de infección del personal sanitario”.

El Dr. Kozlovszky destaca un factor importante relacionado a la instalación en centros de emergencia y/o instalaciones temporarias de atención.

La mayoría de los equipos estándar no se puede utilizar sin cuestiones de infraestructura hospitalaria, como provisión centralizada de gases medicinales o fuentes de alimentación ininterrumpida. El sistema MassVentil puede ser instalado fuera de instalaciones sanitarias, sin infraestructura hospitalaria avanzada, incluso en ambientes tipo campamento de emergencia.

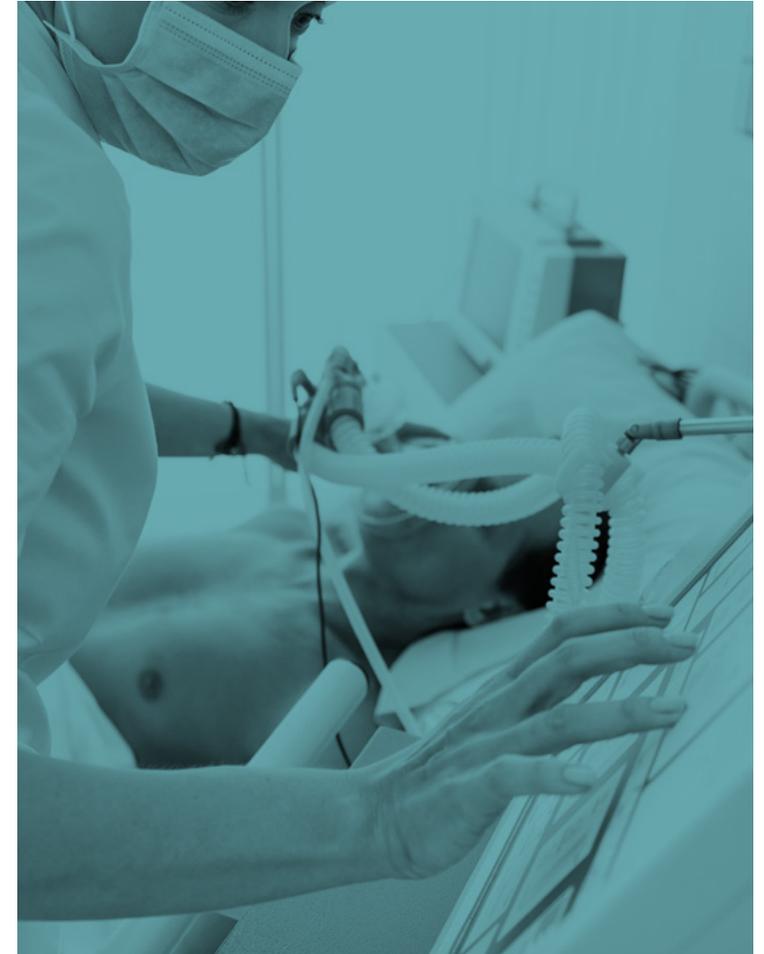
El sistema es capaz de ventilar cientos de personas a la vez. “El proyecto MassVentil podría salvar la vida de miles de personas en todo el mundo durante pandemias que originen problemas respiratorios agudos, como

el actual COVID-19” -agrega el Dr. Kozlovszky. El proyecto liderado por Hungría involucra profesionales internacionales, profesores y estudiantes de diversas universidades alrededor del mundo, que también aportan su experticia para el éxito de esta iniciativa.

Misión del Proyecto MassVentil

Estamos diseñando un sistema de ventilación masiva que puede asistir a 5, 10, 50 o aún más pacientes simultáneamente, protegiendo al personal de salud, y puede ser operado en ambientes no hospitalarios incluyendo instalaciones temporarias de emergencia.

La misión del equipo del proyecto MassVentil es desarrollar un prototipo funcional de un sistema respiratorio masivo modular el cual, bajo circunstancias críticas, pueda ser usado para ventilar simultáneamente a un número mayor de pacientes con coronavirus en condición crítica. Los planes y resultados están disponibles gratuitamente para quienes deseen usarlos durante el brote por COVID-19.



Los beneficios más importantes del concepto MassVentil:

(1) Los equipamientos actualmente en uso son capaces de dar servicio sólo a una persona, y cada paciente debe recibir un respirador por separado, de manera que la cantidad disponible de equipos puede verse superada rápidamente. Nuestra solución MassVentil consta de un sistema central de conductos y módulos individuales de ventilación para cada paciente. El sistema central de conductos de inhalación y exhalación suministra aire a todos los módulos personales y recoge los gases de éstos para ventilar más pacientes al mismo tiempo, salvando así más vidas.

(2) Como cualquier otro respirador artificial, nuestro sistema de ventilación masiva soporta ventilación personalizada para el paciente. Los profesionales médicos pueden ajustar todos los parámetros importantes individualmente (tales como concentración de oxígeno, presión, frecuencia respiratoria, PEEP) de cada paciente según la estrategia de tratamiento.

(3) En los respiradores usados actualmente, el aire infectado exhalado se expulsa al espacio aéreo común del hospital, donde el personal de salud está expuesto a un riesgo mayor por estar trabajando en ambientes con aire contaminado con altas concentraciones de virus. En nuestro concepto MassVentil, el respirador elimina (y filtra) el aire infectado que se exhala al espacio aéreo común, reduciendo significativamente el riesgo de infección para el personal sanitario, proporcionando condiciones de trabajo más seguras.

(4) Un factor importante a considerar cuando se planifican instalaciones ambulatorias de salud es qué equipamiento se puede utilizar sin infraestructura hospitalaria en lugares donde no hay tuberías de gases o drenajes y la distribución de energía es limitada. El ventilador masivo que estamos diseñando en el marco del proyecto MassVentil, podrá ser utilizado en un ambiente a medida extra-hospitalario sin necesidad de infraestructura avanzada.

Con algunos de estos dispositivos, cientos de personas podrían ser ventiladas al mismo tiempo en un campamento de emergencia. Miles de personas alrededor del mundo podrían salvarse: no sólo pacientes, sino también el personal de salud.



Capítulo II.

Detalles técnicos

Descripción técnica del Sistema MassVentil

Introducción

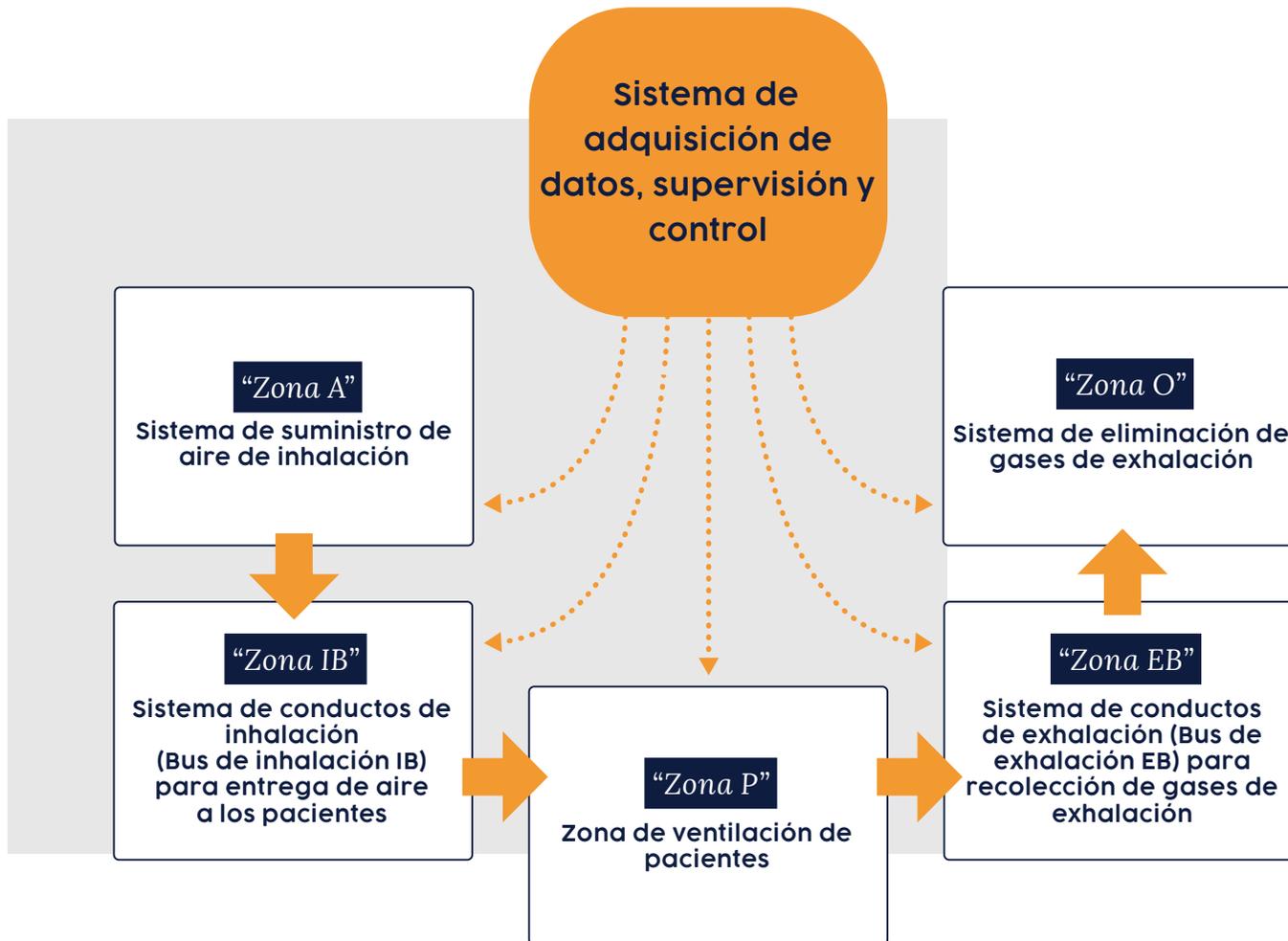
La gestión eficaz de epidemias que causan síndrome de insuficiencia respiratoria agudas (SIRA) como el COVID-19, SARS o MERS, involucra una gran cantidad de dispositivos biomédicos y atención médica eficaz. El tratamiento de los problemas respiratorios agudos supone la ventilación continua del paciente. La práctica médica actual implementa la ventilación con dispositivos respiratorios mecánicos dedicados.

Un brote pandémico plantea numerosos problemas en términos de cantidad de equipamiento (respiradores artificiales), capacidad, manejo e instalación.

Concepto

Durante la respiración colectiva en nuestro concepto de ventilación masiva, los pacientes están conectados a un sistema de ventilación centralizada con diseño modular. En nuestro concepto, el sistema puede ser configurado e instalado en ambientes pre-fabricados o diseñados a medida en instalaciones médicas y no-médicas como pabellones, campos deportivos, gimnasios, etc.

El sistema de ventilación masiva está diseñado para el manejo combinado de la inhalación y exhalación de los gases (producción, temperatura / humedad / ajuste de presión, filtrado, etc.). Durante la inhalación y exhalación, el aire es filtrado en ambas direcciones en uno o más pasos.



La administración de gases respiratorios (filtración, controles de temperatura, humedad, presión, seguridad, etc.) se lleva a cabo de manera distribuida bajo un control centralizado en múltiples ubicaciones dentro del sistema de ventilación masiva.

Fig. 1: Proyecto MassVentil - Dr. Kozlovsky

Diagrama general de la estructura del concepto de ventilación masiva

Nuestro concepto MassVentil no está basado en un concepto de ventilación de un único paciente. Debido a la modularidad del sistema, nuevos pacientes pueden ser integrados hasta cubrir la capacidad máxima del mismo. La capacidad máxima del sistema es determinada principalmente por la capacidad de los motores utilizados en el sistema de inhalación y exhalación (parámetros importantes: la cantidad y presión mínima del aire suministrado y las restricciones de tamaño del ambiente donde se instale el sistema). El sistema de generación de aire de inhalación (Zona A) puede

recibir aire de diferentes fuentes.

Estas fuentes pueden ser tanques de almacenamiento (tanto para aire como para oxígeno), tubos de suministro hospitalario, respiradores dedicados o sistemas de suministro de aire basados en compresores. La combinación de diferentes tipos de sistemas de generación de aire aumenta la capacidad y robustez del sistema de ventilación (aumentando así parámetros similares de todo el sistema de transporte aéreo). En el presente ejemplo se muestra un sistema de ventilación masiva compuesto por un sistema de suministro

de aire de motor de ventilación único.

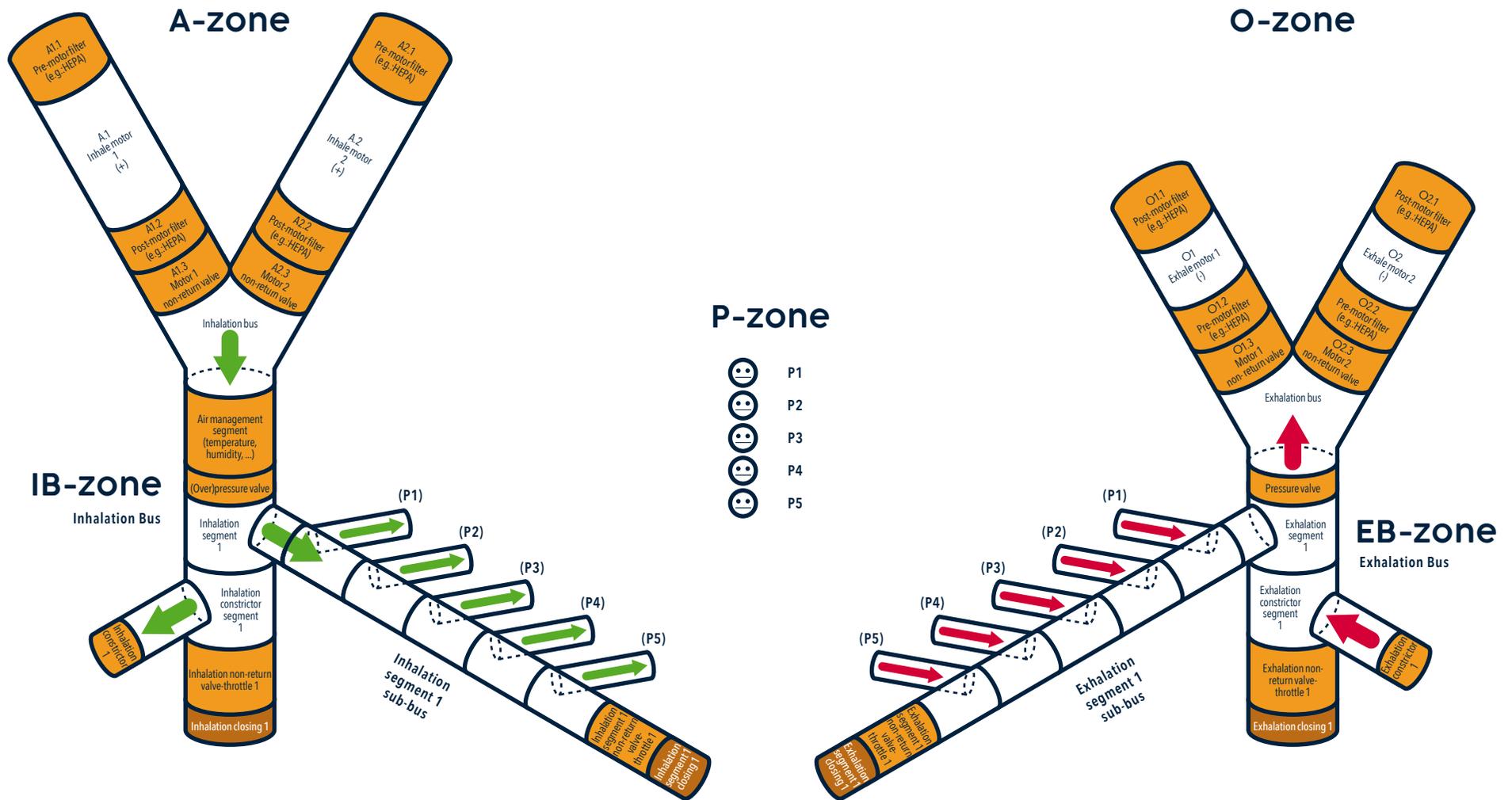


Fig. 2: Proyecto MassVentil – Dr. Kozlowszky

Ejemplo de implementación del sistema de ventilación masiva (segmento único con 5 pacientes)

En este ejemplo, el flujo de aire para inhalación y exhalación es proporcionado por ventiladores eléctricos independientes. La alimentación a los ventiladores es provista con redundancia y preferiblemente con una fuente de alimentación ininterrumpida. Las tasas de presión de inhalación y exhalación están definidas y mantenidas para que no haya reflujo o mezcla de gases en el sistema.

En el lado inspiratorio (Zona IB), se requiere un exceso de presión de al menos 80 mbar. Tanto el sistema de suministro de aire inhalación como el de exhalación son redundantes para permanecer operativos

en caso de problemas mecánicos y continuar en servicio mientras se realizan tareas de mantenimiento (por ejemplo, reemplazo de filtros). Un mínimo de dos ventiladores para la inhalación y la exhalación es necesario para lograr la redundancia adecuada.

Los ventiladores deben estar equipados con filtros para excluir contaminantes y patógenos (por ejemplo, virus del COVID-19) de diferentes tamaños. También es aconsejable instalar filtros posteriores al ventilador para evitar cualquier contaminación que pueda ocurrir durante el reemplazo de filtros externos o durante la operación del

motor. A medida que los filtros se ensucian, su resistencia aumenta y el aumento de la diferencia de presión debe ser monitoreada por un regulador para evitar exceder el rendimiento del sistema de aireación (ventilador), en cuyo caso el punto de operación se cambia a un rango indeseable. El calor generado por el funcionamiento continuo del ventilador debe ser monitoreado en todo momento para evitar el calentamiento excesivo.

Cada ventilador está conectado al sistema de conductos mediante válvulas antirretorno (Zona IB y Zona EB). La presión del sistema de conductos puede ser ajustado al valor

deseado por medio de válvulas ubicadas al final de los conductos de inhalación y exhalación (conductos principales). La tasa de flujo debe ser continuamente medida en el conducto principal para asegurarse de que sea suficiente para los pacientes conectados al sistema. Los parámetros a ser medidos en el sistema de conductos son los siguientes:

- ~ temperatura del aire
- ~ flujo
- ~ pérdida de presión en los filtros
- ~ presión del bus
- ~ humedad del aire
- ~ concentración de gases en el aire
- ~ integridad del sistema

Ambos conductos principales deben estar equipados con uno o más limitadores de presión mecánicos para prevenir condiciones de operación no deseadas. El conducto de inhalación también puede incluir opcionalmente un segmento para gestión del aire que mida y controle diversos parámetros importantes (temperatura, calefacción-refrigeración, humedad, etc.). Este segmento es opcional ya que los parámetros pueden ser manejados en otras ubicaciones (por ejemplo, en la Zona P del paciente). Los sistemas de conductos de inhalación y exhalación deben estar protegidos contra la

electricidad estática y ESD mediante una adecuada puesta a tierra. El aire exhalado también se transporta a través de un sistema centralizado de conductos, reduciendo así el riesgo potencial de infección para quienes trabajen en la zona. El aire exhalado es contagioso y por esta razón los conductos de exhalación deben estar apropiadamente marcados y pintados.

En el sistema de transporte del aire exhalado hay depresión respecto a la presión del lado del ventilador, la presión puede ser ajustada con una válvula al final del conducto de exhalación y debe ser aproximadamente 40 a 80

mmbar más baja que la presión del aire exterior. Debido a esta diferencia negativa respecto a la presión atmosférica, los patógenos no pueden escapar. La presión del lado del ventilador debe estar diseñada de tal manera que el aire sólo pueda escapar después de un filtrado apropiado.

Los sistemas de conductos deben ser conectados a los dispositivos de los pacientes a través de un sistema de cierre, de manera que los pacientes nuevos puedan integrarse al sistema sin ninguna interrupción completa del sistema. Un accesorio de cierre debe ser provisto al final de los conductos

principales con el propósito de escalabilidad del sistema.

Incorporación, ventilación y separación de personas del sistema

Los pacientes reciben el aire basado en sus parámetros personalizados de ventilación (presión, frecuencia respiratoria, volumen, etc.). Un sistema inteligente de dosificación-control de mezcla cercano al paciente es responsable de la ventilación personalizada. Debido a la modularidad del sistema, los nuevos pacientes pueden ser integrados al mismo sin tener que dejar de ventilar los pacientes ya conectados.

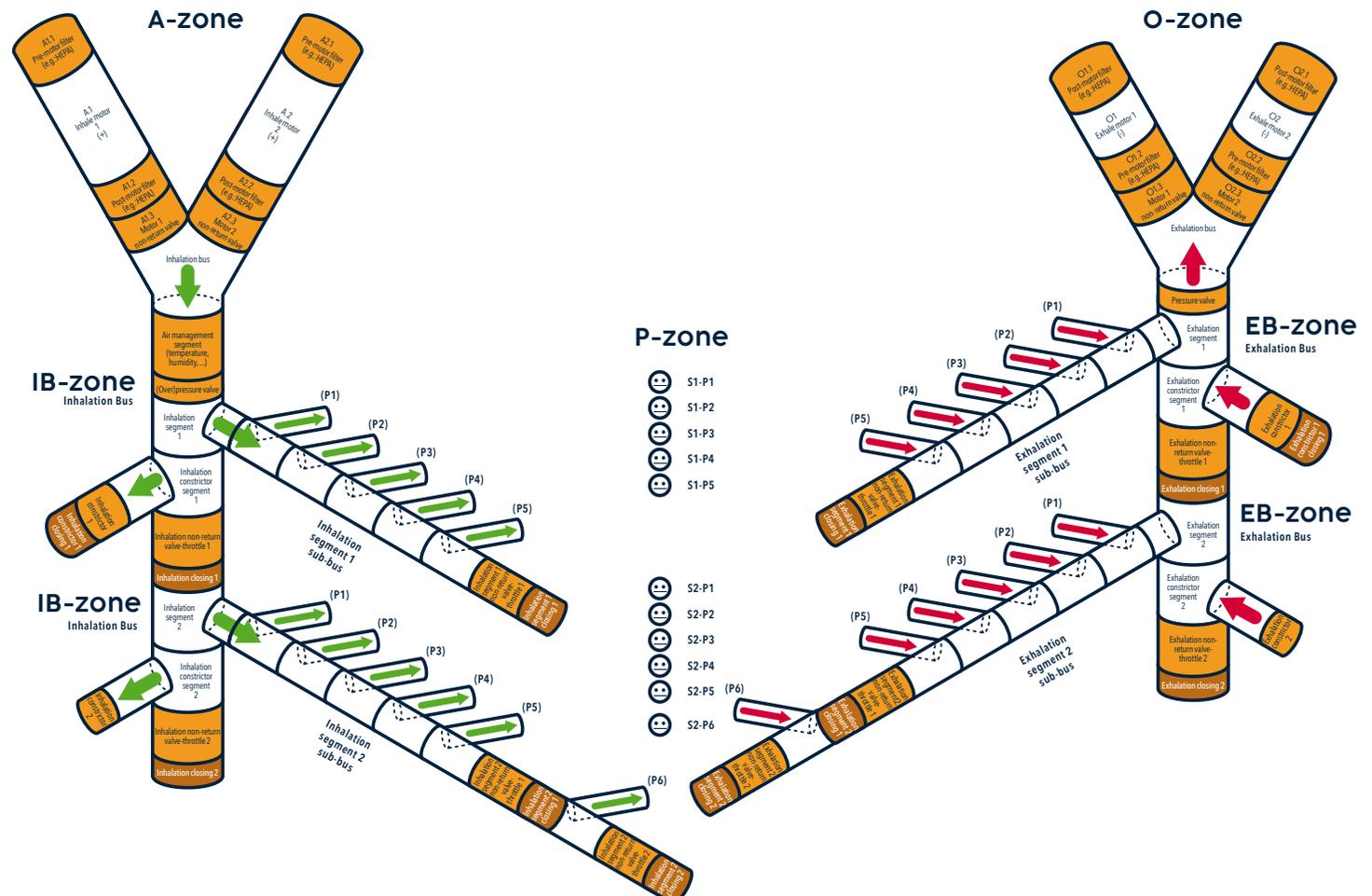


Fig. 3: Proyecto MassVentil - Dr. Kozlovsky
Ejemplo del sistema de ventilación masiva con segmentos adicionales

Uno o más pacientes pueden ser conectados en cada segmento a la vez. Los pacientes de un segmento pueden ser integrados individualmente o removidos del sistema en cualquier momento de manera independiente de los otros pacientes. La conexión y desconexión de un determinado módulo de paciente se realiza a través del control de nivel del paciente. El mismo está conectado a un subconducto de un segmento en particular a través de una válvula de control de tres pasos.

El cuerpo de la válvula está diseñado para que al girarla

se comienza desde el máximo flujo y finaliza al máximo flujo de salida. Gracias a esto, la presión del lado del paciente se puede controlar de manera suave. Mediante la variación del flujo en las secciones transversales del pasaje de la válvula presurizada (conectada al conducto de inhalación) y el pasaje despresurizado (conectado al conducto de exhalación), la presión y el caudal deseados son producidos en el tercer pasaje que conduce al tubo del paciente o máscara. El control de la presión del aire y el flujo pueden ser logrados por lazos de control activo o pasivo. Gracias a una calibración basada en modelos, además

de mecanismos complejos, incluso un más sencillo (pero eficiente) lazo de control puede ser creado. De este modo, la presión y el flujo pueden ser manejados con un control de posición de un simple motor paso a paso.

En la Zona P, el sistema proporciona diversas opciones para ajustar la concentración de O₂ de cada paciente: la entrega de oxígeno se puede lograr por control de la concentración o incluso por un control basado en el tiempo. Es difícil obtener sensores relativamente caros y precisos de O₂ para su uso en control basado en concentración y reemplazarlos continuamente

(o periódicamente) en una situación de epidemia. Con control basado en el tiempo la precisión es menor, pero sigue siendo adecuado para la operación. La cantidad constante de gas entregado por unidad de tiempo a través de una válvula controlada de flujo de O₂ al paciente, es manejada por una válvula solenoide a períodos de tiempo adecuados.

Gracias al controlador mecánico de flujo, la cantidad de O₂ introducido no depende de la diferencia de presión en el sistema de suministro de O₂ y la Zona P, sino sólo del período de tiempo de entrega. En modo de control de flujo, una cantidad predeterminada de aire ambiente es suministrada de modo que el O₂ requerido se puede calcular de manera precisa. En modo de control de presión, dependiendo de la condición del paciente y sus parámetros (los cuales pueden cambiar con el tiempo), diferentes cantidades de aire ambiente pueden ser inyectadas, de modo que la concentración adicional de O₂ requerida -diferencia entre dos

ciclos- se calcula utilizando la cantidad de O₂ del ciclo respiratorio anterior.

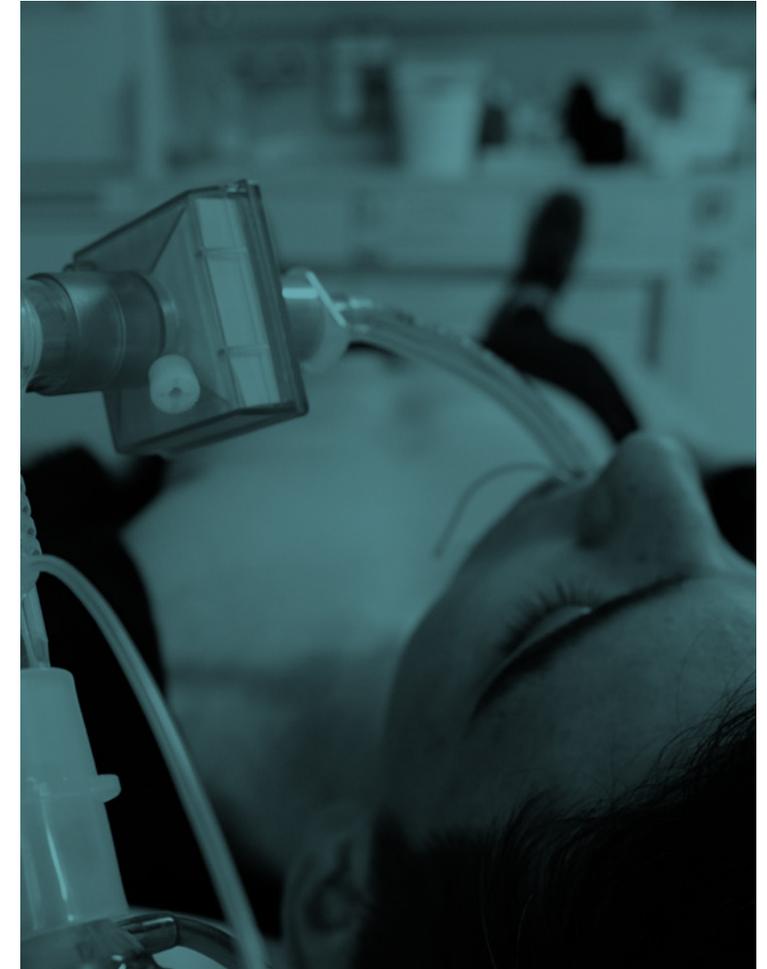
La temperatura y la humedad del aire suministrado al paciente pueden ser controladas tanto en la Zona IB como en la Zona P. En la Zona P, el control de la humedad y temperatura es más fácil, por lo que es posible configurar los valores deseados en las proximidades de la boca del paciente por métodos pasivos (por ej., un ICH intercambiador calor-humedad o HME por su sigla en inglés) o soluciones activas (por ejemplo, HME-Booster).

Función de respiración libre

Debido al diseño del sistema, la Zona P no queda completamente bloqueada de la Zona IB y la Zona EB, permitiendo al paciente respirar libremente. Además, el funcionamiento está sincronizado con el ciclo respiratorio del paciente: si el paciente respira a una frecuencia diferente, el sistema proporcionará la cantidad de aire requerida. El exceso de aire que el paciente produce o requiere durante la inhalación o la exhalación es transportada por los subconductos.

Configurando la presión de inhalación del paciente en la

Zona P cercana a la presión atmosférica, la respiración de un paciente que presente respiración espontánea puede ser facilitada. La presión inducida por el paciente (durante la exhalación) y la depresión (durante la inhalación) pueden ser reducidas y aumentadas a la presión atmosférica que permita al paciente intercambiar el aire de una manera más libre y fácil.



Monitoreo unificado de pacientes

El sistema de ventilación masiva y todos los pacientes ventilados son monitoreados por un sistema unificado de monitoreo seguro tipo SCADA. Los datos recolectados, los valores obtenidos y las estadísticas son transmitidas a uno o más servidores locales (o centrales) sobre una red inalámbrica usando un canal de comunicación encriptado (autenticado). Debido a que la ventilación masiva es teóricamente factible para una gran cantidad de pacientes sobre relativamente grandes áreas, puede ser necesario usar dispositivos inalámbricos activos para cubrir estas

distancias. Puntos de acceso inalámbrico también pueden ser integrados en el sistema para extender la cobertura de la red de comunicación.

El sistema de monitoreo muestra diversas partes del sistema de ventilación y sólo aquellos parámetros a los que tiene acceso el personal de acuerdo a su identificación y configuración de seguridad. El sistema proporciona la transmisión de datos entre los módulos de ventilación personal y el software de monitoreo, así como a los sistemas de información hospitalaria (en inglés, HIS)

y a sistemas avanzados de monitoreo epidemiológico.

Los principales puntos de medición del sistema están ubicados como se muestra en la Fig. 4.

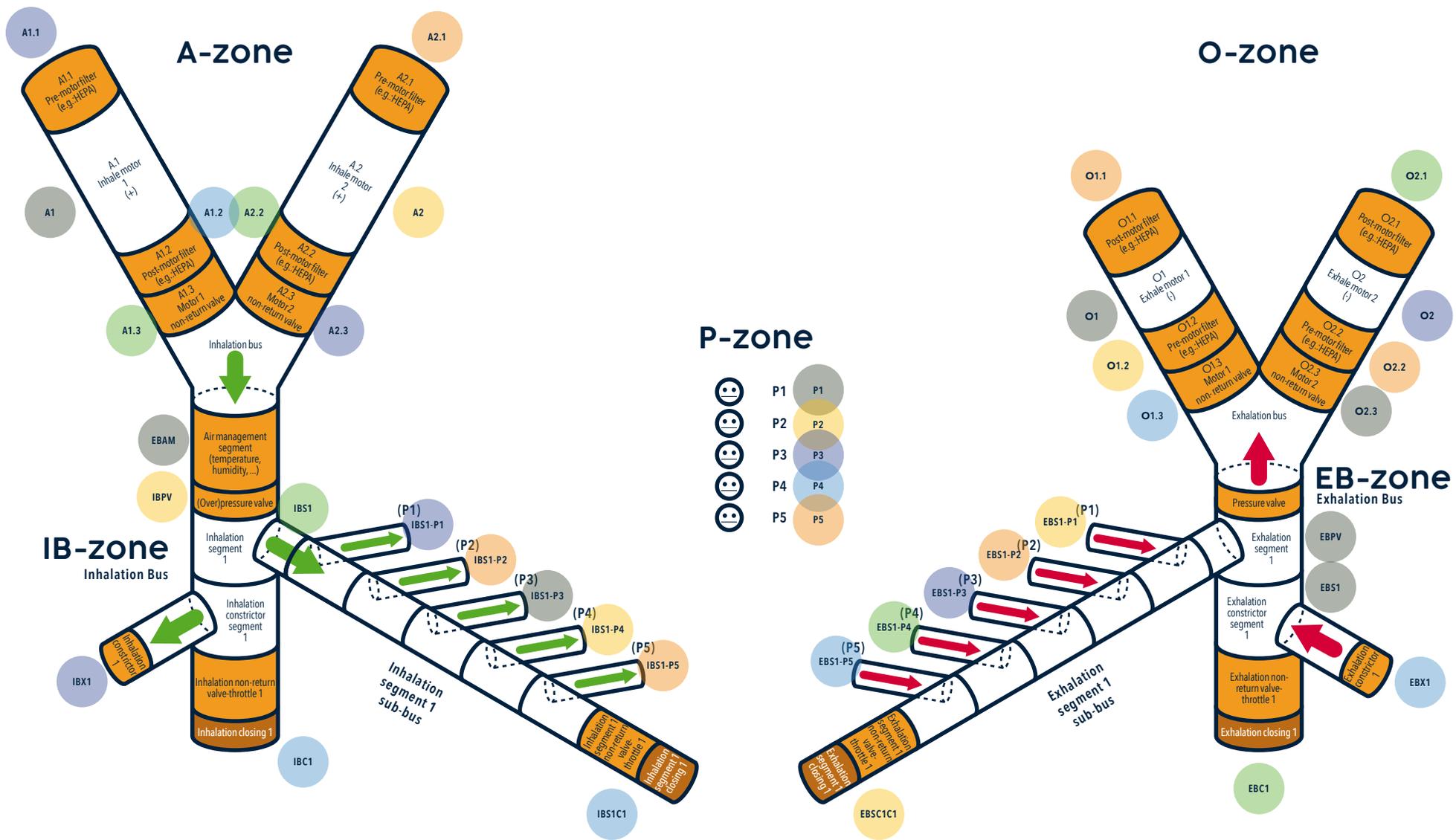


Fig. 4.: proyecto MassVentil project- Dr. Kozlowszky
 Puntos importantes de medición del sistema de ventilación masiva

Sistema de ventilación masiva

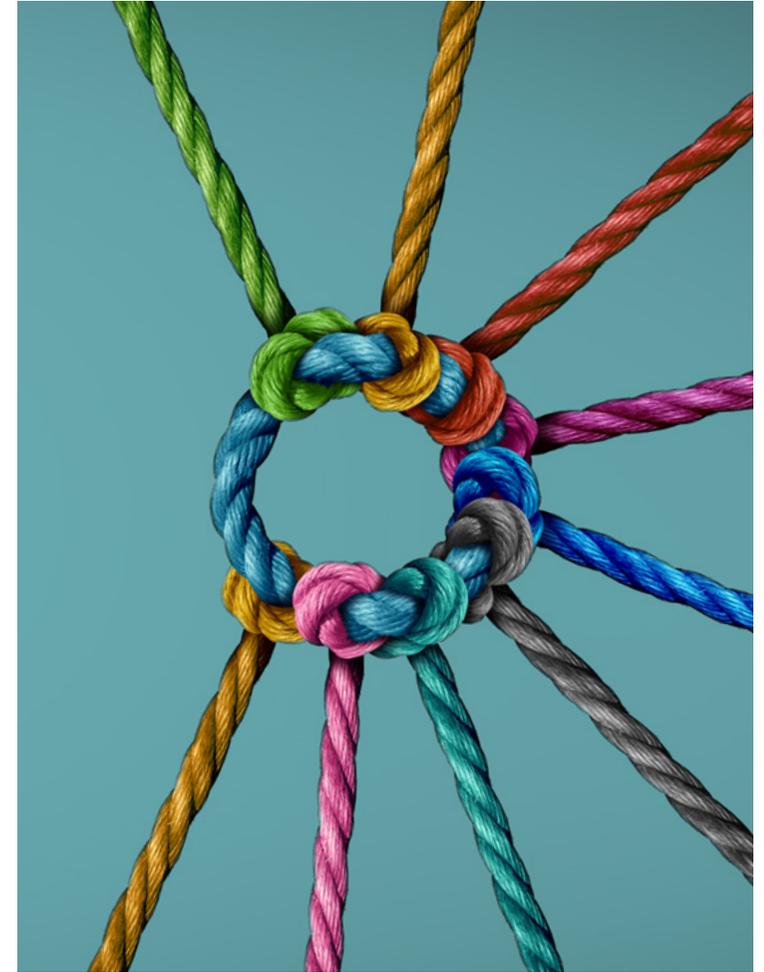
Comunidad de desarrolladores

Con la rápida propagación y epidemia por COVID-19, el Dr. Miklos Kozlovsky, un ingeniero e investigador húngaro previó un nuevo concepto de ventilación y comenzó a diseñar con su pequeño equipo de trabajo un respirador masivo tipo KTG.

Ahora somos una comunidad internacional: ingenieros, investigadores, inventores, doctores, economistas, periodistas, físicos, matemáticos, abogados y estudiantes universitarios. Nuestros miembros viven en diferentes países y las personas son de diversas nacionalidades.

Trabajamos en paralelo en sub-tareas y nos mantenemos en contacto en línea.

Todos los miembros del equipo se ofrecieron voluntariamente para contribuir con lo mejor de su conocimiento a este desarrollo. Juntos, creemos firmemente que nuestro capital intelectual y nuestro trabajo colectivo puede ser transformado en vidas humanas.



Más información y contacto

Estamos buscando...

... grupos de creadores, universidades, institutos y fabricantes que estén listos para adaptar y construir el sistema para su propio país en base a los planes y modelos que compartiremos con ellos.

... empresas de dispositivos médicos que estén interesadas en transformar el prototipo en un producto.

Comunidad internacional de desarrollo

<https://www.facebook.com/groups/222746815597257>

Sitio web

<http://massventil.org/en/massventil-project>

Correo electrónico

massventil@gmail.com

Facebook

<https://www.facebook.com/massventilproject>

LinkedIn

<https://www.linkedin.com/company/massventil-project>

Twitter

<https://twitter.com/MassVentil>

The MassVentil project