

OPS



Organización
Panamericana
de la Salud



Organización
Mundial de la Salud
OFICINA REGIONAL PARA LAS Américas

Equipos Médicos de Emergencia

Apoyo Operacional

COVID-19

Manual básico de instalaciones de suministro de oxígeno en EMTs y SAAMs

Documento preliminar - Versión 2.1 - febrero 18, 2021

Índice

1. Introducción	3
2. Conceptos básicos	4
2.1 Gases medicinales	4
2.2 Parámetros médicos del O ₂	4
2.3 Normativa	5
3. Fuentes de oxígeno de uso medicinal	7
4. Instalaciones de oxígeno de uso medicinal	10
4.1 Instalaciones individuales de O ₂	12
4.1.1 Botellas individuales	12
4.1.2 Concentradores individuales	13
4.2 Instalaciones centralizadas de O ₂	14
4.3 Componentes	14
4.3.1 Tuberías y uniones	14
4.3.2 Tomas y conectores	17
4.3.3 Válvulas, manifolds, reguladores y flujómetros	17
4.3.4 Gasificadores	19
4.3.5 Filtros	20
5. Diseño y montaje de la instalación	22
5.1 Cálculo de consumo	22
5.2 Análisis del entorno	24
5.3 Elección de fuente	25
5.4 Sistema de distribución	26
5.5 Gestión de la red	28
6. Bibliografía	29
Anexo 1. Definición de enfermedad de COVID-19 leve, moderada, grave y crítica (13)	30

1. Introducción

Este documento tiene como objetivo dar las facilitar recomendaciones para asegurar la capacidad de suministro de oxígeno para oxigenoterapia en los módulos asistenciales de los equipos médicos de emergencia (EMT) y en los sitios alternativos de atención médica (SAAM). El documento incluye conocimientos básicos sobre los diferentes tipos de instalaciones de oxigenoterapia, así como las orientaciones para que el personal de apoyo operacional del EMT pueda realizar una adaptación óptima de sus equipos para atender las necesidades clínicas de los pacientes COVID-19.

Para poder atender la demanda de oxígeno que requiere el manejo clínico de los pacientes con COVID-19, especialmente la hospitalización de casos severos y críticos¹, los EMT deben adaptar sus diseños y procedimientos para poder cubrir adecuadamente estas necesidades.

Cuando los EMT realizan la expansión de capacidades clínicas adaptando estructuras como sitios alternativos de atención médica, se tiene un reto adicional. Como, ya que estas instalaciones no tienen capacidad instalada de suministrar oxígeno medicinal, por lo que requieren de una transformación que incluye el diseño e instalación de una red de oxígeno (8).

1. La definición de pacientes de este documento se ha realizado siguiendo el algoritmo de manejo de pacientes con sospecha de infección por COVID-19 en el primer nivel de atención y en zonas remotas de la Región de las Américas (1).

2. Conceptos básicos

Cabe recordar que este documento se centra en el diseño e instalación de sistemas de oxígeno. Para entender qué es el oxígeno en un EMT o en un SAAM es importante comprender inicialmente qué son los gases medicinales, puesto que el oxígeno es uno de ellos. Además, en este capítulo, se describirá cuáles son las condiciones o parámetros de trabajo que debe tener el oxígeno en su uso; así como, la normativa que supervisa las instalaciones para el suministro y distribución de oxígeno en lugares relacionados con la salud.

2.1 Gases medicinales

Productos constituidos por uno o más componentes gaseosos destinados a entrar en contacto directo con el organismo humano.

Se utilizan en terapia de inhalación, anestesia, diagnóstico «in vivo» o para conservar y transportar órganos, tejidos y células destinados al trasplante, siempre que estén en contacto con ellos.

Gases medicinales medicamentos	Gases medicinales productos sanitarios	Otro tipo de gases
<p>Actúan por medios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Farmacológicos • Inmunológicos o • Metabólicos <p>Dotados de propiedades para prevenir, diagnosticar, tratar, aliviar o curar enfermedades o dolencias.</p>	<p>Contribuyen a la actuación por medios farmacológicos, inmunológicos o metabólicos.</p>	<p>No entran en contacto con el paciente, pero sirven de apoyo tanto para el uso de los gases medicinales como para el funcionamiento de equipos destinados al cuidado y tratamiento de enfermedades.</p>
<p>Ejemplos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oxígeno • Protóxido de nitrógeno • Aire medicinal • Óxido nítrico (mezcla O₂/protóxido de nitrógeno) • Helio (y sus mezclas) 	<p>Ejemplos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dióxido de carbono (CO₂) para uso en laparoscopia 	<p>Ejemplos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aire comprimido para el movimiento de herramientas quirúrgicas. • Nitrógeno para accionamiento de herramientas quirúrgicas. • Aire comprimido usado con Venturi para la extracción de gases anestésicos de los quirófanos.

2.2 Parámetros médicos del O₂

El oxígeno es un gas incoloro a presión atmosférica, inodoro, no inflamable e insípido. Su temperatura de licuefacción es de -18°C. Es un gas químicamente muy activo por su carácter comburente siendo

parte necesaria para la formación de otros compuestos formando reacciones exotérmicas. Esta conlleva especial cuidado al ser un producto que facilita la combustión espontánea y la detonación. Su uso fundamental es el de bases de mezclas por inhalación y usos respiratorios.

El oxígeno suministrado al paciente deberá tener un control de tasa de flujo que dependerá del tipo del paciente y sus necesidades de oxígeno que varían de 0,2 l/min a 60 l/min. Dado que la concentración de oxígeno puede verse considerablemente reducida por una humedad relativa elevada, se debe prestar atención a la misma. Esta concentración no deberá ser menos a 82%.



En el caso de la humidificación ésta no es necesaria cuando el oxígeno se administra en tasas de flujo bajas hasta de 2 l/min con puntas o catéteres nasales a niños menores de 5 años. Tampoco puede ser necesaria cuando el oxígeno se administra en climas tropicales mediante un concentrador en vez de un cilindro, pues los concentradores suministran oxígeno a temperatura ambiente, mientras que los cilindros lo suministran frío.

La humidificación puede requerirse cuando las necesidades de un flujo elevado de oxígeno superan los 2 l/min o si el oxígeno no pasa por la nariz, como cuando se usan catéteres nasofaríngeos o cánulas traqueales).

2.3 Normativa

En todos los países existe una normativa que rige los sistemas de canalización de gases medicinales y los aparatos que se encuentran en ellos. Estas normativas pueden tener sus propias especificaciones a nivel nacional o pueden hacer referencia a la normativa internacional para su aplicación a nivel local.

Las normativas internacionales principales son la NFPA 99 (2), cuyo uso se da con una mayor predisposición en la región de las Américas, y la UNE-EN7396-1 (3), que predomina en la región de Europa y sus proximidades, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1: Cuadro comparativo de normativas UNE-EN7396-1 y NFPA99

Gases medicinales medicamentos	Gases medicinales productos sanitarios	Otro tipo de gases
Sistemas de canalización de gases medicinales: <ul style="list-style-type: none"> • Fuentes de suministro • Canalizaciones de cobre • Reguladores de presión intermedia • Sistemas de monitorización y alarmas 	UNE-EN7396-1	NFPA 99
Reguladores de presión	UNE EN ISO 10524-1:2007	
Conexiones flexibles de botellas	UNE EN ISO 407:2005	
Canalizaciones con marcado	UNE EN ISO 5359:2008	
Tubos flexibles de unión de baja presión		

3. Fuentes de oxígeno de uso medicinal

Se consideran fuentes de oxígeno a las tecnologías que proporcionan el gas a las redes de distribución de las instalaciones sanitarias y/o de manera directa a pacientes o dispositivos.

El oxígeno se puede dispensar de varias fuentes en distintos formatos, donde el tipo de suministro dependerá de la instalación sanitaria y de variables como:

- ★ La cantidad de O₂ a ser consumida por el EMT/SAAM
- ★ La logística para el suministro del producto
- ★ La disponibilidad de espacios y accesos en el EMT/SAAM

Es importante señalar que para selección de la fuente más adecuada de O₂ para un EMT o SAAM, se debe considerar además el contexto específico de la respuesta, qué tan costo eficiente es la alternativa seleccionada y la disponibilidad del producto.

En este contexto, las fuentes de O₂ que se evaluarán en el presente manual están indicadas en la tabla a continuación (6):

Tabla 2: Comparativa de fuentes de oxígeno

Tipo de fuentes	Depósitos de O ₂		Generadores de O ₂	
	O ₂ comprimido en botellas	O ₂ licuado como líquido criogénico	Concentradores de O ₂ (7)	Plantas generadoras de oxígeno (12)
Características	2 tipos de suministro: <ul style="list-style-type: none"> • Individuales - suministro directo al paciente • Bloques de botellas de gran tamaño conectadas entre sí (16 a 18 botellas) Presentaciones 0,5 - 50 l	<ul style="list-style-type: none"> • O₂ se suministra por la red de distribución, desde el depósito criogénico (fijo o móvil) hasta los puntos de uso • Capacidad de los tanques 1.500 - 40.000 l 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo médico que concentra O₂ a través del paso de aire por tamices moleculares • Concentraciones para uso clínico 82 - 95,5%. • 2 tipos • Estacionarios (2 a 5 pacientes) • Portátiles (individuales) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema adsorción por oscilación de presión - PSA (pressure swing adsorption). El aire pasa por generadores de O₂ con tamices moleculares de zeolita que adsorben el nitrógeno • Concentración 93 - 95%

Tipo de fuentes	Depósitos de O ₂		Generadores de O ₂	
	O ₂ comprimido en botellas	O ₂ licuado como líquido criogénico	Concentradores de O ₂ (7)	Plantas generadoras de oxígeno (12)
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> Fácil manejo y uso 	<ul style="list-style-type: none"> Mayor autonomía y entrega de producto más segura Ahorro de tiempo, espacio y gas 	<ul style="list-style-type: none"> Fuente sostenible y costo-eficaz Gran fiabilidad y bajo costo por comparación con otras fuentes 	<ul style="list-style-type: none"> Los tamices moleculares se regeneran totalmente - vida útil es indefinida Fácilmente escalable Relativo bajo costo de operación Disponibilidad permanente
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> Se requieren planes de recambio estricto Espacio para almacenamiento considerable Logística de transporte 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere instalaciones específicas Costo de inversión inicial importante 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere fluido eléctrico permanente para funcionamiento 	<ul style="list-style-type: none"> Nivel de pureza y flujo del producto puede ser variable La instalación depende de la localización, condiciones climáticas y calidad del aire ambiente Presencia de impurezas como el Argón
Componentes		<p>Componentes mínimos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Recinto para albergar los equipos Tanque criogénico Sistema de gasificación Cuadro de regulación para la central de gases Cuadro eléctrico para la descarga de cisternas Iluminación Suministro de agua 	<p>Componentes mínimos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Concentrador O₂ Panel de control Sistema de alarmas Flujómetro Humidificador Accesorios: tubería y/o mascarilla 	<p>Componentes mínimos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Compresor de aire Pre-filtro Filtración Tanque de aire comprimido Generador de oxígeno Tanque auxiliar Tanques receptores de O₂

Tipo de fuentes	Depósitos de O ₂		Generadores de O ₂	
	O ₂ comprimido en botellas	O ₂ licuado como líquido criogénico	Concentradores de O ₂ (7)	Plantas generadoras de oxígeno (12)
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> Evitar daños mecánicos (golpes, caídas) o físicos (calentamiento excesivo, arcos eléctricos) Los cilindros siempre en posición vertical Áreas exclusivas de almacenamiento (seca, ventilada, señalizada, protección del sol) Flujos de trabajo establecidos claramente 	<ul style="list-style-type: none"> Manejo por personal especializado. Uso de guantes criogénicos y máscara facial transparente Nunca tocar el recipiente o cañería que contenga gases criogénicos sin EEP apropiados Uso sólo de envases específicos Mantener distancias mínimas 	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento periódico (cada tres a cuatro meses) Verificar que la concentración de O₂ esté dentro de los límites de operación 	<ul style="list-style-type: none"> Manejo por personal especializado Monitoreo continuo de concentración y nivel de pureza
Uso EMT/SAAM recomendado	Consumo de O ₂ bajo a moderado <ul style="list-style-type: none"> EMT triaje EMT 1 y 2 SAAM no orientado a pacientes COVID-19 	Consumo de O ₂ elevado. <ul style="list-style-type: none"> EMT IRAG EMT tipo 3 SAAM orientado a atención de pacientes COVID-19 (de moderados a graves) 	Consumo de O ₂ bajo a moderado <ul style="list-style-type: none"> EMT triaje EMT 1 y 2 SAAM no orientado a pacientes COVID-19 	Consumo de O ₂ elevado. <ul style="list-style-type: none"> EMT IRAG EMT tipo 3 SAAM orientado a atención de pacientes COVID-19 (de moderados a graves)

4. Instalaciones de oxígeno de uso medicinal

En sus inicios, los equipos EMT estaban principalmente enfocados a la respuesta en trauma; por lo que usaban instalaciones de oxígeno individuales y con fuentes de suministro por botellas o concentradores de oxígeno que permitían contar con cantidad suficiente para sus operaciones, pero con un limitado consumo total durante sus misiones de respuesta.

Sin embargo, el impacto de la pandemia COVID-19 ha incrementado las necesidades de oxígeno medicinal para la respuesta de EMT. La insuficiencia respiratoria que provocan las fases severas y críticas de la enfermedad, requieren de oxigenoterapia de alto consumo; por lo que se espera que las instalaciones, independientemente de si son estructuras hospitalarias existentes, SAAM o EMT, sean capaces de identificar y

monitorizar a los pacientes y proporcionar el oxígeno suficiente para tratar a los pacientes ingresados en estos centros. En el anexo 1 se muestra la definición de enfermedad de COVID-9.

Por este motivo, el diseño y la preparación de las instalaciones de oxígeno de uso medicinal para la respuesta de los EMT o SAAM, deben estar adaptadas al contexto y a las capacidades del equipo EMT o SAAM (tanto logísticas como presupuestarias), y por supuesto, deben ser planificadas previamente al despliegue. Esta planificación puede ser una de las tareas más complejas en la toma de decisiones, por lo que a lo largo de este capítulo y el siguiente, se dará la información necesaria para facilitar la elección del tipo de instalación de oxígeno que se quiere desplegar en un EMT. Como resumen anticipado, se muestra la siguiente tabla.



Imagen 1: Fotografía de instalaciones de oxígeno en un EMT IRAG (EMT IRAG MSP Ecuador).

Tabla 3: Conveniencia de instalaciones según tipo de EMT o SAAM

Tipología	Instalaciones individuales de oxígeno	Instalaciones centralizadas de oxígeno
EMT1	Más ligeras, portátiles. Se pueden llevar desde el cuartel general. Se adaptan mejor a pacientes temporales, que no van a ser ingresados. Y el montaje es rápido y sencillo, y su mantenimiento y gestión puede realizarse con personal médico también.	No recomendado.

Tipología	Instalaciones individuales de oxígeno	Instalaciones centralizadas de oxígeno
EMT2	<p>Se pueden utilizar en misiones con un reducido porcentaje de pacientes que requieran oxigenoterapia. También en misiones donde no se puede disponer de depósitos de oxígeno líquido -LOX- o PSA.</p> <p>Es recomendable tenerlas como apoyo si se utilizan instalaciones centralizadas o para realizar traslados.</p>	<p>Recomendadas cuando se trata de misiones con un largo tiempo de despliegue, y/o con pacientes hospitalizados que requieren oxigenoterapia durante su ingreso, que justifiquen el esfuerzo de su montaje². Deben contrastar que fuente de oxígeno existe y es fiable en materia de suministro en el lugar de despliegue antes de optar por esta opción. Requieren de equipo de apoyo operacional cualificado y en ocasiones certificado.</p>
EMT3	<p>Es recomendable tenerlas sólo como apoyo o para realizar traslados.</p>	<p>Recomendadas para este tipo de EMT puesto que disponen de UCI, un número elevado de pacientes ingresados, dos quirófanos, lo que complicaría en exceso la gestión de tantas instalaciones individuales. Deben contrastar qué fuente de oxígeno existe y es fiable en materia de suministro en el lugar de despliegue. Requieren de equipo de apoyo operacional cualificado y en ocasiones certificado.</p>
EMT IRAG	<p>Si los pacientes ingresados son moderados, y/o pacientes que se encuentran recuperación de una fase severa/crítica (conocido en inglés como step-down), se puede aceptar su uso, pero su gestión puede ser compleja si se incrementa el número de pacientes con oxigenoterapia y la fuente es el cilindro de oxígeno gas.</p> <p>Es recomendable tenerlas como apoyo o para realizar traslados si se opta por instalaciones centralizadas.</p>	<p>Recomendadas para este tipo de EMT, en especial si albergan pacientes severos y/o críticos. Deben contrastar que fuente de oxígeno existe y es fiable en materia de suministro en el lugar de despliegue. Requieren de equipo de apoyo operacional cualificado y en ocasiones certificado.</p>
SAAM	<p>Dependerá de la tipología de servicios que se quieran entregar. Si estos servicios no requieren de hospitalización de pacientes severos y/o críticos que requieran de oxigenoterapia, y los pacientes moderados que la requieren no es muy elevado, se puede aceptar el uso de este tipo de instalaciones.</p> <p>Es recomendable tenerlas como apoyo o para realizar traslados si se opta por instalaciones centralizadas.</p>	<p>Recomendadas para este tipo de EMT, en especial si albergan pacientes severos y/o críticos. Deben contrastar que fuente de oxígeno existe y es fiable en materia de suministro en el lugar de despliegue. Requieren de equipo de apoyo operacional cualificado y en ocasiones certificado.</p>

2. Existen kits de distribución de oxígeno preparados para transporte e instalación rápidos con posibilidad de conexión a varios tipos de fuentes, que permiten la distribución de oxígeno de 1 a 10 pacientes que reducen el coste y el tiempo de montaje.

A continuación, se explicarán los tipos de instalaciones que se pueden instalar en EMT o SAAM; así como los componentes que las conforman, con el fin de realizar un buen diseño posterior, como se explicará en capítulo final.

4.1 Instalaciones individuales de O₂

Las instalaciones individuales de O₂ son aquellas en las que el oxígeno va directo de la fuente a un único paciente, como el caso de botellas y concentradores individuales. Estas instalaciones son las más sencillas a la hora de desplegar y las menos costosas en términos de inversión. Sin embargo, el funcionamiento de este tipo de instalaciones requiere de un gran esfuerzo en la gestión de los cambios de botellas y ciertas limitaciones en cuanto al caudal de oxígeno suministrado; además, se deberán tener precauciones en el sistema eléctrico en el caso de utilizar concentradores individuales.

Las fuentes de O₂ en las instalaciones individuales suelen estar colocadas próximas al punto de consumo, es decir, contiguas a las camas de los pacientes; por lo que, se deben tener en cuenta ciertas precauciones en su instalación para su correcto y seguro funcionamiento. (9) Estas precauciones varían dependiendo del tipo de fuente de O₂ que se disponga.

4.1.1 Botellas individuales

Cuando se usan instalaciones con fuente botellas de oxígeno individuales se necesitan los siguientes componentes tal y como se muestra en la ilustración 1:

Para estas instalaciones se deben tener en cuenta tres recomendaciones principales:

- ★ Para pacientes COVID-19, el consumo de oxígeno suele ser continuo y de alto flujo (5). Esto implica que, dependiendo del tamaño de las botellas se deban realizar cambios de estas cada 3 o 4 horas o incluso con mayor frecuencia; por lo que, se debe tener una planificación exhaustiva de los cambios de botellas.

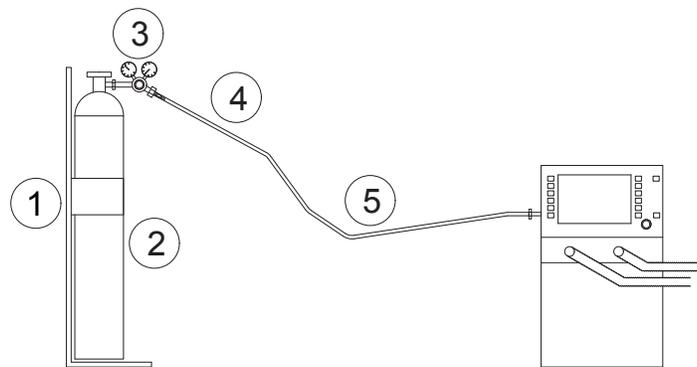


Ilustración 1: Partes de instalación individual de botella a respirador: 1. Lugar de fijación de botella; 2. Botella de oxígeno; 3. Manorreductor (si no tuviera medidor de caudal/ presión de salida habría que conectar un flujómetro); 4. Humidificador (opcional, en la ilustración no se incluye); 5. Línea de conducción (generalmente de plástico flexible).

- ★ Las botellas deben estar ubicadas de tal manera que se facilite su acceso para realizar los cambios descritos, revisiones, etc., de tal forma que el equipo logístico pueda llegar hasta el punto de la fuente sin afectar a los pacientes o las operaciones clínicas.
- ★ Se recomienda utilizar los sistemas de manorreductores dobles (manifolds) que deben estar preparados para el cambio de botellas sin que se produzcan caídas en el flujo suministrado a los pacientes, con sus correspondientes hipoxias.

4.1.2 Concentradores individuales

En el caso de instalaciones individuales con concentradores de oxígeno móviles se utilizan los elementos que aparecen en la ilustración 2.

Estas instalaciones son las más sencillas de manejar. Aún así se recomiendan las siguientes acciones:

- ★ Los concentradores de oxígeno requieren de un aporte continuo de energía; por lo que se debe asegurar que no se produzcan cortes de suministro, ya que sería fatal para los pacientes conectados a ellos. Por ello, se recomiendan SAI-UPS³ que permiten el funcionamiento a través de baterías cuando se producen cortes, y, además, regulan el voltaje que llega a los aparatos. Esto es muy importante cuando se utilizan generadores eléctricos para aportar la electricidad al EMT/SAAM que se va a desplegar.
- ★ Para más información sobre los concentradores de oxígeno, se sugiere consultar la Lista de Dispositivos Médicos Prioritarios en el contexto de la COVID-19 (4) En la cual se encontrará información sobre los estándares mínimos, descripción técnica y especificaciones de los concentradores de oxígeno (y otros dispositivos médicos) que han sido recomendados en el manejo de pacientes con sospecha o confirmación de infección por SARS-CoV-2 en los distintos niveles de complejidad asistencial.

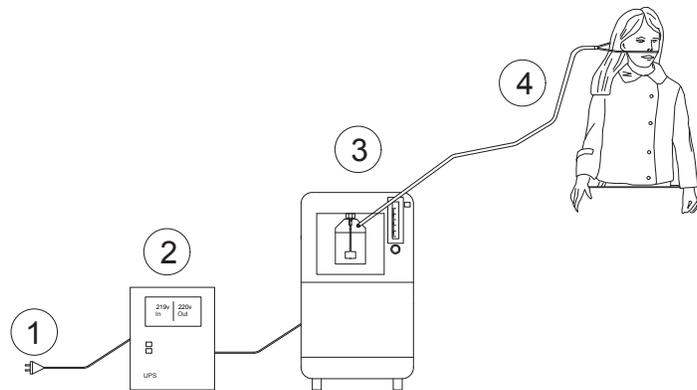


Ilustración 2: Instalación individual con concentrador de oxígeno portátil: 1. Toma de corriente; 2. Unidad UPS; 3. Concentrador de Oxígeno portátil; 4. Línea de conducción (generalmente plástico flexible).

3. Sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI), en inglés *uninterruptible power supply* (UPS), es un dispositivo que, gracias a sus baterías u otros elementos almacenadores de energía, durante un apagón eléctrico puede proporcionar energía eléctrica por un tiempo limitado a todos los dispositivos que tenga conectados.

4.2 Instalaciones centralizadas de O₂

Las instalaciones centralizadas son aquellas que suministran oxígeno a varios pacientes o aparatos de oxigenoterapia, y las líneas de distribución se canalizan de manera centralizada desde una única fuente. Esta fuente puede variar dependiendo del contexto en el que se cree la instalación. Las fuentes principales son depósitos de oxígeno líquido (LOX), plantas de producción PSA, concentradores duales y grupos de botellas de oxígeno gas. Todas ellas han sido comentadas en el capítulo anterior (ver capítulo 3).

La inversión inicial de este tipo de instalaciones suele ser alta y la complejidad de la instalación y mantenimiento también. Sin embargo, son capaces de suministrar altos flujos de oxígeno de una manera más eficiente; por lo que en respuestas de medio-largo plazo y respuestas en las que se requiere un consumo elevado de oxígeno, son la solución óptima siempre que se puede alcanzar su instalación.

Las instalaciones centralizadas son las más complejas técnicamente y contienen un mayor conjunto de elementos controladores y reguladores para gestionar el funcionamiento del suministro. Es importante reseñar que el cálculo de estas redes y la instalación de las fuentes deben ser realizados por técnicos especialistas que estén habilitados para instalarlo en el punto de montaje. En los subcapítulos siguientes, se van a explicar las partes que tienen estas instalaciones.

4.3 Componentes

4.3.1 Tuberías y uniones

La conducción del oxígeno desde la fuente hasta el paciente (o el aparato de electromedicina) se realiza a través de tuberías, que principalmente suelen ser de cobre por normativa⁴. En distancias cortas, generalmente desde las tomas (conexión desde tubo de cobre) hasta las máquinas de electromedicina y desde los aparatos hasta mascarillas y otros elementos que lo requieran, se utilizan tuberías de poliamida, que son flexibles y ligeras y permiten una mejor adaptación al entorno, pero que son más susceptibles a cortes, pinchazos, aplastamientos, etc.

Las tuberías de cobre pueden adquirirse en rollos o en barras y aunque son maleables por temperatura y/o de manera mecánica, en ocasiones necesitan de accesorios para giros (codos) y derivaciones (Te) y

4. La normativa en las Américas, aunque suele ser exclusiva de cada país, suele estar influenciada por la norma NFPA99. En Europa UNE-EN7396-1. Ver capítulo 2.

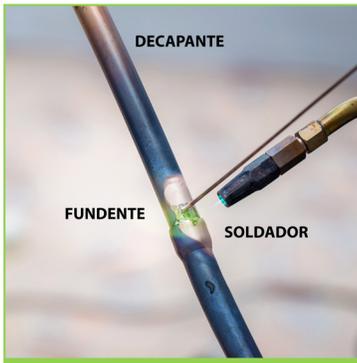


Imagen 2: Imagen de una soldadura fuerte de cobre y sus componentes.

reducciones. Las uniones entre tubos y las de tubos con los accesorios se realizan generalmente mediante soldadura con aporte de material por calor - capilaridad, es decir, se calientan las dos piezas de cobre a unir, previamente limpias y con decapante y se les aporta un material fundente que por capilaridad se distribuye en el espacio entre ambas piezas a unir. Esta soldadura puede ser de dos tipos: blanda o fuerte.

La soldadura blanda se realiza a temperaturas menores a 450° C, y generalmente el material fundente suele ser estaño. La soldadura fuerte se realiza a temperaturas mayores a 450° C y el material de aporte suele ser cobre, o aleaciones de estaño - plata. (En la soldadura fuerte se puede realizar sin aporte, utilizando la temperatura adecuada).

Materiales para llevar en el EMT para trabajar cobre:

- ✦ Cortatubos con limpia virutas.
- ✦ Estropajo
- ✦ Trapos o material de limpieza
- ✦ Decapantes
- ✦ Material fundente
- ✦ Calentador (lámpara de soldar, soplete de soldar, soplete bi-gas...)
- ✦ Tubo de cobre 1/2", 1/4", casquillos de empalme, Tés, casquillos de reducción de 3/4" a 1/2", y de 1/2" a 1/4".

Las **tuberías de cobre** para la conducción de gases deben ser marcadas y/o pintadas con el color que la normativa indique en cada país (en los países cuya normativa está basada en la NFPA99 las conducciones de oxígeno se marcan en verde, sin embargo, en aquellos que está basada en la ISO, las conducciones de oxígeno están marcadas en blanco). Este color debe de ser visible para los trabajadores de mantenimiento y reparaciones, puesto que hay que saber cuáles son las tuberías que transportan este gas.

Cuando en un EMT o en un SAAM se realiza una instalación centralizada con conducción de cobre, es necesario que esta tubería esté protegida de las inclemencias del tiempo y los golpes y que se encuentre elevada del suelo. Las tuberías deben estar bien fijas para evitar flexiones que pueden provocar roturas en algún punto, como muestra la imagen 3.

Si las conducciones de cobre se realizan por el interior de una tienda, es más seguro llevarlas a la altura del techo de ésta, para evitar impactos accidentales y además tener una visión directa de la tubería para poder detectar posibles fugas de manera rápida.



Imagen 3: Conducción de oxígeno en cobre en exterior de tienda de campaña. Las tuberías están marcadas en verde, amarradas con perfiles metálicos, elevadas del suelo y entre los vientos de la tienda para evitar impactos (EMT IRAG CSS Panama).

Las **tuberías de poliamida** suelen ser mucho más flexibles y se suelen suministrar en rollos. Se conectan a los aparatos, a otro tipo de tuberías y entre ellas mediante accesorios.

Materiales para llevar en el EMT para trabajar poliamida:

- ★ Estilete (cutter).
- ★ Juego de destornilladores.
- ★ Llave inglesa pequeña, y/o tenacillas o alicates para apriete de roscas.
- ★ Tubo de poliamida varios diámetros (1/4" – 1/8"). Accesorios de unión y derivación (empalmes, Tés, Ys...) para estos diámetros.

Es importante que las tuberías, bien sean de cobre o de poliamida, estén perfectamente limpias en el interior especialmente libres de aceites o grasas. Las tuberías de poliamida suelen venir limpias de fábrica, sin grasas ni otros productos químicos; sin embargo, las tuberías de cobre, pueden tenerlas, por lo que se recomienda su lavado anterior a la instalación, o en su almacenamiento previo al despliegue si posteriormente al lavado y secado se instala tapones que eviten la entrada de suciedad en ellas de nuevo. La limpieza se debe realizar con solución alcalina (carbonato de sodio ó fosfato trisódico) en agua caliente y el secado, a través de un soplado con nitrógeno o con aire comprimido seco y libre de grasas.



Imagen 4: Imagen de dos líneas de oxígeno en poliamida con derivaciones en T.

4.3.2 Tomas y conectores

Las tomas y conectores son las conexiones de gases medicinales equivalentes a las bases y las clavijas en la electricidad. Generalmente, las tomas o “hembras”, suelen estar colocadas al final de las líneas de tuberías de cobre. Y los conectores o “machos”, unidos a las tuberías de poliamida, u otro tipo de tubo conectado a una máquina, una máscara o cualquier otro elemento que consuma oxígeno, son las que se conectan en las tomas.

Las tomas de gases medicinales suelen tener mecanismos de corte que evitan que el gas se salga del sistema de tuberías por dichas tomas cuando no hay aparatos conectados a ellos. Igualmente, suelen tener mecanismo de atrapamiento para que los conectores no se suelten accidentalmente. Las formas de las tomas y los conectores, y sus mecanismos de corte y de sujeción, son muy numerosas y dependen tanto del país en el que se distribuyen, como de las empresas distribuidoras de oxígeno. Esto suele conllevar problemas de compatibilidad, y por lo tanto de operatividad si los equipos que se llevan en los EMT tienen conectores no válidos para las tomas existentes en el lugar del despliegue.

Para solucionar este reto, es altamente recomendable que los EMT que vayan a utilizar aparatos que necesiten suministro de oxígeno conectados a redes centralizadas, porten con ellos (al despliegue) tomas y conectores para instalar en las redes de existentes, o que se vayan a crear.

Materiales para llevar en el EMT para instalar tomas de oxígeno:

- ★ Tomas para conexión rápida de oxígeno, unidas a tubo de cobre para soldar en red existente.
- ★ Conectores compatibles con las tomas transportadas.
- ★ Materiales para trabajos de cobre y poliamida (ver apartado anterior).

4.3.3 Válvulas, manifolds, reguladores y flujómetros

Las líneas de gases medicinales, incluyendo el oxígeno, deben tener mecanismos de control y regulación que permitan abrir y cerrar el paso de gas, así como controlar la presión que tienen el gas dentro de las tuberías para no dañar éstas o los aparatos a los que suministren.

Para realizar este control, se dispone de varios tipos de accesorios: válvulas, reguladores, manifolds,



Imagen 5: Imagen de dos líneas de oxígeno en poliamida con derivaciones en T.

caudalímetros, etc. Muchos de ellos tienen similares funciones, aunque se les denominan de una forma u otra, dependiendo del lugar o la forma de usarse.

Válvulas. Suelen estar colocadas en las entradas y salidas de las tuberías y sus ramificaciones y su función es la de permitir el paso o no de los fluidos que hay en las tuberías (los tipos de válvulas de corte son: de bola, de clapeta, de compuerta, antirretorno), o la de regular la presión que pasa por ellas (válvulas reguladoras de presión). Pueden tener accionamiento manual o automático, aunque su uso o accionamiento en instalaciones de gas, especialmente las de corte, no suele ser habitual salvo excepciones como averías y mantenimientos. Las válvulas deben estar siempre insertadas en arquetas o cajas que protejan la llave de accionamientos accidentales, y suelen tener anexos manómetros que permitan comprobar que la presión es la correcta en la línea de gas que controlan, como muestra la ilustración 3.

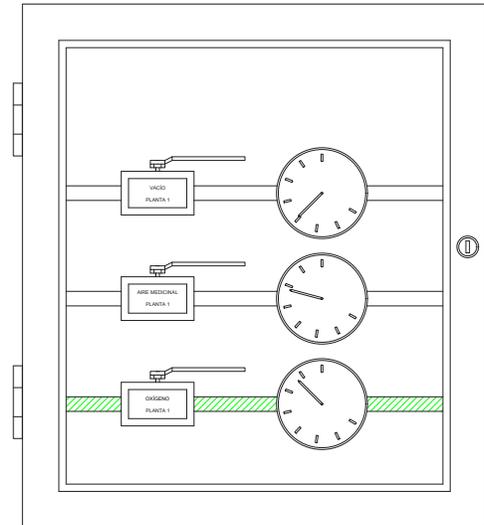


Ilustración 3: Arqueta con válvulas de corte y manómetros.



Imagen 6: Regulador de oxígeno para cilindro de gas. La válvula de la botella regula el gas que sale de ésta (manómetro más cercano a la botella) y el regulador controla el gas que entra al circuito (manómetro de la izquierda). En esta imagen se ve como se ha conectado directamente al regulador el tubo de poliamida.

Reguladores. Los reguladores son también válvulas, que sirven tanto para abrir y cerrar el flujo del aire, como para regular el caudal que pasa por el accesorio. El término de “regulador”, o “manorreductor” suele ir ligado al accesorio que se conecta generalmente a la salida de los cilindros, o a la salida de los conectores que se introducen en las tomas y que realiza una última selección del caudal que se quiere suministrar a la mascarilla o al aparato de electromedicina.

Los reguladores o manorreductores que se conectan a los cilindros o botellas de oxígeno, o de otro gas, lo hacen mediante un sistema de roscado para seguridad de que el reductor no salga disparado por accidente en caso de mala colocación. En ocasiones llevan dos manómetros que permiten ver la presión de salida del cilindro (antes del regulador) y la presión a

la entrada del tubo (después del regulador).

Cada tipo de gas tiene botellas diseñadas para su uso, e igualmente tienen la salida específica para ese gas (nombradas con letras diferentes), por lo que el acoplamiento entre el regulador y la botella deben

ser el correcto. El acoplamiento utilizado para los cilindros que van a ser utilizados para el oxígeno es el tipo F (de métrica W22,91 14 hilos/pulgadas derechas (R5/8")). (10)

Flujómetros (caudalímetros). Son elementos de medición que indican el caudal de aire que pasa a través de ellos y que ayudan a controlar el flujo de aire que se suministra al paciente a través de equipos biomédicos o directamente a una mascarilla. Normalmente se colocan adjuntos a un regulador para que combinando ambos se pueda controlar o regular los flujos.

Los concentradores de oxígeno poseen flujómetros incorporados en el equipo, por lo que no es necesario comprarlos por separado. Mientras que, para las otras fuentes de oxígeno que poseen presiones variables (por ejemplo: cilindros, red de distribución de O₂ y plantas PSA) es importante que los flujómetros se coloquen después del regulador de oxígeno, es decir en el lado de baja presión.

Manifolds. Los manifolds son elementos que generalmente combinan conectores a cilindros de oxígeno, válvulas de corte y reguladores de presión, y sirven para regular el flujo de gas sin fluctuaciones de presión cuando están conectados varios cilindros de gas al mismo tiempo, tanto cuando están todos en uso, como cuando se cambian algunas de las botellas una vez consumido el gas en ellas.

Es recomendable el uso de manifolds cuando se utilizan varios cilindros, o cuando se suministra oxígeno directamente a pacientes que requieren de un alto flujo y su salud depende de un suministro constante y se deben realizar numerosos cambios de cilindros durante el tratamiento del paciente. El manifold permite alargar el tiempo de cambio de botellas o cilindros, así como realizarlo de una manera segura para el paciente.

Existen numerosos modelos de manifolds: automáticos, semi-automáticos, manuales. Por lo tanto, dependiendo de las necesidades de uso del EMT así como de sus capacidades de mantenimiento y económicas de gasto, se podrá optar por una o por otra opción de estos elementos.



Imagen 7: Grupo de botellas conectadas a través de un manifold.

4.3.4 Gasificadores

Los gasificadores o vaporizadores son elementos diseñados para transformar el oxígeno líquido en oxígeno gaseoso. Suelen estar compuestos de una serie de tubos por el que el oxígeno fluye y por contacto y debido al intercambio de temperatura con el exterior, se produce la vaporización y expansión del O₂.

Estos elementos se utilizan a la salida de los tanques de oxígeno criogénico y permiten que el oxígeno se convierta en gas, que, tras pasar por un regulador de presión, entrará en la red de distribución de oxígeno a la presión adecuada.

Los gasificadores suelen ser dimensionados e instalados por las mismas empresas que suministran el oxígeno criogénico y están instalados dentro del recinto donde se colocará el depósito de oxígeno líquido. Serán estas empresas suministradoras quién deberán de realizar el mantenimiento de los gasificadores, e instruirán a los técnicos del EMT o SAAM para que realicen las tareas de limpieza (hielo) o mantenimiento básico que corresponda.



Imagen 8: Grupo Gasificador con hielo en el exterior.

4.3.5 Filtros

Por definición, un filtro es un elemento poroso por el cual se hace pasar un fluido, en este caso un gas, para clarificarlo o depurarlo. En el caso de los hospitales, también se suele llamar “filtro humidificador” a los dispositivos higroscópicos para pacientes en terapia respiratorias y de anestesia que requieren un intercambio de humedad y calor y retención de gases.

Los filtros se definen por la capacidad de “clarificación” o de “depuración” de las partículas no deseadas en el fluido a filtrar. Para que conseguir estos niveles de depuración, tienen ciertas condiciones de trabajo como pueden ser el estado de trabajo, el caudal y la presión del fluido, la dirección en el flujo, etc.

En esta guía, que está enfocada a EMT o SAAM, se va a centrar la explicación en tres tipos de filtros principalmente:

- ★ **Filtros de partículas en línea.** Son filtros que se colocan en la línea de suministro de oxígeno, principalmente próximo al punto de consumo, en la tubería de poliamida, y suelen utilizarse para la eliminación de bacterias y virus, así como de cualquier otra partícula que puede fluir por el oxígeno para evita que llegue hasta el paciente.
- ★ **Filtros de partículas para concentradores de oxígeno.** Evitan que las partículas no deseadas que hay en el aire que se está concentrando para enviar a través de una línea de oxígeno lleguen hasta el paciente. Obviamente, estos filtros están colocados dentro del concentrador.



Imagen 9: Arriba filtro de partículas en línea para colocación en tubo de poliamida (o similar). Abajo. Filtro humidificador.

- ★ **Filtros humificadores.** Aunque no son filtros como tal, la gran mayoría adaptan el aire a la humedad deseada para evitar daños en la mucosa del paciente. Constan de un tanque de agua destilada a través de la cual el flujo de oxígeno pasa al humidificador por la toma de entrada, aumenta su humedad relativa y sale, por la toma de salida, hacia el paciente.

Por lo tanto, todos estos filtros deben llevarse en el equipamiento del EMT o del SAAM a desplegar, para poder realizar una oxigenoterapia segura para el paciente durante la misión.

5. Diseño y montaje de la instalación

Antes de continuar con el último capítulo de esta guía, es importante recalcar que este es un documento de recomendaciones y no un manual de cálculo. El cálculo de tuberías para fluidos, en especial el de oxígeno y el montaje de las instalaciones deben estar realizado por equipos de ingeniería especializados y en muchos países, certificados profesionalmente. Sin embargo, este manual pretende ayudar tanto a los responsables de los EMT/SAAM, como a los equipos de apoyo operacional a obtener los conocimientos necesarios para poder encargar un diseño óptimo y adecuado de las instalaciones del EMT o SAAM y del personal que va a trabajar en esos equipos.

Para elegir un diseño y un montaje posterior adecuados, es necesario analizar todas las variables a través de varios pasos que son: cálculo del consumo, análisis del entorno, elección de fuente, sistema de distribución y gestión de la red. Estos pasos se explican a continuación.

5.1 Cálculo de consumo

Cuando se quiere calcular el consumo de oxígeno que se va a tener en un EMT o SAAM, el primer paso a realizar es determinar qué servicios médicos, tipos de pacientes y cantidades se van a aplicar.

Ejemplo⁵:

Si se desea crear un EMT tipo 2, con entre otros servicios, un quirófano, área de recuperación, reanimación, urgencias y además se desea ordenar la capacidad de ingresados (20 camas) de tal forma que 6 de ellas tengan capacidad de tratamiento de oxigenoterapia no invasiva. Se puede realizar una primera tabla que apoye el cálculo de consumo diario.

Área	Oxigenoterapia	No. de pacientes	Flujo por paciente	Horas por día
Triaje	No	0	0	0
Consultas externas	No	0	0	0
Pediatría	No	0	0	0
Urgencias	Si	4	10 l/min	4
Quirófano	Si	1	60 l/min	12
Reanimación	Si	1	20 l/min	12
Hospitalización	Si	6	20 l/min	24

5. Los datos que se van a poner en este ejemplo son inventados para poder mostrar de manera clara los puntos clave para realizar el cálculo.

Área	Oxigenoterapia	No. de pacientes	Flujo por paciente	Horas por día
Obstetricia	No	0	0	0
Fisioterapia	No	0	0	0
Traumatología	No	0	0	0

Aunque existen tablas de cálculos que facilitan las cantidades o flujos que se suministran por tipo de paciente, cuando se quiere rellenar esta tabla, es conveniente contrastar los números con aquellos especialistas del EMT o SAAM de cada área que va a proveer oxigenoterapia a los pacientes: médicos de urgencias, anestesiólogos, etc.

Con la siguiente fórmula, se puede realizar el cálculo de consumo de oxígeno diario de cada área:

$$\text{Consumo diario por área} = \text{No. pacientes} \times \text{flujo por paciente} \times 60 \text{ min/h} \times \text{h/día}$$

Y sumando los consumos de cada área, se obtiene el consumo diario del EMT o SAAM, que se multiplicará por los días de la duración de la misión para obtener la estimación total de O₂.

Si volvemos al ejemplo:

Área	Consumo diario (l/día)
Triaje	0
Consultas externas	0
Pediatría	0
Urgencias	9.600
Quirófano	43.200
Reanimación	14.400
Hospitalización	172.800
Obstetricia	0
Fisioterapia	0
Traumatología	0
Total día	240.000

Por lo tanto, se necesita en el EMT tipo 2 del ejemplo **240 m³ de O₂ al día**. Por lo que habrá que realizar un análisis del entorno, como se verá en el siguiente apartado, para establecer cómo conseguir estas cantidades.

5.2 Análisis del entorno

Cuando se analiza el entorno previo a un despliegue y se evalúa la viabilidad de éste, se debe tener en cuenta el suministro de oxígeno. La experiencia nos dice que esto pocas veces ocurre. Dado que la gran mayoría de los EMT tenían un enfoque muy de respuesta politraumática a eventos de origen natural, donde tal vez el análisis del entorno del O₂ no era tan crítico. Sin embargo, como se ha mencionado con anterioridad, la llegada de la pandemia de la COVID-19 ha hecho que este análisis sea clave para el éxito o fracaso de una misión.

Como todos los análisis o evaluaciones, la preparación de listas de chequeo previas a una movilización facilitará que se realice la evaluación de manera más eficiente. En estas listas de chequeo se debería incluir:

1. **Información sobre los suministradores de gases, en especial de O₂.** Entender cómo se realiza el suministro de gases en la zona (incluso en el país) donde se va a desplegar es fundamental. Si el suministro es en botellas (o cilindros), en oxígeno criogénico, o con concentradores. Se recomienda localizar compañías suministradoras y teléfonos de contacto; obtener información de si hay suministro suficiente o por el contrario el suministro deficiente en tiempos, cantidades o calidades; formas de pago, posibilidad de transporte, etc.
2. **Examinar las instalaciones existentes** ayudará a entender mejor el punto anterior, no sólo en la parte de suministro (o de la fuente), sino que hará que se pueda analizar el tipo de tomas que existen, o de canalizaciones y permitirá que se prepare mejor el material a llevar. Además, si las instalaciones existentes disponen de cierto stock de repuestos, permitirán por ejemplo y bajo colaboración mutua, una reparación más rápida de averías en la instalación del EMT o SAAM si el sistema que se utiliza es similar al existente. Probablemente esto facilitará el entendimiento de si hay personal capacitado capaz de trabajar con oxígeno de manera segura en la zona de despliegue, o si por el contrario habrá que incluir en el equipo a desplegar un especialista (recomendado).
3. **Normativa local.** La normativa local existente dará una visión global de las necesidades técnicas, de calidad y de seguridad que se deben alcanzar en el diseño de las instalaciones.
4. **Instalaciones y espacios para la ubicación.** El análisis del punto a desplegar debe extrapolar distancias, espacios para canalización, lugares seguros para instalación de fuentes, acceso al lugar, etc.
5. **Trabajadores de la salud local.** El contraste con el personal de salud permitirá conocer si el oxígeno que se suministra es de calidad, está limpio de partículas, o si por el contrario requiere de cierta filtración previa, por ejemplo.

Toda esta información, añadida a la estimación del consumo de O₂ que se va a tener en el EMT o SAAM, ayudará a dar forma al diseño final de la instalación de O₂ final del EMT.

5.3 Elección de fuente

Un EMT/SAAM puede tener una sola fuente o varias, dependiendo de los consumos estimados en cada una de las áreas (también influye la distancia entre áreas) y la capacidad de suministro local.

La fuente más sencilla y segura de instalar es la de concentradores portátiles de oxígeno (ver punto 4.1.2 de este manual). Los concentradores, en especial los portátiles, se pueden mover de un sitio a otro y requieren de un suministro de energía para su funcionamiento. Muchos de ellos tienen baterías que les permiten funcionar sin conexión a la red durante unos minutos, pero si el desplazamiento va a ser grande (como puede ser un traslado en vehículo sin posibilidad de conexión a la energía) no es el sistema de suministro adecuado. Los concentradores suelen tener un flujo de suministro de entre 5 l/min y 10 l/min y son muy prácticos para suministros de larga duración⁶.

La siguiente fuente más sencilla en manejo de instalación es la de las botellas de oxígeno (ver punto 3 de este manual), que pueden ser colocadas como botellas individuales tanto para suministro principal o como reserva por si se produce un corte en el suministro centralizado; o como baterías de botellas en línea como suministro centralizado. El principal reto con el uso de botellas es que, si el flujo de oxígeno a dosificar es elevado, se consumen muy rápidamente; por lo que, es fundamental contar con un sistema probado para cambio de botellas, que evite omisiones o retrasos. Para calcular la periodicidad de cambios de botellas, se recomienda considerar las siguientes fórmulas:

$$C_g = V_c \times P_g$$

C_g = Cantidad de gas (litros)

V_c = Capacidad geométrica de la botella que contiene el gas (litros)

P_g = Presión del gas dentro de la botella (bar)

$$A_s = C_g / Q_s$$

A_s = Autonomía de suministro de la botella (minutos)

C_g = Cantidad de gas (litros)

Q_s = Caudal del suministro en (litros/min)

Si se van a utilizar cilindros de manera individual, habrá que asegurarse de que el cilindro esté bien sujeto en el lugar donde se va a colocar y el acceso hasta este punto permite su transporte de manera

5. El rango señalado es el recomendado en las especificaciones para concentradores de oxígeno en la LDMP en el contexto de la COVID-19. Pero existen concentradores de oxígeno con mayor capacidad, sin embargo, pierden ventajas de portabilidad y se disminuye en la calidad del oxígeno (concentraciones de 90% ± 3%). (4)

segura. Cuando se utilizan baterías o series de cilindros, se deben asegurar que se instalan en un lugar separado del paso de personal y pacientes para evitar accidentes. Igualmente, el lugar de instalación debe tener buen acceso para poder realizar los cambios de botellas de manera segura.

Cuando se gestionan EMT que deben tener mucha movilidad, o cuyo consumo de O₂ no es excesivo, el uso de estas dos fuentes (concentradores portátiles y botellas) es el más común y sencillo de obtener. Las botellas de O₂ se suelen conseguir en el terreno y los concentradores suelen estar dentro del equipamiento del equipo que se traslada desde su base. Sin embargo, en aquellos EMT que van a hacer un despliegue muy largo en un lugar, en los SAAM que están asentados en un sitio, o en los EMT que tienen consumos grandes, como en las respuestas a COVID-19, es más práctico y habitual instalar plantas PSA o depósitos de oxígeno líquido.

Para las plantas PSA, que requieren de un proyecto de instalación, se deben acondicionar un espacio para su instalación; además, considerar otros servicios, como los accesos y el suministro de electricidad fiable para que la planta pueda funcionar con normalidad. Estas plantas requieren de una gran inversión económica inicial y si el centro donde van a ser instaladas no va a ser fijo, no será mejor opción que los depósitos de oxígeno líquido.

Los depósitos de oxígeno líquido son ideales para aquellos EMT o SAAM que van a realizar una misión larga en el tiempo y con consumos importantes de oxígeno durante su funcionamiento. El principal problema que se tiene con esta fuente es que deben existir un fabricante o suministrador de oxígeno líquido que pueda rellenar los depósitos cuando estos lleguen a su fin y que además tengan depósitos y sistemas de gasificación disponibles para instalar en el EMT o en el SAAM. Para calcular las necesidades de oxígeno líquido (LOX) que se requieren en su EMT, se puede realizar con una aproximación de 860 Litros O₂ gas por cada Litro de LOX.

5.4 Sistema de distribución

El diseño del sistema de distribución dependerá del personal encargado de realizar el dimensionamiento del sistema de O₂, puesto que el decidirá tanto el tamaño de las tuberías, como la forma de la red (anillo, lineal - ramificaciones) (11).

Los puntos que considerar en el diseño son los puntos de corte, los lugares y números de tomas, medidores (caudalímetros y de presión) y el material y personal que se va a llevar a un despliegue, como se muestra en la ilustración siguiente:

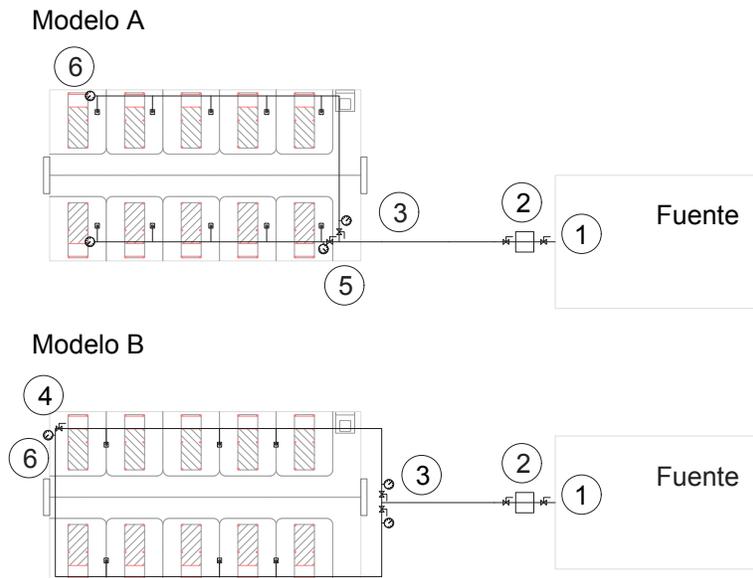


Ilustración 4: Arriba (modelo A) - Ejemplo de instalación centralizada que suministra oxígeno a una tienda con una instalación en forma de ramificación. Abajo (modelo B) - Ejemplo de instalación centralizada que suministra oxígeno a una tienda con una instalación en forma de anillo.

- Independientemente de si la red se diseña en anillo (modelo B) o lineal con ramificaciones (modelo A), se deben colocar en la instalación válvulas de corte que permitan parar el suministro de oxígeno si se detectan fugas (punto 1), o en caso de posibles modificaciones y/o reparaciones (puntos 2, 3 y 4). Las válvulas de corte se colocarán al inicio de un ramal (punto 3), o entre puntos de control de los anillos (punto 5). También se colocarán antes y después de accesorios clave (por ejemplo, en una válvula reguladora de presión o en un manómetro) para que se pueda realizar desmontajes sin necesidad de tener fugas (punto 2).
- Los medidores, especialmente, los de presión, permiten localizar pérdidas de presión dentro de la tubería, y por consiguiente fugas, o falta del caudal deseado. También permite controlar sobrepresiones si la válvula reguladora de presión no funciona, para evitar roturas por sobrepresión. La colocación de estos medidores se puede realizar al principio y al final de líneas, a la entrada y a la salida de las válvulas de regulación de presión, etc. (puntos 3 y 6).
- El lugar y número de tomas definirá el diámetro y forma de las tuberías, dado que el oxígeno que salga por esas tomas reducirá la cantidad de gas dentro de ellas a partir de este punto.



Imagen 10: Fotografías de tomas de oxígeno en el interior (EMT IRAG MSP Ecuador).

- ★ Si el personal que va a realizar el montaje de la instalación en el terreno no tiene la experiencia y el conocimiento suficiente para poder montar redes complejas de tuberías de gases, el diseño, incluyendo el tipo de tuberías a utilizar, se deben adaptar los conocimientos del personal. Por ejemplo, usando tubería de poliamida con uniones rápidas, o utilizando instalaciones ya preparadas para su uso, como pueden ser “rampas” de distribución.

5.5 Gestión de la red

Tanto en el diseño, como en la puesta en marcha, el suministro de oxígeno debe estar controlado en todo momento por el personal del EMT o del SAAM que esté desplegado en una misión.

Cuando se ha diseñado la red de suministro, se recomienda definir un plan de mantenimiento y control, de ser posible traducido en listas de chequeo, que permitan al personal del EMT o SAAM realizar de manera periódica e idéntica el control de que todo funciona correctamente (presión de los cilindros, de las tuberías, control de fugas, funcionamiento de las válvulas de corte, etc.). Si, además, se requiere realizar acciones de mantenimiento y/o reparación, éstas deben quedar reflejadas en algún tipo de libro de registro o bitácora que permita tener una trazabilidad de estos trabajos.

Si se utilizan botellas de oxígeno, se recomienda realizar una tabla de control de cuando se ha colocado la botella, tamaño de la botella, flujo suministrado al paciente y cuándo se prevé su consumo total para realizar su sustitución. En respuestas como la COVID-19, esto es fundamental para evitar que se produzcan hipoxias en los pacientes por cortes temporales del suministro.

Otra acción a llevar a cabo para la gestión de la red es realizar contratos de suministro del gas y mantenimiento de los elementos de la red en el lugar del despliegue para que las empresas especializadas completen tanto el aporte del gas, si se realiza con botellas o depósitos, como el mantenimiento de los equipos más complejos.

Por todos estos puntos, es muy importante tener un plan de formación para el personal que va a participar en la gestión de la red de oxígeno.



Imagen 11: Fotografía de instalaciones de oxígeno en un EMT IRAG (EMT IRAG MSP Ecuador).

6. Bibliografía

1. OPS. Algoritmo de manejo de pacientes con sospecha de infección por COVID-19 en el primer nivel de atención y en zonas remotas de la Región de las Américas. Julio 2020. https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/52501/OPSIMSEIHCOVID-19200012_spa.pdf?sequence=6&isAllowed=y.
2. National Fire Protection Association. NFPA99. Standard for Health Care Facilities. 2018.
3. ISO UNE-UN 7396-1.
4. OPS. Lista de Dispositivos Médicos Prioritarios en el contexto de la COVID-19. 13 de agosto de 2020. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/52579>.
5. OPS. Guía para el cuidado crítico de pacientes adultos graves con Coronavirus (COVID-19) en las Américas (Versión larga). 29 de julio de 2020. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/52529>.
6. WHO. Oxygen sources and distribution for COVID-19 treatment centres. Interim guidance. 4 April 2020.
7. Technical specifications for oxygen concentrators. Geneva. World Health Organization; 2015. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/199326>.
8. Clinical management of severe acute respiratory infection (SARI) when COVID-19 disease is suspected; Geneva: World Health Organization; April 2020. <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/clinical-management-of-novel-cov.pdf>.
9. WHO-UNICEF technical specifications and guidance for oxygen therapy devices; WHO medical device technical series; Geneva: World Health Organization and United Nations Children's Fund (UNICEF); 2019. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/329874/9789241516914-eng.pdf>.
10. Farmacia Hospitalaria, Fabricantes de gases hospitalarios, Ingeniería hospitalaria. Procedimiento de gestión de gases medicinales: Estándares de calidad de gases medicinales en el ámbito hospitalario. España. Edición septiembre 2018.
11. GIRÓN, Ernesto Godofredo. "Sistema de gases médicos: una guía práctica para el diseño". Ing- novación. Revista semestral de ingeniería e innovación de la Facultad de Ingeniería, Universidad Don Bosco. Diciembre de 2011 – mayo de 2012, Año 2, No. 3. pp. 5-26. ISSN 2221-1136.
12. De Simone, Ricardo. Oxígeno para Uso Médico Producido con Tecnología PSA, 11 de agosto de 2003, http://www.ricardodesimone.com.ar/NacEspanol/Seminario/membranas_y_tamices_.html.
13. OPS. Consideraciones para el Fortalecimiento del Primer Nivel de Atención en el Manejo de la Pandemia de COVID-19. OPS, 3 de diciembre de 2020. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/53112>.

Anexo 1. Definición de enfermedad de COVID-19 leve, moderada, grave y crítica (13)

Enfermedad leve	Pacientes sintomáticos de acuerdo con el cuadro clínico que satisfacen los criterios de definición de caso de COVID-19 y no presentan signos de neumonía viral ni de hipoxia.	
Enfermedad moderada	Neumonía	<p>Adolescente o adulto con signos clínicos de neumonía (fiebre, tos, disnea, respiración rápida), pero sin signos de neumonía grave, incluida una $SpO_2 \geq 90\%$ respirando aire ambiental.</p> <p>Niño con signos clínicos de neumonía no grave (tos o dificultad para respirar + respiración rápida o tiraje torácico) y sin signos de neumonía grave.</p> <ul style="list-style-type: none"> Respiración rápida (medida en respiraciones/min): <2 meses: ≥ 60; 2-11 meses: ≥ 50; 1-5 años: ≥ 40. <p>Aunque el diagnóstico puede hacerse clínicamente; las imágenes torácicas (radiografía, TAC, ecografía) pueden ser útiles para el diagnóstico y pueden identificar o descartar las complicaciones pulmonares.</p>
Enfermedad grave	Neumonía grave	<ul style="list-style-type: none"> Adolescente o adulto con signos clínicos de neumonía (fiebre, tos, disnea, respiración rápida) más uno de los siguientes: frecuencia respiratoria > 30 respiraciones/min, dificultad respiratoria grave, o $SpO_2 < 90\%$ respirando aire ambiental. Niño con signos clínicos de neumonía (tos o dificultad para respirar) + al menos uno de los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> Cianosis central o $SpO_2 < 90\%$; dificultad respiratoria grave (por ejemplo, respiración rápida, quejido espiratorio, tiraje torácico muy intenso); signo de peligro general: incapacidad de mamar o de beber, letargia o pérdida del conocimiento, o convulsiones Respiración rápida (medida en respiraciones/min): <2 meses: ≥ 60; 2-11 meses: ≥ 50; 1-5 años: ≥ 40. <p>Aunque el diagnóstico puede hacerse clínicamente; las imágenes torácicas (radiografía, TAC, ecografía) pueden ser útiles para el diagnóstico y pueden identificar o descartar las complicaciones pulmonares.</p>

<p>Enfermedad crítica</p>	<p>Síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA)</p>	<p>Inicio: en el plazo de una semana tras un evento clínico conocido (es decir, una neumonía) o la aparición de síntomas respiratorios o el empeoramiento de los ya existentes.</p> <p>Estudios por imágenes de tórax (radiografía, TAC o ecografía pulmonar): opacidades bilaterales que no se explican por completo por una sobrecarga de volumen, un colapso lobular o pulmonar, o la presencia de nódulos.</p> <p>Origen de los infiltrados pulmonares: insuficiencia respiratoria que no se explica por completo por una insuficiencia cardíaca o sobrecarga de líquidos. Es necesaria una evaluación objetiva (p. ej., mediante ecocardiografía) para excluir una causa hidrostática de los infiltrados o el edema si no hay ningún factor de riesgo.</p> <p>Déficit de oxigenación en los adultos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SDRA leve: $200 \text{ mmHg} < \text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 300 \text{ mmHg}$ (con PEEP o CPAP $\geq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$)^b • SDRA moderado: $100 \text{ mmHg} < \text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 200 \text{ mmHg}$ (con PEEP $\geq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$)^b • SDRA grave: $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 100 \text{ mmHg}$ (con PEEP $\geq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$)^b <p>Déficit de oxigenación en niños: evaluar el OI y el OSI.^c Usar el OI cuando se disponga de él. Si no se dispone de la PaO_2, desconectar la FiO_2 para mantener una $\text{SpO}_2 \leq 97 \%$ con objeto de calcular el OSI o el cociente de $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema binivel (VNI o CPAP) $\geq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$ mediante mascarilla facial completa: $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 300 \text{ mmHg}$ o $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2 \leq 264$. • SDRA leve (con ventilación invasiva): $4 \leq \text{OI} < 8$ o $5 \leq \text{OSI} < 7,5$. • SDRA moderado (con ventilación invasiva): $8 \leq \text{OI} < 16$ o $7,5 \leq \text{OSI} < 12,3$. • SDRA grave (con ventilación invasiva): $\text{OI} \geq 16$ u $\text{OSI} \geq 12,3$.
<p>Enfermedad crítica</p>	<p>Sepsis</p>	<p>Adultos: disfunción aguda de órganos con peligro para la vida, causada por una regulación alterada de la respuesta del paciente frente a una infección presunta o comprobada. Los signos de disfunción de los órganos incluyen los siguientes: alteración del estado mental, dificultad respiratoria o respiración rápida, saturación de oxígeno baja, reducción de la diuresis, frecuencia cardíaca rápida, pulso débil, extremidades frías, presión arterial baja, moteado de la piel, signos analíticos de coagulopatía, trombocitopenia, acidosis, lactato elevado e hiperbilirrubinemia.</p> <p>Niños: infección presunta o comprobada y ≥ 2 criterios del síndrome de respuesta inflamatoria sistémica (SRIS) correspondientes a la edad,^e uno de los cuales debe ser la temperatura anormal o el recuento leucocitario anormal.</p>

	<p>Choque séptico</p>	<p>Adultos: hipotensión persistente a pesar de la reanimación con administración de volumen, que requiere vasopresores para mantener una PAM \geq 65 mmHg y concentración de lactato en suero $>$ 2 mmol/l.</p> <p>Niños: cualquier valor de hipotensión (PA sistólica $<$ percentil 5 o $>$ 2 DE por debajo del valor normal para la edad) o dos o tres de los siguientes: alteración del estado mental; bradicardia o taquicardia (FC $<$ 90 lpm o $>$ 160 lpm en lactantes y frecuencia cardíaca $<$ 70 lpm o $>$ 150 lpm en niños); llenado capilar prolongado ($>$ 2 s) o pulso débil; respiración rápida; piel moteada o fría, o erupción petequeal o púrpura; lactato elevado; reducción de la diuresis; e hipertermia o hipotermia.</p>
<p>Otras complicaciones que se han descrito en los pacientes con COVID-19 son trastornos agudos y con peligro para la vida, como los siguientes: embolia pulmonar aguda, accidente cerebrovascular agudo, síndrome coronario agudo y estado confusional (delirium). El grado de sospecha clínica respecto a estas complicaciones debe ser mayor cuando se atiende a pacientes con COVID-19, y debe disponerse de protocolos de diagnóstico y tratamiento apropiados.</p>		
<p>a. Si la altitud es de más de 1000 m, debe calcularse el factor de corrección como sigue: $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \times \text{presión barométrica}/760$.</p> <p>b. Cuando no se dispone de la PaO_2, un valor de $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2 \leq 315$ sugiere un SDRA (también en los pacientes no ventilados).</p> <p>c. El índice de oxigenación (OI) es un parámetro determinado de forma invasiva que indica la gravedad de la insuficiencia respiratoria hipoxémica y puede usarse para predecir la evolución de los pacientes pediátricos. Se calcula de la siguiente manera: porcentaje de fracción de oxígeno inhalado multiplicado por la presión media de las vías aéreas (en mmHg), dividido por la presión parcial de oxígeno arterial (en mmHg). El índice de saturación de oxígeno (OSI) es un parámetro determinado de forma no invasiva y se ha observado que es un indicador sustitutivo fiable del OI en niños y adultos con insuficiencia respiratoria. El OSI reemplaza la PaO_2 por la saturación de oxígeno medida con pulsioximetría (SpO_2) en la ecuación del OI.</p> <p>d. La puntuación SOFA toma valores entre 0 y 24, e incluye puntuaciones relativas a seis sistemas orgánicos: aparato respiratorio (hipoxemia definida por un valor bajo de $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$); coagulación (recuento de plaquetas bajo); hígado (bilirrubina alta); aparato cardiovascular (hipotensión); sistema nervioso central (nivel de conciencia bajo definido por la escala de coma de Glasgow); y aparato urinario (diuresis baja o creatinina alta). La septicemia se define por un aumento de la puntuación SOFA relativa a la septicemia de ≥ 2 puntos. En el caso de que no se disponga de datos al respecto, se presupondrá que la puntuación inicial es 0.</p> <p>e. Criterios de SRIS: temperatura anormal ($>38,5^\circ\text{C}$ o $<36^\circ\text{C}$); taquicardia correspondiente a la edad o bradicardia correspondiente a la edad si el paciente tiene $<$ 1 año; taquipnea correspondiente a la edad o necesidad de ventilación mecánica; recuento de leucocitos anormal para la edad o $>10\%$ de células en banda.</p>		
<p>Abreviaturas: PA presión arterial; lpm latidos por minuto; CPAP presión de vías aéreas positiva continua; TAC tomografía computarizada; FiO_2 fracción de oxígeno inspirado; PAM presión arterial media; VNI ventilación no invasiva; OI índice de oxigenación; OSI índice de oxigenación con el empleo de SpO_2; PaO_2 presión parcial de oxígeno arterial; PEEP presión respiratoria positiva; PAS presión arterial sistólica; DE desviación estándar; SRIS síndrome de respuesta inflamatoria sistémica; SOFA evaluación secuencial de disfunción de órganos (por su sigla en inglés); SpO_2 saturación de oxígeno.</p>		