Grupo Técnico de Oxígeno

Expansión Rápida de Capacidades de Atención Clínica

Recomendaciones para adoptar y adquirir plantas generadoras de oxígeno mediante adsorción por cambio de presión

OPS
Organización Panamericana de la Salud
Organización Mundial de la Salud
Oficina Regional para las Américas

Versión abril del 2022

Recomendaciones para adoptar y adquirir plantas generadoras de oxígeno mediante adsorción por cambio de presión

Versión abril del 2022

OPS Organización Panamericana de la Salud
Organización Mundial de la Salud
Oficina Regional para las Américas

Washington, D.C., 2022

Recomendaciones para adoptar y adquirir plantas generadoras de oxígeno mediante adsorción por cambio de presión

OPS/PHE/IMS/COVID-19/22-0006

© **Organización Panamericana de la Salud, 2022**

Algunos derechos reservados. Esta obra está disponible en virtud de la licencia Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Organizaciones intergubernamentales de Creative Commons (CC BY-NC-SA 3.0 IGO); https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es).

Con arreglo a las condiciones de la licencia, se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra con fines no comerciales, siempre que se utilice la misma licencia o una licencia equivalente de Creative Commons y se cite correctamente. En ningún uso que se haga de esta obra debe darse a entender que la Organización Panamericana de la Salud (OPS) respalda una organización, producto o servicio específicos. No está permitido utilizar el logotipo de la OPS.

La OPS ha adoptado todas las precauciones razonables para verificar la información que figura en la presente publicación. No obstante, el material publicado se distribuye sin garantía de ningún tipo, ni explícita ni implícita. El lector es responsable de la interpretación y el uso que haga de ese material, y en ningún caso la OPS podrá ser considerada responsable de daño alguno causado por su utilización.

Fotografía de cubierta: © Gobierno Regional Del Callao | Flickr.com

© Legado OficialPE | Flickr.com

Índice

Siglas....V

Introducción....1

1. La adopción de plantas de adsorción por cambio de presión....2

Principios de funcionamiento de una planta de adsorción por cambio de presión....2

Retos de la tecnología de adsorción por cambio de presión....14

Ventajas y desventajas de una planta de adsorción por cambio de presión....19

2. La adquisición de una planta de adsorción por cambio de presión....20

Consideraciones en el momento de la compra de una planta de adsorción por cambio de presión....20

Contención de costos en la producción de oxígeno....24

Preguntas frecuentes y respuestas sobre la compra de una planta de adsorción por cambio de presión....25

Formulario de solicitud de información al mercado....30

Bibliografía....31

Glosario....32

Anexo. Lista de verificación comparativa para la adquisición de plantas de adsorción por cambio de presión....34

Siglas

CLP	controlador lógico programable
EPOC	enfermedad pulmonar obstructiva crónica
PSA	adsorción por cambio de presión (por su sigla en inglés)
PSI	libra de fuerza por pulgada cuadrada (por su sigla en inglés)

Introducción

La evaluación de las tecnologías sanitarias es cada vez más común y necesaria para los países en desarrollo. Su práctica a menudo revela costos ocultos y permite a los establecimientos de salud reunir elementos que aumenten la vida útil de las tecnologías adoptadas, como puede ser el caso de las plantas generadoras de oxígeno. A pesar de ser un equipo aparentemente complejo, en el proceso de evaluación antes de la compra se inicia la incorporación de tecnología en salud y se construye la garantía de un sistema racional, sostenible y seguro.

Aunque en grandes centros de salud el uso de oxígeno líquido como fuente principal de suministro puede ser ventajoso, esta tecnología no se aplica en todos los casos debido a problemas como la falta de empresas suministradoras, la variabilidad de los precios según la demanda y las dificultades logísticas (ausencia de carreteras o trayectos muy largos). En estos casos, las plantas generadoras de oxígeno pueden resultar más ventajosas, siempre que se evalúen adecuadamente todos los aspectos para su implementación, tanto los de carácter técnico como los de carácter administrativo y financiero.

Es importante recordar que una matriz completa de suministro de oxígeno en un centro de salud se compone de tres tipos de suministros: el suministro primario y principal, el suministro secundario, de igual capacidad que el anterior, para asistir al hospital en caso de fallo del primario, y el suministro de emergencia, que debe ser responsable del suministro en caso de fallo de los dos anteriores.

Esta publicación pretende dar una visión general a los profesionales que deseen iniciar un proceso de evaluación, adopción de tecnología y adquisición de plantas generadoras de oxígeno mediante adsorción por cambio de presión (PSA, por su sigla en inglés) a través de la recopilación de información comparativa desde un punto de vista técnico, administrativo y financiero. Se divide en las dos partes siguiente: la primera está centrada en la descripción de la tecnología y sus ventajas y desventajas para adoptarla en el centro de salud; la segunda está centrada en los aspectos clave necesarios para que los profesionales puedan llevar a cabo un procedimiento de adquisición más eficiente.

1. La adopción de plantas de adsorción por cambio de presión

La pandemia de COVID-19 ha provocado en muchas ocasiones un déficit de suministro de oxígeno en numerosas instalaciones de salud. Una solución para subsanar este déficit es adquirir plantas generadoras de oxígeno, preferentemente con la tecnología PSA, a través de procedimientos de compras nacionales o internacionales.

Muchos establecimientos y sistemas de salud se han visto o se están viendo obligados a sustituir sus medios de abastecimiento habituales (oxígeno líquido o cilindros de oxígeno) por plantas de PSA para poder tener cubiertos los suministros primario, secundario y de emergencia de su matriz. Sin embargo, al no tener experiencia con esta nueva tecnología en su sistema, han tenido o pueden tener problemas durante el proceso de adquisición, por ejemplo, comprando un equipamiento que tal vez no satisfaga las necesidades de suministro de oxígeno del establecimiento, no solo en cantidad y calidad, sino también en cuanto a aspectos técnicos, administrativos o financieros.

En esta primera parte se explica cómo funciona una planta generadora de oxígeno mediante PSA, cuáles son sus componentes y sus principales retos de funcionamiento, y se describen de forma sucinta las ventajas y desventajas frente a otros métodos de suministro. El propósito es que los responsables de tomar decisiones puedan comprender mejor su funcionamiento y decantarse por esta tecnología si es la mejor solución en ese momento para corregir un posible déficit de suministro.

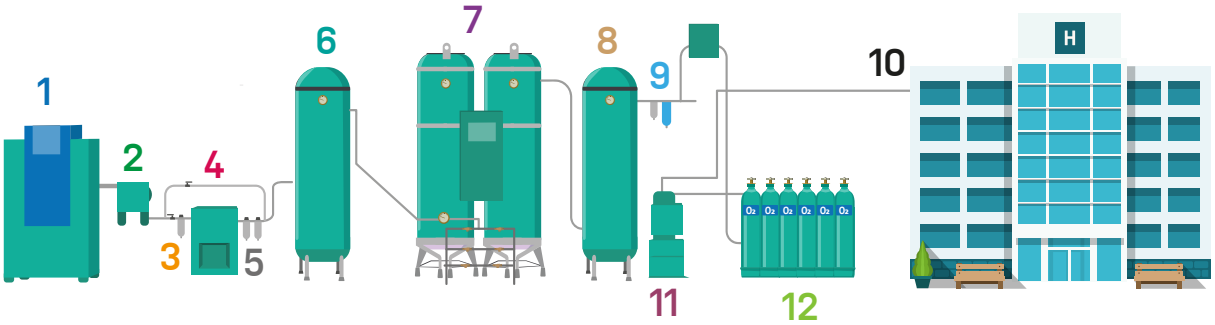
Principios de funcionamiento de una planta de adsorción por cambio de presión

Una planta generadora de oxígeno mediante PSA utiliza un proceso fisicoquímico llamado adsorción (figura 1), consistente en separar el oxígeno (O_2) del nitrógeno (N_2) presentes en el aire, que es el principal insumo por procesar. Cuando el aire (21% O_2 + 78% N_2 + 0,93% argón) entra en contacto con el elemento adsorbente, el nitrógeno se adhiere a la superficie del material adsorbente (zeolita), y deja que el oxígeno pase libremente. Es como si la zeolita funcionara a modo de tamiz de moléculas de nitrógeno, hasta que se llena completamente y pierde su capacidad de separar el oxígeno del aire. Por esta razón, las plantas de PSA emplean dos columnas de material adsorbente, para que, mientras una está produciendo oxígeno, la segunda se esté preparando para el siguiente ciclo. Esto le da a la planta una capacidad de producción prácticamente ininterrumpida.

Figura 1. Diferencia entre un proceso de ads Diferencia entre un proceso de adsorción y un proceso de absorción

La figura 2 muestra las partes principales del proceso de funcionamiento de una planta generadora de oxígeno mediante PSA, que se detallarán a continuación.

Figura 2. Dibujo de una instalación y sus componentes principales



1 - Compresor de aire
2 - Posenfriador del aire
3 - Prefiltro de aire
4 - Secador del aire
5 - Posfiltro de aire
6 - Reservorio de aire
7 - PSA
8 - Reservorio de oxígeno
9 - Filtro de oxígeno
10 - Hospital
11 - Compresor para llenado
12 - Batería de cilindros

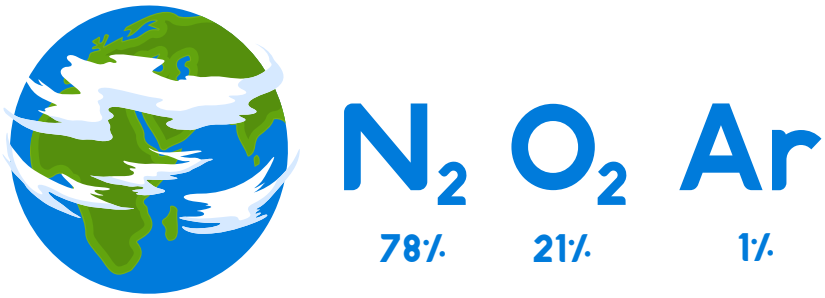
PSA: adsorción por cambio de presión.

Aire ambiente

El aire ambiente (figura 3) junto con la electricidad son los insumos principales para la producción de oxígeno mediante PSA. Como el oxígeno se toma del aire ambiente, se requiere un compresor para garantizar la obtención de la cantidad de aire necesario y conseguir la presión óptima para la producción del gas.

La ubicación donde se instalará la planta de PSA y la calidad del aire en la misma determinarán el nivel de tratamiento requerido. Es común que se utilicen filtros para asegurar la pureza del aire y la eliminación de partículas de agua, aceite, olores y contaminantes como dióxido de carbono (CO_2) y monóxido de carbono (CO).

Figura 3: Aire ambiente



Compresor

El compresor (figura 4) capta aire a temperatura y presión ambiente y lo introduce en el sistema a una mayor presión. Aunque todos los elementos de la planta de PSA son esenciales para la producción de oxígeno de alta calidad, el compresor es el elemento que requiere un mayor cuidado durante todo el ciclo de vida de la instalación en el establecimiento. Dado que el compresor contiene piezas móviles y está sujeto a desgaste, se debe considerar un buen plan de mantenimiento en la planificación de la compra de la planta. Por otro lado, el compresor es un equipo muy utilizado a nivel mundial por lo que su sistema de mantenimiento puede desarrollarlo y ponerlo en práctica el equipo de ingeniería del establecimiento de salud.

El compresor es el equipo que mayor electricidad consume en el proceso de PSA y definirá prácticamente el costo de producción. Dado que puede poseer una gran potencia eléctrica, es crucial verificar si el sistema eléctrico del establecimiento puede soportar esta nueva carga. Si no pudiera, el aumento de esta capacidad debe considerarse en términos de espacio y costos. Cuanto mayor sea la potencia del compresor en kW (kilovatios), mayor será el consumo de energía eléctrica.

Figura 4. Compresor de aire para producción de oxígeno medicinal

© Legado OficialPE | Flickr.com

Nota: a la izquierda, en amarillo, un ejemplo de compresor de aire utilizado en la producción de oxígeno medicinal. Suele tener forma cúbica y dimensiones variables.

Tratamiento del aire

El tratamiento del aire lo acondiciona física y químicamente antes de pasar a la adsorción del nitrógeno. Es un proceso extremadamente importante, ya que, además de asegurar una mayor calidad al oxígeno producido, da una mayor supervivencia al material adsorbente.

Además de CO_2 y CO, el contenido de humedad en el aire que se va a comprimir y tratar debe reducirse a la menor cantidad posible. Para ello, la planta debe contemplar la disposición de filtros (figura 5) y secadores de aire.

Es importante tener en cuenta que, cuando el aire está comprimido, también lo está el vapor de agua en su interior, lo que implica tener que eliminar todo el contenido de agua en el aire justo después de su compresión.

Figura 5. Ejemplos de sistemas de filtración de aire

© Paraguay | OPS

Nota: tienen elementos de filtro que deben cambiarse con frecuencia. Algunos incluyen indicadores que señalan el momento exacto para intercambiar este elemento.

Para ello, se puede utilizar una combinación de recursos tecnológicos disponibles en el mercado que se deben elegir teniendo en cuenta el contenido de humedad en el aire donde se va a instalar la planta. En las regiones donde la humedad relativa es alta, eliminar el agua es esencial, pero también más complejo. Por el contrario, en las regiones donde el aire es más seco, el sistema puede ser menos complejo. El secado del aire cumple por lo general dos pasos:

El primer paso del secado tiene como objetivo eliminar la parte más gruesa del agua presente en el aire después de la compresión. Para ello, se pueden utilizar condensadores (figura 6) o un intercambiador de calor que utiliza aire ambiente para enfriar el aire comprimido y provocar su condensación.

Figura 6. Condensador de humedad

© Sorapol Ujjin | Dreamstime.com

Nota: condensador de humedad que se utiliza antes del sistema de secado del aire propiamente dicho. Este sistema puede contener un dispositivo de filtrado previamente instalado, que enfría el aire que sale del compresor y se realiza una primera etapa de secado.

El segundo paso del proceso de secado tiene como objetivo eliminar el vapor de agua que todavía puede estar presente en el aire. En estos casos, los fabricantes pueden utilizar dos métodos: secado por refrigeración (figura 7) y secado por adsorción. Algunos países tienen leyes o regulaciones que pueden requerir un sistema u otro.

El secado por refrigeración emplea el ciclo del refrigerador, similar a los refrigeradores domésticos, para enfriar el aire y condensar la humedad residual.

Figura 7. Secador de aire

© Legado OficialPE | Flickr.com

Nota: en amarillo, un ejemplo de un secador de aire que extrae la humedad del aire y lo convierte en adecuado para la producción de oxígeno.

El secado por adsorción (figura 8) emplea el mismo principio fisicoquímico utilizado en las plantas de PSA. Sin embargo, en este caso se elimina el agua y no el nitrógeno del aire. El secado por adsorción permite eliminar más agua que el secado por refrigeración, aunque la decisión sobre cuál es la mejor tecnología que se debe utilizar vendrá dada por las características del aire ambiental en el sitio de instalación.

Figura 8. Secador de aire por adsorción

© Dominica | OPS

Nota: en azul, un ejemplo de un secador de aire por adsorción; extrae la humedad del aire y lo convierte en adecuado para la producción de oxígeno.

Almacenamiento de aire comprimido

Una vez comprimido, filtrado y secado, el aire se considera tratado y comienza a almacenarse en un depósito (figura 9) donde estará disponible para pasar por el proceso de adsorción del nitrógeno en el que se obtendrá oxígeno. Los fabricantes pueden emplear más de un reservorio en el proceso de producción, por ejemplo, uno o dos antes del tratamiento y uno o dos después del tratamiento. Por esta razón, antes de la compra, es importante asegurarse de que, si se está considerando comprar más de una planta, estas tengan la misma estructura tecnológica y componentes, así como el mismo número de reservorios

Figura 9. Depósito de aire comprimido

© Paraguay | OPS

Nota: a la izquierda, ejemplo de depósito de aire comprimido. La adsorción por cambio de presión permite el uso de uno o más dispositivos como este.

Columnas 1 y 2 y controladores lógicos programables

Los concentradores de oxígeno se introdujeron a finales de la década de 1960 y desde entonces han sido sometidos a sucesivos procesos de mejora. Uno de los puntos interesantes es el control de la alternancia de la planta entre las columnas 1 y 2. En el pasado, este control se realizaba electromecánicamente, lo que confería mayor dificultad para controlar y evaluar el rendimiento de la planta. Actualmente, esto se hace mediante controladores lógicos programables (CLP, también conocido por PLC, por su sigla en inglés), que aumentan la precisión de la operación y los posibles ajustes.

Las columnas, sus válvulas y el CLP (figura 10) que controla la producción son los componentes de la planta de PSA que generan el oxígeno. Las columnas se utilizan para almacenar el material adsorbente (zeolita) y se dimensionan de acuerdo con la cantidad deseada de oxígeno. El controlador, a su vez, realiza un conjunto de funciones, como la medición de flujos, presiones, concentración de oxígeno y tiempos de funcionamiento de cada fase del ciclo de producción.

Figura 10. Columnas adsorbentes

© Gobierno Regional Del Callao | Flickr.com

Nota: ejemplo de columnas adsorbentes de la planta de adsorción por cambio de presión, sus válvulas y el controlador lógico programable.

Almacenamiento de oxígeno

Una vez separado el aire ambiente, el oxígeno se almacena en otro depósito (figura 11) y está listo para su uso, que se lleva a cabo de las dos maneras siguientes: la primera es la alimentación directa de la red de distribución existente en el establecimiento de salud; la segunda es el llenado de cilindros para reserva o para distribución en lugares donde sea necesario, como pacientes en atención domiciliaria o en situación de transporte.

Figura 11. Tanques para almacenar oxígeno producido por adsorción

© Legado OficialPE | Flickr.com

Nota: en el centro, en acero inoxidable, dos tanques de oxígeno para almacenar la producción por adsorción.

Red de distribución

La red de distribución es el conjunto de tuberías (figura 12) y elementos de seguridad y control que permiten llevar el oxígeno desde su fuente de producción o suministro hasta el punto de consumo en áreas hospitalarias de atención al paciente.

Figura 12. Red de gas medicinal

© Legado OficialPE | Flickr.com

Nota: ejemplo de una red de gases medicinales. El color verde se refiere al oxígeno médico y la flecha negra apunta en la dirección del flujo de gas.

El establecimiento y el tipo de atención médica que ofrece determinan el tamaño de la planta de PSA o su capacidad de producción. Se recomienda que la capacidad de la planta considere el número de puntos de oxígeno que existen en el establecimiento, como los presentados en la figura 13. En cada punto y área donde se instala la planta, se debe asignar el flujo de oxígeno requerido: la suma final representa la cantidad necesaria. Es posible que, dependiendo del país, existan diversas recomendaciones que permitan a su vez dimensionar la cantidad de oxígeno requerida.

Figura 13. Puntos de consumo de oxígeno

© Pongphan Ruengchai | Dreamstime.com

Nota: ejemplo de puntos de consumo de oxígeno gaseoso que se representa con el color verde. La instalación se puede realizar en paneles con puntos de consumo de gas o mediante puntos de consumo aislados.

En el cuadro 1 se detalla un ejemplo de cómo dimensionar la cantidad de oxígeno necesaria para pacientes con COVID-19.

Cuadro 1. Consumo de oxígeno recomendado para tratamiento de pacientes con COVID-19

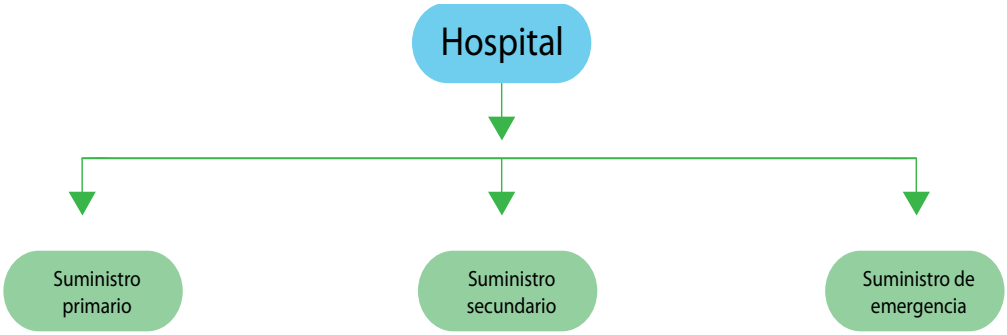
Unidad de tratamiento hipotética de COVID-19 con 100 camas				
Gravedad de la enfermedad	Flujo medio de oxígeno		Dimensión de las soluciones	
	Por paciente	Total	Generador PSA	Oxígeno licuado
Grave 75 pacientes	10 L/min	75 × 10 × 60 = 45.000 L	= 45 m^3/h	= 1,25 m^3/h
Crítico 25 pacientes	30 L/min	25 × 30 × 60 = 45.000 L	= 45 m^3/h	= 1,25 m^3/h
		90.000 L/h	= 90 m^3/h	= 2,5 m^3/h

PSA: adsorción por cambio de presión.

Cuando se está dimensionando la red de distribución, es importante que el establecimiento considere futuros proyectos de expansión o de suministro de oxígeno adicional para utilizar en el llenado de cilindros, en caso de que exista la necesidad de transportar el oxígeno producido a otros lugares de la región donde está instalada la planta.

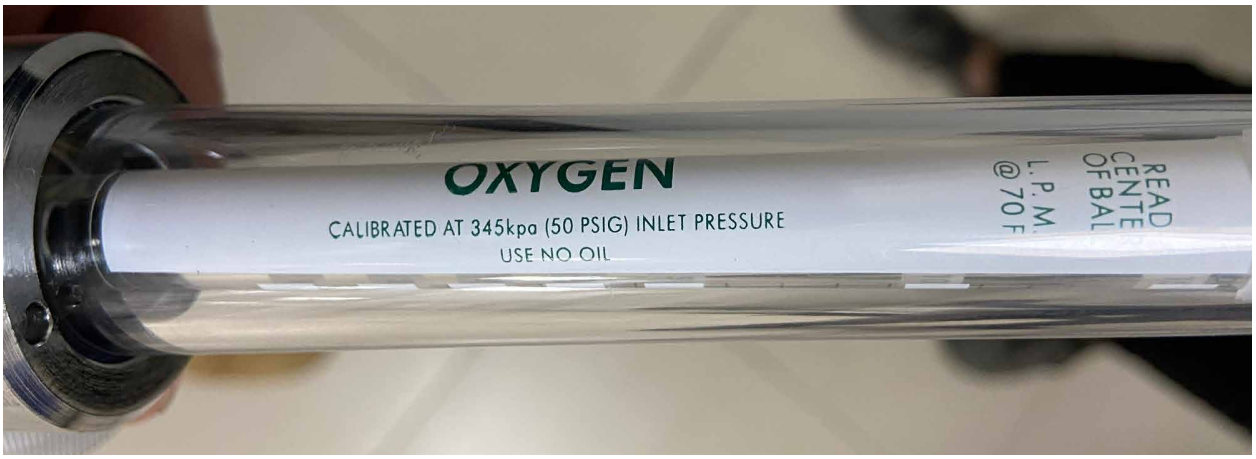
El establecimiento debe considerar otros aspectos para aprovechar la oportunidad de ajustar la matriz de suministro (figura 14). Puede adquirir dos plantas, es decir, una para el suministro primario y la otra para el suministro secundario. También debe comprobar, a partir del inventario de equipos y dispositivos de oxigenoterapia, si las cantidades son suficientes o si es necesario realizar ajustes. También es importante considerar que tanto la presión de la red como la presión interna de los cilindros se pueden ajustar en este momento.

Figura 14. Suministros



Es importante tener en cuenta que la red de distribución de oxígeno debe tener su presión ajustada a un valor cercano a 50 libras de fuerza por pulgada cuadrada (PSI, por su sigla en inglés) (345 kPa; 3,45 bar; 3,52 kgf/cm²), lo que evita la necesidad de la válvula reductora de presión de la red y asegura una distribución de oxígeno más precisa por los caudalímetros conectados a ella (figura 15).

Figura 15. Flujómetro



© Dominica | OPS

Nota: flujómetro con marcación en su cuerpo: indica que la presión de utilización es 50 libras de fuerza por pulgada cuadrada.

Compresor de oxígeno

Para almacenar una gran cantidad de oxígeno en un volumen pequeño, como un cilindro, es necesario aumentar su presión. Para ello, las plantas de PSA pueden incluir un sistema de llenado de cilindros que contiene uno o más compresores. Este tipo de compresor (figura 16) es diferente del compresor de aire, ya que generalmente funciona con caudales más bajos, pero alcanza presiones realmente altas del orden de 2.200 PSI (15.168 kPa; 151,7 bar; 154 kgf/cm^2). Si el establecimiento tiene este sistema de trabajo, la planta de PSA debe contar un excedente de capacidad de producción. Para lograr valores de presión tan altos, el compresor de oxígeno tiene al menos dos etapas de compresión.

Figura 16. Compresor de oxígeno para llenado de cilindros.

© Pongphan Ruengchai | Dreamstime.com

Cilindros

La red de distribución es el conjunto de tuberías y elementos de seguridad y control que permiten llevar el oxígeno desde su fuente de producción o suministro, hasta el punto de consumo en áreas hospitalarias de atención al paciente.

Figura 17. Estación para llenado de cilindros

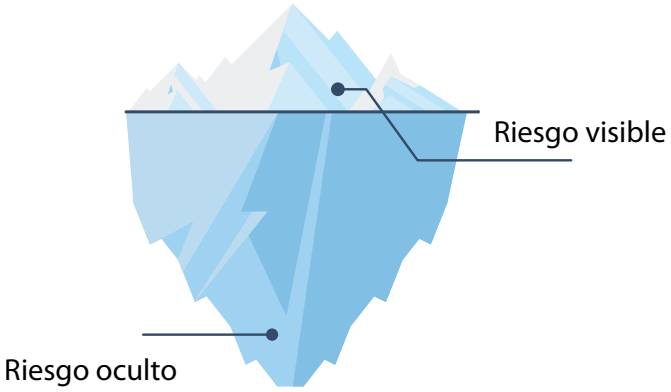
© Dominica | OPS

Nota: ejemplo de una estación para llenado de cilindros. La cantidad de cilindros depende de la capacidad de producción de la planta de adsorción por cambio de presión.

Retos de la tecnología de adsorción por cambio de presión

Aunque toda tecnología sanitaria tiene aspectos positivos, es importante conocer los riesgos ocultos (figura 18) que se asocian a cada una de ellas. En este sentido a continuación se detalla una serie de aspectos que tener en cuenta antes de adoptar la tecnología de las plantas de PSA. La planificación de la incorporación de las plantas de PSA debe contemplar todos los aspectos positivos, sin dejar de mirar y conocer los problemas potenciales y prepararse para ellos.

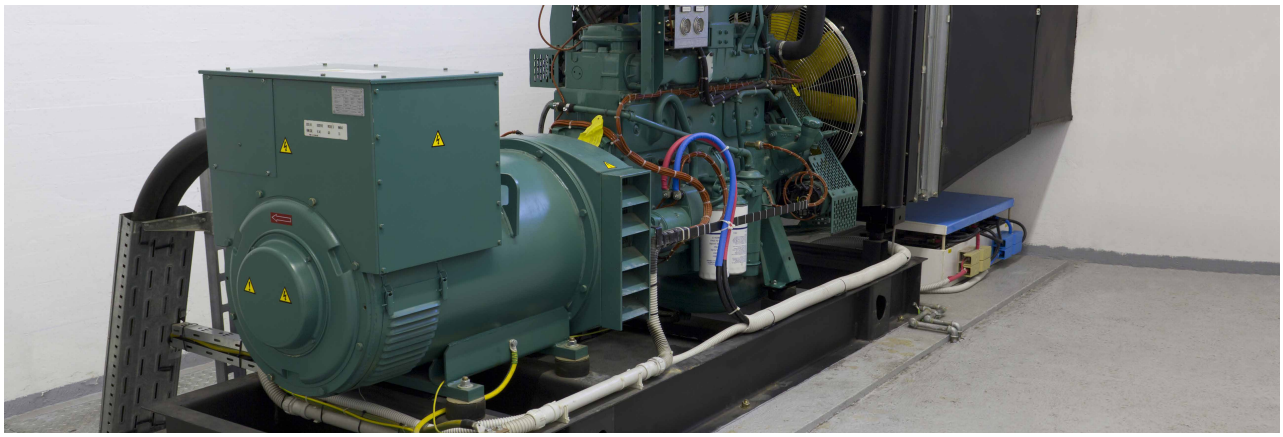
Figura 18. Riesgo visible y riesgo oculto



Electricidad

Como se comentó anteriormente, la electricidad es uno de los insumos esenciales para el funcionamiento de una planta de PSA. Dada la posibilidad de fallo del suministro eléctrico por parte del proveedor, es necesario evaluar si el establecimiento cuenta con un generador de energía eléctrica (figura 19) y si, a su vez, puede suministrar electricidad suficiente para esta nueva carga eléctrica. Si el generador no existe o el existente no tiene capacidad suficiente de suministro, se recomienda evaluar la selección y adquisición de uno nuevo, con el fin de garantizar el suministro para el funcionamiento ininterrumpido de la planta.

Figura 19. Generador de energía eléctrica de emergencia

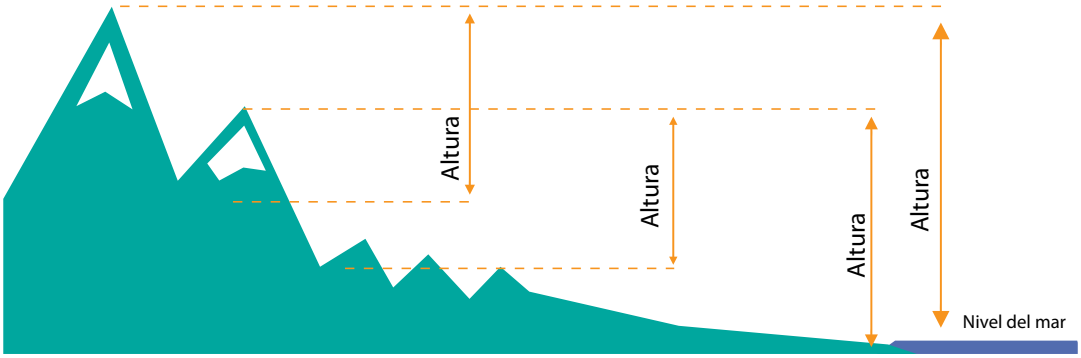


© Emel82 | Dreamstime.com

Altitud del establecimiento de salud

De la misma manera que la concentración de oxígeno en el aire es menor a grandes altitudes que a nivel del mar, la productividad de una planta de PSA se verá comprometida por estar a mayor altitud (figura 20). En estos casos, se recomienda un mayor cuidado en el dimensionamiento de la capacidad de producción de la planta generadora de oxígeno.

Figura 20. Altitud sobre el nivel del mar



Concentración de oxígeno producido

Este tipo de equipos tiene cierta limitación en cuanto a la concentración de oxígeno producido. Como no produce oxígeno en alta concentración (99,5%), puede no ser útil para algunos tipos de pacientes afectados por enfermedades más graves. Para estos casos, se recomienda que el establecimiento genere alternativas para proporcionar oxígeno de mayor pureza.

La concentración del oxígeno producido puede caer por debajo del valor mínimo estimado debido a fallos en los equipos o a falta de mantenimiento. Para los casos de baja concentración de oxígeno, las plantas de PSA deben contemplar un sistema de alarma audible y visible.

Dependiendo del fabricante, este sistema de alarma puede contener varias posibilidades de activación y advertir a una o más personas de la existencia de un problema en la planta.

En algunos países, el uso de oxígeno producido mediante PSA no puede utilizarse en procedimientos de anestesia por inhalación cuando se hace con circuito cerrado. Por esta razón, es recomendable que los anestesiólogos también participen en el proceso de planificación de la adopción.

Formación del personal técnico y de la asistencia

Uno de los mayores problemas de una planta de PSA no está relacionado con la propia planta, sino con la forma en que se gestiona la producción de oxígeno. Es sumamente importante que el establecimiento comprenda que deja de ser consumidor para convertirse en productor de este medicamento. En este sentido, se debe planificar, llevar a cabo y presentar una formación completa del personal implicado del establecimiento.

Debido a que el oxígeno se considera un medicamento, es fundamental que el personal de farmacia esté capacitado sobre los métodos y las formas de gestión de riesgos que se pueden emplear para garantizar la calidad de la producción.

Dado que el oxígeno producido por plantas de PSA tiene menor pureza de lo habitual, todos los profesionales que manipulan este gas deben ser informados claramente de que la concentración ofrecida no es del 99,5%. Una forma de hacerlo es identificar la concentración de gas que se ofrece en cada punto de consumo, por ejemplo, con etiquetas marcadas con la indicación “O_2 93%”. Otra manera es ofrecer medidores de concentración portátiles (figura 21) para los profesionales que trabajan con oxigenoterapia.

Figura 21. Medidor de concentración de oxígeno

© Romans Klevcovs | Dreamstime.com

Los responsables de la operación de la planta suelen provenir de los servicios de ingeniería del establecimiento de salud, y necesitan recibir una formación completa sobre cómo operar la planta y sobre cómo realizar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos que la componen. Estas actividades ayudan a aumentar la consistencia del plan de control de calidad que implementará el centro de salud.

Dependiendo de condiciones como la distancia a grandes centros y la dificultad en el acceso externo, se debe buscar obtener del fabricante, durante el proceso de compra, la formación del equipo técnico del hospital.

Además, dada la importancia legal que puede tener una mala gestión de una planta de PSA, la formación debe tener certificación para los participantes a través de prueba de evidencia de aprendizaje. La evaluación del aprendizaje de la formación debe quedar registrada y realizada para programas de enseñanza más o menos complejos. Se sugiere definir el grado de complejidad del mantenimiento que el establecimiento necesita realizar. La complejidad del mantenimiento se puede dividir en cuatro grados, como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Grados de complejidad del mantenimiento de plantas de adsorción por cambio de presión

Grado de complejidad	Tipo de mantenimiento
Primer nivel (menos complejo)	Mantenimiento del operador.
Segundo nivel	Mantenimiento que implica procesos de medición y registro.
Tercer nivel	Mantenimiento que implica la calibración, los ajustes y la configuración de los equipos.
Cuarto nivel (más complejo)	Mantenimiento realizado por el propio fabricante cuando esté justificado.

Factores que afectan la producción y la calidad de oxígeno producido

Entre los factores que pueden afectar la capacidad de producción de una planta de PSA en relación con los niveles de rendimiento del proyecto, se encuentran los siguientes:

- Pureza y humedad en el aire
- Contaminación del medioambiente
- Altitud donde está instalada la planta
- Contaminación de la sustancia adsorbente (zeolita) con vapor de agua o partículas de aceite
- Obstrucción de la entrada y salida de aire

- Falta de limpieza de filtros o cambio de elementos filtrantes
- Falta de ventilación en el entorno
- Falta de apoyo educativo al personal implicado
- Falta de instrumentos de medida, como oxímetros industriales
- Falta de mantenimiento
- Fallos en los sistemas de seguridad, etcétera

Por estas razones, durante la planificación de la adopción, todos estos factores deben conocerse y analizarse. Además, se debe preparar un abordaje de posibles soluciones para cada uno de ellos, con el fin de aumentar la seguridad del proceso de producción.

Seguridad: riesgo de incendio

El oxígeno es un gas extremadamente oxidante y, en presencia de combustibles, requiere poca cantidad de calor para quemar materiales como tela, papel, plástico y madera, incluidos algunos metales con presencia de aluminio, metal que tiene un punto de fusión bajo. Se debe considerar una evaluación completa de este tipo de riesgo durante la planificación de la adopción de la planta de PSA.

Una de las formas de reducir los riesgos de incendio es no utilizar productos combustibles, cerca o dentro de la planta de producción. Lubricantes, combustibles, productos de desinfección inflamables, etc., deben prohibirse en las áreas de producción y llenado de cilindros. También se debe contar con una clara señalética de esta prohibición en áreas estratégicas de la instalación.

El establecimiento debe considerar que los riesgos siempre existen, incluso en relación con el sistema de suministro convencional. La adopción de una actitud proactiva hacia el tema, mucho antes de la adquisición, reduce o elimina la probabilidad de accidentes. En casos de instalaciones de plantas de PSA de emergencia, esta actividad es extremadamente importante.

Ventajas y desventajas de una planta de adsorción por cambio de presión

Las plantas concentradoras de oxígeno se utilizan para producir el gas en grandes cantidades y a presiones más altas que las que ofrecen los concentradores portátiles, lo que permite abastecer mayores demandas de este gas, como en el caso de hospitales y centros de salud medianos y pequeños. El oxígeno generado por las plantas es útil para pacientes con dificultades respiratorias, como hipoxemia causada por COVID-19 o hipoxemia crónica grave, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), edema pulmonar o pacientes que requieren asistencia con ventilador pulmonar, inhalación de fármacos y procedimientos de anestesia inhalada.
En el cuadro 3 se pueden observar las ventajas y desventajas de estas plantas respecto a otras fuentes de suministro.

Cuadro 3. Ventajas y desventajas de las diferentes fuentes de suministro de oxígeno

	Oxígeno líquido	Cilindros de oxígeno gaseoso
Ventajas de la PSA frente a	• Suministro continuo sin dependencia de proveedores externos. • Reducción de costes a largo plazo. • No existe riesgos de congelación. • Facilidad de instalación de sistemas de llenado de cilindros. • Instalación propia.	• Suministro continuo sin necesidad de reemplazo de botellas ni dependencia de proveedores externos. • Reducción de costes a largo plazo. • Minimización de los riesgos por manipulación de la fuente.
Desventajas de la PSA frente a	• Calidad del oxígeno menor. • Necesidad de mantenimiento continuo de componentes. • Mayor precio a corto plazo. • Instalación propia. • Flujo está limitado a su producción	• Necesidad de mantenimiento continuo de componentes. • Precio a corto plazo. • Red de oxígeno requerida, incluso en instalaciones pequeñas con pacientes no graves o críticos. • Tiempo de intalación • Movilidad reducida.

PSA: adsorción por cambio de presión.

Durante la pandemia de la COVID-19, las plantas generadoras de oxígeno han demostrado ser muy útiles para la producción de oxígeno y efectivas prácticamente en cualquier lugar y nivel de demanda, sobre todo, al aportar independencia del suministro que otras fuentes requieren y, por consiguiente, al generar una mayor accesibilidad de la población al oxígeno, medicamento necesario para el tratamiento y cuidado de innumerables pacientes en todo el mundo y que ha tomado una significativa importancia en la respuesta actual a la pandemia de la COVID-19.

En esta guía no se recomienda el uso de una fuente de suministro u otra, puesto que todas son válidas. Sin embargo, su eficiencia dependerá de los factores asociados a la situación determinada.

2. La adquisición de una planta de adsorción por cambio de presión

La compra de una planta de PSA conlleva un conjunto de definiciones técnicas, administrativas y económicas (o financieras) que puede ser complejo, si es la primera vez que se realiza. El proceso de adquisición es un proceso de aproximación: cuanto más y mejor se realicen las definiciones técnicas, administrativas y financieras durante el proceso, más cerca de lo que se quiere y se necesita estará el producto que se vaya a adquirir, en este caso la planta de PSA.

En esta parte del documento, se expondrán las principales consideraciones que se deben tener en cuenta para llevar a cabo la compra de una planta de PSA, incluyendo las necesarias para reducir los costos de la operación y un listado de preguntas frecuentes que pueden surgir al comprador durante el proceso.

Finalmente, se mostrará en el anexo una lista de verificación comparativa para la adquisición de plantas de PSA, que ayudará, a través de preguntas a proveedores, a entender el producto que disponen para poder comprobar si es el que se necesita, o si por el contrario se debe cambiar o mejorar alguna parte de la oferta, o simplemente desechar la opción de la planta de PSA que esté en dicha oferta.

Consideraciones en el momento de la compra de una planta de adsorción por cambio de presión

Cuando se va a llevar a cabo la adquisición de una planta de PSA, se deben tener en cuenta ciertas consideraciones con el fin de obtener un resultado sostenible, racional y seguro, tanto para los pacientes como para el personal, visitantes, redes de salud y otras partes interesadas. Estas consideraciones ayudarán a determinar qué proveedor está en mejores condiciones de apoyar al establecimiento de salud en el proceso de adquisición, acción fundamental en cualquier compra, incluida la de una planta de PSA.

Para facilitar la planificación de la adquisición, se dividieron estas consideraciones en técnicas, administrativas y económico-financieras.

Consideraciones técnicas

Estas consideraciones serán relevantes en las distintas etapas del proceso, desde la comparación entre productos hasta la evaluación de los requisitos de mantenimiento y la evaluación de la obsolescencia de cada planta ofrecida. A continuación, se mencionan algunas consideraciones para facilitar la evaluación específica de cada establecimiento donde se está planificando la adopción de una planta.

Cuadro 4. Consideraciones técnicas al momento de la compra de plantas de adsorción por cambio de presión

Consideración	Detalle
Capacitación	Evaluar la calidad de la formación ofrecida por los proveedores. En general, un buen programa puede ser evaluado por contenido y carga de horas. Como los requisitos de mantenimiento no son complejos, al menos a nivel hospitalario, es importante que se ofrezca también un contenido sólido sobre el principio de funcionamiento del sistema y las particularidades existentes en las etapas de programación de la planta.
Documentación técnica	Un conjunto de documentos técnicos completos facilita en gran medida el mantenimiento de la planta a lo largo de los años. Los proponentes deben ofrecer al servicio de ingeniería del establecimiento preferiblemente toda la documentación técnica de la planta y sus componentes.
Equipos y herramientas	Las plantas de PSA pueden requerir equipos, herramientas e instrumentos que el establecimiento no posee, por lo que deben incluir esta necesidad en la planificación de la adopción.
Concentración de oxígeno	La concentración de oxígeno requiere un control continuo como forma de garantizar la calidad de la producción. Se puede considerar el uso de redundancia en este proceso de medición si desea aumentar la seguridad en este requisito.
Flujo de gas	Siempre que el caudal requerido es mayor que la capacidad de producción de la planta, la concentración de oxígeno disminuye. Por esta razón, el dimensionamiento de la planta debe considerar posibles pérdidas y aumentos repentinos en la necesidad de producción.
Presión de gas	Las plantas de PSA normalmente no funcionan a altas presiones, pero tienen la capacidad suficiente para mantener 50 PSI en la red de distribución. Las redes estrechas pueden ofrecer una mayor resistencia al paso de gas, por lo que, se debe evaluar el diseño de la red para comprobar si la configuración de la planta es la adecuada o si, por el contrario, se necesitará otro compresor de oxígeno para elevar la presión a valores compatibles con la red de distribución.
Interrupción del suministro eléctrico	Los apagones pueden ocurrir y ser frecuentes en ciertas regiones. Por esta razón, es importante hacer una revisión del sistema eléctrico y verificar su idoneidad.
Mantenimiento	Se debe evaluar la capacidad técnica del equipo de ingeniería y comprobar si se debe recibir capacitación adicional del fabricante antes de poner el sistema en funcionamiento.

PSA: adsorción por cambio de presión; PSI: libra de fuerza por pulgada cuadrada.

Consideraciones administrativas

Estas consideraciones van encaminadas a evaluar y reducir los riesgos administrativos involucrados en el proceso de producción de oxígeno. Por lo general, el establecimiento de salud es un comprador de oxígeno. En caso de adopción, pasa a ser un productor del suministro. Por esta razón, varios procesos administrativos cambian y deben gestionarse.

Cuadro 5. Consideraciones administrativas al momento de la compra de plantas de adsorción por cambio de presión

Consideración	Detalle
Reserva	Se debe tener en cuenta que una reserva de oxígeno debe ser determinada y garantizada por la matriz de suministro del establecimiento de salud. Aspectos como los futuros planes de expansión deben tenerse en cuenta en la planificación de la adopción de la planta.
Emergencia	Las emergencias afectan la dinámica completa del establecimiento. Pueden incluir accidentes graves en las inmediaciones del establecimiento y un aumento inesperado de la ocupación hospitalaria, falta de electricidad, incendios, etc. Es necesario identificar todas las fuentes de riesgo existentes y los mecanismos de acción para la construcción de medidas técnicas que aprobará la administración.
Calidad	La calidad es un factor clave, por lo que se debe construir un proceso de producción completo con este objetivo. La definición de lotes de producción, las mediciones de rendimiento, la medición de la concentración de oxígeno y el historial de mantenimiento se pueden realizar antes de la compra para mejorar y cumplir con los requisitos de calidad actuales para este tipo de gas.
Seguridad	Además de la seguridad contra los riesgos para las personas, se deben considerar los riesgos administrativos de un fallo en el proceso de producción. Por lo tanto, es válido que el establecimiento evalúe la posibilidad de contratar un seguro contra los riesgos asociados a esta actividad productiva.

Consideraciones económico-financieras

En el caso de la evaluación del costo de la operación, existen varios escenarios que se pueden considerar, teniendo en cuenta que la situación ideal, además de los resultados en salud, es poder realizar la adopción de la tecnología PSA con ganancias económicas y financieras obtenidas a través de la planificación adecuada de la adquisición.

Cuadro 6. Consideraciones económico-financieras al momento de la compra de plantas de adsorción por cambio de presión

Consideración	Detalle
Precio del oxígeno en el mercado	Aunque el precio del oxígeno en el mercado no siempre es una razón para la adopción de una planta de PSA, es importante tener en cuenta este valor, porque ayuda a evaluar el rendimiento financiero de la instalación. Si el costo de producción es inferior al valor de mercado, es un buen indicador para visualizar la viabilidad económica en la adopción.
Costos de producción	La determinación precisa de los costos de producción permite una comparación más justa con los valores de mercado y la medición del rendimiento financiero de la instalación. Es importante tener en cuenta que existe un conjunto de costos que son fijos y otros que varían con la cantidad de producción. Entre estos costos, se puede mencionar el valor de la provisión de la compra de la planta de PSA, la demanda (kW) y el consumo de electricidad (kWh), los costos de operación, los costos de mantenimiento preventivo, los costos de mantenimiento correctivo, los costos de calibración y ajustes, los costos con piezas y partes y los costos de evaluación del desempeño de la planta, así como la cantidad de cilindros y accesorios y la logística de distribución que pudiera ser necesaria.
Rendimiento económico y financiero	Al determinar los costos de producción, la técnica para calcular el punto de equilibrio de la operación se puede aplicar más allá del cálculo del costo de un ciclo de vida de una planta de PSA, que debe considerarse diez años o más.
Contratos de mantenimiento	Se puede contar con varios tipos de contratos de mantenimiento, dependiendo de cada establecimiento de salud; sin embargo, en general se dividen en: solo mano de obra; con mano de obra y algunas partes a definir, y el contrato total, donde se incluyen las piezas y partes, la mano de obra y la calibración. Además, se recomienda que la evaluación del rendimiento de la planta la realice un equipo propio o una empresa independiente del contratista para realizar las actividades de mantenimiento, prevención y corrección.

PSA: adsorción por cambio de presión.

Contención de costos en la producción de oxígeno

La mejor manera de contener los costos de la adopción de una planta de PSA es conocerlos en detalle. En el cuadro 7 se mencionan los costos principales que deben agregarse a otros costos que se pueden incluir en cada caso específico.

Cuadro 7. Costos principales que se deben considerar en la adopción de una planta de adsorción por cambio de presión

Costos	Detalle
Electricidad	La electricidad, en general, implica dos valores: la demanda medida en kW y el consumo en kWh. Cuanto mayor sea la potencia de la planta de PSA, mayor será el costo que en este caso se fija, porque no depende del tiempo que la planta opera. Por otro lado, cuanto más tiempo funcione la planta, mayor será el consumo en kWh. El establecimiento de salud debe evaluar su contrato de electricidad o consultar al concesionario local para determinar los montos a computar.
Mantenimiento del compresor	El mantenimiento del compresor es muy importante. Este valor puede determinarse consultando al ofertante y teniendo en cuenta la información mencionada anteriormente.
Mantenimiento general	El mantenimiento general incluye básicamente consumibles como elementos filtrantes, aceite lubricante, eliminación de eventuales fugas, cambio de celdas de oxígeno y tareas de inspección y registro de actividades.
Células de oxígeno	Cada fabricante puede utilizar diferentes tecnologías para medir la concentración de oxígeno. Los sensores de medida de estas tecnologías pueden ser permanentes o pueden ser consumibles. Si es consumible, debe reemplazarse con la frecuencia recomendada por el fabricante, que generalmente dependerá del tiempo de exposición al oxígeno. Se debe consultar los precios de estos repuestos antes de la compra.
Intercambio de adsorbentes	Aunque los adsorbentes no tienen una vida útil declarada, puede ser necesario reemplazarlos. En este caso se recomienda conocer, antes de la compra, el valor de reposición de este artículo. Esta actividad generalmente incluye el valor para la mano de obra de la sustitución y otro para los materiales.

PSA: adsorción por cambio de presión.

Preguntas frecuentes y respuestas sobre la compra de una planta de adsorción por cambio de presión

La evaluación de tecnologías en salud, además de su resultado sanitario, a menudo implica un análisis detallado de los costos involucrados en el proceso de adopción.

Se presentan, a continuación, un conjunto de preguntas y respuestas para facilitar a los establecimientos la mejor comprensión de las plantas generadoras de oxígeno mediante PSA, en especial si se encuentran en la fase de planificación de la adopción de este recurso tecnológico en salud.

1. ¿Qué consideración fundamental debe tener un establecimiento de salud en relación con el oxígeno medicinal?

El establecimiento debe hacer una autoevaluación para identificar la estructura de la matriz de suministro existente. Esta matriz consta de tres niveles: primario, secundario y de emergencia. En ausencia de una de las fuentes de suministro, la otra lo asume, y, si esta falla, se activa la reserva de emergencia. Por este motivo, el establecimiento debe plantearse elaborar un plan de emergencia para la falta de este gas. En el caso de cambio entre suministro primario y secundario, se debe accionar una alarma sonora y visual.

2. ¿Cuándo debe considerar un establecimiento de salud la adopción de una planta de PSA?

Varias razones llevan un establecimiento a adoptar una planta de PSA, tales como: la falta de acceso al oxígeno líquido debido a la distancia a los grandes centros y dificultades logísticas; la ausencia de suministradores en el país o región donde se inserta el establecimiento; el aumento exponencial de la demanda de gas, en especial durante la pandemia COVID-19, y el precio del oxígeno líquido y gaseoso suministrado en cilindros.

3. Si el establecimiento es elegible para adoptar una planta de PSA, ¿qué pasos principales debe planificar?

En este caso el establecimiento debe elaborar la planificación tecnológica que, de forma simplificada, incluya los siguientes pasos:

- Dimensionamiento de la demanda
- Solicitud de información al mercado de proveedores
- Comparación entre las ofertas realizadas

- Comparación entre las propuestas comerciales ofrecidas por el mercado
- Preparación del sitio
- Ejecución de la obra
- Recepción de la planta
- Instalación y capacitación de personal técnico
- Puesta en marcha del sistema
- Calificaciones
- Utilización
- Mantenimiento y control de calidad

4. ¿Cómo escalar el tamaño de una planta de PSA?

Algunos países establecen el flujo mínimo de oxígeno requerido por los puntos de consumo y las áreas de uso, lo que permite a los ingenieros calcular el consumo máximo probable que se impondrá al establecimiento de salud. Otro método que se puede emplear es a través del consumo efectivo promedio, que es el consumo medio aritmético de gas, en los últimos 12 meses. La dirección debe tener en cuenta la posibilidad de incrementar el número de puntos de consumo en el futuro.

5. ¿Qué preguntas debe hacer el establecimiento de salud al fabricante de una planta de PSA antes de la compra? ¿Cómo se pueden comparar las propuestas existentes en el mercado?

Se deben preparar y organizar numerosas preguntas para que los proveedores respondan antes de la compra. Se trata de cuestiones económicas, administrativas y técnicas. Pueden encontrar estas preguntas en el anexo “Lista de verificación comparativa para la adquisición de plantas de PSA”, desarrolladas por el Grupo Técnico de Oxígeno de la Organización Panamericana de la Salud en el que se encuentra material para facilitar tanto la comparación entre las características técnicas y administrativas como las financieras propuestas por el proveedor. Dado que muchas de las respuestas son de naturaleza cuantitativa, la comparación entre respuestas se vuelve objetiva y fácil de interpretar.

6. ¿Cómo debe elaborar el establecimiento de salud una solicitud de presupuesto para la adquisición de una planta de PSA?

Después de analizar y comparar las ofertas del mercado, el establecimiento debe identificar qué ajustes y dónde deben hacerse al conjunto de información que ha solicitado. Una vez que se ha realizado la oferta y que el conjunto de información obtenida permita identificar a los potenciales proveedores, la orden de compra se puede preparar a partir de los ajustes deseados que se pueden definir mejor en el proceso de negociación.

7. **Una vez elegido el proveedor potencial de la planta de PSA, ¿qué aspectos deben colocarse sobre la mesa de negociaciones?**

Todos los puntos que no estaban claros en el documento de solicitud de información al mercado deben llevarse a las mesas de negociación. Normalmente, se estudian y negocian con cada uno de los proveedores de la planta de PSA algunas cuestiones relacionadas con el precio de los equipos, piezas y repuestos y contratos de mantenimiento y calibración; con la capacitación técnica y operacional; con el acceso a documentos e información técnica; con la garantía y la garantía extendida, etcétera.

8. **Una vez definido el proveedor, ¿qué cuidado se debe tener con la preparación del sitio donde se instalará la planta de PSA?**

La instalación de una planta de PSA no es compleja y, dependiendo de la capacidad de producción, puede requerir un área mayor o menor. Las plantas compactas también son posibles; sin embargo, el punto principal que se debe considerar es que el establecimiento será un productor de oxígeno y, por esta razón, se debe proporcionar infraestructura tanto técnica como administrativa. Las áreas más comunes son:

- Área para la instalación de la planta
- Área para llenado de cilindros
- Área administrativa
- Área para recepción y entrega de cilindros (si existe la función de llenado)

9. **¿Qué cuidado debo tener en relación con la recepción del equipo y sus componentes?**

Una planta de PSA se compone de las partes principales siguientes: compresor de aire, secador de aire, tanques de almacenamiento de aire y oxígeno, la propia planta generadora, componentes y elementos de filtro y su panel de fuente de alimentación, y el controlador lógico programable. Por lo tanto, el establecimiento debe proporcionar un área para que el equipo se almacene tan pronto como se le entregue. La comprobación de documentos fiscales es igualmente importante y se puede informar al proveedor del contenido de la información relevante junto con la solicitud de compra.

10. **¿Qué sucede durante el montaje y la instalación del equipo? ¿Qué afecta a la operación del establecimiento de salud?**

La instalación de una planta de PSA se basa en la instalación de los componentes y en el montaje electromecánico. Por lo general, estos montajes e instalaciones no generan ruido o material particulado y suelen realizarse sin mayores problemas. Lo que es muy importante es que el establecimiento dé garantías al ofertante de que cuenta con la cantidad de electricidad necesaria para alimentar la planta, que debe funcionar ininterrumpidamente las 24 horas del día. En este

sentido, el establecimiento debe considerar la incorporación de un generador de energía eléctrica de emergencia si no existe en el establecimiento y, si existe, debe comprobar si puede alimentar la carga eléctrica adicional que le impondrá la nueva planta.

11. ¿Qué tipo de capacitación debe recibir el personal del establecimiento de salud antes de poner en uso una planta de PSA?

Básicamente, son dos tipos de formación. La primera es la formación clínica, que tiene como objetivo informar a los profesionales de la atención sobre las diferencias entre el oxígeno producido por la PSA y el oxígeno 99,5%. El establecimiento también debe asegurar que todos los profesionales conozcan estas diferencias. La segunda debe considerar la formación del equipo técnico propio sobre los cuidados que se deben tomar en términos de mantenimiento (correctivo y preventivo) para asegurar una vida útil de al menos 10 años.

12. ¿Qué tipo de pruebas se deben hacer en una planta de PSA antes de ponerla en pleno uso?

Antes de la utilización de la planta de PSA, el equipo debe pasar por un proceso de calificación de la instalación, con el fin de asegurarse de que ha sido instalado de acuerdo con todos los requisitos del fabricante. Después de iniciar por primera vez el sistema, la calificación operativa de la instalación debe llevarse a cabo con el fin de garantizar que el equipo funciona exactamente como se diseñó para hacerlo, lo que generalmente se hace a través de una lista de verificación, que la puede proporcionar el propio fabricante. Tras este paso, se debe testar la planta en las peores condiciones de funcionamiento, es decir, a máxima carga, donde, en esta ocasión, la pureza del gas producido, así como su presión y caudal, deben cumplir con las especificaciones presentadas por el fabricante en el documento de solicitud de información para la compra.

13. ¿Qué consideraciones debe hacer el establecimiento con respecto al mantenimiento de la planta de PSA durante su vida útil?

Una planta de PSA tiene como principales requisitos de funcionamiento el aire atmosférico, la electricidad y el mantenimiento de los equipos, tanto preventivos como correctivos. A pesar de ser un equipo con bajos requisitos de mantenimiento preventivo, la capacitación técnica avanzada puede y debe negociarse con el proveedor durante las etapas de adquisición. El establecimiento debe asegurarse de que su equipo técnico tenga acceso a los mismos conocimientos y herramientas que tiene un técnico del propio fabricante. El conocimiento técnico obtenido por el establecimiento debe garantizar el rendimiento ininterrumpido y el funcionamiento de todo el sistema a lo largo de la vida útil, que se estima en un mínimo de 10 años. Es igualmente importante la evaluación del desempeño económico de la planta, que se puede hacer determinando el costo unitario de producción a dólares de Estados Unidos de América/m^3.

14. ¿Cómo debe prepararse el establecimiento para hacer el control de calidad de la producción de oxígeno, con vistas a la seguridad de las personas en general y del paciente en particular?

La pureza del oxígeno medicinal producido se puede medir fácilmente con un oxímetro portátil de ambiente. Además, la planta debe garantizar el flujo a la presión máxima informada por el fabricante. Es importante mantener el oxímetro calibrado para garantizar mediciones precisas.

15. ¿Puede almacenarse en cilindros el oxígeno producido para su reserva y distribución? Si es así, ¿qué cuidados debe tener el establecimiento?

Si el gas está disponible, sí se puede comprimir adecuadamente y almacenar en cilindros. Se debe tener en cuenta que las presiones involucradas son altas y que, por esta razón, podrían producirse accidentes graves. Sin embargo, el llenado de cilindros, realizado de manera controlada y de acuerdo con las directrices del fabricante, se realiza sin mayores problemas. Se debe verificar los requisitos de seguridad que existen en el país del establecimiento y asegurarse de que se cumplan.

16. ¿En qué condiciones debo evaluar la posibilidad de reemplazar, ampliar o detener el uso de una planta de PSA?

Las principales razones del abandono son los costos de mantenimiento, el acceso a repuestos y piezas y el costo total de producción (costo fijo y variable). El establecimiento debe evaluar sistemáticamente los costos de producción y compararlos con los costos de oxígeno líquido y gaseoso en la región donde está instalado el establecimiento. También es posible que el establecimiento necesite ampliar su capacidad de producción cada vez que pasa por fases de expansión. Por esta razón, estos aspectos deben ser considerados desde el principio, durante la planificación tecnológica. El hospital debe considerar la posibilidad de hacer una actualización en la planta existente si los costos y las garantías son aceptables.

Formulario de solicitud de información al mercado

Disponer de un formulario para obtener información del producto que ofrecen los proveedores puede ser conveniente, no solo para comparar desde un punto de vista técnico las ventajas de una oferta sobre otra, sino también para ayudar a los profesionales involucrados en el proceso de toma de decisiones administrativas.

Para ello, en el anexo de la parte final de estas recomendaciones, se encuentra un formulario de solicitud de información del producto para la verificación comparativa de las características de las diferentes plantas de PSA y los servicios de fabricación y posventa entregados por las empresas fabricantes. El formulario presenta un conjunto de información condensada que facilita el análisis y ayuda a mostrar costos ocultos implicados en la operación de una planta, tanto en términos del valor de la compra como en relación con el costo total durante todo su ciclo de vida.

En el cuadro 8, se muestra un conjunto de directrices para completar el formulario de solicitud de información al proveedor que se presenta en el anexo final.

Cuadro 8. Directrices para completar el formulario de solicitud de información del producto al proveedor.

Parámetro	Detalle
Ítem	Debido a que la planta de PSA se compone de diferentes partes, es razonable separar cada elemento para una evaluación más detallada.
Número	Es una secuencia numérica para facilitar la comunicación entre el establecimiento de salud y el proponente. Es importante que el licitador no cambie la estructura de la hoja de cálculo, ya que dificultará la comparación de diferentes propuestas. Si tiene información adicional, es preferible escribir en el campo de observaciones o debajo de la última línea mencionando el numero a que se refiere.
Parte interesada	Como existe un número significativo de preguntas y diferentes partes interesadas, el establecimiento de salud puede utilizar esta columna para identificar personas o sectores que analizarán la respuesta ofrecida por los proponentes.
Respuestas	En estas columnas el proponente puede hacer sus ofertas de acuerdo con las preguntas.
Opciones 1 e 2	El mismo fabricante puede tener dos o más opciones de plantas. Por ejemplo, una con secador de refrigeración y la otra con secador de adsorción. Permite que el establecimiento pueda conocer el estado de la tecnología de cada modelo y elegir la opción que mejor se adapte a sus necesidades.

PSA: adsorción por cambio de presión.

Bibliografía

Emergency Care Research Institute. Healthcare Products Comparison System. Oxygen concentrators. s. l.: ECRI; 2007.

Organización Internacional de Normalización. Dispositivos médicos/productos sanitarios (MD). Aplicación de la gestión de riesgos a los MD (ISO 14971:2019). Ginebra: ISO; 2019.

Panerai RB, Mohr JP. Evaluación de tecnologías en salud. Metodologías para países en desarrollo. Washington, D.C.: OPS; 1990. Disponible en: https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2009/HealthTechnologyAssessmentSpa.pdf.

Organización Mundial de la Salud. Technical specifications for pressure swing adsorption (PSA) oxygen plants: interim guidance, 8 june 2020. https://apps.who.int/iris/handle/10665/332313.

Organización Mundial de la Salud. Oxygen sources and distribution for COVID-19 treatment centres. Ginebra: OMS; 2020. Disponible en: https://www.who.int/publications/i/item/oxygen-sources-and-distribution-for-covid-19-treatment-centres.

Glosario

Bar	Unidad de medida de presión del sistema métrico. Un bar equivale a 0,99 atmósferas normales.
°C	Unidad de medida de temperatura del sistema métrico.
CO	Monóxido de carbono.
CO_2	Dióxido de carbono.
FSC	Del inglés free sale certificate. Es una certificación de que determinados bienes, como alimentos, cosméticos, productos biológicos o dispositivos médicos, se venden o distribuyen legalmente en el mercado abierto y sin restricciones, y están aprobados por las autoridades reguladoras del país de origen.
HP	Del inglés horse power. Unidad de medida de potencia utilizada en el sistema anglosajón de unidades. Equivale a 745,69 vatios.
Hz	Hercio. Unidad de medida de frecuencia derivada del Sistema Internacional que expresa el número de eventos cíclicos que ocurren en un segundo. Se usa para describir eventos cíclicos. En este documento se refiere a la frecuencia de energía eléctrica requerida por los equipos electromecánicos.
kgf/cm^2	Kilogramo de fuerza por centímetro cuadrado. Unidad de medida de presión que utiliza unidades métricas. 1 kgf/cm^2 es igual a 0,97 atmósferas normales.
kPa	Kilopascal. Unidad de medida de presión del Sistema Internacional de Unidades. Un kPa equivale a 0,1 atmósferas normales.
kW	Kilovatio. Unidad de medida de potencia utilizada en el Sistema Internacional de Unidades. Un kW equivale a 1,34 HP.
kWh	Unidad de medida de energía. Normalmente se utiliza para medir el consumo de energía eléctrica.
L	Litro.
L/min	Litros por minuto. Expresa el volumen de oxígeno en litros, entregado por un equipo o dispositivo, en cada minuto.

N_2	Nitrógeno.
m	Unidad de medida de longitud en el sistema métrico de medidas.
m^3	Metros cúbicos. Unidad de volumen en el sistema métrico.
m^3/h	Metros cúbicos por hora. Expresa el volumen de oxígeno en litros, entregado por un equipo o dispositivo, en cada minuto.
mmHg	Milímetros de columna de mercurio. Unidad de medida de presión.
m^3 aire/m^3 O_2	Metros cúbicos de aire por metro cúbico de oxígeno. Expresa cuántos metros cúbicos de aire se necesitan para producir un metro cúbico de oxígeno.
O_2	Oxígeno.
Presión	Relación matemática entre el valor de una fuerza determinada y el valor del área de apoyo. El término presión se utiliza en este documento como una cantidad escalar que mide la acción de una o más fuerzas sobre un área determinada. A efectos de este documento, se han adoptado las siguientes relaciones: 1 atm estándar = 101 325 Newton/m^2 = 1,01 bar = 1,03 kgf/cm^2 = 14,7 PSI.
PSI	Libra de fuerza por pulgada cuadrada. Unidad de medida de presión del sistema anglosajón de unidades. 1 PSI equivale a 0,07 atmósferas normales.
V	Voltio. Unidad del Sistema Internacional de Unidades para el voltaje eléctrico o la diferencia de potencial eléctrico.

Anexo. Lista de verificación comparativa para la adquisición de plantas de adsorción por cambio de presión

Solicitud de información para:
Planta generadora de oxígeno mediante adsorción por cambio de presión (PSA)

Notas generales: El sistema requerido debe funcionar a ____ (voltios), a la frecuencia de ____ (Hz) y a la siguiente altitud sobre el nivel del mar _____ (m).

Condiciones generales de suministro (ejemplo). En la opción 1, incluir información de una planta con secado de aire por refrigeración y, en la opción 2, incluir datos de una planta con secado de aire por adsorción de vapor de agua.

Observaciones:

				RESPUESTAS	RESPUESTAS
ÍTEM	NÚMERO	PARTE INTERESADA	EQUIPAMENTO OFERTADO	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
INFORMACIÓN GENERAL	1.0		Nombre del equipo	PSA	PSA
	1.1		Modelo de equipo (nombre comercial)		
	1.2		Informar la capacidad de producción. (m^3/h)		
	1.3		Potencia total kW		
	1.4		Espacio mínimo requerido para instalación (m^2)		
	1.5		Productividad de la planta: cuántos m^3 de aire son necesarios para producir 1 m^3 de oxígeno (m^3 aire/m^3 O_2)		
	1.6		Marcas		
	1.7		Nombre del fabricante		
	1.8		Nombre del representante de ventas		
	1.9		Nombre de la persona responsable de la asistencia técnica y atención al cliente Introduzca la dirección		
	1.10		Escriba los nombres de tres organizaciones que hacen uso de la tecnología propuesta con informaciones de contacto		
SEGURIDAD DEL PACIENTE	2.0		El equipo debe tener una vida útil mínima de 10 años. La vida útil debe garantizarse mediante una carta del propio fabricante. Esto significa que el soporte técnico para el equipo y sus respectivas partes y piezas no puede desvincularse en este período (sí/no)		
	2.1		El equipo tiene un certificado de ventas libres y favorable (en inglés, FSC: Free Sales Certificate) (sí/no)		
	2.2		El equipo debe tener aprobación de la FDA y certificación para su comercialización por la CE (sí/no)		
	2.3		Las características constructivas del equipo, incluidos los recipientes a presión, deben estar de acuerdo con las normas ISO, ASME y ASTM (sí/no)		
	2.4		El equipo proporcionará medios para verificar su capacidad de producción en m^3/h o unidad de medida equivalente (sí/no)		
	2.5		El equipo ofrecido debe cumplir con las siguientes clasificaciones de riesgo: Clase C (Regla 11 del GHTF); FDA Clase II (Estados Unidos de América); Clase IIA (UE y Australia) y Clase II (Canadá) (sí/no)		
	2.6		Año de la primera venta del equipo		
	2.7		Número de equipos instalados en el país donde se instalará la planta. (numero)		

ÍTEM	NÚMERO	PARTE INTERESADA	EQUIPAMENTO OFERTADO	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
APLICACIÓN MÉDICA	3.0		El equipo se utilizará para la producción de oxígeno de uso medicinal con una concentración mínima equivalente a 93% ± 3 (sí/no)		
COMPRESOR DE AIRE	4.0		El compresor debe tener su propio CLP para controlar la producción y la seguridad del equipo (sí/no)		
	4.1		Capacidad máxima de producción del compresor (m^3/h)		
	4.2		Presión máxima de trabajo del compresor (bar)		
	4.3		Presión de trabajo del compresor (bar)		
	4.4		El compresor ofrecido debe tener una presión de trabajo superior a 750 kPa (7,5 bar o 108 PSI) (sí/no)		
	4.5		Si el arranque eléctrico del compresor tipo velocidad controlada ("soft start"/arranque suave o control de velocidad variable), y esta función se ofrece opcionalmente, por favor informe del costo adicional que supondrá al equipo en su conjunto, si esta opción es adoptada por el hospital comprador. Si está incluida en la propuesta, ponga cero (USD)		
	4.6		El compresor debe mostrar en la pantalla el número de horas trabajadas por la unidad (sí/no)		
	4.7		El compresor debe tener alarma audible y visual para alta temperatura de funcionamiento (sí/no)		
	4.8		El compresor debe tener alarma audible y visual para alta y baja presión de trabajo (sí/no)		
	4.9		El equipo debe tener alarma audible y visual para fallos de energía o fallos en el sistema (sí/no)		
	4.10		Si el compresor tiene la capacidad de ofrecer monitoreo remoto de fallos, informar del costo adicional que supondrá al equipo en su conjunto, si esta opción es adoptada por el hospital comprador (USD)		
	4.11		Si el compresor tiene la capacidad interna para purgar el agua condensada en el proceso de compresión, debe tener un sistema de purga automática (sí/no)		
	4.12		Si el compresor no dispone de un sistema de purga automática y esta función se ofrece opcionalmente, por favor informe del costo adicional que supondrá al equipo en su conjunto, si esta opción es adoptada por el hospital comprador (USD)		
	4.13		Potencia eléctrica del compresor (kW)		
	4.14		El compresor debe tener un prefiltro (sí/no)		
	4.15		Peso del compresor de aire (kg)		
	4.16		Dimensiones del equipo (ancho × alto × profundo) (m)		
	4.17		Nivel de presión sonora en funcionamiento normal (dBA)		
DEPÓSITO DE AIRE POSCOMPRESIÓN	5.0		Material de construcción del depósito de aire del poste compresor en acuerdo con clasificación ASME o AISI (m^3)		
	5.1		Presión de almacenamiento del aire comprimido después del compresor (bar)		
	5.2		Presión máxima de trabajo del tanque de almacenamiento de aire comprimido del poste compresor (bar)		
	5.3		El tanque de aire debe tener un manómetro interno (sí/no)		

ÍTEM	NÚMERO	PARTE INTERESADA	EQUIPAMENTO OFERTADO	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
DEPÓSITO DE AIRE POSCOMPRESIÓN	5.4		El tanque de aire debe tener una válvula de seguridad para el alivio en caso de sobrepresión (sí/no)		
	5.5		El depósito debe tener un registro para el drenaje de agua condensada en el proceso de compresión (sí/no)		
	5.6		Si existe un sistema automático de purga de aire en el depósito de aire, que se proporciona opcionalmente, en este caso, por favor, informe del costo adicional que esta característica supondrá al precio total del depósito. Si está incluido en la propuesta, ponga cero (USD)		
	5.7		Peso del tanque de aire (kg)		
	5.8		Dimensiones del equipo (ancho × alto × profundo) (m)		
SEPARADOR DE CONDENSADO	6.0		Si el tanque no tiene un sistema de purga automática antes del prefiltro del secador de aire, se debe ofrecer un sistema separador de condensador compacto (sí/no)		
	6.1		Flujo de trabajo del separador de condensado cuando se opera a una presión de 7 bar (m^3/h)		
	6.2		Peso del separador de condensado (kg)		
	6.3		Dimensiones del equipo (ancho × alto × profundo) (m)		
PRE-FILTRO 1 DEL SECADOR DE AIRE	7.0		El filtro ofrecido debe tener un manómetro para indicar la caída de presión y determinar el momento exacto de cambio del elemento filtrante (sí/no)		
	7.1		El filtro utilizado debe ser capaz de retener partículas de hasta 1 µm, incluidos el aceite y el agua (sí/no)		
	7.2		El filtro utilizado debe ser capaz de ofrecer aire a 21 °C con una cantidad de aceite residual de 0,5 mg/m^3 (sí/no)		
	7.3		Caudal permitido por el filtro propuesto a 20 °C y a una presión de 7 bar (m^3/h)		
	7.4		Presión de trabajo del filtro ofrecido (bar)		
	7.5		Presión máxima de trabajo del filtro ofrecido (bar)		
	7.6		Peso del filtro ofrecido (kg)		
	7.7		Informar las dimensiones del equipo (ancho × alto × profundo) (m)		

ITEM	NÚMERO	PARTE INTERESADA	EQUIPAMENTO OFERTADO	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
PRE-FILTRO 2 DEL SECADOR DE AIRE	8.0		El filtro ofrecido debe tener un manómetro para indicar la caída de presión y determinar el momento exacto de cambio del elemento filtrante (sí/no)		
	8.1		El filtro utilizado debe ser capaz de retener partículas de hasta 0,01 µm, incluidos aerosoles, aceite y agua (sí/no)		
	8.2		El filtro utilizado debe ser capaz de ofrecer aire a 21 °C con una cantidad de aceite residual de 0,01 mg/m^3 (sí/no)		
	8.3		Caudal permitido por el filtro propuesto a 20 °C y a una presión de 7 bar (m^3/h)		
	8.4		Presión de trabajo del filtro ofrecido (bar)		
	8.5		Presión de trabajo máxima del filtro ofrecido (bar)		
	8.6		Peso del filtro ofrecido (kg)		
	8.7		Dimensiones del equipo (ancho × alto × profundo) (m)		
SECADOR DE AIRE POR REFRIGERACIÓN	9.0		Informar si la planta generadora se ofrecerá con sistema de secado por refrigeración. Si es así, responda esta y a las preguntas siguientes (sí/no)		
	9.1		Presión de trabajo del secador de aire por refrigeración (bar)		
	9.2		Presión máxima de trabajo del secador de aire por refrigeración (bar)		
	9.3		Presión mínima de trabajo del secador de aire por refrigeración (bar)		
	9.4		Flujo de trabajo del secador de aire a una presión de 7 bar, una temperatura del aire de 38 °C y una humedad relativa del 100% (m^3/h)		
	9.5		El secador de aire de refrigeración ofrecido debe ser capaz de trabajar con el refrigerante R134a (sí/no)		
	9.6		El secador de aire de refrigeración ofrecido debe ser capaz de trabajar con el refrigerante R22 (sí/no)		
	9.7		El secador de aire de refrigeración ofrecido debe ser capaz de trabajar con el refrigerante R407C (sí/no)		
	9.8		Temperatura máxima de trabajo del secador de aire (°C)		
	9.9		Potencia eléctrica del secador de aire por refrigeración (W)		
	9.10		Tensión de alimentación eléctrica del secador de aire por refrigeración (sí/no)		
	9.11		Frecuencia de la energía eléctrica del secador de aire por refrigeración (Hz)		
	9.12		Dimensiones del equipo (ancho × alto × profundo) (m)		
	9.13		El CLP del secador por refrigeración debe informar si el equipo está energizado (sí/no)		
	9.14		El CLP del secador por refrigeración debe informar si el compresor refrigerado está activado (sí/no)		

ITEM	NÚMERO	PARTE INTERESADA	EQUIPAMENTO OFERTADO	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
SECADOR DE AIRE POR REFRIGERACIÓN	9.15		El CLP del secador por refrigeración debe informar si el motor del ventilador está activado (sí/no)		
	9.16		El CLP del secador por refrigeración debe informar si se activa el drenaje automático de agua condensada (sí/no)		
	9.17		El CLP del secador por refrigeración debe poner en marcha el sistema de alarma en caso de alta presión y temperatura (sí/no)		
	9.18		El CLP del secador por refrigeración debe informar la temperatura ambiente (sí/no)		
	9.19		El CLP del secador por refrigeración debe informar la temperatura del aire comprimido en la entrada del secador (sí/no)		
	9.20		El CLP del secador por refrigeración debe informar la temperatura del aire comprimido en la salida del secador (sí/no)		
	9.21		El CLP del secador por refrigeración debe informar la temperatura de enfriamiento del aire comprimido en la salida del secador (si/no)		
	9.22		El CLP del secador por refrigeración debe informar la temperatura de vaporización del fluido del refrigerador (sí/no)		
	9.23		Peso del equipamiento ofrecido (kg)		
SECADOR DE AIRE POR ADSORCIÓN	10.0		Informar si la planta generadora se ofrecerá con sistema de secado por adsorción. Si es así, responda esta y las preguntas siguientes (sí/no)		
	10.1		Presión de trabajo del secador de aire por adsorción. (bar)		
	10.2		Presión máxima de trabajo del secador de aire por adsorción (bar)		
	10.3		Presión mínima de trabajo del secador de aire por adsorción (bar)		
	10.4		Flujo de trabajo del secador de aire a una presión de 7 bar, una temperatura del aire de 38 °C y una humedad relativa del 100% (m^3/h)		
	10.5		Temperatura máxima de trabajo del secador de aire (°C)		
	10.6		Temperatura mínima de trabajo del secador de aire (°C)		
	10.7		Potencia eléctrica del secador de aire por adsorción (kW)		
	10.8		Tensión de alimentación eléctrica del secador de aire por adsorción (sí/no)		
	10.9		Frecuencia de la energía eléctrica del secador de aire por adsorción (Hz)		

ITEM	NÚMERO	PARTE INTERESADA	EQUIPAMENTO OFERTADO	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
SECADOR DE AIRE POR ADSORCIÓN	10.10		Dimensiones del equipo (ancho × alto × profundo) (m)		
	10.11		El CLP del secador de adsorción debe informar si el equipo está energizado (sí/no)		
	10.12		El CLP del secador de adsorción debe poner en marcha el sistema de alarma en caso de alta presión y temperatura (sí/no)		
	10.13		El CLP del secador de adsorción debe informar de la temperatura ambiente (sí/no)		
	10.14		El CLP del secador de adsorción debe informar la temperatura del aire comprimido en la entrada del secador (sí/no)		
	10.15		El CLP del secador de adsorción debe informar la temperatura del aire comprimido en la salida del secador (sí/no)		
	10.16		Peso del equipamiento ofrecido (kg)		
CATALIZADOR PARA EL CO^2 Y EL CO	11.1		El equipo debe tener un elemento catalizador capaz de retener tanto el monóxido de carbono (CO) como el dióxido de carbono (CO_2) (sí/no)		
	11.2		Informar el caudal permitido por el filtro propuesto a 20 °C y a una presión de 7 bar (m^3/h)		
	11.3		Presión de trabajo del catalizador ofrecido (bar)		
	11.4		Presión máxima de trabajo del catalizador ofrecido (bar)		
	11.5		Peso del catalizador ofrecido (kg)		
	11.6		Dimensiones del equipo (ancho × alto × profundo) (m)		
FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO	12.0		El equipo debe incluir un filtro de carbón activado (sí/no)		
	12.1		El filtro utilizado debe ser capaz de ofrecer aire a 21 °C con una cantidad de aceite residual inferior a 0,003 mg/m^3 (sí/no)		
	12.2		Caudal permitido por el filtro propuesto a 20 °C y a una presión de 7 bar (m^3/h)		
	12.3		Presión de trabajo del filtro ofrecido (bar)		
	12.4		Presión máxima de trabajo del filtro ofrecido (bar)		
	12.5		Peso del filtro ofrecido (kg)		
	12.6		Dimensiones del equipo (ancho × alto × profundo) (m)		
CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE - UNIDAD DE GENERADOR DE O^2	13.0		La información presentada por la exhibición del equipo debe ofrecerse en inglés o en el idioma practicado en el país donde está instalado el hospital (sí/no)		
	13.1		El equipo debe ofrecer continuamente el estado de funcionamiento de la unidad, incluidas las necesidades de mantenimiento preventivo o correctivo (sí/no)		
	13.2		El equipo deberá mostrar en la pantalla el número de horas trabajadas por la unidad (sí/no)		
	13.3		El equipo debe tener alarma audible y visual por alta temperatura de funcionamiento (sí/no)		
	13.4		El equipo debe tener alarma audible y visual por alta y baja presión de trabajo (sí/no)		
	13.5		El equipo debe tener una alarma audible y visual siempre que la presión de salida sea inferior a 300 kPa (3 bar o 44 PSI) (sí/no)		

ITEM	NÚMERO	PARTE INTERESADA	EQUIPAMENTO OFERTADO	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE - UNIDAD DE GENERADOR DE O^2	13.6		El equipo debe tener alarma audible y visual para fallos de energía o fallos en el sistema (sí/no)		
	13.7		El equipo debe tener una alarma audible y visual siempre que el punto de rocío sea superior a 3 °C (sí/no)		
	13.8		El CLP debe ser capaz de mostrar continuamente los valores de concentración de oxígeno y la presión a la que se produce el gas (sí/no)		
	13.9		El equipo debe tener un sistema de alarma audible y visual siempre que la producción de oxígeno alcance una concentración de oxígeno inferior a 90% (sí/no)		
	13.10		Si el equipo tiene la opción de purga de oxígeno de baja concentración, por favor, informe el costo adicional que supondrá al equipamiento en su conjunto, si esta opción es adoptada por el hospital comprador (USD)		
	13.11		El equipo debe tener una alarma audible y visual cada vez que se active el suministro secundario (otra planta de PSA, tanque criogénico o reserva de cilindros) (sí/no)		
	13.12		Si el equipo tiene la capacidad de ofrecer monitoreo remoto de fallos, informar el costo adicional que supondrá al equipo en su conjunto, si esta opción es adoptada por el hospital comprador (USD)		
	13.13		El equipo debe, en todos los casos, ser capaz de ofrecer oxígeno a una presión de salida continua que oscila entre 300-600 kPa (3-6 bar o 44-87 PSI) (sí/no)		
	13.14		Reporte la presión de suministro de oxígeno a la red hospitalaria. (bar)		
	13.15		La unidad generadora de oxígeno debe tener un sistema de filtración microbiológica antes de que esté disponible para su distribución a la red hospitalaria (sí/no)		
	13.16		Los equipos ofrecidos deberán permitir el acceso al menú de mantenimiento y requerir contraseña para el acceso de los profesionales del área técnica (sí/no)		
UNIDAD CONCENTRADORA DE OXÍGENO / PSA	14.0		Informar el material constructivo de las columnas de la planta concentradora de oxígeno		
	14.1		Informar el volumen interno total de las dos columnas del generador de oxígeno (m^3)		
	14.2		Informar la cantidad de material adsorbente contenido en las columnas concentradoras de oxígeno (kg)		
	14.3		Informar si la planta, como parte superior, es del tipo compacto o montada en un área mínima establecida (compacto/ensamblado)		
	14.4		Informar el área total requerida para la instalación de la planta concentradora de oxígeno ofrecida (m^2)		
	14.5		Las columnas de la planta ofrecida deben tener válvulas de seguridad contra altas presiones (sí/no)		
	14.6		Las columnas deben tener un manómetro para medir la presión del gas en su interior (sí/no)		
	14.7		Informar el peso del filtro ofrecido (kg)		
	14.8		Informar las dimensiones del equipo (ancho × alto × profundo) (m)		
	14.9		Informar el patrón de conexión entre la salida de oxígeno de la planta concentradora y la conexión con la red de distribución del hospital		

ITEM	NÚMERO	PARTE INTERESADA	EQUIPAMENTO OFERTADO	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
DEPÓSITO DE OXÍGENO POSPRODUCCIÓN	15.0		Informar al material de construcción del depósito de oxígeno después del compresor, de acuerdo con la clasificación ASME o AISI (código)		
	15.1		Informar la presión de almacenamiento de oxígeno comprimido después del compresor (bar)		
	15.2		Informar la presión máxima de trabajo del depósito de almacenamiento de oxígeno comprimido después del compresor (bar)		
	15.3		El tanque de oxígeno debe tener un manómetro interno (bar)		
	15.4		El tanque de oxígeno debe tener una válvula de alivio de presión en caso de sobrepresión (sí/no)		
	15.5		El depósito debe tener un registro de drenaje de agua que eventualmente puede condensarse en el proceso de concentración de oxígeno (sí/no)		
	15.6		Si existe un sistema automático de purga de aire en el depósito de aire, que se proporciona opcionalmente, en este caso, por favor, informe el costo adicional que esta característica supondrá sobre el precio total del depósito (USD)		
	15.7		Peso del tanque de aire (kg)		
	15.8		Dimensiones del equipo (ancho x alto x profundo) (m)		
COMPRESOR DE OXÍGENO	16.0		El compresor ofrecido debe, como mínimo, funcionar en dos etapas de compresión. Informar el número de etapas de compresión (etapas)		
	16.1		Presión máxima de compresión del oxígeno (bar)		
	16.2		Capacidad de producción a la presión máxima de trabajo del compresor (m^3/h)		
	16.3		Potencia eléctrica requerida a la presión máxima de trabajo (kW)		
	16.4		Frecuencia eléctrica del trabajo del compresor (Hz)		
	16.5		El compresor ofrecido debe estar libre de aceite (sí/no)		
	16.6		Peso del compresor de oxígeno (kg)		
	16.7		Dimensiones del equipo (ancho x alto x profundo) (m)		
	16.8		Rango de temperatura permisible de oxígeno en la admisión del compresor (°C)		
	16.9		Rango de temperatura ambiente en el que debe trabajar el compresor de oxígeno (°C)		
	16.10		El compresor ofrecido debe construirse para trabajar en un lugar protegido contra el clima (sí/no)		
BOMBA DE VACÍO	17.0		Flujo máximo de la bomba de vacío a una presión de 760 mmHg (m^3/h)		
	17.1		Presión máxima de la bomba de vacío (mm Hg)		
	17.2		Potencia eléctrica requerida cuando la bomba trabaja en su máxima presión (kW)		
	17.3		Frecuencia eléctrica que se utiliza en la bomba de vacío (Hz)		
	17.4		Voltaje de trabajo de la bomba de vacío (V)		
	17.5		Peso de la bomba de vacío (kg)		
	17.6		Dimensiones del equipo (ancho x alto x profundo) (m)		

ITEM	NÚMERO	PARTE INTERESADA	EQUIPAMENTO OFERTADO	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
ESTACIÓN DE LLENADO DE CILINDROS	18.0		La oferta incluye una estación de llenado de cilindros (sí/no)		
	18.1		Si la respuesta es afirmativa, la propuesta debe considerar un colector (“manifold”) compuesto por baterías de dos cilindros (sí/no)		
	18.2		Cada batería de cilindros debe constar de 5 cilindros con un volumen interno de 50 litros (sí/no)		
	18.3		La oferta incluye el sistema completo compuesto por colector y cilindros (sí/no)		
	18.4		Valor de la estación de llenado de cilindros de oxígeno (USD)		
MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO	19.0		Los manuales (operación y mantenimiento) deben ser actualizados por el fabricante o su representante, siempre que sean necesarios cambios en su contenido para garantizar la seguridad de su funcionamiento (sí/no)		
	19.1		El proveedor se compromete a instalar todo el software de diagnóstico disponible para el mantenimiento y la resolución de problemas o fallos con el equipo en cuestión sin costo adicional. El fabricante debe proponer las rutinas de mantenimiento y el sistema preestablecido para la adquisición de repuestos relacionados con la marca/modelo (sí/no)		
	19.2		Se debe proporcionar apoyo telefónico con personal técnico calificado mientras el equipo esté en uso en el hospital. Este soporte incluye el acceso para el personal técnico adecuado, para discutir problemas sobre configuraciones, códigos de error e identificación de posibles soluciones que se deban implementar, etc. Este servicio se prestará sin costo adicional para el hospital (sí/no)		
	19.3		El número de teléfono del representante y el número de identificación del fabricante deben estar disponibles de forma visible para facilitar la comunicación siempre que sea necesario (sí/no)		
	19.4		La capacitación completa de mantenimiento se aplicará a todos los equipos que componen la planta generadora de oxígeno y la recibirá al menos un miembro del equipo de ingeniería del hospital durante el período de garantía. Esta formación se proporcionará sin costos adicionales al cliente y tendrá el objetivo general de preparar mejor a la ingeniería hospitalaria para realizar el primer servicio, antes de tomar contacto con el fabricante, y facilitar así el mayor acceso del fabricante a los problemas que presenta el equipo (sí/no)		
	19.5		El fabricante/representante se compromete a corregir cualquier fallo de la unidad que se produzca durante el período de aceptación. Si no están facultados para resolver el problema de manera adecuada y rápida, el representante retirará el equipo del cliente y reembolsará todos los gastos incurridos con el proceso de importación o compra (sí/no)		
	19.6		El proveedor se compromete a iniciar el período de garantía después de la fecha en que el equipo es aceptado (sí/no)		
	19.7		El proveedor se compromete a proporcionar soporte técnico y coordinación de servicios a través del servicio de ingeniería del hospital durante el período de garantía (sí/no)		
	19.8		El representante se compromete a realizar inspecciones periódicas y actividades de mantenimiento en el equipo dentro del período de garantía, sin costos adicionales para el cliente		
	19.9		El representante se compromete a presentar documentación que contenga los procedimientos de limpieza, calibración, intercambio periódico de piezas y verificación de la funcionalidad. Estos servicios deben ser realizados por técnicos de los hospitales, debidamente capacitados por el fabricante, y podrán llevar a cabo procedimientos de mantenimiento durante este período, bajo la dirección del representante técnico, sin reducir ni eliminar el período de garantía (sí/no)		

ITEM	NÚMERO	PARTE INTERESADA	EQUIPAMENTO OFERTADO	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO	19.10		Durante todos los procedimientos de mantenimiento realizados por el fabricante o su representante, entregará una copia del informe de servicio (sí/no)		
	19.11		El informe de servicio contendrá la descripción del problema, la descripción de la solución, la identificación de los números de las piezas y materiales utilizados, el costo de las piezas, el tiempo de viaje, el tiempo y la identificación del equipo de acuerdo con el número de serie del fabricante (sí/no)		
	19.12		El proveedor se compromete a proporcionar un resumen anual de los informes de servicio realizados en el equipo un mes antes de la fecha de vencimiento del período de garantía del equipo. Este resumen se revisará junto con el equipo técnico de los hospitales y, por lo tanto, se identificará, abordará y resolverá cualquier tendencia o patrón predeterminado, fallos o errores de los usuarios (sí/no)		
ECUALIZACIÓN FINANCIERA	20.0		Se proporcionará una línea de comunicación directa y exclusiva con los equipos técnicos del proveedor o fabricante durante el período de garantía o en caso de contrato de mantenimiento, sin costo adicional (sí/no)		
	20.1		Una línea de comunicación directa y exclusiva estará disponible con los equipos técnicos del proveedor fuera el período de garantía o en caso de contrato de mantenimiento, sin costo adicional (sí/no)		
	20.2		El proveedor impartirá formación en materia de mantenimiento en un punto de reciclado. Informe el valor de la capacitación adicional (USD)		
	20.3		Número de horas de formación mencionadas en el elemento anterior (horas)		
	20.4		Número de años en los que la empresa que presta servicios de mantenimiento está operando en el mercado (años)		
	20.5		Cuál es la ubicación de los profesionales técnicos responsables del mantenimiento de la planta generadora de oxígeno (ciudad y país)		
	20.6		Los servicios de mantenimiento son ofrecidos directamente por el fabricante o a través de un distribuidor / representante		
	20.7		Número de instrucciones de mantenimiento preventivo disponibles para este equipo. Con qué frecuencia se llevará a cabo: mensual, semestral, anual (meses)		
	20.8		Valor total del equipamiento ofrecido (USD)		
	20.9		El equipo ofrecido debe ir acompañado de un conjunto de piezas, algunas necesarias para mantener el equipo en funcionamiento durante 3 años. El conjunto de piezas de repuesto, de acuerdo con el programa de mantenimiento preventivo recomendado queda claramente definido por el fabricante en una lista desagregada que comprende números de piezas, descripciones y costo unitario, así como la indicación de marca / modelo específico (por ejemplo, para disyuntor, placa de circuito impreso, camas de adsorbente, componentes del compresor, válvulas, ruedas, condensador del motor, analizador, etc.). También debe incluir el conjunto de elementos filtrantes suministrados en conjunción con el equipo (sí/no)		

ÍTEM	NÚMERO	PARTE INTERESADA	EQUIPAMENTO OFERTADO	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
ECUALIZACIÓN FINANCIERA	20.10		Precio del conjunto de piezas y piezas mencionadas en el artículo anterior (USD)		
	20.11		Valor del contrato de mantenimiento preventivo y correctivo que incluya cobertura completa del equipo y cualquier necesidad de reemplazo de pantallas, resistencia eléctrica, CLP, molduras, reemplazo de botones, mesa de membrana, etc., reemplazo de botones, etcétera (USD)		
	20.12		Valor del contrato de mantenimiento preventivo y correctivo que incluya la cobertura completa de los equipos y cualquier necesidad de sustitución de pantallas, resistencia eléctrica, CLP, embellecedores, sustitución de botones, teclado de membrana, etc., si existen actividades que deban realizarse por la noche, fines de semana y festivos. El proveedor debe garantizar que el equipamiento funcione continuamente con una disponibilidad de 97% del tiempo (up-time 97%) (USD)		
	20.13		Informe el valor del contrato de mantenimiento preventivo y correctivo (solo mano de obra). Piezas no incluidas (USD)		
	20.14		Valor del contrato de mantenimiento preventivo y correctivo (solo mano de obra) si hay actividades que deben realizarse por la noche, fines de semana y días festivos. Piezas no incluidas (USD)		
	20.15		Informe el valor del costo de la mano de obra por hora si el hospital no decide celebrar un contrato de mantenimiento (USD)		
	20.16		Su manual de operación debe ser una parte integral del equipo (sí/no)		
	20.17		Su manual de mantenimiento debe ser una parte integral del equipo. Si el equipo requiere contraseñas, palabras clave, etc., se deben ofrecer. El manual de mantenimiento debe tener el mismo contenido técnico que el utilizado por el equipo técnico del fabricante (sí/no)		
	20.18		Su guía de instalación debe ser una parte integral del equipo. Informe el valor (USD)		
	20.19		El manual requerido para la calificación de instalación del equipo debe ser parte del suministro (sí/no)		
	20.20		El manual requerido para la calificación del desempeño del equipo debe ser parte del suministro (sí/no)		
	20.21		Informe el consumo de energía en kWh/24 horas del equipo con las condiciones anteriores (kWh/24 horas)		
	20.22		Frecuencia de calibración requerida por el equipo y recomendada por el fabricante (anual, semestral, diario, automático...)		
	20.23		Informe el valor del procedimiento de calibración, si es realizado por el fabricante y no figura en el contrato de mantenimiento, si se celebra (USD)		
	20.24		Informe el valor del costo promedio anual de mantenimiento preventivo del equipo, si opera bajo condiciones de operación favorables y apropiadas (USD)		
	20.25		Si el equipo tiene en su infraestructura tecnología suficiente para el mantenimiento y actualización de software, adquisición y transferencia de datos, análisis de códigos y mensajes de error y, si estas funciones son de compra opcional, por favor, informe el valor de este conjunto de características (USD)		
	20.26		Valor de un separador de condensado (USD)		
	20.27		Valor de un filtro previo 1 (USD)		
	20.28		Valor de un filtro previo 2 (USD)		
	20.29		Valor de un secador de aire refrigerado (USD)		
	20.30		Valor de un secador de aire por adsorción (USD)		
	20.31		Valor de un elemento de filtro de carbón activado (USD)		
	20.32		Valor de un elemento catalizador (USD)		
	20.33		Valor de un intercambio adsorbente del secador de aire por adsorción (USD)		
	20.34		Valor de un intercambio adsorbente de la planta generadora de oxígeno mediante adsorción (USD)		
	20.35		Valor de un cambio de aceite del compresor de aire (USD)		
	20.36		Valor de una carga de gas del secador de aire por refrigeración (USD)		

ÍTEM	NÚMERO	PARTE INTERESADA	EQUIPAMENTO OFERTADO	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
ECUALIZACIÓN FINANCIERA	20.37		Valor de un conjunto de piezas de repuesto para el compresor de oxígeno que se utilizará cada 6 meses o 4320 horas de trabajo (USD)		
	20.38		Valor de un conjunto de piezas de repuesto para el compresor de oxígeno que se utilizará cada 12 meses o 8640 horas de trabajo (USD)		
	20.39		El fabricante se compromete a proporcionar la formación de funcionamiento y uso del equipo a sus usuarios en cualquier momento, después del período de garantía, similar en carga de trabajo a la formación inicial. Informe el número de horas de clase y el monto en USD de dicha formación si se solicita en el futuro (horas/USD)		
	20.40		El proveedor se compromete a ofrecer un período de garantía de 4 años (48 meses) a partir de la fecha de aceptación del equipo respectivo después de haber sido completamente instalado y puesto en servicio (sí/no)		
	20.41		Valor para la contratación de garantía extendida, contra defectos de fabricación, durante un año adicional (USD)		
	20.42		Informe el tiempo, en semanas, para ofrecer y realizar fechas actualizadas sobre el software requerido para mantener el equipo en funcionamiento en condiciones seguras. Consideramos que las fechas de caducidad son gratuitas		
	20.43		Valor de la calificación de la instalación de la planta generadora de oxígeno (USD)		
	20.44		Valor de la calificación de la operación de la planta generadora de oxígeno (USD)		
	20.45		Valor de la calificación del rendimiento de la planta generadora de oxígeno (USD)		
	20.46		Valor de una troca de material absorbente del secador de aire por adsorción (USD)		
FORMACIÓN	21.0		El proveedor se compromete a proporcionar capacitación adicional de reciclaje para al menos un miembro del departamento de ingeniería del hospital durante el período de garantía. Esta capacitación la ofrecerá el proveedor sin costo adicional		
	21.1		El fabricante se compromete a proporcionar la formación de operación y uso del software de configuración, operación, diagnóstico y mantenimiento de todos los CLP incorporados en la planta generadora de oxígeno, incluidos en el paquete de formación de servicio, sin cargo para el cliente. Esta formación tiene como objetivo aumentar la capacidad del equipo técnico actual para realizar la primera atención en el hospital, antes de realizar una llamada al fabricante, siempre que sea necesario (sí/no)		
	21.2		El fabricante se compromete a proporcionar capacitación en operación y uso del equipo a sus operadores antes y durante el primer uso. Si la respuesta es afirmativa, informe el número de horas de clase a tener en cuenta (sí/no)		
	21.3		El contenido del programa de cada una de las capacitaciones (técnicas y de operación) requeridas debe enviarse (15 días después de la formalización de la compra) al departamento de ingeniería del hospital, con el propósito de evaluarlas y formalizarlas con los usuarios y el programa de educación continua de la organización. Los profesionales formados en esta actividad por el proveedor deben tener experiencia contrastada en la especialidad hospitalaria. El contenido de la capacitación de la operación debe estar en consonancia con la línea de acción principal del hospital médico y administrativo, requerida por el hospital (sí/no)		
	21.4		Durante el período de garantía y por contrato de mantenimiento, el licitador deberá ofrecer apoyo clínico especializado a los operadores, tanto por teléfono como a través de la web, que incluya en su caso el acceso remoto a los equipos ofrecidos. Informe si este servicio se ofrece o no, junto con la propuesta de equipamiento (sí/no)		
LEED	22.0		El instalador se compromete a retirar los residuos una vez finalizada la instalación. También debe ser responsable de la disposición homologada de estos residuos, alineando su alcance de suministro a los estándares de calidad del hospital en términos de PGRSS.		

AISI: American Iron and Steel Institute; ASME: American Society of Mechanical Engineers; ASTM: American Society for Testing and Materials; CE: Comunidad Europea; CLP: controlador lógico programable; FDA: Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos de América; GHTF: Grupo de Trabajo de Armonización Mundial; ISO: Organización Internacional de Normalización; LEED: Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental; PGRSS: Plan de gestión de residuos de servicios de salud; PSA: adsorción por cambio de presión; PSI: libra de fuerza por pulgada cuadrada; UE: Unión Europea; USD: dólar de Estados Unidos de América.

OPS

Organización Panamericana de la Salud

Organización Mundial de la Salud
OFICINA REGIONAL PARA LAS Américas

TEL: +1 (202) 974 3531
FAX: +1 (202) 775 4578
gto2@paho.org
www.paho.org/emergencies