

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica**  
**y Mecatrónica**



**Implementación de una planta de oxígeno medicinal para suministro  
directo y llenado de botellas a 2500 psi**

Tesis presentada por el Bachiller:

**Perez Paredes, Luis Alberto**

**ORCID:0009-0002-2094-5987**

Para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico**

Asesor:

**Ing. Valdez Loaiza, Juan Carlos**

**ORCID: 0000-0002-4122-2027**

Arequipa – Perú

2025

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
**INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA**  
**TITULACIÓN CON TESIS**  
**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 22 de Julio del 2022

**Dictamen: 006261-C-EPIMMEM-2022**

Visto el borrador del expediente 006261, presentado por:

**2012190121 - PEREZ PAREDES LUIS ALBERTO**

Titulado:

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE OXÍGENO MEDICINAL PARA SUMINISTRO DIRECTO Y  
LLENADO DE BOTELLAS A 2500 PSI**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

**1530 - FERNANDEZ BARRIGA CAMILO GRIMALDO  
DICTAMINADOR**



**1828 - GORDILLO ANDIA CARLOS ALBERTO  
DICTAMINADOR**



**1936 - MESTAS RAMOS SERGIO ORLANDO  
DICTAMINADOR**



# IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE OXÍGENO MEDICINAL PARA SUMINISTRO DIRECTO Y LLENADO DE BOTELLAS A 2500 PSI

## INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	19%	1%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

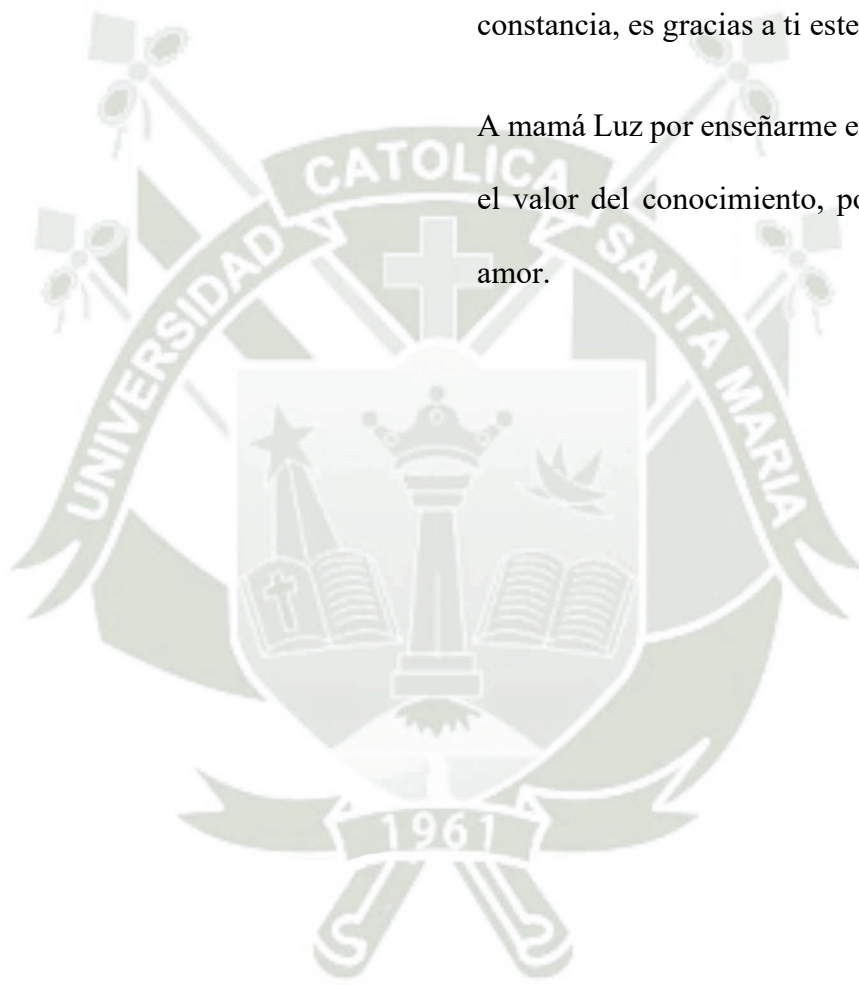
## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://gis.proviasnac.gob.pe">gis.proviasnac.gob.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="http://noticias.essalud.gob.pe">noticias.essalud.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://bloggrupalplantadeoxigeno.blogspot.com">bloggrupalplantadeoxigeno.blogspot.com</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://www.defensoria.gob.pe">www.defensoria.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://repositorio.utp.edu.pe">repositorio.utp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://www.haskel.com">www.haskel.com</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://www.atlascopco.com">www.atlascopco.com</a> Fuente de Internet	1%
9	<a href="http://doi.org">doi.org</a> Fuente de Internet	1%
10	<a href="http://www.idae.es">www.idae.es</a> Fuente de Internet	1%
11	<a href="http://utec.edu.pe">utec.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%

## DEDICATORIA

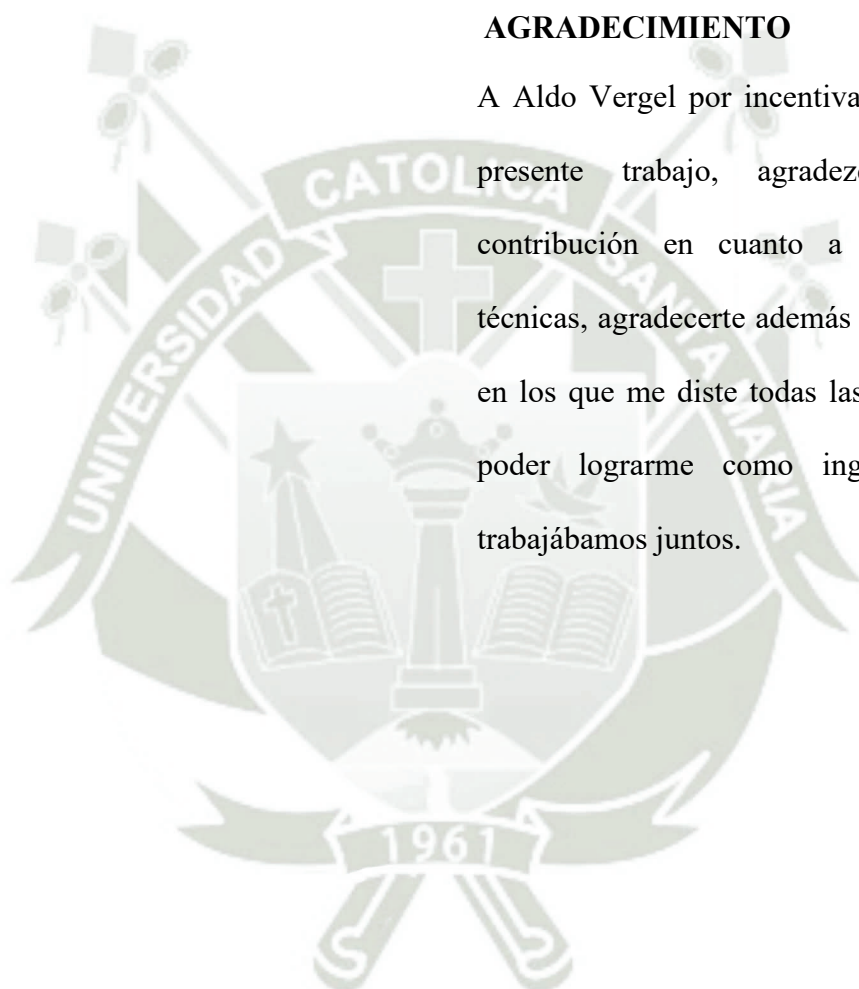
A Ursula por su apoyo, por haber estado en cada momento de mi vida desde hace 10 años, por haber sido mi ejemplo de esfuerzo y de constancia, es gracias a ti este logro.

A mamá Luz por enseñarme en su gran nobleza el valor del conocimiento, por su paciencia y amor.



## AGRADECIMIENTO

A Aldo Vergel por incentivar me a realizar el presente trabajo, agradezco tu amable contribución en cuanto a conocimiento y técnicas, agradecerte además por aquellos días en los que me diste todas las facilidades para poder lograr me como ingeniero mientras trabajábamos juntos.



## RESUMEN

El presente proyecto propone la implementación de una planta de generación de oxígeno medicinal para la ciudad de Arequipa, el cual plantea, en su inicio, el diseño de una planta para la obtención de oxígeno medicinal a través del sistema PSA, con el diseño y selección de equipos de la firma Atlas Copco, con la finalidad de poder suministrar el oxígeno directamente a las botellas con una presión de 2500 PSI. El sistema actual aun no permite cubrir la demanda de oxígeno medicinal efecto de la pandemia mundial de coronavirus. El método de generación de oxígeno medicinal en planta, a través del sistema PSA (adsorción por oscilación de presión) constituye una alternativa técnica y económicamente viable, que permitirá brindar una solución contundente a la problemática del suministro de oxígeno medicinal que atañe a nuestra población de Arequipa. Ya que el proyecto tiene un horizonte de 10 años, se logró conseguir proveedores de marcas conocidas, para que el mantenimiento de los equipos sea rentable tanto en repuestos como en mano de obra. Para el desarrollo de la presente investigación se ha establecido cuatro capítulos, siendo así el primer capítulo menciona la formulación del problema el segundo capítulo da referencia al tema de estudio abordado donde en nuestra bases teóricas sustentamos el criterio técnico por el cual nos guiaremos para la implementación de la planta de oxígeno medicinal, seguidamente, el tercer capítulo nos dará referencia acerca del contexto actual de cómo se encuentra el sistema de suministro de oxígeno a nivel local y porque la importancia de la implementación de una planta que incremente los niveles de producción de oxígeno en la ciudad de Arequipa, el cuarto capítulo nos mencionará toda la metodología de la investigación que sigue nuestra investigación desde tipo, diseño, y nivel de investigación. El quinto capítulo dará referencia al estudio económico del proyecto en el cual determinaremos la viabilidad, la producción óptima, el VAN el TIR y la rentabilidad del proyecto. El sexto capítulo abordará los resultados y discusiones. El séptimo capítulo dará referencia a las conclusiones.

**Palabras clave:** Oxígeno medicinal, PSA, adsorción.

## ABSTRACT

This project proposes the installation of a medicinal oxygen generation plant for the city of Arequipa, which proposes, at the beginning, the design of a plant for the obtention of medicinal oxygen through the PSA system, with the design and selection of equipment from the Atlas Copco firm, in order to be able to supply oxygen directly to the cylinders with a pressure of 2500 PSI. The current system still does not allow to cover the demand for medicinal oxygen effect of the global coronavirus pandemic. The method of generating medicinal oxygen in the plant, through the PSA system (pressure swing adsorption), constitutes a technically and economically viable alternative that will provide a forceful solution to the problem of medical oxygen supply that affects our population of Arequipa. Because the project has a horizon of 10 years, suppliers of well-known brands were obtained, so that the maintenance of the equipment is profitable in terms of both labor and spare parts. For the development of this research, 4 chapters have been established, the first chapter mentions the formulation of the problem, the second chapter refers to the subject of study addressed where in our theoretical bases we support the technical criteria by which we will guide ourselves for the implementation of the plant of medicinal oxygen, then the third chapter will give us a reference about the current context of how the oxygen supply system is at a local level and the importance of the implementation of a plant that increases the levels of oxygen production in the city of Arequipa, the fourth chapter will not mention all the research methodology that follows our research from type, design, and research level. The fifth chapter will refer to the economic study of the project in which we will determine the viability, optimal production, the VAN the TIR and the profitability of the project. The sixth chapter will address the results and discussions. The seventh chapter will refer to the conclusions.

**Key words:** Medicinal oxygen, PSA, adsorption.

## ÍNDICE GENERAL

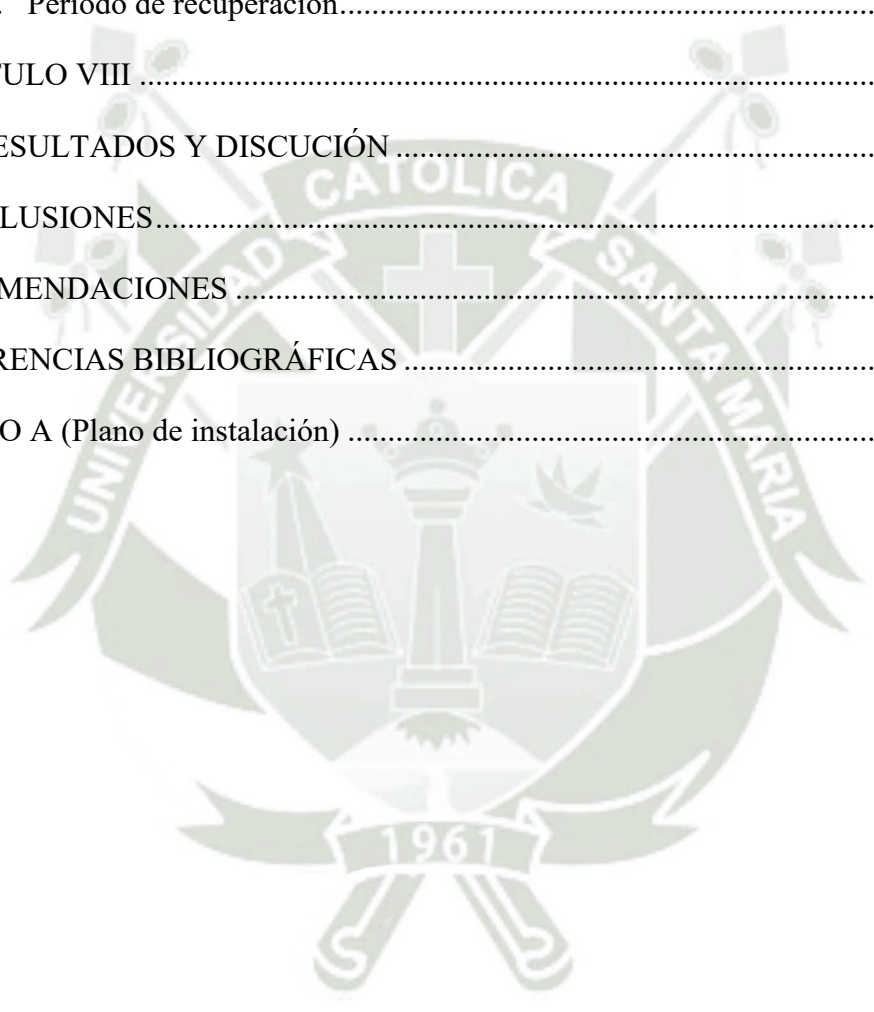
RESUMEN.....	v
ABSTRACT .....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1 .....	2
1. GENERALIDADES.....	3
1.1. Planteamiento del Problema .....	3
1.2. Formulación del Problema.....	4
1.2.1. Pregunta General .....	4
1.2.2. Preguntas Específicas .....	4
1.3. Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos .....	4
1.4. Hipótesis .....	5
1.4.1. Hipótesis general .....	5
1.4.2. Hipótesis Específico .....	5
1.5. Justificación del Problema.....	5
CAPÍTULO II.....	7
1. MARCO TEORICO.....	8
1.1. Antecedentes .....	8
1.1.1. Antecedentes internacionales .....	8
1.1.2. Antecedentes a nivel nacional .....	10
1.1.3. Antecedentes a nivel local .....	12
1.2. Bases teóricas.....	13
1.2.1. El oxígeno.....	13
1.2.2. El oxígeno medicinal .....	14

1.2.3.	Métodos de obtención del oxígeno medicinal .....	14
1.2.4.	Obtención del oxígeno medicinal a través de la destilación criógena.....	15
1.2.5.	Obtención del oxígeno medicinal a través de proceso PSA .....	16
1.2.6.	Descripción del proceso PSA .....	18
1.2.7.	El ciclo PSA .....	22
1.2.8.	Eficiencia del ciclo PSA .....	24
1.2.9.	Tamizes de Zeolita.....	25
1.2.10.	Ventajas del proceso PSA.....	27
1.2.11.	Desventajas.....	28
1.2.12.	Consideraciones para la instalación de una planta PSA .....	28
1.2.13.	Tratamiento del aire de suministro .....	30
1.2.14.	Centro de control de planta.....	31
1.2.15.	Tanques colectores de oxígeno.....	32
1.2.16.	Criterios de seguridad.....	32
CAPÍTULO III .....		35
1. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL ACTUAL .....		36
1.1.	Diagnostico situacional a nivel nacional .....	36
1.2.	Diagnostico situacional a nivel local .....	37
1.3.	Problemática actual.....	38
1.4.	Demanda de Oxígeno medicinal Arequipa .....	39
CAPITULO IV .....		41
1. METODOLOGÍA .....		42
1.1.	Tipo y diseño de investigación .....	42
1.2.	Variables y operacionalización .....	42
1.2.1.	Variable independiente .....	42
1.2.2.	Variable dependiente .....	42

1.3.	Población y muestra.....	43
1.3.1.	Población .....	43
1.3.2.	Muestra .....	43
1.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	43
1.4.1.	Observación .....	43
1.4.2.	Revisión de documentos .....	43
1.5.	Instrumento de recolección de datos.....	44
1.5.1.	Ficha de control de diseño .....	44
1.5.2.	Ficha de parámetros.....	44
1.5.3.	Ficha documentaria de revisión.....	44
1.6.	Procedimientos.....	45
1.7.	Métodos de análisis de datos .....	45
1.8.	Aspectos éticos .....	45
CAPÍTULO V .....		46
1.	INGENIERIA DE PROYECTO .....	47
1.1.	Diseño general estructura.....	47
1.2.	Instalación eléctrica .....	47
1.3.	Ubicación de la planta.....	48
1.4.	Selección de equipos.....	49
1.4.1.	Condiciones de entrada de aire.....	49
1.4.2.	Condiciones de salida de aire .....	49
1.4.3.	Selección de compresor .....	50
1.4.4.	Selección de secador.....	57
1.4.5.	Selección de tanque receptor de aire .....	57
1.4.6.	Selección de generador de oxígeno .....	59
1.4.7.	Selección de tanque receptor de oxígeno .....	62

1.4.8.	Selección de filtro bacteria .....	63
1.4.9.	Selección de Bosster Pump .....	65
1.4.10.	Rampa de cilindros receptores.....	66
1.5.	Sistema y diagrama de flujo.....	67
CAPÍTULO VI.....		71
1.	IMPACTO AMBIENTAL .....	72
1.1.	Objetivos.....	72
1.2.	Programa de mitigación .....	72
1.2.1.	Medidas de mitigación .....	72
1.2.2.	Control de derrames.....	73
1.2.3.	Manejo de residuos solidos .....	74
1.3.	Programa de monitoreo ambiental.....	75
1.4.	Programa de contingencias .....	75
1.4.1.	Sismos.....	75
1.4.2.	Incendios.....	76
1.4.3.	Accidentes laborales incendios.....	77
1.5.	Programa de participación ciudadana .....	78
1.6.	Plan de cierre .....	79
CAPÍTULO VII.....		81
1.	EVALUACION FINANCIERA .....	82
1.1.	Costos de implementación de un sistema PSA .....	83
1.2.	Infraestructura .....	83
1.3.	Sistemas eléctricos .....	86
1.4.	Ventilación.....	87
1.5.	Mano de Obra .....	87
1.6.	Resumen de inversión fija.....	88

1.7. Mantenimiento .....	88
1.8. Costo de energía eléctrica .....	88
1.9. Producción estimada .....	89
1.10. Valor actual neto .....	90
1.11. Tasa interna de retorno .....	91
1.12. Periodo de recuperación.....	91
CAPÍTULO VIII .....	92
1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	93
CONCLUSIONES.....	95
RECOMENDACIONES .....	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	97
ANEXO A (Plano de instalación) .....	103



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Identificación de riesgos en una Planta PSA .....	32
Tabla 2 Plantas de Oxígeno en Arequipa .....	39
Tabla 3 Demanda de oxígeno medicinal en Arequipa.....	40
Tabla 4 Operacionalización de la variable .....	43
Tabla 5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	44
Tabla 6 Factor de corrección por elevacion.....	51
Tabla 7 Factor de corrección de temperatura.....	52
Tabla 8 Condiciones ambientales de diseño.....	54
Tabla 9 Características del compresor seleccionado .....	55
Tabla 10 Características del tanque de almacenamiento de aire.....	58
Tabla 11 Selección de Generador de Oxígeno.....	60
Tabla 12 Condiciones de funcionamiento .....	61
Tabla 13 Límites de funcionamiento.....	61
Tabla 14 Características del tanque de almacenamiento de aire.....	62
Tabla 15 Requerimientos del filtro bacteria.....	64
Tabla 16 Filtro bacteria características.....	64
Tabla 17 Lista de equipos del sistema generador de Oxígeno.....	68
Tabla 18 Cotizaación de los equipos de la planta PSA.....	83
Tabla 19 Costos de infraestructura .....	85
Tabla 20 Costos del techo de la instalación.....	85
Tabla 21 Cotización de equipos de instalación eléctrica.....	86
Tabla 22 Costos de la implementación de la ventilación.....	87
Tabla 23 Mano de obra.....	87
Tabla 24 Inversión fija.....	88

Tabla 25 Generación de energía eléctrica.....	89
Tabla 26 Estimacion del consumo de energía eléctrica.....	89
Tabla 27 Valor actual Neto del proyecto.....	90



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Composición del aire .....	13
Ilustración 2 Obtención de oxígeno basada en una destilación criogénica .....	15
Ilustración 3 Diagrama de un proceso PSA.....	16
Ilustración 4 Proceso de adsorción .....	17
Ilustración 5 Tamiz molecular .....	19
Ilustración 6 Unidad del sistema de flujo PSA.....	20
Ilustración 7 Generador de Oxígeno.....	22
Ilustración 8 Registro de presión en el ciclo Skartrom de una unidad. ....	23
Ilustración 9 Estructura de la Zeolita.....	26
Ilustración 10 Planta PSA dual.....	30
Ilustración 11 Componentes de un sistema de tratamiento de aire. ....	31
Ilustración 12 Ubicación de la planta de oxígeno .....	49
Ilustración 13 Compresor de aire.....	54
Ilustración 14 Propuesta de instalación del compresor de aire.....	56
Ilustración 15 Secador de aire .....	57
Ilustración 16 Tanque vertical de almacenamiento de aire de capacidad 1000 lts.....	59
Ilustración 17 OGP – 20 Oxygen generator .....	62
Ilustración 18 Tanque de oxígeno .....	63
Ilustración 19 Esquema de funcionamiento del multiplicador de presión.....	65
Ilustración 20 Booster pump. ....	66
Ilustración 21 Rampa de llenado de botellas .....	67
Ilustración 22 Diseño del diagrama de flujo del sistema PSA . ....	69
Ilustración 23 Componentes del sistema PSA.....	70
Ilustración 24 Código de colores para la clasificación de residuos sólidos.....	74
Ilustración 24 Infraestructura.....	84

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial atravesamos un periodo de crisis en los sistemas de salud debido a la aparición del virus el SARS-CoV-2 (que provoca en las personas vulnerables que lo padecen un síndrome respiratorio agudo severo) (Organización mundial de la salud OMS, 2021), que obligó a un freno mundial en todos los aspectos cotidianos de la vida del hombre, la cuarentena obligatoria contuvo la ola de contagios, pero este mecanismo significó un verdadero reto para todas las economías del mundo. En varios países a nivel global los sistemas de salud se han visto colapsados, ya que la enfermedad denominada Covid-19 producida por el virus SARS-CoV-2, infecta las vías respiratorias y compromete severamente a los pulmones creando un cuadro de neumonía en el ser humano, reduciendo la capacidad de asimilar oxígeno para el organismo y obligando al uso de oxígeno medicinal como remedio para compensar la deficiencia en los pulmones, dicho esto el oxígeno medicinal tiene que ser suministrado en altos grados de pureza para compensar este desbalance y evitar que la persona enferma pierda la vida.

A nivel mundial se pueden encontrar tres grandes empresas dedicadas a la producción de gases industriales la multinacional Air Liquide con su sede principal en Francia y con presencia en más de 75 países, seguida por Linde de Alemania y la Estadunidense Praxair que domina el mercado en el continente americano. Desde el año 2016 dos de estas grandes corporaciones Linde y Praxair se encuentran en conversaciones para concretar una fusión y así convertirse en los líderes absolutos dentro del mercado mundial de gases industriales. (Abanto, 2021)

El Perú fue uno de los países más afectados por este virus llegando a un tope de más de 50000 fallecidos a la fecha, las cifras no dejan de ser alarmantes, así como nuestra poca previsión y capacidad de reacción ante los eventos mundiales de los que hemos sido testigos, y la insuficiente capacidad de respuesta de nuestro sistema de salud. (News mundo BBC, 2020)

La problemática de nuestro país no solo pasa por nuestro precario y prácticamente abandonado sistema de salud, que nunca pensó en plantas de oxígeno medicinales, individuales para cada centro de salud que rompan los acuerdos con empresas productoras de este gas, si no por temas de corrupción tan profunda como el desconocimiento en temas básicos de salud pública.



## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Planteamiento del Problema

Podemos resumir la problemática en:

Los establecimientos de salud compran botellas de oxígeno medicinal de proveedores externos normalmente de 10m<sup>3</sup> que duran en condiciones normales de flujo medio 24 horas para un enfermo de covid 19, la elevada demanda de este gas ocasionó que los proveedores se vean rebasados ocasionando que disminuya su capacidad de abastecimiento, esto trajo como consecuencia que muchas vidas se perdieran ya que se dependía de un externo para cumplir las cuotas de consumo diario de los enfermos en los hospitales, sumado a esto no existían plantas de oxígeno medicinal y las que habían estaban inoperativas.

Existía gran desconocimiento y carencia de información en relación con cómo se produce oxígeno medicinal de alta pureza y no se tenía cultura en su producción de manera independiente, las plantas de oxígeno medicinal eran una caja negra indescifrable para la mayoría de los profesionales de la salud e incluso para las corporaciones peruanas que podían vender estos equipos.

No se tiene un pensamiento estratégico a futuro ya que esta enfermedad aun no va a acompañar muchos años y todas las instituciones que aglomeran gente en sus procesos de servicio o productivos deberían tener una planta de oxígeno medicinal que asegure una reserva de oxígeno ante cualquier eventualidad.

Por lo tanto, nos toca afrontar aun por varios años este virus y sus efectos, el mundo ha cambiado y como corresponde nosotros debemos cambiar con él, tomando medidas de acción inmediata por eso he visto la necesidad de realizar una investigación que permita proponer la implementación de una planta de oxígeno medicinal para suministro directo y llenado de botellas a 2500 psi en la ciudad de Arequipa.

## **1.2. Formulación del Problema**

### **1.2.1. Pregunta General**

- ¿Como implementar una planta de oxígeno medicinal para suministro directo y llenado de botellas a 2500 psi, Arequipa, 2021?

### **1.2.2. Preguntas Específicas**

- ¿Cuál es la ubicación y el dimensionamiento de la planta de oxígeno medicinal para suministro directo y llenado de botellas a 2500 psi, Arequipa, 2021?
- ¿Cuál es la selección de equipos para diseñar una planta de oxígeno medicinal para suministro directo y llenado de botellas a 2500 psi, Arequipa, 2021?
- ¿Cuál es la capacidad y el ritmo de producción óptimo de la planta de oxígeno para suministro directo y llenado de botellas a 2500 psi, Arequipa, 2021?
- ¿Cuál es el presupuesto para la implementación una planta de oxígeno medicinal para suministro directo y llenado de botellas a 2500 psi, Arequipa, 2021?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo General**

- Proponer la implementación de una planta de oxígeno medicinal para asegurar la producción continua del oxígeno medicinal para asegurar la producción y suministro directo y llenado de botellas a 2500 psi.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Establecer la ubicación y el dimensionamiento de la planta de oxígeno medicinal para suministro directo y llenado de botellas a 2500 psi, Arequipa, 2021
- Determinar la selección de equipos para diseñar una planta de oxígeno medicinal para suministro directo y llenado de botellas a 2500 psi, Arequipa, 2021

- Calcular la capacidad y el ritmo de producción óptimo de la planta de oxígeno para suministro directo y llenado de botellas a 2500 psi, Arequipa, 2021
- Calcular el presupuesto para la implementación una planta de oxígeno medicinal para suministro directo y llenado de botellas a 2500 psi, Arequipa, 2021

#### **1.4. Hipótesis**

##### **1.4.1. Hipótesis general**

- Proponiendo la implementación de una planta de oxígeno medicinal se conseguirá asegurar la producción y suministro directo y llenado de botellas a 2500 psi, Arequipa, 2021

##### **1.4.2. Hipótesis Específico**

1. Estableciendo la ubicación y el dimensionamiento de la planta de oxígeno medicinal se conseguirá asegurar la producción y suministro directo y llenado de botellas a 2500 psi, Arequipa, 2021
2. Determinando la selección de equipos para diseñar una planta de oxígeno medicinal se conseguirá asegurar la producción, suministro directo y llenado de botellas a 2500 psi, Arequipa, 2021
3. Determinando la capacidad y el ritmo de producción óptimo de la planta de oxígeno medicinal se conseguirá asegurar la producción, suministro directo y llenado de botellas a 2500 psi, Arequipa, 2021
4. Calculando el presupuesto para la implementación una planta de oxígeno medicinal se conseguirá asegurar la producción y suministro directo y llenado de botellas a 2500 psi, Arequipa, 2021

#### **1.5. Justificación del Problema**

Se justifica la presente investigación porque tiene relevancia contemporánea porque se trata de plantear soluciones a un problema de actualidad mundial en el ámbito de la salud pública. Además conlleva una relevancia académica en lo relacionado al diseño, selección de equipos, cálculos de potencias, entrega, consumos y flujos en una planta de oxígeno.

Tiene relevancia a futuro ya que lo más importante luego del arranque de una planta de oxígeno es dar un mantenimiento adecuado a cada uno de los equipos que la conforman, para ello se generarán planes de mantenimiento desde lo básico a lo más avanzado.

El presente proyecto de investigación pretende mostrar cómo se realiza la implementación de una planta de oxígeno medicinal de 93% a 95% de pureza, desde la fase de selección de equipos, pasando por la integración de los mismos, su regulación y pruebas de operatividad de acuerdo al consumo medio esperado por el centro de salud o empresa interesada en suministrar este gas de manera continua, cabe destacar que el oxígeno no solo puede tener uso medicinal las aplicaciones de este gas son diversas tanto para medicina como para un entorno productivo e industrial lo que claramente realza su importancia.

Ciertamente es un hecho que en estos últimos meses cada vez más centros de salud y empresas han apostado por una planta de oxígeno medicinal propia que asegure la disponibilidad de este gas sin depender de proveedores externos, pero es necesario tener la técnica y el conocimiento muy claros para lograr que una planta de oxígeno produzca a tiempo completo y sin pérdidas de pureza o averías que comprometan la confiabilidad de cada equipo que la compone.

Se justifica realizar este proyecto de investigación por la importancia de clarificar estos conocimientos ya que es un momento de la historia en que los ingenieros mecánicos deben formar parte activa aportando sus técnicas y buen criterio, es fundamental ahora que se fomente el aprendizaje de cómo es que se genera oxígeno, muchos de los profesionales del medio podrán trabajar en estas áreas productivas en corto plazo incluso en las áreas de mantenimiento de los hospitales debido a que la planta de oxígeno pasó a ser conglomerado de equipos más importante de un hospital y se van a necesitar profesionales que conozcan de esto.

Se justifica además porque tiene una relevancia actual de índole mundial siendo el ingeniero mecánico el profesional más idóneo para implementar y asegura el funcionamiento continuo de una planta de oxígeno medicinal.



## 1. MARCO TEORICO

### 1.1. Antecedentes

#### 1.1.1. Antecedentes internacionales

Moran, realizó la investigación, teniendo como objetivo demostrar la eficiencia de un adsorbente de zeolita novedoso en un proceso de PSA para generar oxígeno con el objetivo de diseñar ciclos para una alta recuperación y un factor de tamaño de cama bajo (BSF). Cuyo objetivo secundario fue determinar el límite cinético de la nueva zeolita para determinar qué tan rápido de la tasa de adsorción tiene la zeolita y si es un candidato para la rápida generación de oxígeno medicinal en los procesos de PSA. Esta tesis demuestra ciclos que utilizan eficientemente el nuevo adsorbente en diferentes condiciones de funcionamiento. Esto proporciona una gama de condiciones operativas a partir de las cuales para determinar cómo utilizar mejor la zeolita para desarrollar procesos de PSA más grandes. Además, fue descubrió que esta nueva zeolita es de hecho una zeolita mejorada con una tasa de adsorción rápida capaz de soportar procesos rápidos de PSA. Desafortunadamente, debido a las limitaciones del sistema, No se encontró el límite cinético. (Moran, 2012)

Por otro lado, con el proyecto titulado “Prefactibilidad de Proyecto de Producción de Oxígeno Medicinal en la Provincia de Córdoba”, el cual tiene su objetivo determinar la viabilidad del proceso PSA y el proceso criogénico para la obtención de oxígeno medicinal, el cual es los medicamentos más importantes dentro de la estructura de costos de los nosocomios, en Córdoba. Además, su producción reducirá los costos y los riesgos de desabastecimientos ante contingencias. Los criterios fueron (económico, legal, tecnológico) que dieron como resultado, entre otros tantos, que las dos técnicas más eficientes para producir oxígeno medicinal en la actualidad son la Criogénica y la PSA. Además, se completó el estudio de las oportunidades del mercado (análisis de la demanda y la oferta) que permitió detectar que, en el mercado local, al igual que en el mercado nacional e internacional. Para obtener los datos necesarios se trabajó con dos tipos de herramientas: fuentes primarias de información (encuestas a los principales nosocomios privados, entrevistas con informantes claves del sector, expertos y futuros clientes y proveedores potenciales) y fuentes

secundarias (datos obtenidos a través de cámaras, Ministerio de Salud de la Provincia de Córdoba, publicaciones especializadas, etc). La encuesta arrojó como resultados más importantes la posibilidad de entrada de un nuevo jugador al mercado de oxígeno medicinal. Por último, se realizó la evaluación económica integral del proyecto acudiendo a diferentes criterios de evaluación de proyectos de inversión, con el objetivo de medir la rentabilidad de este. Para ello, se propusieron dos escenarios de producción extremos (producción realizada con tecnología criogénica y producción realizada con tecnología PSA) en base a supuestos generales sobre la evolución de la demanda de oxígeno, la cuota de mercado a abastecer y precio. Con esto, se pretendió realizar una comparación de alternativas tecnológicas. Además, se incluyó un análisis estocástico de los resultados mediante la utilización de un software que permite incluir variabilidad sobre los mismos. En cuanto a los resultados obtenidos, se observa que sólo el escenario de producción mediante tecnología Criogénica es viable, alcanzando una buena performance económica. (Consejo federal de inversiones CFI, 2011)

Arandia Cassal, con el proyecto de investigación que tuvo como objetivo principal estudiar la factibilidad de llevar a cabo la instalación de una planta de oxígeno criogénico, ubicado en la ciudad de Tarija- Bolivia, que permita mejores condiciones para los consumidores y trabajadores de este rubro. En la primera parte del proyecto, se presentó los objetivos que se desean conseguir juntamente con una explicación justificada del proyecto, y a su vez una descripción de los materiales que se emplean. En la segunda parte del proyecto se estudió el producto a comercializar, en este caso el oxígeno medicinal, también se realiza el estudio de mercado y el estudio técnico, profundizando en cada uno todos los aspectos del negocio, entre estos se analiza: la demanda, los clientes, los competidores, el proceso productivo, la tecnología, etc. En la tercera parte, se presenta el análisis financiero correspondiente, para determinar la viabilidad del proyecto de creación de la empresa. Por último, se plasman los indicadores de rentabilidad, demostrando su factibilidad. Por otro lado, se analiza conveniencia de recurrir a capital ajeno para financiar parte de la inversión, ya que los inversores cuentan tan solo con un porcentaje del necesario. (Arandia Cassal, 2015)

### 1.1.2. Antecedentes a nivel nacional

Albujar Díaz, realizó un estudio dentro del Hospital Regional Docente de Las Mercedes que tuvo como objetivos el fin de mejorar la distribución del oxígeno medicinal ampliando la planta de generación de oxígeno. El oxígeno medicinal es descrito a detalle en el documento; sus características, propiedades, aplicaciones, toxicidad por mal uso de él, comportamiento dentro del contenedor de transporte y más; además de la forma de ser obtenido del medio ambiente para satisfacer el fin de su utilización y los elementos que participan en este proceso de generación y distribución. Considerando las normas vigentes para determinar una buena instalación y distribución del oxígeno medicinal y por ello se evaluaron los planos arquitectónicos y se observó el estado actual de la planta de generación para descubrir el porqué de las fallas mecánicas. El tendido de tuberías de inicio a fin en cada área denotó que se podría implementar un mejor diseño para la repartición de oxígeno que corregiría las faltas presentes en las salidas o tomas de cada área. Del mismo modo, para la selección correcta de diámetros en las tuberías se consideró las ecuaciones de Darcy - Weisbach las cuales arrojaron un valor de caída de presión y velocidad máxima de punto a punto. Los datos obtenidos de este cálculo se evidenciarán dentro de los planos isométricos que se encuentran en los anexos finales. Finalmente, se ejecutó un cálculo meticuloso sobre la capacidad de la planta proveedora, tuberías, accesorios y tendido de líneas, para buscar los mejores costos en el mercado y, aterrizar la propuesta de cambio que dejaremos a evaluación de las autoridades pertinentes. (Albujar Díaz, 2019)

Arevalo Valencia & Ramirez Sane, efectuaron un estudio cuyo objetivo fue de determinar si es que la disposición de la planta de producción de oxígeno, gases industriales y medicinales Messer Gases del Perú S.A sede Callao es adecuada. Para ello se realizó un análisis a la actual disposición de planta con la finalidad de determinar la adecuación para garantizar la demanda existente y para la proyectada, el cual dio como resultado que es inapropiada, lo que ocasiona diversos problemas en la empresa. Los problemas que se encontraron por la inadecuada disposición de planta son: el desorden en las áreas de envasado, el mal almacenamiento de los envases y el límite en la producción ya que no se

puede producir más de lo que se puede almacenar, esto impide que el área de ventas ofrezca más producto. Para solucionar estos problemas se han propuesto tres alternativas de mejora las cuales son el resultado del análisis que se realizó con la ayuda de las herramientas de ingeniería. Entre estas tres se eligió la que se adaptaba más tanto al día a día de la empresa como a su futuro crecimiento. Se logró incrementar el espacio de envasado en un 35%, este espacio extra permite que los cilindros estén mejor ordenados evitando bloqueos a las vías de tránsito obteniendo una producción más eficiente. (Arevalo Valencia & Ramirez Sane, 2018)

Riojas Rodriguez, con la investigación Ampliación de la planta generadora de oxígeno del Hospital Regional Docente Las Mercedes en cuyo resumen expone en la actualidad están permitidos dos métodos de obtención de oxígeno en los hospitales del Perú, primero el oxígeno criogénico, el cual luego de producido es almacenado en grandes tanques isotérmicos y de alta presión y trasladado en vehículos tanques especiales a los tanques de almacenamiento también isotérmicos y alta presión que existen en los hospitales, luego por medio de una red de distribución hecha de tubos de cobre, es distribuida a todos los servicios del Hospital, a todas las camas en donde se suministran al paciente, previa regulación de presión y volumen, la composición de este oxígeno llega hasta el 99 % de pureza, libre de humedad, aceites y otros gases. Segundo el oxígeno comprimido en Plantas compresoras in situ, ubicadas en el área de servicio y mantenimiento de los mismos hospitales, por medio de compresores de doble o simple tornillo, libre de aceite y con los respectivos procesos de filtrado, en donde luego el oxígeno contenido en el aire es separado del Nitrógeno y otros gases, por filtros de resina zeolíticas, aprovechando que el oxígeno tiene un menor diámetro molecular que el Nitrógeno, este proceso tiene dos vertientes, el proceso PSA (A Presión) y el proceso VSA (A Volumen), para luego ser almacenado y distribuido a los diversos servicios por medio de las tuberías de cobre y las tomas reguladores que existen a cada lado de las camas hospitalarias, también existe el abastecimiento a un Manifold para llenar cilindros de oxígeno a presión de una capacidad de 10 mt<sup>3</sup>. (Riojas Rodriguez, 2020)

### 1.1.3. Antecedentes a nivel local

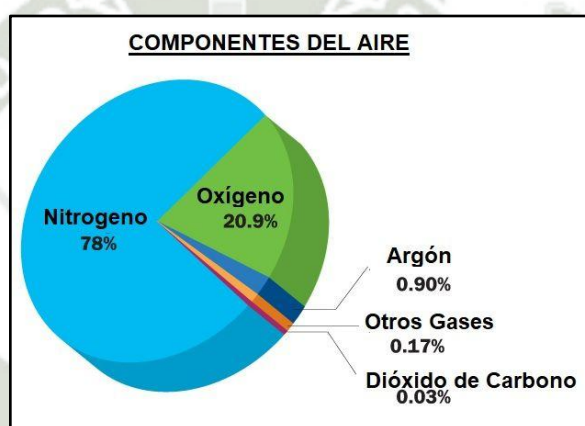
Bilbao Arce & Cardenas Ccasa, en su estudio plantean la instalación de una Planta PSA de generación de oxígeno medicinal para el Hospital Regional Honorio Delgado, el cual describe, en su inicio, el diseño de una red de tuberías, que llegarán a cada paciente de las 15 áreas más críticas del hospital, ya que en la actualidad el suministro de oxígeno se hace por medio de cilindros a alta presión y mediante una pequeña red de tuberías de distribución de oxígeno generado criogénicamente. El sistema actual no permite cubrir la demanda de los servicios médicos que fueron incrementándose en los últimos años. El proyecto describe un horizonte de 10 años, se consiguió proveedores de marcas conocidas, para que el mantenimiento de los equipos sea rentable tanto en mano de obra como en repuestos. Actualmente el Hospital paga un costo de S/ 5.75 m<sup>3</sup> de oxígeno medicinal a sus proveedores. Con el suministro de la Planta PSA el precio puede regirse en dos formas; en el escenario 1 el promedio por metro cubico de oxígeno será de S/4.70 en los dos primeros años disminuyendo a S/ 1.52 en los siguientes 8 años, y en el escenario 2 el costo por metro cubico de oxígeno es también de S/4.70 pero se mantiene por 6 años, disminuyendo a S/ 1.58 en los siguientes 4 años. El análisis económico realizado muestra que el proyecto tiene un presupuesto total de \$ 1'413 508.5, el cual es sostenible y rentable económica y socialmente, obteniendo una Tasa Interna de Rendimiento del 23% en el escenario más adverso, con un Periodo de Recuperación de la Inversión de 6 años. El cuarto de máquinas cuyo diseño estructural es desmontable y ligero traduciéndose en un ahorro económico debido a los materiales seleccionados, los cuales permitirán no solo la protección de la planta PSA sino también la disminución de la contaminación sonora que es relativamente alta, obteniéndose un nivel de presión sonora conforme a los “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido”. Los que otorgan como resultado una viabilidad en el proyecto. (Bilbao Arce & Cardenas Ccasa, 2016)

## 1.2. Bases teóricas

### 1.2.1. El oxígeno

Según Confield el aire que respiramos tiene un 21% de oxígeno, una cantidad mayor que en cualquier otro mundo conocido. Aunque podemos dar por sentado nuestro aire, la tierra no fue siempre un planeta oxigenado. Donald Confield una de las principales autoridades en geoquímica, historia de la Tierra y los océanos primitivos, nos menciona que la oxigenación creó un entorno favorable para la evolución de los animales y seres vivos de la tierra. (Confield, 2015)

**Ilustración 1**  
**Composición del aire**



**Fuente: Areaciencias, (2020)**

A sus ves el Servicio de Información y Noticias Científicas SINC el oxígeno como primero de nuestra serie de los doce elementos esenciales para la vida. Es el elemento más abundante del cuerpo humano (supone el 65% de su masa), permite respirar y ayuda a realizar muchas funciones. Respiramos oxígeno casi cada segundo de cada día. Los pulmones trabajan para capturar el oxígeno que necesitamos para sobrevivir. Inspiran y expiran sin descanso para extraer del aire el gas que alimenta a nuestras células. Cuando respiramos, este elemento se va a nuestros pulmones y ahí es absorbido por el torrente sanguíneo para ser transportado a todos los órganos del cuerpo. Esto es posible gracias a la hemoglobina en la sangre, que lo absorbe y se lo lleva a las células que lo necesitan para romper los enlaces de los carbohidratos y producir ATP fuentes principal de energía para el organismo a nivel celular. El oxígeno tiene una

función primordial en la vida celular, ya que los nutrientes de los alimentos no pueden proporcionar ‘combustible’ hasta que se combinan con él en las células del cuerpo. Y sin energía, las células se detendrían y morirían. En definitiva, sin oxígeno ninguna función de nuestro organismo podría realizarse: cada uno de los miles de millones de células consume oxígeno sin descanso para realizar sus actividades. (Servicio de Información y Noticias Científicas SINC, 2021)

### 1.2.2. El oxígeno medicinal

Según Scott Se denomina oxígeno medicinal aquella mezcla de gases que tiene un porcentaje de oxígeno igual o superior a 93% el cual es ampliamente recetado a pacientes ventilados mecánicamente en unidades de cuidados intensivos. El estándar conocido como *Oxygen 93 percent*, contiene no menos de 90% ni más de 96% de oxígeno, y el resto de nitrógeno y argón y además no contiene más de 0.03% de CO<sub>2</sub> ni más de 0.001% de CO. Esta mezcla se puede obtener típicamente en plantas de oxígeno con capacidades que varían desde la pequeña (pocos litros por minuto) a la gran escala (120 toneladas por día) y que operan con sistemas de tamices moleculares de tecnología PSA (adsorción con cambio de presión, por sus siglas en inglés). En ellos se somete el aire del medio ambiente a etapas de filtración y compresión antes de pasarlo a través de un lecho de zeolita 5A, material que, dependiendo de la presión y temperatura, retiene más nitrógeno que oxígeno, resultando así un aire con mayor proporción de oxígeno. (Scott, 2020)

### 1.2.3. Métodos de obtención del oxígeno medicinal

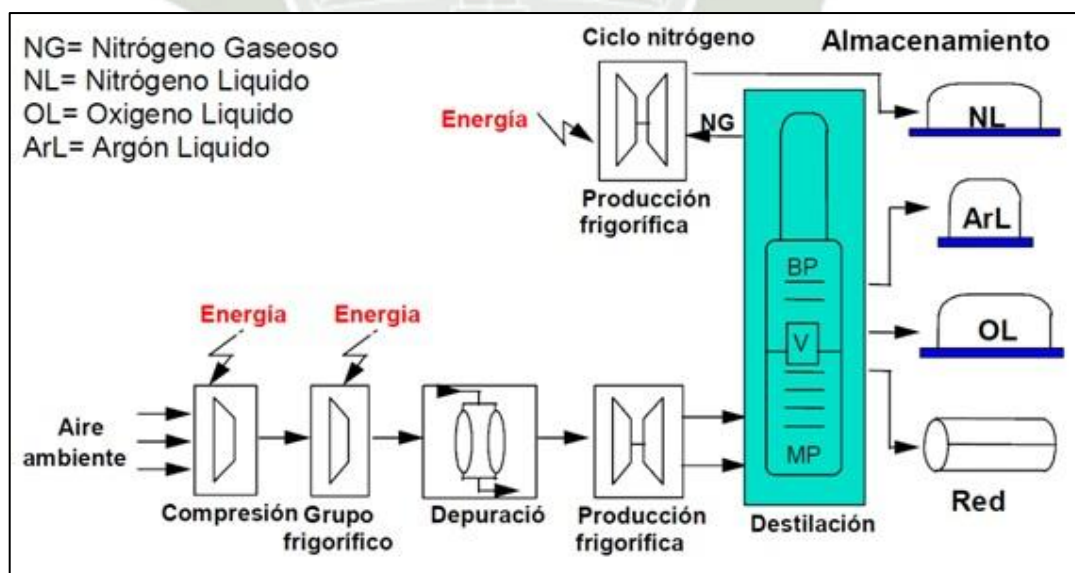
Explica Magaña & Alemán, dado que el aire esta casi en su totalidad constituido por el oxígeno y nitrógeno son producidos por medio de técnicas de separación, que conllevan la separación del aire en sus constituyentes Oxígeno y Nitrógeno. Los gases nobles como argón, criptón y xenón son normalmente obtenidos como subproductos del proceso de separación. La realización del proceso de separación del aire es hecha a través de la implementación de tecnologías específicas para separar esos elementos del aire y el de interés precisamente es el oxígeno. (Magaña & Alemán, 2020)

#### 1.2.4. Obtención del oxígeno medicinal a través de la destilación criogénica

El aire es una mezcla de gases formada mayoritariamente por nitrógeno y oxígeno. También contiene pequeñas cantidades de argón, trazas de otros gases (CO<sub>2</sub>, Ne, He) y una cantidad variable de vapor de agua, que depende de la humedad relativa que contenga el mismo. Debido a la diferencia de puntos de ebullición existentes entre los componentes mayoritarios del aire Oxígeno (-183°C), N<sub>2</sub>(-196°C), Ar (-183°C) y la no presencia de formación de puntos azeotrópicos, estos componentes pueden ser separados por destilación fraccionada así explica. Aunque hoy día se emplean distintas tecnologías para separar el aire en sus componentes, las grandes plantas comerciales siguen utilizando el proceso tradicional de fraccionamiento por destilación criogénica. La separación industrial del aire a escala industrial utiliza el sistema de doble columna Linde, que consiste en dos columnas en una, cada una trabajando a diferentes presiones. Estas dos columnas se encuentran conectadas a través de un condensador-rehervidor: el rehervidor de la columna superior actúa como condensador de la columna inferior. (Naranjo Orellana, 2019)

#### Ilustración 2

#### Obtención oxígeno de basada en una destilación criogénica

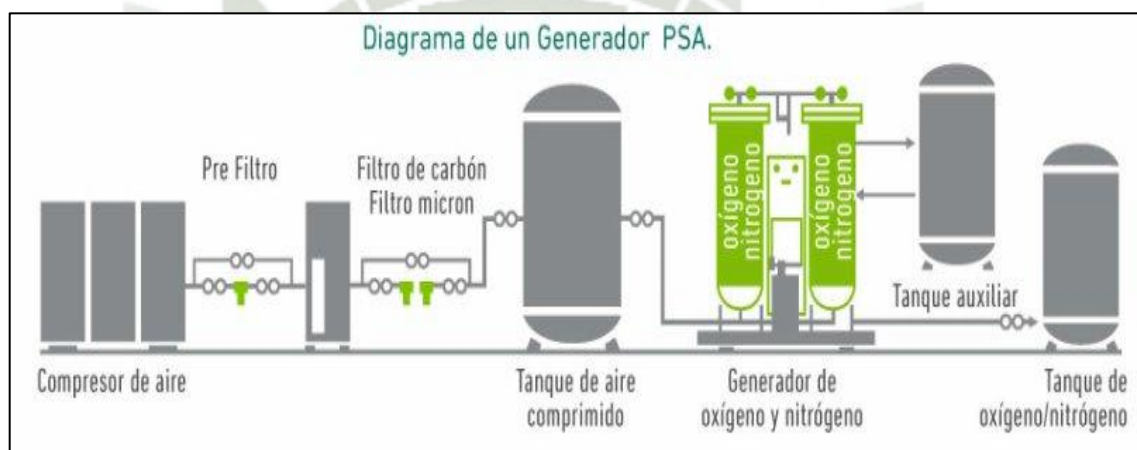


Fuente: Naranjo Orellana, (2019)

### 1.2.5. Obtención del oxígeno medicinal a través de proceso PSA

El proceso PSA es, entonces, una tecnología usada para separar determinados gases de una mezcla de ellos, bajo una presión acorde a los constituyentes, características moleculares y afinidad hacia el material adsorbedor. El sistema opera a temperaturas cercanas a la ambiental lo que lo distingue de las técnicas criogénicas de separación de gases. Son usados materiales adsorbedores especiales (zeolitas) como tamices moleculares, adsorbiendo el gas objetivo preferentemente a alta presión. (Magaña & Alemán, 2020)

**Ilustración 3**  
**Diagrama de un proceso PSA**

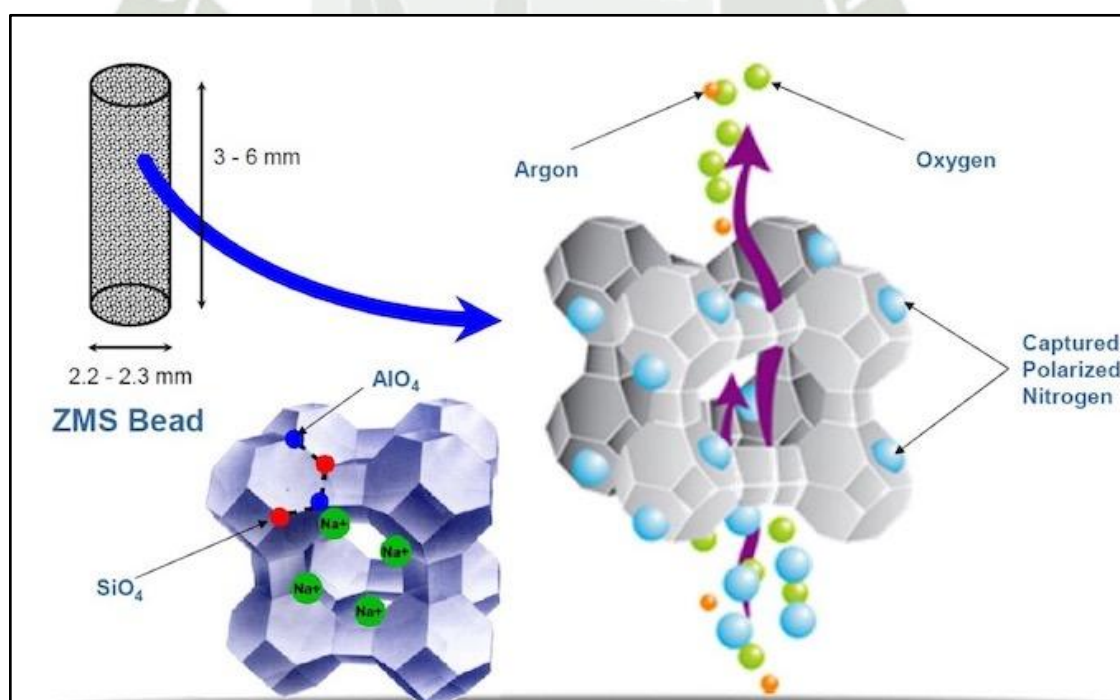


**Fuente: Magaña & Alemán, (2020)**

El proceso oscila entonces a baja presión para desorber el material adsorbedor. Los procesos de adsorción por oscilación de presión se basan en el hecho de que, bajo alta presión, los gases tienden a ser atraídos a las superficies sólidas, o "adsorbidos". Cuanto mayor sea la presión, más gas es adsorbido; cuando se reduce la presión, el gas se libera, o es desorbido. Los procesos PSA se pueden utilizar para separar gases en una mezcla, porque tienden a ser atraídos a diferentes superficies sólidas más o menos fuertemente. Si una mezcla de gases como el aire, se pasa a presión a través de un recipiente que contiene un lecho adsorbedor de zeolita que atrae nitrógeno con más fuerza que al oxígeno, parte o todo el nitrógeno se quedarán en el lecho, y el gas que llega fuera del recipiente será enriquecido en oxígeno. Cuando el lecho alcanza el extremo de su capacidad para adsorber nitrógeno, se puede regenerar mediante la reducción de la presión,

liberando de este modo el nitrógeno adsorbido. Está entonces listo para otro ciclo de producción de aire enriquecido con oxígeno. Este es exactamente el proceso que se utiliza en los concentradores de oxígeno portátiles utilizados por los pacientes con distensión pulmonar y otros que requieren de aire enriquecido con oxígeno para respirar, pero obviamente en una escala mucho mayor. El uso de dos recipientes adsorbedores permite una producción casi continua del gas objetivo. También permite la llamada compensación de la presión, donde se utiliza el gas que abandona el recipiente que se despresuriza para presurizar parcialmente el segundo recipiente. Esto se traduce en un importante ahorro energético, y es común en la práctica industrial. Aparte de su capacidad para discriminar entre diferentes gases, los adsorbedores para sistemas PSA son generalmente materiales muy porosos escogidos debido a sus grandes superficies. Son adsorbedores típicos son el carbón activado, gel de sílice, alúmina y zeolita. (Magaña & Alemán, 2020)

**Ilustración 4**  
**Proceso de adsorción**



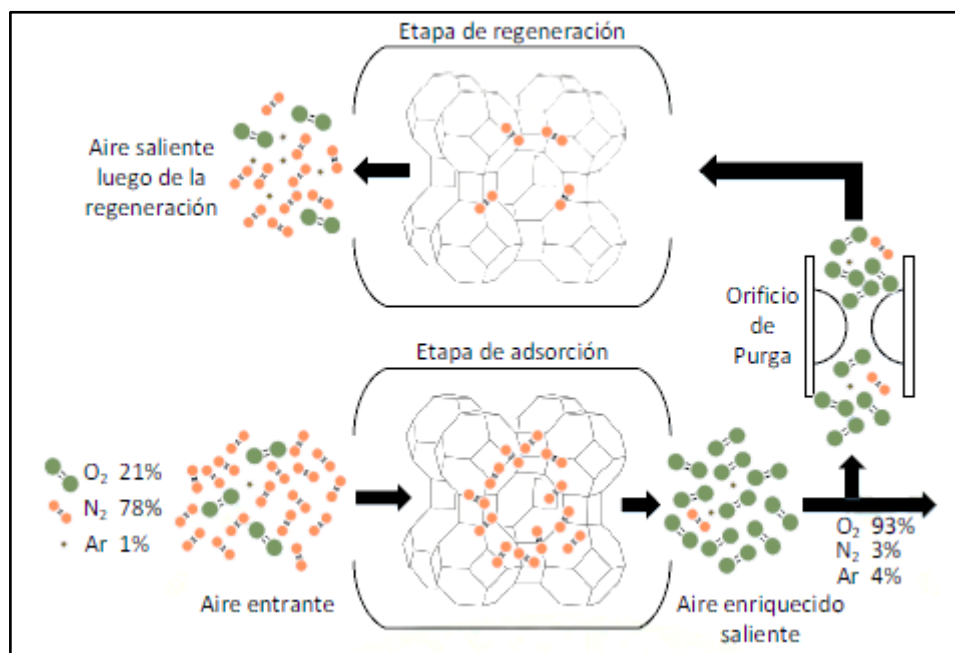
Fuente: Magaña & Alemán, (2020)

Aunque el gas adsorbido sobre estas superficies puede consistir en una capa de sólo una o como máximo unas pocas moléculas de espesor, las áreas superficiales de varios cientos de metros cuadrados por gramo permiten la adsorción de una porción significativa en peso del adsorbente en gas. Además de su selectividad para diferentes gases, las zeolitas y algunos tipos de carbón activado llamados tamices moleculares de carbono pueden utilizar sus características de tamiz molecular para excluir algunas moléculas de gas a partir de su estructura basada en el tamaño de las moléculas, restringiendo de ese modo la capacidad de las moléculas más grandes para ser adsorbidas. (Magaña & Alemán, 2020)

#### 1.2.6. Descripción del proceso PSA

En la separación de aire utilizando adsorción por oscilación de presión, se hace pasar aire a través de una columna rellena con un lecho de gránulos o en polvo que se caracterizan por su alta superficie por unidad de peso de material del lecho. Si este material en el lecho es alguna forma de zeolita [un aluminio-silicato de NdCa (neodimio-calcio)], el nitrógeno de la corriente de aire de entrada se adsorbe sobre la superficie de la zeolita y el gas de salida se mantendrá casi libre de nitrógeno hasta que todos los sitios de recolección disponibles en las superficies de zeolita sean ocupados por las moléculas de nitrógeno. El gas de salida será típicamente 93% de oxígeno puro, pero volverá a 21% cuando la zeolita se sature con nitrógeno. En la práctica, el flujo de entrada se direcciona a un lecho de zeolita idéntico pero separado antes de que ocurra esta saturación. El segundo lecho entonces proveerá el flujo enriquecido con oxígeno hasta que el primer lecho pueda ser purgado del nitrógeno con un flujo inverso y ser reutilizado en el proceso de separación de aire. Así, el proceso de separación de aire "oscila" de ida y vuelta entre los dos lechos. (Magaña & Alemán, 2020)

### Ilustración 5 Tamiz molecular

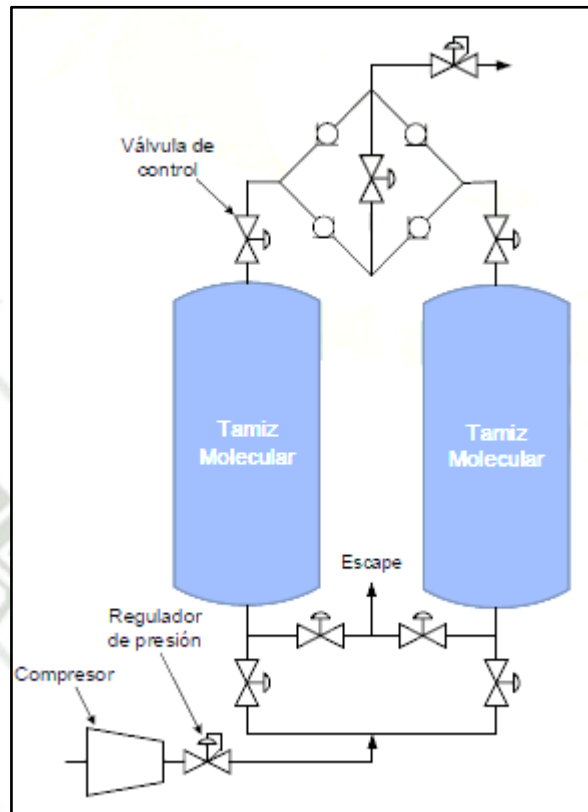


**Fuente: Bilbao Arce & Cardenas Ccasa, (2016)**

“Los lechos para los sistemas PSA se refieren típicamente a tamices moleculares por analogía a la malla de tamizado que se usa para separar partículas de acuerdo con su tamaño” (Bilbao Arce & Cardenas Ccasa, 2016).

### Ilustración 6

#### Unidad del sistema de flujo PSA.



**Fuente: Bilbao Arce & Cardenas Ccasa, (2016)**

Cuando la unidad está en funcionamiento, en uno de los pasos, se presuriza la columna de la izquierda. Esto se logra mediante la apertura de la válvula de solenoide en la parte inferior de la columna de la izquierda, conectando, de esta manera, el compresor con la columna y el cierre de la válvula de solenoide en la parte superior de esta columna. La válvula de solenoide en la parte inferior de la columna de la derecha está dirigida hacia el venteo y la válvula en la parte superior de esta columna debe cerrarse. Después que se presuriza la columna de la izquierda, la producción se iniciará. Para ello, se abren las dos válvulas de solenoide en la parte superior de cada columna. Algunos de los productos enriquecidos irán al interior de la columna de la derecha para purgarla. Cuando este paso termina, la columna de la izquierda se despresuriza; la válvula de solenoide en la parte superior de esta columna se cierra y la válvula de solenoide en la parte inferior se dirige hacia el venteo. Dado que las columnas operan alternativamente, es decir, cuando una columna está produciendo, la otra está

siendo purgada y cuando se presuriza una columna la otra está siendo despresurizada, las válvulas de solenoide de la columna de la derecha se cambiarán para permitir la presurización. Este ciclo es conocido como ciclo de Skarstrom. En lugar de perder toda la energía almacenada en forma de presión en la columna que se despresuriza, una parte del gas que se encuentra dentro de esta columna puede ser dirigida hacia la otra columna que se presuriza. De esta manera será necesaria una menor cantidad de aire para terminar su presurización. Este paso se denomina compensación. Se pueden emplear otros modos de compensación, como compensación bajo-bajo, donde la corriente de compensación pasa desde la parte inferior de una columna a la parte inferior de la otra o la compensación cruzada, donde la corriente de compensación pasa de la parte superior de una columna a la parte inferior de la otra. Entonces, la separación de aire en el sistema PSA comienza cuando el aire de la atmósfera es filtrado y comprimido a una presión manométrica típica de 8.62 bar (125 psi). El aire comprimido y tratado es dirigido a uno de los dos recipientes de adsorción a través de una serie de válvulas. En el recipiente, el nitrógeno se adsorbe selectivamente, mientras que el oxígeno y el argón pasan a través del sistema hacia el receptor de oxígeno. El agua es retirada mediante un separador. Cuando el adsorbente empieza a producir aire enriquecido con oxígeno, un sensor abre una válvula, la cual empieza a descargar el producto. Eventualmente el adsorbente se satura con nitrógeno, y ya no puede removerlo del aire, en este punto, el flujo de producto saliente se interrumpe. Se abre un flujo de purga en el recipiente de adsorción, y se despresuriza el tanque. A esta presión reducida, el nitrógeno abandona el recipiente de adsorción a través de un escape. En una unidad generadora de oxígeno PSA, los dos recipientes de adsorción trabajan juntos. Mientras que en uno el nitrógeno se está desorbiendo, en el otro el aire atmosférico, previamente tratado, está siendo alimentado. En todo un ciclo, se logra un flujo casi continuo de aire enriquecido con oxígeno. (Bilbao Arce & Cardenas Ccasa, 2016)

### Ilustración 7 Generador de Oxígeno



Fuente: Atlas Copco, (2020)

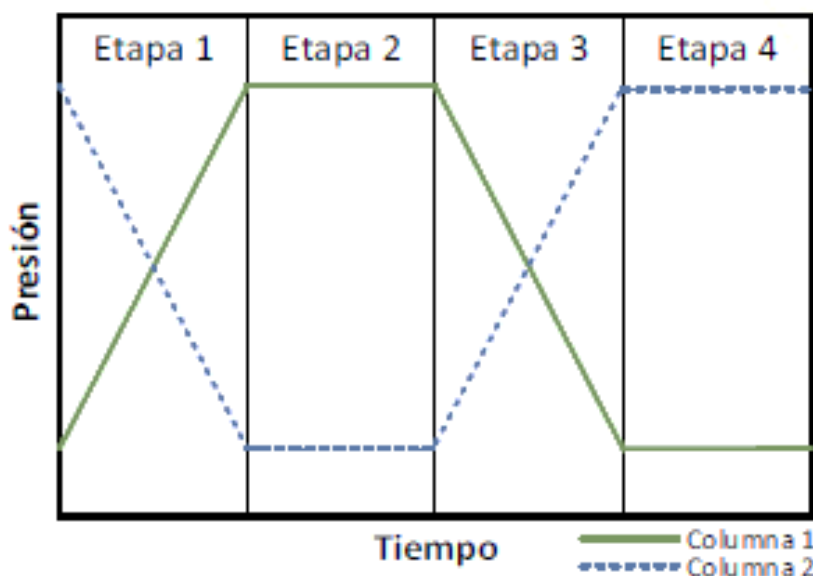
#### 1.2.7. El ciclo PSA

En las plantas PSA de oxígeno medicinal, la eficiencia energética muchas veces es sacrificada a favor de la robustez y estabilidad del proceso y la pureza del oxígeno. En plantas de oxígeno comerciales muy grandes, el proceso solo es rentable mientras se opere a la máxima eficiencia de separación de oxígeno. El control del ciclo PSA es crítico en la operación. Los lechos de zeolita para un proceso PSA se construyen siempre en pares, de modo que una porción del oxígeno producido a partir de un lecho se utiliza para regenerar el otro lecho. Claramente, la proporción de oxígeno utilizado para la regeneración del otro lecho en comparación con la disponible para la venta es crítica. Como ejemplo cabe resaltar que en plantas de gran tamaño cada lecho de zeolita se satura después de sólo veintidós segundos, que son los requiere la secuencia de presurización y de regeneración (despresurización y el lavado con oxígeno) que es precisamente controlada por ordenador. El ordenador central controla todos

los aspectos del funcionamiento de una planta PSA grande. Si hay un problema, el ordenador de la planta notificará a un operador. Además del mantenimiento de rutina, la planta no requiere la presencia de un operador. El ciclo normal y sin compensación (ciclo de Skarstrom) es en realidad un ciclo muy simple. El registro histórico de presión de una unidad que opera según este ciclo se representa la figura. (Riojas Rodríguez, 2020)

### Ilustración 8

#### Registro de presión en el ciclo Skartrom de una unidad.



Fuente: Riojas Rodríguez, (2020)

Este ciclo se puede dividir en cuatro etapas: Etapa 1, donde se producen la presurización de la columna 1 y despresurización de la columna 2; etapa 2, donde se producen la producción en la columna 1 y la purga de la columna 2; etapa 3, donde la columna 2 es presurizada y la columna 1 despresurizada y la etapa 4, donde la columna 2 produce y la columna 1 se purga. El ciclo estándar con compensación se puede dividir en seis etapas: las etapas 1, 2, 4 y 5 son las mismas que las etapas 1, 2, 3 y 4 en el ciclo sin compensación; las etapas 3 y 6 son cuando las dos columnas están conectadas y el gas fluye desde la columna a presión más alta a la que tiene menor presión (se compensan). Este ciclo se puede dividir en cuatro etapas: Etapa 1, donde se producen la presurización de la columna 1 y despresurización de la columna 2; etapa 2, donde se producen la

producción en la columna 1 y la purga de la columna 2; etapa 3, donde la columna 2 es presurizada y la columna 1 despresurizada y la etapa 4, donde la columna 2 produce y la columna 1 se purga. El ciclo estándar con compensación se puede dividir en seis etapas: las etapas 1, 2, 4 y 5 son las mismas que las etapas 1, 2, 3 y 4 en el ciclo sin compensación; las etapas 3 y 6 son cuando las dos columnas están conectadas y el gas fluye desde la columna a presión más alta a la que tiene menor presión (se compensan). (Riojas Rodriguez, 2020)

### 1.2.8. Eficiencia del ciclo PSA

La eficiencia del ciclo de la planta PSA se puede medir en términos del porcentaje de recuperación del oxígeno disponible en la alimentación con respecto al que se tiene en la salida del producto final. Esta medida se denomina simplemente "Recuperación del producto". La recuperación del producto depende de las características de funcionamiento de la planta PSA y del tipo de tamiz molecular utilizado. La recuperación del producto, en algunos casos se refiere al rendimiento. La eficiencia del ciclo de la planta PSA puede ser más práctica y mecánicamente medida por el poder específico de la planta, un término usado para indicar los requerimientos de energía de la planta en términos de kilovatios-hora por metro cúbico normal de oxígeno contenido (es decir kWh/Nm<sup>3</sup> de oxígeno). Esta medida se obtiene mediante la medición de la tasa de flujo volumétrico de salida de la planta y el ajuste de esta figura a las condiciones normales (a una presión de 101,3 kPaA y a una temperatura de 0°C) mediante el uso de ley de los gases de J. Charles. (Bilbao, 2022)

$$\frac{P_o V_o}{T_o} = \frac{P_f V_f}{T_f}$$

Donde:

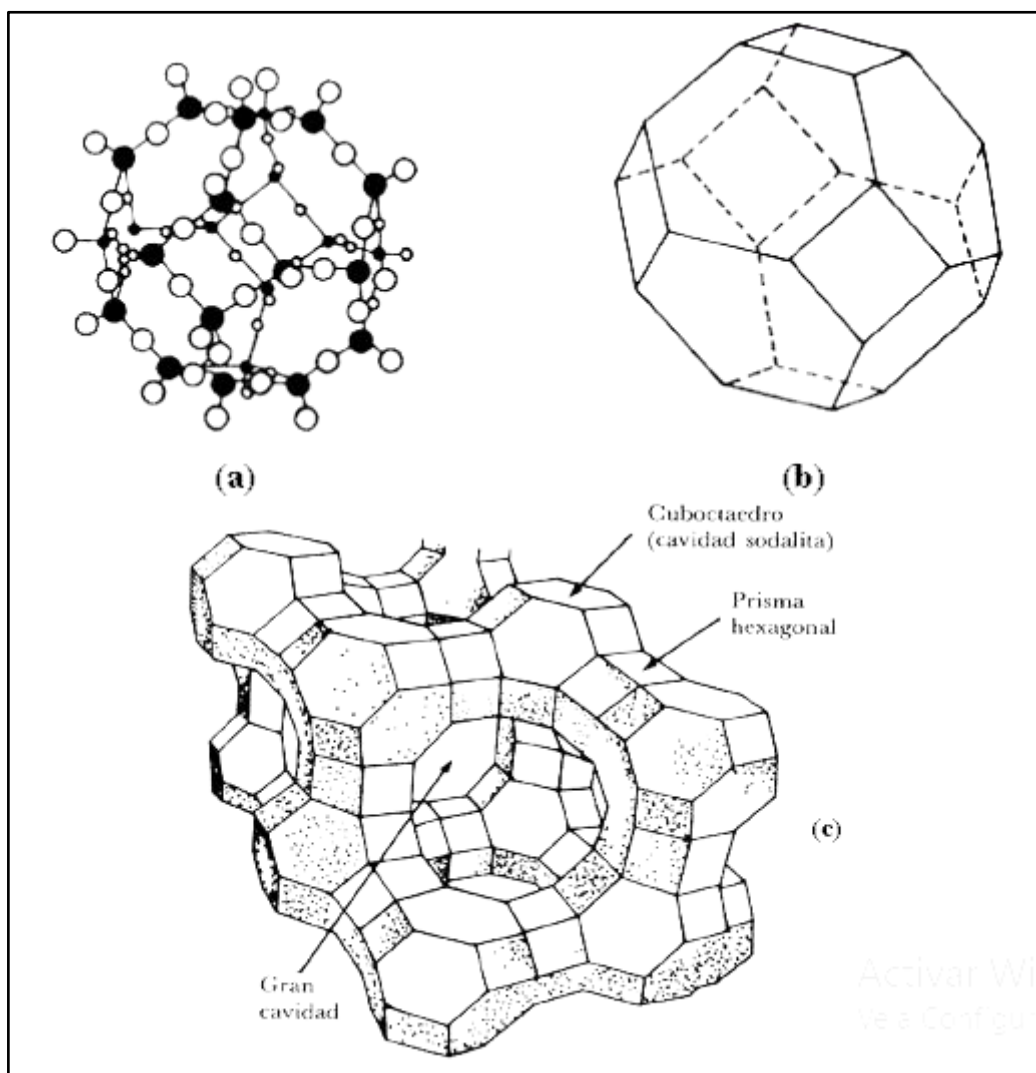
- *P. presión*
- *V. volumen*
- *T. temperatura*

Esta medida se corrige a una tasa de flujo de oxígeno contenido, dividiéndolo entre la pureza del producto. La lectura del medidor kilovatiohora se mide sólo para el equipo de la línea principal y esto se registra en los terminales de entrada del motor, que no incorpora las pérdidas del cable y la distribución a través de la transmisión eléctrica. (Bilbao, 2022)

### 1.2.9. Tamizes de Zeolita

Los científicos han sabido desde hace muchos años las propiedades especiales de las zeolitas naturales. Sin embargo, éstas no eran lo suficientemente selectivas para la separación de oxígeno y no fue hasta la década de 1950 en que los científicos de la Unión Carbide en los EE. UU. desarrollaron zeolitas sintéticas. La tecnología PSA experimentó entonces un rápido crecimiento durante la década de 1980 con más de quinientas patentes que se emitieron entre 1985 y 1990. Las zeolitas son minerales de aluminio-silicato con estructuras cristalinas complejas formadas por anillos entrelazados de iones de silicio, aluminio y oxígeno. La composición química de la zeolita utilizada para la separación de oxígeno es  $\text{Na}_{12}[(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12}] \cdot 0.27\text{H}_2\text{O}$ , es la forma de la zeolita que proporciona la mayor parte de la capacidad de adsorber selectivamente nitrógeno. La zeolita usada para la producción de oxígeno tiene la forma de una boquilla con agujeros perforados en cada cara para formar una jaula interna. Las esquinas de la matriz (que proporciona el marco) son unidades de  $\text{SiO}_2$  y  $\text{AlO}_2$ . Los cationes (ya sea de Na o Ca) están expuestos a lo largo de la red cristalina. (Curi, Adilson, et al, 2006)

### Ilustración 9 Estructura de la Zeolita.



Fuente: Clean Air Technology Center CATC, (2020)

La zeolita es muy eficiente por dos razones:

#### 1.2.9.1. Adsorción física

Cuando el nitrógeno está en estrecha proximidad a los cationes expuestos del cristal de zeolita, se forma un dipolo de carga inducida y el nitrógeno es atraído hacia el cristal de zeolita. El nitrógeno es más polarizable que el oxígeno y la zeolita adsorbe selectivamente nitrógeno permitiendo que el oxígeno pase sin restricciones. El área de superficie interna de la zeolita es

extremadamente grande y así proporciona un alto grado de adsorción por volumen de zeolita. (Clean Air Technology Center CATC, 2020)

### 1.2.9.2. Impedimento estérico

La jaula interna en la estructura de la zeolita ha sido cuidadosamente diseñada para permitir que sólo nitrógeno pueda pasar a su interior y excluir las moléculas de oxígeno más grandes. Es decir, los agujeros en el lado de los lados de zeolita son lo suficientemente grandes para permitir la entrada de nitrógeno, pero lo suficientemente pequeños para excluir el oxígeno. También excluyen argón que constituye aproximadamente el uno por ciento del aire de entrada. El argón comprende cinco por ciento del volumen de gas producido por una planta de PSA de oxígeno. La uniformidad de los microporos ha sido la principal ventaja de las zeolitas producidas sintéticamente. (Clean Air Technology Center CATC, 2020)

### 1.2.10. Ventajas del proceso PSA

- ❖ La generación de oxígeno con sistemas de adsorción es, en líneas generales, un proceso más eficiente que la obtención de oxígeno a partir de sistemas criogénicos. Las plantas criogénicas gastan gran cantidad de energía eléctrica para comprimir aire a muy alta presión y, además, incluyen otro gasto energético y económico, como es el transporte desde el productor al consumidor.
- ❖ Las plantas no necesitan personal especializado para su manejo ya que son automatizadas. Las exigencias de mantenimiento también son mínimas, reduciéndose a las específicas del compresor (cambios de aceite y filtros de aire) y, a muy largo plazo, la sustitución de la carga de zeolita.
- ❖ Los sistemas de adsorción representan ahorros importantes en el coste por m<sup>3</sup> de oxígeno consumido por el usuario. Los ahorros económicos conseguidos se calculan en función de la diferencia entre el coste del kWh de energía eléctrica consumida en sitio por la planta de adsorción (más los costes de operación y mantenimiento) y el coste de m<sup>3</sup> suministrado por el sistema convencional. Lo usual es que la amortización de la inversión se

estime entre 3 y 6 años. Las unidades PSA tienen una mayor disponibilidad y se pueden comprar y entregar rápidamente.

- ❖ Los generadores de oxígeno requieren sólo de 5 minutos para el arranque y no hay necesidad de que siga funcionando cuando no hay consumo del gas. Esto contradice al sistema criogénico dónde la unidad debe estar funcionando para mantener la pureza del oxígeno, haya o no consumo de éste.
- ❖ Se disponen de muchas opciones de tarimas para la planta en el diseño del sistema en una construcción modular. Esto permite su fácil transporte e instalación. (Díaz et all, 2014)

#### **1.2.11. Desventajas**

- ❖ Las unidades PSA son muy ruidosas incluso cuando se compara con otros procesos, de ello la necesidad de instalar silenciadores.
- ❖ Se llega a un punto en que, si la tasa de flujo se incrementa demasiado, resulta significativamente más barato adquirir el gas de una fuente criogénica.
- ❖ En reacciones consecutivas exotérmicas el calor de reacción puede ser utilizado para acelerar la regeneración del adsorbedor, la desventaja es que la capacidad adsorbedora sufre con cualquier aumento de la temperatura en el lecho.
- ❖ Escalabilidad limitada, es decir, el rango de producción de oxígeno está limitado a la capacidad adsorbedora del tamiz molecular. (Díaz et all, 2014)

#### **1.2.12. Consideraciones para la instalación de una planta PSA**

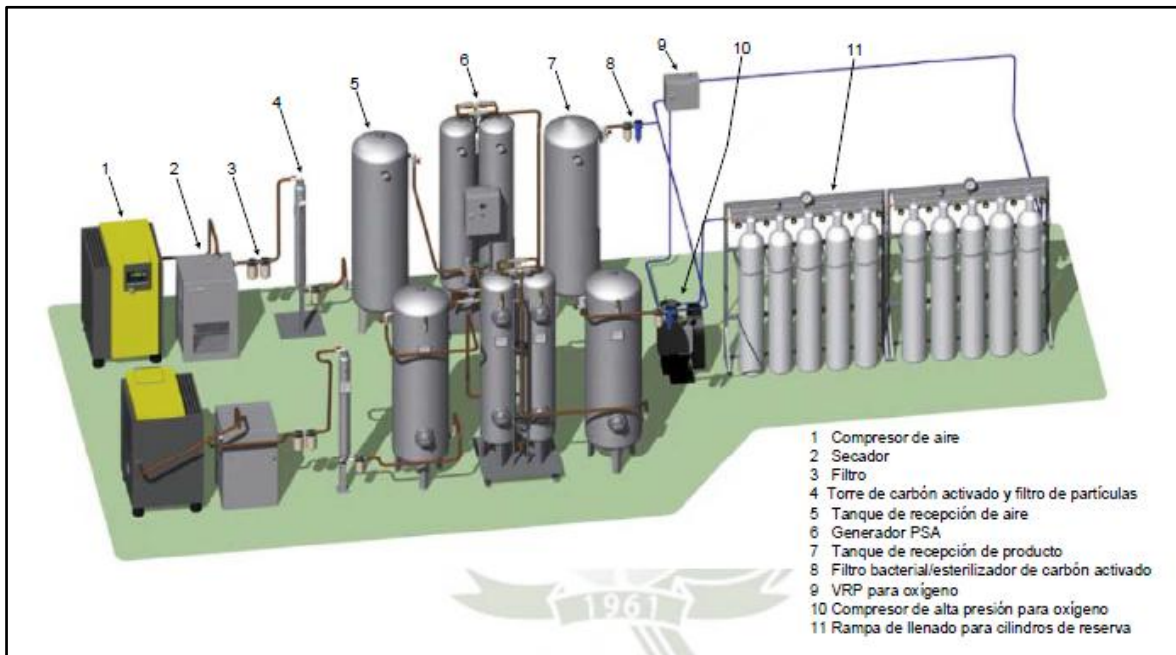
Los componentes principales de un Sistema PSA y su disposición, son mostrados en el diagrama de bloques de la figura II.10. Los componentes típicos de este sistema son el sistema primario de suministro de aire de ingreso, compresores, receptor(es), post-enfriadores, tamices moleculares, filtros, reguladores y válvulas. El esquema detallado se puede encontrar en la sección de planos del proyecto (Plano 18). Otros componentes son idénticos a los usados para plantas de aire medicinal y vacío, tales como válvulas de seguridad y trampas de drenaje automático en los post-enfriadores. Estos sistemas de suministro vienen en

paquete de acuerdo con los requerimientos del cliente (el hospital), y deben especificarse para cumplir con las exigencias de demanda y con las normas y estándares aplicables. El sistema de suministro deberá ser instalado en conformidad con las instrucciones del fabricante, en una habitación con una base apropiada, bien ventilada, resistente al fuego y de uso exclusivo para este fin. Es posible, dependiendo de las condiciones locales, que algunos componentes (como cilindros) instalados a cielo abierto deban estar protegidos de los efectos del clima y en un área cercada. Las unidades concentradoras de oxígeno pueden generar ruidos que exceden los 70 dB, en tal caso se preferirá una ubicación que no perturbe la instalación hospitalaria ni contamine acústicamente áreas con restricción de ruidos. La temperatura ambiental de la habitación para el concentrador de oxígeno deberá estar en el rango de 10°C a 40°C. La planta deberá contar con acceso en todo su entorno, para propósitos de mantenimiento y permitir el reemplazo de componentes mayores. Deberá permitir el fácil acceso de los equipos de operación y de las personas. Deberá estar alejada de fuentes de contaminación como cocinas, parques de estacionamiento entre otros. El lugar seleccionado debe estar alejado de instalaciones de energía eléctrica (torres, cables, redes, etc.) y de recipientes que contengan líquidos y/o gases inflamables. El piso y cubierta deben ser de material incombustible. La cubierta debe proteger al sistema de suministro de los efectos de la intemperie. La ubicación de la planta debe permitir flujos adecuados de aire para tres propósitos diferentes:

- ✓ Admisión de aire para los compresores.
- ✓ Enfriamiento del aire comprimido por los post-enfriadores.
- ✓ Enfriamiento de los compresores.

Cada compresor puede requerir de ductos para asegurar un flujo adecuado de aire frío. Se debe consultar al fabricante acerca del rango de las temperaturas operativas para las cuales el sistema está diseñado. En circunstancias extremas sería necesaria la implementación de un circuito de refrigeración. Si bien aún no se establecen distancias de seguridad de exposición para recipientes presurizados en una planta PSA, se pueden usar como referencia las establecidas para el oxígeno criogénico. (Bilbao Arce & Cardenas Ccasa, 2016)

**Ilustración 10**  
**Planta PSA dual.**



**Fuente: Bilbao Arce & Cardenas Ccasa, (2016)**

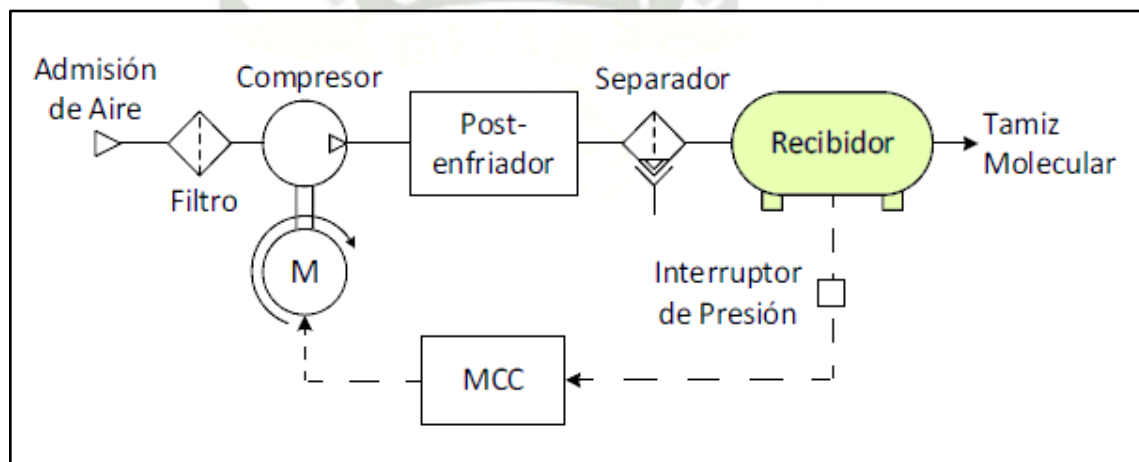
### 1.2.13. Tratamiento del aire de suministro

El aire comprimido para propósitos medicinales debe ser tratado para remover vapores de aceite, agua y otros contaminantes, la calidad del aire puede tener un efecto significativo en la fiabilidad y el costo de mantenimiento del sistema. El tratamiento del aire es una operación costosa y los errores en esta área son muy comunes. Los separadores de aceite/agua, secadores y filtros, todos ellos utilizan directamente energía o crean restricciones de flujo que incrementan la energía necesaria para el suministro de aire comprimido. La mayoría de estos dispositivos son olvidados después de ser instalados, y un mantenimiento inadecuado puede originar un excesivo uso de energía. Los contaminantes pueden entrar al sistema de compresión de aire desde tres fuentes: la atmósfera, el compresor y el sistema de tuberías de distribución. Cada fuente potencial debe ser tomada en cuenta al momento de especificar el tipo y ubicación del equipo de tratamiento del aire. Un equipo de filtrado puede incluir prefiltros, filtros coalescentes, filtros desecantes, filtros de carbón, filtros de partículas y otros equipos adicionales de filtrado, necesarios para asegurar la calidad del producto.

Los tipos principales de contaminantes a los que la instalación es susceptible son contaminantes sólidos, agua y aceite. Cualquier condensado producido a partir de un sistema de compresor lubricado por aceite/secador debe ser considerado como efluente comercial y por lo tanto no es adecuado para la descarga en cualquier sistema de aguas superficiales de drenaje, esto puede no aplicarse si se ha instalado un separador adecuado. Los límites máximos de contenido de aceite varían de una región a otra, de 0.025 mg/m<sup>3</sup> hasta 0.5 mg/m<sup>3</sup> (0.1 mg/m<sup>3</sup> en el caso de Perú); la empresa local de agua debe ser consultada. (Atlas Copco, 2021)

### Ilustración 11

#### Componentes de un sistema de tratamiento de aire.



Fuente: Bilbao Arce & Cardenas Ccasa, (2016)

#### 1.2.14. Centro de control de planta

La unidad de control de la planta debe proveer una fuente de alimentación independiente para cada compresor y bomba de vacío, controlada por un subcircuito separado. El diseño debe ser tal que ninguna falla de un componente individual en la unidad de control se traducirá en la pérdida de la producción de la planta. La unidad debe permitir, ya sea la selección manual de servicio/espera para cada uno de los compresores o tener una selección de secuencia automática con un accionamiento de control manual. La unidad debe asegurarse de que dos o más compresores no se inicien de forma simultánea cuando se energiza el sistema. Las señalizaciones de advertencia de presencia de bajo voltaje deben cumplir con lo especificado en la norma ISO 7010:2011. Debe colocarse una notificación de advertencia indicando que la planta arranca automáticamente,

cerca y de manera visible en la planta. Cada compresor debe tener un interruptor de selección el cual, cuando se gire a la posición de encendido, permita que los interruptores de presión máxima y mínima en el receptor controlen la carga hacia ese compresor. (Organismo superior de la inversión de energía y minas, 2009)

### 1.2.15. Tanques colectores de oxígeno






La capacidad de los receptores de cualquiera de los sistemas de suministro se basará en el uso estimado y la frecuencia de entrega de oxígeno hacia las redes del hospital. Se debe proveer de depósitos apropiados y recubiertos, para asegurar que los tanques receptores se mantengan en condiciones seguras, protegidos y en un entorno limpio. Referirse a la norma BS EN 286-1:1998 para tanques presurizados. (Organismo superior de la inversión de energía y minas, 2009)

### 1.2.16. Criterios de seguridad

Para llevar a cabo actividades en una planta de generación oxígeno basado en el proceso PSA se deberán considerar los siguientes riesgos críticos identificados en líneas generales.

**Tabla 1**  
**Identificación de riesgos en una Planta PSA**

ÍTEM	PELIGROS	RIESGO	CONSECUENCIA
1	<b>P01: ESPACIOS ABIERTOS SIN BARRERAS:</b> Trabajos a distinto nivel.		Golpes, cortes, fracturas: <b>Incapacidad temporal / Incapacidad permanente o muerte</b>
2	<b>P02: FUENTES DE ENERGÍA:</b> Neumática, Hidráulica, eléctrica, radiación, potencial.		Liberación no controlada, golpes, contusiones, electrocución, quemaduras: <b>Incapacidad temporal / Incapacidad permanente o muerte</b>
3	<b>P03: GASES:</b> Concentración por encima de los niveles máximos permitidos.		Intoxicación y ahogamiento: <b>Incapacidad temporal / Incapacidad permanente o muerte</b>

4	<b>P04: FUENTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA:</b> Salas y estaciones eléctricas, generadores, circuitos eléctricos,		Electrocución, quemaduras eléctricas, daños músculos, nervios: <b>Incapacidad temporal / Incapacidad permanente o muerte</b>
5	<b>P05: VEHÍCULOS EN MOVIMIENTO:</b> Transporte de botellas, y tránsito vehicular		Atropello, aplastamientos, golpes, fracturas, incendio, colisiones, volcadura: <b>Incapacidad temporal / Incapacidad permanente o muerte</b>
6	<b>P06: MATERIALES Y OBJETOS SUSPENDIDOS:</b> Manipulación, mantenimiento, Izaje.		Golpes, aplastamientos: <b>Incapacidad temporal / Incapacidad permanente o muerte</b>
7	<b>P07: EXPLOSIONES:</b> Oxígeno presurizado, válvulas accesorias.		Lesiones, quemaduras, golpes: <b>Incapacidad temporal / Incapacidad permanente o muerte</b>
8	<b>P08: EQUIPOS/ ACCESORIOS ROTATORIOS</b> ruedas giratorias, poleas.		Golpes, cortes, contusiones, fracturas: <b>Incapacidad temporal / Incapacidad permanente o muerte</b>

Fuente: Tapia, (2020)

Las instalaciones deberán contar con por lo menos una salida de emergencia, libre de obstáculos en todo momento. El área del sistema de suministro no debe ser usado para ningún otro propósito. Solo personal capacitado debe ser autorizado para operar y atender el sistema de suministro. Los cilindros llenos y vacíos deberán segregarse adecuadamente y sus áreas de almacenamiento deberán estar etiquetadas o rotuladas. No se permite que contenedores de gas o líquido combustible estén dentro o adyacentes al recinto del sistema de suministro. Cuando el recinto esté ubicado cerca de una fuente de calor, como un horno, incinerador o sala de calderos, su construcción debe prevenir que la temperatura de los cilindros exceda los 40°C. El recinto deberá estar ubicado a más de 3 m de conductores eléctricos desnudos o transformadores, no deberá ser adyacente a tanques de almacenamiento de aceite o combustible y deberá tener piso de concreto. Deberá proveerse de un sistema contra incendios. Sistema de

detección de incendios: Deberán instalarse detectores de humo o calor en zonas cercanas a los colectores y los recintos donde se almacenen cilindros llenos (exterior o interior) según las normas locales o en su defecto según las Normas NFPA99:2015. (Ministerio de energía y minas, 2020)





## 1. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL ACTUAL

### 1.1. Diagnostico situacional a nivel nacional

Para brindar tratamiento oportuno a los pacientes COVID-19, es necesario un total de 122.47 toneladas por día (TPD) de oxígeno medicinal el cual tuvo que ser distribuido por el Ministerio de Salud (Minsa) en diversos establecimientos y centros de salud a nivel nacional.

La Dirección General de Operaciones en Salud (DGOS), encargado de verificar la demanda de oxígeno diario en todo nuestro país, informó que se realizó el envío de este recurso Lima Metropolitana y Callao, así como a las macro regiones del norte, centro, oriente y sur del país, a través del Centro Nacional de Abastecimiento de Recursos Estratégicos en Salud (Cenares).

La distribución del oxígeno medicinal abasteció a la macro región del norte, compuesta por Áncash, Cajamarca, La Libertad, Lambayeque, Piura y Tumbes con 33.96 TPD de oxígeno medicinal.

Por otro lado, se realizó la entrega a la macro región del centro, conformada por Huancavelica, Huánuco, Ica, Junín, Lima región y Pasco, en donde se despachó 23.59 TPD de este vital insumo.

A la macro región oriente, que agrupa las regiones de Amazonas, Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali, un total de 20.96 TPD.

También se suministró la macro región del sur, que reúne las regiones de Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cusco, Moquegua, Puno y Tacna con 31.80 TPD.

Finalmente, en Lima Metropolitana y a la Provincia Constitucional del Callao el Minsa despachó 12.16 TPD a los hospitales y centros de salud de la ciudad, para atender la demanda creciente de este elemento vital para los pacientes con la COVID-19. (Ministerio de Salud, 2020)

Luego de la llegada del primer lote de vacunas Sinopharm al Perú, el presidente Francisco Sagasti pidió apoyo a empresas mineras para la dotación de oxígeno medicinal. Sin embargo, diez plantas de oxígeno donadas por mineras aún no están disponibles por temas de gestión estatal.

Entre los departamentos afectados figuran Cajamarca, Puno y Lima. La entrega se ha estancado por motivos de trabas burocráticas y administrativas, pese a tener la subvención correspondiente

El presidente ejecutivo de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE), Pablo de la Flor, pide al Gobierno que haga esfuerzos por ejecutar las plantas inoperativas. Estas fueron donadas a distintos hospitales, pero aún no han sido utilizadas.

Por lo tanto, diez plantas de oxígeno comprenden esta lista. Todas juntas tienen una producción de 2340 m<sup>3</sup> diarios. Cabe destacar que las mineras que participaron de la donación fueron las siguientes: Minsur, Southern Copper, Chinalco y Gold Fields.

De igual forma, la última minera mencionada donó una planta de oxígeno para el departamento de Cajamarca en la primera semana de enero; sin embargo, aún no se procede con su correcta instalación.

El impedimento se dio por trámites burocráticos entre el Hospital Tito Villar Cabezas de Bambamarca y la DIRESA. Además, la mencionada planta tiene la capacidad de generar 30 m<sup>3</sup> de oxígeno por hora; es decir, tres balones de 10 m<sup>3</sup> de capacidad.

Desde el inicio de la pandemia por la covid-19, 23 plantas de oxígeno fueron donadas para centros de salud en el Perú.

El gerente de EsSalud Arequipa, doctor Edilberto Salazar Zender, explicó que esta planta tiene una producción de 50 metros cúbicos y cuenta con la capacidad de abastecer oxígeno a través del sistema empotrado a 40 camas de hospitalización y a una cánula de alto flujo de la mencionada villa. (Seguro Social de Salud, 2020)

## **1.2. Diagnostico situacional a nivel local**

Ante esto, el funcionario agradeció la gestión de la presidenta ejecutiva del Seguro Social, Fiorella Molinelli, por el envío de esta infraestructura para seguir salvando más vidas en el marco de la situación actual de la región Arequipa por el covid-19.

“Actualmente la planta abastece la red de oxígeno empotrado para 40 a 10 litros pacientes y una cánula de alto flujo a 60 litros. Además, tiene una pureza al 95 %. En ese sentido, esta infraestructura es de gran ayuda para toda la población de la región”, aseguró.

Añadió que con el funcionamiento de esta planta en la villa Cerro Juli, la red ya cuenta en total con 5 plantas de oxígeno operativas, 2 de las cuales son propias de la Red Asistencial Arequipa, ubicadas en el hospital Manuel Torres Muñoz (Mollendo) y en el hospital Samuel Pastor (Camaná).

La tercera infraestructura fue cedida por Respira Perú y está instalada en Hospital Nacional Carlos Alberto Seguí Escobedo. La cuarta fue entregada por Southern Perú, ubicada en el hospital Manuel Torres Muñoz (Mollendo), y la última entregada por EsSalud en la villa Cerro Juli.

Por último, el doctor Salazar Zender enfatizó que EsSalud Arequipa cuenta con 1,091 balones de oxígeno y 3 isotanques, estos últimos almacenan grandes cantidades de metros cúbicos de este insumo líquido que se distribuye por todos los hospitales del Seguro Social de la región.

Desde que inició la pandemia hasta la fecha, la villa Cerro Juli ha dado de alta a más de 1,618 pacientes que padecieron de covid-19. (Wapa, 2020)

### **1.3. Problemática actual**

Según Abanto, a casi un año de confirmado el primer caso de COVID-19 en el Perú , nos encontramos enfrentando una la pandemia por dicha enfermedad, con presencia de nuevas variantes con mayor transmisibilidad, en la cual se advierte un alarmante incremento de afectados, que a su vez requieren, entre otros, oxígeno medicinal, un medicamento fundamental en el tratamiento de dicha enfermedad. Frente a ese escenario, y ante la escasez que se ha generado en torno a la disponibilidad y accesibilidad del oxígeno medicinal –que se expresa en la formación de largas colas para adquirir el medicamento , escasez en los establecimientos de salud, insuficiente producción de los principales abastecedores de oxígeno a los hospitales<sup>4</sup> , entre otros, se requiere que el Ejecutivo tome medidas urgentes para asegurar el adecuado y suficiente suministro de dicho medicamento en salvaguarda de la salud y vida de las personas.

El 1 de febrero de 2021, la empresa Linde Perú –empresa abastecedora de más de 300 establecimientos de salud a nivel nacional– emitió un comunicado advirtiendo que el incremento exponencial de la demanda diaria de oxígeno medicinal en esta segunda ola de COVID-19 habría superado la capacidad de producción de las

empresas privadas de dicho sector. Situación que se habría puesto en conocimiento del gobierno. (Abanto, 2021)

#### 1.4. Demanda de Oxígeno medicinal Arequipa

Según El Peruano La ministra Pilar Mazzetti explicó que la demanda de oxígeno ha crecido alrededor de 300% en comparación con la situación del 2020 y precisó que el déficit diario es de 110 toneladas.

La necesidad de oxígeno medicinal en todo el Perú es de 510 toneladas al día, sustento; sin embargo, las 104 plantas actualmente en operación consiguen producir solo 400 toneladas. Se está viendo la necesidad de cubrir ese déficit. (El Peruano, 2021)

**Tabla 2**  
**Plantas de Oxígeno en Arequipa**

	<b>Planta de oxígeno medicinal</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Producción</b>
1	<b>Planta 1</b>	Hospital Honorio Delgado Espinoza	
2	<b>Planta 2</b>	Hospital Honorio Delgado Espinoza	
3	<b>Planta 3</b>	Hospital Honorio Delgado Espinoza	
4	<b>PRAXAIR</b>	José Luis Bustamante y Rivero-Parque industrial	

**Fuente: Elaboración propia**

Por otro lado, la demanda de oxígeno medicinal en Arequipa según los informes especiales de la defensoría del pueblo.

**Tabla 3**  
**Demanda de oxígeno medicinal en Arequipa.**

**AREQUIPA**

<b>1</b>	Pacientes que requieren oxigenoterapia	<b>612</b>
<b>2</b>	Consumo diario de oxígeno medicinal	<b>24285</b>
<b>3</b>	Stock de oxígeno medicinal	<b>11087</b>
<b>4</b>	Días que durará el stock	<b>0.5</b>

**Fuente: Abanto, (2021)**





## 1. METODOLOGÍA

### 1.1. Tipo y diseño de investigación

Esta es una investigación propositiva, prospectiva con enfoque sistémico, detalla el estado, las características, factores y procedimientos actuales, que están presentes en el estudio de la inversión de una planta de obtención de Oxígeno medicinal .

A través de esta metodología se realiza la descripción, registro, análisis e interpretación de datos en lo referente a la planta de generación de oxígeno medicinal, indica que el enfoque sistémico constituye una de las más poderosas armas del proceso epistemológico, ya que permite conceptualizar, y en su caso diseñar objetos como sistemas. (Calvay Matute & Hernández Castillo, 2017)

De tipo descriptivo. Se define “la investigación, como descriptiva, porque se observa y se menciona la problemática tal como se presenta de forma natural sin la manipulación o voluntad del investigador” (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2014).

### 1.2. Variables y operacionalización

#### 1.2.1. Variable independiente

Ox Implementación de una planta de oxígeno medicinal.

#### 1.2.2. Variable dependiente

Oy Suministro directo y llenado de botellas a 2500 PSI.

**Tabla 4**  
**Operacionalización de la variable**

ITEM	CONCEPTO	ARTE	HERRAMIENTA	ÍNDICES
<b>Variable independiente:</b> <b>Ox</b> Implementación de una planta de oxígeno medicinal.	Dimensionamiento Características Generadores Capacidad Seguridad	Análisis de documentos Ubicación Plan de SSOMA	Análisis de contenido Normas Técnicas	Determinación de equipos para la implementación. Establecimiento del plan de seguridad y contingencias
<b>Variable dependiente:</b> <b>Oy</b> Suministro directo y llenado de botellas a 2500 psi	Capacidad de los generadores Red de distribución	Análisis Documental Ubicación Observación	Análisis de contenido Tablas de cálculo de flujos Normas técnicas	Determinación del proceso de llenado de botellas. Demanda Determinación de equipos

**Fuente: Elaboración propia**

### 1.3. Población y muestra

#### 1.3.1. Población

Sistemas de Plantas de Generación de Oxígeno medicinal

#### 1.3.2. Muestra

Implementación de una planta de oxígeno medicinal

### 1.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 1.4.1. Observación

La aplicación de esta técnica nos va a permitir determinar los diversos parámetros relevantes y pertinentes para el diseño la ampliación de la planta de producción de oxígeno Medicinal basado en el proceso PSA, esta técnica también se va a aplicar para realizar la evaluación del diseño del medidor de la planta. (Riojas Rodriguez, 2020)

#### 1.4.2. Revisión de documentos

Esta técnica nos permitirá la búsqueda de los parámetros del diseño de la planta, como la búsqueda de los materiales adecuados para las diversas partes de la

máquina, selección de diversos elementos de máquinas estandarizados, tales como: compresores, ejes, cadenas, rodamientos, fajas en v, fajas planas catalinas, tuberías, etc. (Riojas Rodriguez, 2020)

**Tabla 5**  
**Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

<b>TÉCNICAS</b>	<b>USO</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
Observación	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Determinar las características principales de las Plantas de Oxígeno Medicinal.</li> <li>❖ Evaluación del diseño de la Planta de Oxígeno</li> <li>❖ Evaluación económica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Ficha de parámetros</li> <li>Ficha de control de diseño.</li> <li>❖ Evaluación financiera de proyecto.</li> </ul>
Revisión Documentaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Ubicación de datos y criterios técnicos, normas y estándares para el diseño.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Ficha de documentaria revisión</li> </ul>

**Fuente: Elaboración propia**

## **1.5. Instrumento de recolección de datos**

### **1.5.1. Ficha de control de diseño**

“Es una herramienta de control de diseño que permite la evaluación de la capacidad, funcionalidad y operatividad del diseño de la Planta de Oxígeno Medicinal” (Riojas Rodriguez, 2020).

### **1.5.2. Ficha de parámetros**

“Este instrumento va a permitir llevar un registro de los parámetros pertinentes los sistemas de compresores los cuales administraran la materia prima aire comprimido al sistema el cual será medido con presión capacidad del tanque flujo, calidad, caudal” (Riojas Rodriguez, 2020).

### **1.5.3. Ficha documentaria de revisión.**

Es el documento que nos va a permitir llevar un control de los diversos documentos que serán verificados para diseñar el Dinamómetro, tales como manuales de elementos normalizados, información técnica de equipos existentes

en el mercado. Será validada la presente tesis, por ingenieros, mecánicos electricistas especialistas en la materia. Será dada la confiabilidad por los ingenieros que validarán las herramientas, si se requiere la modificación de acuerdo con sus necesidades se dará prioridad a sus opiniones. (Riojas Rodríguez, 2020)

#### **1.6. Procedimientos**

El procedimiento para llevar a cabo este proyecto de investigación se basa en diagnosticar la situación actual, para poder establecer una solución basada en la propuesta de implementación de una planta de oxígeno medicinal cuyo diseño de ingeniería y análisis económico sea viable, con el objetivo de dejar una propuesta a ser realizable en el entorno local.

#### **1.7. Métodos de análisis de datos**

Los datos recopilados de fuentes bibliográficas veraces son procesados para dar sustento a nuestro diseño y poder presentar un diseño de ingeniería óptimo para la implementación de esta tecnología para ello nos hemos basado en fuentes como Atlas copco cuyo objetivo es dar el soporte respecto de la selección de equipos para la implementación.

#### **1.8. Aspectos éticos**

Esta presente investigación se ha ejecutado con información verídica, confiable y contrastable con fines académicos, garantizando los resultados y datos en la investigación. Así también se tiene en consideración respetando la autenticidad a los autores que aportaron a nuestra investigación citándolos apropiadamente. Se cumplió con respecto a las leyes y normas en su desarrollo, así como a los principios de la ética profesional. (Riojas Rodríguez, 2020)



## 1. INGENIERIA DE PROYECTO

### 1.1. Diseño general estructura

Para el diseño de una planta de oxígeno fija se tienen definidos los siguientes criterios técnicos y normativas.

Tomando los lineamientos del Ministerio de Salud el Sistema Estructural, será diseñada de acuerdo con la Norma Técnica E-030 de sismo resistencia contenidas en el reglamento nacional de edificaciones. El módulo o la nave industrial que lo contenga tendrá una dimensión mínima de 12 x 8.40 mts para 40 m<sup>3</sup>/hr, con una cobertura liviana definida a dos aguas, que debe contar con una canaleta de evacuación y montantes para las aguas pluviales. Las estructuras estarán conformadas por columnetas metálicas espaciadas a cada 3.5 metros, los tijerales deberán estar espaciadas a 5 metros como máximo, los cerramientos serán parciales hasta una altura promedio de 3.5 metros, luego se maneja las ventanas altas con mallas electrosoldadas cuya altura no será menor de 1.5 m. Contará con una losa de concreto armado con una resistencia a la compresión de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , cuyo espesor es de 20 cm. debidamente definida por juntas de construcción, dilatación y contracción del bloque de losa y las superficiales (Bruñas). Contará con un sistema de evacuación de aguas con canaleta perimetral. Se implementará una vereda perimetral de 1.0 m de ancho, debidamente definida por juntas de construcción, dilatación y contracción del bloque de vereda y las superficiales (Bruñas). Se debe considerar criterios mínimos de seguridad, que permiten salvaguardar la integridad física de las personas y de los bienes, empezando por garantizar las facilidades de carga y descarga de cilindros. (Ministerio de Salud MINSA, 2020)

### 1.2. Instalación eléctrica

La planta de oxígeno medicinal PSA contara con una reserva de potencia eléctrica de 220kW (Potencia nominal de para una planta de oxígeno dúplex fija de 40m<sup>3</sup>/h). A su vez la planta contará con una reserva de potencia eléctrica de 60kW (Potencia nominal de una para una planta de oxígeno dúplex fija de 10m<sup>3</sup>/h). Esta reserva de potencia eléctrica tendrá la alternativa de ser suministrada desde el "Sistema de Emergencia" (Grupo electrógeno) toda vez que la planta de oxígeno es un servicio crítico y ante cualquier falla del sistema eléctrico local actúe como respaldo. La planta de producción de oxígeno contará con suministro eléctrico en un nivel de

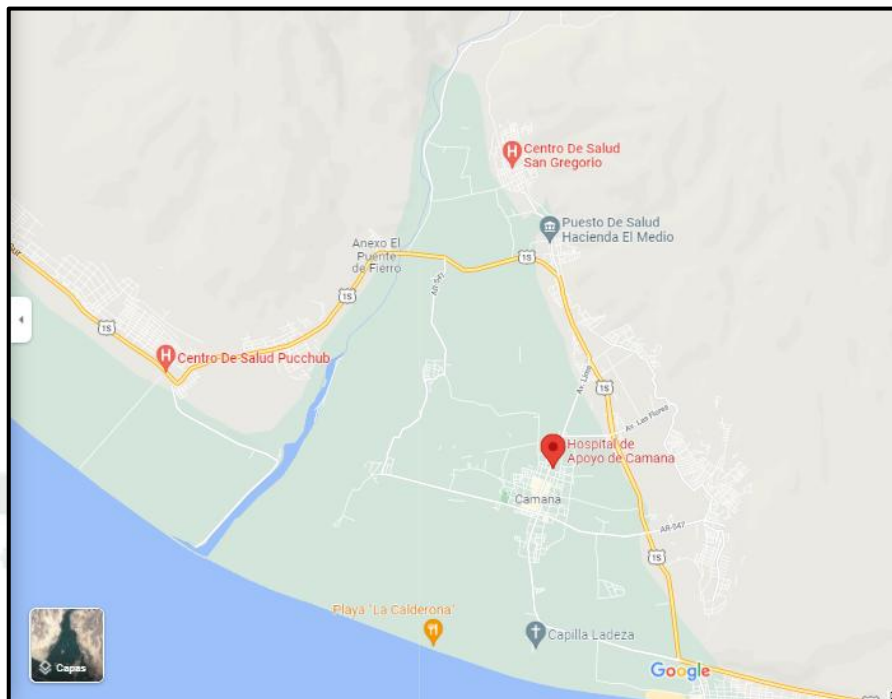
tensión compatible con el nivel de tensión de operación de la planta de oxígeno con la finalidad de evitar el uso de transformadores elevadores/reductores de tensión. Se dispondrá de un espacio físico suficiente, en el tablero eléctrico que alimentará la planta de oxígeno, con la finalidad de implementar un interruptor automático que permita la conexión del alimentador eléctrico para el tablero de fuerza de la planta generadora de oxígeno. La acometida al tablero de fuerza de la planta generadora de oxígeno deberá de incluir el cable de puesta a tierra, además deberá de conectarse efectivamente a tierra las partes metálicas de la planta generadora de oxígeno en cumplimiento con lo indicado en el Código Nacional de Electricidad CNE Sección 060: Puesta A Tierra y Enlace Equipotencial. De ubicarse en una zona expuesta a descargas atmosféricas se deberá de considerar la implementación de pararrayos y supresores de sobretensiones de acuerdo con lo indicado en el CNE Sección 150 y Sección 060. También se instalará tomacorrientes de servicios para labores de mantenimiento de la planta generadora de oxígeno. Se implementará con iluminación en la planta de oxígeno. El nivel de iluminación estará de acuerdo con lo indicado en la Tabla de Iluminancia mínimas de la Norma EM.010 del RNE. 10. También se realizará la instalación de ventilación mecánica el cual estará alimentada eléctricamente a los inyectores y/o extractores que se vayan a instalar. (Ministerio de Salud, 2020)

### 1.3. Ubicación de la planta

Panamericana Sur 550, Camaná 04450, Departamento de Arequipa.

## Ilustración 12

### Ubicación de la planta de oxígeno



Fuente: Elaboración propia

#### 1.4. Selección de equipos

##### 1.4.1. Condiciones de entrada de aire

- Compresor de aire
- Alimentación de aire condiciones 70 NMm<sup>3</sup>/h 1 atm, 20 °C
- Presión de aire de alimentación 6 bar(g)
- Temperatura ideal 30 °

##### 1.4.2. Condiciones de salida de aire

- Oxígeno
- Pureza de Oxígeno 90%
- Capacidad de producción 11 Nm<sup>3</sup>/h 1 atm, 20 °C
- Presión 4 bar (g)
- Temperatura máxima 45 °C

### 1.4.3. Selección de compresor

Las máquinas VSD (accionamiento de velocidad variable) son compresores de uña rotativos de dos etapas, accionados por un motor eléctrico. Los compresores suministran aire exento de aceite. Los ZT están refrigerados por aire y los ZR, por agua. El compresor VSD adapta continuamente la velocidad del motor de accionamiento a la demanda de aire para optimizar el consumo de energía y reducir la banda de presión de trabajo. Los compresores van alojados dentro de una carrocería insonorizada. Los compresores constan de los siguientes componentes principales:

- Silenciador de entrada con filtro de aire integrado (IS-AF)
- Válvula todo/nada (UA)
- Elemento compresor de baja presión (El)
- Refrigerador intermedio (Ci)
- Elemento compresor de alta presión (Eh)
- Refrigerador posterior (Ca)
- Motor eléctrico (M1)
- Acoplamiento de accionamiento
- Caja de engranajes
- Regulador Elektronikon® (1)
- Válvulas de seguridad (SVh). (Tardeo De La Cruz, 2020)

Todas las unidades pertenecen a los compresores denominados WorkPlace Air System, lo cual significa que tienen un nivel sonoro muy bajo.

Necesario determinar las condiciones ambientales para seleccionar el compresor. Ya que el aire libre es menos denso a alturas elevadas, se debe usar un factor de corrección para determinar el volumen equivalente de aire estándar a dicha altura. En la tabla 6 se muestran factores de corrección. La cantidad real de aire estándar se hallará multiplicando el volumen por el factor de corrección. (Riojas Rodriguez, 2020)

**Tabla 6**  
**Factor de corrección por elevación**

<b>Altitud</b>	<b>Factor de corrección</b>
0	1
480	1.5
990	1.11
1500	1.17
1980	1.24
2460	1.31
2970	1.39

**Fuente: Frankel, (2010)**

También debe considerarse la temperatura. Debido a que un volumen de aire a alta temperatura ejercerá una mayor presión que el mismo volumen de aire estándar a una temperatura más baja, se deberá usar un factor de corrección para determinar el volumen equivalente de aire a diferentes temperaturas. Los factores de corrección de temperatura se dan en la tabla V.39. La cantidad real de aire estándar se halla multiplicando el volumen de aire por el factor de corrección. (Castellan, 1998)

**Tabla 7**

**Factor de corrección de temperatura.**

<b>Temperatura de admisión</b>	<b>Factor de corrección</b>
-23	0.849
-18	0.867
-9	0.886
-5	0.905
-1	0.925
4	0.943
10	0.962
18	0.981
22	1
27	1.019
32	1.039
38	1.057
43	1.076
49	1.095

**Fuente: Frankel, (2010)**

Ambos, la temperatura y la presión pueden afectar la capacidad del aire para retener humedad. Cuando un volumen de aire es comprimido, ocurre un incremento de temperatura. El incremento de temperatura resulta en un incremento de la capacidad del aire para retener humedad. Por el contrario, un incremento en la presión resulta en una reducción de la capacidad para retener agua. Con cada 20°F de incremento en la temperatura, se duplica la capacidad del aire para aceptar vapor de agua. Cuando el aire es comprimido, el aumento de temperatura es más crítico que el aumento de presión. Debido al aumento de temperatura durante el ciclo de compresión, el agua no precipitará dentro del compresor; pero el agua puede, sin embargo, precipitar después de que el ciclo se ha completado. El aire contiene cantidades variables de vapor de agua dependiendo de su temperatura y presión. (Frankel, 2010)

#### 1.4.3.1. Instalación del compresor

Instalado el compresor sobre un suelo nivelado capaz de soportar su peso. La distancia mínima recomendada entre la parte superior de la unidad y el techo es de 1200 mm a efectos de ventilación. A su vez estará instalado la Válvula de salida de aire comprimido y el Tubo de suministro.

La caída de presión en el tubo de suministro de aire se puede calcular de la manera siguiente:

$$\Delta p = \frac{(L * 450 * Q_c * 1.85)}{(d^5 * P)}$$

d = diámetro interior del tubo en mm

$\Delta p$  = caída de presión en bar (máximo recomendado: 0,1 bar (1,5 psi))

L = longitud del tubo en m

P = presión absoluta en la salida del compresor en bar

Qc = aire libre suministrado del compresor en l/s

También se ha considerado las condiciones ambientales de diseño para su instalación el cual toma datos del clima en la ciudad de Camana. (Atlas Copco, 2020)

**Tabla 8**  
**Condiciones ambientales de diseño.**

<b>Condiciones</b>	<b>valores</b>
Altitud	15 msnm
Presión atmosférica	75.6 kPa
Temperatura (max/min)	24 °C - 6 °C
Humedad (max/min)	8%/12%
Punto de rocío	10/-17 °C

**Fuente: Elaboración propia**

En la ilustración Nro 12 presente el compresor de aire modelo ZT-37.

**Ilustración 13**  
**Compresor de aire.**



**Fuente: Elaboración propia**

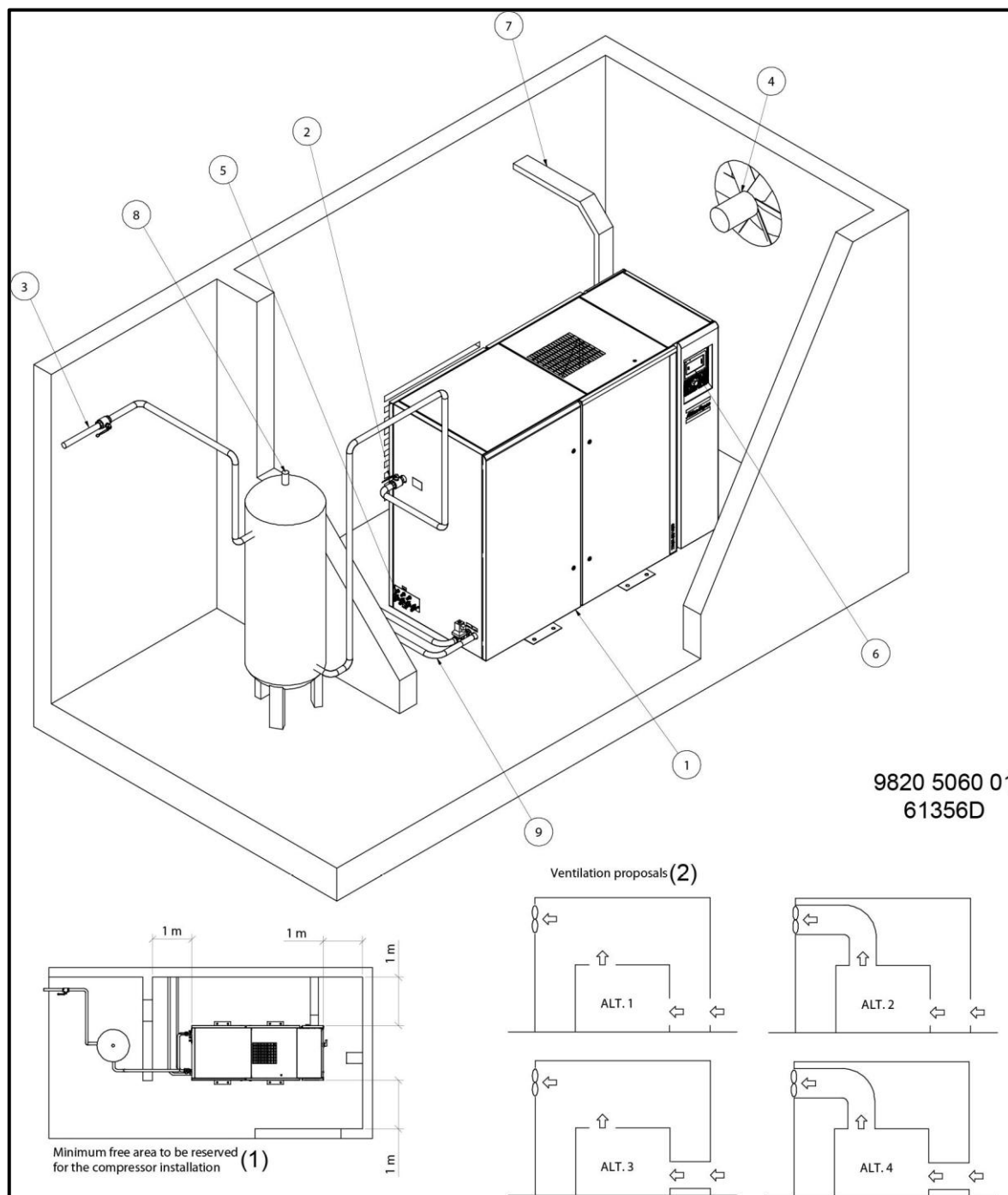
**Tabla 9**  
**Características del compresor seleccionado**

Marca modelo	zt37
Tipo de compresión	Tornillo rotativo lubricado por aceite, 1 etapa
Control de capacidad	Dual (Carga-vacío-parada diferida)
Potencial nominal	250 HP, 380VAC, trifásico, 60 Hz
Presiones de trabajo	Mínima 5.5 bar (m) (80 psig) Máxima 8.6 bar (m) (125 psig)
Condiciones de trabajo	8.5 bar (m) (125 psig)
Capacidad nominal	28.4 m <sup>3</sup> /min (1003 acfm)
Velocidad	1800 RPM
Enfriamiento	Aire
Nivel de ruido	73 dB (A)
Medidas	2.600 x 1.980 x 2.040 m
Peso	3750 kg

**Fuente: Elaboración propia**

Para la instalación el fabricante propone se disponga según la ilustración Nro

**Ilustración 14**  
**Propuesta de instalación del compresor de aire**



**Fuente: Elaboración propia**

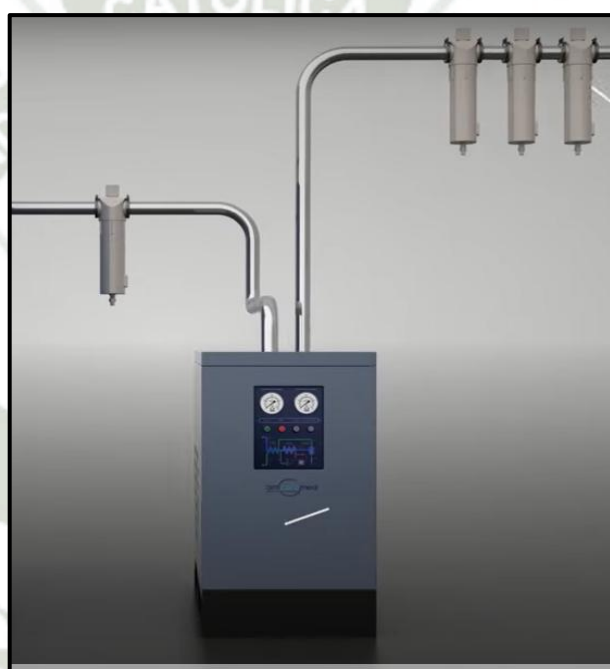
#### 1.4.4. Selección de secador

El secador de aire es uno de los componentes más importantes en el sistema, debido a que el aire contiene un porcentaje de agua oscilante en él, es necesario separar las moléculas de agua presentes en el aire.

También debido a que la ciudad de Camana es una ciudad de la costa donde la presencia de humedad en el aire no está exenta, es necesario determinar las características adecuadas del secador de aire “DRYER”.

##### Ilustración 15

##### Secador de aire



Fuente: Elaboración propia

#### 1.4.5. Selección de tanque recibidor de aire

El tanque recibidor de oxígeno almacenará el aire secado a partir del secador seleccionado previamente el aire será filtrado por tres filtros en línea para eliminación de impurezas el diagrama es como se muestra en la ilustración 15.

El tanque de almacenamiento cubrirá la demanda del sistema frente a una caída de presión o picos altos en el compresor de aire, a su vez será de mucha importancia para el alivio del funcionamiento del compresor de aire. Los cuales

estarán sincronizados con un reloj de presión el cual podrá ser controlado desde el tablero de panel de control del compresor.

**Tabla 10**

**Características del tanque de almacenamiento de aire.**

**Características principales**

Volumen	1000 lts
Presión	40 bares (650 PsiG máx)
Orientación	Vertical
Diámetro	800mm
Altura	2245mm
Brida de entrada y salida	4 X G ½"
Peso	590 kg

**Fuente: Elaboración propia**

El tanque de almacenamiento de oxígeno está fabricado según la Norma DIN EN ISO 1461, El cual tiene los siguientes accesorios.

- Válvula esfera
- Válvula de Seguridad (Capacidad de desfogue 530 SCFM)
- Manómetro
- Válvula del Dren
- Empaques
- Conectores para la válvula y sellador

### Ilustración 16

**Tanque vertical de almacenamiento de aire de capacidad 1000 lts.**



**Fuente: Elaboración propia**

#### 1.4.6. Selección de generador de oxígeno

El OGP-20 es un generador de oxígeno Atlas Copco estándar, está basado en la tecnología de adsorción por cambio de presión, para producir oxígeno en el punto de uso con una pureza típicamente entre el 90% y el 95%.

El OGP-20 está construido de acuerdo con estándares de diseño probados y es adecuado para uso en interiores en un entorno industrial normal, medio ambiente. El diseño, los materiales y la mano de obra garantizan la mejor calidad y rendimiento disponibles.

El OGP-20 es una unidad autónoma que incluye todos los controles, tuberías y accesorios necesarios para un funcionamiento adecuado.

**Tabla 11**  
**Selección de Generador de Oxígeno.**

Tipo	Pureza del oxígeno de FOD (suministro libre de oxígeno)	FOD			Dimensiones (An. x Pr. x Al.)		Peso	
		90%	90%	90%	mm	pulg	Kg	Lbs
OGP-20	FOD Nm <sup>3</sup> /h	20.5	19.4	18.4	1000*1300*	39,4 * 51,1	1150	2535
	FOD scfm	12.1	11.4	10.8	2400	* 126		
OGP-23	FOD Nm <sup>3</sup> /h	23.4	21.2	20.5	1000*1300*	39,4 * 51,1	1350	2976
	FOD scfm	13.8	12.5	12.1	3200	* 126,0		
OGP-29	FOD Nm <sup>3</sup> /h	29.2	27.7	20.5	1000*2000*	39,4 * 78,7	1850	4079
	FOD scfm	17.2	16.3	12.1	2500	* 98,4		

**Fuente: Elaboración propia**

El cual para en condiciones de funcionamiento y operatividad normales presentara los siguientes valores expuestos en la tabla a continuación, FOD suministro libre de oxígeno.

**Tabla 12**  
**Condiciones de funcionamiento**

**Condiciones de referencia**

Presión efectiva de entrada de aire comprimido:	7,5 bar(g)/108 psi(g).
Presión de salida de oxígeno:	5 bar(g)/72 psi(g).
Temperatura ambiente del aire:	20 °C/68 °F.
Punto de rocío a presión de la entrada de aire	3 °C/37 °F.
Punto de rocío a presión del oxígeno	-50 °C/-58 °F
Calidad del aire de entrada de la unidad 1.4.1	la norma ISO 8573-1:2010.
Secador frigorífico mínimo necesario para preacondicionar el aire de entrada.	si
Calidad típica de oxígeno 1.2.1	según la norma ISO 8573-1:2010.

**Fuente: Atlas Copco, (2020)**

Las condiciones límite de funcionamiento a las cuales podría ser sometido el sistema vienen dados a continuación en la siguiente tabla.

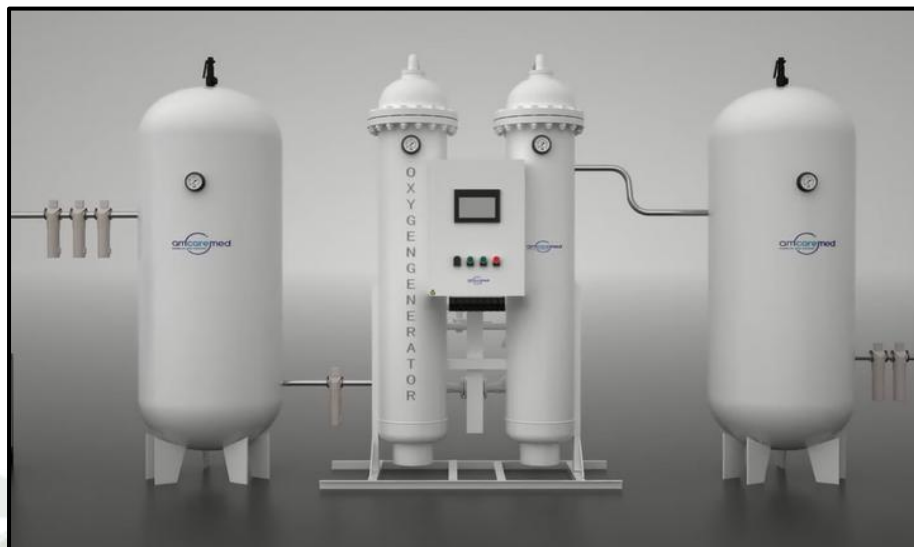
**Tabla 13**  
**Limites de funcionamiento.**

Temperatura ambiente mínima	5 °C/41 °F.
Máxima temperatura ambiente	45 °C/113 °F para NGP, 60 °C/140 °F para NGP+.
Máxima presión de entrada de aire comprimido	10 bar(g)/145 psi(g) para NGP, 13 bar/189 psi(g) para NGP+.

**Fuente: Atlas Copco, (2020)**

### Ilustración 17

#### OGP – 20 Oxygen generator



Fuente: Elaboración propia

#### 1.4.7. Selección de tanque receptor de oxígeno

Luego de realizado el proceso de absorción por cambio de presión el nitrógeno fue capturado por las moléculas de zeolita y el oxígeno está en una concentración cercana al 100% este sigue su flujo en dirección al tanque almacenador de oxígeno para hospedar al oxígeno generado.

Tabla 14

características del tanque de almacenamiento de aire.

#### Características principales

Volumen	2000 lts
Presión	40 bares (230 PsiG máx)
Orientación	Vertical
Diámetro	1100mm
Altura	2490mm
Brida de entrada y salida	4 X G 2 ½"
Peso	770 kg

Fuente: Elaboración propia

El tanque de almacenamiento de oxígeno está fabricado según la Norma DIN EN ISO 1461, El cual tiene los siguientes accesorios.

- Válvula esfera
- Válvula de Seguridad (Capacidad de desfogue 530 SCFM)
- Manómetro
- Válvula del Dren
- Empaques
- Conectores para la válvula y sellador

**Ilustración 18**  
**Tanque de oxígeno**



**Fuente: Elaboración propia**

#### **1.4.8. Selección de filtro bacteria**

“El filtro bacteriológico es el último elemento de barrera entre el sistema de generación de oxígeno y las estaciones terminales (tomas DISS) y los cilindros

de reserva. Como su nombre lo indica, su objetivo es la remoción de bacterias, proporcionando un producto 100 % estéril” (Orellana, 2020).

**Tabla 15**  
**Requerimientos del filtro bacteria.**

Flujo de aire	90 cfm
Presión de operación	72.5 psig
Caída de presión	1 – 3 psig
Retención de bacterias	0.01 $\mu\text{m}$ (referido a bacterias)
Temperatura de operación	24 °C

**Fuente: Orellana, (2020)**

Para suplir la demanda y para evadir el incremento de caída de presión, se concluyó en sobredimensionar este elemento el cual resulta en lo siguiente.

**Tabla 16**  
**Filtro bacteria características**

Modelo / Marca:	F 27 P-ST
Flujo de aire:	4.5 m <sup>3</sup> /min
Presión máxima de trabajo	7 bar (m)
Caída de presión	1.7 psig
Retención de bacterias	0.01 $\mu\text{m}$ (referido a bacterias de prueba T1 Coliphagen)
Grado de eficacia	100% estéril
Temperatura de servicio	Hasta 200°C
Medio de filtración	Borosilicato exento de aglutinantes (fibra no tejida, pre-filtración)
Elemento de filtración	05/25 P-ST
Certificación	Cumple con normas de la FDA

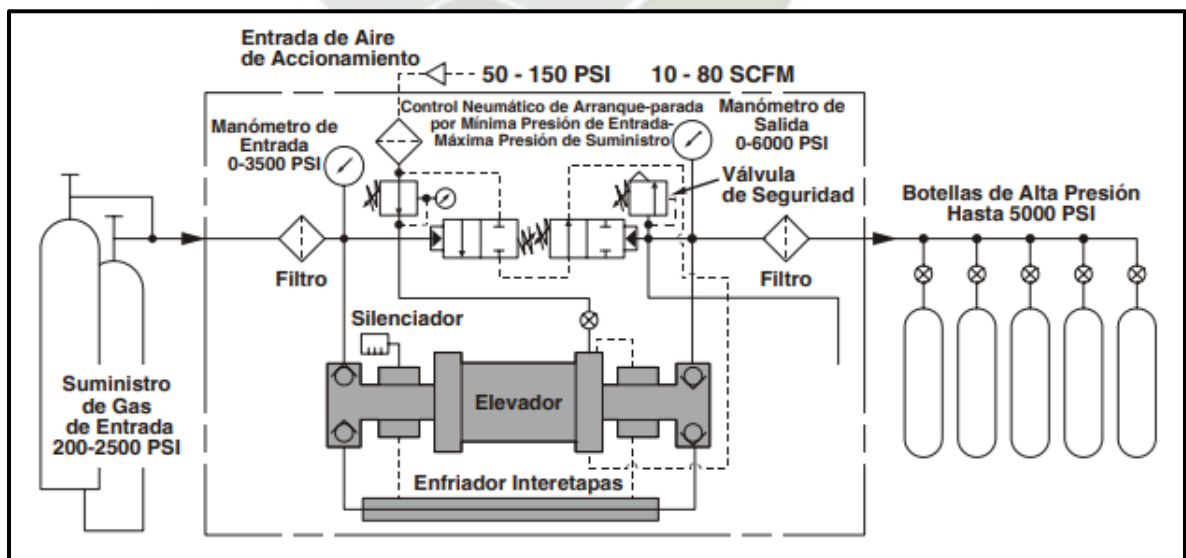
**Fuente: Orellana, (2020)**

### 1.4.9. Selección de Bosster Pump

Para el llenado de botellas de oxígeno a bordo de aviones en flotas comerciales, militares o privadas. Para la transferencia de oxígeno a contenedores de alta presión utilizados para el apoyo al buceo a gran profundidad, sea con fines comerciales o militares. Estos son tan sólo dos ejemplos de los posibles usos del Modelo 26968 de elevador de presión de oxígeno, que a lo largo de muchos años ha facilitado ahorros en el coste y un aumento de la seguridad. Este modelo de equipo es capaz de elevar la presión a partir de fuentes de oxígeno de alta o media presión y puede asimismo funcionar con eficacia en la extracción y transferencia de gas desde botellas de suministro parcialmente agotadas para rellenar otras botellas hasta su máxima presión. Como fuerza motriz se emplea normalmente aire comprimido de fuentes convencionales en la industria, las de a bordo en un buque o de unidad paquete de contratista. Todo el sistema de fuerza motriz y control es completamente neumático y no requiere conexiones eléctricas. El elevador de presión básico es de dos etapas, diseñado para una relación de compresión de trabajo continua por encima de 15:1 y de 40:1 si el servicio es intermitente. (Haskel, 2020)

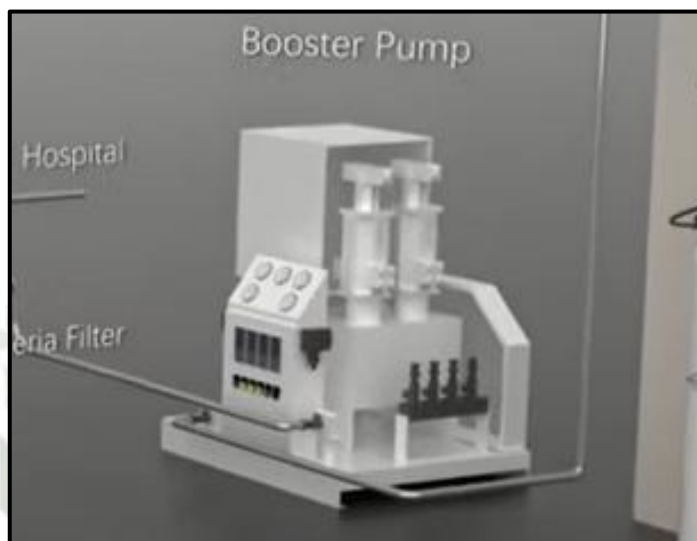
**Ilustración 19**

**Esquema de funcionamiento del multiplicador de presión.**



**Fuente: Haskel, (2020)**

### Ilustración 20 Booster pump.



Fuente: Haskel, (2020)

#### 1.4.10. Rampa de cilindros receptores

El Manifold Una de las partes más importantes en un sistema de red de distribución de gases medicinales en una clínica o en un hospital, sin importar las dimensiones de las instalaciones. La eficiencia de la red sea cual sea su tamaño es igual de importante por lo que no deben presentarse problemas en ninguno de sus componentes. (Seisamed, 2020)

**Ilustración 21**  
**Rampa de llenado de botellas**



**Fuente: Seisamed, (2020)**

**1.5. Sistema y diagrama de flujo**

Por tanto, el sistema está compuesto por los siguientes equipos seleccionados. Sistema generador de oxígeno Medicinal Marca ATLAS COPCO Modelo OGP-20 de 18.3 m<sup>3</sup>/h al 95% de Pureza, compuesto por los siguientes componentes.

**Tabla 17**

**Lista de equipos del sistema generador de Oxígeno.**

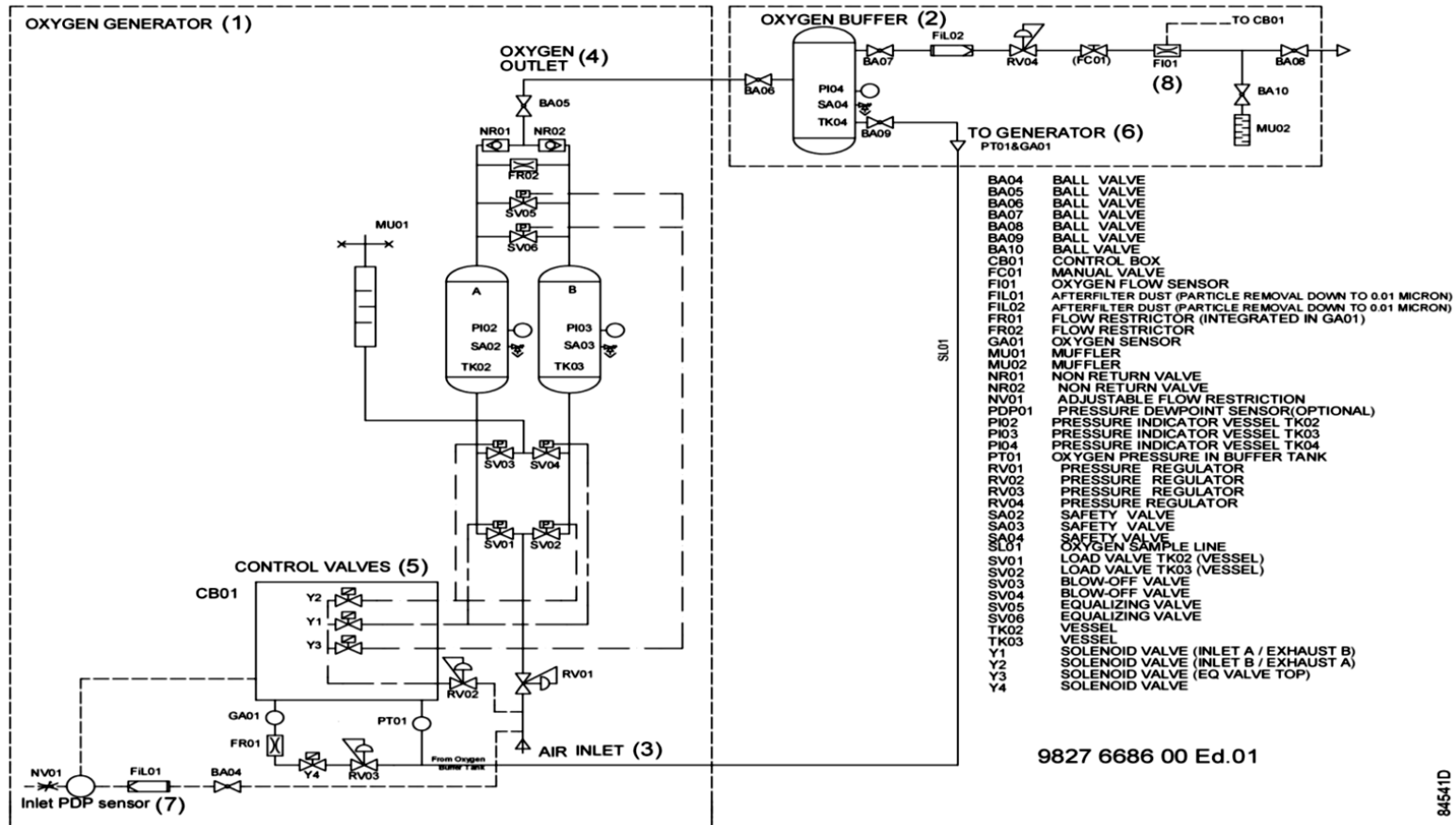
NÚMERO DE PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
8102318386	Generador marca Atlas Copco modelo OGP-20 Caudal de oxígeno generado: 18.3 m3/h Pureza: 95% Tensión: 220V Serie:NLY102254	1
8102264085	Filtro PDp 130+ Serie: 1965515	1
8102333500	Secador CD+90 Serie: API-249963	1
8101021809	Tanque Vertical 1000 LTS Serie: 2020B01091	1
8102041848	EWD75C EHP Serie:13965375	1
8101021825	Tanque Vertical 2000 LTS Serie:2019B04173	1
8102041848	EWD75C EHP Serie:13965374	1
8153120252	ZT37 VSD Serie: API 796543	1
8092352304	SALESKITBUFFER OGP 20-35 Serie: NLY502206	1
4107213354	CMNS-HH-02-AS NFPA SP Serie: HOP810945	1
4107220014	M3-A10-0 AREA ALARM	2
MNT01-013	4021-BM GFG COMNT W/EDISON	1
9093002117	AIR PREP. KIT MIDI	2
2PS-HH	COMPRESORS INDUSTRIAL HIGH-PRESSURE OXYGEN	1
4107214262	HFS-HH10X10-02 HEDER ASM	1
MNF4C	Manifold y Rack para 4 cilindros	1

**Fuente: Elaboración propia**

Por consiguiente, el sistema trabajara las 24 horas del día los 7 días de la semana

## Ilustración 22

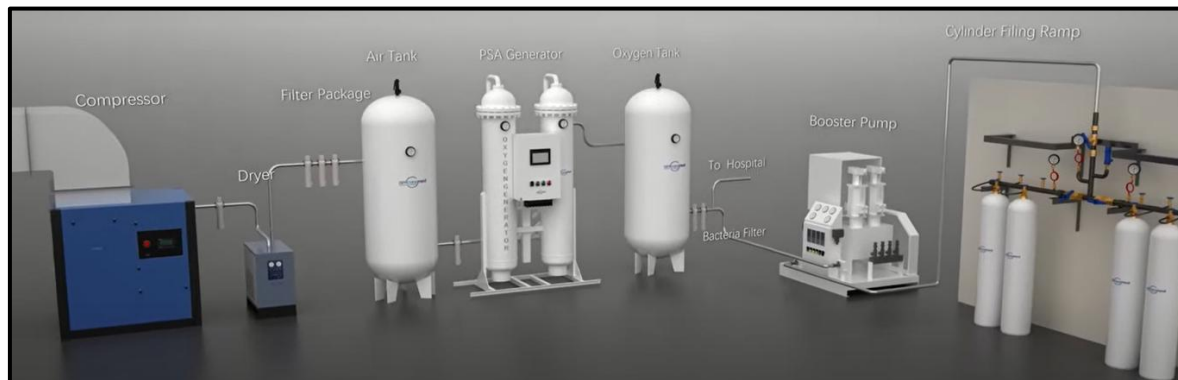
### Diseño del diagrama de flujo del sistema PSA .



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 23

#### Componentes del sistema PSA



Fuente: Elaboración propia





## 1. IMPACTO AMBIENTAL

### 1.1. Objetivos

El presente plan de manejo ambiental se da en cumplimiento a la ley general de ambiente, en la cual establece los lineamientos para considerar al ambiente como un ente susceptible de cambios frente a la implementación de nuestra planta, por tanto, el objetivo principal del presente plan de manejo ambiental será:

- Conservar el medio ambiente en todo el ámbito geográfico de influencia del Proyecto planta de generación de oxígeno medicinal, traducido en medidas técnico-ambientales a aplicar para las etapas de construcción y operación, a fin de evitar el deterioro de los ecosistemas que se ubican en las zonas aledañas a la vía donde se ejecutará el proyecto. (Jilanca, 2012)

Seguidos los objetivos secundarios de mi plan de manejo ambiental los cuales son:

- Asegurar la conservación del medio ambiente en el Área de Influencia del Proyecto, durante las etapas de construcción y operación, de manera que la carretera, no se vea afectada por la influencia de eventos y sucesos naturales, los cuales se consideran mínimos, dadas las características ambientales del entorno. (Tardeo De La Cruz, 2020)
- “Aplicar medidas correctivas eficaces para mejorar o mantener la calidad ambiental del Área de Influencia Ambiental Directa, incorporando al presupuesto de obra los costos que demanda la ejecución de las medidas que se proponen” (Senace, 2019).

### 1.2. Programa de mitigación

#### 1.2.1. Medidas de mitigación

Durante la construcción del proyecto en la fase de inicio se dispondrá de un almacén principal y una oficina los cuales estarán ubicadas en Panamericana Sur 550, Camaná 04450, Departamento de Arequipa. En cuya área correspondiente de 1000 m<sup>2</sup>.

Se deberá tomar en cuenta las medidas de carácter preventivo y/o correctivo, con la finalidad de cuidar y preservar el entorno, aplicando medidas preventivas para cada una de las actividades que pueden ocurrir:

Limpiar y mantener periódicamente la superficie en la cual se ubican las construcciones.

Solicitar certificado de salud a los trabajadores; controles médicos periódicos, coordinando el apoyo del Centro de Salud cercano, a fin de darles el tratamiento médico adecuado y evitar la propagación de enfermedades. (Tardeo De La Cruz, 2020)

Se instalarán baños portátiles, cuyo mantenimiento, cuidado y retiro estará a cargo del Contratista a través de una empresa prestadora de servicios de residuos sólidos (EPS- RS), la cual debe estar debidamente autorizada y registrada en DIGESA. El contratista debe supervisar el correcto mantenimiento de los portátiles a cargo de la EPS-RS, de tal manera que se reduzcan los malos olores y la multiplicación de moscas u otros insectos similares. Estos baños deberán ser aseados por lo menos 3 veces a la semana.

Levantar las instalaciones efectuadas para el mantenimiento de las máquinas. Los materiales desechados serán dispuestos convenientemente en un depósito de material excedente. Todos los suelos contaminados por aceite, petróleo y grasas deben ser removidos hasta una profundidad de 10 cm más abajo del material contaminado, los cuales serán separados y almacenados en lugar especializado, para posteriormente darles el destino como materiales peligrosos. (Silva, 2021)

### **1.2.2. Control de derrames**

El aceite quemado y residuos de combustibles que proceden de las maquinarias y vehículos periódicamente deben ser dispuestos en bidones, las cuales deben ser conservados hasta su respectiva eliminación, entregando a la EPS-RS que los llevará a un Relleno Especializado, en recojo periódico. (Silva, 2021)

Para la prevención de derrames y vertidos de lubricantes o nafta en el suelo se tomará las siguientes medidas de prevención

Capacitar a un equipo de trabajadores asignados para realizar labores de manejo de lubricantes.

“Utilizar recipientes adecuados para acumular los aceites y grasas, para su posterior reciclaje. Proteger las áreas de cambio de lubricantes, con láminas impermeables cubiertas de hormigón o arena” (Tardeo De La Cruz, 2020).

Señalar las áreas usadas para estos fines, indicando la prohibición de verter aceites, grasas y lubricantes al piso.








Para los vertidos accidentales de aceites y lubricantes se recomienda el uso de kits antiderrame los cuales deben contener bandeja antiderrame, paños salchicha, trapo industrial espátula, bolsas y traje tybek, guantes de latex, además de humedecer la zona donde han ocurrido los vertidos y remover lo antes posible el material afectado, recogiendo hasta 10 cm más abajo del material contaminado. (Minera Chinalco Peru S. A, 2019)

### 1.2.3. Manejo de residuos solidos

“Para el manejo de residuos se implementará cilindros con el código de colores según la norma técnica peruana” (Ministerio de energía y minas, 2022).

**Ilustración 24**

**Código de colores para la clasificación de residuos sólidos.**

Los colores para la clasificación de residuos según la NTP 900.058-2005 / DS 055-2010-EM						
						
<b>METALES</b>	<b>VIDRIO</b>	<b>PAPEL Y CARTÓN</b>	<b>PLÁSTICOS</b>	<b>ORGÁNICOS</b>	<b>PELIGROSOS</b>	<b>GENERALES</b>
<p><b>COLOR AMARILLO</b></p> <p><b>Para metales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Piezas mecánicas.</li> <li>• Pernos en desuso.</li> <li>• Virutas Metálicas.</li> <li>• Alambres.</li> <li>• Split Sets usados.</li> <li>• Mallas metálicas.</li> <li>• Latas en general.</li> </ul> <p>DISPOSICIÓN FINAL Cancha de chatarra.</p>	<p><b>COLOR VERDE</b></p> <p><b>Para vidrios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Envases de Vidrio.</li> <li>• Vidrios rotos.</li> <li>• Lunas rotas y etc.</li> </ul> <p>DISPOSICIÓN FINAL Depósito de reciclaje.</p>	<p><b>COLOR AZUL</b></p> <p><b>Para papel y cartón:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Periódicos.</li> <li>• Revistas.</li> <li>• Folletos.</li> <li>• Catálogos.</li> <li>• Impresiones.</li> <li>• Fotocopias.</li> <li>• Cajas de cartón.</li> <li>• Guías telefónicas</li> </ul> <p>DISPOSICIÓN FINAL Depósito de reciclaje.</p>	<p><b>COLOR BLANCO</b></p> <p><b>Para plástico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Botellas de gaseosa, yogurt.</li> <li>• Botellas de detergente y champoos.</li> <li>• Vasos, platos descartables.</li> <li>• Fotocopias.</li> <li>• Empaques de plásticos y etc.</li> </ul> <p>DISPOSICIÓN FINAL Depósito de reciclaje.</p>	<p><b>COLOR MARRON</b></p> <p><b>Para orgánicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Restos de comida.</li> <li>• Restos de Jardinería</li> <li>• Cascara de frutas y similares.</li> </ul> <p>DISPOSICIÓN FINAL Relleno Sanitario</p>	<p><b>COLOR ROJO</b></p> <p><b>Para peligrosos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baterías.</li> <li>• Pilas.</li> <li>• Cartuchos de tinta, Thoners</li> <li>• Envases de reactivos químicos.</li> <li>• Fluorescentes</li> <li>• Filtros de aceite.</li> <li>• Trapos contaminados.</li> <li>• Envases de Pinturas, aerosoles.</li> <li>• EPPs usados, etc.</li> </ul> <p>DISPOSICIÓN FINAL Depósito de residuos Industriales peligrosos.</p>	<p><b>COLOR NEGRO</b></p> <p><b>Para generales:</b></p> <p>Todo lo que no se puede reciclar y no sea catalogado como residuo peligroso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Restos de limpieza de la casa.</li> <li>• Trapos de limpieza.</li> <li>• Cuero en desuso.</li> <li>• Envolturas de los productos y golosinas, etc.</li> </ul> <p>DISPOSICIÓN FINAL Relleno Sanitario.</p>

**Fuente: Ministerio de energía y minas, (2022)**

### 1.3. Programa de monitoreo ambiental

El Programa de Seguimiento y Monitoreo Ambiental contempla la evaluación periódica, integrada y permanente de la dinámica de las variables ambientales, de tal manera que se permita determinar si las medidas de prevención y mitigación propuestas se están cumpliendo y si se están logrando los objetivos esperados. (Ministerio de energía y minas, 2022)

El monitoreo de aplicación de las medidas ambientales comprende un conjunto de acciones referentes al seguimiento de las recomendaciones de mitigación de los impactos ambientales.

Dentro de esta concepción, las medidas recomendadas son de controlar adicionalmente la respuesta en el corto, mediano y largo plazo, de ciertos parámetros ambientales que permitirán corregir alteraciones que se puedan originar como consecuencia de las actividades de operación y mantenimiento del proyecto.

Entre las acciones de seguimiento que comúnmente se han utilizado, se encuentran:

- a) Monitoreo de calidad de aire, ruido y generación de residuos
- b) Informes sobre situaciones ambientales del proyecto. Ante el ente supervisor. (Compañía Minera Raura, 2020)

Para el caso de los monitoreos de ruido, calidad de aire y agua, estos estarán a cargo del Contratista a través de una empresa registrada para su fin. Estos monitoreos se deben realizar cuando se estén realizando las actividades de construcción y la maquinaria estén en pleno funcionamiento.

### 1.4. Programa de contingencias

#### 1.4.1. Sismos

Se activará el plan de manejo de crisis para dar respuesta frente a este evento todos los colaboradores previamente deberán conocer y adoptar los procedimientos sobre las medidas de seguridad que a continuación se detallan:

- Se deberá instruir al personal de obra, de tal forma, que, durante la ocurrencia del sismo, mantenga la calma y realice la evacuación hacia el(os) punto(s) de reunión identificado(s), evitando que se corra y desate pánico.

- Si el sismo ocurriese durante horas de la noche, se deberá utilizar linternas, nunca fósforos, velas o encendedores.
- Se procederá a la suspensión de toda maniobra, en el uso de maquinarias y/o equipos, a fin de evitar accidentes.

A su vez después de la ocurrencia de un sismo se tomarán las siguientes medidas.

- Se ordenará y dispondrá que el personal de obra mantenga la calma, ante las posibles réplicas del movimiento telúrico.
- Mantener al personal de obra, en el(os) punto(s) de reunión (zonas de seguridad) previamente establecidos, por un tiempo prudencial, hasta el cese de las réplicas
- Se brindará atención inmediata a las personas lesionadas durante el evento
- Paralización de toda maniobra, en el uso de maquinarias y/o equipos; a fin de evitar accidentes.
- Se procederá al retiro de la zona de trabajo, de todo vehículo, equipo y maquinaria que pudiera haber sido averiado y/o afectado.
- El personal de obra ubicada en lugares de corte de taludes se alejará inmediatamente del lugar; a fin de evitar accidentes, por las rocas desprendidas u otros materiales que puedan caer como resultado del sismo. (Compañía Minera Raura, 2020)

#### 1.4.2. Incendios

La ocurrencia de incendios se considera básicamente durante la etapa de construcción y en menor grado durante la etapa de operación de la vía, ya sea por inflamación de combustibles, accidentes operativos de maquinaria pesada y unidades de transporte, y accidentes fortuitos por corto circuito eléctrico. Por ello, se deberán establecer procedimientos sobre las medidas de seguridad a adoptar que se detallan a continuación:

- Los equipos de extinción deberán situarse en lugares apropiados (en cada uno de los vehículos, equipos, maquinarias, e instalaciones auxiliares) y de fácil manipulación.

- Todo extintor deberá llevar una placa con la información sobre la clase de fuego para el cual es apto y contener instrucciones de operación y mantenimiento.
- Cada extintor será inspeccionado con una frecuencia mensual, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. En adición, deberá llevar un rótulo con la indicación de la fecha de vencimiento.
- Si un extintor es usado, se volverá a llenar inmediatamente; o si es necesario se procederá a su reemplazo inmediato. (Compañía Minera Raura, 2020)

#### 1.4.3. Accidentes laborales incendios

Están referidos a la ocurrencia de accidentes laborales durante la operación de los vehículos; y maquinaria pesada utilizada para la ejecución de las obras, originada principalmente por deficiencias humanas o fallas mecánicas de los equipos utilizados, para lo cual se deberán seguir los procedimientos que se detallan en las siguientes líneas:

- Se deberá comunicar previamente a los centros asistenciales de las localidades adyacentes a la carretera, el inicio de la ejecución de las obras, para que se encuentren preparados frente a cualquier accidente que pudiera ocurrir. Para la elección del centro de asistencia médica, se tendrá en cuenta la cercanía y gravedad del accidente.
- Para cualquier eventualidad en caso de accidentes laborales, se deberá colocar en un lugar visible del almacén, patio los números telefónicos de los centros asistenciales y/o de auxilio cercanos a la vía, en caso de necesitarse una pronta comunicación y/o ayuda externa.
- La empresa deberá inmediatamente prestar el auxilio al personal accidentado y comunicarse con la Unidad de Contingencias para proceder al traslado del personal afectado a los centros asistenciales más cercanos, de acuerdo con el frente de trabajo donde suceda el evento.
- En caso de no lograr establecer comunicación con la Unidad de Contingencias, se procederá al llamado de ayuda y/o auxilio externo al centro asistencial y/o policial más cercano, a fin de proceder al traslado respectivo,

o en última instancia recurrir al traslado del personal mediante la ayuda de los transportistas o usuarios de la vía.

- En ambos casos, previamente a la llegada de la ayuda interna o externa, se procederá al aislamiento del personal afectado, procurándose que sea en un lugar adecuado, libre de excesivo polvo, humedad y/o condiciones atmosféricas desfavorables. (Ramirez, 2021)

### **1.5. Programa de participación ciudadana**

A fin de lograr que se establezcan buenas relaciones entre el contratista y subcontratistas de las obras del proyecto con las autoridades locales y la población en general del AID, pero de modo especial con los proveedores de bienes y servicios locales con quienes hagan tratos, se requiere que contratistas y subcontratistas implementen con antelación sistemas de comportamiento, de administrativo y de comunicación apropiados a las condiciones locales. El Contratista deberá elaborar y difundir antes de su aplicación, entre las autoridades y población en general, el Código de Conducta (CD) para los trabajadores, subcontratistas y empresa, a fin de prevenir, evitar y resolver conflictos entre trabajadores y de éstos con la población en general, así como entre los trabajadores y los proveedores de alimentación y otros servicios. (Ayala, 2018)

Este código deberá comprender especificaciones muy puntuales sobre los valores y los patrones de comportamiento de los trabajadores:

Los trabajadores deben reportar oportunamente: accidentes, incidencias daños a la propiedad, daños al medio ambiente (ocasionados por el personal de la contratista y/o subcontratista), asimismo informar situaciones potenciales que pueden ocasionar riesgo a la salud, así como impactos ambientales. Los reportes deben estar registrados antes de terminar la jornada laboral y/o zona de trabajo asignada.

- Los trabajadores deben utilizar obligatoriamente los equipos de protección individual que su actividad requiere. Además, deben respetar las reglas de primeros auxilios y seguridad que se establezcan para cada tipo de operación.
- Los trabajadores no pueden dejar las zonas de trabajo (frentes) durante los turnos de trabajo sin una autorización escrita del supervisor de obras.

- Los trabajadores tienen prohibición de contratar gente local para cualquier tipo de servicio personal. Todas las contrataciones de gente local serán realizadas por un representante designado de la empresa y sus contratistas y será hecha con el conocimiento del personal del Área de Relaciones Comunitarias.
- Los trabajadores tienen prohibición de comprar animales silvestres o productos sobre los cuales haya prohibiciones manifiestas.
- En el caso de un pago a la comunidad local por la compra de cualquier bien o servicio por parte de un representante designado, el pago deberá ser totalmente documentado.
- Los trabajadores tienen que mantener una conducta apropiada con la población local, evitando generar problemas, discusiones y conflictos de cualquier índole.
- Si una persona local le aborda a un trabajador en un área de construcción o área auxiliar, el trabajador lo dirigirá respetuosamente a la persona designada según turno y el lugar en que se encuentre. (Suxe, 2020)

#### **1.6. Plan de cierre**

El Programa de Cierre o Abandono está referido a las acciones y medidas que debe realizarse después de que la Empresa haya culminado con todas las actividades operativas, consideradas como, la construcción y operación, lo que implica un periodo de clausura hasta la declaración oficial del cierre y abandono de todas las áreas que fueron utilizadas durante el proceso de construcción tales como; el abandono de toda la infraestructura, almacenes, patios de maquinaria, así como, las áreas que han sido utilizadas ya que desde el punto de vista de la conservación del medio ambiente, interesa el retiro inmediato de las instalaciones temporales utilizadas, así como la restauración de las áreas utilizadas de tal manera de devolver y mejorar el paisaje de las zonas afectadas. (Tardeo De La Cruz, 2020)

Al cierre de la obra, el contratista deberá haber cumplido con todos los acuerdos realizados con los propietarios de las áreas auxiliares u otros compromisos asumidos con la población. Además, deberá obtener las actas de conformidad de los propietarios de dichas áreas.

Realizarán los desmontajes o demolición de estructuras (Oficinas, Plantas de producción de oxígeno medicinal, patios, entre otros) respetando los requerimientos establecidos.

“Se encargarán de los residuos generados en las instalaciones y actividades a su cargo, acorde con lo establecido en el Plan de Gestión Socio Ambiental del presente estudio y el marco legal aplicable” (Ministerio de energía y minas, 2017).

Se implementará un registro y/o constancias de cierre de las áreas de abandono como parte de informe final del cierre, a fin de reportar las medidas aplicadas al Área de Seguridad y Medio Ambiente.

El plan de cierre se iniciará con la inspección de toda el área comprometida durante el periodo de ejecución de actividades de obra y la evaluación de estructuras a ser retiradas, a fin de preparar un cronograma de trabajo.

Por medio de la recolección de información y el análisis de los datos, se determinarán las tareas que se requerirán para retirar del servicio las instalaciones, protegiendo el ambiente, la salud y la seguridad humana durante los trabajos.

Se evaluará si parte o la totalidad de la infraestructura pasa a poder de terceros, a través de procesos de venta a otras empresas o a la comunidad.

Otra alternativa a considerar es la entrega en uso o en donación a alguna institución pública o privada que requiera las infraestructuras.

Una vez concluidas las obras se entregará a las autoridades competentes un informe de evaluación ambiental, detallando las actividades a desarrollar en el Plan de Cierre. (Ministerio de energía y minas, 2011)



## 1. EVALUACION FINANCIERA

Después de haber analizado la viabilidad técnica del proyecto, se continua con un análisis económico – financiero. La inversión en el proyecto es definida mediante tres parámetros:

- Pago de la inversión (K): que es el número de unidades monetarias que el inversor debe desembolsar para conseguir que el proyecto empiece a funcionar como tal.
- Vida útil de proyecto (n), es el número de años estimados durante los cuales la inversión genera rendimientos.
- Flujo de caja ( $R_i$ ), resultados de efectuar la diferencia entre cobros y pagos, ya sean estos ordinarios o extraordinarios, en cada uno de los años de la vida del proyecto.

Se debe determinar si la inversión de capital y los gastos asociados con ella pueden recuperarse por medio de ingresos (o ahorros) a lo largo del tiempo.

Para ello se disponen de varios métodos para evaluar la rentabilidad económica del proyecto. Se utilizará el método del periodo de recuperación, que, aunque ignore los principios del valor del dinero en el tiempo, dará una visión clara de en cuánto tiempo se va a pagar el proyecto, además, servirá para obtener los datos necesarios para hallar el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de rendimiento (TIR).

El proyecto de inversión se administrará mediante el modelo que sustituirá al SNIP (Sistema Nacional de Inversión Pública). El SNIP es un sistema administrativo del Estado que a través de un conjunto de principios, métodos, procedimientos y normas técnicas certifica la calidad de los Proyectos de Inversión Pública (PIP). Con ello se busca:

- Eficiencia en la utilización de los recursos de inversión.
- Sostenibilidad en la mejora de la calidad o ampliación de la provisión de los servicios públicos en los que interviene el proyecto.
- Mayor impacto socioeconómico, es decir, un mayor bienestar para la población. (Ministerio de economía y finanzas, 2022)

La Inversión Pública debe estar orientada a mejorar la capacidad prestadora de servicios públicos del Estado de forma que éstos se brinden a los ciudadanos de manera oportuna y eficaz. La mejora de la calidad de la inversión debe orientarse a lograr que cada nuevo

sol (S/.) invertido produzca el mayor bienestar social. (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo - MINCETUR, 2020)

Esto se consigue con proyectos sostenibles, que operen y brinden servicios a la comunidad ininterrumpidamente, como es el caso de la generación en sitio de oxígeno medicinal, que permitirá al Hospital limitar el gasto de la adquisición de oxígeno a terceros. Con esto se busca una rentabilidad social a la comunidad que se expresará en mayores recursos orientados para mejorar la atención a los pacientes en áreas críticas y con déficit de presupuesto. (Torres, 2020)

### 1.1. Costos de implementación de un sistema PSA

Para la implementación de la planta de oxígeno PSA se ha considerado una lista de equipos anteriormente seleccionados de la marca Atlas copco en cual hace llegar su cotización descrita en la siguiente tabla.

**Tabla 18**  
**Cotización de los equipos de la planta PSA.**

LISTA DE EQUIPOS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	FABRICANTE	MODELO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
1	Compresor Eléctrico	Atlas copco	<u>ZT 37 VSD</u>	\$55,000.00	1	\$55,000.00
2	Generador de Oxígeno	Atlas copco	<u>OGP-20</u>	\$48,500.00	1	\$48,500.00
3	Secador de aire Compresor de alta presión	Atlas copco	<u>CD+90</u>	\$35,000.00	1	\$35,000.00
4	para Oxígeno Seco	Atlas copco	<u>2PS2B-.85</u>	\$22,000.00	1	\$22,000.00
5	Tanque Pulmón	Atlas copco	<u>1000 L</u>	\$10,000.00	1	\$10,000.00
6	Tanque Pulmón	Atlas copco	<u>2000 L</u>	\$15,000.00	1	\$15,000.00
7	Tanque Pulmón	Atlas copco	<u>2000 L</u>	\$15,000.00	1	\$15,000.00
8	Filtro de partículas	Atlas copco	<u>PDp130+</u>	\$1,200.00	1	\$1,200.00
9	filtro de partículas	Atlas copco	<u>PDp130+</u>	\$950.00	1	\$950.00
<b>TOTAL</b>						<b>\$202,650.00</b>

**Fuente: Elaboración propia**

### 1.2. Infraestructura

La infraestructura consiste en un área de instalación de 84 m<sup>2</sup> los muros son de concreto y el techo de estructuras arriostre con calamina de policarbonato.

**Ilustración 25**  
**Infraestructura**



**Fuente: Elaboración propia**

A continuación, presento las tablas de los costos de infraestructura estimados con los precios vigentes de proveedores Concretmix, Comasur, Maestro Home center y otros, de los cuales he obtenido los precios unitarios.

**Tabla 19**

**Costos de infraestructura**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	TOTAL
1	BARILLAS DE FIERRO	S/. 39.23	VARILLA	19	S/. 745.37
2	LADRILLOS	S/. 950.00	MILLAR	3	S/. 2,850.00
3	CONCRETO	S/. 429.00	M3	90	S/. 38,610.00
4	ALAMBRE	S/. 3.50	M	80	S/. 280.00
5	CARPETA ASFALTICA	S/. 70.00	M2	100	S/. 7,000.00
6	ACABADOS	S/. 60.00	M2	120	S/. 7,200.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/. 56,685.37</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 20**

**Costos del techo de la instalación**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	TOTAL
1	ARRIOSTRE	S/. 14.80	UND	8	S/. 476.66
2	SOPORTE ARRIOSTRE	S/. 8.00	UND	4	S/. 128.64
3	SOPORTE ARRIOSTRE OPUESTO	S/. 8.00	UND	4	S/. 128.64
4	RIGIDIZADOR CENTRAL	S/. 26.00	UND	4	S/. 418.08
5	TECHO OPACO	S/. 17.00	UND	65	S/. 4,442.10
6	ACCESORIOS PERNOS/TUERCAS	S/. 0.20	UND	1000	S/. 200.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/. 5,794.12</b>

**Fuente: Elaboración propia**

### 1.3. Sistemas eléctricos

**Tabla 21**

**Cotización de equipos de instalación eléctrica.**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	FABRICANTE	MODELO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
1	Transformador de distribución trifásica 10kV/380, conexión Dyn5.	Schneider Electric	Serie 15 kV /	\$10,000.00	1	\$10,000.00
2	Generador de energía eléctrica insonorizado	Atlas copco	M260-1	\$35,000.00	1	\$35,000.00
3	Celda modular de llegada o salida de línea con interruptor-seccionador	Schneider Electric	SM6 24 - IM	\$1,691.00	1	\$1,691.00
4	Celda modular de protección de transformador	Schneider Electric	SM6 24 - QM	\$7,663.00	1	\$7,663.00
5	Celda modular de conmutación automática	Schneider Electric	SM6 3 - NSM-2	\$7,663.00	1	\$7,663.00
6	Celda modular de medida de energía	Schneider Electric	SM6 3 - GBC - B	\$3,193.00	1	\$3,193.00
7	Juego de accesorios de conexión	Schneider Electric	N/A	\$3,193.00	1	\$3,193.00
8	Transformador de distribución trifásica 10kV/380, conexión Dyn5.	Schneider Electric	TTS5A0	\$695.00	1	\$695.00
9	Equipos tablero BT en el centro de transformación	Schneider Electric	Prisma Plus G	\$3,500.00	1	\$3,500.00
<b>TOTAL</b>						<b>\$72,598.00</b>

**Fuente: Elaboración propia**

#### 1.4. Ventilación

**Tabla 22**

**Costos de la implementación de la ventilación.**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	FABRICANTE	MODELO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
1	Ventilador Axial Aspirante	Ziehl-abegg	FN040.6IL	S/. 703.50	6	S/. 4,221.00
<b>TOTAL</b>						S/. 4,221.00

**Fuente: Elaboración propia**

#### 1.5. Mano de Obra

**Tabla 23**

**Mano de obra.**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SUELDO MES	TOTAL
1	CAPATAZ	1	4500	S/. 4,500.00
2	OFICIAL	4	3500	S/. 14,000.00
3	PEON	6	2500	S/. 15,000.00
<b>TOTAL</b>				S/. 33,500.00

**Fuente: Elaboración propia**

**1.6. Resumen de inversión fija**

**Tabla 24**  
**Inversión fija.**

	TIPO	PRECIO
	Planta Psa	S/. 814,654.00
	Infraestructura	S/. 95,979.49
Costos	Sistemas Eléctricos	S/. 291,843.00
Directos	Mano De Obra	S/. 33,500.00
	Ventilación	S/. 4,221.00
	Techo	S/. 5,794.12
	Total	S/. 1,245,991.61
	Gastos Generales (10%)	S/. 124,599.16
	Presupuesto Total	S/. 1,370,590.77

**Fuente: Elaboración propia**

**1.7. Mantenimiento**

El mantenimiento viene dado por la empresa Atlas copco el mantenimiento será de tipo preventivo anual y se maneja un costo de 32 mil nuevos soles.

**1.8. Costo de energía eléctrica**

La generación de oxígeno por adsorción solo consume energía eléctrica para el funcionamiento de los compresores, los que representan la mayor carga eléctrica del sistema. En el apartado 5.3.3.2 (cálculo de la potencia al freno del compresor), se encontró que la energía para llenar el tanque receptor de aire de 6 m<sup>3</sup> es 0.8804 kW-h. Por otro lado, de la proporción necesaria de aire transformado a las condiciones de flujo en el interior del compresor, se tiene que para obtener 1m<sup>3</sup> de oxígeno desde el generador de adsorción, se necesitan 14.31m<sup>3</sup> de aire desde el compresor de aire. Luego. (Atlas Copco Perú, 2022)

**Tabla 25**  
**Generación de energía eléctrica.**

Energía (KW-h)	Flujo (m3/h)
0.8804	6
x	14.31
X= 12.6	(KW-h)

**Fuente: Elaboración propia**

Entonces, para generar 1m<sup>3</sup> de oxígeno se requieren 12.6kW-h. Por lo general, los hospitales en el Perú pertenecen al mercado regulado (máxima demanda < 1 000 kW). Considerando un costo de S/.0.09 por kW-h, se infiere inmediatamente que el costo de energía eléctrica para generar 1 m<sup>3</sup> de oxígeno mediante el sistema PSA es de S/. 1.134. (Atlas Copco Perú, 2022)

**Tabla 26**  
**Estimación del consumo de energía eléctrica.**

AÑO	CONSUMO (m3)	Kw-h	COSTO (S/.)
2022	7200	90720	102876.48
2023	7200	90720	102876.48
2024	7200	90720	102876.48
2025	7200	90720	102876.48
2026	7200	90720	102876.48
2027	7200	90720	102876.48
2028	7200	90720	102876.48
2029	7200	90720	102876.48
2030	7200	90720	102876.48

**Fuente: Elaboración propia**

### 1.9. Producción estimada

El ritmo de producción estimada está definido por la capacidad del equipo de generación de oxígeno el modelo OGP-20. Con un ritmo de producción diaria de 456 m<sup>3</sup>.

## 1.10. Valor actual neto

**Tabla 27**  
**Valor actual Neto del proyecto**

	TASA	12%										
	INVERSION	S/. 1,370,590.77										
	PRODUCCION DIARIA	456 M3										
	EFICIENCIA	95%										
	PRODUCCION ANUAL (M3)	164160	164160	164160	164160	164160	164160	164160	164160	164160	164160	164160
AÑOS		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
	Precio del oxígeno	S/. 6.00	S/. 6.00	S/. 6.00	S/. 4.00	S/. 3.00	S/. 2.00	S/. 2.00	S/. 2.00	S/. 2.00	S/. 2.00	S/. 2.00
	INGRESOS	S/. 984,960.00	S/. 984,960.00	S/. 984,960.00	S/. 656,640.00	S/. 492,480.00	S/. 328,320.00	S/. 328,320.00	S/. 328,320.00	S/. 328,320.00	S/. 328,320.00	S/. 328,320.00
	Energía eléctrica	S/. 186,157.44	S/. 186,157.44	S/. 186,157.44	S/. 186,157.44	S/. 186,157.44	S/. 186,157.44	S/. 186,157.44	S/. 186,157.44	S/. 186,157.44	S/. 186,157.44	S/. 186,157.44
<b>Costos Fijos</b>	Mantenimiento	S/. 32,000.00	S/. 32,000.00	S/. 32,000.00	S/. 32,000.00	S/. 32,000.00	S/. 32,000.00	S/. 32,000.00	S/. 32,000.00	S/. 32,000.00	S/. 32,000.00	S/. 20,000.00
<b>Costos Variables</b>	Mano de obra	S/. 4,600.00	S/. 4,600.00	S/. 4,600.00	S/. 4,600.00	S/. 4,600.00	S/. 4,600.00	S/. 4,600.00	S/. 4,600.00	S/. 4,600.00	S/. 4,600.00	S/. 4,600.00
	Servicios auxiliares	S/. 19,699.20	S/. 9,849.60	S/. 9,849.60	S/. 6,566.40	S/. 4,924.80	S/. 3,283.20	S/. 3,283.20	S/. 3,283.20	S/. 3,283.20	S/. 3,283.20	S/. 3,283.20
	UTILIDAD	S/. 742,503.36	S/. 752,352.96	S/. 752,352.96	S/. 427,316.16	S/. 264,797.76	S/. 102,279.36	S/. 102,279.36	S/. 102,279.36	S/. 102,279.36	S/. 102,279.36	S/. 114,279.36
	IGV	S/. 133,650.60	S/. 135,423.53	S/. 135,423.53	S/. 76,916.91	S/. 47,663.60	S/. 18,410.28	S/. 18,410.28	S/. 18,410.28	S/. 18,410.28	S/. 18,410.28	S/. 20,570.28
	UTILIDAD NETA	S/. 608,852.76	S/. 616,929.43	S/. 616,929.43	S/. 350,399.25	S/. 217,134.16	S/. 83,869.08	S/. 83,869.08	S/. 83,869.08	S/. 83,869.08	S/. 83,869.08	S/. 93,709.08
	<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-S/. 1,370,590.77</b>	<b>S/. 742,503.36</b>	<b>S/. 752,352.96</b>	<b>S/. 752,352.96</b>	<b>S/. 427,316.16</b>	<b>S/. 264,797.76</b>	<b>S/. 102,279.36</b>	<b>S/. 102,279.36</b>	<b>S/. 102,279.36</b>	<b>S/. 102,279.36</b>	<b>S/. 114,279.36</b>
	FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-S/. 1,370,590.77	-S/. 628,087.41	S/. 124,265.55	S/. 876,618.51	1,303,934.67	1,568,732.43	1,671,011.79	1,773,291.15	1,875,570.51	1,977,849.87	2,092,129.23
	VAN	<b>S/. 948,688.38</b>										
	TIR	<b>41%</b>										
	PERIODO DE RECUPERACION	<b>3 AÑOS</b>										

Fuente: Elaboración propia

### 1.11. Tasa interna de retorno

Se calculo la TIR a través del flujo de efectivo, obteniéndose un valor de 41% calculado a partir de un escenario donde el precio del oxígeno oscila en su precio más bajo, sin embargo, conocemos la coyuntura actual donde el precio del oxígeno fluctúa en el rango de S/.12.00 – S/. 20.00.

### 1.12. Periodo de recuperación

El periodo de recuperación será de 3 años como se observa en el flujo de efectivo en la tabla Nro 27.





## CAPÍTULO VIII

## 1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado principal se ha logrado proponer la implementación de una planta de oxígeno PSA Con una selección de equipos que cumplen un factor de acoplamiento o match factor adecuado que garanticen el rendimiento, el generador de oxígeno es el OGP-20 el cual entrega el oxígeno a los tanques pulmones de almacenamiento los cuales suman una capacidad de 5000 m<sup>3</sup> para ser distribuidos mediante el manifold a botellas de 2000 psi. Respecto del análisis de factibilidad el precio calculado para el primer año y descendientemente para los años posteriores en los que se asume que la emergencia sanitaria culmine es de S/.6.00 cada m<sup>3</sup> para luego descender S/.4.00 cada m<sup>3</sup>, S/.2.00 cada m<sup>3</sup> sucesivamente obteniendo un TIR de 41% y un periodo de recuperación de 3 años. Mi resultado principal se asemeja a los evidenciados por Bilbao Arce & Cardenas Ccasa, los cuales proponen la implementación de una planta de oxígeno medicinal para el hospital general Honorio delgado en sus diseños seleccionan el generador de oxígeno PSA OGP-30 el oxígeno producido será distribuido mediante una red dentro de las instalaciones del hospital, en su análisis financiero sostiene una tasa interna de retorno (TIR) del 63% y un periodo de recuperación de 3 años. Ambos coincidimos que el precio del oxígeno por criterios de análisis de oferta y demanda descenderá en los próximos años, sin embargo, esta variable es considerada para nuestra evaluación financiera, a su vez mis indicadores demuestran que nuestro proyecto es viable. (Bilbao Arce & Cardenas Ccasa, 2016)

Como segundo resultado la ubicación de la planta de oxígeno estará en la siguiente dirección Panamericana Sur 550, Camaná 04450, Departamento de Arequipa, en un área de instalación de 82 m<sup>2</sup> con un generador de oxígeno seleccionado el cual es el OGP-20 de la marca Atlas Copco el cual entrega un rendimiento de 20m<sup>3</sup>/hora.

La selección de equipos corresponde la siguiente lista Generador de Oxígeno OGP-20, compresor eléctrico ZT 37 VSD, Secador de aire CD+90, Compresor de alta presión para Oxígeno, 2 Tanque pulmón de 2000 Litros, y 1 Tanque pulmón de 1000 Litros, además de 2 Filtro de partículas PDP130+ todos de la marca Atlas Copco, instalados en una planta de oxígeno de un área de 82 m<sup>2</sup>.

La capacidad y el ritmo de producción será de 20 m<sup>3</sup>/hora nuestra planta propuesta contara con 3 tanques pulmón los cuales adquieren la capacidad total de 5000 litros para dispensar el oxígeno.

El presupuesto de inversión fue determinado de la siguiente manera para la planta generadora de oxígeno el monto de S/. 814,654.00, luego de ello la construcción de la infraestructura S/. 95,979.49, los sistemas eléctricos para el funcionamiento S/. 291,843.00, la ventilación S/. 4,221.00, las estructuras del techo S/. 5,794.12, mano de obra S/. 33,500.00, gastos generales (10%) S/. 124,599.16 todo ello suma un presupuesto total de S/. 1,370,590.77.



## CONCLUSIONES

A lo largo de mi proyecto se ha logrado proponer la implementación de una planta de oxígeno medicinal para asegurar la producción continua del oxígeno medicinal para asegurar la producción y suministro directo y llenado de botellas a 2500 psi, con una planta generadora de 20m<sup>3</sup>/h y una viabilidad financiera considerando el peor escenario, demostrando que es viable el proyecto.

En el presente proyecto se ha logrado establecer la ubicación y el dimensionamiento de la planta de oxígeno medicinal, el cual quedaría en la siguiente dirección: Panamericana Sur 550, Camaná 04450, Departamento de Arequipa, en un área de instalación de 82 m<sup>2</sup> con un generador de oxígeno seleccionado el cual es el OGP-20 de la marca Atlas Copco el cual entrega un rendimiento de 20m<sup>3</sup>/hora.

En el presente proyecto se ha logrado determinar la selección de equipos los cuales tienen un factor de acoplamiento adecuado es decir todos cuentan con una dimensión adecuada para que cada uno pueda entregar su rendimiento óptimo al otro.

En el presente proyecto se ha logrado determinar la capacidad de la planta y calculado el rendimiento el cual es de 20m<sup>3</sup>/hora. Y una capacidad de almacenamiento de 5000 litros en los tanques pulmón, todo ellos con la finalidad de garantizar la producción de oxígeno.

En el presente proyecto se ha logrado definir el presupuesto de inversión para la implementación de la planta de oxígeno medicinal para suministro directo y llenado de botellas a 2500 psi el cual asciende a el total de S/. 1,370,590.77.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar plantas de oxígeno medicinal en los diferentes distritos donde la densidad de población sea alta y tener un plan de contingencia para que la distribución se realice mediante redes frente a un colapso de los sistemas de salud, dicho plan de emergencia contaría con el diseño implementación de planta de oxígeno y una red de distribución que pueda responder rápidamente a una emergencia.

Se recomienda el uso y la selección de plantas de oxígeno móviles para poder abastecer regiones donde los sistemas de salud no abastezcan la producción del oxígeno medicinal, dichas instalaciones móviles podrán rápidamente desplazarse hacia las zonas donde sea necesario su implementación.

Se recomienda el uso de paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica que pueda suministrarse hacia los componentes de menor voltaje como ventiladores, iluminación dentro de la planta de oxígeno y de esta manera reducir los costos operativos e incrementar la viabilidad del proyecto.

Se recomienda que los subproductos después de la generación del oxígeno medicinal como por ejemplo el nitrógeno pueda ser comercializado para otros usos industriales y de esta forma también incrementar los ingresos y dar mejor aprovechamiento a la planta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, A. (2021). *Recomendaciones de emergencia ante la escasez*. Defensoría del Pueblo. Lima: Biblioteca Nacional del Perú.
- Albujar Díaz, C. (2019). *Ampliación de la planta de generación de oxígeno en el Hospital Regional Docente las Mercedes de Chiclayo-Lambayeque*. Chiclayo: [Tesis para optar el título profesional de ingeniero mecánico electricista].
- Arandia Cassal, M. (2015). *Estudio de factibilidad para la implementación de una fábrica de oxígeno criogenico*. Tarija, Bolivia.
- Areencias. (26 de 08 de 2020). *El aire y sus componentes o gases*. Obtenido de <https://www.areencias.com/meteorologia/componentes-del-aire/>
- Arevalo Valencia, L., & Ramirez Sane, S. (2018). *Caminos para la paz desde las escuelas. Expedición Pedagógica Bogotá*. Lima.
- Atlas Copco. (2020). *Generador de Oxígeno*. Obtenido de <https://www.atlascopco.com/es-pe>
- Atlas Copco. (2021). *Mitos y verdades de los compresores de aire*. Obtenido de <https://www.mrperu.com.pe/blog/mitos-y-verdades-de-los-compresores-de-aire/>
- Atlas Copco Perú. (2022). *Generación de oxígeno en sitio con tecnología PSA: como producirlo, principales ventajas y aplicaciones*. Obtenido de <https://www.atlascopco.com/es-pe/compressors/air-compressor-blog/generacion-oxigeno-tecnologia-psa>
- Ayala. (2018). *Plan de manejo ambiental*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/378441014/PLAN-DE-MANEJO-AMBIENTAL-docx>
- Bilbao. (2022). *Proyecto de Planta PSA*. Obtenido de [https://www.academia.edu/33494316/Proyecto\\_de\\_Planta\\_PSA](https://www.academia.edu/33494316/Proyecto_de_Planta_PSA)
- Bilbao Arce, R., & Cardenas Ccasa, R. (2016). *Proyecto de una Planta PSA de generación de oxígeno medicinal para el Hospital Regional Honorio Delgado de Arequipa*. Arequipa.

- Calvay Matute & Hernández Castillo. (2017). *Proyecto de inversión para la instalación de una planta envasadora y distribuidora de gas licuado de petróleo (GLP) en la ciudad de Bagua Grande*. Chiclayo: [Tesis para optar el título de: licenciado en administración de empresas].
- Castellan, G. (1998). *Fisicoquímica*. Pearson educación.
- Clean Air Technology Center CATC. (2020). *Zeolita*. North Carolina.
- Compañía Minera Raura. (2020). *Plan de manejo socio ambiental*. Obtenido de [http://siar.regionlima.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/plan\\_de\\_manejo\\_ambiental\\_17.pdf](http://siar.regionlima.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/plan_de_manejo_ambiental_17.pdf)
- Confield, D. (2015). *Oxígeno*. (J. Sampedro, Trad.) Editorial Critica.
- Consejo federal de inversiones CFI. (2011). *Pre-factibilidad de proyecto de producción de oxígeno medicinal en la provincia de Cordoba*. Cordoba, Argentina: Proyectos Innovadores S.R.L.
- Curi, Adilson, et al. (2006). Las Zeolitas y su Aplicación en la descontaminación de efluentes Mineros. *Información tecnológica*, 17(6), 111-118.
- Díaz et al. (2014). *Disposición de planta*. Obtenido de [https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10852/Diaz\\_disposicion\\_planta.pdf?sequ](https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10852/Diaz_disposicion_planta.pdf?sequ)
- El Peruano. (12 de Junio de 2021). Demanda de Oxígeno. *El Peruano*, págs. 6-7.
- Frankel, J. (2010). *The natural resource curse: a survey (No. w15836)*. National Bureau of Economic Research.
- Haskel. (2020). *Características de Funcionamiento y Especificaciones Técnicas*. Obtenido de <https://www.haskel.com/-/media/files/haskel/resources/iom-manuals/26968-gas-booster-system/26968-gas-booster-system-s>
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta Edición ed.). México, México: Mc Graw Hill Education.
- Jilanca. (2012). *Estudio de impacto ambiental del sistema de agua potable Paucarcolla*. Obtenido de <https://100xcientoideas.blogspot.com/2012/07/estudio-de-impacto-ambiental.html>

- Magaña, & Alemán. (2020). *Análisis de la destilación criogénica del aire con apoyo de la simulación de procesos*. La Habana: Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas.
- Minera Chinalco Peru S. A. (2019). *Estudio de Impacto Ambiental Del Hospital Carrión - II Etapa*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/399401511/ESTUDIO-DE-IMPACTO-AMBIENTAL-DEL-HOSPITAL-CARRION-II-ETAPA>
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo - MINCETUR. (2020). *Glosario de terminos*. Obtenido de [https://transparencia.mincetur.gob.pe/documentos/newweb/Portals/0/transparencia/presupuesto/Glosario\\_terminos\\_2011.pdf](https://transparencia.mincetur.gob.pe/documentos/newweb/Portals/0/transparencia/presupuesto/Glosario_terminos_2011.pdf)
- Ministerio de economía y finanzas. (2022). *¿Qué es el SNIP?* Obtenido de [https://www.mef.gob.pe/es/?option=com\\_content&language=es-ES&Itemid=100674&view=article&catid=180&id=306&lang=es-ES](https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=es-ES&Itemid=100674&view=article&catid=180&id=306&lang=es-ES)
- Ministerio de energía y minas. (2011). *Ley del sistema nacional de evaluación de impacto ambiental y su reglamento*. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/10/Ley-y-reglamento-del-SEIA1.pdf>
- Ministerio de energía y minas. (2017). *Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM. Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Obtenido de [https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ds\\_014-2017-minam.pdf](https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ds_014-2017-minam.pdf)
- Ministerio de energía y minas. (2020). *Manual de sustentación del código nacional de electricidad utilización 2006*. Obtenido de <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Electricidad/normatividad/ManualCNEUtilizacion.pdf>
- Ministerio de energía y minas. (2022). *Resolución Directoral N° 067-2022-MINEM/DGH*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/2806342-067-2022-minem-dgh>
- Ministerio de Salud. (2020). *Diagnostico situacional a nivel nacional*. Obtenido de <https://www.minsa.gob.pe/newsletter/2021/edicion-67/nota3/index.html>

- Ministerio de Salud. (2020). *Lineamientos para inversiones de plantas generadoras de oxígeno medicinal y activos complementarios a cargo de gobiernos locales*. Obtenido de [https://www.minsa.gob.pe/Recursos/OTRANS/08Proyectos/2020/LINEAMIENTO S%20PARA%20INVERSIONES%20DE%20PLANTAS-GENERADORAS-OXIGENO-ACTIVOS-COMPLEMENTARIOS-GL.pdf](https://www.minsa.gob.pe/Recursos/OTRANS/08Proyectos/2020/LINEAMIENTO%20PARA%20INVERSIONES%20DE%20PLANTAS-GENERADORAS-OXIGENO-ACTIVOS-COMPLEMENTARIOS-GL.pdf)
- Ministerio de Salud MINSA. (2020). *Condiciones técnicas mínimas para la implementación de plantas de oxígeno en el contexto de la emergencia sanitaria para establecimiento de salud categorías II-1, II-E, II-2*. Lima: Minsa.
- Moran, A. (2012). *A PSA process for an oxygen concentrator*. Miami.
- Naranjo Orellana, J. (2019). *Destilación criogena*.
- News mundo BBC. (2020). 5 factores que explican por qué es el país con la mayor tasa de mortalidad entre los más afectados por la pandemia. *BBC NEWS MUNDO*.
- Orellana. (2020). *Tratamiento de las aguas*. Obtenido de [https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_06\\_Tratamiento\\_de\\_Aguas.pdf](https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf)
- Organismo superior de la inversión de energía y minas. (2009). *Proceso de selección de empresa supervisora de nivel a N° 02-2009-OSINERGMIN-GFGN-Segunda Convocatoria*. Obtenido de [http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/2%20Anexo%2001%201%20TR%20Certificacion%20Planta%20Pampa%20Melchorita\\_2da.C%20\(20.10.2009\)-2.pdf](http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/2%20Anexo%2001%201%20TR%20Certificacion%20Planta%20Pampa%20Melchorita_2da.C%20(20.10.2009)-2.pdf)
- Organización mundial de la salud OMS. (2021). *COVID-19 - Respuesta de la OPS/OMS*. (OMS) Recuperado el 21 de Agosto de 2021, de OMS: <https://www.paho.org/es/documentos/covid-19-respuesta-opsoms-reporte-54-2-julio-2021>
- Ramirez. (2021). *Informe de gestión ambiental (iga): proyecto creación del servicio de protección en riberas de río vulnerables ante el peligro de inundación en la localidad de Barranquita, distrito de Barranquita, provincia de Lamas, departamento San Martín*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/589068552/Plan>

- Riojas Rodriguez, C. (2020). *Ampliación de la producción de la planta de generación de oxígeno en el Hospital de las Mercedes*. Chiclayo: Repositorio Universidad Cesar Vallejo.
- Scott, A. (2020). How industrial gas firms are meeting demand for medical oxygen for COVID-19 patients. *C&EN Chemical and Engineering new*, 98.
- Seguro Social de Salud. (2020). *EsSalud Arequipa pone en funcionamiento al 100% planta generadora de oxígeno en Villa Cerro Juli para hacer frente a la Covid-19*. Obtenido de <http://noticias.essalud.gob.pe/?inno-noticia=essalud-arequipa-pone-en-funcionamiento-al-100-planta-generadora-de-oxigeno-en-villa-cerro-juli-para-hacer-frente-a-la-covid-19>
- Seisamed. (2020). *¿Qué es un manifold? Tipos de manifold y cómo funciona*. Obtenido de <https://www.seisamed.com/manifold-que-es-tipos-y-como-funciona>
- Senace. (2019). *Área de influencia en un proyecto de inversión*. Obtenido de <https://www.senace.gob.pe/blog/area-de-influencia-en-un-proyecto-de-inversion/>
- Servicio de Información y Noticias Científicas SINC. (2021). *Oxígeno la energía que se respira*. Madrid.
- Silva, D. (2021). *Diseño de infraestructura vial y peatonal entre las calles Eloy Ureta-Los Incas-pasaje S/NN° 04-calle N° 04-Calle Imperio-Distrito la Victoria-Chiclayo-Lambayeque*. Chiclayo: [Tesis para obtener el título profesional de: ingeniera civil].
- Suxe. (2020). *Mejoramiento de la infraestructura para riego desde el caserío nuevo tabalosos hasta la provincia de rioja, departamento de San Martín*. San Martín: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil].
- Tapia. (2020). *Diseño de software para el control de riesgos críticos en minas convencionales, Arequipa*. Arequipa: [Tesis para optar el título profesional de ingeniero de minas].
- Tardeo De La Cruz. (2020). *Plan de Manejo Socioambiental*. Obtenido de <https://vsip.info/8plan-de-manejo-socio-ambiental-pdf-free.html>

Torres. (2020). *Generación de oxígeno medicinal a partir de plantas en el Perú para atender la demanda por COVID-19.* Obtenido de <https://bloggrupalplantadeoxigeno.blogspot.com/p/estudio-economico.html>

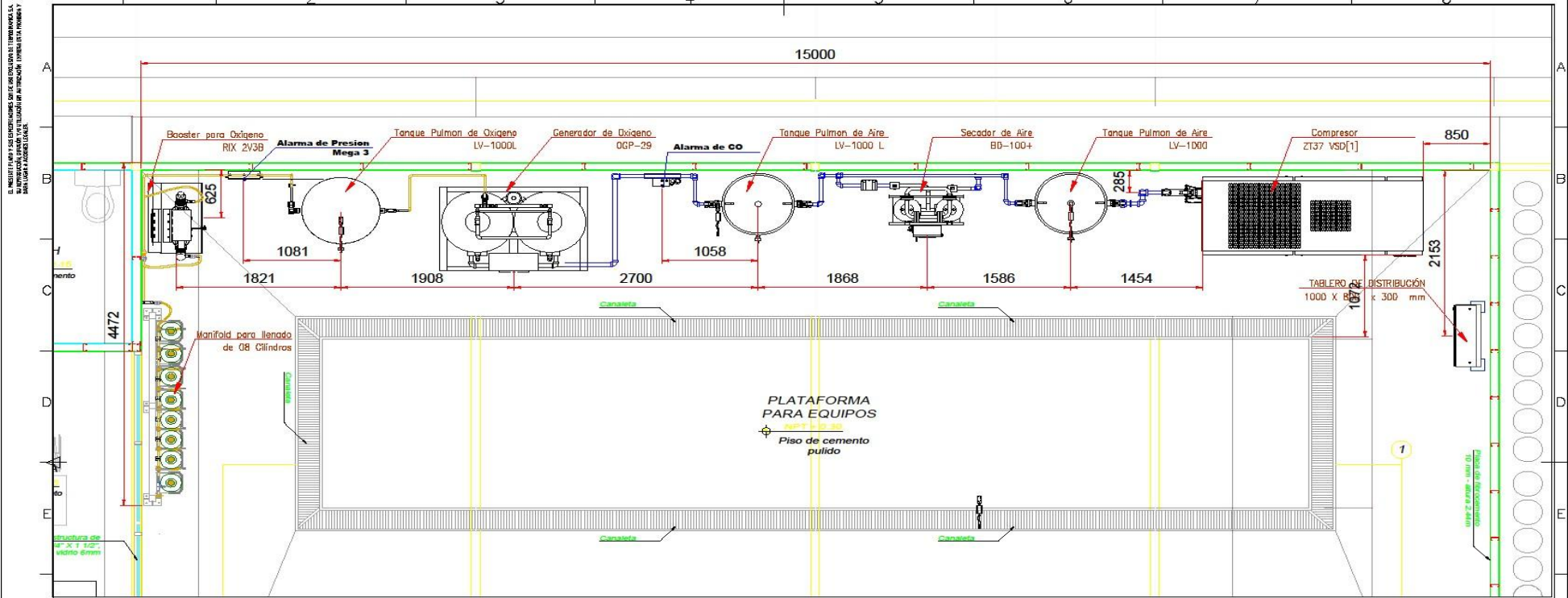
Wapa. (2020). *EsSalud Arequipa pone en funcionamiento al 100% planta generadora de oxígeno para pacientes COVID-19.* Obtenido de <https://wapa.pe/salud/2021/06/12/arequipa-pone-en-funcionamiento-planta-generadora-oxigeno-pacientes-covid-19-7071>



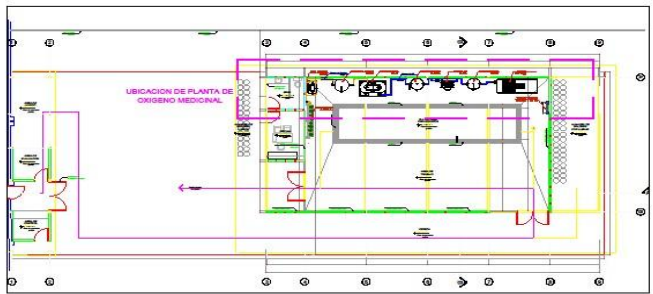
**ANEXO A (Plano de instalación)**

**Plano de instalación**





VISTA LAYOUT GENERAL  
ESCALA: 1:100



VISTA DE UBICACION DE LA PLANTA DE OXIGENO  
ESCALA: 1:100

ITEM	CANT	UND	DESCRIPCION	MODELO	PESO (kg)
1	1	UND	Compresor	ZT37-VSD	1400
2	2	UND	Tanque Pulmon de Aire de 1000L	LV-1000	250
3	1	UND	Secador de Aire por Adsorcion	BD-100+	200
4	1	UND	Alarma de CO	-	2
5	1	UND	Generador de Oxigeno PSA	OGP-29	1450
6	1	UND	Tanque Pulmon de Oxigeno de 1000L	LV-1000	300
7	1	UND	Alarma de Presion de Oxigeno	MEGA 3	2
8	1	UND	Booster de oxigeno	RIX 2V3B	350
9	1	UND	Manifold de Oxigeno para llenado de 08 cilindros	-	50
10	1	UND	Tablero Electrico General de: 1000 x 800 x 300 mm	-	50



FECHA	REVISION	DESCRIPCION	ELABORADO	APROBADO	OTRO
A	26/05/21		GLEO/LEGUA		
B					
C					
D					
E					

CLIENTE	PROYECTO	FECHA	ESCALA
POWER S.A	MONITAJE E INSTALACION DE PLANTA DE OXIGENO OGP-29		
	PLANO LAYOUT DE DISTRIBUCION DE PLANTA DE OXIGENO		