

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



Trabajo de Suficiencia Profesional

“Evaluación Económica de una Planta de Generación de Oxígeno Medicinal para Mejorar el Suministro en Hospitales de Zonas Alto Andinas”

**Para Obtener el Título Profesional de:
Ingeniero Mecánico**

**Elaborado Por:
Artemio Lerio Espiñal Antay**

 [0009-0008-3233-2575](https://orcid.org/0009-0008-3233-2575)

**Asesor:
Dr. Duilio Aguilar Vizcarra**

 [0000-0002-2252-8901](https://orcid.org/0000-0002-2252-8901)

**Lima-Perú
2023**

Dedicatoria

*A mi padre Rafael,
mi madre Dionisia,
para mi compañera de
vida y esposa Erika y
mis seis hijos:
Boris, Robin, Adrián,
Paolo, Bruno y Evans.
Fuente de mi
perseverancia*

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo realizar la Evaluación Económica de la Planta de Generación de Oxígeno de Tecnología PSA (Planta PSA) cuyos resultados proveerán de mayor juicio a la Alta Dirección para la toma de decisiones e incorporar en la configuración de la Central de Oxígeno. La metodología utilizada fue la de procesar la información recabada, la que permita la Evaluación Económica para los periodos de duración de la investigación de 10 y 15 años, así mismo se realizó la evaluación para cada periodo para dos situaciones que presenta la facturación por el tipo de tarifa eléctrica comúnmente utilizada para el nivel de atención del Hospital. Los resultados obtenidos muestran su mayor beneficio para el periodo de 15 años y cuando la facturación tiene un factor de calificación menor a 0.5 para lo cual precios unitarios por kilowatts hora son los mínimos, obteniendo los valores del VAN de S/ 1 269 848, la TIR de 18%, la Relación Costo Beneficio de 0.66 y el periodo de recuperación de la inversión de 7 años 7 meses. Se concluye que considerar la Planta PSA es estratégica para la configuración de la Central de suministro de oxígeno del Hospital la cual mejorara el suministro de oxígeno medicinal en los Hospitales de las Zonas Alto Andinas además de brindar un mayor beneficio económico en comparación con el sistema de compra al proveedor externo como lo demuestra los resultados de la presente investigación.

Palabra clave: Generación de Oxígeno, Adsorción por Oscilación de Presión, Evaluación Económica, Oxígeno Medicinal, zonas Alto Andinas.

Abstract

The present research work aims to carry out the Economic Evaluation of the PSA Technology Oxygen Generation Plant (PSA Plant), the results of which will provide valuable insights to the senior management for decision-making and incorporation into the Oxygen Central configuration. The methodology employed involved processing the collected information, allowing for the Economic Evaluation over the research's 10- and 15-year duration. Additionally, the evaluation was conducted for each period under two scenarios representing the billing structure based on the commonly used electricity tariff for hospital-level services. The results obtained indicate a higher benefit over the 15-year period, particularly when the billing features a qualification factor of less than 0.5, resulting in minimum unit prices per kilowatt-hour. The calculations yielded a Net Present Value (NPV) of S/ 1,269,848, an Internal Rate of Return (IRR) of 18%, a Cost-Benefit Ratio of 0.66, and an investment payback period of 7 years and 7 months. It is concluded that considering the PSA Plant is a strategic move in configuring the oxygen supply center for the hospital, thereby improving the supply of medical oxygen in high Andean regions. This approach also offers greater economic benefits when compared to the external supplier procurement system, as demonstrated by the results of this research.

Keyword: Oxygen Generation Plant, Pressure Swing Adsorption, Economic Evaluation, Medical Oxygen Supply, high Andean Regions.

Tabla de Contenido

| | Pág. |
|--|-----------|
| Dedicatoria | ii |
| Resumen | iii |
| Abstract | iv |
| Tabla de Contenido | v |
| Lista de Tablas | viii |
| Lista de Figuras | ix |
| Prólogo | x |
| Capítulo I: Introducción..... | 1 |
| 1.1 Generalidades | 1 |
| 1.2 Descripción del problema de investigación | 2 |
| 1.3 Objetivo del Estudio | 7 |
| 1.3.1 Objetivo General | 7 |
| 1.4 Antecedentes Investigativos | 7 |
| 1.4.1 Investigaciones Internacionales | 7 |
| 1.4.2 Investigaciones Nacionales | 9 |
| Capítulo II: Marco Teórico y Conceptual..... | 12 |
| 2.1 Marco Teórico..... | 12 |
| 2.1.1 Planta de Generación de Oxígeno por Tecnología PSA..... | 12 |
| 2.1.1.1 La Adsorción..... | 12 |
| 2.1.1.2 Proceso de Adsorción por Oscilación de Presión..... | 12 |
| 2.1.1.3 Componentes Planta de Generación de Oxígeno por Tecnología PSA..... | 14 |
| 2.1.1.4 Proceso de la Planta de Generación de Oxígeno PSA..... | 15 |
| 2.1.2 Establecimientos de Salud | 16 |
| 2.1.2.1 Categorización de Establecimientos de Salud..... | 16 |
| 2.1.2.2 Normas Técnicas de Salud (NTS)..... | 17 |
| 2.1.3 Evaluación Económica..... | 19 |
| 2.1.3.1 Tasa de Descuento (k)..... | 19 |
| 2.1.3.2 Métodos de Evaluación Económica..... | 19 |
| 2.2 Marco Conceptual..... | 22 |

| | |
|---|-----------|
| 5.1.8 Beneficio | 42 |
| 5.1.8 Tasa de descuento..... | 44 |
| 5.2 Cálculo de indicadores para evaluación económica..... | 44 |
| Capítulo VI: Análisis y Discusión de Resultados | 50 |
| 6.1 Contratación de la Hipótesis | 50 |
| 6.2 Análisis y Discusión de Resultados..... | 50 |
| 6.2.1 Interpretación de resultados indicadores económicos | 50 |
| 6.2.3 Costo de mantenimiento Planta PSA. | 53 |
| 6.2.4 Costo de energía eléctrica. | 54 |
| 6.2.5 Precio del oxígeno. | 54 |
| 6.2.6 Beneficio económico..... | 54 |
| Conclusiones | 56 |
| Recomendaciones..... | 58 |
| Referencias bibliográficas..... | 59 |
| Anexos | 62 |

Lista de Tablas

| | Pág. |
|-----------------|--|
| Tabla 1 | Longitud de la red vial del sistema nacional de carretera, según tipo de superficie 2016-2022..... 5 |
| Tabla 2 | Categorías de establecimientos de salud 17 |
| Tabla 3 | Equipos para la central de gases para el primer nivel atención 18 |
| Tabla 4 | Equipos para la central de gases para el segundo nivel atención..... 18 |
| Tabla 5 | Equipos para la central de gases para el tercer nivel atención 19 |
| Tabla 6 | Indicadores de variables 23 |
| Tabla 7 | Matriz de Consistencia 27 |
| Tabla 8 | Ayacucho proyección 10 años: población, demanda de oxígeno y tiempo de operación..... 33 |
| Tabla 9 | Ayacucho proyección 15 años: población, demanda de oxígeno y tiempo de operación..... 33 |
| Tabla 10 | Inflación proyectada 36 |
| Tabla 11 | Costo de mantenimiento afectado por inflación 36 |
| Tabla 12 | Costo unitario promedio energía eléctrica 38 |
| Tabla 13 | Costo por consumo de energía eléctrica Planta PSA, periodo de 10 años 40 |
| Tabla 14 | Costo por consumo de energía eléctrica Planta PSA periodo de 15 años 40 |
| Tabla 15 | Precio proyectado del oxígeno 43 |
| Tabla 16 | Beneficio anual..... 43 |
| Tabla 17 | Flujo del dinero para periodo de 10 años 45 |
| Tabla 18 | Flujo del dinero para periodo de 15 años 45 |
| Tabla 19 | Periodo de recuperación de la inversión..... 49 |
| Tabla 20 | Cuadro comparativo criterios de evaluación económica 49 |

Lista de Figuras

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1: Mapa de susceptibilidad por movimiento de deslizamientos en el Perú.... | 4 |
| Figura 2: Exceso de mortalidad por COVID-19 | 6 |
| Figura 3: Ciclo de operación estándar de adsorción por oscilación de presión | 14 |
| Figura 4: Configuración típica de planta de generación de oxígeno PSA..... | 16 |
| Figura 5: Salidas murales de oxígeno, sala hemodiálisis | 29 |

Prólogo

El desarrollo del presente trabajo de suficiencia profesional consta de seis capítulos en los cuales se describe entre otros temas, el contexto y se desarrolla la evaluación económica de una planta de generación de oxígeno como propuesta para la mejora del suministro en establecimientos de salud.

En el **capítulo I, Introducción**, en el acápite de generalidades se describe el contexto en la cual se desarrolla la investigación, así como el alcance de la propuesta de una situación futura mejor, se describe el problema de investigación sintetizándola como pregunta en la formulación del problema, se define el objetivo y se resumen los antecedentes de investigaciones internacionales y nacionales relacionadas al presente trabajo.

En el **capítulo II, Marco Teórico y conceptual**, se describe la teoría en la que se sustenta la presente investigación sobre temas de evaluación económica y conceptos relacionados a la planta de generación de oxígeno. Se definen el concepto de las palabras utilizadas en el presente trabajo de suficiencia que tienen más de un significado.

En el **capítulo III, Hipótesis y Operacionalización de Variables**, se propone la hipótesis a confrontarse, se identifican las variables dependiente e independiente y los indicadores de esta última variable que nos permitirá evaluar el logro del objetivo.

En el **capítulo IV, Metodología de la Investigación**, consta de tres ítems; el primero; tipo y diseño de la investigación en la cual se define el enfoque, alcance y diseño de la investigación. Segundo, la unidad de análisis de la investigación. Tercero, matriz de consistencia lo conforman; formulación del problema, objetivo, hipótesis, variable dependiente, variable independiente e indicadores.

En el **capítulo V, Desarrollo del Trabajo de Investigación**, se recolecta la información, se procesa la información y se obtiene los resultados que se analizan en el siguiente acápite.

En el **capítulo VI Análisis y Discusión de Resultados**, se analiza los resultados obtenidos en el acápite anterior y se contrastaste la hipótesis formulada.

El presente informe culmina con el desarrolla las conclusiones, recomendaciones, bibliografía utilizada como sustento y los instrumentos de recolección de datos que se consignan en los anexos.

Capítulo I

Introducción

1.1 Generalidades

A causa de la pandemia del COVID-19 que tuvo su inicio en diciembre del año 2019 y se prolongó de manera crítica hasta el primer trimestre del año 2021 cuyo efecto fue a nivel mundial. El Perú fue catalogado en el rating mundial como el primer país con mayor número de muertes por cada 100 000 habitantes a causa de la Pandemia del COVID-19. La pandemia descubrió las falencias en múltiples sectores, con énfasis en el sector salud, donde la demanda del oxígeno medicinal supero a la oferta. Las empresas proveedoras operando a su máxima capacidad instalada y las importaciones realizadas fueron insuficientes para cubrir la demanda requerida del país.

En territorio peruano el Ministerio de Salud (MINSa) es la Entidad Rectora del Sistema de Salud. Los establecimientos de salud en territorio peruano se agrupan en tres sectores; Sector Público (MINSa, Instituto de Gestión de Servicios de Salud, Gobiernos Regionales, Gobiernos Locales, Seguro Social de Salud - ESSALUD, Sanidad de las Fuerzas Armadas, Sanidad de la Policía Nacional del Perú), Sector Privado y Mixto. Los establecimientos de salud están categorizados en primer nivel de atención, segundo nivel de atención y tercer nivel de atención [11].

A la falta de oferta de oxígeno medicinal a causa del COVID-19 se adiciona otros factores adversos específicamente para las zonas Alto Andinas; como la distancia desde el punto de acopio, las condiciones geográficas, climáticas, coyunturas sociales etc. complicando el suministro de oxígeno a los establecimientos de salud.

En la presente investigación se evalúa económica la Planta PSA la cual es un sistema autónomo de generación de oxígeno. La evaluación económica se realiza comparándola con el sistema de oxígeno medicinal suministrado por medio de tanque criogénico habilitado por un proveedor externo, situación que ocurre para los establecimientos de salud categorizados como segundo y tercer nivel de atención el cual consiste en la compra al proveedor externo del oxígeno en su fase líquida y cuyo producto es almacenado en tanques criogénicos para su distribución a través de redes de tuberías hasta las unidades prestadoras servicios de salud (UPSS)

El alcance de la investigación es para establecimientos de salud del tercer nivel de atención, los parámetros calculados y evaluados corresponden a la especialidad de Mecánica no se consideran lo correspondiente a otras especialidades como la de arquitectura, civil y sanitaria. Con respecto al personal que se hará cargo del manejo de la Planta PSA, es el mismo del área de mantenimiento del HRA, con excepción del personal mantenimiento preventivo especializado.

La evaluación económica realizada podrá utilizarse como sustento del expediente que permitirá la actualización de la documentación normativa correspondiente a los establecimientos de salud de tercer nivel de atención a nivel nacional y de esta manera ampliar las opciones de configuración con los otros sistemas empleados

1.2 Descripción del problema de investigación

El problema de la escasez del oxígeno en los establecimientos de salud tiene su origen en diversos motivos, cuyos efectos recaen en la salud del paciente

A continuación, se describen cinco casos que evidencian el origen del problema que se agrava por no contar con un sistema de generación de oxígeno autónomo en los establecimientos de salud.

1. La **normativa peruana** correspondientes a temas de salud pública relacionado a la Infraestructura y Equipamiento de los Establecimientos de Salud a Nivel Nacional no especifica en sus lineamientos lo relacionado al tema el uso de sistemas autónomos de generación de oxígeno, en consecuencia el suministro de oxígeno medicinal a los establecimientos de salud depende exclusivamente de la logística del proveedor externo [13, 14,15], siendo el oxígeno medicinal vital en las actividades médicas del hospital no se puede depender únicamente de un solo canal de suministro, como es del proveedor externo.
2. Los bloqueos de las carreteras obstaculizan el libre tránsito de los camiones cisternas que trasladan el oxígeno lo cual genera escasez del oxígeno en los establecimientos de salud. Los sucesos ocurridos en el Perú a causa de la **crisis política coyuntural** iniciada el 7 de diciembre del 2022 al 6 de marzo de 2023 es un hito en la historia republicana del Perú por el récord de 66 personas muertas a consecuencias de los enfrentamientos entre la ciudadanía y las fuerzas del orden, vinculados a actividades de bloqueo de carreteras y otras. Los acontecimientos de protesta según estadística de la Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías (SUTRAN) el 19/01/2023 se produjo el más alto número de bloqueos de vías 145 en total a nivel nacional [7].
3. Se mencionó que los bloqueos de carretera es una de las causas que genera la falta de suministro de oxígeno a los establecimientos de salud por lo tanto los **movimientos de masa** a causa por las **temporadas de lluvia** y agravada

por el **cambio climático** interrumpen y bloquean intempestivamente el libre tránsito en las carreteras En Perú los fenómenos naturales como; avalanchas, huaycos, deslizamientos, activación de quebradas son recurrentes anualmente. La situación se agrava por no contar con un sistema autónomo de generación de oxígeno que supla cuando ocurran estos fenómenos naturales. En la figura 1 se observa el mapa que muestra las zonas enmarcadas por deslizamientos en temporadas de lluvias en diversas zonas y con énfasis en las zonas Alto Andinas.

Figura 1

Mapa de susceptibilidad por movimiento de deslizamientos en el Perú



*Nota: fuente; Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú SENAMHI (2019)
"Movimiento en masa por lluvias intensas en el Perú"*

4. La ausencia de un sistema autónomo de generación de oxígeno se hace notoria cuando es requerido suplir el suministro de oxígeno, cuando por la **deficiente infraestructura de red vial** que es el principal medio por el cual se desplaza los camiones cisternas trasladando el oxígeno a los distintos establecimientos de salud a nivel nacional el cual influye negativamente generando sobretiempos (desabastecimiento temporal). Esto se refleja por la calidad de rodadura existente en el país, según se observa en la Tabla 1 la cantidad de vías pavimentadas y no pavimentada de los años 2016 al 2022 de donde se obtiene que la red vial a nivel nacional sin pavimentar al año 2022 a nivel nacional es de; 16%, a nivel departamental; 83%, y a nivel vecinal; 97% de vías a nivel nacional [12].

Tabla 1
Longitud de la red vial del sistema nacional de carretera, según tipo de superficie 2016-2022

| Año | Total | Pavimentada (km) | | | | No pavimentada (km) | | | |
|------|---------|------------------|--------|---------|----------|---------------------|--------|---------|----------|
| | | Nacional | Dptal. | Vecinal | Subtotal | Nacional | Dptal. | Vecinal | Subtotal |
| 2016 | 165 905 | 19 682 | 3 696 | 1 915 | 25 293 | 7 001 | 21 608 | 112 002 | 140 612 |
| 2017 | 166 765 | 20 368 | 3 714 | 1 884 | 25 966 | 6 424 | 23 767 | 110 608 | 140 800 |
| 2018 | 168 473 | 21 434 | 3 623 | 1 859 | 26 916 | 5 676 | 23 882 | 111 999 | 141 557 |
| 2019 | 168 954 | 22 172 | 4 261 | 2 336 | 28 770 | 4 881 | 23 378 | 111 925 | 140 184 |
| 2020 | 168 878 | 22 385 | 4 262 | 2 318 | 28 964 | 4 664 | 23 563 | 111 688 | 139 914 |
| 2021 | 173 058 | 22 600 | 4 661 | 2 808 | 30 069 | 4 441 | 23 286 | 115 262 | 142 989 |
| 2022 | 173 611 | 22 672 | 4 743 | 2 795 | 30 209 | 4 437 | 23 220 | 115 745 | 143 402 |

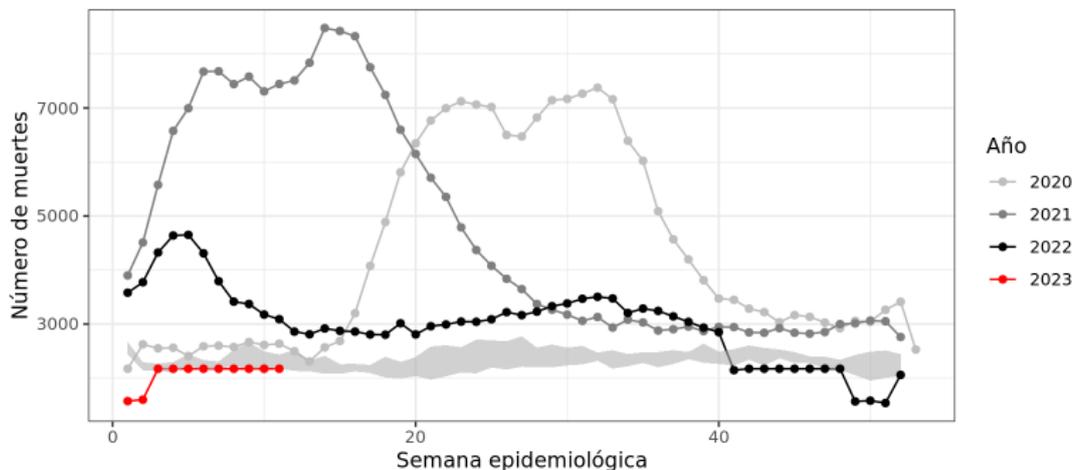
Nota: fuente; MTC Oficina de Estadística (2023) "Red vial existente del Sistema Nacional de Carreteras" [12]

5. El colapso en los establecimientos de salud a consecuencia de la **pandemia del COVID-19** se generó entre otras causas, por la falta de oxígeno medicinal que los proveedores externos operando a su máxima capacidad instalada no cubrieron la demanda de oxígeno, sumado a ello las importaciones realizadas fueron insuficientes. Sumada la oferta de los productores y las importaciones

siguió siendo insuficientes para cubrir los requerimientos de oxígeno. La no existencia de un sistema autónomo de generación de oxígeno como respaldo en los establecimientos de salud permite se agrave la situación. Las consecuencias de estas falencias origina se produzca un exceso de la mortalidad registrada en el Sistema Informático Nacional de defunciones del Perú (SINADEF), como se observa en la Figura 2, en el cual en el año 2020 y 2021 se generó un exceso de mortalidad de 200 000 personas, colocando al Perú en el primer lugar en el rating de muertes por cien mil habitantes por COVID-19[21].

Figura 2

Exceso de mortalidad por COVID-19



Nota: fuente; Sistema Informático Nacional de Defunciones (SINADEF) (2023) "Mortalidad nacional 2020-2023"

Por lo referido se genera la siguiente formulación del problema:

¿De qué manera se mejora el suministro del oxígeno medicinal en los hospitales de las zonas alto andinas?

1.3 Objetivo del Estudio

1.3.1 Objetivo General

Evaluar económicamente una planta de generación de oxígeno medicinal para mejorar el suministro en hospitales de zonas Alto Andinas

1.4 Antecedentes Investigativos

1.4.1 Investigaciones Internacionales

Villalta Gil, M. & Saravia Fuentes, F. (2016). Los autores en su trabajo investigativo de titulación **“Consultoría para el Hospital general del Instituto Salvadoreño del Seguro Social (ISSS) sobre la generación de oxígeno medicinal por el método de adsorción por balanceo de presión” [23]**, Tiene como objetivo evaluar la factibilidad técnica y económica para generar oxígeno medicinal por el método de adsorción por balanceo de presión, teniendo como unidad de análisis un sistema autónomo de generación de oxígeno medicinal, ubicado en el Hospital General del Instituto Salvadoreño del Seguro Social con el fin de brindar alternativas que mejoren continuamente la atención a los derechohabientes. La metodología usada tiene un tipo no experimental con enfoque cuantitativo transversal correlacional. Los resultados obtenidos de la evaluación económica de una inversión de \$568,301.84 respecto a la recuperación de la inversión es de 9 meses, y para el tiempo de cinco años el valor actual neto es de \$2.150,552 y con una tasa de retorno de la inversión de 112%. Una relación del beneficio costo de 3.78 permite afirmar su viabilidad técnica y económica.

Vargas Pineda, L. (2018). El autor en su trabajo de grado de Maestría **“Estudio de las necesidades de Oxígeno Medicinal en las Instituciones de Salud de la Provincia de Loja. Propuesta de un Plan Estratégico para Potenciar la**

Participación de Oxiwest Cía. Ltda.” [22], tiene de objetivo desarrollar un plan estratégico para potenciar la participación del mercado de Oxiwest Cía. Ltda., en el mercado de oxígeno medicinal en la Provincia de Loja , Ecuador, con el sistema de generación de oxígeno medicinal mediante tecnología de Adsorción por Variación de Presión para llevar a cabo el estudio se utilizó la metodología con un enfoque cuantitativo, un alcance exploratorio y descriptivo, en base al Reglamento Oficial del país, se realizó encuesta al personal administrativo del hospital. Los resultados de la evaluación económica son: para el Valor Actual Neto es de \$ 543 224 con una inversión inicial de \$ 219 443, el cálculo de la Tasa Interna de Retorno da un resultado de 51%, y el tiempo de recuperación de la inversión es de 4 años y 7 meses.

Tudela Gallardo, M. (2019). El autor en su Trabajo de titulación, **“Obtención de Oxígeno a partir de Aire Atmosférico para su uso Comercial. Estudio de Viabilidad Técnica y Económica” [20]**, tiene como objetivo analizar técnica y económicamente los sistemas de obtención de oxígeno a partir de aire atmosférico. Para ello, realiza un análisis de las distintas alternativas tecnológicas disponibles en el mercado, con la intención de seleccionar la que mejor se adapte a la demanda de la zona en Islas Canarias. Seleccionada la tecnología, describe las etapas del proceso de producción y selecciona los equipos requeridos de la planta de generación de oxígeno, definido los equipos, estima el presupuesto correspondiente y realiza su estudio económico. El estudio calcula la inversión inicial requerida, los beneficios anuales y el tiempo necesario para recuperar esta inversión. Concluyendo que es viable en el aspecto técnica como económicamente, recuperando la inversión en 3.5 años de una inversión total de 6 299 521.90 euros para un beneficio anual de 4 454 643.60 €/año el cual se obtuvo para una producción anual de oxígeno de 5 869 200 m³/año a un precio de venta de 0.783 €/ m³ y un gasto operativo 2 658 049.91 €/año.

Boldrini, M. & Palacios, G. (2019). Los autores en su trabajo de titulación **“Generador de Oxígeno para uso Hospitalario-PSA-Adsorción por variación de presión” [4]**, presenta como solución a la problemática del abastecimiento de oxígeno medicinal, el diseño de un sistema de generación de oxígeno medicinal de tecnología de adsorción por oscilación de presión para el Hospital Inter zonal General de Agudos “Dr. Oscar E. Allende, Mar del Plata, para cubrir la demanda en horas “punta” como apoyo al sistema existente de abastecimiento de oxígeno líquido en tanques criogénico. Para cumplir con su objetivo realiza una simulación mediante software del proceso para obtención de las variables involucradas, describe los tipos de tecnologías de separación de gases, enfocándose en el de tecnología de adsorción por variación de presión, realiza la selección de cada componente principal que conforma la planta de generación de oxígeno. Los resultados obtenidos demuestran que el costo de producción de oxígeno mediante el sistema propuesto PSA es de 3.26 \$/m³ el cual resulta menor en comparación al ofertado por el proveedor, obtiene como tiempo de recuperación de la inversión un tiempo de 5.5 años, un valor actual neto (VAN) de \$ 265 250 a una tasa de descuento de 10%, una tasa interna de retorno (TIR) de 16%.

1.4.2 Investigaciones Nacionales

Bilbao, A. & Cárdenas, R. (2017). Los autores en su trabajo de titulación **“Proyecto de una Planta PSA de Generación de Oxígeno Medicinal en las Instalaciones del Hospital Regional Honorio Delgado Espinoza de Arequipa” [3]**, realizan un estudio de una planta de generación de oxígeno medicinal PSA, cuyo objetivo es controlar el exceso de la demanda en “horas punta” en el establecimiento de salud Hospital Regional Honorio Delgado de la ciudad de Arequipa para lo cual realizan el diseño, cálculo de la infraestructura y equipos correspondientes. El costo

de la planta de generadora de oxígeno es de \$1 413 508.5 el cual se devaluará para un lapso de 10 años, la evaluación económica se realiza para dos alternativas; la primera alternativa como una planta PSA de apoyo solo en las horas punta y la segunda alternativa considerando una planta PSA autónoma sin dependencia de proveedores externos. Los resultados obtenidos son los siguientes, en la primera se obtiene un costo de 4.70 soles/m³ en los 2 primeros años y 1.52 soles/m³ los 8 años restantes, en el segundo análisis se obtiene 4.70 soles/m³ en los 6 primeros años y 1.58 soles/m³ los 4 años restantes, el tiempo de recuperación es de 6 y de 2 años, y la tasa Interna de Retorno de 62% y 23% respectivamente.

Riojas Rodríguez, C. E. (2020). El autor en su trabajo de titulación **“Ampliación de la Producción de la Planta de Generación de Oxígeno del Hospital las Mercedes” [17]**, tiene como objetivo ampliar la distribución de la red de tuberías en las nuevas áreas y reducir los sobrecostos a causas de la adquisición de tanques criogénicos extras en el Hospital Regional Docente las Mercedes de Chiclayo. El tipo de investigación es no experimental, explicativa, cuantitativa. La demanda de oxígeno sobrepasa a la oferta en “horas punta” para lo cual se realizó un análisis comparativo con una planta de generación de oxígeno de tecnología PSA obteniéndose los resultados de indicadores económicos siguientes: VAN es de 8 1123 124 y la TIR es de 124%.

Contreras R., J. (2021). El autor en su trabajo de titulación **“Propuesta Económica y Medioambiental para el Autoabastecimiento de Oxígeno Medicinal y Gestión Logística Inversa en Empresas Prestadoras de Salud de la Ciudad de Arequipa” [6]**, cuyo objetivo es lograr una proposición económica y medio ambiental para el autoabastecimiento de oxígeno medicinal y gestión logística inversa que minimice costos y genere ahorro en los establecimientos de salud en la ciudad de

Arequipa. La investigación es del tipo correlacional y se aplica la técnica de observación, utilizando los lineamientos del PMBOK. Los resultados obtenidos es que se requiere de una inversión de \$ 103 100 y un periodo de retorno de la inversión de 2 años 6 meses, un beneficio económico de S/. 1 050 907 en un periodo de 10 años. Con respecto a la inversión para la gestión de la logística inversa la inversión es de \$ 4 000 con un beneficio anual de S/. 11 270 anual.

Albujar Díaz, C. A. (2021). El autor en su trabajo de titulación “**Ampliación de la Planta de Generación de Oxígeno en el Hospital Regional Docente las Mercedes de Chiclayo-Lambayeque**” [1], cuyo objetivo es mejorar la distribución de oxígeno medicinal, complementando las tomas en las áreas no atendidas y repotenciar la planta autónoma de generación de oxígeno a la vez de evaluar su capacidad instalada y proponer aumentar su capacidad y proponer la capacidad del equipo autónomo que supla el incremento de la demanda. La metodología utilizada como lo menciona el autor es del tipo descriptiva, no experimental y la técnica de contrastación es explicativa, la muestra lo define como el Hospital Regional Docente las Mercedes de Chiclayo. Los resultados obtenidos muestran un consumo promedio de 10.38m³/h que no son suficientes por lo cual se adiciona un equipo autónomo de oxígeno de 12m³/h que sumados a la nueva red de distribución satisfacen la demanda del Hospital.

Capítulo II

Marco Teórico y Conceptual

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Planta de Generación de Oxígeno por Tecnología PSA

2.1.1.1 La Adsorción.

Beh, C.C.K. (2003). En su tesis doctoral “The Vacuum Swing Adsorption Process for Oxygen Enrichment. A Study into the Dynamics, Modelling and Control” [2]. La adsorción es la interacción entre las especies de una fase fluida (gas o líquido) y una superficie sólida (adsorbente), lo que implica la adsorción selectiva de una o más de las moléculas del fluido (adsorbato) sobre la superficie sólida. Existen variedad de tipos de adsorbentes entre ellos las llamadas zeolitas de estructura cristalina con micro poros de dimensiones uniformes que distinguen entre moléculas de tamaño casi idéntico, motivo por el cual se denomina tamices moleculares.

La adsorción física se presenta en el material llamado adsorbente que tienen las características de poseer una estructura cristalina con micro porosidades definidas que permiten retener mediante las fuerzas intermoleculares de Van Der Waals al adsorbato sin que se produzca ninguna reacción química con el adsorbente (zeolita), el proceso inverso de separación llamado regeneración se realiza mediante el tránsito de un flujo en contracorriente [2].

2.1.1.2 Proceso de Adsorción por Oscilación de Presión.

Tondeur, D. & Wankat, P.C. (1985). Los autores en el libro “Separation and purification methods” en el capítulo “Gas purification by pressure swing adsorption” [19]. Se ilustra en la Figura 3, los cuatro pasos del ciclo de Adsorción por oscilación de Presión de uso frecuente, aplicado a una columna, de modo que mientras una

columna se encuentra en la etapa de adsorción el segundo se encuentra en etapa de regeneración de esta manera se alternan para mantener la operación de separación continua. En la descripción, el oxígeno es el gas no adsorbido y el nitrógeno (adsorbato) es la adsorbida. Para tal fin el adsorbente es la Zeolita. A continuación, se describe los cuatro pasos del proceso de adsorción por oscilación de presión:

Compresión; estando la columna libre de nitrógeno y a baja presión PL se introduce mezcla de alimentación a alta presión en un extremo de la columna, permaneciendo cerrado el otro extremo. Seguidamente la presión aumenta de PL a PH. Al tránsito del flujo del aire, el nitrógeno se adsorbe en las primeras capas del adsorbentes se acumula y propaga un frente de concentración de nitrógeno en la columna.

Producción a alta presión; la columna que permanece en alta presión PH continúa alimentándose con mezcla (aire), mientras en el extremo opuesto de la columna se abre y sale el oxígeno puro a alta presión parte del producto es almacenados en un reservorio. Esta operación es continuada hasta que el frente del nitrógeno comience a romperse.

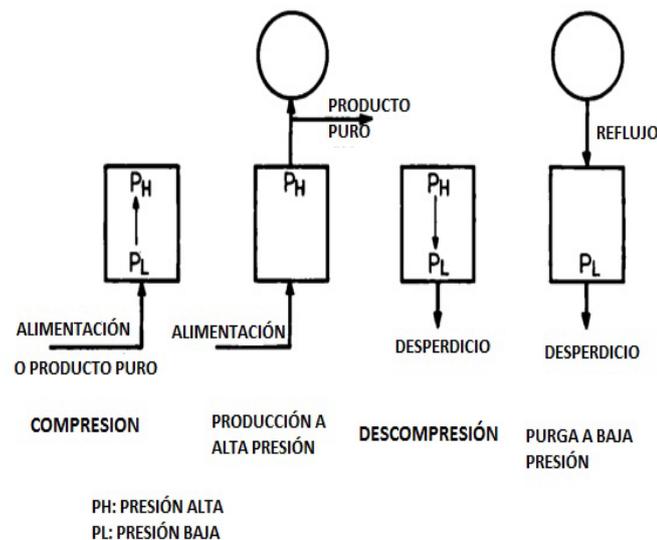
Descompresión; la ruptura del frente de nitrógeno, la alimentación y la producción se interrumpen y con un extremo cerrado la columna se vacía hasta la presión baja PL a través del otro extremo, generalmente en la dirección opuesta a la alimentación. El nitrógeno se desorbe generando una purga enriquecida en nitrógeno.

Purga a baja presión; el nitrógeno restante se purga con oxígeno puro, almacenado según lo descrito en el segundo paso, permaneciendo la columna en

PL. La desorción ocurre a través de la disminución de la presión parcial del nitrógeno [19].

Figura 3

Ciclo de operación estándar de adsorción por oscilación de presión



Nota: fuente; Tondeur, D. y Wankat, PC (1985). "Gas Purification by Pressure Swing Adsorption"

2.1.1.3 Componentes Planta de Generación de Oxígeno por Tecnología PSA.

Organización Mundial de la Salud. (OMS, 2023), en su publicación de la "Guía Técnica para la Categorización de Establecimientos del Sector Salud" [11], las Plantas Generadoras de Oxígeno PSA la componen generalmente los siguientes elementos: compresor de aire o soplador, siempre seguido de un secador, conjunto de filtros, un tanque de aire comprimido, doble columna de separación (tamices), un tanque para el oxígeno, controles y alarmas, como se observa en la Figura 4. En las interconexiones de componentes hay tubos de cobre y mangueras, con especificaciones y certificadas para gases a alta presión.

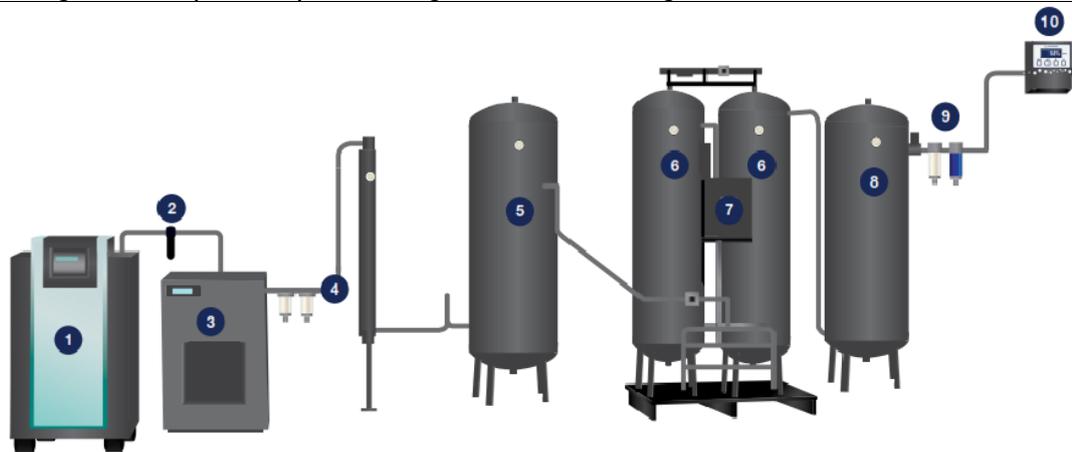
2.1.1.4 Proceso de la Planta de Generación de Oxígeno PSA.

El proceso de concentración de oxígeno como se observa en la Figura 4, comienza comprimiendo el aire ambiente, el cual pasa a través un conjunto de filtros para eliminar cualquier tipo de partícula y la humedad contenida, seguido a ello pasa por la torre de adsorción que en su interior contiene elemento denominado zeolita la cual actúa como un tamiz molecular que adsorben o retienen casi todas las moléculas de nitrógeno, mientras que el oxígeno, junto con algunos otros elementos de dimensiones menores a la porosidad del tamiz transitan libremente obteniendo como resultado la concentración de oxígeno requerida.

La pureza del oxígeno concentrado debe ser $93\% \pm 3\%$. La capacidad de producción de oxígeno varía dependiendo del modelo, normalmente van desde 2 @ 200 N m /hr, que tiene una condición de referencia de temperatura a 0°C para una presión absoluta de 101,3 kPa. A veces la producción la capacidad se expresará en S m ³/h lo que significa que el caudal se basa en la referencia estándar condiciones (temperatura 20°C y presión absoluta 101,3 kPa. Por lo tanto, dependiendo en las unidades de medida utilizadas esto determinará el volumen real de gas producido [16].

Figura 4

Configuración típica de planta de generación de oxígeno PSA



- | | |
|---|-----------------------------|
| 1. Compresor de aire | 6. Generador de oxígeno PSA |
| 2. Trampa de agua | 7. Panel de control |
| 3. Secador | 8. Depósito de oxígeno |
| 4. Conjunto de filtros | 9. Filtro antibacteriano |
| -Prefiltro (mayor 5 micron) | 10. Analizador de oxígeno |
| -Filtro cualescente (0.1 micron) | |
| -Filtro de carbon, torre de carbon, alternativamente filtro de carbon activado | |
| 5. Depósito de aire | |

Nota: fuente; Organización Mundial de la Salud. (2023). “Foundations of medical oxygen systems” [16]

2.1.2 Establecimientos de Salud

2.1.2.1 Categorización de Establecimientos de Salud

Ministerio de Salud - Dirección General de Salud de las Personas (2014). La Entidad pública a través de su documento normativo “Guía Técnica para la Categorización de Establecimientos del Sector Salud” [11], categoriza los establecimientos de salud, la cual está en función a las Unidades Productoras de Servicios de Salud (UPSS) y Unidades Productoras de Servicio (UPS) las cuales, agrupadas definen el tipo de categorización a la que corresponde el establecimiento de salud. Es la presente guía técnica, la que define los lineamientos para la categorización del establecimiento de salud. En la Tabla 2 se observa que en el primer nivel de atención son cuatro categorías, en segundo nivel de atención con tres

categorías y la del tercer nivel de atención con tres categorías, con un total de diez categorías para el ámbito lo que es el sector salud.

Tabla 2
Categorías de establecimientos de salud

| Niveles de Atención | Nivel de Complejidad | Categoría | Denominación (D.S.013-2006 SA) |
|---------------------------|----------------------|-----------|--|
| Primer Nivel de Atención | 1° | I-1 | Consultorio de profesionales de la salud (No médico cirujano) Puesto de salud o posta de salud (Con profesional de la salud no médico cirujano) |
| | 2° | I-2 | Consultorio medico (Con médico cirujano con o sin especialidad) Puesto de salud o posta de salud (con médico cirujano) |
| | 3° | I-3 | Centro de salud Centro medico Centro médico especializado Policlínico Centro Odontológico |
| | 4° | I-4 | Centro de salud con camas de internamiento Centro médico con camas de internamiento |
| Segundo Nivel de Atención | 5° | II-1 | Hospital de atención general Clínica de atención general |
| | | II-E | Hospital de atención especializada Clínica de atención especializada |
| | 6° | II-2 | Hospital de atención general Clínica de atención general |
| Tercer Nivel de Atención | 7° | III-1 | Hospital de atención general Clínica de atención general |
| | | III-E | Hospital de atención especializada Clínica de atención especializada |
| | 8° | III-2 | Instituto de salud Especializado |

Fuente: MINS/Dirección General de Salud de las Personas (DGSP) (2014) “Guía Técnica para la Categorización de Establecimientos del Sector Salud” [11]

2.1.2.2 Normas Técnicas de Salud (NTS)

Las NTS N° 113 (2015), NTS N° 110 (2014), NTS N° 119 (2014), documentación normativa cuyo título “Infraestructura y equipamiento de los establecimientos de salud” [14, 13, 15], corresponden a los establecimientos de salud del primer, segundo y tercer nivel de atención respectivamente. En las Tablas 3, 4 y 5 las cuales corresponden según la normativa peruana a la infraestructura de equipos para la central de oxígeno medicinal, se observa en los lineamientos que no se indica el uso

de sistemas Autónomos de Generación de Oxígeno para los tres niveles de atención. Como se puede observar recomiendan el uso de una central de oxígeno en base a un tanque criogénico y como contingencia el uso de una batería de cilindros de oxígeno presurizado.

Tabla 3
Equipos para la central de gases para el primer nivel atención

| Ambiente | Código | Descripción | Cantidad |
|--------------------------|--------|--|----------|
| Central de Oxígeno (I-3) | T-1 | Alarma Audiovisual | 1 |
| | E-26 | Balones de oxígeno de 10 m3 | 4 |
| | E-30 | Manifold con tablero automático de oxígeno medicinal | 2 |
| Central de Oxígeno (I-4) | T-1 | Alarma Audiovisual | 1 |
| | E-26 | Balones de oxígeno de 10 m3 | 4 |
| | E-30 | Manifold con tablero automático de oxígeno medicinal | 2 |
| | E-33 | Red de oxígeno con válvulas y accesorios | 1 |
| | T-20 | Teléfono IP de mesa uso general | 1 |

Nota: fuente; MINSA/DGIEM-V.01 (2015) "infraestructura y equipamiento de los establecimientos de salud del primer nivel de atención" [14]

Tabla 4
Equipos para la central de gases para el segundo nivel atención

| Ambiente | Código | Descripción | Cantidad |
|---|--------|--|----------|
| Central de Oxígeno (incluye batería de balones y tanque criogénico) | T-1 | Alarma Audiovisual | 1 |
| | E-26 | Balones de oxígeno de 10 m3 | 4 |
| | E-30 | Manifold con tablero automático de oxígeno medicinal | 2 |
| | E-33 | Red de oxígeno con válvulas y accesorios | 1 |
| | T-20 | Teléfono IP de mesa uso general | 1 |

Nota: fuente; MINSA/DGIEM-V.01 (2014) "infraestructura y equipamiento de los establecimientos de salud del segundo nivel de atención" [13]

Tabla 5

Equipos para la central de gases para el tercer nivel atención

| Ambiente | Código | Descripción | Cantidad |
|------------|--------|--|----------|
| | E-26 | Balones de oxígeno de 10 m3 | 1 |
| Central de | E-30 | Manifold con tablero automático de oxígeno medicinal | 1 |
| oxígeno | E-248 | Balón de oxígeno | 48 |
| | T-1 | Alarma audio visual | 1 |

Nota: fuente: MINSA/DGIEM-V.01 (2015) “infraestructura y equipamiento de los establecimientos de salud del tercer nivel de atención” [15]

2.1.3 Evaluación Económica

Kozikowski, Z. (2007). El autor en el libro “Matemáticas Financieras el valor del dinero en el tiempo” [9], proporciona las herramientas requeridas para el cálculo de los parámetros que permitirán realizar el análisis económico de la presente investigación.

2.1.3.1 Tasa de Descuento (k)

Tasa de descuento, representa el costo de oportunidad del capital o el rendimiento de un portafolio de activos financieros de riesgo equivalente.

2.1.3.2 Métodos de Evaluación Económica

a) **Valor Actual Neto (VAN)**. El valor actual neto es el método que compara la suma actualizada con la tasa de descuento de los flujos de efectivos generados en un número determinado de periodos con el costo de la inversión inicial.

$$VAN = \left[\frac{F_1}{(1+k)^1} + \frac{F_2}{(1+k)^2} \dots + \frac{F_t}{(1+k)^n} \right] - I_0 = \sum_{t=1}^n \frac{F}{(1+k)^t} - I_0$$

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (1)$$

Donde:

- $VAN = Valor Actual Neto$
- $I_0 = Inversión inicial$
- $F = Flujo de Efectivo neto$
- $k = tasa de descuento$

La interpretación del Valor Actual Neto (VAN) según su resultado matemático es la siguiente:

$$VAN > 0 \Rightarrow Aceptar$$

$$VAN = 0 \Rightarrow Indiferente$$

$$VAN < 0 \Rightarrow Rechazar$$

- b) Tasa Interna de Retorno (TIR).** Este criterio de evaluación determina cual es la tasa de descuento que iguala los flujos de efectivo esperado en el futuro con la inversión inicial. Dicho de otra manera, es la tasa de descuento que provoca que el VAN sea igual a cero.

El resultado se obtiene a través de la siguiente relación matemática:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 \quad (2)$$

La interpretación de la Tasa Interna de Retorno (TIR) según su resultado matemático es la siguiente:

$$TIR > k \Rightarrow Aceptar$$

$$TIR = k \Rightarrow Indiferente$$

$$TIR < k \Rightarrow Rechazar$$

- c) Relación Costo/Beneficio (C/B).** La siguiente metodología muestra el cálculo que relaciona los costos de la inversión con sus beneficios obtenidos. La relación C/B calcula en el numerador; el valor actualizado de los gastos

operativos y el costo de la inversión inicial. En el denominador se calcula el valor actualizado de los beneficios.

El resultado se obtiene a través de la siguiente relación matemática:

$$\frac{C}{B} = \frac{I_0 + VA_{(\text{costo operación})}}{VA_{(\text{beneficio})}} \quad (3)$$

Donde:

VA = Valor Actual

La interpretación de la relación Costo/Beneficio (C/B) según su resultado matemático es la siguiente:

$$C/B < 1 \Rightarrow \textit{Aceptar}$$

$$C/B = 1 \Rightarrow \textit{Indiferente}$$

$$C/B > 1 \Rightarrow \textit{Rechazar}$$

d) Periodo de Recuperación (PR). Es el número de periodos o años que tardaría para recuperar la inversión inicial. Con la Ecuación 4 se determina el periodo de recuperación para flujos netos constantes:

$$PR = \frac{I_0}{F} \quad (4)$$

Donde:

PR = Periodo de recuperación

I₀ = Inversión inicial

F = Flujos neto de efectivo

2.2 Marco Conceptual

- a) **Oxígeno medicinal:** elemento químico diatómico en fase gaseosa en una proporción de pureza en volumen con respecto al aire del 95% V/V, apto para tratamiento médico.
- b) **Planta PSA:** Conjunto de elementos, electromecánicos, mecánicos, electrónicos, entre otros que actúan como un sistema para la producción del oxígeno medicinal a partir del aire atmosférico.
- c) **Batería, bancada:** Conjunto de cilindros de oxígeno gaseoso interconectados que actúan como un bloque y de respaldo al sistema principal de suministro de oxígeno.
- d) **Central:** Lugar del Establecimiento de Salud de donde se inicia la distribución del oxígeno medicinal a través de la red de tuberías a las unidades prestadoras de servicios de salud.
- e) **Cilindro/botella:** Son recipientes especiales de acero al carbono o aluminio diseñado para contener el oxígeno gaseoso a elevadas presiones.
- f) **Columna:** Componente del sistema de la planta de generación de oxígeno PSA, en la cual se realiza el proceso de Adsorción a través de la zeolita.
- g) **Salidas:** Se refiere a la toma mural situadas en los ambientes en donde se harán uso del oxígeno medicinal las que vienen a través de la red de distribución de la central de oxígeno
- h) **Tanque:** Recipiente hermético diseñado para contener oxígeno líquido presurizado y aislado a los cambios de temperatura externa.

Capítulo III

Hipótesis y Operacionalización de Variables

3.1 Hipótesis

La Evaluación Económica de una planta de generación de oxígeno medicinal influye en mejorar el suministro de oxígeno en hospitales de zonas alto andinas.

3.2 Variables

3.2.1 Variable Independiente

Evaluación Económica

3.2.2 Variable Dependiente

Suministro de oxígeno medicinal

3.3 Indicadores

Tabla 6
Indicadores de variables

| Variable | Indicador | Unidad de medida |
|------------------------|-----------------------------------|------------------|
| Variable independiente | VAN | Soles |
| | TIR | Porcentaje |
| | Relación Costo/Beneficio | Soles/soles |
| | Periodo de recuperación inversión | años |
| Variable dependiente | Cantidad oxígeno | Metros cúbicos |

Nota: Indicadores basado en la bibliografía "Matemáticas Financieras el Valor del Dinero en el Tiempo" [9]

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo IV

Metodología de la investigación

4.1 Tipo y diseño de la investigación

4.1.1 Enfoque

El presente trabajo de suficiencia es de naturaleza mixta porque cuatro de las características epistemológicas recaen dentro de una investigación cuantitativa y tres dentro las características de una investigación cualitativa. A continuación, se desarrolla las características epistemológicas.

4.1.1.1 Características epistemológicas de investigación cuantitativas.

Desde el punto vista de la **percepción de la realidad**, la investigación es objetiva porque se sustenta en parámetros cuantificables, sustentados en valores obtenidos en base a la información de los proveedores, así como también los obtenidos por la Entidad correspondiente.

Desde el punto de vista del **razonamiento**, la investigación es deductiva, porque tiene como premisa la existencia de que todo proyecto con beneficio económico, social, etc. es considerado en cartera y si el presente estudio concluye demostrando beneficio a la sociedad será considerado en cartera como parte a las alternativas de solución a la problemática permitiendo contrastar la hipótesis.

Desde el punto de vista de la **finalidad**, la investigación está dedicado a la comprobación de los resultados obtenidos entre lo actualmente operativo con lo propuesto.

Desde el punto de vista de la **perspectiva del investigador**, la investigación se realiza en función a la información entregada por los involucrados o de la información recopilada.

4.1.1.2 Características epistemológicas de investigación cualitativas.

Desde el punto de del **principio de la verdad**, la propuesta de la presente investigación como oportunidad futura requiere para su consideración evaluaciones de otras especialidades que complementen el estudio, así como la opinión directores que influyen en su aplicación futura por ello se requiere un pensamiento holístico.

Desde el punto de vista de **orientación**, la investigación está orientada al proceso porque según la elección del proceso que se seleccione incidirá en los resultados finales del objetivo de estudio

Desde el punto de vista de **causalidad**, el efecto producido en la variable dependiente, requerirá de una interacción de factores o variables independientes.

4.1.2 Alcance

Correlacional, porque permitirá a la variable independiente la cual consiste en el estudio de la evaluación económica de la planta de generación de oxígeno influir en la variable dependiente mejorando el suministro de oxígeno en el establecimiento de salud.

4.1.3 Diseño de la investigación

Es no experimental porque no se va a manipular ningún indicador de la variable principal, es transversal porque el tiempo en que se realiza la evaluación económica coincide en el tiempo con los costos operativos, la inversión y beneficio obtenido.

4.2 Unidad de análisis

Planta de generación de oxígeno de tecnología PSA. Entidad; Hospital Regional de Ayacucho (HRA), Ubicación: bloque Canan Alto N° s/n, distrito; Andrés A. Cáceres, provincia; Huamanga, departamento Ayacucho – Perú.

4.3 Justificación e importancia

- **Justificación**

La presente investigación surge por la necesidad de contrarrestar la escasez de oxígeno medicinal que generó la pandemia del COVID-19 a inicios del año 2020 la cual se beneficiara a la población que acuda a los establecimientos de salud. Tecnológicamente existe la infraestructura que permite producir in situ el oxígeno medicinal de manera simple y fácil. Económicamente porque existe la tecnología que permite producir en oxígeno medicinal a un menor costo del que el proveedor externo lo expende. Socialmente la investigación proporcionara un servicio inmediato, continuo y oportuno a la población.

- **Importancia**

Es importante la presente investigación porque permitirá se utilice como sustento del expediente que actualizará la documentación normativa correspondiente, incluyendo en sus lineamientos la utilización de un sistema autónomo de generación de oxígeno medicinal de manera se incremente la alternativa de configuración de la central de oxígeno y brindar un servicio ininterrumpido a la población.

4.4 Matriz de consistencia

Título: Evaluación Económica de una planta de generación de oxígeno medicinal para mejorar el suministro en hospitales de zonas alto andinas

Tabla 7
Matriz de Consistencia

| PROBLEMA | OBJETIVO | HIPOTESIS | VARIABLES | | INDICADORES |
|---|---|---|---------------------------------|----------------------|---|
| | | | DEPENDIENTE | INDEPENDIENTE | |
| ¿De qué manera se mejora el suministro del oxígeno medicinal en los hospitales de las zonas alto andinas? | Evaluación Económica de una planta de generación de oxígeno medicinal para mejorar el suministro de oxígeno en hospitales de zonas alto andinas | La Evaluación Económica de una planta de generación de oxígeno medicinal influye en mejorar el suministro de oxígeno en hospitales de zonas alto andinas. | Suministro de oxígeno medicinal | Evaluación económica | <ul style="list-style-type: none"> • VAN S/. • TIR (%) • Relación Costo/Beneficio • Periodo recuperación capital (años) |

Nota: Elaborado en función a la problemática de suministro de oxígeno en hospitales de zonas Alto Andinas

Fuente: Elaboración propia

Capítulo V

Desarrollo del trabajo de investigación

La metodología utilizada para realizar el desarrollo del presente capítulo cuyo objetivo es obtener los indicadores que permitan realizar la evaluación económica a la Planta PSA cuyo resultado permitirá conocer la rentabilidad de la utilización de una planta PSA. El desarrollo se divide en dos secciones, en la primera se calcula la data que permitirá la obtención de los indicadores económicos en la segunda parte se obtiene el valor de los indicadores que permitieron decidir sobre la viabilidad económica del estudio. El desarrollo de la primera y segunda sección se realiza enfocando a dos periodos de tiempo de duración del estudio y estas a la vez para dos situaciones diferentes respecto al costo de energía consumida por la planta PSA.

5.1 Data requerida para cálculo de indicadores de Evaluación Económica

5.1.1 Capacidad requerida de oxígeno medicinal.

El cálculo del caudal de oxígeno se realiza primeramente para la central de oxígeno del HRA, la cual se utiliza como base para realizar la proyección de la demanda debido al incremento demográfico de la zona, para los siguientes 10 y 15 años.

5.1.1.1 Capacidad de la Central de Oxígeno del HRA

En el presente acápite se calcula la capacidad de caudal de oxígeno medicinal requerido para la atención del HRA, lo cual se realizó en función a la cantidad de tomas murales instaladas.

En el Anexo 1 se recolectó la data de la cantidad de tomas murales de oxígeno medicinal existentes en el HRA, para ello se utilizó los alcances de los lineamientos

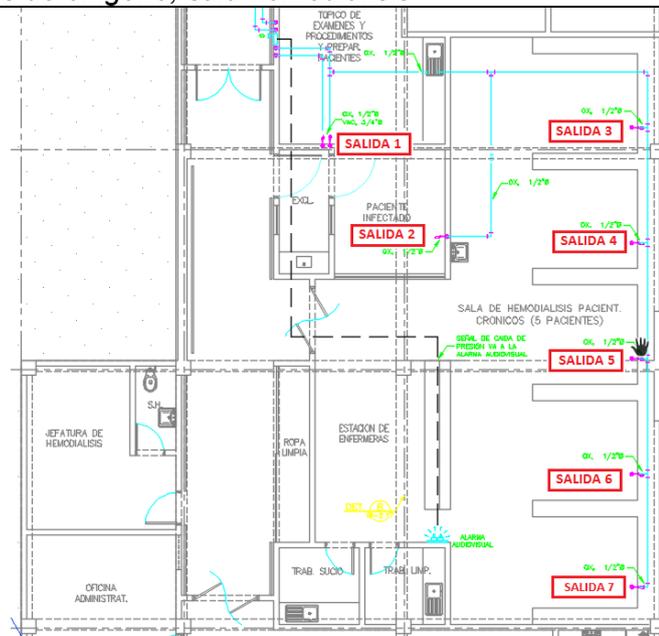
de la Norma de Diseño del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) [8] y planos de instalaciones del sistema de gases medicinales del hospital.

En el Anexo 2, se muestra los alcances que el IMSS ofrece para realizar la estimación de la capacidad requerida de oxígeno medicinal. La cantidad de tomas murales de oxígeno medicinal es función del tipo de unidad prestadora de servicio de salud (UPSS). El tipo de salida del tipo “A” que es para consumos masivos y el de tipo “B” para consumos menores, donde la norma indica el flujo de una salida tipo “A” equivale a 4 la del tipo “B”.

En la Figura 5, se muestra el plano de la sala de hemodiálisis del HRA, en el cual se identificó y realizó el conteo de la toma mural, donde se identificó siete salidas como se observa en el Anexo 1.

Figura 5

Salidas murales de oxígeno, sala hemodiálisis



Nota: Fuente; Hospital Regional Miguel Ángel Mariscal Llerena – Ayacucho (2013) “Plano sistema de gases medicinales segundo piso sector F”

En el Anexo 1, se muestra la cantidad total de tomas murales de oxígeno medicinal, la cual asciende a 1030 salidas del tipo “B”. Con la cantidad identificada de tomas murales se determina el caudal para lo cual se utiliza el Anexo 3 e interpolando valores se obtuvo un gasto total de 2290 litros por minuto. Se considera por recomendación un factor de simultaneidad de 0.25 obteniéndose el caudal de 34.5 m³/h;

Caudal = 2290 l/min x 0.25 = 572.5 l/min = 572.5 l/min x 1 m³/1000 l x 60 min/1h = 34.5 m³/h

El caudal total de oxígeno 34.5 m³/h cubre la demanda de todas las unidades prestadoras de servicios de salud, comunicadas a través de las redes de tuberías que parten desde la central de oxígeno.

5.1.1.2 Capacidad por incremento demográfico

- a) Incremento demográfico. La información obtenida la cual permitió obtener la proyección del crecimiento poblacional fue realizada por el método de componentes (fecundidad, mortalidad e inmigración) para la provincia de Huamanga por ser el lugar de ubicación del HRA para ello se utilizó los resultados de los dos últimos Censos Nacionales realizados los años 2007 y 2017 mostrado en el Anexo 4, en donde la población estimada para el año 2007 es de 221 390 habitantes para el 2017 es de 282 194 habitantes, de estos datos se obtiene una tasa de crecimiento promedio anual de 2.5%. En base estos valores se realizan la proyección poblacional de la provincia de Huamanga desde el año 2024 hasta el año 2038 por el método de progresión geométrica, obteniéndose los valores representados en la Tabla 8 y Tabla 9 donde se proyecta un incremento

de 91 660 habitantes de habitantes al finalizar el año 2033 y un incremento de 146 709 habitantes al finalizar el año 2038.

- b) Incremento caudal oxígeno. El incremento de habitantes calculados incrementará la demanda futura de caudal del HRA, en consecuencia, los requerimientos del oxígeno medicinal calculada en 34.5 m³/h será insuficiente. Para el cálculo de incremento de caudal se realiza la aproximación mediante la regla de proporcionalidad aritmética; considerando la cantidad de habitantes existentes para el año 2023 equivale a 327 259 habitantes hacen uso de 34.5 m³/h, entonces el incremento de 91 660 habitantes computados hasta el 2033 es el que se tomó como primer caso se asume una regla de proporcionalidad y se obtiene el valor del caudal de 9.62 m³/h ($91\ 660 \times 34.5 / 327\ 259$). De similar manera se obtiene para el segundo caso, periodo de duración del estudio de 15 años (2024 al 2038) Cuyo valor del caudal 15.4 m³/h ($146\ 709 \times 34.5 / 327\ 259$)

5.1.2 Selección de capacidad de Planta PSA.

Por efectos de altitud y temperatura del lugar cuyos datos se muestran en el Anexo 5 se corrige los caudales utilizando los datos obtenidos para los periodos de estudio de 10 y 15 años de 9.66 m³/h y 15.4 m³/h. para ello se utilizó la Ecuación 5.

5.1.2.1 Periodo de investigación de 10 años.

El caudal obtenido de 9.62 m³/h se corrigió por efectos de la altitud y temperatura utilizando la Ecuación 5, obteniéndose el valor de 13.00 m³/h y de tablas del catálogo del fabricante se selecciona el caudal más próximo por exceso de 18.2 m³/h y cuya potencia de la planta corresponde a 37.5 kW. Mediante la Ecuación 6,

se obtiene el caudal de 13.46 m³/h de la planta PSA valor que generara en el lugar de trabajo.

$$Q_{\text{corregido}} = Q_{CN} \left(\frac{P_{CN}}{P_{Hu}} \right) \left(\frac{T_{Hu}}{T_{CN}} \right) \quad (5)$$

Q_{CN} = Caudal a condiciones normales

P_{CN} = Presion a condiciones normales

T_{CN} = Temperatura a condiciones normales

P_{Hu} = Presion ciudad Huamanga

T_{Hu} = Temperatura ciudad Huamanga

$$Q_{\text{corregido}} = 9.62 \text{ m}^3/\text{h} \left(\frac{101.325 \text{ kPa}}{71.7 \text{ kPa}} \right) \left(\frac{285.2^\circ \text{K}}{298.15^\circ \text{K}} \right)$$

$$Q_{\text{corregido}} = 13.00 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{comprobacion}} = Q_{\text{seleccionado}} \left(\frac{P_{Hu}}{P_{CN}} \right) \left(\frac{T_{CN}}{T_{Hu}} \right) \quad (6)$$

$$Q_{\text{comprobacion}} = 18.2 \text{ m}^3/\text{h} \left(\frac{71.7 \text{ kPa}}{101.325 \text{ kPa}} \right) \left(\frac{298.15^\circ \text{K}}{285.2^\circ \text{K}} \right)$$

$$Q_{\text{comprobacion}} = 13.46 \text{ m}^3/\text{h}$$

5.1.2.2 Periodo de investigación de 15 años

De similar manera siguiendo la metodología empleada en el acápite precedente, y con el resultado obtenido del caudal de 15.4 m³/h, se corrigió por efectos de la altitud y temperatura utilizando la Ecuación 5, obteniéndose el valor de 20.81 m³/h y de tablas del catálogo del fabricante se selecciona el caudal más próximo por exceso de 36.5 m³/h y cuya potencia de la planta corresponde a 52.5

kW. Mediante la Ecuación 6, se obtiene el caudal de 27.01 m³/h de la planta PSA valor que se generara en el lugar de trabajo.

Tabla 8
Ayacucho proyección 10 años: población, demanda de oxígeno y tiempo de operación

| Año | Población estimada (habitantes) | Población incremento acumulado | Demanda de oxígeno m ³ /h | Horas/año | Demanda futura m ³ /año | Capacidad Planta m ³ /h | Operación planta PSA h/año |
|------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-----------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 2023 | 327 259 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2024 | 335 440 | 8181 | 1.16 | 8760 | 10167 | 13.46 | 755 |
| 2025 | 343 826 | 16567 | 2.35 | 8760 | 20589 | 13.46 | 1529 |
| 2026 | 352 422 | 25163 | 3.57 | 8760 | 31271 | 13.46 | 2322 |
| 2027 | 361 233 | 33974 | 4.82 | 8760 | 42220 | 13.46 | 3135 |
| 2028 | 370 264 | 43005 | 6.10 | 8760 | 53443 | 13.46 | 3969 |
| 2029 | 379 520 | 52261 | 7.41 | 8760 | 64946 | 13.46 | 4823 |
| 2030 | 389 008 | 61749 | 8.76 | 8760 | 76737 | 13.46 | 5699 |
| 2031 | 398 733 | 71474 | 10.14 | 8760 | 88823 | 13.46 | 6596 |
| 2032 | 408 702 | 81443 | 11.55 | 8760 | 101211 | 13.46 | 7516 |
| 2033 | 418 919 | 91660 | 13.00 | 8760 | 113908 | 13.46 | 8459 |

Nota: Resultados basado en INEI (2018) "Ayacucho resultados definitivos" Tomo I
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9
Ayacucho proyección 15 años: población, demanda de oxígeno y tiempo de operación

| Año | Población estimada (habitantes) | Población incremento acumulado | Demanda de oxígeno m ³ /h | Horas/año | Demanda futura m ³ /año | Capacidad Planta m ³ /h | Operación planta PSA h/año |
|------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-----------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 2023 | 327 259 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2024 | 335 440 | 8181 | 1.16 | 8760 | 10167 | 27.01 | 376 |
| 2025 | 343 826 | 16567 | 2.35 | 8760 | 20589 | 27.01 | 762 |
| 2026 | 352 422 | 25163 | 3.57 | 8760 | 31271 | 27.01 | 1158 |
| 2027 | 361 233 | 33974 | 4.82 | 8760 | 42220 | 27.01 | 1563 |
| 2028 | 370 264 | 43005 | 6.10 | 8760 | 53443 | 27.01 | 1979 |
| 2029 | 379 520 | 52261 | 7.41 | 8760 | 64946 | 27.01 | 2405 |
| 2030 | 389 008 | 61749 | 8.76 | 8760 | 76737 | 27.01 | 2842 |
| 2031 | 398 733 | 71474 | 10.14 | 8760 | 88823 | 27.01 | 3289 |
| 2032 | 408 702 | 81443 | 11.55 | 8760 | 101211 | 27.01 | 3748 |
| 2033 | 418 919 | 91660 | 13.00 | 8760 | 113908 | 27.01 | 4218 |

| | | | | | | | |
|------|--------|--------|-------|------|--------|-------|------|
| 2034 | 429392 | 102133 | 14.49 | 8760 | 126923 | 27.01 | 4700 |
| 2035 | 440126 | 112868 | 16.01 | 8760 | 140264 | 27.01 | 5194 |
| 2036 | 451129 | 123871 | 17.57 | 8760 | 153938 | 27.01 | 5700 |
| 2037 | 462408 | 135149 | 19.17 | 8760 | 167953 | 27.01 | 6219 |
| 2038 | 473968 | 146709 | 20.81 | 8760 | 182320 | 27.01 | 6751 |

Nota: Resultados basados en INEI (2018) "Ayacucho resultados definitivos" Tomo I
Fuente: Elaboración Propia

5.1.3 Costo de la Planta PSA

El costo de la Planta de generación de oxígeno de tecnología PSA se obtuvo de la propuesta económica del proveedor. Para lo cual se utilizó el catálogo del proveedor y los resultados corregidos del caudal por efecto de la altitud y temperatura de la zona cuya capacidad de caudal es de 18.2 m³/h el cual corresponde a una potencia de planta de 37.5 (periodo 10 años) y 36.2 m³/h corresponde a una potencia de planta de 52.5 kW (periodo 15 años). La propuesta económica para ambos casos asciende a la suma de novecientos mil y un millón de soles respectivamente, incluye transporte, montaje y puesta en marcha en sitio de operación.

5.1.4 Costo mantenimiento de la Planta PSA

Se obtuvo el costo de mantenimiento anual mediante el siguiente procedimiento:

Del Anexo 6 que muestra el cronograma de actividades de mantenimiento preventivo en función a las horas acumuladas de operación de la Planta PSA, de la cual se elabora la tabla del Anexo 7, la cual representa los bloques de actividades de mantenimiento preventivo agrupados por las horas acumuladas de operación (diaria, semanal, 500, 1500, 3000, 6000, 12000, 18000. Y 30000 horas de operación) y al grupo de actividades, se le asigna el valor del costo proporcionada por los proveedores del servicio.

En el Anexo 8, se muestran los resultados del costo anual del mantenimiento preventivo. Para lo cual, se realizó el producto de la cantidad veces que se realiza el bloque de actividades por el costo del mismo. Los resultados obtenidos son válidos para el año 2023, los cuales se corrigen por efecto de la inflación.

La Tabla 10, muestra la inflación proyectada, las cuales se obtuvieron de la publicación realizado por el Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (CEPLAN) [5] organismo público adscrito a la Presidencia del Consejo de ministro (PCM), obteniéndose la inflación hasta el año 2030, para los años siguientes hasta el 2038, se utilizaron la hoja de cálculo EXCEL teniendo como historial los índices publicados por CEPLAN. Se evaluó con los métodos de regresión lineal, logarítmica, polinómica y exponencial, eligiéndose la logarítmica, la que se adapta a la tendencia de la inflación, el valor del coeficiente de determinación es de 0.4197.

Los costos de mantenimiento obtenidos en la Tabla 11 se actualizaron por efecto de la inflación a través de la Ecuación 7 el cual considera el efecto compuesto de la inflación.

$$C_P = C_A(1 + \phi_{a1})(1 + \phi_{a2}) \dots (1 + \phi_{an}) \quad [7]$$

Donde:

C_P : Costo proyectado

C_A : Costo actual

ϕ_{an} : Inflación año "n"

Tabla 10**Inflación proyectada**

| Año | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| INFLACIÓN | 2.10% | 2.00% | 2.00% | 2.00% | 2.00% | 1.90% | 1.90% | 1.93% | 1.93% | 1.92% | 1.92% | 1.91% | 1.91% | 1.90% | 1.90% |

Nota: Resultados obtenidos basados en Centro Nacional de Planeamiento Estratégico. *"Proyecciones Macroeconómicas al 2030"*

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11**Costo de mantenimiento afectado por inflación**

| Año | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Costo (S/.) | 39568 | 62021 | 52639 | 66694 | 41504 | 67068 | 59162 | 69661 | 44776 | 74799 | 60111 | 72178 | 45474 | 74463 | 59888 |

Nota: fuente: resultados obtenidos basados en Centro Nacional de Planeamiento Estratégico. *"Proyecciones Macroeconómicas al 2030"*

Fuente: Elaboración Propia

5.1.5 Costo Energía Eléctrica Planta PSA

5.1.5.1 Costo Unitario

a) Costo unitario de energía eléctrica considerando factor de calificación mayor o igual a 0.5. El procedimiento para el cálculo fue el siguiente; en el Anexo 9 se recopiló la información del consumo de energía activa total y su importe correspondiente en soles de cada mes facturado por la empresa proveedora. La tarifa contratada por el HRA es la de MT3, en el detalle de consumo eléctrico del recibo incluye otros cargos de ley. Para obtener el costo unitario promedio mensual se dividió el importe facturado en soles por la energía activa total consumida por el hospital, este procedimiento se realiza para todos los recibos mensuales consignados en el Anexo 9. Los resultados obtenidos se agrupan por año y se obtiene el promedio del costo unitario para cada año correspondiente. Con los resultados (S/kWh) se realiza la proyección hasta año 2038 mostrados en la Tabla 12. Para lo cual se utilizó las herramientas estadísticas de proyección (método de regresión lineal, logarítmica, algebraica y exponencial). Eligiendo la del método de regresión logarítmica cuyos valores obtenidos se ajustan a la tendencia de los históricos, cuyo coeficiente de determinación tiene el valor de 0.7249.

Tabla 12
Costo unitario promedio energía eléctrica

| Año | Costo unitario (S/kWh) factor de calificación mayor o igual 0.5 | Costo unitario (S/kWh) factor de calificación menor 0.5 |
|------|---|---|
| 2018 | 0.4455 | 0.4148 |
| 2019 | 0.5265 | 0.4902 |
| 2020 | 0.4675 | 0.4352 |
| 2021 | 0.5024 | 0.4677 |
| 2022 | 0.5719 | 0.5325 |
| 2023 | 0.6104 | 0.5682 |
| 2024 | 0.6202 | 0.5774 |
| 2025 | 0.6486 | 0.6038 |
| 2026 | 0.6769 | 0.6302 |
| 2027 | 0.7053 | 0.6566 |
| 2028 | 0.7336 | 0.6830 |
| 2029 | 0.7619 | 0.7094 |
| 2030 | 0.7902 | 0.7357 |
| 2031 | 0.8185 | 0.7620 |
| 2032 | 0.8468 | 0.7884 |
| 2033 | 0.8751 | 0.8147 |
| 2034 | 0.9033 | 0.8410 |
| 2035 | 0.9315 | 0.8673 |
| 2036 | 0.9598 | 0.8935 |
| 2037 | 0.9880 | 0.9198 |
| 2038 | 1.0162 | 0.9460 |

Nota: Resultados basados en los datos de la empresa Electrocentro.

Fuente: Elaboración Propia

b) Costo unitario considerando factor de calificación menor a 0.5. La diferencia que se presenta para este caso, es que los costos unitarios computados en la tarifa por concepto de potencia de uso de redes de distribución y potencia activa de generación son inferiores cuando el factor de potencia es inferior a 0.5. El procedimiento seguido para calcular el porcentaje en que disminuye el costo unitario promedio se sintetiza en el anexo 10. Para ello se tomó una muestra de las últimas 12 facturaciones hasta el mes de junio del año 2023, identificándose las cantidades consumidas en potencias de generación y potencia de distribución, así mismo obteniendo el promedio de sus precios unitarios para los factores de calificación mayor o igual y menor a 0.5, la diferencia por el “Pago total por potencia” representa el ahorro o monto de dinero en que disminuye la facturación mensual y como se muestra en el

Anexo 10, el porcentaje promedio en que disminuye el costo promedio unitario es del 6.9%. El resultado del costo unitario considerando un factor de calificación menor o igual a 0.5 se muestra en la Tabla 12.

5.1.5.2 Costo por consumo de energía eléctrica Planta PSA

Costo por consumo energía eléctrica de la Planta PSA, se obtiene del producto de tres factores: potencia de la Planta PSA (acápite 5.1.2), horas de operación (Tabla 8, Tabla 9) y costo unitario de energía eléctrica (Tabla 12). El resultado se muestra en la Tabla 13 y Tabla 14, para los casos donde el periodo de duración del estudio es de 10 y 15 años, y en cada periodo se realiza el cálculo considerando dos casos, con un factor de calificación mayor o igual y menor a 0.5

Tabla 13**Costo por consumo de energía eléctrica Planta PSA, periodo de 10 años**

| Año | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Potencia (kW) | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 | 37.5 |
| Tiempo operación (h/año) | 755 | 1529 | 2322 | 3135 | 3969 | 4823 | 5699 | 6596 | 7516 | 8459 |
| Factor de calificación mayor o igual 0.5 | | | | | | | | | | |
| Costo unitario (S/kWh) | 0.6202 | 0.6486 | 0.6769 | 0.7053 | 0.7336 | 0.7619 | 0.7902 | 0.8185 | 0.8468 | 0.8751 |
| Costo (S/.) | 17561 | 37187 | 58949 | 82923 | 109181 | 137804 | 168870 | 202464 | 238670 | 277578 |
| Factor de calificación FC < 0.5 | | | | | | | | | | |
| Costo unitario (S/kWh) | 0.5774 | 0.6038 | 0.6302 | 0.6566 | 0.6830 | 0.7094 | 0.7357 | 0.7620 | 0.7884 | 0.8147 |
| Costo (S/.) | 16349 | 34621 | 54882 | 77201 | 101648 | 128296 | 157219 | 188495 | 222203 | 258427 |

Nota: Resultados basados en los datos de la empresa Electrocentro

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14**Costo por consumo de energía eléctrica Planta PSA periodo de 15 años**

| Año | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Potencia (kW) | 52.5 | 52.5 | 52.5 | 52.5 | 52.5 | 52.5 | 52.5 | 52.5 | 52.5 | 52.5 | 52.5 | 52.5 | 52.5 | 52.5 | 52.5 |
| Tiempo operación (h/año) | 376 | 762 | 1158 | 1563 | 1979 | 2405 | 2842 | 3289 | 3748 | 4218 | 4700 | 5194 | 5700 | 6219 | 6751 |
| Factor de calificación mayor o igual 0.5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Costo unitario (S/kWh) | 0.6202 | 0.6486 | 0.6769 | 0.7053 | 0.7336 | 0.7619 | 0.7902 | 0.8185 | 0.8468 | 0.8751 | 0.9033 | 0.9315 | 0.9598 | 0.9880 | 1.0162 |
| Costo (S/.) | 12259 | 25959 | 41152 | 57887 | 76218 | 96199 | 117886 | 141337 | 166613 | 193773 | 222884 | 254008 | 287216 | 322576 | 360160 |
| Factor de calificación menor a 0.5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Costo unitario (S/kWh) | 0.5774 | 0.6038 | 0.6302 | 0.6566 | 0.6830 | 0.7094 | 0.7357 | 0.7620 | 0.7884 | 0.8147 | 0.8410 | 0.8673 | 0.8935 | 0.9198 | 0.9460 |
| Costo (S/.) | 11413 | 24168 | 38312 | 53893 | 70959 | 89561 | 109752 | 131585 | 155116 | 180403 | 207505 | 236482 | 267398 | 300318 | 335309 |

Nota: Resultados basados en los datos de la empresa Electrocentro

Fuente: Elaboración Propia

5.1.6 Vida útil y valor de rescate de la planta PSA

La vida útil de la planta de Generación de oxígeno de tecnología PSA recomendada por el proveedor es variada dependiendo de la calidad de sus componentes, condiciones geográficas, condiciones de sitio etc. El proveedor propone hasta 180 000 horas (20 años) de operación. Para el presente estudio se considera dos periodos de 10 y 15 años como tiempo de vida útil de la planta de PSA seleccionada. Valor de rescate de la Planta PSA, se asume el 10% de la inversión inicial. El cálculo del valor de rescate, lo realiza el HRA a través de la designación de una comisión que cumplen con procedimientos administrativos que culmina con la evalúan y tasación de la Planta PSA para su posterior venta.

5.1.7 Costo del oxígeno por proveedor

El HRA a través de su oficina administrativa, convoco a licitación pública N° 004-2022- HRA/CS-1, para la adquisición de oxígeno líquido a requerimiento del departamento de farmacia. Se adjudicó la Buena Pro por la cantidad de 47 250 m³ a un precio unitario de 4.838 soles el metro cúbico (S/m³), como se observa en el Anexo 11. El oxígeno líquido se abastece a través de los camiones cisternas al tanque criogénico de capacidad física de 15 m³ (4 000 galones) propiedad de la empresa proveedora. El control del stock, requerimiento y control de calidad del oxígeno lo asume el área de Farmacia del hospital, el proveedor sustenta a través de documentación correspondiente con firma del Profesional Químico Farmacéutico Colegiado en función a los parámetros que la Norma Técnica de la Farmacopea Europea 8.0

El precio de 4.838 (S/m³) se proyectó para los años futuros (año 2024 al 2038) utilizando el valor de la inflación registrada en la Tabla 10, y su efecto acumulativo utilizando la Ecuación 7. Los resultados que se muestran en la Tabla 15.

5.1.8 Beneficio

Monto representado por el dinero que se deja de pagar al proveedor de oxígeno por el uso de la Planta PSA. La Tabla 16, muestra el beneficio anual, el cual se obtiene multiplicando la demanda futura de oxígeno (Tabla 8) por el precio oxígeno (Tabla 15).

Tabla 15***Precio proyectado del oxígeno***

| Año | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Precio actual (S/) | 4.838 | 4.838 | 4.838 | 4.838 | 4.838 | 4.838 | 4.838 | 4.838 | 4.838 | 4.838 | 4.838 | 4.838 | 4.838 | 4.838 | 4.838 |
| Inflación (%) | 2.10% | 2.00% | 2.00% | 2.00% | 2.00% | 1.90% | 1.90% | 1.93% | 1.93% | 1.92% | 1.92% | 1.91% | 1.91% | 1.90% | 1.90% |
| Precio* (S/.m3) | 4.940 | 5.038 | 5.139 | 5.242 | 5.347 | 5.448 | 5.552 | 5.659 | 5.768 | 5.879 | 5.992 | 6.106 | 6.223 | 6.341 | 6.335 |

(*) Afectado por la inflación acumulada.

Nota: Resultados basados en datos de la empresa Air Products

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16***Beneficio anual***

| Año | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 |
|-------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Demanda (m3/año) | 10167 | 20589 | 31271 | 42220 | 53443 | 64946 | 76737 | 88823 | 101211 | 113908 | 126923 | 140264 | 153938 | 167953 | 182320 |
| Precio (S/m3) | 4.940 | 5.038 | 5.139 | 5.242 | 5.347 | 5.448 | 5.552 | 5.659 | 5.768 | 5.879 | 5.992 | 6.106 | 6.223 | 6.341 | 6.335 |
| Beneficio (S/año) | 50222 | 103734 | 160706 | 221314 | 285747 | 353850 | 426036 | 502652 | 583810 | 669668 | 760510 | 856497 | 957948 | 1065026 | 1154991 |

Nota: Resultados basados en datos de la empresa Air Products

Fuente: Elaboración Propia

5.1.8 Tasa de descuento

La tasa de descuento permite actualizar los flujos de efectivo al tiempo presente, es la que representa el costo de capital. Existe toda una teoría para su cálculo basado en tres elementos la tasa de interés determinada por la política monetaria del país, la inflación esperada y el riesgo del proyecto [9]. Para el presente estudio se considera 8% como la tasa de descuento.

5.2 Cálculo de indicadores para evaluación económica

En el acápite 5.1 se obtuvieron la data para el cálculo de los siguientes cuatro indicadores que permitirán realizar la evaluación económica; Periodo de Recuperación (PR), Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Relación Costo Beneficio (C/B). El desarrollo del cálculo se realiza para dos periodos; 10 y de 15 años de vida útil de la Planta PSA. Además, cada periodo se analiza para un factor de calificación mayor o igual y menor a 0.5. Al final se obtiene un total de cuatro casos que permitieron realizar el análisis de la evaluación económica. La Tabla 17 y la Tabla 18, sintetiza los resultados obtenidos, los cuales se utilizan como data para obtener los indicadores que permita realizar la evaluación económica.

Tabla 17**Flujo del dinero para periodo de 10 años**

| Año | 0 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 |
|--|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Beneficio (S/.) | | 50222 | 103734 | 160706 | 221314 | 285747 | 353850 | 426036 | 502652 | 583810 | 669668 |
| Valor de Rescate (S/.) | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 90000 |
| Inversión Inicial (S/.) | 900 000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Costo Mantenimiento (S/.) | | 39568 | 62021 | 52639 | 66694 | 41504 | 67068 | 59162 | 69661 | 44776 | 74799 |
| Factor de calificación mayor o igual a 0.5 | | | | | | | | | | | |
| Costo consumo energía eléctrica (S/.) | | 17561 | 37187 | 58949 | 82923 | 109181 | 137804 | 168870 | 202464 | 238670 | 277578 |
| Flujo neto (S/.) | -900000 | -6907 | 4526 | 49117 | 71698 | 135062 | 148978 | 198004 | 230527 | 300364 | 407291 |
| Factor de calificación menor a 0.5 | | | | | | | | | | | |
| Costo consumo energía eléctrica (S/.) | | 16349 | 34621 | 54882 | 77201 | 101648 | 128296 | 157219 | 188495 | 222203 | 258427 |
| Flujo neto (S/.) | -900000 | -5695 | 7092 | 53184 | 77419 | 142595 | 158486 | 209655 | 244496 | 316831 | 426442 |

Nota: Resultados basados en datos de la empresa air Products, Electrocentro, Ultra Controlo.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18**Flujo del dinero para periodo de 15 años**

| Año | 0 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 |
|--|----------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Beneficio (S/.) | | 50222 | 103734 | 160706 | 221314 | 285747 | 353850 | 426036 | 502652 | 583810 | 669668 | 760510 | 856497 | 957948 | 1065026 | 1154991 |
| Valor de Rescate (S/.) | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | -100000 |
| Inversión Inicial (S/.) | 1000 000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Costo Mantenimiento (S/.) | | 39568 | 62021 | 52639 | 66694 | 41504 | 67068 | 59162 | 69661 | 44776 | 74799 | 60111 | 72178 | 45474 | 74463 | 59888 |
| Factor de calificación mayor o igual a 0.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Costo consumo energía eléctrica (S/.) | | 12259 | 25959 | 41152 | 57887 | 76218 | 96199 | 117886 | 141337 | 166613 | 193773 | 222884 | 254008 | 287216 | 322576 | 360160 |
| Flujo neto (S/.) | -1000000 | -1605 | 15754 | 66915 | 96733 | 168025 | 190583 | 248988 | 291654 | 372421 | 501096 | 477515 | 530311 | 625258 | 667987 | 734943 |
| Factor de calificación menor a 0.5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Costo consumo energía eléctrica (S/.) | | 11413 | 24168 | 38312 | 53893 | 70959 | 89561 | 109752 | 131585 | 155116 | 180403 | 207505 | 236482 | 267398 | 300318 | 335309 |
| Flujo neto (S/.) | -1000000 | -759 | 17545 | 69755 | 100727 | 173284 | 197221 | 257122 | 301406 | 383918 | 514466 | 492894 | 547837 | 645076 | 690245 | 759794 |

Nota: Resultados basados en datos de la empresa air Products, Electrocentro, Ultra Control

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, el procedimiento utilizado para el cálculo de los cuatro indicadores para el periodo de 10 años de vida útil y para un factor de calificación mayor o igual a 0.5

a) Valor Actual Neto (VAN). Se utilizó la Ecuación 1, para lo cual se requiere del flujo neto de efectivo (F_t) el cual se obtiene de actualizar al tiempo presente el beneficio y el valor de rescate a ello se le resta el valor actualizado de los costos operativo que para la presente investigación son el costo de mantenimiento y costo por consumo de energía eléctrica. Cabe mencionar que los flujos de dinero fueron actualizados con una tasa de descuento del 8%. Al resultado se le resta el valor de la inversión inicial representado por el costo de la planta PSA. En la Tabla 17, se muestra los valores a lo que se hace referencia.

Para realizar el cálculo se utilizó la Ecuación 1:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad [1]$$

Donde:

$VAN =$ Valor Actual Neto

$I_0 =$ Inversión inicial

$F_t =$ Flujo neto de Efectivo

$k =$ tasa de descuento

$$\begin{aligned} VAN = & \left(\frac{-6\,907}{(1+0.08)} + \frac{4\,526}{(1+0.08)^2} + \frac{49\,117}{(1+0.08)^3} + \frac{71\,698}{(1+0.08)^4} + \frac{135\,062}{(1+0.08)^5} \right. \\ & + \frac{148\,978}{(1+0.08)^6} + \frac{198\,004}{(1+0.08)^7} + \frac{230\,527}{(1+0.08)^8} + \frac{300\,364}{(1+0.08)^9} \\ & \left. + \frac{407\,291}{(1+0.08)^{10}} \right) - 900\,000 \end{aligned}$$

$$VAN = (853\,970) - 900\,000$$

$$VAN = S/- 46\,030$$

b) Tasa Interna de Retorno (TIR). Se utilizó la Ecuación 2, para lo cual se requiere del flujo neto de efectivo (F_t) el cual se obtiene de actualizar al tiempo presente el beneficio y el valor de rescate a ello se le resta el valor actualizado de los costos operativo que para la presente investigación son el costo de mantenimiento y costo por consumo de energía eléctrica, la tasa que actualiza el flujo neto de efectivo es la TIR y cuyo resultado se iguala a la inversión inicial. En la Tabla 17, se muestra los valores a lo que se hace referencia para el cálculo de la TIR.

Para realizar el cálculo se utilizó la Ecuación 2:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 \quad [2]$$

$$0 = \left(\frac{-6\,907}{(1 + TIR)} + \frac{4\,526}{(1 + TIR)^2} + \frac{49\,117}{(1 + TIR)^3} + \frac{71\,698}{(1 + TIR)^4} + \frac{135\,062}{(1 + TIR)^5} + \frac{148\,978}{(1 + TIR)^6} + \frac{198\,004}{(1 + TIR)^7} + \frac{230\,527}{(1 + TIR)^8} + \frac{300\,364}{(1 + TIR)^9} + \frac{407\,291}{(1 + TIR)^{10}} \right) - 900,000$$

$$TIR = 7 \%$$

c) Relación Costo/ Beneficio (C/B). Se utilizó la Ecuación 3, para lo cual se requiere de la suma del costo de la inversión inicial y los costos operativos (mantenimiento y energía eléctrica) actualizados, beneficio, dinero dejado de pagar al proveedor por hacer uso de la planta PSA y el monto de su valor de rescate. Los valores mencionados se muestran en la Tabla 17.

Para realizar el cálculo se utilizó la Ecuación 3:

$$C/B = \frac{I_0 + VAN_{(costo\ operación)}}{VAN_{(Beneficio)}} \quad [3]$$

$$VAN_{(beneficio)} = \left(\frac{50\,222}{(1+0.08)} + \frac{103\,734}{(1+0.08)^2} + \frac{160\,706}{(1+0.08)^3} + \frac{221\,314}{(1+0.08)^4} \right. \\ \left. + \frac{285\,747}{(1+0.08)^5} + \frac{353\,850}{(1+0.08)^6} + \frac{426\,036}{(1+0.08)^7} + \frac{502\,652}{(1+0.08)^8} \right. \\ \left. + \frac{583\,810}{(1+0.08)^9} + \frac{669\,668}{(1+0.08)^{10}} \right) + \frac{90\,000}{(1+0.08)^{10}}$$

$$VA_{(beneficio)} = 2\,007\,222$$

$$VAN_{(Costo\ Operación)}$$

$$= \left(\frac{57\,129}{(1+0.08)} + \frac{99\,208}{(1+0.08)^2} + \frac{111\,589}{(1+0.08)^3} + \frac{149\,616}{(1+0.08)^4} \right. \\ \left. + \frac{150\,7685}{(1+0.08)^5} + \frac{204\,872}{(1+0.08)^6} + \frac{228\,032}{(1+0.08)^7} + \frac{272\,125}{(1+0.08)^8} \right. \\ \left. + \frac{283\,446}{(1+0.08)^9} + \frac{352\,377}{(1+0.08)^{10}} \right)$$

$$VA_{(Costo\ Operación)} = 1\,153\,252$$

$$C/B = \frac{900\,000 + 1\,153\,252}{2\,007\,222}$$

$$C/B = 1.02$$

d) Periodo de Recuperación (PR). Se obtiene de hacer el descuento al valor de la inversión inicial con los valores del flujo neto de cada año, hasta cuando el valor negativo resulte positivo como se muestra en la columna del flujo acumulado de la Tabla 19 se observa en la mencionada tabla que para el factor de calificación mayor o igual a 0.5, se obtiene como periodo de recuperación; 8 años, 2 meses (12 x 68 994/300 364) y 22 días (0.75X30)

Tabla 19
Periodo de recuperación de la inversión

| Años | Periodo 10 años | | | |
|------|--|----------------------|----------------------------------|----------------------|
| | Factor de calificación mayor o igual 0.5 | | Factor de calificación menor 0.5 | |
| | Flujo neto (S/) | Flujo acumulado (S/) | Flujo neto (S/) | Flujo acumulado (S/) |
| 0 | -900000 | - | -900000 | |
| 1 | -6907 | -906907 | -5695 | -905695 |
| 2 | 4526 | -902381 | 7092 | -898603 |
| 3 | 49117 | -853263 | 53184 | -845419 |
| 4 | 71698 | -781566 | 77419 | -768000 |
| 5 | 135062 | -646504 | 142595 | -625406 |
| 6 | 148978 | -497525 | 158486 | -466920 |
| 7 | 198004 | -299521 | 209655 | -257265 |
| 8 | 230527 | -68994 | 244496 | -12769 |
| 9 | 300364 | 231370 | 316831 | 304062 |
| 10 | 407291 | - | 426442 | |

Nota: Resultados basados en datos de la empresa Electrocentro
Fuente: Elaboración Propia

Los valores obtenidos de los cuatro indicadores para el caso donde el periodo de estudio es de 10 años y para un factor de calificación mayor o igual a 0.5 se muestra en la Tabla 20 así como también para los otros tres casos que tiene el mismo procedimiento de cálculo.

Tabla 20
Cuadro comparativo criterios de evaluación económica

| INDICADOR | PERIODO 10 AÑOS | | PERIODO 15 AÑOS | |
|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | F.C ≥ 0.5 | F.C.<0.5 | F:C ≥ 0.5 | F.C.<0.5 |
| VAN | -46030 | 7297 | 1,196,363 | 1,269,848 |
| TIR (%) | 7 | 8.12 | 17 | 18 |
| RELACIÓN C/B | 1.02 | 1.00 | 0.68 | 0.66 |
| PERIODO RECUPERACIÓN (PR) | 8 AÑOS, 2 MESES, 23 DÍAS (82.30%) | 8 AÑOS, 15 DÍAS (80.40 %) | 7 AÑOS, 8 MESES, 25 DÍAS (51.57 %) | 7 AÑOS, 7 MESES, 11 DÍAS (50.76 %) |

Nota: Resultados basados en datos de las empresas Air Products, Electrocentro, Ultra Controlo
Fuente: Elaboración Propia

Capítulo VI

Análisis y Discusión de Resultados

6.1 Contrastación de la Hipótesis

Si la elaboración de un estudio de evaluación económica de una planta de generación de oxígeno PSA no influiría en mejorar el suministro de oxígeno implica que conocer el presupuesto del trabajo de la investigación quede relegada, pero se sabe que es de vital importancia en toda investigación cuantitativa o mixta conocer el valor del presupuesto. En la presente investigación la evaluación económica demuestra la existencia de un margen de rentabilidad del 127 % para el periodo de 15 años con un factor de calificación menor a 0.5. Lo que permite se incluya el uso de un sistema autónomo de generación de oxígeno, con lo cual permita a los establecimientos de salud utilizarlo para mejorar el suministro de oxígeno medicinal cuando a causa del incremento demográfico de la zona se incremente la demanda y/o diseñar una configuración que con otros sistemas de generación brindar suministro ininterrumpido. Por ello se concluye que es la hipótesis formulada para la presente investigación es positiva, es decir contribuirá a mejorar el suministro de oxígeno en hospitales de zonas alto andinas.

6.2 Análisis y Discusión de Resultados

6.2.1 Interpretación de resultados indicadores económicos

El cálculo de los indicadores económicos obtenidos para los casos considerados como tiempo de vida de la Planta PSA de 10 y 15 años y a la vez considerando para el cálculo las dos situaciones que se presentan con el factor de calificación en la

facturación se obtuvo cuatro casos de los cuales el análisis de los mismos es el siguiente:

Análisis del VAN; este método propone si el VAN es positivo la investigación es aceptada, si es negativo es rechazada, en consecuencia, de la Tabla 20 se presentó el VAN para cuatro casos:

| Caso | A | B | C | D |
|-----------|---------|-------|-----------|-----------|
| VAN (S/.) | -46,030 | 7,297 | 1,196,363 | 1,269,848 |

Se observa que el mejor caso es la "D", en la cual el flujo generado cubre todos los gastos en el que incurre la Entidad y gana el rendimiento esperado del 8% del costo del capital. El valor de S/. 1, 269,848 representa el beneficio que se da para el periodo de vida del estudio de 15 años y como se observa este beneficio es creciente según se incrementa el periodo de vida de la Planta PSA

Análisis de la TIR; este método propone si la TIR es mayor a la tasa de descuento considerada (8%) la investigación debe ser aceptada. En la Tabla 20 se presenta los valores de la TIR para los cuatro casos:

| Caso | A | B | C | D |
|---------|---|------|----|----|
| TIR (%) | 7 | 8.12 | 17 | 18 |

Se observa que el mejor caso es la "D" donde el 18% supera a la expectativa mínima de la tasa de retorno del 8% por lo tanto al igual que el VAN la mejor opción sigue representada por la "D".

Análisis de la relación Costo/Beneficio; este método propone si la relación del C/B es menor a la unidad la investigación es aceptada y si es mayor es rechazada. En la Tabla 20 se presentó la relación C/B para cuatro casos:

| Caso | A | B | C | D |
|--------------|------|------|------|------|
| Relación C/B | 1.02 | 1.00 | 0.68 | 0.66 |

Se observa que el mejor caso es la “D” lo que significa que los costos y beneficios descontados al 8% lo que significa que por cada sol obtenido 66 centavos corresponden a los costos.

Análisis del Periodo de Recuperación del capital; En la Tabla 20 se presentó el tiempo de recuperación del capital para los cuatro casos donde el caso D representa el periodo de recuperación del capital será en un tiempo del 50.76% del periodo de 15 años considerado o lo que equivale a 7 años, 7 meses y 11 días.

| Caso | A | B | C | D |
|--------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------|-------------------------|
| Periodo Recuperación n | 8años, 2 meses, 23 días. | 8años, 15 días | 7años, 8 meses, 25 días | 7años, 7 meses, 11 días |
| Periodo Recuperación n % | 82.30 % | 80.40 % | 51..57 % | 50.76 % |

La evaluación económica con lleva a concluir que la mejor opción es la del caso “D”, para las cuatro situaciones consideradas.

- VAN: S/. 1, 269,848
- TIR: 18%
- Relación C/B: 0.66
- Periodo de Recuperación: 7años, 7 meses, 11 días (50.76 %)

Los resultados positivos de la evaluación económica permitirán gestionar exitosamente la utilización de la planta PSA

6.2.2 Caudal de oxígeno medicinal.

El proceso consta de dos etapas, en la primera se calculó la capacidad instalada del HRA donde se consideró que su capacidad máxima se alcanza al finalizar el año

2023. En la segunda etapa se calculó el caudal adicional requerido debido al incremento demográfico de la zona.

En la primera etapa el caudal requerido de oxígeno medicinal fue de 34.5 metros cúbicos/hora. En la segunda etapa, el caudal adicional requerido es de 9.66 m³/h y corrigiendo por efecto de la altura y temperatura (Ecuación 5) se obtuvo el valor de 13 m³/h con lo que se seleccionó de catálogo una planta de capacidad de 18.2 m³/h y con la verificación se obtuvo que la Planta PSA seleccionada tiene un valor de caudal de 13.46 m³/h. Por lo tanto, cabe resaltar que para hospitales ubicados en zonas alto andinas la variación en el caudal tiene efectos significativos por efectos de la altitud y temperatura de la zona su consideración evitara errores en la selección de la capacidad de planta PSA. Para el presente estudio, se concluyó que por efectos de la altitud y temperatura en la selección de la capacidad de la Planta PSA se debe de considerar un requerimiento de caudal con un incremento de un 35% tanto para el caso para el periodo de 10 años como para el caso de 15 años de duración del estudio. Para el periodo de 10 años el incremento del caudal es de 9.66m³/h a 13.00 m³/h, para el periodo de 15 años el incremento es de 15.40 m³/h a 20.81 m³/h.

6.2.3 Costo de mantenimiento Planta PSA.

El resultado del costo anual de mantenimiento preventivo para la Planta PSA estará supeditado a lo que se especifique en el documento denominado "Términos de Referencia" (TDR); en la cual se deberá incluir las especificaciones técnicas de los alcances del servicio, calificación de los profesionales, condiciones de pago y penalidades por citar algunos requerimientos básicos. Lo cual se concluye que el costo del mantenimiento tendrá un valor fluctuante considerando los requerimientos técnicos y administrativos que el proveedor debe cumplir.

6.2.4 Costo de energía eléctrica.

La tarifa contratada por el HRA es del tipo MT3, la cual tiene 2 opciones de facturación; cuando el factor de calificación es mayor o igual y menor de 0.5 en cada caso los costos unitarios aplicados en la facturación son diferentes, siendo menor en el caso, cuando el factor de calificación es menor que 0.5. Se presentan dos casos: el primer caso para el factor de calificación mayor o igual a 0.5 el costo unitario por potencia de distribución es S/. 32.50 y el costo unitario por potencia de generación es S/. 59.81, para el segundo caso cuando el factor de calificación es menor de 0.5 los costos unitarios son S/. 31.53 y S/. 38.36 respectivamente. Los resultados obtenidos de la evaluación realizada para los dos casos mencionados en el periodo de 12 meses de julio del año 2022 a junio del 2023, muestran un ahorro mínimo de S/. 11 385.24 y un máximo de S/. 12,981.88 mensual. Estos resultados nos permiten concluir que si se mantiene el factor de calificación menor a 0.5, se obtendrá una reducción de 6.9 % en la facturación mensual (Anexo 10)

6.2.5 Precio del oxígeno.

Realizado el proceso licitación y adjudicado la Buena Pro, el precio por la de compra de 47 250 metros cúbicos de oxígeno gaseoso es de S/4.838 la cual se mantiene en vigencia al mes de julio del 2023. La proyección de los precios realizada para los años siguientes está afectada por la inflación acumulada para el tiempo de duración de la investigación (Tabla 15). La tendencia de estos precios proyectados se mantendrá a excepción que se susciten hechos similares a los ocurridos en los años 2020 y 2021 a consecuencia de la pandemia del COVID-19 lo que ocasiono que los precios se incrementen de manera exorbitante. (Ejemplo; S/ 8.614 m³ según contrato N°023-2022-HRA, incremento mayor al 100%)

6.2.6 Beneficio económico.

El monto de dinero dejado de pagar por la compra del oxígeno al proveedor externo sumado al valor de rescate del bien representa el beneficio económico. El beneficio económico se obtuvo de multiplicar dos factores; la demanda (m³/año) y el precio unitario del oxígeno (S/m³). El resultado obtenido de la demanda se basó en la proyección del incremento poblacional obtenido a partir de la información obtenida del INEI. El precio se obtuvo del proveedor para el año 2023 y se proyectó en base a la inflación acumulada. El análisis de sensibilidad para ambos factores en el periodo que dure el estudio los valores mantendrá la proyección realizada (Tabla 16) al menos que ocurra un hecho similar a lo ocurrido en los años 2020 - 2021 a causa de la pandemia del COVID -19 que ocasione que el precio del oxígeno se incremente, en tal caso no se ha considerado tal situación para el presente estudio.

Conclusiones

La Evaluación Económica realizada a la Planta de generación de oxígeno para hospitales de zonas Alto Andinas contribuirá a mejorar el suministro de oxígeno a las poblaciones de las zonas alto andinas. Se sustenta en la rentabilidad económica la cual representa el 127% de la inversión inicial actualizado al tiempo presente para una duración de la investigación de 15 años, la cual permitirá tener en cartera la incorporación del sistema autónomo de generación de oxígeno que eliminará la dependencia de proveedores externos.

Los valores obtenidos: del VAN de S/ 1 269 848, la TIR de 18% la relación Costo Beneficio de 0.66 y el periodo de recuperación de la inversión de 7 años 7 meses, y evaluado a una tasa de descuento de 8 % hace relevante el beneficio económico de la presente investigación y aprovechamiento de la tecnológicos que permite la fabricación del oxígeno in situ, el cual brindara a la población a través del Hospital de la zona suministro de oxígeno constante.

La Planta PSA permitirá al Hospital autonomía en el suministro de oxígeno y elimina la dependencia del proveedor externo y otros factores como las coyunturas políticas que no permiten la transitividad de los camiones cisterna de reparto, los fenómenos naturales que en épocas de lluvias interrumpen las vías de tránsito, eliminar las trayectorias largas de reparto que encarecen el producto desde la costa a las zonas alto andinas. Por lo tanto el uso de la planta PSA eliminara causas ajenas al Hospital que impiden el suministro oportuno del oxígeno medicinal.

La selección de la capacidad de la Planta PSA, se realiza en función al caudal de oxígeno requerido (m³/h), el cual está en función al crecimiento demográfico

proyectado de la ciudad de Huamanga cuyo un incremento de caudal es de 15.40 m³/h para el periodo de 15 años, por lo tanto, por efectos de la altura y temperatura de la zona el nuevo caudal corregido es de 20.81 m³/h el cual representa un incremento de 35% adicional. De lo expuesto se concluye la importancia de realizar la corrección por efectos temperatura y altura en las zonas alto andinas para la selección de la capacidad de la Planta PSA.

El tipo de tarifa eléctrica MT3, a la que está condicionada la facturación del servicio permite al hospital dos opciones de facturación la cual están diferenciadas cuando el Factor de calificación resulte menor de 0.5 por un menor costo unitario inferior en 6.9% menos en la facturación, lo que representa un ahorro promedio anual de S/. 147 349.23

Recomendaciones

- 1) Elaborar la formulación del expediente que permita la actualización de la NTS N° 119-MINSA/DGIEM-V.01 donde se incluya entre sus lineamientos el uso de un sistema autónomo de generación de oxígeno.
- 2) Realizar el estudio que permita formular el requerimiento de elaborar una Guía Técnica para Plantas PSA que ayude a coadyuvar y estandarizar los trabajos de las áreas de mantenimiento de los hospitales para evitar paros inesperados y sobrecostos cuando se realice las labores de mantenimiento.
- 3) Elaborar una cartera de empresas proveedoras de plantas de generación de oxígenos autorizadas que cumplan con las certificaciones que acrediten su especialización en el mercado de ventas de equipos de generación de oxígeno de tecnología PSA.
- 4) La metodología seguida es aplicable a otros sistemas autónomos de generación de oxígeno por lo que se recomienda utilizar el contexto del presente trabajo para sistema denominado STIRLING el cual tiene el principio de generar oxígeno mediante tecnología PSA y acumular el excedente en su estado criogénico.
- 5) Ampliar la investigación del uso de la planta PSA para establecimientos de salud que por su categorización utilizan como central de oxígeno un sistema de baterías de cilindros.
- 6) Ampliar la evaluación económica de la Planta PSA en la que se incluya una estación de llenado de oxígeno en cilindros presurizados para la atención interna o externa de los establecimientos de salud así mismo brindar atención personalizada domiciliaria a los pacientes.

Referencias bibliográficas

- [1] C. Albuja Díaz. *“Ampliación de la Planta de Generación de Oxígeno en el Hospital Regional Docente las Mercedes de Chiclayo-Lambayeque”* [Tesis de grado]. Lambayeque (Perú): Universidad Nacional Pedro Ruiz gallon, 2021.
- [2] C.K. Beh C. *“The Vacuum Swing Adsorption Process for Oxygen Enrichment. A Study into the Dynamics, Modelling and Control”* [Tesis doctoral]. Melbourne (Australia) Universidad de Monash 2003.
- [3] A. Bilbao, & R. Cárdenas. *“Proyecto de una Planta PSA de Generación de Oxígeno Medicinal en las Instalaciones del Hospital Regional Honorio Delgado Espinoza de Arequipa”* [Tesis de grado]. Arequipa (Perú): Universidad católica Santa María, 2016.
- [4] M. Boldrini. & G. Palacios. *“Generador de Oxígeno para uso Hospitalario-PSA-Adsorción por Variación de Presión”* [Tesis de grado]. Mar del Plata (Argentina): Universidad Nacional de Mar del Plata, 2019
- [5] Centro Nacional de Planeamiento Estratégico. *“Proyecciones Macroeconómicas al 2030”* 2019.
- [6] J. Contreras R. *“Propuesta Económica y Medioambiental para el Autoabastecimiento de Oxígeno Medicinal y Gestión Logística Inversa en Empresas Prestadoras de Salud de la Ciudad de Arequipa”* [Tesis de grado]. Arequipa (Perú): Universidad católica Santa María, 2021.
- [7] Defensoría del Pueblo *“Crisis Política y Protesta Social: Balance Defensorial tras Tres Meses de Iniciado el Conflicto, del 7 de diciembre de 2022 al 6 de marzo de 2023”* 2023. Pag.49
- [8] Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). *“Normas de Diseño de Ingeniería Electromecánica”* 1999
- [9] Z. Kozikowski. *“Matemáticas Financieras el Valor del Dinero en el Tiempo”* primera edición, McGraw-Hill 2007.
- [10] Ministerio de Salud. *“Normas para la Elaboración de Documentos Normativos del Ministerio de Salud”* 2021.

- [11] Ministerio de Salud - Dirección General de Salud de las Personas. *“Guía Técnica para la Categorización de Establecimientos del Sector Salud”* 2014
- [12] Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Oficina de Estadística. *“Red vial Existente del Sistema Nacional de Carreteras según Superficie de Rodadura 1990-2022”* 2023.
- [13] Norma Técnica de Salud N° 110-MINSA/DGIEM-V.01 *“Infraestructura y Equipamiento de los Establecimientos de Salud del Segundo Nivel de Atención”* 2014.
- [14] Norma Técnica de Salud N° 113-MINSA/DGIEM-V.01 *“Infraestructura y Equipamiento de los Establecimientos de Salud del Primer Nivel de Atención”* 2015.
- [15] Norma Técnica de Salud N° 119-MINSA/DGIEM-V.01 *“Infraestructura y Equipamiento de los Establecimientos de Salud del Tercer Nivel de Atención”* 2014.
- [16] Organización Mundial de la Salud. *“Foundations of Medical Oxygen Systems”* (N° OMS/2019-nCoV/Clinical/Oxygen/2023.1). Organización Mundial de la Salud, 2023
- [17] C. Riojas Rodríguez. *“Ampliación de la Producción de la Planta de Generación de Oxígeno del Hospital las Mercedes”* [Tesis de grado]. Lima (Perú): universidad Cesar Vallejo, 2020.
- [18] Sardón et al. *“Inventario de Datos de Eventos de Inundaciones del Perú. Estudio Final”*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI.2022.
- [19] D. Tondeur & C. Wankat. *“Gas Purification by Pressure Swing Adsorption”* [Libro]. 14 (2), 157-212, 1985.
- [20] M. Tudela Gallardo. *“Obtención de Oxígeno a partir de Aire Atmosférico para su Uso Comercial. Estudio de Viabilidad Técnica y Económica”* [Trabajo final de grado], Tenerife (España): Universidad de la Laguna, 2019.
- [21] Valdez et al. *“Impacto de la COVID-19 en la Mortalidad en Perú Mediante la Triangulación de Múltiples Fuentes de Datos”* 2022.

- [22] L. Vargas Pineda. *“Estudio de las Necesidades de Oxígeno Medicinal en las Instituciones de Salud de la Provincia de Loja. Propuesta de un Plan Estratégico para Potenciar la Participación de Oxiwest Cía. Ltda.”* [Tesis de maestría]. Guayaquil (Ecuador): Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2018.
- [23] M. Villalta Gil & F. Saravia Fuentes. *“Consultoría para el Hospital General del Instituto Salvadoreño del Seguro Social (ISSS) sobre la Generación de Oxígeno Medicinal por el Método de Adsorción por Balanceo de Presión”* [Tesis de maestría]. San salvador (El Salvador): Universidad de el Salvador, 2016.

Anexos

| | | |
|----------|---|----|
| Anexo 1 | <i>Tipo y cantidad de salidas de oxígeno medicinal según UPSS HRA ...</i> | 1 |
| Anexo 2 | <i>Tipo y ubicación de salidas murales de oxígeno.</i> | 2 |
| Anexo 3 | <i>Gasto de oxígeno por número de salidas</i> | 3 |
| Anexo 4 | <i>Ayacucho: población censada urbana y rural según provincia, 2007 y 2017</i> | 4 |
| Anexo 5 | <i>Información geográfica y climática provincia de Huamanga - Ayacucho</i> | 5 |
| Anexo 6 | <i>Cronograma de mantenimiento planta de generación de oxígeno de tecnología de adsorción por oscilación de presión</i> | 6 |
| Anexo 7 | <i>Costo mantenimiento preventivo unitario.....</i> | 7 |
| Anexo 8 | <i>Costo mantenimiento antes de afectado por inflación</i> | 8 |
| Anexo 9 | <i>Costo de energía activa consumida mensualmente HRA.....</i> | 9 |
| Anexo 10 | <i>Caso comparativo de costos de energía eléctrica con factor de calificación mayor y menor de 0.5</i> | 10 |
| Anexo 11 | <i>Características y precio de oxígeno</i> | 11 |

Anexo 1

Tipo y cantidad de salidas de oxígeno medicinal según UPSS HRA

| Unidades Productoras de Servicio de Salud (UPSS) | Número salidas | Tipo salida | Salidas tipo B |
|--|----------------|-------------|----------------|
| Piso 1 | | | |
| Trauma shock | 2 | A | 8 |
| Sala de rayos X | 1 | B | 1 |
| Tomografía | 1 | A | 1 |
| Rehidratación oral adultos | 3 | B | 12 |
| Tópicos | 7 | B | 7 |
| Observaciones | 29 | A | 116 |
| Piso 2 | | | |
| Sala de hemodiálisis | 7 | B | 7 |
| Sala de reposo | 3 | B | 3 |
| UCI materno | 12 | A | 48 |
| UCI neonatal | 28 | A | 112 |
| Cunero patológico | 37 | B | 37 |
| Salas de partos | 3 | A | 12 |
| Sala de legrado | 1 | B | 1 |
| Puerperio inmediato | 6 | A | 24 |
| Sala de dilatación | 9 | A | 36 |
| UCI pediátrico | 9 | A | 36 |
| UCI quemados | 6 | A | 24 |
| Tópico | 1 | B | 1 |
| UCI adulto | 25 | A | 100 |
| Inducción anestésica | 2 | A | 8 |
| Salas de cirugía | 18 | A | 72 |
| Salas de recuperación | 12 | A | 48 |
| Piso 3 | | | |
| Salas de endoscopia | 2 | B | 2 |
| Sala de recuperación | 2 | B | 2 |
| Habitaciones medicina | 40 | B | 40 |
| Tópico de curaciones | 2 | B | 2 |
| Habitaciones de ginecología | 13 | B | 13 |
| Habitaciones ginecología | 59 | B | 59 |
| Sala de neonatología | 5 | A | 20 |
| Piso 4 | | | |
| Tópico de curaciones | 2 | B | 2 |
| Habitaciones pre-escolar | 12 | B | 12 |
| Habitaciones adolescentes | 4 | B | 4 |
| Habitaciones escolar | 9 | B | 9 |
| Habitaciones lactantes | 3 | B | 3 |
| Habitación pediatría aislado | 1 | A | 4 |
| Habitaciones cirugía | 31 | A | 124 |
| Habitaciones traumatología | 20 | B | 20 |
| Total | 427 | | 1030 |

Nota: fuente; resultados obtenidos basados en los datos del Expediente Técnico (2013) Hospital Regional de Ayacucho

Anexo 2

Tipo y ubicación de salidas murales de oxígeno.

| LOCAL | Nº DE SALIDAS | | | | TIPO DE USO | OBSERVACIONES |
|--------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|-------------|-------------------------------|
| | OXIGEN O | AIRE COMP. | OXIDO NITROSO | VACIO DIRECTO | | |
| Sala de cirugía (1) | 4 | 4 | 2 | 4+1 (5) | A | Por sala excepto H. Esp. (6) |
| Sala de cirugía de gineco(2) | 4 | 4 | 2 | 4+1(5) | A | Por sala |
| Sala de expulsión (3) | 2 | 2 | | 2 | A | Por sala |
| Recuperación post-operatoria (4) | 1 | 1 | | 1 | A | Por cama (100%) |
| Cuidados intensivos | 2 | 2 | | 2 | A | Por cama (100%) |
| Trabajo de parto | 1 | 1 | | | A | Por cama (100%) |
| Recuperación post-parto (4) | 1 | 1 | | 1 | A | Por cama (100%) |
| Cuidados intermedios | 1 | 1 | | 1 | A | Por cama |
| Terapia intracavitaria | 1 | 1 | | 1 | A | Por cama o camilla |
| Observación urgencias adultos (4) | 1 | 1 | | 1 | A | Por cama o camilla |
| Rehidratación mesa Karam | 1 | 2 | | 1 | A | Por cada cuna |
| Aislados adultos en H.G.Z. | 1 | 1 | | 1 | A | Por cada aislado |
| Aislados adultos en H.G.E. | 1 | 1 | | 1 | A | Por cada aislado |
| Aislado pediatría en H.G.Z. | 2 | 2 | | 1 | A | Por aislado |
| Aislado pediatría en H.G.E. | 2 | 2 | | 1 | A | Por aislado |
| Observación pediatría (4) | 1 | 1 | | 1 | A | 1 por cama o cuna |
| Cuarto de shock | 2 | 2 | | 2 | A | Por cama |
| Recuperación de transición cuneros | 1 | 1 | | | B | Por cada 3 cunas |
| Encamados adultos H.G.Z. | 1 | 1 | | 1 | B | Por cama |
| Encamados adultos H.G.E. | 1 | 1 | | 1 | B | Por cama |
| Encamado gineco | 1 | 2 | | | B | En dos de cada 3 camas |
| Encamados generales pediatría H.G.Z. | 1 | 2 | | | B | Por cama |
| Encamados generales pediatría H.G.E. | 1 | 1 | | 1 | B | Por cama |
| Encamados generales pediatría gineco | 1 | 2 | | | B | En dos de cada 3 camas |
| Prematuros | 1 | 1 | | 1 | B | Por incubadora |
| Cunero fisiológico | 1 | 1 | | 1 | B | Por cada 3 cunas |
| Cunero patológico | 1 | 1 | | 1 | B | Por cuna |
| C.E.Y.E. | | 1 | | | B | |
| Laboratorio clínico | | | | | B | Ver guía mecánica |
| Mesa de autopsias | | 1 | | | B | |
| Estomatología | | 1 | | | B | Cuando sean mas de 2 sillones |
| Bomba de cobalto | 1 | 1 | | | B | Por sala |
| Dialisis | 1 | 1 | | 1 | B | Por cada 3 sillones |
| Hemodialisis | 1 | 1 | | 1 | B | Por sillón |
| Inhaloterapia | 1 | 1 | | | B | Por sillón |
| Quimioterapia | 1 | 1 | | | B | Por cada 4 sillones |
| Endoscopia | 1 | 1 | | | B | Por gabinete |
| Tomografía | 1 | 1 | | | B | Por sala |
| Resonancia magnética | 1 | 1 | | | B | Por sala |
| Rayos "X" | 1 | 1 | | | B | Por sala |
| Hemodinamia | 1 | 1 | | | B | Por sala |
| Centellografía | 1 | 1 | | | B | Por sala |
| Gamagrafía | 1 | 1 | | | B | Por sala |
| Cirugía ambulatoria | 1 | 1 | | | B | 50% de camas |
| Puerperio de bajo riesgo | 1 | 1 | | | B | 50% de camas |
| Primer contacto | 1 | 1 | | | B | Por cama |
| Curaciones | 1 | 1 | | | B | Por cama |

Se instalarán bombas de vacío en unidades con más de 2 salas de operaciones o 2 salas de expulsión.

- 1.- En dos torretas.
- 2.- En dos torretas y agregar 1 toma de oxígeno y 1 toma de aire para el recién nacido
- 3.- En una torreta y agregar 1 toma de oxígeno y 1 toma de aire para el recién nacido
- 4.- Si no hay línea de succión, instalar dos tomas de aire comprimido
- 5.- La salida adicional de vacío indicada en las salas de cirugía será para conectar evacuaciones de gases anestésicos de desechos.
- 6.- En hospitales de especialidades consultar guía mecánica, lo mínimo que llevarán es lo establecido en esta tabla.

Nota: fuente; Instituto Mexicano del Seguro social (IMSS, 1997) "Normas de diseño de ingeniería electromecánica"

Anexo 3

Gasto de oxígeno por número de salidas

| No. de salidas | Gasto Lt/min | No. de salidas | Gasto Lt/min | No de salidas | Gasto Lt/min | No. de salidas | Gasto Lt/min |
|----------------|--------------|----------------|--------------|---------------|--------------|----------------|--------------|
| 1 | 100 | 36 | 579 | 92 | 881 | 320 | 1461 |
| 2 | 148 | 37 | 586 | 94 | 890 | 340 | 1495 |
| 3 | 181 | 38 | 593 | 96 | 899 | 360 | 1527 |
| 4 | 210 | 39 | 600 | 98 | 907 | 380 | 1558 |
| 5 | 237 | 40 | 607 | 100 | 915 | 400 | 1588 |
| 6 | 261 | 41 | 614 | 105 | 932 | 420 | 1618 |
| 7 | 283 | 42 | 621 | 110 | 949 | 440 | 1647 |
| 8 | 302 | 43 | 628 | 115 | 964 | 460 | 1675 |
| 9 | 320 | 44 | 635 | 120 | 979 | 480 | 1702 |
| 10 | 336 | 45 | 642 | 125 | 994 | 500 | 1728 |
| 11 | 350 | 46 | 649 | 130 | 1009 | 550 | 1788 |
| 12 | 364 | 47 | 656 | 135 | 1024 | 600 | 1847 |
| 13 | 376 | 48 | 663 | 140 | 1039 | 650 | 1904 |
| 14 | 388 | 49 | 670 | 145 | 1054 | 700 | 1958 |
| 15 | 399 | 50 | 676 | 150 | 1068 | 750 | 2011 |
| 16 | 409 | 52 | 687 | 155 | 1082 | 800 | 2062 |
| 17 | 419 | 54 | 698 | 160 | 1096 | 850 | 2112 |
| 18 | 429 | 56 | 709 | 165 | 1109 | 900 | 2160 |
| 19 | 439 | 58 | 720 | 170 | 1122 | 950 | 2206 |
| 20 | 448 | 60 | 730 | 175 | 1135 | 1000 | 2250 |
| 21 | 457 | 62 | 740 | 180 | 1148 | 1100 | 2330 |
| 22 | 466 | 64 | 750 | 185 | 1161 | 1200 | 2405 |
| 23 | 475 | 66 | 760 | 190 | 1174 | 1300 | 2475 |
| 24 | 484 | 68 | 770 | 195 | 1187 | 1400 | 2540 |
| 25 | 493 | 70 | 780 | 200 | 1200 | 1500 | 2600 |
| 26 | 501 | 72 | 790 | 210 | 1225 | 1600 | 2658 |
| 27 | 509 | 74 | 800 | 220 | 1249 | 1700 | 2715 |
| 28 | 517 | 76 | 809 | 230 | 1273 | 1800 | 2771 |
| 29 | 525 | 78 | 818 | 240 | 1296 | 1900 | 2826 |
| 30 | 533 | 80 | 827 | 250 | 1319 | 2000 | 2880 |
| 31 | 541 | 82 | 836 | 260 | 1341 | | |
| 32 | 549 | 84 | 845 | 270 | 1363 | | |
| 33 | 557 | 86 | 854 | 280 | 1384 | | |
| 34 | 565 | 88 | 863 | 290 | 1405 | | |
| 35 | 572 | 90 | 872 | 300 | 1425 | | |

Nota: fuente; Instituto Mexicano del Seguro Social IMSS (1997) "Normas de Diseño de Ingeniería Electromecánica"

Anexo 4

Ayacucho: población censada urbana y rural según provincia, 2007 y 2017

| Provincia | 2007 ^{af} | | 2017 | | Variación intercensal 2007-2017 | | Tasa de crecimiento |
|----------------------|--------------------|--------------|----------------|--------------|------------------------------------|------------|------------------------|
| | Absoluto | % | Absoluto | % | Absoluto | % | promedio anual |
| Total | 612 489 | 100,0 | 616 176 | 100,0 | 3 687 | 0,6 | 0,1 |
| Huamanga | 221 390 | 36,1 | 282 194 | 45,8 | 60 804 | 27,5 | 2,5 |
| Cangallo | 34 902 | 5,7 | 30 443 | 4,9 | -4 459 | -12,8 | -1,4 |
| Huanca Sancos | 10 620 | 1,7 | 8 409 | 1,4 | -2 211 | -20,8 | -2,3 |
| Huanta | 93 360 | 15,2 | 89 466 | 14,5 | -3 894 | -4,2 | -0,4 |
| La Mar | 84 177 | 13,8 | 70 653 | 11,5 | -13 524 | -16,1 | -1,7 |
| Lucanas | 65 414 | 10,7 | 51 328 | 8,3 | -14 086 | -21,5 | -2,4 |
| Parinacochas | 30 007 | 4,9 | 27 659 | 4,5 | -2 348 | -7,8 | -0,8 |
| Páucar del Sara Sara | 11 012 | 1,8 | 9 609 | 1,6 | -1 403 | -12,7 | -1,4 |
| Sucre | 12 595 | 2,1 | 9 445 | 1,5 | -3 150 | -25,0 | -2,8 |
| Victor Fajardo | 25 412 | 4,1 | 20 109 | 3,3 | -5 303 | -20,9 | -2,3 |
| Vilcas Huamán | 23 600 | 3,9 | 16 861 | 2,7 | -6 739 | -28,6 | -3,3 |

^{af} No incluye la población del distrito Carmen Alto, provincia Huamanga. Las autoridades locales no permitieron la ejecución del censo.

Nota: fuente; INEI (2018) "Ayacucho resultados definitivos" Tomo I

Anexo 5

Información geográfica y climática provincia de Huamanga - Ayacucho

| Condiciones geográfica y barométrica | |
|--|-------------------------|
| Altitud sobre nivel del mar | 2746 m.s.n.m. |
| Presión atmosférica | 71.7 kPa. |
| Condiciones de temperatura exteriores máximas | |
| Temperatura de bulbo seco | 74°F (23.3°C) |
| Temperatura de bulbo húmedo | 54°F (12.2°C) |
| Condiciones de temperatura exteriores mínimas | |
| Temperatura de bulbo seco | 32°F (0°C) |
| Condiciones de temperatura Interiores | |
| En verano | |
| Temperatura de bulbo seco | 75°F (23.8°C) |
| Humedad relativa | 50% |
| En invierno | |
| Temperatura de bulbo seco | 68°F (20°C) |
| Humedad relativa | 50% |
| Suministro Eléctrico | |
| Voltaje, fase, frecuencia. | 380 voltios, 3φ, 60 hz. |

Nota: Resultados obtenidos basados en los datos de la empresa Air Products

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6

Cronograma de mantenimiento planta de generación de oxígeno de tecnología de adsorción por oscilación de presión

| Conjunto / elemento | actividad | día | semana | 500 horas | 1500 horas | 3000 horas | 6000 horas | 12000 horas | 18000 horas | 30000 horas |
|--|--------------------------------------|-----|--------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Luz y señal en panel | Comprobar si hay luz o señal anormal | ⊖ | | | | | | | | |
| Temperatura de descarga | Controlar (70@95°C) | ⊖ | | | | | | | | |
| Agua de condensación en el tanque de aire-aceite | Drenar | ⊖ | | | | | | | | |
| Nivel de aceite | Controlar | ⊖ | | | | | | | | |
| Conjunto de tubos transparentes | Controlar / reemplazar | ⊖ | | | | | • | | | |
| Tubería (goma / metal) | Controlar / reemplazar | | | | | ⊖ | | • | | |
| Tubo de entrada de aire | Controlar / reemplazar | ⊖ | | | | | | • | | |
| Unión de tubería | Controlar / prueba de fuga | | | | | | ⊖ | | | |
| Enfriador | Limpiar | | ○ | | | | | | ⊖ | |
| Ventilador | Limpiar | | ○ | | | | | | | |
| Filtro de aire | Controlar / reemplazar | | ○ | □ | | ⊖ | • | | | |
| Contactador magnético | Controlar / limpiar | | ○ | | | | ⊖ | | • | |
| Faja / polea | Ajuste / reemplace | | | | | | • | | | |
| Filtro aceite | Reemplace | | | □ | | • | | | | |
| Motor | Agregar grasa | | | | ⊖ | | | | | |
| Sello del eje del compresor | Controlar / reemplazar | | | | | ⊖ | | | | • |
| Lubricación | Adicionar / reemplazar aceite | | | □ | | | | | | |
| Separador fino | Reemplace | | | □ | | ⊖ | • | | | |
| Aislamiento eléctrico | Chequee todas las fases y tierra | | | | | | ⊖ | | | |
| Conector de tubería | Prueba de fugas | | | | | | ⊖ | • | | |
| Válvula de control térmico | Controlar / reemplazar | | | | | | ⊖ | • | | |
| Válvula de control de succión | Controlar / limpiar / reemplazar | | | | | | ⊖ | • | | |
| Válvula de presión mínima | Controlar / limpiar / reemplazar | | | | | | ⊖ | • | | |
| Válvula de alivio | Controlar / limpiar / reemplazar | | | | | | ⊖ | • | | |
| Electroválvula de descarga | Controlar / limpiar / reemplazar | | | | | ⊖ | | • | | |
| Sensor de presión | Controlar / reemplazar | | | | | | ⊖ | | • | |
| Sensor de temperatura | Controlar / reemplazar | | | | | | ⊖ | | • | |
| Cojinete del compresor | Controlar / reemplazar | | | | | | | • | | • |

Nota: Leyenda

○ Limpiar

⊖ Ajustar

• Reemplazar

□ maquina nueva solo una vez

Nota: fuente; Empresa Ultra Controlo (2023)

Anexo 7

Costo mantenimiento preventivo unitario

| Bloque actividades | Descripción | Costo (S/.) |
|----------------------------------|---|---|
| A (diario) | Comprobar luz y señal en panel | S/ 34 día |
| | Controlar (70@95°C)temperatura de descarga | |
| | Drenar agua de condensación en el tanque de aire-aceite | |
| | Controlar nivel de aceite | |
| | Controlar conjunto de tubos transparentes | |
| | Controlar tubo de entrada de aire | |
| B (semana) | Limpiar Enfriador | S/ 250 semana |
| | Limpiar ventilador | |
| | Controlar filtro de aire | |
| | Controlar contactor magnético | |
| C (500 h) única vez | Reemplazar filtro aire | S/ 1 200 Servicio y repuestos |
| | Reemplazar filtro de aceite | |
| | Reemplazar lubricación | |
| | Reemplazar separador fino | |
| D (1500 h) | Agregar grasa motor | S/ 400 Servicio y consumible s |
| E (3000 h) | Controlar tubería goma / metal | S/ 2 000 Servicio y repuestos |
| | Controlar filtro de aire | |
| | Reemplazar filtro aceite | |
| | Controlar o reemplazar sello del eje del compresor | |
| | Reemplazar separador fino | |
| | Controlar electroválvula de descarga | |
| F (6000 h) | Controlar o reemplazar tubos transparentes | S/ 4 000 Servicio y repuesto |
| | Prueba de fuga unión de tubería | |
| | Reemplazar filtro de aire | |
| | Limpiar contactor magnético | |
| | Ajuste o reemplace faja / polea | |
| | Reemplace separador fino | |
| | Chequee aislamiento eléctrico las fases y tierra | |
| | Prueba de fugas conector de tubería | |
| | Controlar o reemplazar válvula de control térmico | |
| | Controlar o reemplazar válvula de control de succión | |
| | Controlar o reemplazar válvula de presión mínima | |
| | Controlar o reemplazar válvula de alivio | |
| | Controlar o reemplazar sensor de presión | |
| | Controlar o reemplazar sensor de temperatura | |
| G 12000 h | Reemplazar tubería goma / metal | S/ 12 000 Servicio y repuestos |
| | Controlar tubo de entrada de aire | |
| | Prueba de fugas conector de tubería | |
| | Reemplazar válvula de control térmico | |
| | Reemplazar válvula de control de succión | |
| | Reemplazar válvula de presión mínima | |
| | Reemplazar válvula de alivio | |
| | Reemplazar electroválvula de descarga | |
| | Reemplazar sensor de presión | |
| Reemplazar sensor de temperatura | | |
| H 18000 h | Limpiar enfriador | S/ 6 000 Servicio y repuestos |
| | Controlar contactor magnético | |
| | controlar o reemplazar sensor de presión | |
| | controlar o reemplazar sensor de temperatura | |
| I (30000 h) | Reemplazar sello del eje del compresor | S/ 2 000 Servicio y repuesto |

Nota: Resultados basados en los datos de la empresa Ultracontrollo

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8

Costo mantenimiento antes de afectado por inflación

| Actividad | 2024 | | 2025 | | 2026 | | 2027 | | 2028 | | 2029 | | 2030 | | 2031 | | 2032 | | 2033 | | 2034 | | 2035 | | 2036 | | 2037 | | 2038 | |
|-----------|-------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|--|
| Bloq | costo | F. | Sub total | |
| A | 33.3 | 365 | 12155 | 365 | 12155 | 365 | 12155 | 365 | 12155 | 365 | 12155 | 365 | 12155 | 365 | 12155 | 365 | 12155 | 365 | 12155 | 365 | 12155 | 365 | 12155 | 365 | 12155 | 365 | 12155 | 365 | 12155 | |
| B | 250 | 52 | 13000 | 52 | 13000 | 52 | 13000 | 52 | 13000 | 52 | 13000 | 52 | 13000 | 52 | 13000 | 52 | 13000 | 52 | 13000 | 52 | 13000 | 52 | 13000 | 52 | 13000 | 52 | 13000 | 52 | 13000 | |
| C | 1200 | 1 | 1200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| D | 400 | 6 | 2400 | 6 | 2400 | 6 | 2400 | 6 | 2400 | 6 | 2400 | 6 | 2400 | 6 | 2400 | 6 | 2400 | 6 | 2400 | 6 | 2400 | 6 | 2400 | 6 | 2400 | 6 | 2400 | 6 | 2400 | |
| E | 2000 | 3 | 6000 | 3 | 6000 | 3 | 6000 | 3 | 6000 | 3 | 6000 | 3 | 6000 | 3 | 6000 | 3 | 6000 | 3 | 6000 | 3 | 6000 | 3 | 6000 | 3 | 6000 | 3 | 6000 | 3 | 6000 | |
| F | 4000 | 1 | 4000 | 2 | 8000 | 1 | 4000 | 2 | 8000 | 1 | 4000 | 2 | 8000 | 1 | 4000 | 2 | 8000 | 1 | 4000 | 2 | 8000 | 1 | 4000 | 2 | 8000 | 1 | 4000 | 2 | 8000 | |
| G | 12000 | 0 | 0 | 1 | 12000 | 1 | 12000 | 1 | 12000 | 0 | 0 | 1 | 12000 | 1 | 12000 | 1 | 12000 | 0 | 0 | 1 | 12000 | 1 | 12000 | 1 | 12000 | 0 | 0 | 1 | 12000 | |
| H | 6000 | 0 | 0 | 1 | 6000 | 0 | 0 | 1 | 6000 | 0 | 0 | 1 | 6000 | 0 | 0 | 1 | 6000 | 0 | 0 | 1 | 6000 | 0 | 0 | 1 | 6000 | 0 | 0 | 1 | 6000 | |
| I | 2000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2000 | |
| TOTAL | | | 38755 | | 59555 | | 49555 | | 61555 | | 37555 | | 59555 | | 51555 | | 59555 | | 37555 | | 61555 | | 49555 | | 59555 | | 37555 | | 61555 | |

Nota: Resultados basados en los datos de la empresa Ultra Controllo
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 9

Costo de energía activa consumida mensualmente HRA

| Periodo (año, mes) | Energía (kWh) | Importe (S/.) | Periodo (año, mes) | Energía (kWh) | Importe (S/.) |
|-----------------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------|
| 201809 | 241272.49 | 95662.70 | 202101 | 352181.47 | 168943.40 |
| 201810 | 166545.29 | 73845.00 | 202102 | 339363.30 | 167031.80 |
| 201811 | 157818.02 | 76235.00 | 202103 | 363472.32 | 173837.20 |
| 201812 | 163454.38 | 75067.70 | 202104 | 330745.12 | 163224.60 |
| 201901 | 157090.75 | 72277.60 | 202105 | 345872.38 | 163100.60 |
| 201902 | 136727.14 | 68602.50 | 202106 | 329036.03 | 158660.00 |
| 201903 | 145454.40 | 69750.00 | 202107 | 318890.59 | 158191.80 |
| 201904 | 140908.95 | 79017.10 | 202108 | 318314.23 | 160209.30 |
| 201905 | 138908.95 | 65838.90 | 202109 | 297756.07 | 156052.40 |
| 201906 | 133454.41 | 66115.40 | 202110 | 314834.23 | 169829.70 |
| 201907 | 149818.03 | 78131.50 | 202111 | 315741.50 | 168812.90 |
| 201908 | 167818.01 | 82725.20 | 202112 | 310774.23 | 165810.40 |
| 201909 | 165454.38 | 82986.30 | 202201 | 311492.42 | 166947.60 |
| 201910 | 201636.16 | 98344.40 | 202202 | 278212.45 | 156078.30 |
| 201911 | 216363.42 | 100693.90 | 202203 | 305448.79 | 163383.80 |
| 201912 | 218545.24 | 191856.30 | 202204 | 297434.25 | 162013.30 |
| 202001 | 303272.42 | 138164.00 | 202205 | 314508.78 | 174173.10 |
| 202002 | 340181.48 | 155506.80 | 202206 | 299543.88 | 168628.40 |
| 202003 | 360908.73 | 164976.10 | 202207 | 301095.52 | 167433.60 |
| 202004 | 344908.75 | 157904.90 | 202208 | 298330.61 | 173812.10 |
| 202005 | 315272.41 | 145391.00 | 202209 | 295308.80 | 174190.80 |
| 202006 | 313090.60 | 144879.40 | 202210 | 302781.52 | 175504.40 |
| 202007 | 319090.59 | 147236.10 | 202211 | 295045.16 | 184291.30 |
| 202008 | 310726.98 | 143987.60 | 202212 | 297108.79 | 189322.40 |
| 202009 | 296726.98 | 140517.80 | 202301 | 309364.05 | 193338.80 |
| 202010 | 315272.41 | 148559.20 | 202302 | 262989.01 | 163197.00 |
| 202011 | 321454.22 | 156495.70 | 202303 | 293095.89 | 176306.50 |
| 202012 | 309381.47 | 155349.80 | 202304 | 312095.14 | 185510.80 |

Nota: Resultados basados en los datos de la empresa Electrocentro

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 10

Caso comparativo de costos de energía eléctrica con factor de calificación mayor y menor de 0.5

| Descripción | Precio (S/kW) | jul-22 | ago-22 | sep-22 | oct-22 | nov-22 | dic-22 | ene-23 | feb-23 | mar-23 | abr-23 | may-23 | jun-23 |
|--|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Potencia de generación | | 516.3631 | 547.2722 | 554.5449 | 538.1813 | 549.0904 | 576.3631 | 559.8176 | 505.0904 | 537.6358 | 579.0903 | 562.5449 | 538.1813 |
| Potencia de distribución | | 547.8176 | 549.0904 | 552.7267 | 552.7267 | 551.8177 | 565.454 | 568.0904 | 568.0904 | 568.0904 | 577.7267 | 577.7267 | 570.8176 |
| Factor de calificación menor 0.5 | | | | | | | | | | | | | |
| Costo potencia distribución | 31.53 | 17272.69 | 17312.82 | 17427.47 | 17427.47 | 17398.81 | 17828.76 | 17911.89 | 17911.89 | 17911.89 | 18215.72 | 18215.72 | 17997.88 |
| Costo potencia generación | 38.36 | 19807.69 | 20993.36 | 21272.34 | 20644.63 | 21063.11 | 22109.29 | 21474.60 | 19375.27 | 20623.71 | 22213.90 | 21579.22 | 20644.63 |
| Pago total por potencia | | 37080.38 | 38306.18 | 38699.82 | 38072.11 | 38461.92 | 39938.05 | 39386.49 | 37287.16 | 38535.60 | 40429.63 | 39794.95 | 38642.51 |
| Factor de calificación mayor o igual 0.5 | | | | | | | | | | | | | |
| Costo potencia distribución | 32.50 | 17804.07 | 17845.44 | 17963.62 | 17963.62 | 17934.08 | 18377.26 | 18462.94 | 18462.94 | 18462.94 | 18776.12 | 18776.12 | 18551.57 |
| Costo potencia generación | 59.81 | 30883.68 | 32732.35 | 33167.33 | 32188.62 | 32841.10 | 34472.28 | 33482.69 | 30209.46 | 32156.00 | 34635.39 | 33645.81 | 32188.62 |
| Pago total por potencia | | 48687.75 | 50577.79 | 51130.95 | 50152.24 | 50775.17 | 52849.53 | 51945.63 | 48672.39 | 50618.94 | 53411.51 | 52421.93 | 50740.20 |
| Ahorro | | 11607.37 | 12271.61 | 12431.13 | 12080.13 | 12313.25 | 12911.48 | 12559.14 | 11385.24 | 12083.34 | 12981.88 | 12626.98 | 12097.68 |
| Costos de energía eléctrica | | | | | | | | | | | | | |
| Monto recibo F.C. \geq 0.5 (S). | | 167434 | 173812 | 174191 | 175504 | 184291 | 189322 | 193339 | 163197 | 176307 | 185511 | 182417 | 170595 |
| Costo unitario promedio energía eléctrica F.C. \geq 0.5 (S/kWh). | | 0.5561 | 0.5826 | 0.5899 | 0.5796 | 0.6246 | 0.6372 | 0.6250 | 0.6205 | 0.6015 | 0.5944 | 0.5818 | 0.5922 |
| Costo unitario promedio energía eléctrica F.C. $<$ 0.5 (S/kWh). | | 0.5175 | 0.5415 | 0.5478 | 0.5397 | 0.5829 | 0.5938 | 0.5844 | 0.5773 | 0.5603 | 0.5528 | 0.5416 | 0.5502 |
| Porcentaje % reducción. | | 6.93% | 7.06% | 7.14% | 6.88% | 6.68% | 6.82% | 6.50% | 6.98% | 6.85% | 7.00% | 6.92% | 7.09% |
| Reducción costo unitario promedio (F.C.) Factor de calificación | | | | | | | 6.9% | | | | | | |

Nota: Resultados basados en los datos de la empresa Eléctrocentro

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 11

Características y precio de oxígeno

| Características | |
|---|-----------------------------|
| Proveedor | AIR PRODUCTS |
| Ruta | Pisco - Ayacucho |
| Producto | Oxígeno medicinal 99.5% V/V |
| Forma farmacéutica | Líquido criogénico |
| Presentación | Cisterna criogénica |
| Norma técnica | Farmacopea Europea 8.0 |
| Fecha de análisis | 27/04/2023 |
| Fecha de emisión | 27/04/2023 |
| Fecha de fabricación | 27/04/2023 |
| Fecha de vencimiento | 27/04/2028 |
| Método de fabricación | Licuefacción del aire |
| Datos de análisis: | |
| Pureza [99.500, 100.000]% | 99.950 % |
| Dióxido de carbono [0.001, 300.000] ppm | < 100.000 ppm |
| Monóxido de carbono [0.001, 5.000] ppm | <2.000 ppm |
| Vapor de agua [0.001, 67.000] ppm | 5.000 ppm |
| Prueba de Olor | Conforme |
| Cliente | HRA |
| Fecha de recarga | 28/04/2023 |
| Capacidad tanque criogénico | 5000 galones |
| Precio compra (metro cúbico) | S/. 4.838 |

Nota: Resultados basados en los datos de la empresa Air Products

Fuente: Elaboración Propia