

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE INSTALACIÓN DE UNA PLANTA
DESALINIZADORA PARA ABASTECER DE AGUA POTABLE LA
NUEVA ZONA INDUSTRIAL PROYECTADA EN PUERTO ETEN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

MAVERICK VICENTE GUARNIZ SERRATO

ASESOR

MARÍA RAQUEL MAXE MALCA

<https://orcid.org/0000-0002-5371-9241>

Chiclayo, 2021

**PROPUESTA DE INSTALACIÓN DE UNA PLANTA
DESALINIZADORA PARA ABASTECER DE AGUA
POTABLE LA NUEVA ZONA INDUSTRIAL PROYECTADA
EN PUERTO ETEN**

PRESENTADA POR:

MAVERICK VICENTE GUARNIZ SERRATO

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

María Luisa García Urrutia

PRESIDENTE

Diana Peche Cieza

SECRETARIA

María Raquel Maxe Malca

VOCAL

Dedicatoria

A mis padres, Isabel y César, por siempre ser mi mayor motivación y fuerza para sobresalir.

Por haberme forjado como la persona que soy, la mayoría de mis logros será por y para ustedes, este es uno de ellos.

A mis abuelos, Vicente y Dominga, que siempre quisieron que sea un profesional, lo verán desde el cielo.

A mis amigos y familiares, que siempre se han preocupado por mí, esto es para ustedes.

Agradecimientos

En primer lugar, a Dios y a la Virgen María, por haberme acompañado y cuidado de mí siempre.

A mi madre y padre, por el amor, apoyo, comprensión, confianza y motivación de todas las formas posibles de demostrar.

A los ingenieros de la facultad de ingeniería de USAT, por sus enseñanzas y algunos, su amistad.

A mi asesora, Dr. María Maxe, por su comprensión, confianza, apoyo y guía en el transcurso de mi proyecto.

A mis amigos, por ser las mejores personas que Dios me pudo presentar, por su confianza, apoyo y también, llamadas de atención, ¡Gracias!

Índice

Resumen	5
Abstract	6
Introducción.....	7
Revisión de literatura	8
Materiales y métodos	11
Resultados y discusión	12
Conclusiones	31
Recomendaciones	31
Referencias.....	32
Anexos	35

Resumen

El presente trabajo de investigación se centra en un parque industrial proyectado en el distrito de Puerto Eten, el cual para el desarrollo de sus operaciones no presenta algún tipo de abastecimiento de agua y actualmente, en el lugar no se encuentra alguna entidad para abastecerla, por esa razón, se propone como objetivo general la instalación de una planta desalinizadora de agua para abastecer de agua potable al proyecto. Para determinar la demanda, se analizó el consumo promedio mensual de las principales actividades económicas del país y se halló la cantidad de lotes que podrían establecerse en el parque industrial, el resultado fue de 14 600 metros cúbicos por día cuando el parque esté operando al 100% de capacidad. También se evaluaron distintos métodos de desalinización, ósmosis inversa fue el método más conveniente. La capacidad de diseño de la planta fue de 16 060 metros cúbicos diarios por esta razón los equipos fueron seleccionados para esta capacidad. Por último, se realizó un análisis financiero, obteniendo como resultados un TIR de 30% y VAN de S/8 025 423,81. Además, el beneficio obtenido es del 22% y el periodo de recuperación para este proyecto es de 3 años y 10 meses aproximadamente.

Palabras claves: Planta desalinizadora, Agua potable, Ósmosis inversa.

Abstract

This research work focuses on an industrial park projected in the district of Puerto Eten, which for the development of its operations does not have any type of water supply and currently, there is no entity to supply it in the place, for For this reason, the general objective of the installation of a water desalination plant to supply drinking water to the project is proposed. To determine the demand, the average monthly consumption of the main economic activities of the country was analyzed and the number of lots that could be established in the industrial park was found, the result was 14 600 cubic meters per day when the park is operating at 100 % capacity. Different desalination methods were also evaluated, reverse osmosis was the most convenient method. The design capacity of the plant was 16 060 cubic meters per day for this reason the equipment was selected for this capacity. Finally, a financial analysis was carried out, obtaining as results an IRR of 30% and NPV of S / 8 025 423,81. In addition, the benefit obtained is 22% and the payback period for this project is approximately 3 years and 10 months.

Keywords: Desalination plant, Drinking water, Reverse osmosis.

Introducción

El agua en el mundo es de aproximadamente 1 386 millones de km³ según la Autoridad Nacional del Agua (ANA) [1], de los cuales el 97,5% es agua salada, sólo el 2,5% es agua dulce y el 70% de ésta se encuentra en forma de glaciares, nieve o hielo. El 29% restante es agua subterránea de difícil acceso, así que sólo el 1% o menos es agua disponible para el consumo humano y los ecosistemas. Según el informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) [2], 1 800 millones de personas habitarán en países con escasez absoluta de agua y dos tercios de la población mundial podrían vivir en condiciones de tensión hídrica para el año 2025. El aumento de la población y el cambio climático que ocurre en ciertas partes de la tierra han creado un desequilibrio entre la demanda y el suministro de agua de calidad, no solo para la población, sino también para la industria y la agricultura.

El ministerio de agricultura y riego (MINAGRI) [3] refiere que Perú cuenta con un gran volumen de agua con respecto a la cantidad de agua disponible por habitante. Esto originaría que el país se encuentre en una posición excepcional en comparación con el resto de países, contradictoriamente por acciones de la naturaleza, la distribución de los recursos hídricos es muy dispersa, debido a que el 76% de este recurso fluye por la vertiente oriental amazónica, donde se encuentra el 26% de la población. Mientras tanto, el 21% fluye por la vertiente del pacífico, donde el 70% de la población reside y para agravar la situación, aquí se encuentra la actividad agroexportadora la cual tiene altos requerimientos de agua. Por último, la vertiente del Titicaca con el 3% del agua, residiendo en esta zona el 4% de la población. Se prevé que para el año 2030 [4], el país empezará a sentir seriamente la escasez hídrica. Mientras tanto las ciudades siguen creciendo, la agricultura se ve potenciada con proyectos agroexportadores y la expansión industrial, indican una demanda de agua cada vez mayor. El 86% del agua dulce en el país es consumido por la agricultura y la ganadería.

En la zona costera del Perú, la exportación de agronegocios y otras actividades de producción continúa creciendo, por lo que es necesario establecer un terminal portuario en la región Lambayeque. La sociedad civil de la misma región desde ya hace 30 años, propuso repetidamente planes para expandir y modernizar sus instalaciones portuarias antiguas en Puerto Eten, debido a que este distrito contó con un muelle de hierro y madera y una red ferroviaria la cual se empleó para exportar azúcar de los distritos Tumán y Pucalá, la misma que conectaba Chiclayo y también Lambayeque. En la actualidad, el muelle se encuentra en condiciones desfavorables y la red ferroviaria quedó deshabilitada en 1966.

El Terminal Portuario de Lambayeque y su continuación, es un proyecto que se realizará al sureste del distrito de Puerto Eten, contará con una superficie total de 286,2 Km². Dentro del cual se encontrará la zona industrial, franca, agroindustrial, portuaria, de producción agroindustrial, entre otras. La zona industrial representa aproximadamente el 13% del proyecto con un espacio de 36,82 Km² (Ver anexo 2). Para que estas zonas se encuentren operativas tienen que cumplir con los servicios básicos como luz, agua y desagüe. La empresa encargada del servicio de agua potable y alcantarillado es EPSEL S.A. y brinda el servicio para los usos domésticos, industriales y comerciales. Siendo la tarifa de agua potable para el uso industrial de 7,268 soles por m³. Puerto Eten cuenta con una superficie de tan sólo 14,5 Km² y es abastecido por el servicio de agua potable del pozo tubular de Puerto Eten que se encuentra ubicado en ciudad Eten, cuenta con un reservorio de agua, el cual es un tanque elevado con una capacidad de 500 000 litros. El caudal que recibe del pozo 14 l/s, durante un periodo de 12 horas. Cabe resaltar en diciembre de 2019 el pozo tubular del cual se abastecía Puerto Eten

colapsó, dejando sin agua potable al distrito por un total de 59 días aproximadamente. Ahora, el distrito es abastecido de agua por el pozo tubular de Ciudad Eten.

Ante esta situación, se formuló la siguiente interrogante, ¿Cómo abastecer de agua potable la nueva zona industrial proyectada en Puerto Eten? Para resolverla, se propuso como objetivo general, proponer la instalación de una planta desalinizadora de agua de mar para abastecer de agua potable la nueva zona industrial proyectada en Puerto Eten, seguido de los siguientes objetivos específicos, determinar la demanda de agua potable para la nueva zona industrial en Puerto Eten., determinar el mejor método para desalinizar, diseñar la planta desalinizadora y por último realizar un análisis económico financiero para determinar la factibilidad del proyecto.

Revisión de literatura

Benito, Carballo, Otero y Ruiz en su investigación [5] “Diseño de una desaladora de agua de mar de 60 000 m³/día con pretratamiento de ultrafiltración” El equipo propuso el diseño completo de una planta desalinizadora en la ciudad de Cartagena debido a las proyecciones de déficit hídrico que presenta. Analizaron e hicieron la comparación de diversos métodos de desalinización, resultando ganador el sistema de Ósmosis inversa, este sistema trabajó a un 45% de eficiencia pudiendo incrementarse, pero se opta por ese porcentaje para alargar la vida útil de las membranas de OI hasta en 2 años.

Cabero [6] en el desarrollo de su tesis doctoral “*Proceso de desalación de agua de mar mediante un sistema de osmosis inversa de muy alta conversión en tres etapas con circulación de permeado y doble sistema de recuperación de energía*” tiene como objetivo definir un proceso de desalación de agua de mar mediante la tecnología de ósmosis inversa con una conversión superior al 60%, que sea válido, no solo para determinados casos muy concretos, sino para la mayoría de los mares del planeta; es decir, un proceso con un rango de validez muy amplio en lo que se refiere a salinidades y temperaturas del agua de mar. Para lograr definir ello realizó su investigación a nivel exploratorio, realizó una pequeña instalación donde el caudal que ingresó a las membranas fue de 1000 m³/d, partiendo de ello la finalidad fue tener 590 m³/d con una conversión mayor al 60%. Los resultados obtenidos en la investigación cercioran que en el rango de salinidades entre 30 000 y 40 000 mg/l a temperaturas entre 10 y 30 °C se logra purificar el agua a valores de 600 mg/l, los cuales son aceptables.

Arnal, García, Giménez y Sancho [7] en su investigación “*Design of a reverse osmosis seawater desalination plant equipped with an specific preventive maintenance unit*” “*Diseño de una desaladora de agua de mar por ósmosis inversa equipada con una unidad específica de mantenimiento preventivo*” tiene como objetivo proponer un diseño de instalación de desalación de agua de mar que cumpla con los estándares de calidad al momento de la producción y que cuente con un protocolo de limpieza de membranas. Para lograrlo realizó distintos tipos de tratamientos como pretratamiento, osmosis inversa y post-tratamiento. Como resultados obtenidos se tuvo que incorporación de módulos de sacrificio en el proceso permite elaborar protocolos de limpieza específica, ya que puede predecir el ensuciamiento futuro de las membranas del proceso productivo y permite la experimentación en protocolos de limpieza específicos. El diseño de una instalación de desalación de agua de mar mediante OI que incluya un protocolo de limpieza específica para las membranas como el que se propone en este trabajo favorece una mayor vida útil de las membranas.

Jiang, Wang, Zhang y Xu [8] en su investigación “Electrodialysis de salmuera concentrada de la planta de RO para producir sal gruesa y agua dulce” o “*Electrodialysis of concentrated brine from RO (Reverse osmosis) plant to produce coarse salt and freshwater*” Cuenta con una metodología experimental en la que se utilizó membranas como FAS-PET-130 (catiónico) , FKS-PET-130(aniónico), Neosepta AM, etc. Como resultados a partir de las pruebas de las membranas mencionadas se tiene que el TDS (sal disuelta total) de la pila de membrana Neosepta puede alcanzar hasta el 21,7% (m / v concentración en masa) con una tasa de desalinización de 75,94% y una tasa de recuperación de agua de 67,11%. También investigado. La concentración de la salmuera tratada en el compartimento de concentrado se eleva a un valor más alto de 27,13% (m / v) con tasa de recuperación de agua del 67,78% y tasa de desalinización del 72,47%.

Moumouh, Tahiri y Balli1 [9] en la investigación “*Solar Desalination by Humidification-Dehumidification of Air*” “*Desalinización solar por humidificación-deshumidificación del aire*” Tiene una metodología experimental, se llevó a cabo en un prototipo instalado en el laboratorio de la escuela de ingeniería Mohammadia. El equipo cuenta con una torre de condensación con 72 cm de alto, 33 de largo y 33 de ancho; una bobina de cobre de 50 m de largo y 1,27 cm de diámetro; y por último una torre humidificadora la cual es la unidad de desalinización, esta tiene como medidas con 170 cm de alto, 33 de largo y 30 de ancho. Se utilizó un ventilador de 200 vatios, una bomba centrífuga, un medidor de flujo y otros implementos. Obtuvo como resultados que la producción de agua incrementa con al aumento del caudal de aire, que el caudal de destilado incrementa con el acrecentamiento de la temperatura del agua y la tasa de producción en función al agua fue de 0,3 l/gal respecto a 1,42% de desalinización.

Estudio de viabilidad

Es aquel que realiza una predicción de las necesidades del usuario que se han identificado y se pueden satisfacer, este decide si el sistema que se propone será o no rentable desde el punto de vista de negocio. Un estudio de viabilidad normalmente es rápido y económico, el resultado de este nos sirve para tomar la decisión de continuar o no con algún estudio más detallado. Presenta tres partes, las cuales son viabilidad comercial, técnica y económica. [10]

Si un proyecto demuestra la racionalidad del mercado planificado de productos o servicios, y las ventas planificadas se ajustan a las prácticas de la compañía, entonces el proyecto es comercialmente viable. Para demostrar la racionalidad del mercado existen factores a determinar como el estudio de mercado, el cual se refiere al comportamiento del consumidor si está interesado o no en el producto que satisfacer su necesidad; demanda, es la oportunidad de mercado a abastecer en una determinada zona o lugar, esta se puede proyectar teniendo una tendencia o demanda histórica; oferta, es el volumen de producción por parte de la empresa basado en los pronósticos de demanda, tecnología o capacidad de planta; demanda insatisfecha, volumen del bien que no se logró abastecer con la oferta.

La parte más complicada de este estudio es la viabilidad técnica, debido a que, según los objetivos, funciones o rendimientos, todo parece posible. Sólo se puede evaluar una vez terminada la fase en las que se tengan que evaluar las cuestiones técnicas. Las consideraciones que se tiene que tener en cuenta en la viabilidad técnica son el riesgo de desarrollo, el cual se refiere al diseño del elemento en cuanto a su rendimiento dentro de las restricciones que se puedan presentar; la disponibilidad de recursos, para ellos tomamos en cuenta la siguiente

pregunta ¿existen o se encuentran al alcance los recursos necesarios para el proyecto? y por último la tecnología, la cual tiene de incógnita ¿existe la tecnología necesaria para el proyecto?

La viabilidad económica, es la consideración fundamental para la viabilidad de cualquier proyecto, incluye una gran cantidad de factores siendo uno de los más importantes el costo-beneficio, estrategias de ingresos a corto, mediano y largo plazo, coste de recursos y el crecimiento del mercado. [10]

Desalinización

El proceso de desalinización o desalación consiste en reducir la sal presente del agua del mar y los sólidos disueltos que se puedan encontrar. La presencia de sales en los diversos mares del planeta se encuentra entre 25 000 y 45 000 ppm, logrando reducirse a números por debajo de 1 000 ppm mediante este proceso. Conseguir la desalación del agua de mar es una de las mayores soluciones para el futuro desabastecimiento de agua por escasez y despilfarro. Mediante este proceso se obtiene como producto agua dulce y también para regadío.

Este proceso se ha sido estudiado con mayor profundidad en los últimos años, pues tiene diversas formas de brindar el producto final, porque existen varios métodos. Los más estudiados son el de ósmosis inversa y el de destilación multietapa, un funciona con membranas para la separación de la sal con el agua mientras que el otro, usa la evaporación y condensación como pilares principales. También existe otros, como electrodiálisis, que es un sistema híbrido de corriente y membranas o destilación solar, que usa la energía del sol para su funcionamiento.

Agua Potable

El agua potable proviene de forma natural de sedimentos en hielo polar, ríos, arroyos o subsuelo, y generalmente solo requiere un simple tratamiento de desinfección, mediante cloro, ozono, exposición a luz ultravioleta u otros mecanismos que eliminen la existencia de microorganismos. Así mismo, el agua potable o apta para el consumo humano es agua que se puede ingerir sin preocupaciones, porque ha pasado por un proceso y se hace potable, por lo que ya no representa un riesgo para la salud. [11] Las autoridades de salud, la SUNASS y los municipios supervisan el cumplimiento de las normas y leyes del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano en su jurisdicción en el ámbito de sus competencias estatutarias. [12]

Distribución y técnicas para el diseño de planta

Según Muther [13] significa el orden físico de los factores industriales. Este orden ejecutado o en proyecto incluye el espacio necesario para el movimiento de materiales, almacenamiento, colaboradores, equipos, visitantes y todas las demás actividades o servicios dentro de la empresa. El tener una óptima distribución de planta presenta como ventajas, disminución del riesgo para la salud e incremento de la seguridad de los trabajadores, aumento de la producción, reducción de los retrasos en la producción, ahorro de área ocupada, disminución del manejo de materiales, mayor utilización. de la maquinaria, reducción del material en proceso, acortamiento del tiempo de fabricación, reducción del trabajo administrativo y del trabajo indirecto en general, logro de una supervisión más fácil y mejor, reducción de la congestión y confusión, reducción del riesgo para el material o su calidad, mayor adaptación a los cambios de condiciones.

El Método Guerchet, según Muther [13] dice que este, es un método utilizado para el diseño o distribución de plantas, el cual sirve para determinar las áreas correspondientes de acuerdo a las medidas de las máquinas u objetos presentes en dicha área. Para ello, el primer paso es determinar la superficie estática, la superficie gravitacional y la superficie de evolución. Cabe resaltar que para la superficie de evolución se halla un índice K, para el cual existen ya valores establecidos, pero lo conveniente es hallarlo de acuerdo a los elementos móviles y estáticos, se precisa también que dentro de los elementos móviles se consideran los operarios. Superficie estática (S_s) = largo x ancho; Superficie gravitacional (S_g) = $S_s \times N$; Superficie de evolución (S_e) = ($S_s \times S_g$) x K; N: Número de lados accesibles de las máquinas; K: Coeficiente de evolución.

SLP, según Muther [14] dice que esta técnica en su libro Planificación y proyección de la empresa industrial, esta se basa en el análisis de cercanía de las áreas para obtener una distribución estratégica, tiene que ver mucho con el diagrama de recorrido. A continuación, se presentan los pasos para su aplicación. Localización: La ubicación de la planta a ser asignada debe determinarse aquí. Como es una fábrica nueva, buscará una ubicación geográfica competitiva basada en la satisfacción de ciertos factores relacionados con ella. En el caso de la redistribución, el objetivo es determinar si la planta permanecerá en el sitio actual, o si se trasladará a un nuevo edificio o un área con características similares y uso potencial. Plan de distribución general: En este proceso, se establece el patrón de flujo del área total para participar en las actividades a desarrollar y también el área de superficie requerida, la relación entre las diferentes áreas y la configuración de cada actividad principal. Los resultados de esta etapa nos permitirán obtener un boceto o un dibujo a escala de la futura fábrica. Plan de distribución detallada: El plan de distribución debe estudiarse y prepararse en detalle, incluido el análisis, la definición y la planificación del lugar donde se situará el trabajo y/o la máquina o equipo. Instalación: Al instalar equipos, máquinas y áreas, se deben realizar los movimientos y ajustes físicos necesarios para realizar la asignación detallada del plan.

Materiales y métodos

El cálculo de la demanda se determinó en primer lugar evaluando las principales actividades económicas del país, puesto a que ellas son las principales industrias que se alojarán en la zona industrial. Seguido, se calculó los lotes posibles que se instalarán en el parque industrial, con la finalidad de hallar el consumo total de agua que pueda llegar a tener, como guía y referente se tuvo a Macrópolis, La Chutana y Zona industrial Ventanilla, que son parques industriales de Lima, la inmobiliaria Binswanger Perú, la norma TH 0.30 para lotizaciones industriales y el sistema nacional de estándares de urbanismo, se tuvo como técnica el análisis documental. Se apoyó también en la herramienta de procesamiento de datos, Excel 2019.

Para la elección del método más óptimo para el proyecto, se realizó una comparación por medio de una matriz de factores ponderados de 4 distintos métodos de desalinización como Electrodiálisis, Humidificación – deshumidificación, Ósmosis inversa y Destilación flash multietapa, describiendo sus beneficios, eficiencia y costos. El resultado de la evaluación tuvo como ganador al sistema de ósmosis inversa por los beneficios y adaptabilidad al proyecto. Se siguió la metodología aplicada por Benito, Carballo y Otero [5].

Para el desarrollo de tecnología y diseño de planta, se realizó los estudios de diseño y distribución de planta, para lograrlo se utilizó como herramienta el diagrama relacional de actividades para determinar las cercanías de ellas, el método Guerchet [13] para la

determinación de áreas y por último, AutoCAD 2018 para poder plasmar el diseño de planta en 2d. También se determinó la capacidad según la demanda del proyecto, tecnología y materia prima, a partir de ello se determinó la capacidad de diseño. [14] Por último, se eligió la maquinaria de acuerdo a lo requerido.

Realizado los puntos anteriormente mencionados, se procedió a realizar una estimación de costos y cotizaciones para realizar el análisis financiero, en los cuales se determinó indicadores como VAN, TIR, beneficio-costo y periodo de recuperación. [10] Por último, se utilizó como herramienta los documentos de Excel para el procesamiento de datos.

Resultados y discusión

El agua potable es el producto para el cual se realizó el estudio de mercado, considerando distintos factores como oferta, precio, zona de influencia, comercialización, pero sobre todo se priorizó el cálculo de la demanda. El agua potable es el agua que atravesó diversos sistemas de tratamientos y después de ello se encuentra apta para ser consumida por la persona o actividades relacionadas con ella. Este producto es elaborado normalmente a partir del agua de ríos, lagos, pozos, pero también del mar, en menor proporción al menos en Perú. Esta tiene las características como, ser inodora porque no cuenta con olor propio, insípida porque no tiene un sabor definido e incolora porque no cuenta con color. Para determinar si es o no potable, existen normativas en las cuales se presentan los límites máximos permisibles para ciertos elementos. En el reglamento de la calidad de agua para consumo humano [12], decreto supremo N°031-2010-SA promovido a través de Digesa, menciona en el artículo tercero el reglamento y normas sanitarias complementarias que dicta el Ministerio de Salud que es de forzoso acatamiento para toda persona natural o jurídica, privada o pública, en el interior del país, que participe en cualquier actividad como administración, control, mantenimiento, operación, supervisión del abastecimiento de agua potable, desde la fuente hasta su consumo. Por ello esto se aplica a cualquier organización que pueda suministrar agua potable a un sector poblado, distritos, ciudades o colaboradores.

La desalinización del agua del mar genera agua potable como producto principal, pero también ofrece la oportunidad de generar subproductos como sal marina debido a las enormes cantidades de salmuera presente en el mar y agua embotellada a partir del producto general, para ello se tendrían que añadir líneas de producción extras en las cuales se podría visualizar sistemas de conversión, cristalización, purificación, ozonización y demás. Cabe resaltar que el mercado de estos subproductos está en demanda creciente desde hace algunos años. El agua embotellada, es el agua que ha pasado por diversos procesos para ser apta para el consumo directo del cliente o consumidor final. Esta, parte desde el ingreso de agua potable o en algunos casos de manantial hasta ser envasada en diversos tamaños para su venta. La sal marina, es el producto de evaporar agua del mar o tratarla para obtener las sales presentes y hacer que esta se cristalice para poder comercializarla. Esta presenta una textura gruesa y puede tener los mismos usos que la sal de mesa, incluso algunos más, debido a que la sal de mesa está asociada a algunos problemas de salud.

El agua potable o agua apta para consumo humano, es el agua que se puede ingerir sin preocupación alguna, gracias a que esta ha pasado por distintos procesos y se potabilizó, así ya no significa un riesgo para la salud. [11] Este término, sólo aplica al agua que cumple con los límites máximos permisibles impuestos por ley que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 Requerimientos de calidad para el agua potable

PARAMENTRO	LMP
Coliformes totales, UFC/100 ml	0 (ausencia)
Coliformes termotolerantes, UFC/100 ml	0 (ausencia)
Bacterias heterotróficas, UFC/ml	500
pH	6,5 - 8,5
Turbiedad, UNT	5
Conductividad, 25°C uS/cm	1 500
Color, UCV - Pt-Co	20
Cloruros, mg/l	250
Sulfatos, mg/l	250
Dureza, mg/l	500
Nitratos, mgNO ₃ /l (*)	50
Hierro, mg/l	0,3
Manganeso, mg/l	0,2
Aluminio, mg/l	0,2
Cobre, mg/l	3
Plomo, mg/l	0,1
Cadmio, mg/l	0,003
Arsénico, mg/l	0,1
Mercurio, mg/l	0,001
Cromo, mg/l	0,05
Flúor, mg/l	2
Selenio, mg/l	0,05

Fuente: Sunass [11]

Para la zona de influencia del proyecto se determinaron los factores que delimitan el área del proyecto. Siendo el principal factor la existencia de mercado, debido a que todas las empresas que se situarán dentro de la zona industrial para su funcionamiento y operación necesitan el suministro de agua. El área de mercado seleccionada es la zona industrial proyectada en Puerto Eten, debido a lo mencionado anteriormente.

La región del norte, Lambayeque, es una de las más importantes del país, pues produce alrededor de 5 700 millones de dólares lo que en 2018 representaba el 2,5% del PBI del Perú. En ese mismo año la economía creció un 4%, siendo el sector más importante para el desarrollo de la región la agroindustria. [15] La entidad que suministra agua potable para el uso doméstico, social, comercial, industrial y estatal en Lambayeque es Epsel S.A. La demanda del recurso incrementa con el crecimiento que tiene la región, sea en población o industrias. Esta empresa para el abastecimiento de la región potabiliza el agua de los ríos Chancay y Reque, pero para algunos distritos de la zona costera potabiliza el agua extraída de pozos subterráneos o acuíferos.

La zona industrial proyectada en Puerto Eten es parte de la continuación del proyecto del terminal marítimo de Lambayeque, para esta zona están destinados 36,81 km² de superficie total, en la que se encuentran zonas como Industria Pesada, Liviana y Elemental. La zona industrial o parque industrial estará funcionando a su capacidad máxima probablemente 5 años después del año 0 debido al potencial con el que cuenta, como ser el parque más grande del Perú y tener a pocos metros el futuro terminal portuario de Lambayeque, pues parques industriales como Macrópolis que tiene 5 años de antigüedad, hasta el momento ya tiene vendido el 90% de su lotes e inició con un 35% de ventas en el año 0, actualmente se encuentra en operaciones para seguir con la segunda parte del proyecto; el parque industrial La Chutana, de igual forma ya cuenta con el 85% de sus lotes vendidos en menos de 5 años. Así que durante ese periodo de tiempo las empresas podrían establecerse dentro del parque industrial.

Para determinar la demanda, se tuvieron en cuentas las actividades económicas de Lambayeque y las principales del país, las cuales son, Agroindustria, Agroexportación, Comercio, Manufactura, Extracción de minerales, Construcción, Pecuaria, Almacén y Pesca, como se muestra en la tabla 2. Todas estas actividades consumen agua potable en el desarrollo de sus procesos. Para determinar la demanda primero se calculó o estimó los lotes con los que podría contar la zona industrial. Seguido de ello, se determinó el consumo promedio mensual de agua de estas actividades refenciándose en el sistema nacional de estándares de urbanismo [16].

Tabla 2 Consumo de agua por tipo de industria

Tipo de industria	Actividad económica	Consumo de agua mensual en m ³	Consumo mensual según tipo de industria en m ³
Agroindustria	Agroindustria	250	250
Industria pesada	Manufactura	50	200
	Extracción de minerales	350	
Industria liviana	Pesca	250	313
	Construcción	150	
	Pecuaria	540	
Industria elemental	Almacén	50	43
	Agroexportación	50	
	Comercio	30	

Elaboración propia

Según el tipo de industria se tuvo como resultado 2 140 lotes promedio, repartiéndose en 181 para la industria pesada, 243 para la agroindustria, 920 para la industria liviana y 796 para la industria elemental. Para determinar los metrajes mínimos y máximos se tomó como referencia el parque industrial Macrópolis el cual presenta una extensión de 980 Ha y es hasta el momento el parque industrial de mayor tamaño en Perú. [17] También se tomó en cuenta el reporte inmobiliario de Binswanger Perú sobre parques y lotizaciones industriales [18] y la norma T.H 0.30 para habilitaciones industriales. [19]

La tabla 3 contiene la cantidad total de agua requerida mensual y diariamente que la zona industrial necesitará, esta se determinó multiplicando la cantidad de lotes hallados por el consumo de agua mensual según el tipo de industria, para el cálculo de consumo diario se consideró 30 días por mes. La demanda de agua diaria hallada es de 13 888 m³ a esta cantidad se consideró agregarle un factor de seguridad de 5% y se redondeó al ciento más cercano. Por lo tanto, la demanda a abastecer fue de 14 600 metros cúbicos por día cuando la zona industrial se encuentre al 100% de su capacidad.

Tabla 3 Cantidad de agua requerida total y por tipo de industria

Tipo de Industria	Cantidad de lotes	Consumo mensual según tipo de industria	Cantidad requerida mensual en m ³	Cantidad diaria requerida en m ³
Industria pesada	181	250	45 264	1 509
Agroindustria	243	200	48 617	1 621
Industria liviana	920	313	288 243	9 608
Industria elemental	796	43	34 509	1 150
Total			416 632	13 888

Elaboración propia

La oferta como se mencionó en el marco teórico es el volumen de producción que se encuentra en el mercado debido a la presencia de alguna demanda. El proyecto, como es dirigido hacia un parque industrial que se encuentra en fase de planeación, no cuenta con oferta existente in situ, por ello la oferta es 0. De igual caso, si se pretendiera abastecer con el suministro del distrito, sería insuficiente pues el actual abastecimiento es muy limitado y ya presentó problemas de abastecimiento. Además, la entidad que abastece no ha realizado alguna forma de extracción de agua en Puerto Eten debido a la salinidad presentada en la zona.

La demanda insatisfecha es el resultado de la diferencia entre la demanda y oferta, en este caso, como la oferta es 0, la demanda insatisfecha es el total de la demanda hallada. Por lo tanto, la demanda del proyecto que es un porcentaje de la demanda insatisfecha para este caso fue del 100% del total de la demanda determinada.

En este proyecto, la materia prima será el agua de mar, esta es abundante e ilimitada, la disponibilidad que se tendría es todo el mar de Grau o mar peruano. Cuenta con una extensión de aproximadamente 3 080 km desde el límite con Ecuador hasta el límite con Chile y una amplitud de 200 millas mar adentro. El mar de Grau está dividido en 3 regiones debido a factores como temperatura, salinidad, color. Región Central y Meridional, las cuales presentan las mismas características en cuanto a temperatura, salinidad y color; abarcan desde los límites con Chile hasta el sur de Piura. Su temperatura, presenta aguas frías, debido al ascenso de las aguas profundas por un fenómeno llamado afloramiento; el color de las aguas, presenta una tonalidad verdosa, como consecuencia de la presencia del fitoplancton y su salinidad varía entre 34 a 35 g por litro. La Región Norte abarca desde el sur de Piura hasta el límite con Ecuador. Teniendo una temperatura tropical y cálida, esta es influenciada por la corriente del Niño; también presenta un color de aguas con tonalidad azul o azulina; por último, su salinidad, asciende a los 35g por litro.

El agua de mar es la materia prima que se necesita para la producción de agua potable, esta no tiene algún costo para su utilización, pero en la ley de recursos hídricos, menciona que, para poder utilizarla debido a que le pertenece al estado se necesita un permiso [20]. Por consecuente, al ser un factor crítico para la producción, se debe establecer las características fisicoquímicas y microbiológicas que presenta actualmente, esto se evidencia en la tabla 4.

Tabla 4 Características presentadas en el agua de mar del litoral lambayecano

Parámetro	Valor	Unidad
Temperatura	17,5 – 23,7	°C
Oxígeno disuelto		
Submareal	≥ 8,37	mg/L
Fondo de submareal	4,18	
Potencial de iones		
hidronio	7,8	pH
Transparencia	1,5 - 4	m
Coliformes		
Totales	< 1,8 – 1,3 x 10 ²	
Termotolerantes	< 1,8	NMP/100ml
DBO(5)	2,78	mg/L

Elaboración propia, adaptado de [21]

El análisis de precios muestra que la empresa prestadora de servicios es Epsel S.A. quien desde 2015 presenta el mismo tarifario, habiendo cambiado el que se propuso en 2009. Cabe resaltar que la tarifa es distinta según categorías, se divide en 2; clase residencial, dentro de la cual se encuentra el uso social y doméstica; y clase no residencial, aquí se encuentra el uso comercial, estatal e industrial. Para el cálculo del consumo el tarifario propone 3 rangos cada uno con diferente tarifa, incrementando el precio gradualmente por consumo de m³de agua, con excepción del consumo industrial que es fijo. El tarifario para el uso industrial fue de S/. 7,052 en el año 2009 hasta 2015 y S/. 7,268 en adelante. De estos datos se partieron para proyectar los precios. El método de proyección es el de regresión lineal, con un coeficiente de correlación de 0,8955. En la tabla 5 se muestra la proyección de precios según lo hallado por el método, aunque el aumento no es demasiado se recomienda prestar atención porque puede verse afectado por alguna crisis.

Para el plan de ventas se utilizaron los cinco primeros años pronosticados de la producción, tomando datos de la demanda del proyecto y la proyección del precio, de tal manera se pueda conocer los ingresos por año correspondiente. Las ventas serán todo el año según la producción, debido a que es una materia prima que se encuentra de manera ilimitada. En la tabla 5 se muestra el plan de ventas, para ello se tuvo en cuenta un crecimiento gradual en cada año así hasta llegar al 100% de crecimiento, para el año 1 se espera el 45% de lotes vendidos y operativos como lo hizo Macrópolis y La Chutana en su primer año de funcionamiento. Pues en el año 0, empezaron su preventa.

Tabla 5 Plan de ventas anual

Porcentaje de crecimiento	Periodo	Venta (m ³)	Precio (por m ³)	Ingresos
45%	AÑO 1	2 365 200	S/7,38	S/17 463 961,03
60%	AÑO 2	3 153 600	S/7,41	S/23 382 592,46
80%	AÑO 3	4 204 800	S/7,45	S/31 306 538,06
90%	AÑO 4	4 730 400	S/7,48	S/35 365 821,94
100%	AÑO 5	5 256 000	S/7,51	S/39 457 542,86

Elaboración propia

El tipo de comercialización que se empleó es el directo debido al tipo de producto. Las plantas abastecedoras de agua potable tienen un canal de distribución similar, este proyecto aplicará uno de manera parecida, el cual empieza en los tanques de agua producto de la planta desalinizadora, sigue a la red de distribución y finalmente los tanques de abastecimientos de las empresas.

Elección del mejor método

El proceso elemental en una planta desalinizadora, es el cual se encarga de la separación de la sal del agua. Por ello, es de gran relevancia seleccionar correctamente el método a utilizar. Teniendo en cuenta, las características de la planta, el caudal a procesar, la energía y las características del agua. El proceso o los procesos de desalinización se clasifican según las formas en como separan el agua de las sales. Algunos utilizan calor, para realizar la evaporación y poder condensar. Otros el frío, para procedimientos como cristalización. Pero, últimamente, se han estudiado métodos de membrana como ósmosis inversa y electrodiálisis. A continuación, se procederá a explicar en qué consisten los métodos más utilizados para plantas desaladoras, estos son:

Humidificación – deshumidificación (HDH). Este proceso es la versión más parecida al ciclo del agua y también es un proceso de desalinización solar. Consiste en calentar el agua con los rayos del sol y una vez casi evaporado transportar este vapor para ser condensado. Este proceso tiene como objetivo reutilizar el calor latente y por ello es al que más atención se le presta por ser el mejor método de desalinización solar. Sus consideraciones de diseño son atractivas debido a su simplicidad y la baja temperatura para su operación. [9]

Destilación flash multietapa (MSF). Este proceso consiste en la destilación del agua de mar y la condensación del vapor que se obtuvo. Para ello, la evaporación instantánea de múltiples etapas se basa en la evaporación cuando la presión de manera rápida cae por debajo de la presión de vapor de equilibrio, lo que provocará una ebullición instantánea. El agua se precalienta junto con el vapor formado en las etapas posteriores. Luego se calienta más con vapor y se introduce en la primera etapa de evaporación instantánea, donde su presión cae por debajo de la saturación, evaporando así una porción de agua, así sucesivamente en las siguientes etapas. El vapor se atrapa para ser condensado y tener el agua producto. Este tipo de proceso es muy utilizado a nivel mundial, para la producción de grandes volúmenes de agua, pero demanda de una gran cantidad de energía calorífica para su producción. [5]

Osmosis inversa (OI). El proceso de ósmosis inversa es una tecnología en la que el factor más importante es la membrana semipermeable la cual tiene como función separar dos soluciones con diferentes concentraciones, así al aplicar presión superior a la presión osmótica, se produce un flujo de agua de un lado hacia el otro, teniendo en cuenta que el flujo va hacia la dirección con menor concentración de sal. Esta agua con menor concentración se encontraría apta para consumo. [22] Se recomienda que este sistema sea utilizado en plantas desaladoras de agua de mar porque si bien la pureza del agua no es tan alta como la obtenida en el proceso de destilación, su pureza es suficiente para cumplir con los requisitos de consumo necesarios. Este proceso de desalación es uno de los procesos de desalación más utilizados porque su consumo de energía es menor que el del proceso de destilación. Además, la energía utilizada depende de la concentración del agua cruda. Es fácil adaptarse a la demanda de agua de los productos de la zona, y el costo de inversión es mucho menor que el proceso de destilación.

Electrodialisis (ED). Esta técnica de desalinización tiene como herramienta principal el uso de dos tipos de membrana, una de ellas es de iones positivos y la otra, por el contrario, negativos. El proceso se realiza haciendo pasar una corriente eléctrica a través del agua del mar entre dos electrodos los cuales ya se encuentran con diferente potencial. Una de las membranas será permeable a los iones positivos y la otra a los negativos. Sucediendo que, al activarse, los electrodos positivos y negativos se dirigirán hacia las membranas, quedando así en la parte central el agua dulce. [8] Este proceso solo puede separar sustancias ionizadas, lo que reduce en gran medida su utilidad y rentabilidad para otros tipos de agua no salada. Aun así, su consumo de energía es similar al de ósmosis inversa.

En la tabla 6 se muestra el método cuantitativo para la selección, tomando en cuenta los factores como, tipo de energía, consumo de energía, producción, capacidad de ampliación, etc. Como se visualiza, el método de ósmosis inversa es el que tiene mayor puntuación seguido de la destilación multietapa. (C=Calificación; P=Puntuación). (Ver anexo 3)

Las mejores tecnologías de desalinización de agua de mar según la evaluación realizada anteriormente son ósmosis inversa y la destilación multietapa, por lo que son las únicas tecnologías que pueden lograr rendimientos suficientemente altos. En la planta a diseñar se seleccionará un sistema de ósmosis inversa porque puede desalar el agua de mar, además, su

alta capacidad de producción y bajo consumo energético ayudarán a obtener mayores beneficios económicos.

Tabla 6 Método cualitativo para selección

Factores	Nivel de importancia	HDH		MSF		OI		ED	
		C	P	C	P	C	P	C	P
Tipo de energía	9%	1	0,09	1	0,09	2	0,19	2	0,19
Consumo de energía	9%	2	0,19	1	0,09	3	0,28	3	0,28
Producción	22%	1	0,22	3	0,66	3	0,66	1	0,22
Capacidad de ampliación	13%	2	0,25	1	0,13	3	0,38	3	0,38
Apta para agua de mar	6%	1	0,06	1	0,06	1	0,06	0	0,00
Calidad de agua desalada	9%	2	0,19	3	0,28	2	0,19	2	0,19
Superficie requerida	6%	1	0,06	1	0,06	3	0,19	2	0,13
Mantenimiento	9%	1	0,09	1	0,09	2	0,19	2	0,19
Dificultad de operación	3%	2	0,06	3	0,09	3	0,09	3	0,09
Dificultad de instalación	13%	2	0,25	1	0,13	3	0,38	1	0,13
TOTAL	100%		1,47		1,69		2,59		1,78

Elaboración propia

Localización y tamaño

Los factores básicos que determinan la localización en este proyecto influyen directamente con el éxito o fracaso del mismo. La ubicación seleccionada debe brindar las condiciones necesarias para el correcto desarrollo del proceso productivo, y debe contar con los recursos y servicios necesarios para satisfacer las necesidades de la organización. De tal forma, también debe minimizar los riesgos que puedan presentarse.

Análisis de macro localización

En los aspectos geográficos; la zona destinada se encuentra en el departamento de Lambayeque. El cual en infraestructura; cuenta con las vías de acceso necesarias para las distintas situaciones posibles. En demografía; Lambayeque se encuentra en la parte norte del Perú, teniendo como coordenadas geográficas 5° 28' y 7° 10' 27" de latitud sur y los meridianos 79° 53' 48" y 80° 3 7' 24" de longitud oeste. También, cuenta con las provincias de Chiclayo, Lambayeque y Ferreñafe, y un total de 38 distritos. Presenta una superficie total de 6 211 Km² y con respecto a las condiciones climatológicas; la región presenta un clima irregular entre 17 a 28 °C, vientos fuertes, lluvias fuertes por el fenómeno del niño y su zona costera presenta alto nivel de concentración de sal y humedad.

Electronorte, es la encargada del suministro de energía eléctrica a nivel región, por lo tanto, también en el distrito. Mientras que; la entidad que presta el servicio de agua potable es EPSEL, en el caso de los distritos de la zona costera de Lambayeque, como Eten, Puerto Eten y Monsefú, no se abastecen con el agua tratada por la planta de la empresa, si no de pozos subterráneos, siendo de limitada capacidad. Las condiciones geológicas que presenta el terreno varían entre 58 m de alto y respecto al nivel del mar son 7 m, su superficie se divide en tierra rasa, algunos arbustos y agua.

Análisis de micro localización

En el análisis de micro localización se consideraron los factores cómo; Cercanía al punto de captación, Costo operativo, Factores institucionales, Afección de ruido, Cercanía a puntos de contaminación y Corriente a favor. Estos se evaluaron para determinar la importancia de cada uno en una matriz de doble entrada. Luego de ello se procedió a evaluar a las posibles

ubicaciones de la planta las cuales son los dos extremos del terminal portuario y un espacio detrás. Teniendo como ganador al extremo derecho ya que obtuvo la mayor puntuación en la evaluación. (Ver anexo 4) De igual forma se tuvo en consideración los posibles riesgos que se podrían presentar en la ubicación y las medidas de mitigación correspondientes.

Uno de los riesgos presentados en el área es el arenamiento, que es la acumulación de sólidos transportados por las corrientes de aire, esto puede perjudicar las instalaciones y los equipos instalados en la planta. También, la erosión marina, que es el desgaste de la superficie terrestre debido a la brisa del mar, perjudica instalaciones y equipos porque acorta la vida útil. Por último, el incremento de marea, es causado por disturbios submarinos, podría causar inundaciones en la planta. [23]

Las medidas de mitigación para estos riesgos son, para el arenamiento, se diseñará cortinas rompe vientos y barreras para la fijación de dunas, en la cual se instalarán plantaciones forestales. Por otro lado, para la erosión marina, se cubrirán las paredes externas y los techos con *sesuvium portulacastrum* que es un tipo de planta que crece en la playa y tiene como efecto repeler de brisa la superficie que cubre. Para el incremento de marea, el proyecto del terminal portuario considera el diseño e instalación de un rompe olas. [24]

La presente investigación es dirigida al abastecimiento de un parque industrial proyectado en Puerto Eten, por ello en el análisis de Macro localización se toma como área de influencia a la región de Lambayeque, mientras que, para el análisis de Micro localización sólo se consideraron las alternativas que intervienen directamente con el proyecto, teniendo así 3 posibles ubicaciones. (EI=Extremo Izquierdo, DT=Detrás de terminal, y ED=Extremo derecho) Por lo tanto, la instalación del parque será donde muestra la figura 1. La cual es el extremo derecho (ED) del terminal portuario.

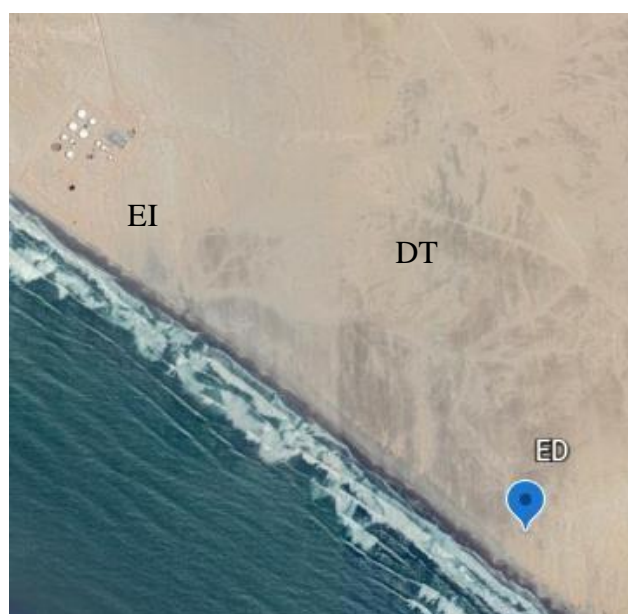


Figura 1. Ubicación de la planta desalinizadora

Fuente: Google Earth 2020

Tamaño de planta

El tamaño de planta de una industria es de gran importancia, pues de no realizarse de manera correcta afectaría las finanzas de la empresa. Para esta investigación se tomaron como factores

de tamaño de planta, al tamaño y mercado, tamaño y materia prima, y finalmente, tamaño y tecnología.

Tamaño-mercado. Al definir el tamaño de la fábrica, es muy importante tener en cuenta la demanda del mercado, ya que el producto debe encontrarse en cantidades precisas que no afecten la viabilidad de la empresa; para esto, es necesario predecir la demanda que se producirá dentro del alcance del proyecto. Este proyecto pretende tener el 100% de participación de la demanda de agua potable que necesita la zona industrial.

Tamaño-materia prima. El agua del mar es la materia prima principal para la producción, esta se procesará para obtener como producto final agua potable para el consumo y uso. Se tendrá en cuenta que es el uso y disponibilidad de esta, que hasta ahora son ilimitados, por ello no se delimita.

Tamaño-tecnología. La tecnología son elementos como equipos y máquinas, donde existen métodos de uso y procesos. Para esta relación, el tamaño y la tecnología se unen para obtener un producto. El plan de producción puede ayudarnos a determinar la maquinaria que se utilizará en el proyecto y así disponer de sus capacidades como referencia. La tecnología utilizada se explica en detalle en la sección "Ingeniería y Tecnología".

Ingeniería y tecnología

Para definir las máquinas requeridas primero se debe conocer el proceso, este empieza en la captación, la cual se da mediante una torre de toma que está situada a una profundidad y distancia de la costa de 10 y 550 m respectivamente. El agua de mar ingresa por la parte superior de la torre y como cuenta con unas rejillas, impide el ingreso de peces y algas que puedan dañar los equipos. La velocidad de aproximación a las rejillas debe ser inferior a 0.15 m/s, para lograrlo las rejillas deben estar separadas por 0,035 m. [5] El agua captada llega a una cántara de captación a través del inmisario submarino el cual es una tubería con un diámetro de 0,78 m. La cántara de captación tiene un volumen de 1 500 m^3 la cual sirve para abastecer una hora de producción, luego de ello a través de una bomba sumergible se lleva el agua hasta un pozo de bombeo el cual tiene un volumen de 500 m^3 con agua suficiente para el abastecimiento de los bastidores durante 20 minutos.

Las membranas de ósmosis inversa son delicadas, por ello, se realiza el pretratamiento con la finalidad de protegerlas, pues se pueden dañar con minúsculas partículas. Este proceso hace que la vida útil de las membranas se extienda y sea más eficiente, el pretratamiento consiste en desinfección, acidificación, coagulación, filtración, decloración, dosificado de antiincrustante y filtración nuevamente.

La finalidad de la desinfección es eliminar o reducir la carga biológica del agua de mar, reduciendo así el riesgo de microorganismos, pues la presencia de microorganismos provocará ensuciamiento en la membrana, reduciendo así el rendimiento del equipo. Para ello, se utilizará hipoclorito de sodio ($NaClO$) al 13% [5], se suministra en forma de disolución líquida a concentración de 160 mg/l. Para su dosificación se utilizará un depósito 16 m^3 y dos bombas (1+1R) (R=repuesto) de 44 l/h. El volumen del depósito cuenta con un abastecimiento para 15 días.

La acidificación tiene como finalidad evitar la precipitación de carbonato cálcico en la membrana permeable, pues la solubilidad de la sal disminuirá con el aumento del pH,

mejorando así la actividad de coagulación y desinfectante, y ayudando a eliminar el boro cuando sea necesario. El pH se regulará mediante Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) al 98% en forma líquida a 1 800 g/l. [5] Para su dosificación se utilizará un depósito 6 m^3 y dos bombas (1+1R) de 17 l/h. El volumen del depósito cuenta con un abastecimiento para 15 días.

El principio básico del proceso de coagulación es agregar una carga positiva al coloide, lo que hace que el coloide sea eléctricamente estable y genera una fuerza de atracción 7 mayor que la fuerza repulsiva, para que se vuelvan a agregar y produzcan una aglomeración de partículas más fáciles de separar. El coagulante es el Cloruro Férrico ($FeCl_3$) al 40%, en forma líquida a 567 g/l. [5] Para su dosificación se utilizará un depósito 10 m^3 y dos bombas (1+1R) de 27 l/h. El volumen del depósito cuenta con un abastecimiento para 15 días.

Con el fin de reducir la cantidad de coloides y sólidos en suspensión en el agua de alimentación, se instaló una plataforma de filtrado a través de un lecho de arena, reduciendo posibles incrustaciones membrana. El movimiento del agua en estos filtros es siempre vertical, penetrando por la parte superior del filtro. El agua cae a través de la capa filtrante, que retiene la materia sólida y las algas que contiene. En su parte inferior, hay un colector con boquilla que recoge el agua filtrada. Se instalarán 3 filtros (2+1R) con un área de 51 m^2 de superficie filtrante.

Según lo mencionado anteriormente, la presencia de oxidantes, como el cloro libre que queda en la desinfección del hipoclorito de sodio, puede dañar irreversiblemente la membrana utilizada en el proceso de ósmosis inversa. Por esta razón, es necesario proporcionar una reducción completa de estas especies oxidantes para mantener la integridad de la membrana (Decloración). El declorante es el Bisulfito Sódico ($NaHSO_3$) al 40%, en forma líquida a 250 g/l. [25] Para su dosificación se utilizará dos depósitos de 5 m^3 y dos bombas (1+1R) de 48 l/h. El volumen del depósito cuenta con un abastecimiento para 7 días.

El agente antiincrustante se aplicará después del filtro de arena - antracita y antes del filtro de cartucho. De esta forma se evita que el primero retenga parte del producto, mientras que el segundo evita que la parte del producto atraviese la membrana si no se disuelve bien. El antiincrustante más utilizado es el Hexametáfosfato Sódico (HMP). [25] Para su dosificación se utilizará dos depósitos 4 m^3 y dos bombas (1+1R) de 41 l/h. El volumen del depósito cuenta con un abastecimiento para 7 días.

Filtrado por cartuchos, se utiliza como última medida de protección de la membrana de ósmosis inversa, ya que cualquier partícula mayor de 5 μm las dañará. Son tanques metálicos que cubren el interior y utilizan elementos filtrantes de polipropileno o plástico como medio filtrante. El filtro se obstruye con regularidad, por lo tanto, se reemplaza cuando la caída de presión supere 1 bar. El flujo del agua es desde abajo hacia arriba. Se consideró instalar 3 filtros (2 + 1R).

El proceso de ósmosis inversa implica hacer pasar una corriente de agua a alta presión a través de una membrana semipermeable para obtener una corriente libre de sal y una corriente rica en sal. La corriente que ingresa se denomina "entrada" y la corriente de salida que no contiene sal es "permeado", mientras que la corriente final con la concentración de sal más alta es "rechazo". La tasa de conversión obtenida con este método es del 45%. Para la planta se diseñó la instalación de 8 bastidores de ósmosis inversa, cada bastidor tiene 49 tubos de presión y cada tubo de presión tiene 7 membranas. Así mismo, con el fin de reducir el consumo de energía, se instalará una turbina Pelton, está aprovechará la presión del agua rechazada para

recuperar la energía y enviarla a las bombas de alta presión. El sistema de OI tiene gran capacidad de eliminación, por tal razón el agua aún no es apta para el consumo humano, por este motivo es necesario un proceso de remineralización, para lograrlo, se va a instalar un lecho de calcita con dosificación de carbonato de calcio y por último se hará la cloración. [5]

A continuación, en la tabla 7 se muestra el requerimiento de materiales para los próximos 5 años de producción este se realiza de acuerdo al plan de ventas, por lo que para producir 1 m³ de agua potable se utilizan 2,23m³ de agua de mar y en la figura 3 el diagrama de flujo del proceso, en el cual también se muestra el balance de materia.

Tabla 7 Requerimiento de materiales

Materiales directos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Agua de mar	5 261 439,96	7 000 992,00	9 334 656,00	10 501 488,00	11 668 320,00
Materiales indirectos					
NaClO (13%)	578 758,40	770 109,12	1 026 812,16	1 155 163,68	1 283 515,20
H2SO4 (98%)	215 719,04	287 040,67	382 720,90	430 561,01	478 401,12
FeCl3 (40%)	336 732,16	448 063,49	597 417,98	672 095,23	746 772,48
NaHSO3 (40%)	626 111,36	833 118,05	1 110 824,06	1 249 677,07	1 388 530,08
HMP (5,5%)	142 058,88	189 026,78	252 035,71	283 540,18	315 044,64
CaCO3	189 601,44	252 288,00	336 384,00	378 432,00	420 480,00

Elaboración propia

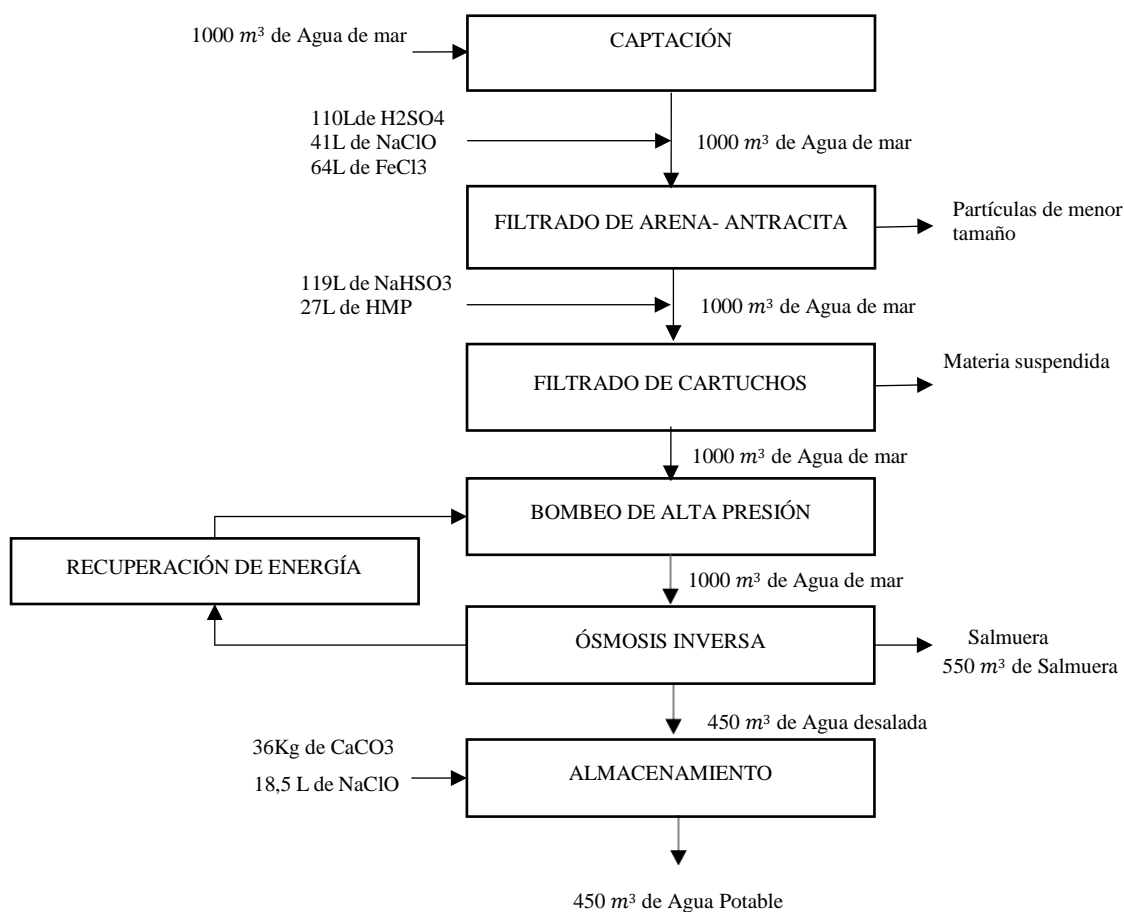


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso.
Elaboración propia.

Capacidad de la planta

La cantidad máxima de producción para algún proceso es la capacidad diseñada, por ello el presente proyecto consideró como capacidad de diseño el total de la demanda, lo que significa la producción en el último año. Adicionalmente, se ha creído conveniente optar por un 10% adicional para el diseño por cualquier imprevisto.

$$\text{Capacidad diseñada} = 14\,600 \text{ m}^3/\text{día} + 14\,600 \text{ m}^3/\text{día} \times 10\% = 16\,060 \text{ m}^3/\text{día}$$

La capacidad real es la capacidad que se espera conseguir teniendo en cuenta lo que llega a producir la planta industrial. Este proyecto tendrá una capacidad de producción de 6 584 m³/día en el año 1 y 14 600 m³/día para el año 5.

La capacidad ociosa es la diferencia entre la diseñada y real, con el transcurrir de los años ésta disminuye. Para el primer año la capacidad ociosa es de 9 490 m³/día lo que representa un 59%. Pero para el año 5, la capacidad ociosa es de 1 460 m³/día, que representa un 9%. Claramente la capacidad ociosa disminuyó con el paso de los años.

$$\text{Capacidad Ociosa} = 16\,060 \text{ m}^3/\text{día} - 6\,584 \text{ m}^3/\text{día} = 9\,476 \text{ m}^3/\text{día}$$

Para realizar la línea de producción y su evaluación, se tomó en cuenta los tiempos de ciclo de cada proceso y el cuello de botella. Como dato, el tiempo base es de 60 min/h. Según lo hallado, el tiempo de ciclo del proceso es de 0,20 min/m³ y el cuello de botella es el proceso de remineralización con 0,060 min/m³. A realizar la evaluación de línea se obtienen 4 estaciones y una eficiencia de línea de 81,3%. En la tabla 8 se muestra la maquinaria necesaria para la planta y en el anexo 5 la matriz de selección para la tecnología.

Tabla 8 Maquinaria para la planta desaladora

MAQUINARIA	CANTIDAD
Bomba sumergible	2 + 1R
Bomba de alta presión	1 + 1R
Turbina pelton	1
Filtro de arena-antracita	5
Filtro de cartucho	9
Lecho de calcita	4
Difusor de co2	3
Membranas de ósmosis tipo 1	490
Membranas de ósmosis tipo 2	1 225
TOTAL	
Elaboración propia	

Para el proceso de desalación, sólo se contratará según necesidad. Los colaboradores para laborar son un jefe de planta, técnicos de mantenimiento, jefe y auxiliar de calidad, operadores, auxiliares administrativos, limpieza y vigilantes.

Distribución de plantas

El tipo de distribución de planta es por línea de producción o por producto, ya que no se puede distinguir una unidad de otra, sino que avanza en flujo continuo. Por lo tanto, la maquinaria seleccionada es automatizada. El diseño de la planta se basa en el método Guerchert. Las áreas más importantes a construir son las siguientes:

- Área de producción. Espacio donde se elabora el producto y se encuentran las maquinarias más importantes. Cuenta con un espacio mínimo de 2 708,42 metros cuadrados.
- Control de calidad y Laboratorio. Espacio donde se evalúa distintos parámetros para verificar si se está cumpliendo con lo pedido por las normas. Cuenta con un espacio mínimo de 51,59 metros cuadrados.
- Mantenimiento. Lugar donde se encuentran los técnicos de mantenimiento, si algún desperfecto ocurriera, ellos solucionan el problema. Cuenta con un espacio mínimo de 47,19 metros cuadrados.
- Zona de carga y descarga. Espacio donde se estacionará el vehículo con los insumos para el desarrollo del producto. Cuenta con un espacio mínimo de 42,90 metros cuadrados.
- Almacén general. Espacio donde se encontrarán los insumos necesarios. Cuenta con un espacio mínimo de 52,17 metros cuadrados.
- Vigilancia. Espacio donde estarán los vigilantes de la planta. Cuenta con un espacio mínimo de 44,22 metros cuadrados.
- Limpieza. Espacio donde estará el personal de servicio. Cuenta con un espacio mínimo de 38,32 metros cuadrados.
- Oficinas Auxiliares. Espacio donde se encuentra el jefe de planta, auxiliares. Cuenta con un espacio mínimo de 76,76 metros cuadrados.
- Operaciones. Espacio donde se encuentra los operadores de la planta. Cuenta con un espacio mínimo de 98,38 metros cuadrados.
- SSHH. Espacio donde el personal realizarán sus necesidades. Cuenta con un espacio mínimo de 10,73 metros cuadrados.
- Estacionamiento. Espacio donde el personal ubica su movilidad. Cuenta con un espacio mínimo de 113,26 metros cuadrados.

El área mínima calculada para la instalación de la planta es de 3 283,95 metros cuadrados, el plano se puede ver en el anexo 1.

El control de calidad de la planta desaladora, irá desde inicio a fin de la producción. En primer lugar, se realizará al momento de acopio de los insumos en planta y será realizada por el auxiliar de calidad, verificará que todo se encuentre de manera idónea y en buen estado. El control de calidad del producto final se realizará en el tanque de agua potable, en los cuales se analizarán aspectos físicos de la presentación, inocuidad, para determinar si cumple la ficha técnica del producto y con requerimientos que establece DIGESA. Se recomienda también, siempre vigilar las entradas a los bastidores de ósmosis inversa, pues de ingresar algún objeto extraño podría dañarlas, ya que son sumamente delicadas.

Organización

Para el funcionamiento de la planta desalinizadora se planteó el siguiente requerimiento de personal.

- Jefe de planta: Administrar, dirigir, supervisar y planificar la organización de acuerdo a las políticas establecidas. Ejerce representación legal y administrativa.
- Jefe de producción y control de calidad: Dirigir, Evaluar y Analizar la producción, realiza controles de calidad al producto, buscando que el producto cumpla con todo lo especificado en su ficha técnica.
- Operadores: Controlar, operar y vigilar el funcionamiento de las bombas, filtros, bastidores.
- Auxiliar de calidad: Programar el control de calidad, Apoyar en el análisis de calidad y producción al jefe de calidad.
- Auxiliar administrativo: Gestionar, ordenar la información de las actividades de la organización. Gestionar los recursos económicos.
- Limpieza: Controlar la limpieza y orden dentro del establecimiento.
- Vigilantes: Garantizar la seguridad del personal y equipos.
- Técnicos de mantenimiento: Realizar el mantenimiento preventivo al sistema, Encargado de la limpieza de los filtros. Realizar el mantenimiento correctivo en caso se necesite. Vigilancia del sistema.

Las principales políticas por las cuales regirá la empresa intervienen con el abastecimiento de insumos, contrato del personal, producción y precio de venta. Cabe resaltar que no se toma en cuenta la adquisición de materia prima porque se extrae directamente del mar y no presenta algún costo.

Las compras de insumos son programadas de manera anual y en caso de urgencia se podrá generar orden de compra adicionales, se hará un concurso público para la selección del proveedor y por precaución se pedirá una carta fianza, el pago será por transacciones o transferencias a la cuenta del proveedor y para el registro se guardará la factura electrónica. El abastecimiento será trimestral. En caso de incumplimiento se hará cobrar la carta fianza y se hará un nuevo concurso para la selección de un nuevo proveedor. El proveedor que tenga un familiar dentro trabajando, queda automáticamente descalificado.

La selección del personal será a través de una empresa externa para obtener el mejor talento a cubrir los puestos. Al ingresar estarán directamente en planilla y podrán gozar de los beneficios de ley. No se contratará si algún familiar labora dentro. Al momento de la contratación no se excluirá por alguna discapacidad presentada, a menos que le imposibilite realizar la labor.

La producción en total tiene un 15% adicional a la cantidad que se demanda, esta holgura es un beneficio por dos motivos, el primero es que, en caso de existir una parada prevista o imprevista, no afectará el abastecimiento; el segundo, es porque se podría brindar agua a los distritos cercanos en caso sea necesario. Por ello, la supervisión y mantenimiento a los equipos de producción se planificarán anualmente, y será elaborado por los técnicos de mantenimiento, revisado por el jefe de planta y aprobado por él, en consenso con el jefe de calidad.

El precio de venta se regirá de acuerdo a la proyección establecida en el análisis de precios.

Análisis financiero

El proyecto, para la evaluación económica – financiera requiere el análisis de la inversión requerida. Esta es inversión fija, que se divide en tangibles e intangibles, y capital de trabajo. La inversión tangible comprende el costo de terrenos, maquinarias y equipos, mobiliario y construcciones. Mientras la intangible, gastos preoperativos como lo son los gastos de instalación de la empresa, adquisición de patentes, pago de estudios y constitución jurídica. El capital de trabajo refiere el costo de la materia prima, insumos, mano de obra, alquileres y servicios.

El costo de terreno, es de S/ 2 298 758,00 por 3 284 metros cuadrados. Mientras que las construcciones se calcularon según los costos por metro cuadrado según la resolución ministerial N°351- 2019-VIVIENDA [26] e ICOTEC [27] siendo un total de S/ 16 240 704,43

El costo de las maquinarias y equipos es de S/18 613 359,30. En lo que se incluye las máquinas para el proceso productivo, los equipos para distintas actividades y el mobiliario, como lo son los estantes escritorios, sillas. En transporte se consideró un vehículo para cualquier trámite o urgencia en la que se necesite.

Como gastos preoperativos se tuvo en cuenta los permisos, planos, costo de estudio, certificado de defensa civil, siendo S/ 34 065,80.

El capital del trabajo que se muestra en la tabla 9, es el capital que necesita la empresa para realizar su trabajo sin problemas durante un periodo de tiempo, en este caso 1 año. Para determinar el capital de trabajo, se incluyen costos de producción, gastos de gestión y los ingresos. Como se muestra en la tabla, según el método de déficit acumulado el año uno ya presenta utilidad por ello se analiza el mismo año y se determina S/. 637 507,89 como capital de trabajo.

Tabla 9 Capital de trabajo

ÍTEM	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS	S/ 17 463 961,03	S/ 23 382 592,46	S/ 31 306 538,06	S/ 35 365 821,94	S/ 39 457 542,86
TOTAL DE INGRESOS	S/ 17 463 961,03	S/ 23 382 592,46	S/ 31 306 538,06	S/ 35 365 821,94	S/ 39 457 542,86
EGRESOS					
Costos de producción	S/ 7 080 256,21	S/ 8 884 655,02	S/ 11 998 907,97	S/ 14 082 707,36	S/ 16 166 506,75
Gastos administrativos	S/ 222 896,40	S/ 222 896,40	S/ 222 896,40	S/ 222 896,40	S/ 222 896,40
Gastos de comercialización	S/ 346 942,10	S/ 346 942,10	S/ 346 942,10	S/ 346 942,10	S/ 346 942,10
TOTAL DE EGRESOS	S/ 7 650 094,71	S/ 9 454 493,52	S/ 12 568 746,47	S/ 14 652 545,86	S/ 16 736 345,25
SALDO (DEFICIT/SUPERAVIT)	S/ 9 813 866,32	S/ 13 928 098,94	S/ 18 737 791,59	S/ 20 713 276,09	S/ 22 721 197,61
UTILIDAD ACUMULADA	S/ 9 813 866,32	S/ 23 741 965,26	S/ 42 479 756,85	S/ 63 193 032,94	S/ 85 914 230,55

Elaboración propia

En cualquier proyecto u obra, se presentan gastos adicionales, los cuales no han sido contados en el desarrollo y presupuesto, por ello, se consideró como porcentaje de imprevistos un 10% del total de la inversión, como se puede observar en la tabla 10, la cual es el resumen de la inversión.

Tabla 10 Resumen de la inversión

Descripción	Inversión total	Promotor del proyecto	Financiamiento
CAPITAL DE TRABAJO	S/ 817 822,19	S/817 822,19	
<u>Inversión tangible</u>			
Terrenos	S/ 2 298 800,00		S/ 2 298 800,00
Construcciones	S/ 16 421 837,15	S/16 421 837,15	
Maquinaria	S/ 14 675 803,20		S/ 14 675 803,20
Transporte	S/ 150 000,00	S/150 000,00	
Equipos de producción	S/ 3 900 046,10		S/ 3 900 046,10
Equipos de oficina	S/ 37 510,00	S/37 510,00	
Total de inversión tangible	S/ 37 483 996,45	S/17 427 169,34	S/20 874 649,30
<u>Inversión Intangible</u>			
Gastos pre operativos	S/ 34 065,80	S/34 065,80	
Total Inversión Intangible	S/ 34 065,80	S/ 34 065,80	
Imprevistos 10%	S/ 3 833 588,44		S/3 833 588,44
INVERSION TOTAL	S/ 42 169 472,89	S/ 17 461 235,14	S/ 24 708 237,74
Porcentaje	100%	41%	59%

Elaboración propia

Como se observa en la tabla 10 el monto total de inversión es de S/ 42 169 472,89. El cual un 41% fue asumido por el inversor y 59% se financió. Para ello se solicitó un préstamo por S/24 708 237,74 en un periodo de 5 años a una tasa de 12,7% según la SBS [28].

Los ingresos con que cuenta el proyecto se muestran en el plan de ventas, siendo en el año 1 un importe de S/ 17 463 961,03 y al año 5, S/ 39 457 542,86. El punto de equilibrio de un proyecto es de vital importancia, debido a que este permite conocer el volumen mínimo de ventas para no tener pérdidas, pero tampoco ganancias., en el año 1 es 1 718 235,50 metros cúbicos y en el año 5, 1 702 290,59.

Para la evaluación económica se toman en consideración índices como tasa interna de retorno (TIR), valor actual neto (VAN), tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) y beneficio – costo. El TMAR, se obtiene a partir de la tasa de inflación anual que es 2% más la tasa del préstamo 12,7% y el beneficio que espera el inversionista en este caso 18%, por ello el TMAR global es de 15,7%. A partir del flujo de caja presentado en la tabla 11, se obtiene un TIR de 30%, un VAN de S/ 8 025 423,81; un beneficio del 22%, lo que significa que por cada sol invertido se gana 22 céntimos. Por último, el periodo de recuperación es de 3 años y 10 meses aproximadamente.

Tabla 11 Flujo de caja en años

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<u>Inversión</u>						
Capital Social	S/ 17 461 235,14					
Préstamos a CP y LP	S/ 24 708 237,74					
Total Inversión	S/ 42 169 472,89					
<u>INGRESOS</u>						
Ventas		S/ 17 463 961,03	S/ 23 382 592,46	S/ 31 306 538,06	S/ 35 365 821,94	S/ 39 457 542,86
TOTAL INGRESOS		S/ 17 463 961,03	S/ 23 382 592,46	S/ 31 306 538,06	S/ 35 365 821,94	S/ 39 457 542,86
<u>EGRESOS</u>						
Costos de producción		S/ 7 080 256,21	S/ 8 884 655,02	S/ 11 998 907,97	S/ 14 082 707,36	S/ 16 166 506,75
Gastos administrativos		S/ 222 896,40	S/ 222 896,40	S/ 222 896,40	S/ 222 896,40	S/ 222 896,40
Gastos de comercialización		S/ 346 942,10	S/ 346 942,10	S/ 346 942,10	S/ 346 942,10	S/ 346 942,10
Amortización de prestamo		S/ 3 835 615,54	S/ 4 322 738,72	S/ 4 871 726,53	S/ 5 490 435,80	S/ 6 187 721,15
Intereses del prestamo		S/ 3 137 946,19	S/ 2 650 823,02	S/ 2 101 835,20	S/ 1 483 125,93	S/ 785 840,59
Depreciación		S/ 4 192 595,98	S/ 4 192 595,98	S/ 4 192 595,98	S/ 4 192 595,98	S/ 4 192 595,98
TOTAL DE EGRESOS		S/ 18 816 252,43	S/ 20 620 651,24	S/ 23 734 904,18	S/ 25 818 703,57	S/ 27 902 502,96
SALDO BRUTO (antes de impuestos)		-S/ 1 352 291,40	S/ 2 761 941,22	S/ 7 571 633,87	S/ 9 547 118,37	S/ 11 555 039,89
Impuesto a la renta (30%)		-S/ 405 687,42	S/ 828 582,37	S/ 2 271 490,16	S/ 2 864 135,51	S/ 3 466 511,97
SALDO (después de impuestos)		-S/ 946 603,98	S/ 1 933 358,86	S/ 5 300 143,71	S/ 6 682 982,86	S/ 8 088 527,92
Depreciación		S/ 4 192 595,98	S/ 4 192 595,98	S/ 4 192 595,98	S/ 4 192 595,98	S/ 4 192 595,98
SALDO FINAL (Déficit/ Superávit)	-S/ 17.461.235,14	S/ 3 245 992,00	S/ 6 125 954,84	S/ 9 492 739,69	S/ 10 875 578,84	S/ 12 281 123,91
UTILIDAD ACUMULADA	-S/ 17.461.235,14	-S/ 14 215 243,14	-S/ 8 089 288,30	S/ 1 403 451,39	S/ 12 279 030,23	S/ 24 560 154,14

Elaboración propia

Estudio de sostenibilidad ambiental

Las industrias en el mundo vienen creciendo muy rápido y Perú no es la excepción, sin embargo, el tema de sostenibilidad ambiental no siempre es bien visto y en especial cuando afecta las finanzas de la empresa. No obstante, es muy importante que se tengan medidas preventivas o correctoras para que los distintos medios naturales no sean afectados.

La investigación, en su desarrollo prevé que el proceso de desalinización genera residuos como salmuera, lodos, entre otros. Debido a que la salmuera regresa al mar, se tiene que exponer medidas preventivas para no afectar el medio marino.

Medidas preventivas

De carácter general. Se marcará el área que sería afectada por la instalación de la planta, se cumplirá los requisitos técnicos y mecánicos que se establezcan, la aplicación de buenas prácticas medioambientales con respecto al tratamiento de los materiales que intervienen en la construcción será indispensable. Es importante en todo momento la gestión de todos los residuos sólidos y líquidos producidos durante las obras y durante la fase de funcionamiento.

Sobre el medio físico

- Se cuidará que el efluente enviado al mar no tenga contacto con sedimentos, se instalarán silenciadores en caso de existir o presentarse ruidos mecánicos. También, se realizará la limpieza del terreno durante la fase de construcción.
- La adaptación de medidas de acondicionamiento del terreno durante la excavación de zanjas, colocación de tuberías y construcción de la planta desaladora es obligatoria.
- Elaboración de un Plan de Emergencia que contemple el modo de proceder en el caso de que se produzcan vertidos accidentales

Sobre el medio biótico

- Restauración vegetal en las áreas afectadas por las obras (restauración del ecosistema, de ser el caso).

Sobre el clima

- Utilización de maquinaria adecuada para minimizar las emisiones de CO₂

Sobre el paisaje

- Ubicación de la maquinaria en un espacio destinado.

Sobre el medio socioeconómico

- Campaña de información a la población sobre las actividades de obra a realizar.

Medidas correctoras

Sobre el medio físico

- Limpieza y restitución de los suelos contaminados, en caso de producirse un derrame accidental de productos químicos o salmuera.
- Restitución de la superficie afectada por las excavaciones tras la finalización de las obras.

Sobre el medio biótico

- Sustitución de los sistemas de protección que hayan sufrido deterioro.
- Minimizar la contaminación lumínica de las instalaciones.
- Mantenimiento de las actuaciones de revegetación.

Sobre el paisaje

- Reducir el impacto visual de los acabados de las obras, en las restauraciones y construcciones.
- Integración en el paisaje del edificio de la desaladora y los depósitos.

Discusión

En cuanto al estudio de mercado, la presente investigación, determinó la demanda a través de la comparación de las áreas con las que cuenta el proyecto y el parque industrial Macrópolis [17] determinando cuántos lotes se pueden establecer dentro y por cada tipo de industria, por último, calcular su consumo promedio de agua mensual. El resultado fue de 14 600 metros cúbicos diarios, muy cercano a los que plantea Colomina [25] el cual tiene como finalidad abastecer de agua potable a una localidad de la zona costera de Chile, Coliumo. Para ello define su demanda con un total de 20 000 metros cúbicos diarios y planeó abastecerla toda, siendo la demanda del proyecto un 100% la misma que acata esta investigación.

Para la elección del método más adecuado, se tomaron en cuenta distintos sistemas de desalinización como el sistema de humidificación-deshumidificación, destilación flash multietapa, ósmosis inversa y electrodiálisis. Estos se evaluaron a través de criterios de selección como tipo de energía, consumo de energía, capacidad de producción, ampliación, calidad de agua permeada, entre otros. Son los mismos que utiliza Benito, Carballo y Otero [5] para la selección del método, en ambos casos la evaluación considera que el método de ósmosis inversa es el más adecuado para el diseño de la planta. Lo mismo confirma Peña [29], que para su propuesta el método de ósmosis inversa es el más conveniente.

El diseño y distribución de planta es sumamente importante pues de este depende la producción y el nivel de servicio, de presentarse algún error o inconveniente afectaría las finanzas de la empresa. Por ello, para el diseño se ha utilizado el método Guerchet, para determinar las áreas correspondientes y para la distribución, una matriz relacional tal como lo hace Muro [30] en su investigación para el diseño de una planta productora de etanol anhidrido, estas herramientas hacen que se aproveche al máximo los recursos para la instalación. Por otro lado, Castañeda [31] también utiliza la misma metodología para el diseño de su planta desaladora solar, lo que confirma que el método Guerchet y la matriz relacional poseen una gran flexibilidad y confiabilidad para el uso en distintos tipos de planta.

La evaluación financiera es la de mayor atención en cualquier proyecto, porque implica la inversión de dinero. Para resolver si el proyecto es rentable el TIR debe ser mayor al costo de oportunidad o TMAR, la presente investigación tiene un TIR de 30% siendo mayor a la tasa mínima aceptable de rendimiento por ello es viable, como es el caso de Muro [30] que su TIR fue 39% siendo 8,14% la tasa de oportunidad y su VAN mayor a 0. De igual forma Castañeda [31] que para la evaluación financiera de su investigación obtuvo como resultado un TIR de 33% y su TMAR fue 25%. En ambos casos el TIR es mayor y el VAN es mayor a 0, por lo tanto, es viable económicamente.

Conclusiones

El diseño de la planta desalinizadora para abastecer de agua potable a la zona industrial proyectada en Puerto Eten es factible comercial, tecnológica y económicamente. Su diseño abarca 5% más de la demanda para poder cubrir picos inesperados.

Se determinó que la demanda de agua en el parque industrial es 14 600 m³ cuando este opere al 100% de su capacidad, lo que corresponde al año 5. Aun así, debido a la posición y lugar estratégico donde será construido es probable que llegue a operar al 100% de su capacidad incluso antes del año 5.

El método de desalación por ósmosis inversa fue el de mayor puntuación de acuerdo a las características y requerimientos que se necesitaban para operar. Quedando por delante de los otros 3 métodos evaluados.

Para el diseño de planta y cálculos de equipos como bombas, dosificadores, tanques y filtros, se decidió incrementar un 5% la demanda y un 10% el diseño por cualquier imprevisto, siendo así la capacidad de diseño de 16 060 m³/día. Según el método Guerchet el área mínima para la instalación de la planta es de 3 284 metros cuadrados.

La inversión necesaria para el diseño y construcción es de S/. 42 169 472,89; siendo cubierto un 41% por el inversionista y 59% financiado. El periodo de recuperación para este proyecto es de 3 años con 10 meses aproximadamente. La tasa interna de retorno es de 30% siendo aceptable ya que el TMAR es de 15,7%. El beneficio costo es de S/. 1,22 y por último el VAN es de S/. 8 025 423,81.

Recomendaciones

Realizar la factibilidad de instalar una línea de producción de agua embotellada y también una de sal marina, para aumentar los ingresos económicos de la planta, pues estos subproductos están en demanda creciente.

Evaluar la instalación de un método híbrido en el cual implique la energía solar, debido a que en el lugar las temperaturas promedio son altas, esto ayudaría a mejorar la eficiencia energética.

Por último, siempre se presentarán aguas residuales en una planta desaladora, para reducir el impacto, realizar estudios para complementar la planta desalinizadora con una de tratamientos de aguas.

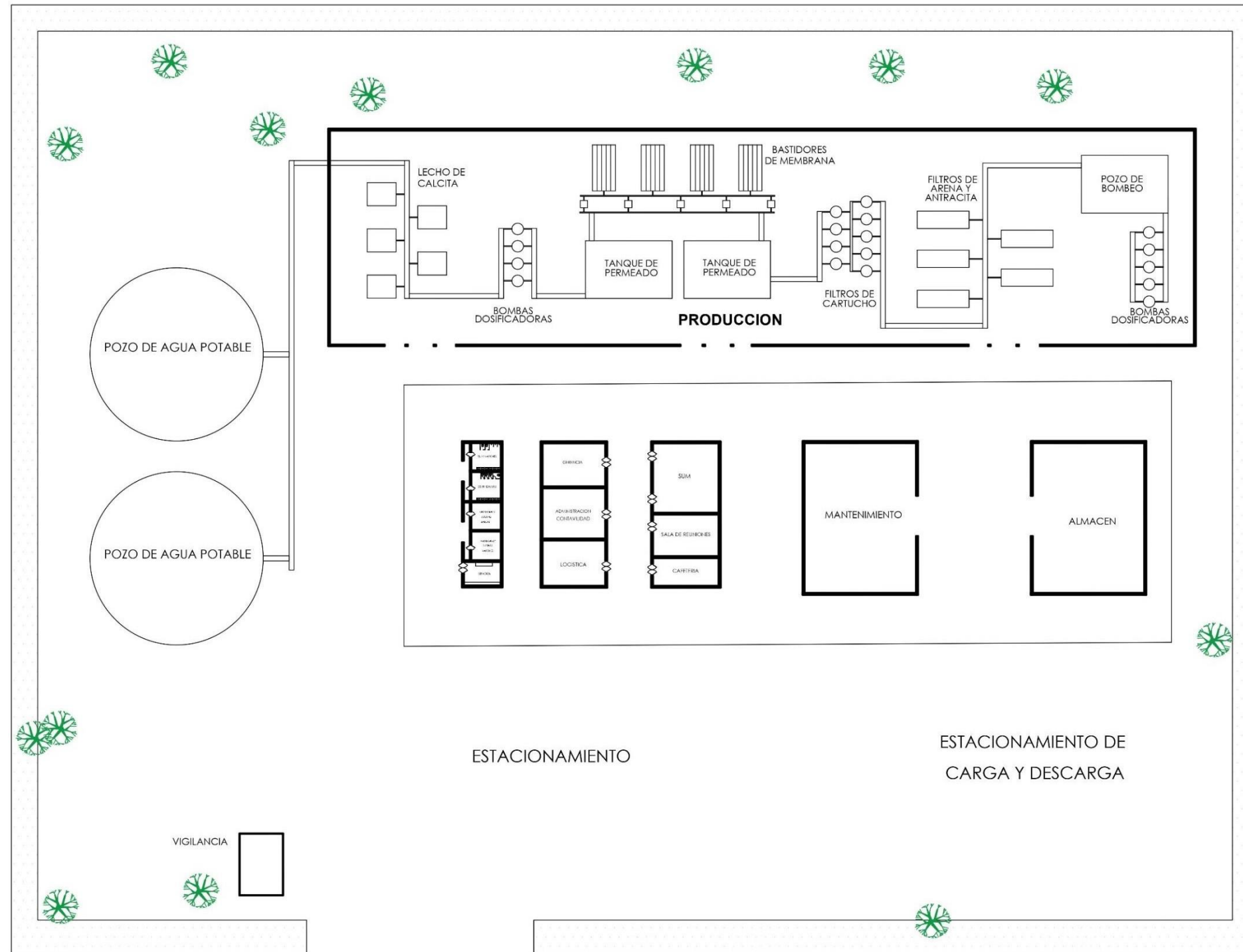
Referencias

- [1] «Autoridad Nacional del Agua,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>. [Último acceso: 21 Mayo 2019].
- [2] «El mar como fuente de agua potable,» *Agua y Saneamiento*, n° 3, pp. 14-19, 2018.
- [3] Minagri, «Vertientes y Disponibilidad de agua,» 2015. [En línea]. Available: <http://minagri.gob.pe/portal/42-sector-agrario/recurso-agua/324-vertientes-y-disponibilidad-de-agua#>. [Último acceso: 30 04 2020].
- [4] «servindi,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.servindi.org/actualidad/84511>. [Último acceso: 18 Mayo 2019].
- [5] M. Benito, M. Carballo, A. Otero y M. Ruiz, «Diseño de una desaladora de agua de mar de 60.000 m³/día con pretratamiento de ultrafiltración».
- [6] J. Cabero, «Proceso de desalación de agua de mar mediante un sistema de ósmosis inversa de muy alta conversión en tres etapas con circulación con permeado y doble sistema de recuperación de energía,» Universidad del País Vasco, Bilbao, 2015.
- [7] J. Arnal, B. García, A. Giménez y M. Sancho, «Design of a reverse osmosis seawater desalination plant equipped with am specific preventive maintenance unit,» *Management and Engineering*, 2016.
- [8] J. Chenxiao, W. Yaoming y Z. T. X. Zenghui, «Electrodialysis of concentrated brine from RO plant to produce coarse salt and freshwater,» *El Server*, 2016.
- [9] J. Moumouh, M. Tahiri y B. J, «Solar Desalination by Humidification-Dehumidification of Air,» *MATEC Web*, vol. 149, 2018.
- [10] «Estudios de viabilidad,» de *Planificación de sistemas informativos*, 2009, pp. 29-44.
- [11] SUNASS, «Parámetros de calidad y límites máximos permisibles,» 2000.
- [12] Ministerio de Salud, «Decreto Supremo N° 031-2010-SA,» Lima, 2010.
- [13] R. Muther, *Distribución en planta*, Barcelona: Editorial Hispano Europea, 1970.
- [14] R. Muther, «Planificación y proyección de la empresa industrial,» Barcelona, Tecnicos asociados S.A, 1981.
- [15] Mincetur, «Reporte de comercio regional Lambayeque,» 2018. [En línea]. Available: https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/estadisticas_y_publicaciones/estadisticas/reporte_regional/RRC_Lambayeque_2018_Anual.pdf. [Último acceso: 19 Junio 2020].
- [16] Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, «Sistema Nacional de Estándares de Urbanismo,» 2011.

- [17] MACROPOLIS, «La ciudad industrial más grande del Perú,» Grupo Centenario, [En línea]. Available: <https://macropolis.com.pe/>. [Último acceso: 4 Julio 2020].
- [18] BINSWANGER PERÚ, «Reporte inmobiliario "Parques y lotizaciones industriales" Lima, 2017.,» 2017. [En línea]. Available: http://propiedades.binswanger.pe/Storage/tbl_estudios_de_mercado/fld_935_Archivo_file/29-m1Qa8Wn4Tp7Dv0K.pdf. [Último acceso: 5 Julio 2020].
- [19] Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, «Norma T.H 0.30 Habilitaciones para uso industrial,» 2014. [En línea]. [Último acceso: abril 2021].
- [20] Ministerio del ambiente, «Ley de Recursos Hídricos - N°29338,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-29338.pdf>. [Último acceso: 11 Julio 2020].
- [21] S. Bances Ugaz y P. Ramirez Diaz, «Evaluación Ambiental en la Zona Marino Costera de Lambayeque - Perú. Mayo-Junio 2016,» Santa Rosa, 2016.
- [22] V. Valero, R. Arbos y A. Barceló, «Electrodialysis technology – theory and applications,» 2011.
- [23] S. Villacorta, M. Ocho y S. Nuñez, «Zonas críticas de Lambayeque,» 2008. [En línea]. Available: https://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/117725/ZONAS_CRITICAS_LAMBAYEQUE_2008.pdf. [Último acceso: 15 Noviembre 2020].
- [24] Gerencia portuaria de Lambayeque, «Plan maestro del terminal portuario de Lambayeque,» 2014.
- [25] J. Colomina, «Diseño de una planta desalinizadora con sistema de osmosis inversa para,» Universidad Pontificia de Valencia, 2016.
- [26] El Peruano, «Resolución ministerial N°351- 2019-VIVIENDA,» 2019.
- [27] Ó. Brenes, P. Brenes y C. Solano, «Diseño del proceso constructivo del proyecto Emisario Submarino de la Ciudad de Limón,» ICOTEC, Costa Rica, 2002.
- [28] Superintendencia de Bancas, Seguros y AFP, 2021. [En línea]. Available: <https://www.sbs.gob.pe/app/pp/EstadisticasSAEEPportal/Paginas/TIActivaMercado.aspx?tip=B>. [Último acceso: 2021 05 21].
- [29] D. Peña, «Propuesta de uso de agua desalinizada de mar para el procesamiento de pescado en la provincia de Ilo región Moquegua,» Arequipa, 2017.
- [30] A. Muro, «Diseño y evaluación económica - financiera para la instalación de una planta industrial de etanol,» 2017.
- [31] J. Castañeda, «Estudio de prefactibilidad de una planta desalinizadora que produzca agua embotellada y sal utilizando agua de mar y energía solar,» 2017.
- [32] INEI, «Pbi de los departamentos según actividad,» 2019. [En línea]. Available: <http://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/pbi-de-los-departamentos-segun-actividades-economicas-9110/>. [Último acceso: 24 Junio 2020].

- [33] Banco Central de Reserva del Perú, «Panorama actual y proyecciones macroeconómicas 2020-2021,» Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2020/junio/reporte-de-inflacion-junio-2020.pdf>. [Último acceso: 1 Julio 2020].
- [34] «Geografía,» 2020. [En línea]. Available: <https://lageografia.com/geografia-regional/peru/el-mar-peruano>. [Último acceso: 14 Mayo 2020].
- [35] Dirección General de Salud Ambiental , «Ministerio de Salud,» Febrero 2011. [En línea]. Available: http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf. [Último acceso: 3 Noviembre 2019].
- [36] Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento de Lambayeque S.A., «Instituto Nacional de Estadística e Informática,» Setiembre 2019. [En línea]. Available: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1708/lambaye.htm. [Último acceso: 25 Mayo 2020].

Anexo1. Plan de la planta desalinizadora

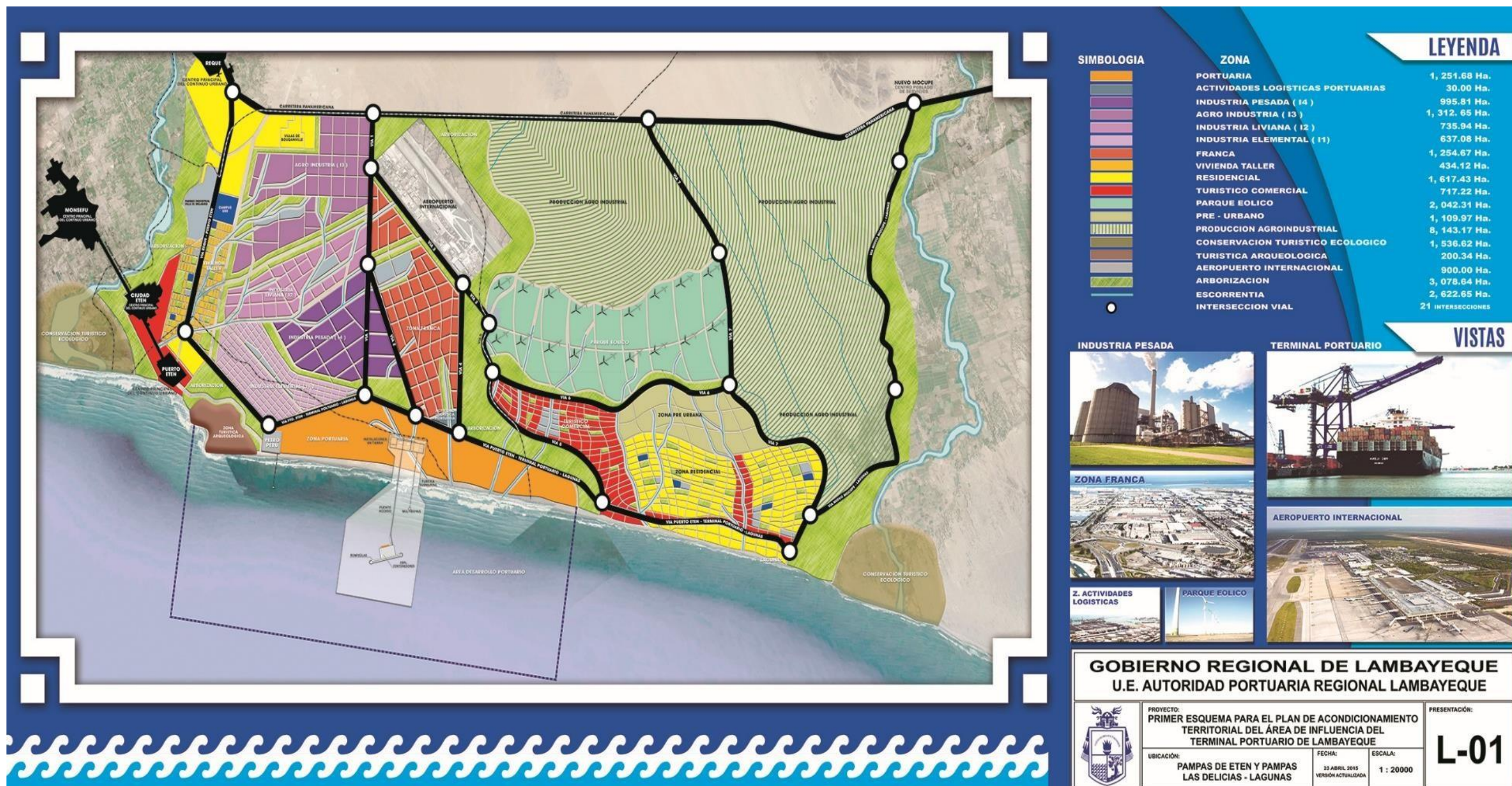


INGRESO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO		P1
PLANO:	PLANTA DESALINIZADORA DE AGUA DE MAR	
ALUMNO:	GUARNIZ SERRATO MAVERICK VICENTE	
ESCALA:	1 / 500	
CURSO:	TESIS II	

Anexo2.Esquemadelplanmaestrodelterminalportuarioysuproyección



Anexo 3. Elección del mejor método

Para la elección del mejor método se consideraron los criterios de selección que utiliza Benito, Carballo y Otero [5].

Tipo de Energía. Se consideró los 2 tipos de energía que son utilizados para grandes producciones de agua, las cuales son la eléctrica y térmica, debido a la facilidad o complicidad de obtenerla, se puntuó 2 para eléctrica y 1 para térmica.

Tabla 12 Puntuación para tipo de energía

Eléctrica	2
Térmica	1

Consumo de Energía. Independientemente del tipo de energía, por la cantidad de energía para la producción de agua, se ha puntuado 1 alto, 2 medio y 3 bajo.

Tabla 13 Puntuación para consumo de energía

Alto	1
Medio	2
Bajo	3

Producción. La puntuación para la producción se ha considerado de acuerdo al volumen que se va a requerir, siendo 3 para alta, 2 para medio y 1 para bajo.

Tabla 14 Puntuación para producción

Alta	3
Media	2
Baja	1

Capacidad de ampliación. Este criterio se ha considerado debido a la capacidad de adaptación ante un posible incremento de demanda, por ello, para una fácil capacidad de ampliación se puntuó 3, para una media 2 y para una difícil 1.

Tabla 15 Puntuación para capacidad de ampliación

Fácil	3
Media	2
Difícil	1

Apta para agua de mar. Debido a que los métodos mencionados cumplen la función de reducir la concentración de sales en mayor o menor cantidad, no todos son aplicables al agua de mar, por ello, si el método es aplicable se considera 1, en caso contrario se establece 0 y se descarta.

Tabla 16 Puntuación para apta para agua de mar

Sí	1
No	0

Calidad de agua desalada. Para este criterio se consideraron algunos parámetros como alta (para reducciones de salinidad menores de 50 mg/l), media (reducciones entre 100 y 500 mg/l) y baja (reducciones mayores a 500 mg/l). La puntuación fue de 3, 2 y 1 respectivamente.

Tabla 17 Puntuación para calidad de agua desalada

Alta	3
Media	2
Baja	1

Superficie requerida. Debido al diseño del sistema y el espacio para su operación, se estableció la puntuación de 1 para mucho espacio, 2 para medio y 3 para poco.

Tabla 18 Puntuación para superficie requerida

Mucha	1
Media	2
Poca	3

Mantenimiento. Todos los sistemas de desalación requieren de mantenimiento, depende del grado de este se puntuó 1 alto, 2 medio y 3 bajo.

Tabla 19 Puntuación para mantenimiento

Alto	1
Medio	2
Mínimo	3

Dificultad de operación. Según el grado de dificultad para la operación del sistema de desalinización se puntúa 1 para una operación difícil, 2 para media y 3 para fácil.

Tabla 20 Puntuación para dificultad de operación

Difícil	1
Media	2
Fácil	3

Dificultad de instalación. Para el grado de dificultad en la instalación del sistema, de puntuó 1 para una instalación difícil, 2 media y 3 fácil.

Tabla 21 Puntuación para dificultad de instalación

Difícil	1
Media	2
Fácil	3

La matriz de factores ponderados que se presenta en la tabla 22, se realiza para determinar la importancia de los factores mencionados anteriormente, para luego resolver la selección del mejor sistema de desalinización en el método cualitativo.

Tabla 22 Matriz de factores ponderados para determinar la importancia de los factores de selección

	Tipo de energía	Consumo de energía	Producción	Capacidad de ampliación	Apta para agua de mar	Calidad de agua desalada	Superficie requerida	Mantenimiento	Dificultad de operación	Dificultad de instalación	TOTAL	IMPORTANCIA
Tipo de energía	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	9%
Consumo de energía	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	9%
Producción	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	7	22%
Capacidad de ampliación	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	4	13%
Apta para agua de mar	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	2	6%
Calidad de agua desalada	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	3	9%
Superficie requerida	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	6%
Mantenimiento	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	3	9%
Dificultad de operación	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	3%
Dificultad de instalación	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	4	13%
	TOTAL										32	100%

Elaboración propia

En la tabla 23 se puntúan los métodos de desalinización según la importancia hallada en el punto anterior. Como se visualiza, el método de ósmosis inversa es el que tiene mayor puntuación seguido de la destilación multietapa. (C=Calificación; P=Puntuación).

Tabla 23 Método cualitativo para la selección del método

Factores	Nivel de importancia	HDH		MSF		OI		ED	
		C	P	C	P	C	P	C	P
Tipo de energía	9%	1	0,09	1	0,09	2	0,19	2	0,19
Consumo de energía	9%	2	0,19	1	0,09	3	0,28	3	0,28
Producción	22%	1	0,22	3	0,66	3	0,66	1	0,22
Capacidad de ampliación	13%	2	0,25	1	0,13	3	0,38	3	0,38
Apta para agua de mar	6%	1	0,06	1	0,06	1	0,06	0	0,00
Calidad de agua desalada	9%	2	0,19	3	0,28	2	0,19	2	0,19
Superficie requerida	6%	1	0,06	1	0,06	3	0,19	2	0,13
Mantenimiento	9%	1	0,09	1	0,09	2	0,19	2	0,19
Dificultad de operación	3%	2	0,06	3	0,09	3	0,09	3	0,09
Dificultad de instalación	13%	2	0,25	1	0,13	3	0,38	1	0,13
TOTAL	100%		1,47		1,69		2,59		1,78

Elaboración propia

Anexo 4. Localización

Análisis de micro localización

A continuación, se describirán los criterios utilizados para la selección óptima de la ubicación, teniendo en cuenta que se tienen 3 posibles espacios donde se puede instalar la planta, los cuales son el extremo derecho (ED), extremo izquierdo (EI) y detrás (DT) del terminal portuario como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Terminal portuario con posibles ubicaciones de planta

Cercanía al punto de captación. Se consideró tres tipos de puntuación con respecto a la lejanía del punto de captación a la orilla del mar.

Tabla 24 Puntuación para cercanía al punto de captación

Cerca	2
Lejos	1
Muy lejos	0

Costo operativo. Implica cuanto será el costo de transportar el agua de un punto a otro, se ha puntuado 1 alto, 2 medio y 3 bajo.

Tabla 25 Puntuación para costo operativo

Alto	1
Medio	2
Bajo	3

Factores institucionales. Impedimentos que se interpongan debido al sitio escogido o ubicación.

Tabla 26 Puntuación para factores institucionales

Permiso	1
Sin permiso	2

Ruido. Este criterio se ha considerado debido a que si existe presencia de ruido y afecta la calidad de vida de alguna organización en común pueda presentar alguna consecuencia.

Tabla 27 Puntuación para afección de ruido

Afecta	0
No afecta	2

Cercanía a posible contaminación por derrames. Debido a que cerca de las posibles ubicaciones existe un almacén de combustible, se considera este factor como muy importante porque intervendría con la calidad del producto.

Tabla 28 Puntuación para cercanía a puntos de contaminación

Cerca	1
Lejos	3

Corriente a favor. Para este criterio se consideró el flujo de la corriente, debido a que del punto donde se extraiga el agua del mar intervendrá con el flujo de organismos o materia presentes.

Tabla 29 Puntuación para favor de corriente

Sí	2
No	1

La matriz de factores ponderados que se presenta en la tabla 30, se realiza para determinar la importancia de los factores mencionados anteriormente, para luego establecer cuál es el punto de ubicación más adecuado.

Tabla 30 Matriz de factores ponderados para determinar la importancia de los factores de selección

	Cercanía al punto de captación	Costo operativo	Factores institucionales	Afección de ruido	Cercanía a puntos de contaminación	Corriente a favor	TOTAL	IMPORTANCIA
Cercanía al punto de captación	1	1	1	1	1	1	5	31%
Costo operativo	1	1	0	1	1	0	3	19%
Factores institucionales	1	0	1	0	0	0	1	6%
Afección de ruido	1	1	0	1	0	0	2	13%
Cercanía a puntos de contaminación	1	1	0	0	1	1	3	19%
Corriente a favor	1	0	0	0	1	1	2	13%
TOTAL							16	100%

Elaboración propia

En la tabla 31 se puntúan las posibles ubicaciones según la importancia hallada en el punto anterior. Como se visualiza, el punto ED es el que tiene mayor puntuación seguido de EI. (C=Calificación; P=Puntuación).

Tabla 31 Método cualitativo para la selección de la ubicación de la planta

Factores	Nivel de importancia	ED		DT		EI	
		C	P	C	P	C	P
Cercanía al punto de captación	31%	2	0,63	1	0,31	2	0,63
Costo operativo	19%	3	0,56	2	0,38	3	0,56
Factores institucionales	6%	1	0,06	2	0,13	1	0,06
Afección de ruido	13%	0	0,00	2	0,25	0	0,00
Cercanía a puntos de contaminación	19%	3	0,56	1	0,19	1	0,19
Corriente a favor	13%	2	0,25	1	0,13	1	0,13
TOTAL	100%		2,06		1,38		1,56

Elaboración propia

Anexo 5. Factores para la selección de tecnología

Para la selección de tecnología se han tomado en cuenta diversos criterios y factores adaptados a los que utilizó Benito, Carballo y Otero [5], los cuales serán enfrentados para obtener el nivel de importancia de cada uno, así evaluar y escoger las mejores máquinas. En las tablas 32 a 39 se muestran las puntuaciones según cada criterio.

Facilidad de uso. Se considera cuanta inducción necesita el operador para manipular la máquina.

Tabla 32 Puntuación para facilidad de uso

Sí necesita inducción	2
No necesita inducción	1

Mantenimiento. Se tiene en cuenta cada cuánto tiempo necesita mantenimiento y qué tan accesible es.

Tabla 33 Puntuación para mantenimiento

Al menos una vez al año	2
Más de 2 veces por año	1

Asesoramiento técnico. Interviene el servicio postventa del proveedor en cuanto a capacitaciones sobre el uso y funcionamiento de los equipos.

Tabla 34 Puntuación para asesoramiento técnico

Permanente	2
Eventual	1

Eficiencia Energética. Refiere a cuanto consume con respecto a su competencia y capacidad.

Tabla 35 Puntuación para eficiencia energética

Consume de acuerdo a producción	2
Consume a toda capacidad	1

Capacidad. Se evalúa la cercanía a lo óptimo requerido.

Tabla 36 Puntuación para capacidad

Requerida	2
Cerca	1

Forma de pago. Se tiene en cuenta si es al contado y/o crédito.

Tabla 37 Puntuación para forma de pago

Crédito	2
Contado	1

Garantía. Se tiene en cuenta los años que brinda el proveedor.

Tabla 38 Puntuación para garantía

> a 2 años	2
< a 2 años	1

Dificultad de instalación. Interviene la capacidad técnica que se tiene que adquirir para la correcta instalación de los equipos.

Tabla 39 Puntuación para dificultad de instalación

Equipo homologado	2
Técnico	1

En la tabla 40 se muestra el nivel de importancia para la selección de la tecnología.

Tabla 40 Puntuación para favor de corriente

	Facilidad de uso	Mantenimiento	Asesoría técnica	Eficiencia energética	Capacidad	Forma de pago	Garantía	Dificultad de instalación	TOTAL	IMPORTANCIA
Facilidad de uso		1	1	0	0	0	0	1	3	14%
Mantenimiento	1		1	1	0	0	0	1	4	18%
Asesoría técnica	1	1		0	0	0	1	1	4	18%
Eficiencia energética	0	1	0		1	0	0	0	2	9%
Capacidad	0	0	0	1		0	1	0	2	9%
Forma de pago	0	0	0	0	0		1	0	1	5%
Garantía	0	0	1	0	1	1		0	3	14%
Dificultad de instalación	1	1	1	0	0	0	0		3	14%
TOTAL									22	100%