

*Universidad Nacional*  
*"José Faustino Sánchez Carrión"*



**FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y METALURGICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUÍMICA**

**TESIS**

**"ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN  
DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE  
POR OSMOSIS INVERSA A PARTIR DE AGUA DE MAR EN EL  
DISTRITO DE HUARMEY - 2017"**

**PRESENTADO POR:**

**SANTOS MARTIN NAMUCHE MONTES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO QUÍMICO**

**ASESOR:**

**ING° EDWIN GUILLERMO GÁLVEZ TORRES**

**Reg. C.I.P. N° 019027**

**Ciudad Universitaria, Abril del 2019**

**Huacho - Perú**

**2018**

## DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar hasta este punto en mi vida, por su infinito amor y bondad, y por haberme dado salud y fuerzas para lograr mis objetivos

A mis Padres por haberme apoyado en todo momento, por haber inculcado valores en mí para llegar a ser una persona de bien, por sus consejos, por su motivación constante y sobre todo por el amor que día a día me brindan.

**Santos Martin Namuche Montes**

## AGRADECIMIENTO

Al culminar este pequeño pero significativo trabajo de investigación quiero brindar mi más sincero agradecimiento a Dios, a mis Padres, por brindarme la vida, por enseñarme a luchar en esta vida llena de adversidades, a todas aquellas personas que colaboraron de manera desinteresada durante mi proceso de formación universitaria; a mis hermanos por su apoyo y comprensión, a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Química quienes me brindaron los conocimientos necesarios para desempeñarme profesionalmente y por sus exigencias académicos.

A mi asesor, el Ing. Edwin Guillermo Gálvez Torres docente de la EAP Ingeniería Química por su colaboración en la realización de este trabajo de investigación.

A la Empresa Sedachimbote por abrirme sus puertas y facilitarme todos los medios necesarios para conseguir la información adecuada y precisa para poder realizar este trabajo de investigación.

**Santos Martín Namuche Montes**

# INDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
INDICE DE CUADROS	xi
INDICE DE FIGURAS	xii
INDICE DE GRAFICOS	xiii
RESUMEN	01
INTRODUCCION	02
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>04</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	04
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2.1 Problema General	14
1.2.2 Problemas Específicos	14
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.3.1 Objetivo General	15
1.3.2 Objetivos Específicos	15
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO</b>	<b>17</b>
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.1.1 Internacionales	18
2.1.2 Nacionales	20

2.2	BASES TEÓRICAS	v 23
2.2.1	Solvente	24
2.2.2	Soluto	24
2.2.3	Solución	24
2.2.4	Difusión	24
2.2.5	Tasa de difusión	25
2.2.6	Gradiente de concentración	25
2.2.7	Ley de Fick de la difusión	26
2.2.8	Osmosis	26
2.2.9	Presión osmótica	27
2.2.10	Osmosis Inversa	28
2.2.11	Principio de Operación de la Osmosis inversa	29
2.2.12	Componentes de la osmosis inversa	29
2.2.13	Características de las membranas semi-permeables	30
2.2.14	Características de la osmosis inversa	30
2.2.15	Aplicaciones de Osmosis inversa	30
2.2.16	Proceso de pre-tratamiento que antecede el proceso de osmosis inversa	31
2.2.17	Filtros de pre – tratamiento de osmosis inversa	31
2.2.18	Filtros de sedimentos	32
2.2.19	Filtro de arena	32
2.2.20	Filtro de carbón activado	33
2.2.21	Suavizador	33
2.3	DEFINICIONES CONCEPTUALES	35
2.4	FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	36

		<b>vi</b>
2.4.1	Hipótesis General	36
2.4.2	Hipótesis Específicas	37
2.5	ESTUDIO DE MERCADO	37
2.5.1	Estimación de la demanda	37
2.5.1.1	Estudio de la demanda	37
2.5.1.2	Proyección de la demanda de agua potable por osmosis inversa	38
2.5.2	Capacidad estimada para Planta Nueva	39
2.5.2.1	Estimación del Tamaño	39
2.5.3	Tamaño y ubicación de los consumidores	41
2.5.4	Precio	41
2.6	LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA	42
2.6.1	Análisis de los factores primarios	42
2.6.1.1	Suministros de materia prima	42
2.6.1.2	Mercado	42
2.6.1.3	Suministro de energía y combustible	42
2.6.1.4	El clima	44
2.6.2	Análisis de los factores secundarios	44
2.6.2.1	Transporte	44
2.6.2.2	Mano de obra	45
2.6.2.3	Contaminación ambiental	45
2.6.2.4	Factores comunitarios	45
2.6.3	Elección del lugar de la planta	45
2.6.3.1	Evaluación de la localización de Planta – Método de Factores de	

	Balanceo	vii 66
2.7	TAMAÑO DE PLANTA	47
2.7.1	Factores limitantes	47
2.7.1.1	El Mercado del producto final	47
2.7.1.2	Disponibilidad de la materia prima e insumos	48
2.7.1.3	Tecnología disponible	48
2.7.1.4	Capacidad de financiamiento	49
2.7.1.5	Localización del Proyecto	49
2.7.1.6	Costo de producción	50
2.7.1.7	Capacidad empresarial	50
2.8	INGENIERÍA DEL PROCESO	50
2.8.1	Descripción del Proceso Productivo	51
2.8.2	Balance de materia	51
2.8.3	Balance de energía	53
2.9	TAMAÑO SELECCIONADO	53
2.10	MARCO LEGAL	53
2.10.1	Estudio Legal	55
2.10.1.1	Formas Societarias	55
2.10.1.2	Licencia	55
2.10.1.3	Registros de marcas	56
2.10.1.4	Afectación tributaria	56
2.10.2	Proceso de Constitución de una empresa	56
2.11	ORGANIZACIÓN DE LA PLANTA	57

	<b>viii</b>
2.11.1 Organización de estudios e implementación	57
2.11.2 Organismo Operativo	58
2.11.3 Organigramas	60
2.12 INVERSIÓN TOTAL DEL CAPITAL	62
2.12.1 Inversión tangible	62
2.12.2 Inversión Intangible	63
2.12.3 Resumen de la inversión	64
2.13 FINANCIAMIENTO	64
2.13.1 Fuentes de Financiamiento	64
2.13.2 Financiamiento de la inversión Tangible	64
2.13.3 Calendario de las inversiones	65
2.13.4 Servicio de la deuda	65
2.13.5 Costo de Capital	66
2.14 CALCULO DEL PRE-TRATAMIENTO – SISTEMA DE FILTRACIÓN	66
2.14.1 Dimensionamiento	66
2.14.1.1 Consideraciones	66
2.14.1.2 Selección de Medio Filtrante	66
2.14.1.3 Cálculo del área de filtración	66
2.14.1.4 Implementación de la media de Turbidex y underbed	69
2.15 CALCULO DE LA MAXIMA RECUPERACION	70
2.16 CALCULO Y SELECCIÓN DE MEMBRANAS PARA EL SISTEMA DE OSMOSIS INVERSA	74
2.16.1 Calculo de número de membranas a usar en el proyecto	74

	<b>ix</b>
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA</b>	<b>77</b>
3.1 DISEÑO METODOLÓGICO	77
3.1.1 Tipo	77
3.1.2 Enfoque	77
3.1.3 El modelo teórico y el método de la investigación	78
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	79
3.2.1 Población	79
3.2.2 Muestra	79
3.3 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES	80
3.3.1 Variables	80
3.3.2 Indicadores	80
3.4 EL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	80
3.5 MÉTODOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN O RECOLECCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN	80
3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE ELABORACIÓN DE LA INFORMACIÓN	82
3.7 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS RECOLECTADOS	82
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS</b>	<b>84</b>
4.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA	84
4.1.1 Inversión Total	84
4.1.1.1 Capital Fijo Total	84
4.1.1.2 Capital Puesta en marcha	87
4.1.1.3 Intereses durante el periodo de terminación del Proyecto	87
4.1.1.4 Capital de Operación o Trabajo	88

4.2	COSTOS E INGRESOS	x 90
4.2.1	Costo Total de Producción	90
4.2.1.1	Costo de Manufactura	90
4.2.2	Gastos Generales	93
4.2.3	Ingresos	93
4.3	INDICADORES ECONÓMICOS	96
4.3.1	Flujo de caja	96
4.3.2	Punto de Equilibrio	96
4.3.3	Tasa Interna de Retorno	98
4.3.4	Valor Actual Neto	101
4.3.5	Relación Beneficio – Costo	102
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		
5.1	DISCUSIÓN	110
5.2	CONCLUSIONES	110
5.3	RECOMENDACIONES	111
<b>CAPITULO VI: REFERENCIAS</b>		<b>112</b>
6.1	FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	112
6.2	FUENTES DOCUMENTALES	114
6.3	REFERENCIAS ELECTRONICAS	115

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro N° 1:</b>	Periodo Óptimo de Diseño – Ciudad de Huarmey	17
<b>Cuadro N° 2:</b>	Resumen de la Inversión Tangible	64
<b>Cuadro N° 3:</b>	Inversión Intangible	64
<b>Cuadro N° 4:</b>	Resumen de la Inversión	65
<b>Cuadro N° 5:</b>	Cuota y Amortización	67
<b>Cuadro N° 6:</b>	Medias Filtrantes	68
<b>Cuadro N° 7:</b>	Rangos de Filtración	69
<b>Cuadro N° 8:</b>	Especificaciones de membranas para agua de pozo de 8’’x40	76
<b>Cuadro N° 9:</b>	Estimación de la inversión total (años 2019 – 2028)	90
<b>Cuadro N° 10:</b>	Ingresos por ventas de agua potable	95
<b>Cuadro N° 11:</b>	Estimación del costo total de producción	96
<b>Cuadro N° 12:</b>	Flujo Económico al 160%	100
<b>Cuadro N° 13:</b>	Flujo Económico al 200%	101
<b>Cuadro N° 14:</b>	Flujo Financiero al 160%	104
<b>Cuadro N° 15:</b>	Flujo Financiero al 180%	105
<b>Cuadro N° 16:</b>	Flujo Económico al 10%	106
<b>Cuadro N° 17:</b>	Flujo Financiero al 10%	107
<b>Cuadro N° 18:</b>	Relación Beneficio – Costo Económico	108
<b>Cuadro N° 19:</b>	Relación Beneficio – Costo Financiero	109
<b>Cuadro N° 20:</b>	Análisis Económico y Rentabilidad	110

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 1:</b>	Ciudad de Huarmey inundada por agua y barro	4
<b>Figura N° 2:</b>	Planta de Osmosis Inversa	7
<b>Figura N° 3:</b>	Funcionamiento de la osmosis inversa	10
<b>Figura N° 4:</b>	Características del equipo de osmosis inversa	11
<b>Figura N° 5:</b>	Diagrama de Flujo	12
<b>Figura N° 6:</b>	Equipo de osmosis inversa	14
<b>Figura N° 7:</b>	Difusión de moléculas	24
<b>Figura N° 8:</b>	Difusión con membrana permeable	26
<b>Figura N° 9:</b>	Proceso natural de osmosis	27
<b>Figura N° 10:</b>	Presión Osmótica en proceso de osmosis	28
<b>Figura N° 11:</b>	Fenómeno de Osmosis inversa	29
<b>Figura N° 12:</b>	Diagrama de Flujo de la Planta de Tratamiento – Osmosis Inversa	53
<b>Figura N° 13:</b>	Programa Advisor 3	72
<b>Figura N° 14:</b>	Muestra de agua colectada (Muestra A)	73
<b>Figura N° 15:</b>	Muestra de agua colectada (Muestra B)	74
<b>Figura N° 16:</b>	Cálculo de un Módulo usando el software IMSDESING	77
<b>Figura N° 17:</b>	Esquema metodológico para la evaluación del proyecto	79
<b>Figura N° 18:</b>	Punto de Equilibrio (años 2019 – 2028)	98

## INDICE DE GRAFICOS

<b>Grafico N° 1:</b> Organigrama general de la empresa	62
--	----

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad, abastecer de líquido vital a toda la población del distrito de Huarmey, donde los habitantes carecen de líquido a raíz del Fenómeno del Niño ocurrido en marzo del 2017 y se abastecen mediante el sistema de tanqueros, sistema que es limitado por la época invernal y el daño de las carreteras que reprimen el paso de los tanqueros a la comuna. Sin embargo existe red de tuberías de agua potable que abastecen a los sectores aledaños del distrito de Huarmey, dejando sin líquido vital a los pobladores de la población en estudio. De esta manera, la metodología empleada en el proyecto se determina mediante el análisis de la oferta y la demanda y la encuesta aplicada a los pobladores, donde establece el grado de aceptación de implementar una planta purificadora de agua. Al conocer el malestar de la población mediante los análisis realizados se procede a implementar una planta purificadora de agua en la ciudad de Huarmey; aprovechando su cercanía al litoral existente y aplicando el sistema de ósmosis inversa con seis etapas que son: el pre-filtro de sedimento, pre-filtro de carbón, pos-filtro de sedimento, membrana de ósmosis inversa, pos-filtro de carbón y por último el agua purificada mediante un grifo. La planta purificadora de agua abastecerá a los 18 361 habitantes aproximadamente, con dos tanques de almacenamiento de agua purificadora y la comercialización se realizará mediante la red existente, la cual ha sido reparada oportunamente a principios del año 2018, a un precio de \$ 0.85 el m<sup>3</sup>, el propósito es buscar el beneficio de los habitantes, reactivar la economía de la población y generar un líquido totalmente purificado y apto para el consumo humano.

**Palabras claves:** Purificación, ósmosis inversa, calidad, mineralización, microorganismos, descontaminación

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo mostrar las características y bondades de un sistema de tratamiento de agua por ósmosis inversa, para la ciudad de Huarmey para atender las necesidades de agua potable de su población después de haber sufrido en el 2017 el fenómeno del niño que trajo consigo el desabastecimiento de agua potable y colapso el sistema de alcantarillado. Debido a las necesidades de tener un agua potable de alta calidad, con un contenido de TDS alrededor a 1 ppm, es que se plantea la instalación de un sistema de osmosis inversa a partir de agua de mar.

Dado que los recursos hídricos son limitados, las tecnologías basadas en la desalinización del agua de mar y el bombeo de agua a distancia, pueden cubrir de alguna forma la demanda de agua que existe actualmente, pero esto por sí solo no es la solución. Además de estas tecnologías, es necesario gestionar bien el agua, evitando pérdidas o despilfarros que existen por ejemplo en las canalizaciones de riego, o en las redes de abastecimiento por estar obsoletas, o por no tener un mantenimiento adecuado. Así mismo, es necesario un sistema de reciclado y reutilización de aguas tanto en la agricultura como en la industria donde la demanda de agua es tan elevada.

En este trabajo de investigación se presenta la parte teórica donde se describe el proceso de ósmosis inversa, las variables que desarrolla, así como los diferentes tipos de membranas y configuraciones típicas que se presentan.

Luego se presenta una descripción de la empresa, las características de la fuente de agua que utiliza y la descripción de las características de la instalación del equipo de ósmosis inversa.

Finalmente se presenta la Evaluación Económica, donde se dan a conocer los costos de la planta de tratamiento de osmosis inversa, además de presentar los resultados y ventajas obtenidas con la implementación del equipo de ósmosis inversa en la ciudad de Huarney.

Concluye el informe presentando las conclusiones y recomendaciones del tema en estudio.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La ciudad de Huarmey quedó destruida por los **huaicos y las lluvias**. Los servicios de agua y desagüe colapsaron.

Principalmente quedo afectada en cuanto al abastecimiento de agua potable, este servicio no es continuo, solamente abastece a la ciudad de Huarmey por 10 horas diarias.

Figura N° 1: Ciudad de Huarmey inundada por agua y barro.



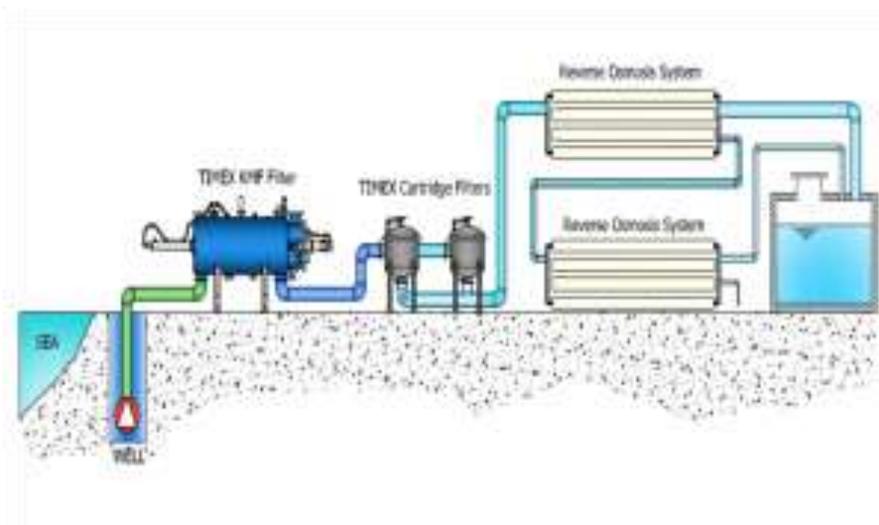
Como alternativa a la necesidad de abastecimiento de agua potable en forma continua, se plantea instalar una Planta de Tratamiento de Agua Potable por osmosis inversa a partir de agua de mar. Esta fuente de captación se realiza a través de un pozo cercano a la fuente inagotable de agua de mar en la ciudad de Huarney.

La necesidad de obtener agua para consumo humano a partir del agua de mar, ha hecho posible el desarrollo de diversas tecnologías y de equipos de osmosis inversa para la desalinización, que no es más que la reducción de la concentración de sólidos disueltos en el agua de mar, a niveles de consumo. En todo proceso de desalinización se obtendrá dos productos: uno que es el agua tratada de baja salinidad y el otro que es donde se concentra las sales o de alta salinidad.

Hay varios procesos que pueden realizar la desalinización, como las plantas multiefectos de destilación, la electrodiálisis y los equipos de ósmosis inversa. Sin embargo, es ésta última técnica cuya demanda es la que ha crecido con mayor velocidad especialmente debido al desarrollo e investigación en la efectividad de las membranas que comenzó con remociones cercanas al 90% de sales y actualmente se tienen membranas con remociones del 99%. El agua de mar peruano tiene una salinidad estable de aproximadamente 35,000 ppm de sólidos disueltos totales (TDS, siglas en inglés) que, al pasar por un sistema de ósmosis inversa, el agua producto obtenido por este tratamiento es generalmente menor a 500 ppm de TDS que es apropiado para el uso doméstico e industrial.

Para efectos prácticos y de instalación es recomendable hasta donde sea posible que la obtención del agua salada sea preferentemente de un pozo playero y no de una toma abierta, además se debe asegurar la instalación de un buen sistema de pre-filtración ya que en el

proceso de Osmosis Inversa (OI), el agua salada es presurizada a valores de presión entre los 800 y 1,000 psi sobre las membranas semipermeables, separando el agua con bajo contenido de sales llamado permeado, de la corriente de agua concentrada que sigue su recorrido tangencialmente a través de la membrana y sale del sistema para regresar al mar. Por esta razón debido a la inacción del estado se hace necesario implementar inmediatamente una Planta de Tratamiento de Agua Potable por osmosis inversa a partir de agua de mar, que garanticen el bienestar, la salud de los pobladores de la ciudad de Huarney.



**Figura N° 02 : Planta de Osmosis Inversa**

Los componentes de un sistema de Osmosis Inversa se pueden dividir en:

1. Pre-tratamiento.
2. Bomba de alta presión.
3. Filtración por membranas y
4. Post-tratamiento.

El pre-tratamiento del agua de mar puede incluir la dosificación de químicos para neutralizar el pH, la filtración del agua para eliminar la mayor cantidad de sólidos suspendidos y la dosificación de agentes anti-incrustantes para evitar la precipitación de sales de dureza. El elemento que incide directamente en el gasto de energía es la bomba de alta presión que eleva la presión de trabajo a valores apropiados para la desalinización del agua en las membranas. La parte más importante del tratamiento se observa en la filtración por membranas que permite la separación de dos corrientes de agua, la permeada y la concentrada.

El agua permeada puede considerarse como la eliminación del 99% de las sales disueltas del agua de mar de ingreso. El agua concentrada es la línea que acumula todas las sales y es descartada. Las membranas semipermeables están preparadas especialmente para soportar las altas presiones y el material que se utiliza varía con el fabricante que puede ser de acetato de celulosa, poliamida, polisulfona, etc. Finalmente, el post-tratamiento, es aquella técnica posterior al paso por las membranas que signifique una mejora en la calidad de agua, como por ejemplo un ajuste del pH o el almacenamiento del agua con dosificación de cloro.

El agua desalinizada por ósmosis inversa se puede utilizar principalmente para el consumo humano, así como también en las industrias y comercios afincados en zonas costeras, así como también en embarcaciones de alta mar.

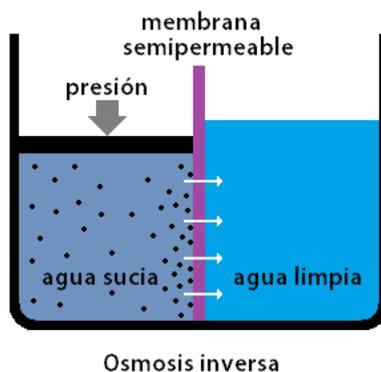
Uno de los puntos más importantes en la evaluación de un sistema de tratamiento es el costo operativo y dependiendo de las facilidades que se puedan encontrar en el lugar de la instalación podemos decir que en general ésta se encuentra entre \$ 0.5 – 1.0 /m<sup>3</sup> de agua de mar. Podemos destacar que los costos por m<sup>3</sup> irán disminuyendo cada vez más con las

mejoras tecnológicas de los componentes del sistema como p.e. membranas para trabajar a menores presiones, mejoras en las turbinas recuperadoras de energía o al uso de paneles solares para producir energía que al día de hoy solo se utilizan en sistemas a pequeña escala. Hay otras técnicas de filtración por membranas similares a la ósmosis inversa que vienen siendo desarrolladas como la ósmosis forzada (forward osmosis en inglés) que se requerirá menos energía de la que se usa actualmente en los sistemas de tratamiento por ósmosis inversa que mejora las perspectivas en el mundo, del uso del agua de mar como insumo ilimitado para su potabilización.

En nuestra costa que es una zona desértica y con poca agua potable disponible y aprovechable, en las zonas playeras donde solo se obtiene agua a través de camiones cisternas que pueden cobrar en promedio S/15.00 el m<sup>3</sup> de agua, ya hay algunas industrias así como comercios como por ejemplo acuicultores y hoteles, que prefieren tener una Planta desalinizadora de agua de mar o en general algún equipo de ósmosis inversa para poder obtener después del tratamiento por osmosis inversa, agua con las características para el consumo humano.

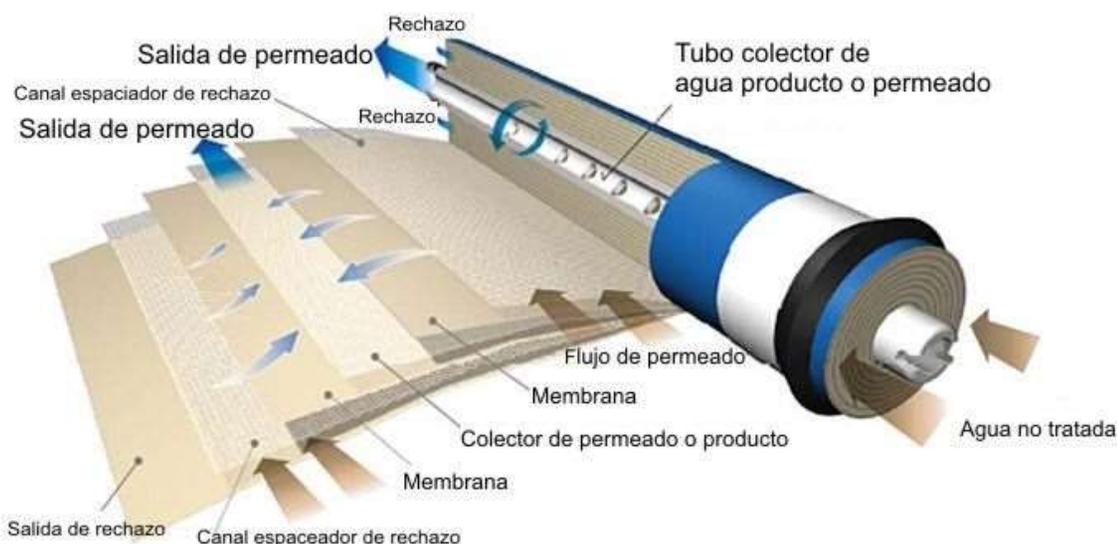
La Osmosis Inversa (OI) es un mecanismo que utiliza el proceso inverso a la osmosis que ocurre en la naturaleza. La Osmosis es una función natural en la que un líquido pasa libremente a través de una membrana semipermeable, de un estado de baja concentración de sólidos a uno de alta concentración. Si aplicamos, una presión en el sentido contrario a la osmosis natural lo que propiciaríamos es que el agua de mayor concentración migre a la solución más diluida produciendo un volumen mayor de agua de menor cantidad de sólidos. Este principio es el que se viene utilizando para mejorar la calidad del agua en la producción

de aguas potables a partir de aguas de mar o aguas salobres. Para esta labor existen los **equipos de osmosis inversa**, que facilita la actividad y lo hace de manera inmediata.



**Figura N° 03: Funcionamiento de la osmosis inversa**

La membrana semipermeable debe ser de un material altamente resistente, ya que tendrá que soportar presiones que pueden ser bien altas como en el caso del agua de mar que llega a 800 – 1,000 psi. Las presentaciones más comunes de estas membranas son: enrolladas en espiral, fibra hueca, tubular o laminar. Los materiales más usados son: a. Celulósicas, pueden ser de acetato de celulosa o triacetato de celulosa o una mezcla de ambas, son membranas de bajo costo, se usan de forma plana o enrolladas en espiral. Son muy utilizadas para caudales altos por unidad de superficie, trabajan bien a valores menores de 10,000 ppm de sólidos disueltos totales y están restringidos para ciertos rangos de pH; y b. Poliamidas aromáticas: Son membranas ampliamente difundidas y se presentan en diferentes configuraciones, son más resistentes a los agentes químicos y biológicos. Son usadas para un menor caudal específico y están restringidas para compuestos como el cloro.



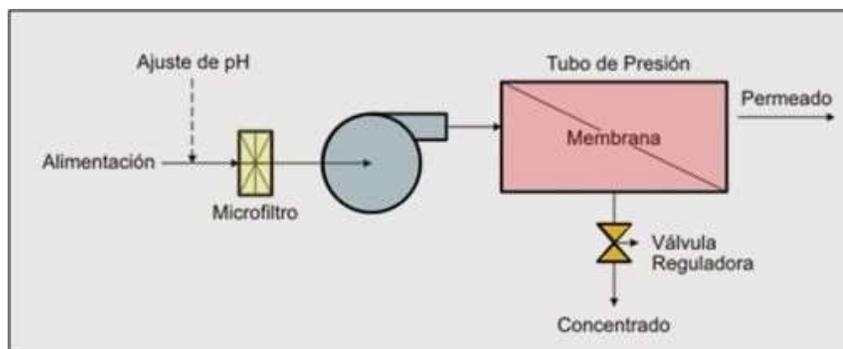
**Figura N° 04: Características del equipo de osmosis inversa**

Su uso actualmente en expansión en casi todas las industrias, permite mejorar la calidad del agua debido a que puede remover impurezas iónicas, partículas en suspensión, orgánicos, microorganismos y otros. La mayoría de las membranas dejan pasar algo de soluto pero su capacidad de retención de sales es alta ya que varía en promedio entre el 95 y 99% dependiendo del agua a tratar y además tiene una recuperación del agua producto del orden del 65-70% para aguas superficiales.

En lo equipos de osmosis inversa se observa los siguientes componentes:

1. Pre filtro: Se requiere de una filtración de 5 micras y un SDI < 3 antes de ingresar a las membranas.
2. Bomba de alta presión: Es la encargada de dirigir el flujo tangencial sobre la membrana.
3. Carcasa y membrana(s): la carcasa es el recipiente a presión dentro del cual se encuentra(n) la(s) membrana(s) semipermeable(s).
4. Línea de agua producto o permeado: Línea de salida del agua purificada.

5. Línea del concentrado: Línea de drenaje donde el agua se encuentra presurizada y es regulada por una válvula de presión y descargada al desagüe.



**Figura N° 05: Diagrama de Flujo**

En el proceso de purificación es posible tener una diversidad de configuraciones o arreglos de las membranas, de tal manera de obtener la mayor cantidad de agua producto posible. La configuración más simple es cuando la(s) membrana(s) está(n) en una sola carcasa; otra posible configuración es cuando colocamos las carcasas en paralelo con lo cual incrementamos la producción pero no se modifica el porcentaje de recuperación del sistema. La configuración en cascada o de múltiples etapas es cuando por ejemplo hacemos 2:1 es decir colocamos 2 carcasas (donde está(n) la(s) membrana(s)) en paralelo y el agua concentrada de este primer proceso la pasamos por una tercera carcasa obteniendo una recuperación mayor de agua producto. Y así sucesivamente podemos ir variando la configuración como por ejemplo: 2:2, 3:2:1, etc. hasta poder recuperar la mayor cantidad de agua producto, teniendo como limitante el flujo/área promedio que es característica de cada membrana. Actualmente todas estas variaciones se pueden hacer con programas de computación para dar con la mejor solución.

Para el diseño de una Planta de Osmosis Inversa se requiere de la caracterización del agua de ingreso, es decir realizar un previo análisis fisicoquímico de los elementos

contaminantes del agua. El agua a tratar puede ser cualquier fuente de agua como el superficial, de pozo, salobre o agua salada como el del agua de mar. Es importante que periódicamente se realice estos análisis porque puede haber variaciones en las condiciones de la calidad del agua. Usualmente se pide los datos de la temperatura, cloro residual, turbidez, SDI, pH, dureza total, TDS entre otros elementos como sílice, manganeso, sulfato, cloruro, bario, arsénico y plomo que puede contener el agua de ingreso. También es bueno documentar la presencia de bacterias o cualquier elemento que pueda notarse como olor, corrosión, color, etc.

Los problemas de operación más frecuentes ocurren cuando materiales como las partículas suspendidas, precipitados calcáreos, coloides y los microorganismos se depositan en la superficie de la membrana, provocando el taponamiento y la caída del rendimiento de las mismas. Otros problemas que se pueden presentar son fallas mecánicas, fallas en la membrana y operación no adecuada de los **equipos de osmosis inversa**.

El consumo eléctrico de los sistemas de OI, incluyendo las bombas de alimentación, la bomba de alta presión, los dosificadores de químicos y la instrumentación están entre los 2 y 3 kWh/m<sup>3</sup> para aguas salobres y para el tratamiento de agua de mar es aproximadamente de 8 kWh/m<sup>3</sup>. Para este último caso, mediante una recuperación apropiada con turbinas podría llegar a menos de 5 kWh/m<sup>3</sup>, resultado económico respecto a las unidades de destilación, que son la directa competencia en desalación.

En los **equipos de Osmosis Inversa** (OI), siempre ocurrirá con el transcurrir del tiempo el depósito de algunas partículas, aun cuando hayamos colocados los equipos de pre-tratamiento. Es usual que periódicamente, cada tres o seis meses, se realice una limpieza de las membranas o cuando haya disminuido en 10% el flujo inicial del agua producto, de

tal forma que se restaure la capacidad original de producción del agua tratada. También es recomendable que cuando se instale una Planta de OI se complemente con un sistema de enjuague rápido con agua fresca, que remueva toda el agua de ingreso y el agua concentrada que se encuentra entre las membranas y se reemplace en todo el sistema por agua fresca tratada.



**Figura N° 06: Equipo de osmosis inversa**

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Partiendo de lo anteriormente descrito, surge la pregunta que es propósito de esta investigación:

### **1.2.1 Problema Principal**

- ¿Cómo influye la ejecución del Proyecto de Pre – Factibilidad para instalar una Planta de tratamiento de Agua Potable a partir de agua de mar en el Distrito de Huarmey – 2017, mejorando la calidad de vida de los pobladores?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cómo influye la estimación de los costos de instalación, operación y mantenimiento de una planta de Osmosis Inversa y equipos complementarios para la producción de agua potable en el consumo de la población, para el período 2017-2036?
- ¿Cómo influye la Pre - factibilidad de la Planta de Tratamiento de Agua Potable por osmosis inversa en la sustentabilidad del Proyecto?
- ¿Cómo influye construir indicadores relacionados al Proyecto que permitan hacer un seguimiento del sistema, del abastecimiento y las externalidades ambientales de este tipo de abastecimiento y sus tendencias?
- ¿Cómo influye Plantear alternativas de gestión que minimicen/mitiguen impactos en el ambiente?

## **1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 Objetivo general**

- El objetivo de este trabajo de investigación es desarrollar el proyecto de Pre – Factibilidad para instalar una planta de tratamiento de agua potable por ósmosis inversa a partir de agua de mar, para la ciudad de Huarney de una población de 18 361 Habitantes.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Estimar costos de instalación, operación y mantenimiento de una planta de Osmosis Inversa y equipos complementarios para la producción de agua potable para consumo de la población, para el período 2017-2036.
- Determinar la Pre-Factibilidad de la Planta de Tratamiento de Agua Potable por osmosis inversa en la sustentabilidad del Proyecto.

- Construir indicadores que permitan hacer un seguimiento del sistema, de las externalidades ambientales de este tipo de abastecimiento y sus tendencias.
- Plantear alternativas de gestión que minimicen/mitiguen impactos en el ambiente.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo describe la selección de un sistema de separación de sales disueltas del agua salobre por la tecnología de membranas, para la ciudad de Huarney, cito en el km 297.70 de la Panamericana Norte.

Dicha ciudad contará con unas baterías de pozos que se proyecta que serán salobres, se tomaron análisis de algunos pozos cercanos y se seleccionó el peor escenario como agua de alimentación a la planta RO (Pozo 7A, código ALS: LE1200449-003).

El agua producto o agua osmotizada llamado permeado será de 4844 m<sup>3</sup>/día (año 20 arrancado el proyecto) el cual considera una producción los 365 días de año (como total) y la calidad deberá cumplir a cabalidad el DS N° 031-2010-SA.

Así mismo se considera la selección y diseño de la planta de forma modular tal que pudiera tener la flexibilidad de responder la demanda de agua de la zona con una proyección para 20 años arrancado la planta.

Se ha definido que ya debiera considerarse en la presente memoria descriptiva: el sistema de filtración, sistema de bombeos booster, sistemas eléctricos, planta modular para la máxima demanda dentro de 20 años es decir de 4844 m<sup>3</sup>/día (según cálculo de consumo).

Pero la planta de Osmosis Inversa propiamente dicha se ha diseñado de forma modular de tal manera que pudiera abastecer la demanda creciente de agua de la zona de acuerdo al Cuadro N°5.

Cuadro N°1. Periodo Óptimo de Diseño – Ciudad de Huarmey

Unidades	Periodo de Diseño para Expansión Sin Déficit Inicial (X)	Periodo de Diseño Para Expansión con Déficit Inicial (Xop)	Periodo de Diseño de las Estructuras
<b>SISTEMA DE AGUA POTABLE</b>			
Pozos	5.3	9.3	10.0
Línea de Conducción	15.2	20.5	20.0
Línea de Impulsión	15.2	20.5	20.0
Redes de Agua	13.2	18.2	20.0
Reservorio	8.3	11.7	12.0
Planta de Tratamiento de Agua Potable	17.3	22.9	20.0
<b>SISTEMA DE ALCANTARILLADO</b>			
Colector	20.3	26.2	20.0
Línea de Rebose	20.3	26.2	20.0
Redes de Alcantarillado	20.3	26.2	20.0
Cámara de Bombeo de Desagüe	14.4	19.7	20.0
Línea de Impulsión de Desagüe	20.3	26.2	20.0
Planta de Tratamiento de Desagües	16.3	21.5	20.0

**Fuente:** Elaboración propia

A continuación, se citan algunos trabajos de investigación relacionados con el tema del problema planteado, es decir, investigaciones realizadas anteriormente y que guardan alguna vinculación con el objeto de estudio.

Explorando la documentación existente a nivel nacional e internacional, se puede constatar la existencia de tesis de grado con características afines, como se detalla a continuación:

### 2.1.1 Antecedentes internacionales

**Tesis 01: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingenierías. Departamento de Automática y Electrónica. Programa de Ingeniería Mecatrónica. Santiago de Cali. Colombia 2011**

**Título:** DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE OSMOSIS INVERSA PARA LA EMPRESA DOBER OSMOTECH DE COLOMBIA LTDA.

**Autores:** (JOSE ALBERTO MORENO BENAVIDES)

**Tipo de Investigación:** Aplicada

**Conclusiones:**

- ✓ En la etapa de investigación realizada, se obtuvieron datos importantes con lo que respecta al desarrollo tecnológico de las plantas de osmosis inversa en el mundo, así como el funcionamiento y las aplicaciones que dichas plantas tienen en el mercado, ya sea nivel industrial o doméstico. Entre las aplicaciones más relevantes, se encontraron, el tratamiento de aguas para sistemas con alimentación de calderas o sistemas a vapor, el cual es el mercado primario en el proyecto; industrias farmacéuticas y alimenticias, desalinización de agua de mar, agua ultra pura para laboratorios y muchas otras más, siendo estas últimas aplicaciones mercados secundarios y complementarios del proyecto.
- ✓ Se realizó un estudio detallado de las principales necesidades y requerimientos que tienen las plantas de osmosis inversa en la empresa DOBER OSMOTECH de Colombia LTDA. Y se logró inferir que la automatización y visualización total del proceso general, son las más importantes necesidades a tener en cuenta a la hora de desarrollar este proyecto, no solo para el desarrollo de las plantas dentro de la empresa, sino también a nivel de competencia con las demás empresa a nivel nacional e internacional.
- ✓ A la hora del desarrollo de las diferentes alternativas de diseño, factores tales como la robustez de los equipos de control, la visualización grafica en tiempo real del proceso y la instrumentación adecuada, fueron determinantes para la selección de un concepto apropiado.

- ✓ Por medio de especificaciones tales como la dureza del agua a tratar, la fuente de agua cruda y la cantidad de caudal deseado y a través de herramientas matemáticas, se llegó a concluir las medidas exactas de cada uno de los tanques que conforman el pre-tratamiento de agua, filtrado que antecede al proceso de osmosis inversa como tal y que es de vital importancia para la obtención de los mejores resultados del agua.
- ✓ Una de las herramientas más efectivas que permiten una aproximación al producto o sistema, es el prototipado, ya sea físico parcial por medio de un modelado 3D por computadora, o parcial analítico por medio de simulaciones de control para el funcionamiento del sistema. Por medio de estos tipos de prototipos desarrollados en el proyecto, se logró entender el funcionamiento y requerimientos de la planta, comunicar y demostrar una apariencia física muy próxima de la realidad al cliente, y combinar los subsistemas que conforman el sistema total, ya sean módulos o subsistemas de control, para entender su interacción en la realidad.

### 2.1.2 Antecedente nacionales

#### **Tesis 01: Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela de Ingeniería Industrial. Perú 2017**

**Título:** *“Estudio de Pre – Factibilidad de una Planta Embotelladora de Agua Potable en el Departamento de Tumbes”.*

**Autor:** (Darwin Víctor Rivera Llacsahuanga)

**Tipo de Investigación:** Aplicada

**Conclusiones:**

- ✓ El estudio de mercado confirma la tendencia creciente del consumo de agua embotellada que se da en el mundo, el país y nuestra región, mostrando la existencia de un mercado potencial para el producto.
- ✓ La localización será en la ciudad de Puyango y el tamaño de planta garantiza un uso racional de los recursos.
- ✓ La maquinaria y equipo junto con los sistemas de aseguramiento y control de calidad, asegura el cumplimiento de la normatividad vigente para la producción de agua embotellada.
- ✓ La tecnología empleada en el proceso de filtración y la automatización del embotellado reduce la probabilidad de contaminación del producto.
- ✓ El tratamiento del agua por filtración y ozonización nos proporciona una ventaja comparativa, que será usado con énfasis en el Plan de Marketing, para comunicar esa ventaja diferencial frente a la competencia.
- ✓ La tecnología empleada en el proyecto se considera como intermedia, por existir un nivel de automatización de los procesos.
- ✓ La inversión total en el proyecto asciende a una suma de S/. 216 706.88 Nuevos Soles.
- ✓ Los resultados de la evaluación económica y financiera son: VANE de S/. 814 769.0125 Nuevos Soles, VANF S/. 627 318.546 Nuevos Soles, TIRE de 82%, y TIRF de 55%, por lo que concluimos que el proyecto es rentable económica y financieramente.

**Tesis 02: Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela de Ingeniería Agroindustrial e Industrias Alimentarias. Perú 2016**

**Título:** *“Estudio de Pre – Factibilidad de una Planta Embotelladora de Agua de Manantial Potable en el Distrito de Frías”.*

**Autor:** *(Deyvi David Cunguia Piedra)*

**Tipo de Investigación:** Aplicada

**Conclusiones:**

- ✓ El estudio de mercado analiza el desenvolvimiento de la oferta y la demanda de Agua de Manantial, que el mercado regional está dispuesto a adquirir al precio de 8 soles. La oferta de Agua de mesa corresponde a las unidades productoras existentes en la región tales como: San Luis, Cielo, Spring. La demanda de Agua de Mesa está en función directa a la población rural que abarca el 86.5%, además está relacionada con los estilos de vida, costumbres, gustos y preferencias del consumidor. El proyecto asegura su funcionamiento, dada la magnitud de demanda insatisfecha existente en el mercado y que el proyecto está dispuesto a satisfacer en el 1.6% que presenta a 182 053 bidones anuales
- ✓ El proceso de producción permitirá optimizar los factores productivos en la generación del producto Agua de Manantial, en soporte al programa de producción diseñado en base a una función de producción que relaciona la óptima utilización de los factores trabajo, capital, tecnología y recursos directos. La tecnología establecida para el proyecto se basa en la utilización intensiva de maquinaria y equipos, necesarios producir y comercializar un producto en óptimas condiciones.
- ✓ El tamaño establecido para el proyecto está en función de la demanda insatisfecha de Agua de Manantial, es decir: en base al mercado establecido, la disponibilidad de materia prima y la capacidad instalada. El tamaño óptimo de planta se establece en

función al costo unitario mínimo y en base a la combinación de factores económicos, sociales, tecnológicos y ambientales. La localización será en AA.HH. Los jazmines de acuerdo al ranking de factores. Esta localización es fundamentalmente por la cercanía a la materia prima y porque es el lugar donde se obtendrán los mayores beneficios.

- ✓ El Programa de Financiamiento de Inversiones para el Desarrollo Industrial, será promovido a través Caja Piura, quien financia el 60%, y el aporte propio que representa el 40%. Estos recursos financieros cubren en su totalidad el financiamiento para ejecutar el proyecto, que es 117,273.15 Nuevos Soles.
- ✓ La Evaluación del proyecto mide el valor de la nueva unidad en la economía regional, que presenta potencialidades y factores importantes para el desarrollo de actividades industriales, sobre todo si estas actividades van encaminadas a la industrialización de productos naturales que mejoren la calidad de vida no solo en la región sino también en el país. Para efecto de la evaluación financiera del proyecto, es preciso utilizar criterios de valoración, tales como determinar la rentabilidad del proyecto. en la que se obtiene que el proyecto es rentable considerando que indicador financiero valor absoluto neto (VAN) es 845, 247.42 superior al capital, además de Tasa interna de retomo de 15.2% considerando 10% como tasa de interés.
- ✓ Se presentó una propuesta de distribución de planta para la producción de agua de manantial.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

Para comprender detalladamente el proceso de osmosis inversa, es necesario entender principios físico-químicos básicos y cada una de las etapas de pre tratamiento del agua.

### 2.2.1 Solvente

Sustancia que permite la dispersión de otra en su seno, es la sustancia presente en mayor cantidad de la solución, el solvente más comúnmente usado es el agua.

### 2.2.2 Solute

Es la sustancia presente en menos cantidad de la solución (aunque existen excepciones), esta sustancia se encuentra disuelta en un determinado disolvente.

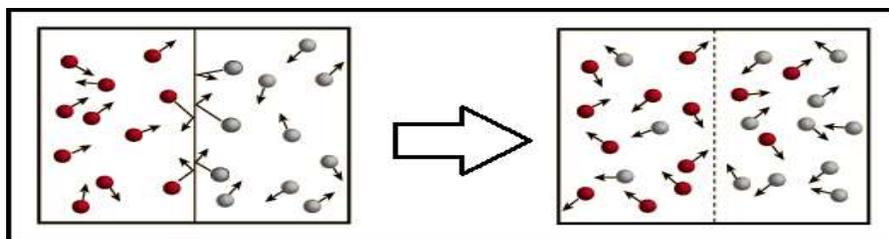
### 2.2.3 Solución

Es la mezcla normalmente homogénea de dos o más sustancias. La solución expresa la relación de la cantidad de soluto a la cantidad de solvente.

### 2.2.4 Difusión

La difusión se refiere al proceso mediante el cual las moléculas se mezclan, como resultado de su energía cinética del movimiento aleatorio. Considere la posibilidad de dos contenedores de gas o líquido A y B separados por un tabique. Las moléculas de ambos gases o líquidos están en constante movimiento y hacen numerosas colisiones con la partición. Si la partición se ha eliminado como en la figura 1, los gases o líquidos se mezclan debido a las velocidades al azar de sus moléculas.

Figura N° 07. Difusión de moléculas



La tendencia a la difusión es muy fuerte, incluso a temperatura ambiente debido a las altas velocidades moleculares asociadas con la energía térmica de las partículas.

El fenómeno de la difusión molecular conduce finalmente a una concentración completamente uniforme de sustancias a través de una solución que inicialmente pudo haber sido no uniforme.

### 2.2.5 Tasa de difusión.

Como la energía cinética media de los diferentes tipos de moléculas (masas diferentes) que están en equilibrio térmico es el mismo, a continuación, sus velocidades medias son diferentes. Su tasa de difusión promedio se espera dependa de la velocidad promedio, lo que da una tasa de difusión en relación con:

$$\text{Tasa de Difusion} = K \sqrt{\frac{T}{m}}$$

Donde la constante K depende de factores geométricos incluyendo las zonas a través de las cuales la difusión se está produciendo. La tasa de difusión relativa de dos especies moleculares diferentes se da entonces por:

$$\frac{\text{Tasa de Difusion de A}}{\text{Tasa de Difusion de B}} = \sqrt{\frac{m_B}{m_A}}$$

### 2.2.6 Gradiente de concentración.

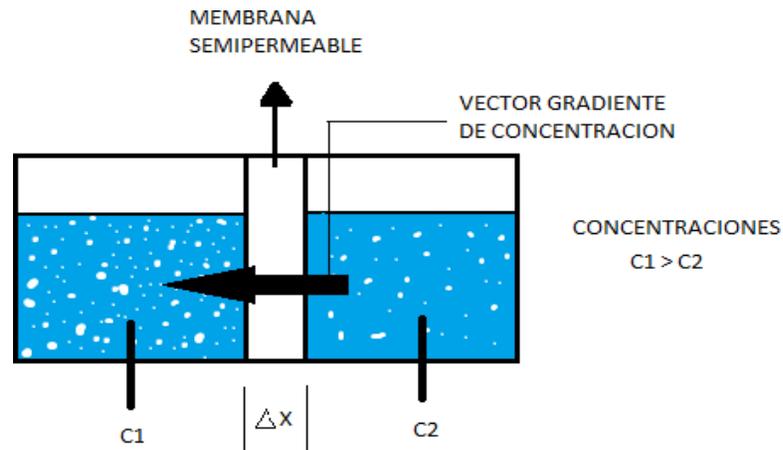
La diferencia de concentraciones ( $\Delta C$ ), es la diferencia entre las concentraciones de dos soluciones diferentes, es decir:

$$\Delta C = C_2 - C_1$$

La distancia de separación entre las dos soluciones se la llama  $\Delta X$ , siendo en este caso, el espesor de la membrana, y el gradiente de concentración de difusión, el cual es la relación entre la variación de concentración y la separación de las dos soluciones, es igual a:

$$\text{Gradiente de concentración} = \frac{\Delta C}{\Delta X}$$

Figura N° 8. Difusión con membrana permeable



### 2.2.7 Ley de Fick de la difusión.

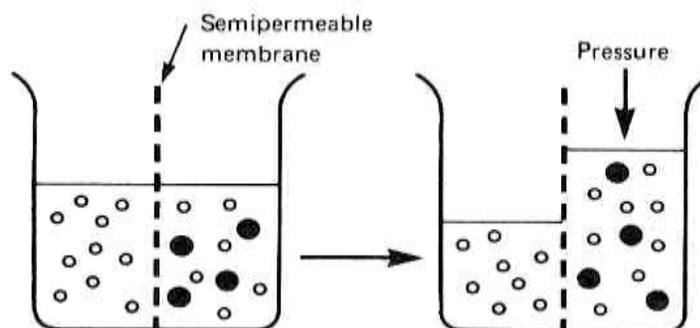
De acuerdo a la figura 2, la ley de Fick nos dice que el flujo de soluto que atraviesa la membrana es proporcional al gradiente de concentración pero en sentido contrario. Todo esto está multiplicado por una constante **D** llamada constante de difusión o constante de Fick.

$$\phi = D \frac{C_1 - C_2}{\Delta X}$$

### 2.2.8 Osmosis

La osmosis es un proceso natural donde el solvente, principalmente agua, fluye a través de una membrana semi-permeable, lo que significa que solo deja pasar las moléculas más pequeñas de solvente, de una solución con una baja concentración de sólidos disueltos a una solución con una alta concentración de sólidos disueltos. El solvente, fluye a través de la membrana hasta que la concentración se iguale en ambos lados de la membrana.

Figura N° 9. Proceso natural de osmosis



**Fuente:** Transporte de materiales a través de membranas plasmáticas [en línea]. San José (Costa Rica): FisicaZone, 2011. [Consultado el 1 noviembre, 2010]. Disponible en internet: <http://fisicazone.com/transporte-de-materiales-a-traves-de-las-membranas-plasmaticas/>

La ósmosis es de gran importancia en procesos biológicos, donde el solvente es agua. La energía que impulsa el proceso suele ser discutido en términos de presión osmótica.

### 2.2.9 Presión osmótica.

Esa especie de impulso de la naturaleza que obliga al líquido a pasar de un lado al otro se llama presión osmótica. A la presión osmótica se la simboliza con la letra ( $\pi$ ). El valor de se calcula con la Ecuación de Van't Hoff:

$$\pi = \text{Presión Osmótica (Atmosferas)}$$

$$\pi = (C_1 - C_2) \cdot R \cdot T$$

Dónde:

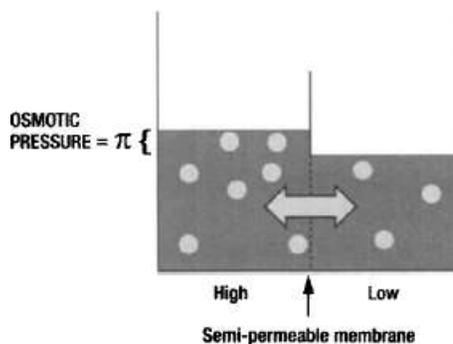
$C_1 - C_2$  = Diferencia de concentraciones

$R = 0.082$  Constante de los gases ideales (litros x atm / Kelvin x Mol) T

T = Temperatura absoluta (grados Kelvin)

Se puede visualizar fácilmente como interactúa la presión osmótica en el proceso de osmosis, en la figura 4:

Figura N° 10. Presión Osmótica en proceso de osmosis



**Fuente:** KUCERA, Jane. Reverse Osmosis. Industrial applications and processes. 1 ed. New Jersey: WILEY, 2010. 383 p.

### **Medición de la presión osmótica.**

Un enfoque para la medición de la presión osmótica es medir la cantidad de presión hidrostática necesaria para evitar la transferencia de líquido por ósmosis.

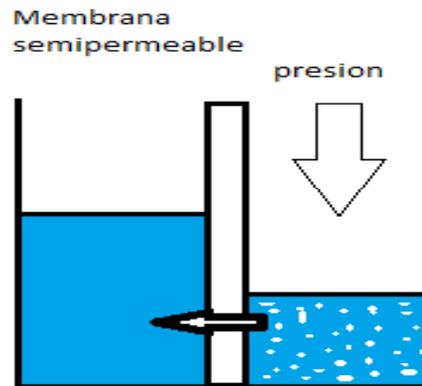
#### **2.2.10 Osmosis Inversa**

La osmosis inversa es el proceso en el cual se aplica una presión mayor a la presión osmótica, esta presión es ejercida en el compartimiento que contiene la más alta concentración de sólidos disueltos. Esta presión obliga al agua a pasar por la membrana semi-permeable en dirección contraria al del proceso natural de osmosis.

Para poder purificar el agua necesitamos llevar a cabo el proceso contrario al de ósmosis convencional, es lo que se conoce como Ósmosis Inversa. Se trata de un proceso con membranas, en el cual se aplica una presión mayor a la presión osmótica, esta presión es ejercida en el compartimiento que contiene la más alta concentración de sólidos disueltos. Esta presión obliga al agua a pasar por la membrana semi-permeable en dirección contraria al del proceso natural de osmosis, dejando las impurezas detrás. La permeabilidad de la

membrana puede ser tan pequeña, que prácticamente todas las impurezas, moléculas de la sal, bacterias y los virus, son separados del agua.

**Figura N° 11: Fenómeno de Osmosis inversa**



### 2.2.11 Principio de Operación de la Osmosis inversa.

El solvente pasa espontáneamente de una solución menos concentrada a otra más concentrada a través de una membrana semipermeable, pero al aplicar una presión mayor que la presión osmótica a la solución más concentrada, el solvente comenzara a fluir en el sentido inverso, el flujo del solvente depende de:

- Presión aplicada
- Presión Osmótica aparente
- Área de la membrana presurizada

### 2.2.12 Componentes de la osmosis inversa

- Membrana Semi-permeable
- Tubos de Presión conteniendo la membrana
- Bomba generadora presión
- Válvulas reguladoras de control
- Contenedores del permeado

### **2.2.13 Características de las membranas semi-permeables.**

Una membrana semipermeable, también llamada membrana selectivamente permeable, es una membrana que permitirá que ciertas moléculas o iones pasen a través de ella por difusión. El índice del paso de las moléculas depende de la presión ejercida, la concentración de partículas de soluto, la temperatura de las moléculas y la permeabilidad de la membrana para cada soluto.

A las moléculas que logran atravesar la membrana se las conoce como “el permeado” y a las que no lo hacen se las conoce como “el rechazo”.

### **2.2.14 Características de la osmosis inversa**

- Permite remover la mayoría de los sólidos (inorgánicos u orgánicos) disueltos en el agua (99%)
- Remueve los materiales suspendidos y micro-organismos
- Proceso de purificación de forma continua
- Tecnología simple, que no requiere de mucho mantenimiento
- Es modular y necesita poco espacio, de acuerdo a los caudales deseados.

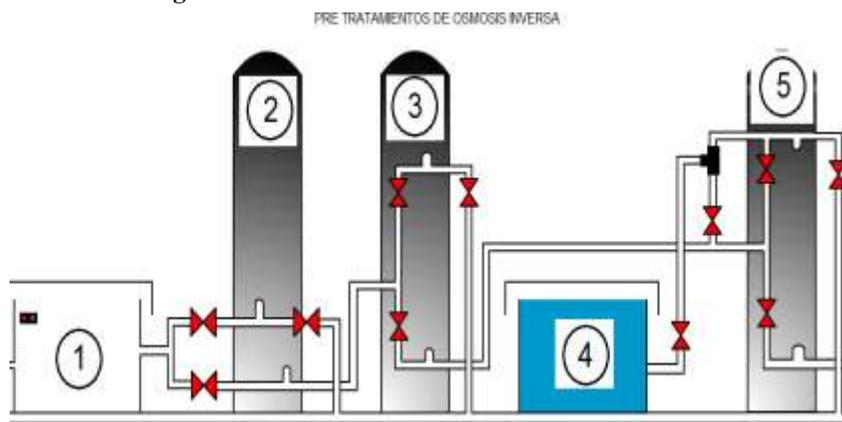
### **2.2.15 Aplicaciones de Osmosis inversa**

- Abastecimiento de aguas para usos industriales y consumo de población.
- Tratamiento de efluentes industriales para el control de la contaminación y recuperación de compuestos.
- Industria de la alimentación (concentración de alimentos).
- Industria farmacéutica, para la separación de proteínas, eliminación de virus, etc.
- Industria cosmética
- Agua de enjuagado electrónico y galvánico.

- Industrias de vidrio.
- Soda y plantas de embotellamiento.
- Agua de alimentación de calderas y sistemas de vapor.
- Hospitales y Laboratorios.
- Medioambiente (reciclaje)
- Desalinización.

### 2.2.16 Proceso de pre-tratamiento que antecede el proceso de osmosis inversa

Figura N° 12. Pre-tratamiento de osmosis inversa



Dónde:

- (1). Tanque de almacenamiento de Agua.
- (2). Filtro de arena.
- (3). Filtro de carbón activado.
- (4). Salmuera.
- (5). Suavizador.

### 2.2.17 Filtros de pre – tratamiento de osmosis inversa

Generalmente el proceso de osmosis inversa va acompañado de un pre- tratamiento que tiene como objetivo filtrar el solvente antes de entrar al proceso de osmosis inversa, con

el fin de lograr obtener los mejores resultados posibles y garantizar el mejor funcionamiento de las membranas semipermeables, los principales filtros de pre-tratamiento son:

#### **2.2.18 Filtro de sedimentos.**

Los sedimentos son cualquier partícula que puede ser transportada por un fluido y que se deposita como una capa de partículas sólidas en fondo del agua o líquido, Un filtro de sedimentos actúa como pantalla para remover estas partículas.

#### **2.2.19 Filtro de arena.**

Son muy efectivos para retener sustancias orgánicas, pues pueden filtrar a través de todo el espesor de arena, acumulando grandes cantidades de contaminantes antes de que sea necesaria su limpieza.

El equipo de filtración de este tipo consta de un solo filtro o de una batería de filtros que funcionan en paralelo. La filtración se lleva a cabo haciendo pasar el líquido a tratar, a través de un lecho de arena de graduación especial. El tamaño promedio de los granos de arena y su distribución han sido escogidos para obtener las distancias mínimas entre granos, sin causar pérdidas de altas presiones.

El agua sin tratar contiene normalmente sólidos en suspensión. Los cuales son indeseables o perjudiciales para uso en aplicaciones industriales o domésticas. Los filtros de arena a presión eliminan las partículas finas y la materia coloidal coagulada previamente.

Las partículas atrapadas en el lecho se desalojan fácilmente invirtiendo el flujo a través de la unidad. Esto hace expandir la arena, limpiándose por acción hidráulica y por fricción de un grano con otro.

### **2.2.20 Filtro carbón activado.**

El filtro de carbón funciona por el mismo principio que el filtro de arena, la diferencia radica en los elementos filtrantes y su finalidad. El carbón activado es un material natural que con millones de agujeros microscópicos que atrae, captura y rompe moléculas de contaminantes presentes. Se diseña normalmente para remover cloro, sabores, olores y demás químicos orgánicos.

Las propiedades de este medio filtrante hacen que las materias orgánicas y las causantes de olores y sabores, al igual que el cloro residual que se encuentra en el agua, sean absorbidas en las superficies del medio filtrante, eliminándolas así del líquido a tratar.

Algunas de sus aplicaciones son:

- Remoción de olores, sabores, cloro residual y materia orgánica de aguas de procesos cuando estas lo requieran.
- Preparación de aguas libres de cloro, sinsabores e inodoras para uso en las industrias de bebidas gaseosas y productos alimenticios.
- Remoción de cloro y materia orgánica de aguas de alimentación para equipos de desmineralización.
- Tratamiento final de aguas negras y aguas de desechos industriales, para remover materia orgánica y olores.

### **2.2.21 Suavizador.**

También llamado descalcificadora o ablandador de agua, es un aparato que por medios mecánicos, químicos y/o electrónicos tratan el agua para evitar, minimizar o reducir, los contenidos de sales minerales y sus incrustaciones en las tuberías y depósitos de agua potable.

El equipo de suavización consiste en un solo suavizador o una batería de estos conectados en paralelo. La suavización se lleva a cabo haciendo pasar el agua a través de un lecho de resina para intercambio iónico. Esta resina cuyas moléculas insolubles están formadas por un anión polimérico y un catión de sodio, posee gran afinidad por cationes divalentes (tales como calcio y magnesio) que se encuentran en baja concentración en el agua. Al poner en contacto agua conteniendo cationes de calcio y magnesio (dureza) con la resina, esta intercambia sus cationes de sodio por los de calcio y magnesio, es decir, libera al agua de los cationes responsables de la dureza de esta.

El agua dura seguirá liberándose de los cationes de calcio y magnesio hasta que la resina haya perdido todos sus cationes de sodio y por lo tanto su capacidad de intercambio. La resina, sin embargo, se puede regenerar ya que la reacción es reversible. Esto se obtiene poniéndola en contacto con una solución concentrada de una sal de sodio, cloruro de sodio por ejemplo, ya que esta intercambia los cationes de calcio y magnesio por los de sodio.

El proceso de suavización por intercambio iónico se efectúa en cuatro etapas, así:

Agua dura se hace pasar por la resina hasta que esta haya perdido su poder de intercambio, la resina se lava en contracorriente haciéndola expandir lo suficiente para que libere cualquier sólido suspendido que hubiere traído el agua cruda, La resina se regenera hasta recobrar su capacidad original y finalmente se lava para desalojar los productos de la regeneración. El efluente de la primera etapa será agua suavizada la cual se destinará al servicio requerido y el efluente de las otras etapas ira al desagüe.

Las aplicaciones típicas de estos equipos son:

- Suavización de aguas de reposición y alimento para calderas
- Suavización de aguas de proceso especialmente las usadas en equipos para

transferencia de calor

- Suavización de aguas usadas en la industria de bebidas y productos alimenticios.
- Suavización de aguas para municipalidades, cuando esta se justifique económicamente.

### 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Permeado:** Agua producida de baja salinidad.
- **Agua agresiva:** Agua con tendencia a disolver las incrustaciones calcáreas.
- **Agua corrosiva:** Agua cuya composición físico-química favorece la corrosión de un determinado metal.
- **Agua descalcificada:** Agua tratada mediante intercambio iónico para eliminar su dureza.
- **Agua desmineralizada:** Agua tratada por ósmosis inversa o por intercambio iónico para eliminar las sales.
- **Agua incrustante:** Agua con tendencia a formar incrustaciones calcáreas.
- **AFCH: Agua Fría de Consumo Humano:** Es el agua que cumple los requisitos del Real Decreto 140/2003.
- **Agua de aporte:** Es el agua que alimenta a una instalación.
- **Concentrado:** Agua rechazada por la membrana y de mayor concentración que el agua de alimentación.
- **Cloración:**  
Es la adición de cloro gas o compuestos de cloro al agua, con el propósito de desinfectarla y/u oxidar algún compuesto que ella contenga.

- **Cloro:** Elemento químico que se utiliza principalmente como desinfectante, para eliminar microorganismos presentes en el agua.
- **Cloro libre:** Es el cloro disuelto en agua que no está asociado con materia orgánica ni con amoníaco y que posee una elevada capacidad de desinfección.
- **Cloro residual:** Parte del cloro libre o combinado, que permanece activo después de un periodo de tiempo especificado.
- **Recuperación u Obtención:** Relación en porcentaje entre el volumen de agua permeada y la alimentación. Una instalación trabajando al 75% de recuperación producirá de cada 100 partes de la alimentación, 75 partes de permeado y 25 de concentrado. El valor en tanto por uno recibe el nombre de Y.
- **Factor de concentración:** Número de veces que se concentra el agua rechazada o concentrado respecto de la alimentación.
- **TDS o Salinidad Total:** Cantidad total de sales presentes.
- **Fuga de Sales o Fuga Iónica:** Relación de porcentaje entre las sales del permeado y el TDS de la alimentación.
- **Rechazo de Sales:** Porcentaje de eliminación de sales.

## 2.4. FORMULACIÓN DE LA HIPOTESIS DE TRABAJO

### 2.4.1 Hipótesis Principal

- Puede asegurarse que el Proyecto de Pre – Factibilidad de la Planta de Tratamiento de Agua Potable por osmosis inversa es sostenible para un período de 20 años.

## 2.4.2 Hipótesis Específicas

- Puede estimarse en base a los costos de instalación, operación y mantenimiento para una planta de Osmosis Inversa y equipos complementarios para la producción de agua potable para consumo de la población, para el período 2017-2036.
- Puede identificarse los impactos ambientales asociados al proyecto.
- Puede plantearse alternativas de gestión que minimicen/mitiguen impactos en el ambiente.

## 2.5. ESTUDIO DE MERCADO

El mercado, es el área donde convergen las fuerzas de la demanda y la oferta, para efectuar un intercambio de bienes y capital, estableciéndose precios de diferentes modalidades.

### 2.5.1 Estimación de la demanda

La demanda total de Agua Potable se determina a base de la población demandante real existentes al año 2019 y los requerimientos nutritivos para satisfacer las necesidades que esta población necesita para su alimentación.

La dotación de agua potable por persona es 200 litros/día-habitante según norma emanada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

En el cuadro N° 3.3 se presentan los volúmenes de demanda de agua potable en Huarmey.

#### 2.5.1.1 Estudio de la demanda

Una curva de demanda indica las máximas cantidades de un producto dado, en este caso de agua potable por osmosis inversa que consumirá la población total del Distrito de Huarmey, a un precio determinado, o sea es la relación que existe entre la cantidad demandada de un proyecto y otras variables pertinentes, en particular el precio de agua potable por osmosis inversa.

### 2.5.1.2 Proyección de la demanda de agua potable por Osmosis Inversa

#### a. Método de los Mínimos Cuadrados

La demanda se predice en función de la producción de agua potable por osmosis inversa que son consumidos por la población.

Primero se proyecta la demanda de agua potable por osmosis inversa sobre la base de la población y el consumo ajustando los puntos por el método de mínimos cuadrados, cuya fórmula es:

$$\Sigma Y = N.a + b.\Sigma X$$

$$\Sigma X.Y = a. \Sigma X + b.\Sigma X^2$$

Luego se calcula la demanda de agua potable por osmosis inversa en función del consumo de la población.

#### **Identificación de los lugares de producción de agua potable por osmosis inversa:**

Como los demandantes prioritarios podemos señalar a la población consumidora de agua potable por osmosis inversa.

#### **Estacionalidad de la Demanda**

La demanda de agua potable por osmosis inversa durante todo el año mantiene una tendencia creciente debido al incremento de la tasa productiva de los consumidores, considerando estacional porque existen grandes fluctuaciones en su consumo debido al verano y a la afluencia de turistas durante el año.

En conclusión, se puede hablar de una tendencia constante de demanda mensual y una tendencia general creciente a través del tiempo debido a la

necesidad e importancia que está adquiriendo el consumo de agua potable por osmosis inversa en la alimentación.

### **Proyección de la Demanda**

La proyección de la demanda de agua potable por osmosis inversa se determina basándose en la proyección de la población (demanda real).

### **Estudio de la Oferta**

La oferta que se da con el agua potable por osmosis inversa es muy buena para la población consumidora de la ciudad de Huarmey, ya que el agua de mar es una fuente inagotable, además los costos de operación y producción son relativamente altos, pero cuando su consumo es mayor baja de precio el costo de producción, y esto hace que el producto no sea de un precio elevado.

### **Análisis del mercado del proyecto**

Este producto van directamente hacia la población consumidora del distrito de Huarmey.

## **2.5.2 Capacidad estimada para planta nueva.**

### **2.5.2.1 Determinación del Tamaño**

El tamaño de la planta de un proyecto se refiere a la capacidad de producción, expresada en unidades de tiempo; el objetivo que se establece, es el planeamiento y análisis de los parámetros que permiten definir el tamaño óptimo de planta.

El análisis será básicamente de carácter más cualitativo que cuantitativo, debido a que los aspectos tomados como comparativos no reflejan aún sus valores definitivos.

**a) Análisis de los factores condicionales.****Relación Tamaño – mercado:**

Uno de los factores más importantes, para efectos de determinar el tamaño de planta, lo constituye la demanda para el proyecto, esto está determinado por el consumo de la población económicamente activa que están orientadas a un segmento natural del mercado, lo que ayuda a establecer el tamaño de planta por lo expuesto anteriormente; teniendo en cuenta que es el indicador básico para establecer la capacidad de producción futura.

Por lo expuesto el mercado constituye un elemento restrictivo en la determinación del tamaño de la planta; es decir, el tamaño de la planta debe ser igual o menor a la demanda determinada para el proyecto.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, si bien la demanda para el proyecto ofrece buenas posibilidades, fundamentadas en el estudio de mercado, es importante tener en cuenta que no se puede adoptar un tamaño de planta que cubra la totalidad de dicha demanda, considerando que se debe dejar un margen, para cubrir cualquier problema en el mercado, para lo cual se recomienda los turnos adicionales.

**Relación Tamaño – Materia Prima**

La disponibilidad de materia prima para el abastecimiento del proyecto, constituye también un factor importante para la determinación del tamaño de la planta.

### **Relación Tamaño – Tecnología**

Se entiende por tecnología al conjunto de elementos que incluyen el proceso, maquinaria, equipos y el KNOW HOW.

La tecnología para el proyecto es bastante simple y flexible que permite cualquier cambio por exceso o defecto de la demanda, bajo esta consideración la tecnología no constituye un factor restrictivo para el caso del proyecto.

#### **b) Determinación del Tamaño de Planta.**

Se considera que el tamaño de planta inicial tendrá una capacidad de tratamiento de agua potable por osmosis inversa de 5 536 m<sup>3</sup>/día, considerando tres turnos de 8 horas, esto asegurará la operatividad del proyecto.

### **2.5.3 Tamaño y ubicación de los consumidores**

La razón por la que el consumo y producción de agua potable por osmosis inversa ha aumentado, debido a que estos productos son vitales en el cuidado de la salud humana.

El aumento en la producción de productos de consumo como el agua potable por osmosis inversa trata de cubrir todas las áreas pobladas, introduciendo sus productos, creando nuevos mercados y orientando a los pequeños consumidores sobre el uso de estos productos.

### **2.5.4 Precio**

Los precios internacionales del agua potable por osmosis inversa, a través del tiempo se han mantenido estables.

Por otro lado, los precios internos del agua potable por osmosis inversa estarán dados por los niveles de consumo de las grandes empresas consumidoras de agua potable por osmosis inversa.

Una tendencia alcista obedece a factores tales como:

- Daños por fenómeno del niño, inundaciones, terremotos, etc.
- Situaciones políticas y/o económicas inciertas del país.

## **2.6 LOCALIZACION DE LA PLANTA**

### **2.6.1 Análisis de los factores primarios**

#### **2.6.1.1 Suministros de Materia Prima:**

El agua de mar para ser tratada por osmosis inversa.

#### **2.6.1.2 Mercado:**

Toda actividad económica tiene su partida de nacimiento en un serio estudio del mercado, antes de producir un nuevo producto o brindar un nuevo servicio.

La localización de la planta de agua potable por osmosis inversa con respecto al mercado afecta en un alto grado el costo de producción.

Los consumidores de agua potable por osmosis inversa se encuentran en su mayoría ubicada en el distrito de Huarmey, por lo tanto, el costo de transporte es bajo.

#### **2.6.1.3 Suministro de Energía y combustible.**

Esta planta de agua potable por osmosis inversa como todas las plantas de proceso, requieren de energía no convencional.

La energía eléctrica para el funcionamiento de la planta será aprovechada a partir de la interconexión Mantaro – Línea Norte.

Es preferible que se cuente con este servicio, fundamentalmente para posibilitar la agilización de los procesos mediante la ayuda de pequeños equipos que se han desarrollado y que mejoran el rendimiento de los operarios, obteniendo una mayor

uniformidad de los productos. Otro aspecto para el cual la energía eléctrica es imprescindible es para contar con un adecuado sistema de iluminación, de manera de prolongar los períodos de trabajo, especialmente en épocas de exceso de producción de materias primas.

En sistemas de producción de pequeña escala industrial, la energía eléctrica es una necesidad ineludible, debido a la mayor proporción de mecanización en el proceso. Todas las instalaciones de luz y fuerza deben hacerse de manera que bajen desde el techo y lleguen a un nivel de seguridad, sin que exista la posibilidad de mojarse ni molestar en la circulación por la sala de proceso.

#### **2.6.1.4 Suministro de Agua.**

El agua es un insumo indispensable en la alimentación, consumo y saneamiento humano.

Se requiere para diversos usos domésticos: agua consumo humano, saneamiento y otros usos.

El agua es un recurso escaso y por lo tanto se debe usar bajo conceptos de estricto ahorro. El agua debe estar protegida de posibles contaminaciones y se debe asegurar la continuidad en su provisión en todo momento. El consumo de agua dependerá del proceso de que se trate y del diseño de los sistemas de producción. Es necesario asegurar el suministro de agua en forma permanente por lo que se debe contar con estanque de almacenamiento elevado para no depender del suministro eléctrico. Se debe estimar una reserva, de modo de poder contar con agua aun cuando no se cuente con energía eléctrica. Este estanque de agua permite además la posibilidad de su tratamiento con algún desinfectante.

En general es aconsejable agregar cloro al agua de suministro general de la planta como un método de desinfección permanente. Para este fin, se aconseja una dosis de 2 ppm de cloro libre residual. Además, se debe tener claro que el estanque debe estar tapado y no expuesto a la luz del sol para evitar que se pierda el cloro por descomposición. Como referencia, se puede decir que se deben usar 100 ml de solución de hipoclorito de sodio por cada 2000 litros de agua del estanque, asumiendo que el hipoclorito en solución tenga alrededor de 50 gr de cloro activo por litro de solución. Con esto el agua prácticamente no debe tener sabor a cloro. La cantidad de agua que requiere la planta se obtendrá de un pozo tubular, asegurándose de esta manera el suministro suficiente para las necesidades industriales, sanitarias y de la población.

#### **2.6.1.5 El Clima**

Las condiciones que ejercen el clima sobre el proceso productivo y el personal no representan mayor problema, considerando que el almacenamiento de insumos y productos terminados se efectuará bajo condiciones seguras para evitar problemas debidos a la humedad.

### **2.6.2 Análisis de los factores secundarios**

#### **2.6.2.1 Transporte:**

Se han analizado en función del costo de transporte del agua potable hacia los consumidores es mínimo. Si la Planta de Tratamiento queda cerca del abastecimiento del agua de mar su incidencia será menor en la estructura de los costos.

### **2.6.2.2 Mano de Obra:**

Se ha considerado el costo de la mano de obra, en general y la disponibilidad con la mano de obra especializada para la industria en estudio.

La Planta de agua potable por osmosis inversa quedará a menos de 5 Km. de la zona urbana, lo cual permite la disponibilidad eficaz de la mano de obra.

### **2.6.2.3 Contaminación Ambiental:**

Los residuos sólidos resultantes generados por el uso de membranas den la Planta de Tratamiento es un factor a considerar en su disposición final.

### **2.6.2.4 Factores Comunitarios:**

En este aspecto hay que tomar en cuenta como la empresa contribuye con la comunidad, ya que los trabajadores tienen que tener centros de diversión y cultura; es decir, centros de recreación, bibliotecas, teatros, etc.

## **2.6.3 Elección del lugar de la planta**

La localización más adecuada para una nueva unidad de producción debe orientarse hacia los mismos objetivos que el tamaño óptimo, esto es hasta la obtención de la máxima ganancia. También es importante tomar en cuenta que el agua potable por osmosis es producto vital en su consumo por la población del distrito de Huarney, razón determinante para la elección del lugar donde se instalará la Planta.

La forma en que se encuentran geográficamente la totalidad de la demanda es un factor decisivo sobre el tamaño y la localización de la Planta de agua potable por osmosis inversa.

El estudio de la localización de la Planta de agua potable por osmosis inversa, consiste en analizar las variables independientemente unas de otras a fin de encontrar la resultante de estas variables que conduzcan a una máxima tasa de ganancia o a un mínimo costo unitario.

La distancia disponible, que tiene que recorrer el agua potable, aumenta los costos de transporte, y por consiguiente los costos de producción.

Los beneficios generados por el proyecto compensan los mayores costos hasta determinado tamaño, por encima del cual la operación se torna antieconómica.

Similar razonamiento es aplicable a otros insumos, a la fuerza laboral y a los lugares de distribución de los productos terminados.

### 2.6.3.1 Evaluación de Localización de Planta - Método de los Factores de Balanceo.

La evaluación se realiza sobre la base de aplicación de un coeficiente de ponderación, en función de la importancia de los factores de localización que determinan la localización de la Planta. El resultado de este estudio se puede visualizar en el cuadro N° 5

Cuadro N° 5

#### EVALUACIÓN EN LA LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

Factor de Localización	Coeficiente de Ponderación	Calificación No Ponderada		Calificación Ponderada	
		Huarmey	Puerto Huarmey	Huarmey	Puerto Huarmey
Materia Prima	10	5	8	50	80
Mercado	10	4	6	40	60
Energía y Combust.	8	2	4	16	32
Agua	7	4	4	28	28
Clima	7	4	2	28	14
Transporte	6	5	6	30	36
Mano de Obra	4	6	6	24	24
Contaminación	4	6	4	24	16
Fact. Comunitarios	2	5	6	10	12
<b>Total</b>				<b>250</b>	<b>302</b>

## 2.7 TAMAÑO DE LA PLANTA

Se define como Tamaño del proyecto a la determinación de la capacidad máxima de producción que pueda tener la planta de tratamiento de agua potable por osmosis inversa para un periodo de 20 años de funcionamiento; es lo que se conoce como capacidad instalada del proyecto.

Para lograr este objetivo, es necesario que el proyecto sea elaborado, considerando una ampliación posterior de planta del orden del 18% de su capacidad para los siguientes 20 años, posteriores a su período de funcionamiento, que permita una mayor producción, tendiendo en cuenta, siempre y cuando se tenga garantizado un mercado futuro capaz de absolver la producción del proyecto.

Cuando se estableció el Tamaño de un proyecto deberá indicarse la capacidad máxima de producción por unidad de tiempo: hora, turno, día, mes y año; así mismo deberá indicarse el número de horas, turnos, días y meses trabajados durante el año.

El Tamaño del proyecto se expresa como:

- Capacidad de procesamiento del proyecto: se refiere a la cantidad de agua de mar que es capaz de procesar el proyecto en un determinado periodo.

### 2.7.1 Factores limitantes.

En la determinación del Tamaño del proyecto, hay que analizar un conjunto de factores condicionantes, dentro de los cuales tenemos:

#### 2.7.1.1 El mercado del producto final

Uno de los factores más importantes, para efectos de determinar el tamaño de planta, lo constituye la demanda para el proyecto, esto está determinado por el consumo de agua potable por osmosis inversa; los consumidores locales, serán

orientadas a un segmento natural del mercado, lo que ayuda a establecer el tamaño de planta por lo expuesto anteriormente; teniendo en cuenta que es el indicador básico para establecer la capacidad de producción futura.

Por lo expuesto el mercado constituye un elemento restrictivo en la determinación del tamaño de la planta; es decir, el tamaño de la planta debe ser igual o menor a la demanda determinada para el proyecto.

Sin embargo debe tenerse en cuenta que si bien la demanda para el proyecto ofrece buenas posibilidades, fundamentadas en el estudio de mercado, nuestro caso de estudio, es importante tener en cuenta que el tamaño de planta está cubierto por la totalidad de los habitantes del distrito de Huarmey por ser un producto vital en su consumo, lo que hace que cubra la totalidad de dicha demanda.

#### **2.7.1.2 Disponibilidad de materia prima e insumos**

Hay que analizar el volumen de materia prima es agua de mar en un volumen de 5 536 m<sup>3</sup>/día; los insumos disponibles para el proyecto durante los años proyectados son principalmente hipoclorito de sodio desinfectante, ácido sulfúrico regulador de pH; la viabilidad de su abastecimiento y los programas de producción futuros. La disponibilidad es una limitante importante, ya que no se puede dimensionar un tamaño, se debe considerar que si habrá disponibilidad de materia prima e insumos para ese tamaño de planta de tratamiento.

#### **2.7.1.3 Tecnología disponible**

Se entiende por tecnología al conjunto de elementos que incluyen: proceso, maquinaria, equipos y el KNOW HOW.

La tecnología para el proyecto es bastante simple y flexible que permite cualquier cambio por exceso o defecto de la demanda, bajo esta consideración la tecnología no constituye un factor restrictivo para el caso del proyecto.

#### **2.7.1.4 Capacidad de financiamiento**

Hay que tener en cuenta la disponibilidad de recursos financieros para afrontar los gastos del proyecto. Si se opta por un tamaño de planta, pero luego del análisis del financiamiento se encuentra que los recursos son insuficientes, entonces se deberá rechazar el proyecto.

En otros casos, si los recursos financieros permiten escoger entre varios tamaños, para los cuales la evaluación económica no muestra diferencias, el criterio de prudencia financiera aconsejará escoger el tamaño que, además de tener una evaluación positiva, pueda financiarse con la mayor seguridad posible.

Así mismo cuando hay posibilidad de desarrollar la empresa por etapas, el problema de limitaciones financieras puede tener soluciones satisfactorias de transición. En todo caso la prudencia aconsejará construir la planta de tamaño mínimo, ampliándola, a medida que se normalice la puesta en marcha y existan los recursos financieros suficientes.

#### **2.7.1.5 Localización del proyecto**

Este factor condiciona el tamaño a través de los costos de transporte de la materia prima, insumos, mano de obra a los centros de producción, y de productos terminados a los mercados de consumo, ya que en la medida que se considere tamaños más grandes, requerirán mayor cantidad de estos elementos, y por lo tanto se incurrirán en mayores gastos de transporte; costos que se acrecientan en

la medida que estos elementos (materias primas, insumos, mano de obra, productos terminados y mercados) se encuentren más distantes o dispersos.

Los beneficios generados por el proyecto compensan los mayores costos hasta determinado tamaño, por encima del cual la operación se torna antieconómica. Por lo tanto, en la medida que estos elementos se encuentren más concentrados, será posible tener proyectos con mayor capacidad instalada, y si estos elementos no están concentrados, esto limitará el tamaño del proyecto por cuestiones de costo de transporte, y podría optarse por la posibilidad de instalar una planta matriz y plantas menores en otros lugares.

#### **2.7.1.6 Costos de Producción**

Hay que tener en cuenta que a medida que se aumenta la producción, y se utiliza más la capacidad instalada, menores son los costos unitarios de producción, debido a que los costos fijos se dividen o prorratan entre un mayor volumen de producción.

#### **2.7.1.7 Capacidad Empresarial**

Hay que tener en cuenta si hay capacidad disponibilidad de recursos humanos capaces para dirigir eficientemente proyectos de gran envergadura; proyectos bien diseñados y evaluados fracasan por una mala administración.

### **2.8 INGENIERIA DEL PROCESO.**

La gestión de planes estratégicos es la base sobre la que operan los procesos industriales de producción, la Ingeniería industrial se encarga de desarrollar sistemas encaminados al control de la planeación financiera y el análisis de costos aplicados a los procesos de tratamiento de agua potable por osmosis inversa.

## 2.8.1 Descripción del proceso productivo

Para seleccionar el proceso de tratamiento agua potable por osmosis inversa productivo a utilizar en el presente estudio, se tuvo en cuenta los diferentes métodos de tratamiento que se adecuan a nuestros intereses y comprende las siguientes etapas:

### 2.8.1.1 Pre - Tratamientos Físicos

**Desbaste.** - Una rejilla evita la entrada de objetos flotantes y vida marina.

**Filtro de arena (Gravedad).**- Con la ayuda de capas de arena y antracita se retienen las partículas de menor tamaño.

**Microfiltración.**- La Microfiltración realiza una separación de partículas de hasta 0.1 micra. El pequeño tamaño de los poros de estas membranas les permite además la retención de bacterias y parte de los virus.

### 2.8.1.2 Pre – Tratamientos Químicos

**Desinfección.** - El Hipoclorito Sódico, el producto más empleado en la desinfección, es un líquido, por lo que el equipo necesario para su aplicación debe constar al menos de un depósito para el almacenamiento del producto y de las bombas dosificadoras correspondientes.

Es conveniente colocar dos bombas, que se irán alternando en su funcionamiento, para evitar que la avería de una bomba única paralice la instalación.

La capacidad del depósito, debe ser suficiente para cubrir al menos las necesidades de la instalación durante unos 15 días y debe constar de un nivel que detecte con antelación la escasez del producto.

La desinfección se realiza en la toma de agua y antes de la entrada del agua a los filtros.

Asimismo, la capacidad de las bombas debe permitir la aplicación de las dosis de Hipoclorito Sódico.

**Equipo de regulación de pH.** - El Ácido Sulfúrico utilizado para regular el pH tiene una elevada concentración de 96 – 98%. Se trata por tanto de un líquido altamente corrosivo y peligroso por lo que su manipulación debe ser muy segura. El equipo constará de un depósito de capacidad adecuada, que cubra al menos las necesidades de 15 días de funcionamiento de la instalación, construido al igual que el resto de las conducciones de aspiración e impulsión en acero al carbono y provisto de un deshumectador de silicagel.

La aplicación del Ácido Sulfúrico se hace entre la toma de agua y los filtros.

Hay que tomar además especiales precauciones en el punto en que el Sulfúrico se mezcla con el agua puesto que se produce una elevación importante de la temperatura.

**Dosificación de Reductor.** - El producto empleado es el Bisulfito ó Metabisulfito Sódico, producto sólido que debe prepararse mediante su disolución en agua.

Se colocan dos depósitos en paralelo provistos de sus correspondientes agitadores que permitan la preparación del producto en uno de ellos cuando en el otro empieza a agotarse.

La aplicación del producto debe permitir la inyección del mismo entre los filtros de arena y de cartucho, como a la salida de este último, es conveniente que tenga un recorrido suficiente que permita la neutralización del Cloro, que garantice la decloración del agua de alimentación al filtro de Cartucho.

### 2.8.1.3 Tratamiento por Osmosis Inversa

Las membranas tienen unas condiciones óptimas de funcionamiento, como temperatura, pH o presión, por el cual el agua que se va a desalar debe recibir un adecuado pre tratamiento físico y químico para aumentar el rendimiento de la instalación y mantener operativos los equipos.

El tipo de membrana que se va a utilizar para este proyecto es **de Arrollamiento en espiral**, e irán 6 membranas de este tipo, dentro de un tubo a presión de 8". La presión de funcionamiento es de 70.5 kg/cm<sup>2</sup> (1000 psi)

### 2.8.1.4 Post-Tratamiento

**Ajuste de pH.** - El agua desalada mediante membranas de osmosis inversa tiene un pH bajo (aprox. 5.5) es pobre en calcio y de baja alcalinidad, debido al elevado rechazo de estos iones por las mismas.

Su baja alcalinidad y la presencia de CO<sub>2</sub> la hacen corrosiva pudiendo disolver los precipitados de las tuberías e incluso incumplir algunos aspectos de la normatividad técnico sanitaria.

Para estabilizarla hay que llevar estos parámetros a su equilibrio de saturación de CaCO<sub>3</sub>. Para ello el agua debe ingresar en Filtros de Calcita, ajustándose así el pH.

**Post-Cloración.** - Como el agua que se va a desalar ha sido desprovista de sus características oxidantes mediante la dosificación de bisulfito sódico, en el producto no existen rastros de cloro residual.

Como antes de su uso final suele almacenarse en algún depósito, existen riesgos de que vuelva a contaminarse de nuevo.

Por ello, el agua que se a dedicar a abastecimientos urbanos es necesario volverla a clorar para cumplir la normativa sanitaria en cuanto a presencia de cloro residual de la red.

El Hipoclorito sódico, es el procedimiento más barato de implantación como de funcionamiento.

## **APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS**

La aplicación de los distintos tratamientos se realiza sin embargo en distintos puntos de la instalación, de acuerdo con la función que deben cumplir.

### **DESINFECTANTE**

La desinfección con Hipoclorito debe poderse aplicar en los siguientes lugares

- Toma de agua
- En continuo antes de los filtros de arena.
- Después de la inyección de Ácido Sulfúrico
- En el agua producto.

### **ÁCIDO SULFÚRICO**

- Después de la inyección de Hipoclorito.
- Antes de los Filtros de arena.

### **REDUCTOR**

- Entre filtros de arena y de cartuchos.
- A la salida de los filtros de cartuchos
- En la toma de agua.

## **INSTRUMENTOS DE MEDIDA Y CONTROL**

El funcionamiento de la instalación precisa de unos elementos de medida para comprobar que la misma cumple con las prescripciones en que fue diseñada, es decir, las especificaciones relativas al caudal y calidad del agua producida y al consumo energético de la instalación.

Pero también, teniendo las características de del agua a tratar una incidencia muy importante en el proceso, es necesario controlar la misma a lo largo de las distintas fases previas a su entrada a las membranas de osmosis.

#### INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Los tres parámetros básicos y mínimos a medir para comprobar el correcto funcionamiento de la instalación son caudal, conductividad y consumo energético

La ubicación de los mismos será la siguiente:

- Medida de la conductividad.- En la toma de agua y en el producto
- Medida del caudal.- En el producto y en la alimentación de la instalación.
- Medida del consumo energético.- Un contador general para la instalación.

#### INSTRUMENTOS DE CONTROL

Sin embargo hay otros parámetros también importantes que para la correcta operación de la instalación deben controlarse, como pH, temperatura, presión y potencial redox.

Se colocarán tantos cuantos sean necesarios en función de las características de la instalación y su objeto es conocer en cada momento el valor de algunos parámetros que pueden afectar tanto al funcionamiento de los equipos como a las membranas.

A continuación podemos distinguir la instrumentación mínima necesaria para la instalación:

- Captación de agua

- Medidor de caudal
- Medidor de pH.
- Conductivímetro.
- Medidor de temperatura del agua.
- Filtro de arena y cartucho.
  - Medidor de presión a la entrada de filtro de cartucho.
  - Medidor de pH a la entrada de filtro de arena.
  - Medidor de Potencial Redox a la salida de los filtros de cartuchos.
- Bombeo de alta presión
  - Manómetros en la aspiración e impulsión de las bombas.
- Equipos de dosificación de reactivos químicos.
  - Medida de los niveles del líquido en los depósitos de reactivos (desinfectante, regulador de pH y reductor).
- Bastidores de membranas.
  - Medidor de temperatura a la entrada del bastidor.
  - Medidor de pH a la entrada del Bastidor.
  - Manómetro a la entrada y en la salida del producto y rechazo.
  - Medidor de conductividad a la salida del agua producto.
  - Medidor de caudal de alimentación y producto.
- Bombeos de agua producto.
  - Manómetro en la impulsión de las bombas.

## DISEÑO DE INSTALACIONES

El diseño de una instalación se hace a partir del conocimiento de dos aspectos fundamentales:

- **El análisis del agua que se va a tratar.** Se va considerar para el agua de mar una salinidad de 35000 ppm

*Análisis del agua de mar*

$Na^+$	12
	220
	ppm
$K^+$	286
	ppm
$Ca^{++}$	300
	ppm
$Mg^{++}$	730
	ppm
$Cl^-$	18
	760
	ppm

$SO_4^-$	3
	890
	ppm
$CO_3H^-$	170
	ppm
pH	7.6

- **La capacidad de la instalación que se va a proyectar.**

### **POBLACIÓN FUTURA DEL DISTRITO DE HUARMEY**

Se determinó la población futura servida mediante la siguiente formula:

$$Pf = Pa (1 + r)^n$$

Dónde:

$Pf =$  Población futura

$Pa =$  Población actual

$r =$  Tasa de crecimiento de la población de Huarmey

$n =$  Periodo de proyección de la planta

Así tenemos:

$$Pf = 18361 (1 + 0.011)^{20}$$

$$Pf = 22852 \text{ habitantes}$$

**DOTACION FUTURA**

$$D_f = D_0 (1 + r)^n$$

Dónde:

$D_0 =$  Dotación actual del distrito de Huarmey

$D_f =$  Dotación futura o caudal d diseño de la planta

$r =$  Tasa de crecimiento de la dotación de agua de Huarmey

$n =$  Periodo de proyeccion de la planta

En efecto:

$$D_f = 200 (1 + 0.003)^{20}$$

$$D_f = 212 \text{ l/hab.dia}$$

**CAUDAL DE DISEÑO**

El caudal de diseño viene dado por la siguiente fórmula:

$$Q_D = (P_f \times D_f)/86400$$

$$Q_D = (22852 \times 212)/86400$$

$$Q_D = 56 \text{ lps} = 4844 \text{ m}^3/\text{dia}$$

**SELECCIÓN DEL TIPO DE MEMBRANA**

Para el presente proyecto se seleccionó a la membrana de Arrollamiento en Espiral, por su mayor rechazo de sales (99.5 %) frente a las de fibra hueca (99.3 %).

Para este tipo de membrana, se tendrá en cuenta el caudal específico de diseño, que es el siguiente factor de diseño:

$$\text{Agua de mar (pozo)} \quad 27 - 34 \text{ l/m}^2 \cdot \text{hora}$$

### NÚMERO DE MEMBRANAS

Para diseñar una instalación de  $4\ 844 \text{ m}^3/\text{dia}$  de capacidad, usando la correspondiente membrana de producción nominal de  $28 \text{ m}^3/\text{dia}$ , tendríamos:

- Caudal real del cálculo de la membrana:  $28 \times 0.70 = 19.6 \text{ m}^3/\text{dia}$
- Nro. de membranas :  $4844 \div 19.6 = 247.1$
- Si la alojamos en un tubo de seis membranas sería:  
 $247.1 \div 6 = 42 \text{ tubos} \rightarrow$  tomaríamos 170 tubos de presión

### 2.8.2 Balance de materia

El balance de materia de un proceso productivo, es un recuento de todos los materiales que entran, salen, se acumulan o se agotan en el curso de un intervalo de tiempo de operación dada (proceso continuo). También está referido a sistema discontinuo o batch cuando es por cargada o por lotes.

Un balance de materia tiene su fundamentación en la ley de conservación de la materia, es decir, “la materia no se crea ni se destruye sino que se transforma”.

De acuerdo al programa de producción de agua potable por osmosis inversa, este responde a:

Caudal que se requiere: 4 844 m<sup>3</sup>/día

Se sabe que un tubo de membrana de 8" tiene una capacidad de 19 m<sup>3</sup>/día.

Ademas:

$$Q_T = Q_P + Q_R$$

$$Q_T = 4844 + Q_R$$

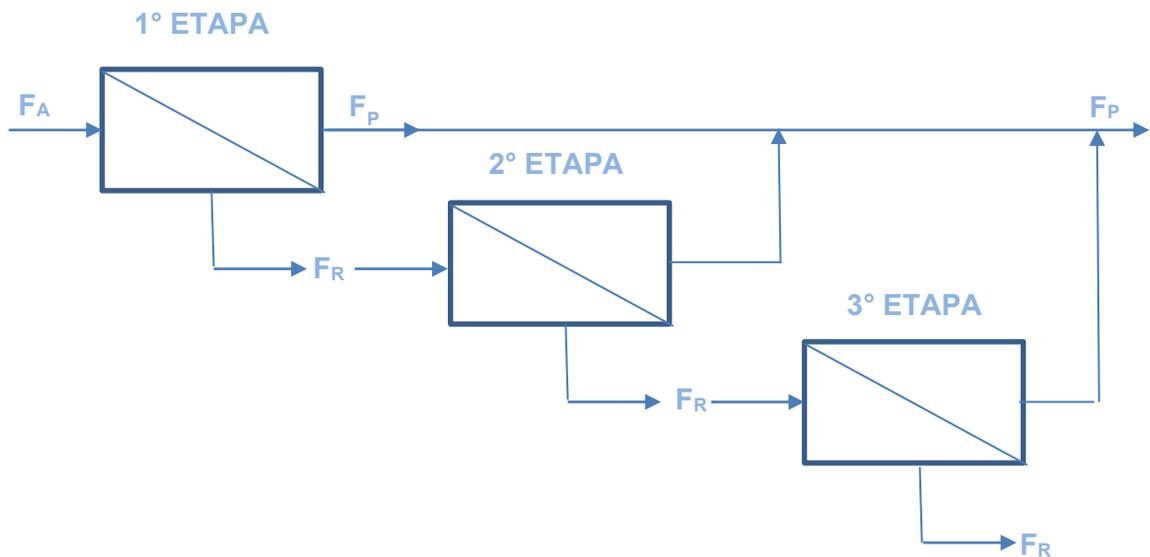
Considerando:  $\eta = 0.875 = (Q_P / Q_T)$

$$Q_T = 5536 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\therefore 5536 \text{ m}^3/\text{día} \div 19 \text{ m}^3/\text{día} = 291,4 \text{ membranas}$$

Si los alojamos en tubos de seis membranas:

$$291,4 \div 6 = 48,5 \cong 49 \text{ tubos con membranas}$$



**Figura N° 12: Diagrama de Flujo de la Planta de Tratamiento – Osmosis Inversa**

1° ETAPA: Compuesta por 28 tubos de membranas

2° ETAPA: Compuesta por 14 tubos de membranas

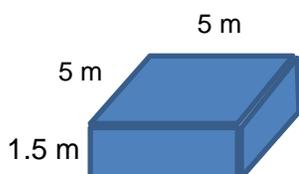
3° ETAPA: Compuesta por 7 tubos de membranas

### FILTRO DE ARENA:

La velocidad aproximada de filtración en el filtro de arena es de:

$$5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h} = 120 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día} \quad \longrightarrow \quad = (4844 \text{ m}^3/\text{día}) / (120 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día})$$

$$= 40 \text{ m}^2$$



Antracita: 45 – 60 cm de espesor

Arena: 35 – 45 cm de espesor

### 2.8.3 Balance de energía

El balance de energía es el recuento de la energía utilizadas para el proceso productivo y se basan en el 1er. Principio de la Termodinámica o Principio de Conservación de la Energía, es decir “la energía no se crea ni se destruye, sino que adopta otras formas”, estos cálculos están determinados en el apéndice referente al capítulo respectivo.

El balance de energía en este proyecto, está ligado a las operaciones básicas que emplean equipos cuyo funcionamiento se realiza mediante el consumo de electricidad.

### 2.9 TAMAÑO SELECCIONADO.

Luego de haber analizado cada uno de los factores limitantes y aplicado alguna técnica de optimización se seleccionara aquel tamaño que genere más beneficios, traducido en un mayor VAN.

Al definir el tamaño hay que tener en cuenta la estacionalidad en el suministro de algunas materias, que condicionan el uso de la capacidad instalada. En estos casos, cuando solo se

puede operar a plena capacidad en algunos periodos del año, no existe una sobre estimación del tamaño, ya que la capacidad de la planta se determina para aquellos periodos de operación máxima.

Se considera que el tamaño de planta inicial tendrá una capacidad de 1,0 TM/Hora, considerando dos turnos de 8 horas, esto asegurará la operatividad del proyecto, como también el cumplimiento de la programación de entrega de productos terminados.

## **2.10 MARCO LEGAL**

Todo proyecto se desarrolla en un país que tiene unas leyes y normas que lo rigen, por lo que el proyecto debe ajustarse al marco jurídico y legal que esté vigente. Se debe tener en cuenta que sin importar qué tan rentable sea el proyecto, antes de iniciar sus operaciones debe cumplir con las disposiciones jurídicas vigentes de la empresa y del país en que se llevará a cabo. Para poder realizar una buena evaluación, es necesario recolectar las leyes y reglamentos del gobierno que conciernen con el tema sobre el que va a tratar el proyecto. En nuestro caso, estos reglamentos tienen que ver con la explotación de un reservorio de agua subterránea y la posterior purificación y distribución de agua potable para consumo humano en la ciudad de Huarmey. El primer paso en el marco legal es la definición del tipo de sociedad mercantil que regirá el proyecto. Como el proyecto se llevará a cabo en la ciudad de Huarmey no tendrá un tipo de sociedad mercantil diferente a otro. De acuerdo a lo indicado por la Organización Mundial de la Salud (2008), el agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). En el caso del consumo de agua el hombre se vale de fuentes naturales para su posterior tratamiento bajo ciertos estándares de calidad. Siendo este aspecto de vital importancia, ya que podrían generarse un sin fin de enfermedades a adultos y niños. Es por

ello que el siguiente paso se relaciona con la principal autoridad directiva y coordinadora de la acción sanitaria en el sistema de las Naciones Unidas, la Organización Mundial de la Salud (OMS). Ésta desempeña una función de liderazgo en los asuntos ligados a la sanidad, investigación, establecimiento de normas internacionales, apoyo técnico (ligado a este rubro) a las naciones y vigilancia de las tendencias sanitarias mundiales. Así pues, la Organización Mundial de la Salud participa de la regulación internacional de la calidad e inocuidad del agua para el consumo humano.

Por su estado de promotor, regulador y controlador de la sanidad del agua para consumo humano a nivel internacional, la OMS se hace presente a través de unas “Guías para la calidad de agua potable”. Esta información contiene un total de 11 capítulos que van desde los conceptos básicos hasta los aspectos relativos a la aceptabilidad del líquido vital. A continuación se explica los puntos más relevantes de la norma internacional. Una explicación más a detalle se encuentra en el documento original que presenta la OMS.

### **2.10.1 Estudio Legal**

Es importante recordar que este rubro se van a analizar los aspectos legales necesarios para la formalización de la empresa los cuales inciden en los rubros operativos y económicos del proyecto.

Los aspectos que deberán ser considerados en un estudio legal se detallan:

#### **2.10.1.1 Formas Societarias**

**Sociedad Anónima Cerrada:** Se define como una asociación voluntaria, duradera y organizada de 10 accionistas o socios, que ponen en común un fondo patrimonial con el objeto de colaborar en la explotación el reparto de las ganancias

que se obtengan de la empresa y guiados por un ánimo de lucro personal a través de la participación en un directorio, donde se toman acuerdos por mayoría.

El capital aportante es través de acciones, no figuran en el registro público del mercado de valores. Las siglas de la razón social son S.A.C.

#### **2.10.1.2 Licencia**

Como la zona de ubicación del proyecto es la ciudad de Huarmey, se deberán realizar los trámites correspondientes para obtener la licencia de funcionamiento. Ello, deberá efectuarse ante la municipalidad del distrito de Huarmey, presentando normalmente los siguientes documentos:

- Título de propiedad.
- Copia de escritura de constitución de la empresa inscrita en registros públicos
- Copia de documentos que acrediten el pago de tributos como predial, arbitrios.
- Copia de comprobante de inscripción del Registro Único de Contribuyente (R.U.C)

#### **2.10.1.3 Registros de Marcas**

Las marcas son los nombres o dibujos que usan los proveedores para diferenciar sus productos. Para que el consumidor conozca e identifique el producto, éste, debe ser diferenciado de alguna manera de otros iguales que existen en el mercado. La diferenciación se logra mediante el uso de nombres y/o dibujos que el cliente asocia al producto.

El registro de marcas es un trámite que se lleva a cabo ante las Oficinas de Signos Distintivos (OSD) de INDECOPI.

#### 2.10.1.4 Afectación Tributaria

En esta etapa debe analizarse, tomando en cuenta la naturaleza agroindustrial del proyecto, qué implicancias de carácter tributario originará su ejecución, por ejemplo, habrá que analizar si podemos acogernos a algunos beneficios de carácter tributario, así mismo hay que tomar en cuenta que una vez iniciadas las operaciones se tendrán que cumplir con las obligaciones tributarias propias de la actividad.

#### 2.10.2 Proceso de constitución de una empresa

1. Redacción y aprobación de la minuta de constitución.

**Responsables:** Socios y Abogado.

2. Presentar la minuta a una notaría para que ésta sea ingresada a Registros Públicos de la ciudad de Huacho, para su inscripción y elevación a escritura pública

**Responsables:** Notaria Pública y socio responsable.

3. Con la copia de la minuta en donde consta su ingreso a una notaría se solicita inscripción en el Registro Único de Contribuyente (RUC) de la ciudad de Huacho.

**Responsables:** SUNAT y socio responsable

4. Con la copia de la minuta en donde consta su ingreso a una notaría y el número de RUC se solicita la apertura de una cuenta corriente.

**Responsables:** Banco de Crédito y socio responsable

5. Proporcionar al notario el RUC, la boleta de depósito bancaria en donde consta el depósito del capital para que culmine trámite de inscripción.

**Responsables:** Notario y socio responsable

Culminado la Inscripción en Registros Públicos de la ciudad de Huacho, la Empresa está formalmente constituida

## 2.11 ORGANIZACIÓN DE LA PLANTA

### 2.11.1 Organización de estudios e implementación

Para los estudios e implementación se requiere del siguiente personal:

- **Gerente General.**- Que es la persona encargada desde el inicio hasta la terminación de los estudios e implementación del proyecto.

Requisitos:

- ✓ Administrador de Empresas, con experiencia en finanzas.
- **Asistente Financiero.** - Encargado de las compras, estudios de pro-formas y de las finanzas.
  - ✓ Ingeniero Industrial, con experiencia en estudios de proyectos.
- **Asistente Técnico.** - Encargado de la supervisión en la instalación de los equipos, puesta en marcha de la fábrica y arranque del proyecto.
  - ✓ Ingeniero Químico, con experiencia en proyectos agroindustriales.

### 2.11.2 Organismo Operativo

Este constituido por:

#### A) Directorio de la Sociedad Anónima Cerrada (S.A.C.)

Está constituido por los socios y entre sus funciones tenemos:

- Convocar a Asambleas Ordinarias y Extraordinarias.
- Dirigir los negocios de la Sociedad dictando normas necesarias.
- Nombrar al Gerente General determinando sus obligaciones y remuneración.
- Supervisar la marcha de las operaciones.

- Examinar los Estados Financieros de la Sociedad y someterlos a la aprobación de todos los socios.
- Otras funciones que les competa.

#### **B) Gerente General**

El Gerente General tendrá las siguientes funciones:

- Dirigir las operaciones de la empresa de acuerdo a las normas fijadas por el Directorio y los Estatutos de Constitución.
- Supervisar las funciones del personal a su cargo.
- Efectuar las compras de materia prima e insumos.
- Llevar el control de los costos e ingresos.
- Administrar los estados financieros de la empresa y la liquidez de la misma.
- Otras funciones que le competen.

#### **C) Gerencia Administrativa**

Tendrá las siguientes funciones:

- Llevar los libros diario, mayor, inventario, planillas, etc.
- Controlar los descuentos sociales y el pago al personal de la empresa.
- Pago de facturas a los proveedores.
- Otras funciones que le competen.

#### **D) Gerencia de Producción**

Tendrá las siguientes funciones:

- Planificar, organizar y controlar la producción.
- El abastecimiento de la materia prima e insumos.
- El Control y registro diario de la producción.

- El control de la calidad del producto.
- El control de almacenes.
- Otras funciones enmarcadas dentro de su área.
- Establecer y ejecutar los programas de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Programa y ejecuta el Reglamento de Seguridad e Higiene Industrial.
- Otras funciones enmarcadas dentro de su área.

#### **E) Gerencia de Comercialización**

Tendrá las siguientes funciones:

- Programar las estrategias adecuadas para realizar el marketing del producto, con la finalidad de ampliar su mercado.
- Programar las ventas de acuerdo a la producción establecida por el mercado de estudio del Proyecto.
- Llevar las estadísticas de ventas.
- Determinar las exigencias de calidad por parte del consumidor.
- Otras funciones enmarcadas dentro de su área.

#### **2.11.3 Organigramas**

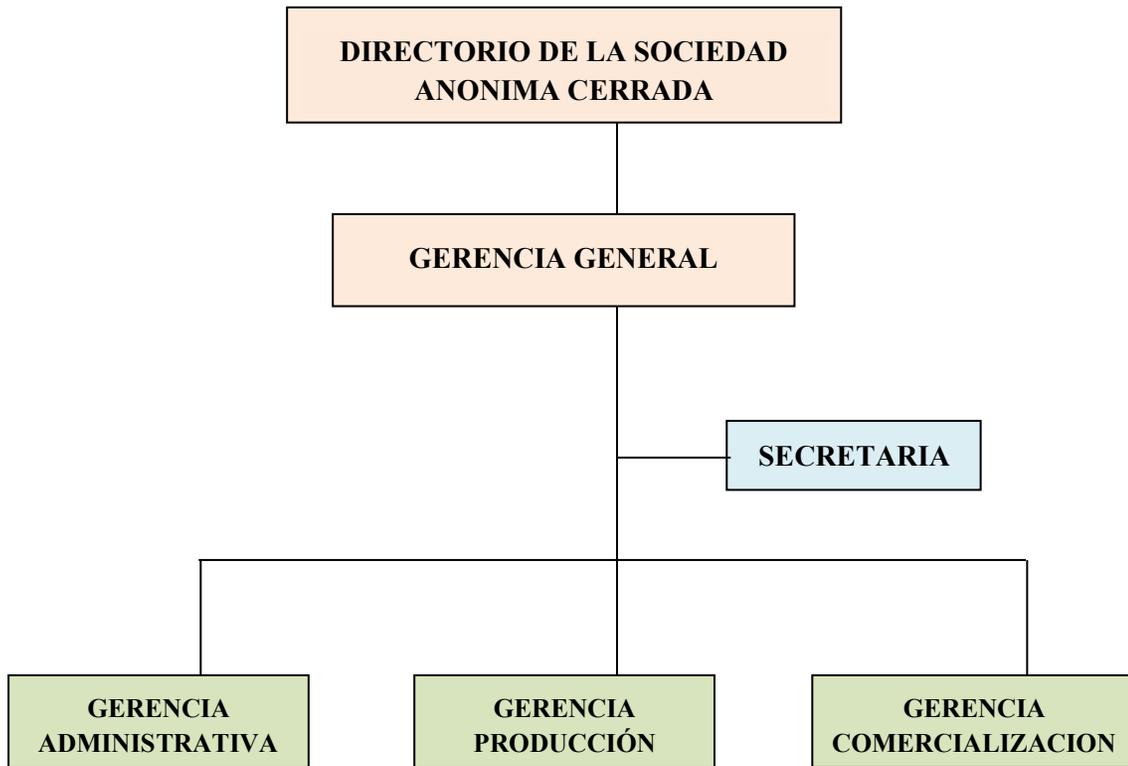
Se define como Organigrama a la representación gráfica de las funciones jerárquicas que existen entre dependencias e individuos de la organización.

La importancia de estos organigramas es que da a conocer en forma precisa el sitio o lugar que el corresponde a cada individuo dentro de la organización. De esta manera los altos directivos y el personal en general podrán apreciar a donde encajan en el organismo, en el que están ubicados, a quienes tienen en un nivel superior y quienes están bajo su nivel, o

sea a quienes deben obedecer y a quienes deben mandar. Ver organigrama de la planta en el gráfico N° 8.

GRAFICO N° 1

## ORGANIGRAMA GENERAL DE LA EMPRESA



**Fuente:** Elaboración Propia

## 2.12 INVERSIÓN TOTAL DEL CAPITAL

### 2.12.1 Inversión Tangible

La inversión tangible para la adquisición de los bienes y servicios que van a ser utilizados para implementar la Planta de Agua Potable.

#### A. Equipo Principal US\$.

▪ Filtro de pre-tratamiento 20 pulgadas con cartucho de 5 micras en polipropileno	13 500
▪ Electroválvula de entrada.	18 800
▪ Bomba de alta presión centrífuga vertical en acero inoxidable	10 200 19 500
▪ Porta membranas de PRFV	16 500
▪ Membranas de osmosis inversa alto rechazo de sales.	46 500
<b>Total</b>	<b>125 000</b>

#### B. Equipo Auxiliar US\$.

▪ Equipados con válvula de auto limpieza (auto - Flush).	7 700
▪ Manómetros de acero inoxidable con baño de glicerina.	6 800
▪ Caudalímetros de: permeado, rechazo y recirculación	4 200
▪ Válvulas de control de caudales	1 600
▪ Cuadro eléctrico automático, con microprocesador y lectura de conductividad de agua depurada	2 200
<b>Total</b>	<b>22 500</b>

### C. Resumen de la Inversión Tangible

CUADRO N° 2

<b>Inversión Tangible</b>	<b>Monto (US\$ )</b>
Equipo Principal	125 000
Equipo Auxiliar	22 500
Montaje e Instalación	17 487
<b>Total de Inversión Tangible</b>	<b>164 987</b>

Elaborado: Los Autores

#### 2.12.2 Inversión Intangible.

Corresponde a los estudios técnicos para demostrar la factibilidad del Estudio y los aspectos legales para la realización del mismo. Está comprendida en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 3

INVERSIÓN INTANGIBLE

<b>Rubro</b>	<b>Monto US\$</b>
Estudio Técnico - Económico	20 000
Aspectos Legales:	
30% del Estudio Técnico - Económico	6 000
<b>Total Inversión Intangible</b>	<b>26 000</b>

### 2.12.3 Resumen de la Inversión.

Se resume en el cuadro siguiente:

CUADRO N° 4

<b>Inversión</b>	<b>Monto (\$.)</b>	<b>%</b>
<b>I. FIJAS</b>		28.88 %
▪ Inversión Tangible	164 987	24.95 %
▪ Inversión Intangible	26 000	3.93 %
<b>II. CAPITAL DE TRABAJO</b>	470 321	71.12 %
<b>Forma de la Inversión</b>	<b>661 308</b>	<b>100.00 %</b>

**Fuente:** Los Autores

## 2.13 FINANCIAMIENTO.

### 2.13.1 Fuentes de Financiamiento.

El proyecto será financiado por la CORPORACIÓN FINANCIERA DE DESARROLLO COFIDE, mediante un mecanismo de intermediación financiera, a través del Banco de Crédito.

### 2.13.2 Financiamiento de la Inversión Tangible

Las condiciones son las siguientes:

Monto del crédito: US \$ 400 000.

Plazo de amortización: 5 años

Tasa de interés: 10 % anual efectivo

Relación préstamo capital:

COFIDE = 60.49%

EMPRESA = 39.51%

### 2.13.3 Calendario de las Inversiones

ÍTEMS	Año 0				Año 1			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Estudio Técnico-económico								
Aspectos legales								
Maquinarias y equipos								

### 2.13.4 Servicio a la Deuda

El servicio a la deuda o cuota se determina de la siguiente manera.

$$R = \frac{P \times i (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Donde:

$i$  = Tasa de Interés = 10.00 %

$P$  = préstamo

$n$  = años

**Cálculo:** Como el préstamo inicial es de US\$ 400 000, que genera un interés de US\$ 40 000 a una tasa de interés de 10%, entonces el préstamo a pagar es:

$$R = \{(400\ 000)(0.10)(1 + 01)^5\} / \{(1 + 01)^5 - 1\}$$

R = US\$ 105 519

CUADRO N° 5

## CUOTA Y AMORTIZACIÓN

Años	Préstamo	Amortización	Saldo	Interés	Cuota
0	400 000	--	400 000	--	--
1	--	65 519	334 481	40 000	105 519
2	--	72 071	262 410	33 448	105 519
3	--	79 278	183 132	26 241	105 519
4	--	87 206	95 926	18 313	105 519
5	--	95 926	--	9 593	105 519

Elaborado: El Autor

### 2.13.5 Costo de Capital

El costo de capital es la tasa promedio ponderado o tasa de descuento del proyecto. Esta tasa es 10.00 %

Préstamo = 100.00 %

Interés = 10.00 %

## 2.14 CÁLCULO DEL PRE-TRATAMIENTO- SISTEMA DE FILTRACIÓN

### 2.14.1 Dimensionamiento

#### 2.14.1.1 Consideraciones

- a) **Número de filtros (N):** Normalmente se consideran como mínimo 2 unidades para casos de mantenimiento o falla de uno de los filtros, para nuestro caso se trabajara con N + 2 filtros quedando siempre uno en stand by o en retrolavado.

- b) **Área total del filtro (At):** El área total del filtro se puede obtener del caudal de agua en GPM y de la tasa de filtración.

$$\text{Área total del filtro (At)} = \text{Caudal total del filtro} / \text{Tasa de filtración}$$

Dónde:

$$\text{Área total del filtro} = \text{ft}^2$$

Caudal de filtro: GPM

- c) **Área del filtro de cada unidad (Af):**

$$\text{Área del filtro de cada unidad (Af)} = \frac{\text{Área total del filtro (At)}}{\text{Número de unidades (N)}}$$

#### 2.14.1.2 Selección de Media Filtrante:

Cuadro N°6. Medias Filtrantes

Tipo de Media	Flux (gpm/ft2)	Carga	Porosidad (Micras)
<b>Arena</b>	4 a 6	X	20 a 40
<b>Antracita-Arena</b>	4 a 6	1.4X	15 a 18
<b>Multimedia</b>	10 a 12	1.6 X	10 a 12
<b>Zeolita</b>	<b>8 a 15</b>	<b>2.8 X</b>	<b>5 a 8</b>

Del Cuadro N°1 podemos observar que para la Zeolita obtenemos un mejor rango de Flux y lo más importante conseguimos una mejor filtración hasta de 05 micras, favoreciendo con esto al pre-tratamiento del equipo de Osmosis Inversa.

#### 2.14.1.3 Cálculo de Área de filtración

Ya seleccionado la media filtrante, se define por experiencia el Flux óptimo de filtración que no sea tan bajo, que los equipos de filtración sean grandes y costosos y ni tan chicos que no realicen la correcta filtración o tengas muy frecuentes retrolavos por caída de presión prematura.

Caudal de Filtración: (Flujo de alimentación a un módulo): 538.6 gpm  
(proyectamos 07 módulos para el año 20 del proyecto) =  $538.6 \times 7 = 3770.9$  gpm

Área de Tanque de 63" x 67" = 21.64 ft<sup>2</sup>

Para 3770.9 gpm/15 Unidades = 251.4 gpm (caudal por tanque)

Para 251.4 gpm/21.64 ft<sup>2</sup> (área de tanque) = 11.61

N= 15 tanques

Tenemos que considerar N+1 tanques para que siempre exista un sistema de filtración en retrolavado.

**N= 16 tanques**

De lo anterior finalmente tenemos:

Flux de filtración total con (**16 filtros funcionando**) =  $3770.9 \text{ gpm} / (21.64 \times 16) =$

**10.89 gpm/ft<sup>2</sup>**

**Cuadro N° 7. Rangos de Filtración**

<b>Caudales</b>	<b>12 a 20 gpm/ft<sup>2</sup></b>
<b>Altura</b>	<b>3 a 4 ft</b>
<b>Coefficiente de uniformidad</b>	<b>&gt;1.9</b>
<b>Reflujo</b>	<b>16 – 18 gpm/ft<sup>2</sup> o 5 – 6 gpm/ft<sup>2</sup>w / 2.5 – 3 cfm/ft<sup>2</sup> air</b>

Cálculo de Media y caudal de retrolavado:

- Entonces tenemos para 01 filtro de Ø = 63, área = 21.64. ft<sup>2</sup> x 3 ft<sup>2</sup> (altura) = 64.95 ft<sup>2</sup> ≈ **60 ft<sup>2</sup> de TURBIDEX POR TANQUE** (debemos considerar el underbed)
- Para 01 filtro de Ø = 63, tenemos un área = 21.64. ft<sup>2</sup>

Entonces para el cálculo del caudal de retro lavado (backwash) tenemos para 21.64 ft<sup>2</sup> x 16 gpm/ft<sup>2</sup> (flux) tenemos = **346.24 gpm o 78.51 m<sup>3</sup>/h o 21.80 L/s**

**Caudal de Backwash (Por Tanque) = 21.80 L/S**

#### **2.14.1.4 Implementación de la media TURBIDEX y underbed**

Los tanques serna llenados con underbed (material de soporte) de la siguiente configuración:

**Filtros con Ø =63:**

10 cm de grava clasificada de ½"x1/4" = 8 sacos de 40kg

10 cm de grava clasificada de ¼"x1/8" = 8 sacos de 40 kg.

10 cm de arena clasificada malla #20 = 8 sacos de 40 kg.

TURBIDEX=60 sacos de 1ft<sup>3</sup>( 22.7kg).

**NOTA IMPORTANTE- BACK WASH**

Para tratar de optimizar el agua que sale de la planta se recomienda hacer el retrolavado con el AGUA DE RECHAZO de los Osmosis inversa ya que dicha agua es AGUA FILTRADA para tal fin se necesita implementar un tanque de concreto, acero o fibra de vidrio que contenga por los menos 200 M<sup>3</sup> de agua, para la cual se deberá desviar el agua de rechazo de 03 módulos (cada módulo rechaza 161.6 gpm o 36.64 m<sup>3</sup>/h) Se necesita solamente 2 horas para llenar el tanque.

Así mismo se requiere 02 bombas (una funcionando y otro stand by) Para hacer el retrolavado o Back wash, estas bombas deberán tener las siguientes características mínimas:

Caudal: 21.80 l/s@ 2.5 bar

**Proceso de retrolavado (Back Wash):**

Cuando el sistema esté en funcionamiento el sistema de retrolavado lo monitoreara un PLC en la zona de filtros este lo realizará por tiempo o por caída de presión lo que

sucedan primero, el retrolavado se realizara de forma secuencial, comenzar con el filtro #1 y terminará con el filtro #16.

1.- Retrolavado (UP-FLOW) El agua es ingresado en el sentido inverso del flujo, expandiendo la cama y eliminando todos los sólidos atrapados en este filtro:

Tiempo: 20 a 30 min

Caudal: 21.8 l/s

2.- Enjuague (DRAIN). Ya que el retro lavado es realizado con AGUA DE RECHAZO se requiere eliminar el contenido de agua de rechazo dentro del tanque por la línea de que va al sumidero re para esto ingresara agua en el sentido del flujo normal (con una apertura de una válvula y utilizando el caudal y presión de la bomba booster) y el agua por un espacio de tiempo se ira al desagüe o canaleta a fin de eliminar toda el agua de rechazo dentro del tanque.,

Tiempo: 5 a 10 min

Caudal: 14.8 l/s

3.- Puesta en servicio.- Terminando el proceso de Enjuague o Drain, el filtro en servicio y se repite toda la operación anterior para los otros 15 filtros restantes

## 2.15. CÁLCULO DE LA MÁXIMA RECUPERACIÓN

Para el cálculo de la máxima recuperación de un proceso se debe tener 03 consideraciones:

- **Calidad de agua fuente-** El presente cálculo se basa en la peor calidad de agua del proyecto, pero en la práctica se deberá volver a calcular dicho valor, con los valores de calidad de agua de la mezcla que se obtenga del tanque de recepción de agua cruda o de alimentación, para tal se debe tener los siguientes parámetros:

Figura N°13. Programa Advisor 3

**Raw Water**

Ion	mg/l	mg/l	mg/l
	Ion	CaCO <sub>3</sub>	meq/l
Sodium	0.00	0.00	0.000
Potassium	0.00	0.00	0.000
Calcium	0.00	0.00	0.000
Magnesium	0.00	0.00	0.000
Iron	0.00	0.00	0.000
Manganese	0.00	0.00	0.000
Barium	0.00	0.00	0.000
Strontium	0.00	0.00	0.000
Aluminium	0.00	0.00	0.000
<b>Total Cations</b>		0.00	0.00
Chloride	0.00	0.00	0.000
Sulfate	0.00	0.00	0.000
Bicarbonate	0.00	0.00	0.000
Nitrate	0.00	0.00	0.000
Fluoride	0.00	0.00	0.000
Silica	0.00	0.00	0.000
Phosphate	0.00	0.00	0.000
<b>Total Anions</b>		0.00	0.00

TDS: 0.00    Ionic Strength: 0.000

Avista Order: [Dropdown]

Buttons: OK, Cancel

**pH Adjustment**

Feed

pH: 7.80

No pH Correctio [Dropdown]

CO<sub>2</sub>: 0.00ppm  
CO<sub>3</sub>: 0.0000ppm

**Temperature**

18 C [Dropdown]

**Scaling**

Calcium Sulphate: 0.00%  
Barium Sulphate: 0.00%  
Strontium Sulphate: 0.00%  
Calcium Fluoride: 0.00%  
Langelier Saturation Index: 0.00  
Stiff & Davies Index: 0.00  
Calcium Carbonate Precip Pot: 0.0

**Ionic Balance**

The following will be added to balance the analysis

0.0 mg/l Chloride [Dropdown]

Existe muchos programas de predicción de ensuciamiento de membranas, pero el programa de AVISTA TECHNOLOGIES INC (ADVISOR 3) es el más preciso y confiable.

Adicionalmente al análisis físico-químico, descritos en punto 4 y del cuadro líneas arriba es recomendable realizar un análisis microbiológico para definir la carga orgánica que debiera ser mínima pero igual se deberá cuantificar.

- **Seguridad de la operatividad:**

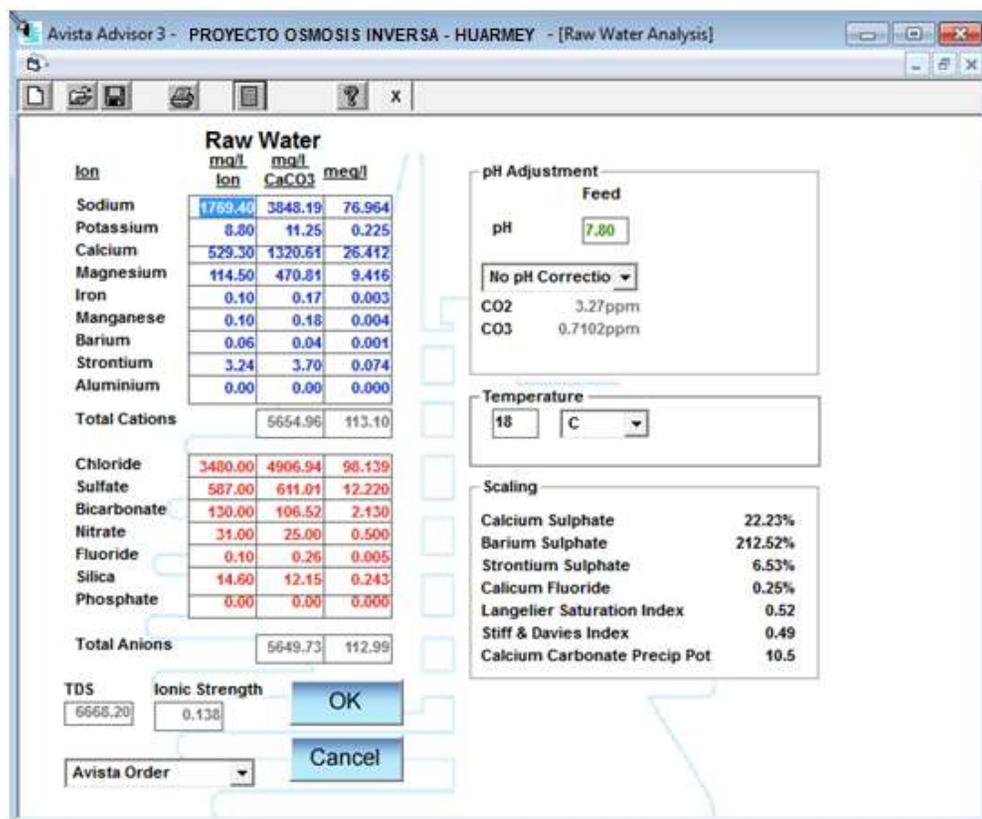
Se debe considerar un factor de seguridad de tal manera que si el agua fuente o agua de pozos (mezcla) varié o cambie con el tiempo el equipo tenga una holgura de operatividad, normalmente esta entre 3 a 5% de la recuperación.

Tampoco se puede aplicar un mayor factor de seguridad puesto que se eliminaría mucha agua por el rechazo.

- **El Antincrustante a usar:**

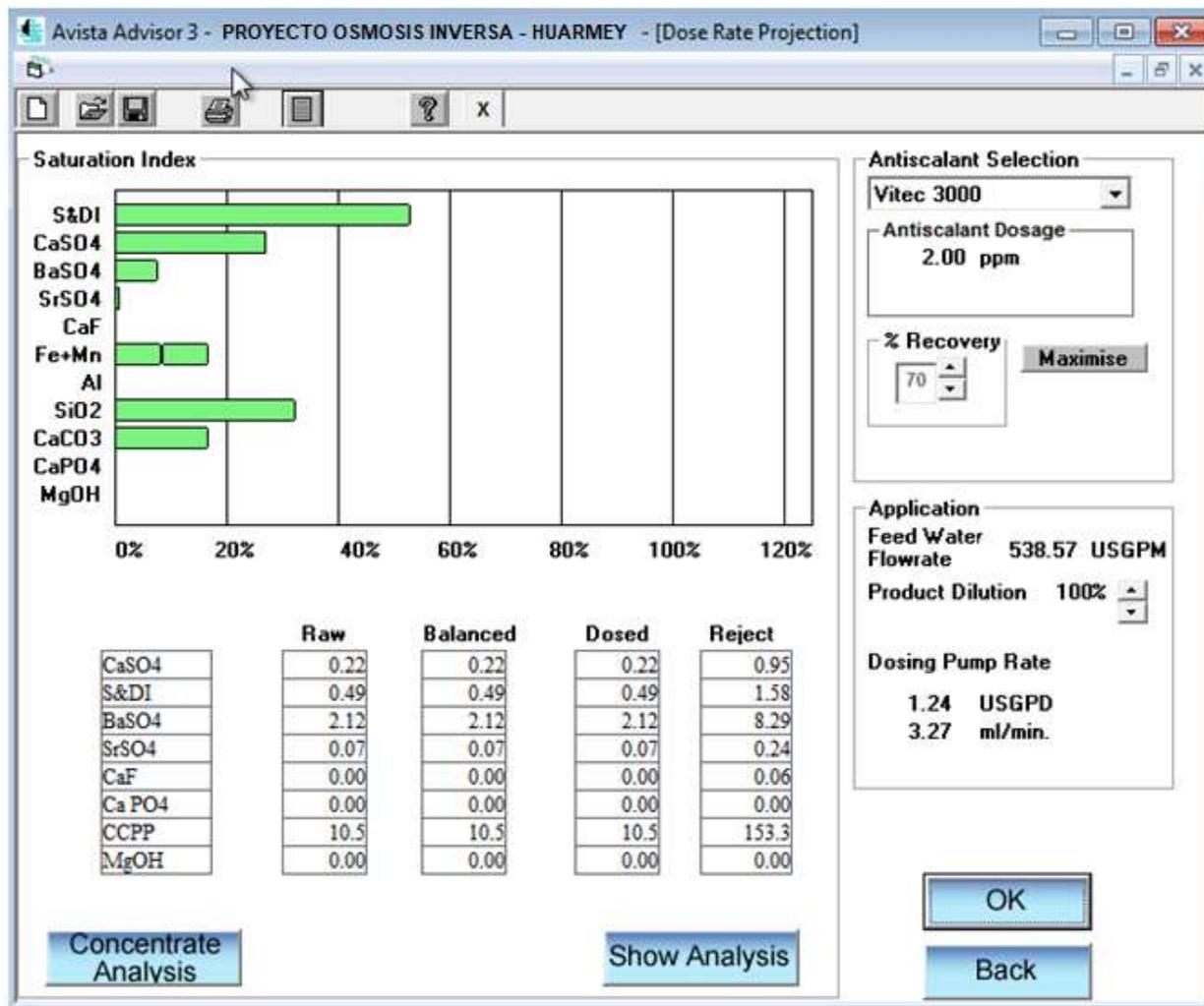
Es de suma importancia la selección del antincrustante a usar no solamente debiera prevenir los depósitos indeseables caracterizados por la calidad de agua que se alimentara al equipo si no también la propiedad de dispersar los coloides que pudieran aparecer durante la producción de agua, esto se pudiera prever con la frecuencia de cambio de filtros cartuchos y/o la frecuencia de limpieza de las membranas.

Figura N° 14. Muestra de agua colectada



Otro factor a considerar en la selección del anti incrustante es la dosis a usar y la certificación del uso de este producto en agua para consumo humano, es decir que el antincrustante debiera tener **certificación NSF** (National Sanitation Foundation under the ANSI/NSF 60) para ser usado para plantas para consumo humano.

Figura N° 15. Muestra de agua colectada



De lo anterior se puede observar que con una recuperación del 70% es mas que seguro su operatividad y la dosis de antincrustante es mínima @ 2ppm de VITEC 3000.

La máxima recuperación para esta calidad de agua debiera ser 75% (Ver hoja de proyección de máxima recuperación de ADVISOR 3, Adjunta en anexos).

## 2.16 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE MEMBRANAS PARA EL SISTEMA DE OSMOSIS INVERSA

### 2.16.1 Cálculo de Número de membranas a usar en el proyecto:

- Caudal total a procesar: 3231 gpm
- Numero de módulos estimados : 06 unidades
- %Recuperación estimada : 70

#### Cálculo solo para un módulo:

- Caudal total de agua permeada : 377 gpm
  - Producción de agua por día por modulo: 542880 GPD
  - Flux (GFD) .- Es el nivel de flujo por unidad de área de la membrana producido por día.
  - Es determinado por el tipo de fuente de alimentación: por ejemplo;
- | Fuente de alimentación | Flux (GFD) |
|------------------------|------------|
| - Agua de Mar          | 8 - 11     |
| - Agua Superficial     | 11 - 16    |
| - Agua de Pozo         | 12 - 20    |
| - Agua Permeada        | < 20       |

Para nuestro caso debemos ser conservadores para asegurar la performance del equipo

- Para Producir 542880 GPD con agua de mar, GFD = 12 gal/ft<sup>2</sup>
- $542880 / 12 = 45,240 \text{ ft}^2$
- $45,240 \text{ ft}^2 / 400 \text{ ft}^2 = 113 \text{ membranas.}$
- $113 \text{ Memb.} / 6 \text{ memb.} = 18.5 \text{ tubos}$  redondeando entonces tenemos 18 tubos@ 6 Memb.
- Arreglo = 12:6

**Cuadro N° 8. Especificaciones de membranas para agua de pozo de 8”x40**

Marca	Modelo	Flujo de Permeado (GPD)	Superficie de Área activa (ft <sup>2</sup> )	Feed Spacer Thickness (mil)	Mínima Reyección de sales (%)	Máxima Reyección de sales (%)	Protección contra crecimiento Microbiológico (Feed Spacer)
<b>FILMTEC-DOW (USA)</b>	BW30-400	10500	400	28	99.0	99.5	NO
Koch-FLUID SYSTEMS MEMBRANES (USA)	8040-HR-400	11000	400	28	NO	99.5	NO
TORAY (KOREA)	TMG20-400C	10200	400	28	99.0	99.5	NO
<b>HYDRANAUTICS (USA)</b>	<b>CPA5-LD</b>	<b>11000</b>	<b>400</b>	<b>34</b>	<b>99.6</b>	<b>99.7</b>	<b>SI</b>
<b>HYDRANAUTICS (USA)</b>	<b>ESPA2-LD</b>	<b>10000</b>	<b>400</b>	<b>34</b>	<b>99.5</b>	<b>99.6</b>	<b>SI</b>

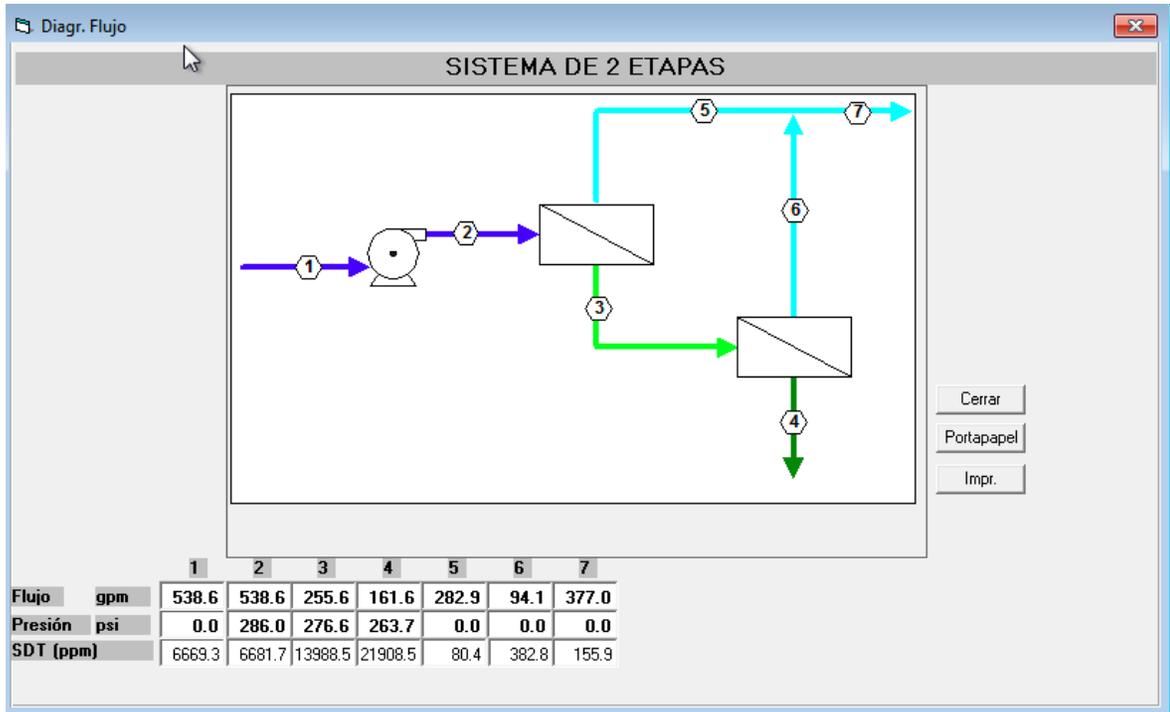
Del cuadro anterior, recomendamos el uso de membranas HYDRANAUTICS ya que presentan mejor performance de reyección mínima y tiene un separador de membranas (Feed spacer) mayor de todos (34 mils),

El tener mayor separador de membrana /membrana tiene una gran ventaja hidráulica pues permito mayor turbulencia y tiende a tener menor ensuciamiento por coloides de las otras membranas.

Otra de las ventajas que presentan estas membranas respecto al resto es término: “LD” low fouling, el cual incluye una inserción de un compuesto biostático sobre el material del feed spacer que reduce drásticamente el crecimiento microbiológico sobre este (biofilm), este problema es un problema latente que tendrá que trabajar los operadores de controlar , pero el uso de esta tecnología lleva consigo una ventaja adicional.

- Para el cálculo hidráulico de un módulo (equipo) se hizo uso del software de diseño IMSDESING de Hydranautics. (el resultado de esta corrida se encuentra en los anexos).

**Figura N°16. Cálculo de un Módulo usando el software IMSDESING**



## CAPÍTULO III

# METODOLOGÍA

### 3.1 DISEÑO METODOLÓGICO

Según Sabino (2007), la investigación es aplicada “si los conocimientos a obtener son insumos necesarios para proceder luego a la acción”. El propósito del trabajo busca la resolución del problema, es decir, los resultados aportados a la investigación implementan técnicas y estrategias para enfrentar y solucionar el problema.

#### 3.1.1 Tipo

**Aplicada:** Se elaboró un Estudio de Pre - Factibilidad para instalar una Planta de Tratamiento de Agua Potable por Osmosis Inversa a partir de agua de mar en el Distrito de Huarmey, para alcanzar un objetivo deseado.

**De Campo:** La información necesaria para el desarrollo investigativo se obtuvo al presente y directamente en el sitio donde esta era generada.

**Descriptiva:** Se registraron, analizaron e interpretaron los resultados obtenidos en el Estudio de Pre – Factibilidad.

#### 3.1.2 Enfoque

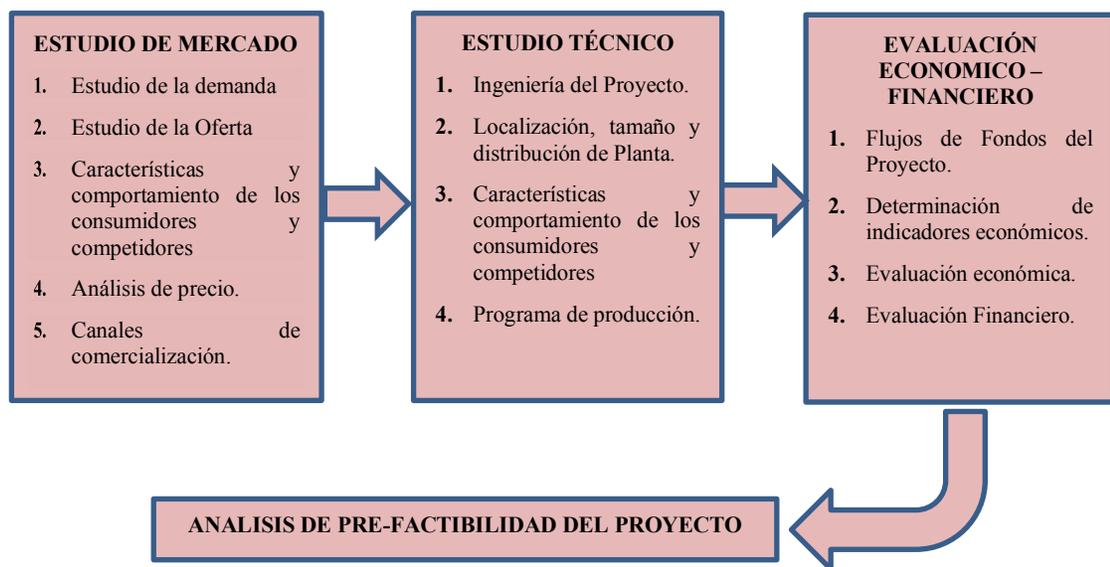
**No Experimental:** No se provocó ninguna situación de acuerdo a una manipulación deliberada de variables experimentales.

**Documental:** Se hizo uso de la recolección de información proveniente de diversas fuentes bibliográficas.

### 3.1.3 El modelo teórico y el método de la investigación

**Modelo Teórico:** El modelo teórico será en base al modelo de Sergio Díaz (2014), ya que es el que más se adecua a las condiciones que se llevarán a cabo en el proyecto debido a que el análisis y evaluación de un proyecto es un proceso que se sustenta en una metodología. En la literatura consultada se refleja la necesidad de realizar principalmente, tres tipos de estudios: de mercado, técnico y económico – financiero. Los resultados independientes obtenidos de cada estudio dan lugar al comienzo del otro y así sucesivamente.

**Figura 17: Esquema metodológico para la evaluación del proyecto**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Método de la investigación:** Para la presente investigación será hará uso de los siguientes métodos:

- **El método Empírico-Analítico**, dado que se basa en separar las partes que conforman un estudio de pre factibilidad para estudiar así al estudio de mercado, estudio técnico

y estudio financiero, por separado. Para luego reunir los resultados obtenidos en cada uno de la partes del proyecto estableciendo así la factibilidad del mismo.

- **El método lógico Inductivo**, ya que a través de las técnicas e instrumentos que se van a utilizar, este método se orientará a la recopilación de datos en las encuestas y entrevistas para su posterior interpretación, análisis, elaboración de conclusiones y a la propuesta de una solución al problema planteado para determinar si es factible incursionar en el mercado con este producto.

## 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.2.1 Población

La población está conformada por la población del distrito de Huarmey que son los consumidores finales del agua potable.

### 3.2.2 Muestra

De acuerdo con los objetivos del presente estudio es necesario que se definan claramente las características de la muestra que será objeto de estudio de la presente investigación. La muestra es definida por ARIAS (2000) como: La parte de ese todo que llamamos universo y que sirve para representarlo. (19).

En el caso de la temática de esta investigación, la muestra está conformada por El Estudio de Pre – Factibilidad para la Instalación de una Planta de Tratamiento de Agua Potable a partir de agua de mar para el distrito de Huarmey.

La muestra será determinada en base al método probabilístico estratificado y aplicando la fórmula estadística para poblaciones menores a 100 000.

$$n_0 = \frac{Z^2 * N * p * q}{e^2 * (N + 1) + Z^2 * p * q}$$

Sabiendo que:

p : Probabilidad de éxito (50%)

q : Probabilidad de fracaso (50%)

Z : Estadístico Z, a un 95% de confianza (1.96)

N = Tamaño de la población (18 361 pobladores)

e = Precisión o error máximo admisible (5%)

n = Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra es la siguiente:

$$n_0 = \frac{(1.96^2 \times 18361 \times 0.5 \times 0.5)}{[0.05^2 \times (18361 + 1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5]} = 376 \text{ encuestados}$$

Muestra ajustada:

$$n = \frac{n_0}{\left(1 + \frac{n_0}{N}\right)}$$

$$n = \frac{376}{\left(1 + \frac{376}{18\,361}\right)} = 368 \text{ encuestados}$$

### 3.3 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES

#### 3.3.1 Variables

**Variable Independiente (X): X :** Proyecto de Pre – Factibilidad para Instalar una Planta de Tratamiento de Agua Potable.

**Variable dependiente (Y): Y :** Osmosis Inversa.

#### 3.3.2 Indicadores

- Proyecto de Pre – Factibilidad para Instalar una Planta de Tratamiento de Agua Potable.
  - ✓ Excelente
  - ✓ Bueno

- ✓ Regular
- ✓ Pésimo
- Osmosis Inversa
  - ✓ Eficiente
  - ✓ Ineficiente

### 3.4 EL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es No Experimental, porque no se van a manipular deliberadamente las variables; es Transversal, porque se recolectarán datos en un solo momento en un tiempo único.

### 3.5 MÉTODOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN O RECOLECCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN

**Fuentes de información:** Las fuentes de información que se han de utilizar para la investigación se detallan a continuación, considerando que son una herramienta necesaria para la obtención de datos.

- **Fuentes de información Primarias:** Para la elaboración del presente estudio de pre factibilidad será necesaria la utilización de información primaria o de primera mano, la cual se obtendrá de la investigación que se realizará con el afán de obtener información que viabilice el desarrollo del proyecto; tales como tesis, libros, artículos, reportes, entre otros. }
- **Fuentes de información Secundarias:** Como fuentes de información secundarias se tomará en cuenta a las entidades que brinden información necesaria sobre los productores de agua embotellada, en este caso la Municipalidad Distrital de Huarmey, así como también de fuentes bibliográficas que presenten información relevante a ser

considerada en la estructuración tanto de oferta como demanda y poder proyectarlas a futuro para así determinar la posible demanda insatisfecha, así como también de la utilización de datos del Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI). **Técnicas de Investigación**

**Encuesta:** Para la presente investigación se encuestará a las familias de la ciudad de Huarmey, tanto al sector urbano como rural, cabe señalar que el agua tratadas por osmosis inversa será consumida en general por las familias de la ciudad de Huarmey.

**Entrevista:** Se realizarán entrevistas a las personas de la ciudad de Huarmey para obtener información directa sobre la calidad del agua consumida y su proceso de producción por osmosis inversa, al igual que su comercialización.

#### **Instrumentos de investigación**

**Cuestionario:** Consiste en desarrollar preguntas abiertas o cerradas, el mismo que se presenta al objeto de estudio el cual constituye la muestra, para obtener información y tomar una decisión acertada. Con esto se podrá obtener información referente a los gustos y preferencias de las personas que consumen agua potable por tratamiento por osmosis inversa.

Unidad de análisis

**Población N° 01:** Productores de agua tratada por osmosis inversa en la ciudad de Huarmey.

**Población N° 02:** Familias de la ciudad de Huarmey.

### **3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE ELABORACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Para recopilar información se utilizarán las siguientes técnicas.

**Encuestas.** Se aplicará con el objetivo de obtener información sobre los aspectos relacionados con el consumo de agua tratada por osmosis inversa.

**Análisis documental.** Se utilizará para información bibliográfica para tratamiento del agua potable por osmosis inversa, estudio de mercado, ingeniería de proceso y conceptual, costos y presupuestos, y finalmente la evaluación económica del proyecto de la investigación.

### **3.7 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS RECOLECTADOS**

El panorama actual de la sociedad de la información y del conocimiento exige aplicación y utilización de métodos y técnicas digitales para ser utilizadas por estudios del ámbito universitario.

Familiarizarse con las diversas opciones y procedimientos estadísticos de un programa como SPSS permite administrar bancos de datos de manera eficiente y desarrollar perfiles de usuarios, hacer proyecciones y análisis de tendencias que permitirán planificar actividades a largo plazo y, en general, hacer un mejor uso de la información capturada en forma electrónica.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Este capítulo presenta los gastos efectuados como inversión realizada en la compra de los equipos para la instalación de una Planta de Tratamiento de Agua Potable por Osmosis Inversa.

##### 4.1.1 Inversión Total

La inversión total es el capital necesario para la ejecución del Proyecto, el mismo que se ha estimado en US \$ 185 600.

En el cuadro N° 7, se muestra en forma global y resumida los costos que se han considerado en la estimación y cálculo del capital.

La inversión total se considera integrada por el capital fijo ó costo físico de la Planta, capital de puesta en marcha, intereses durante el período de complementación del Proyecto y el capital de trabajo u operación.

##### 4.1.1.1 Capital Fijo Total: $I_F$

El capital fijo o costo físico de la planta se estima en US \$ 240 450 y corresponde a los costos directos, costos indirectos, comisión para contratistas e impuestos.

El capital fijo representa el capital necesario para la compra e instalación de todo el equipo principal y auxiliares necesarios para la operación completa de la Planta de osmosis inversa.

## **A. Costos Directos.**

Los costos directos lo constituyen los renglones de equipo principal de proceso, equipo auxiliar, tubería y accesorios, instrumentación, cimientos y estructuras.

Los costos directos ascienden a US \$ 174 873.

### **1. Equipo Principal.**

El Equipo Principal elegido para la Planta de Tratamiento de Agua Potable por Osmosis Inversa.

Los costos actualizados corresponden al precio de compra, considerando el 18 % como I.G.V.

Los costos de instalación del equipo se determinan multiplicando los costos de compra actualizados de cada unidad por un factor que incluye el material y la mano de obra requerida y que representa el 25% aproximadamente.

El costo total de las unidades del equipo principal instalado para el proceso, asciende a US \$ 125 000.

### **2. Equipo Auxiliar.**

Los costos actualizados corresponden al precio de compra, incluido el 18% adicional que corresponde al I.G.V; además del factor por la instalación de los equipos que representa el 25% aproximadamente.

Este renglón asciende a US \$ 22 500-

### **3. Tuberías y Accesorios.**

Representa el costo de las tuberías y accesorios empleados en el proceso. Para determinar el costo de este renglón se ha utilizado el método de Peter & Timmerhaus por el cual se consigue el costo de compra y el costo de instalación.

Los cálculos para estimar el costo de tubería instalada se efectúan en forma similar para el equipo principal y auxiliar.

Este renglón asciende a \$ 7 500.

### **4. Instrumentación.**

Este renglón se estima basándose en el costo de compra. El concepto de instalación y panel se toma el 25% y 35% de los costos de compra respectivamente.

Este renglón asciende a \$ 9 600.

### **5. Cimientos.**

Los costos de cimentación incluyen, estructura para el proceso y soportes para tuberías. El área de proceso a cimentar es de 85 m<sup>2</sup> ó 92 473 pies<sup>2</sup>.

El costo total es de US \$ 6 000.

### **6. Compra de Terreno**

Los costos por compra del terreno corresponden al local de 300 m<sup>2</sup> situado en la ciudad de Huarmey.

El costo total es de US \$ 4 273.

**B. Costos Indirectos.**

Los costos indirectos del capital fijo, comprenden los gastos de ingeniería y supervisión y los gastos de construcción.

El costo asciende a US \$ 17 487.

**▪ Gastos de Ingeniería, Supervisión y construcción.**

Estos costos se estiman sobre la base del 10% del costo total directo de la Planta.

Este costo asciende a US\$ 17 487.

**C. Honorarios para Contratistas.**

El costo total de asignación de este renglón asciende a S \$ 9 618.

Se ha considerado que es el 5% de la suma de los costos directos e indirectos de la planta.

**D. Imprevistos.**

Se considera con la finalidad usual de subsanar cualquier eventualidad que demanden los gastos no considerados en el costo de construcción, corresponde al 20% de los costos directos e indirectos de la planta, siendo este costo de US \$ 38 472.

**4.1.1.2 Capital Puesta en Marcha.**

Este capital comprende los gastos que se realizan a fin de hacer las pruebas y reajustes del equipo principal, antes del período de operación normal de la planta.

Se considera que el período de puesta en marcha, no excederá de 1 mes.

El capital para la puesta en marcha se estima asumiendo para un período de 1 mes, equivalente al 10% del capital fijo.

Este capital asciende a US \$ 24 045.

#### **4.1.1.3 Intereses durante el período de Terminación del Proyecto.**

El período de terminación del Proyecto, comprende el período de construcción y el período de puesta en marcha de la Planta. Se ha estimado que el período de duración de estas dos etapas es de 2 meses, durante las cuales el capital fijo total invertido está sujeto a intereses, cuyo valor es de 20%.

El costo total de este renglón es de US \$ 48 090.

#### **4.1.1.4 Capital de Operación o Trabajo.**

El capital de operación se ha considerado basándose en los siguientes renglones.

- a) **Inventario de Materia Prima:** No se considera costo alguno, por ser el agua de mar.
- b) **Inventario de Materia Prima en Proceso:** Se considera 1 día del costo de tratamiento del producto.
  - Pre-Tratamiento: US \$ 200.00
  - Tratamiento: US \$ 100.00

Este costo asciende a la suma de US \$ 300.

- c) **Inventario de Producto Acabado:** Se considera una semana del costo de tratamiento. Este costo asciende a la suma de US \$ 2 100.
- d) **Cuentas por cobrar:** Se considera un mes del costo total de ventas. Este costo asciende a la suma de US \$ 125 238.
- e) **Efectivo disponible:** Para cubrir gastos normales de salarios, materia prima, suministros de operación, etc. Se estima un mes del costo de tratamiento. Este costo asciende a la suma de US \$ 9 000.

El capital del Capital de operación asciende a US \$ 136 638.

CUADRO N° 9

ESTIMACION DE LA INVERSION TOTAL (años 2019 – 2028)

PLANTA: Tratamiento de Agua Potable – Osmosis Inversa

CAPACIDAD: 1 768 060 m<sup>3</sup>/año.

UBICACIÓN: Huarmey

**CAPITAL FIJO TOTAL**

Equipo Principal Instalado	125 000
Equipo Auxiliar Instalado	22 500
Tuberías y Accesorios	7 500
Instrumentación	9 600
Cimientos	6 000
Terreno	4 273
<b><u>Costo Directo</u></b>	<b>174 873</b>
Ingeniería y Supervisión	17 487
<b><u>Costo Indirecto</u></b>	<b>17 487</b>
<b><u>Honorarios para Contratistas</u></b>	<b>9 618</b>
<b><u>Costo de Imprevistos</u></b>	<b>38 472</b>
<b><u>Capital Fijo</u></b>	<b>240 450</b>
<b><u>Capital de Puesta en Marcha</u></b>	<b>24 045</b>
<b><u>Intereses</u></b>	<b>48 090</b>
<b><u>CAPITAL FIJO TOTAL (I<sub>F</sub>)</u></b>	<b><u>312 585</u></b>

**CAPITAL DE OPERACIÓN**

Inventario de Materia Prima	-.-
Inventario de Materia Prima en Proceso	300
Inventario de Producto	2 100
Cuentas por Cobrar	125 238
Disponible en Caja	9 000
<b><u>CAPITAL DE OPERACIÓN (I<sub>w</sub>)</u></b>	<b><u>136 638</u></b>
<b>INVERSIÓN TOTAL: I<sub>F</sub> + I<sub>w</sub></b>	<b>449 223</b>

## **4.2 COSTOS E INGRESOS**

### **4.2.1 Costo Total de Producción**

Este costo está constituido por el costo de tratamiento por la obtención del agua potable por osmosis inversa y por los gastos generales. Este costo asciende a la suma de US \$ 792 463 para los años 2019 – 2020 y US \$ 1 173 936 para los años 2021 - 2030.

#### **4.2.1.1 Costo de Tratamiento**

Abarca los costos directos e indirectos de tratamiento del agua potable por osmosis inversa y los costos fijos. Este costo asciende a la suma de \$ 169 089.

##### **A) Costos Directos**

Los costos directos del tratamiento están determinados usualmente por: los costos de materia prima, mano de obra, mantenimiento y suministros de operación.

Su monto asciende a US \$ 74 385.

##### **1. Materia Prima.**

Son los costos del agua potable es la materia prima principal en el proceso de tratamiento por osmosis inversa. No origina ningún costo.

##### **2. Mano de Obra Directa**

El número de personas que constituyen la mano de obra directa, se ha determinado en función de las tareas realizadas en la planta. El número de hombres necesarios será de 5 hombres/turno para 2 turnos/día, siendo el costo total de la mano de obra directa US\$ 40 000.

### **3. Mantenimiento y Reparación.**

El costo de mantenimiento anual se ha estimado igual al 10% del capital fijo total.

Este costo asciende a US \$ 31 259.

### **4. Suministro de Operación.**

Este renglón se considera como el 10% del costo de mantenimiento y reparación.

Su monto asciende a US \$ 3 126.

## **B) Costos Indirectos**

Comprende los gastos de carga a la planilla y gastos generales de la planta.

Este costo asciende a US \$ 40 000.

### **1. Cargas a la Planilla.**

Constituyen todos los gastos por concepto de beneficios sociales exigidos por la ley.

Se toma el 50% del costo de mano de obra directa.

Este costo asciende a US \$ 20 000.

### **2. Gastos Generales de la Planta.**

Lo conforman los gastos estimados a satisfacer servicios tales como: protección de la planta, la limpieza y vigilancia de la misma. Se estima que el costo es del 20% de la mano de obra.

Este costo asciende a US \$ 8 000.

### **3. Mano de obra Indirecta.**

El número de personas que constituyen la mano de obra indirecta, se ha determinado en función de las tareas realizadas en las actividades administrativas y supervisión. El número de hombres necesarios será de 3 hombres/día, siendo el costo total de la mano de obra indirecta US \$ 12 000.

### **C) Costos Fijos**

Estos costos están conformados por la depreciación, impuestos y seguros.

Estos costos ascienden a US \$ 54 704.

#### **1. Depreciación**

El capital que se somete al cálculo de depreciación es el capital fijo total.

La vida económica de la planta es de 10 años y sin valor de rescate de la misma al término de este tiempo.

El método para esta estimación es el de la línea recta y asciende a US \$ 31 259.

#### **2. Impuestos**

Incluyen los impuestos prediales y la licencia de construcción.

Se considera el 2.5% del capital fijo total, los que ascienden a US \$ 7 815.

#### **3. Seguros.**

Para su estimación se considera el 5% del capital fijo total, y asciende a US \$ 15 630.

#### 4.2.2 Gastos Generales

Estos gastos comprenden los sueldos para investigación y desarrollo, además incluyen las ventas e intereses financieros (o de financiación). Este renglón asciende a US \$ 37 198.

##### 1. Administración.

Se estiman como el 5% del costo de tratamiento y el valor asciende a US \$ 8 454.

##### 2. Investigación y Desarrollo.

Se considera el 5% del costo de tratamiento y el valor asciende a US \$ 8 454.

##### 3. Ventas.

Se considera el 10% del costo de tratamiento, su valor asciende a US \$ 16 908.

##### 4. Intereses de Financiación.

Se estima el 2% del costo de tratamiento. Su valor asciende a US \$ 3 382.

#### 4.2.3 Ingresos

Además, la determinación de las utilidades brutas (nUa) por la venta del Agua Potable, se hace según los ingresos por su consumo por los pobladores de la ciudad de Huarmey.

##### **Ventas Anuales de Agua Potable:**

Producción : 1 768 060 m<sup>3</sup>/año

Precio de Venta = US \$ 0.85/m<sup>3</sup>.

Utilidades Brutas = US \$ 1 502 851/año (para los años 2019 – 2028)

**Ingresos Totales por ventas de Agua potable: US \$ 1 502 851/año (para los años 2019 – 2028).**

**CUADRO N° 10**  
**INGRESOS POR VENTAS DE AGUA POTABLE**

<b>AÑOS</b>	<b>INGRESOS (US\$)</b>
2019	1 502 851
2020	1 652 839
2021	1 818 123
2022	1 818 123
2023	1 818 123
2024	1 818 123
2025	1 818 123
2026	1 818 123
2027	1 818 123
2028	1 818 123

**Elaboración: El Autor**

**CUADRO N° 11****ESTIMACION DEL COSTO TOTAL DE PRODUCCION**

PLANTA: Agua Potable por Osmosis Inversa

CAPACIDAD: 1 768 060 m<sup>3</sup>/año

UBICACIÓN: Huarmey

**DETALLE****COSTO (US\$)****A. COSTO DE FABRICACION****1. COSTOS DIRECTOS**

Materia Prima	--
Mano de Obra Directa	40 000
Mantenimiento y Reparación	31 259
Suministros de Operación	3 126
<b><u>TOTAL COSTO DIRECTO</u></b>	<b><u>74 385</u></b>

**2. COSTOS INDIRECTOS**

Cargas a Planilla	20 000
Gastos Generales de la Planta	8 000
Mano de Obra Indirecta	12 000
<b><u>TOTAL COSTO INDIRECTOS</u></b>	<b><u>40 000</u></b>

**3. COSTOS FIJOS**

Depreciación	31 259
Impuestos	7 815
Seguros	15 630
<b><u>TOTAL COSTOS FIJOS</u></b>	<b><u>54 704</u></b>

**COSTO TOTAL DE MANUFACTURA** **169 089****B. GASTOS GENERALES**

Administración	8 454
Investigación y Desarrollo	8 454
Ventas y Distribución	16 908
Intereses de Financiación	3 382
<b><u>GASTOS GENERALES</u></b>	<b><u>37 198</u></b>

**COSTO TOTAL DE PRODUCCION****206 287**

**COSTO UNITARIO (US\$/m<sup>3</sup>)**

**0.1167**

### **4.3 INDICADORES ECONÓMICOS**

Los indicadores económicos que evalúan la factibilidad del proyecto son los siguientes: Flujo de caja, estado de ganancias y pérdidas, punto de equilibrio, tasa interna de retorno, tiempo de recuperación y posición del dinero.

#### **4.3.1 Flujo de caja**

Para analizar la rentabilidad del proyecto se ha considerado el precio de venta del m<sup>3</sup> de agua potable tratada por osmosis inversa será US \$ 0.85.

#### **4.3.2 Punto de Equilibrio**

Es el método gráfico que indica el punto en el cual no hay pérdidas ni ganancias durante el funcionamiento de la planta, para lo cual se emplean las ventas totales anuales y además el costo total de producción.

Se han considerado lo siguientes datos:

Ventas Totales = US \$ 1 502 851 (años 2019 – 2028)

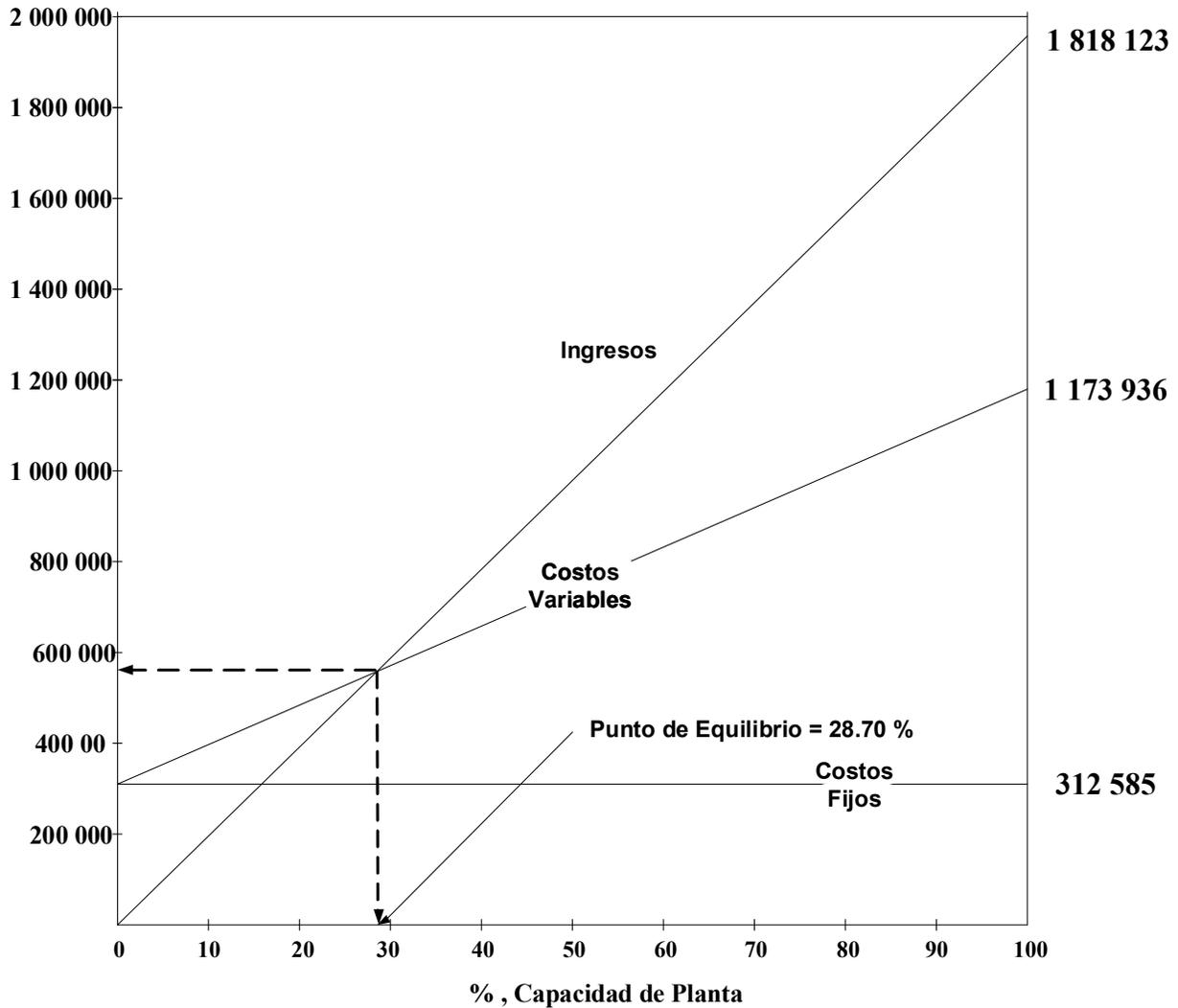
Costos Fijos = US \$ 54 704 (años 2019 – 2028)

Costos Total de Producción = US \$ 206 287 (años 2019 – 2028)

El Punto de Equilibrio es de 21.70% para los años de 2019 a 2028.

Figura N° 18

Punto de Equilibrio (años 2019 – 2028)



### 4.3.3 Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno es aquella tasa de interés para lo cual el VAN resulta igual a cero. El TIR refleja el valor de la rentabilidad total del proyecto, o sea equivale a la tasa de interés compuesta que se tendrá que obtener del capital invertido en el proyecto para percibir un flujo de beneficios netos financieramente equivalentes al generado por el proyecto.

### A) TASA INTERNA DE RETORNO ECONOMICO (TIRE)

El TIR, mide la rentabilidad adicional del proyecto en términos porcentuales de los cuadros N° 01 y N° 02, los valores obtenidos para los flujos económicos actualizados son:

$$\text{VANE } 160\% = \text{US\$ } 79\,743$$

$$\text{VANE } 200\% = \text{US\$ } (25\,546)$$

$$\text{TIRE} = 160 + \frac{79\,743}{79\,743 - (25\,546)} (200 - 160)$$

$$\text{TIRE} = 190.29\%$$

Se determina de acuerdo al flujo neto de los cuadros N° 12 y N° 13, donde el TIRE alcanza una tasa de rendimiento del 190.29% anual, lo que nos indica el rendimiento del capital invertido en el proyecto, comparado con la tasa de interés del mercado de capitales.

## Cuadro N° 12

## Flujo Económico al 160%

AÑO	INVERSION	INGRESOS	COSTO U OPERACIÓN	FLUJO ECONOMICO	F.A	FLUJO ACTUAL
0	400000			-400000	1	-400000
1		1485000	792463	692537	0,38461538	266360
2		1485000	793463	691537	0,14792899	102298
3		2376000	1173936	1202064	0,05689577	68392
4		2376000	1173936	1202064	0,02188299	26305
5		2376000	1173936	1202064	0,00841653	10117
6		2376000	1173936	1202064	0,00323713	3891
7		2376000	1173936	1202064	0,00124505	1497
8		2376000	1173936	1202064	0,00047887	576
9		2376000	1173936	1202064	0,00018418	221
10		2376000	1173936	1202064	7,0838E-05	85
				VANE	160%	79743

## Cuadro N° 13

## Flujo Económico al 200%

AÑO	INVERSION	INGRESOS	COSTO U OPERACIÓN	FLUJO ECONOMICO	F.A	FLUJO ACTUAL
0	400000			-400000	1	-400000
1		1485000	792463	692537	0,33333333	230846
2		1485000	793463	691537	0,11111111	76837
3		2376000	1173936	1202064	0,03703704	44521
4		2376000	1173936	1202064	0,01234568	14840
5		2376000	1173936	1202064	0,00411523	4947
6		2376000	1173936	1202064	0,00137174	1649
7		2376000	1173936	1202064	0,00045725	550
8		2376000	1173936	1202064	0,00015242	183
9		2376000	1173936	1202064	5,0805E-05	61
10		2376000	1173936	1202064	1,6935E-05	20
				<b>VANE</b>	<b>200%</b>	<b>-25546</b>

**B) TASA INTERNA DE RETORNO FINANCIERA (TIRF)**

Se determina de acuerdo al flujo neto de los cuadros N° 03 y N° 04, los valores obtenidos para los flujos económicos actualizados son:

$$\text{VANF } 160\% = \text{US\$ } 14\,497$$

$$\text{VANF } 180\% = \text{US\$ } (37\,455)$$

$$\text{TIRF} = 160 + \frac{14\,497}{14\,497 - (37\,455)} (180 - 160)$$

$$\text{TIRF} = 165.58 \%$$

Se determina de acuerdo al flujo neto de los cuadros N° 03 y N° 04, donde el TIRF alcanza una tasa de rendimiento del 165.58% anual, lo que nos indica el rendimiento del capital invertido en el proyecto, comparado con la tasa de interés del mercado de capitales.

**4.3.4 Valor actual neto**

Está definido con la suma algebraica de los valores actualizados de los costos y beneficios generados por el proyecto durante su evaluación, la actualización se hace al costo de capital ( $K_0$ ) que para el presente proyecto se considera igual a 10%.

Un VAN positivo significa que los beneficios actuales superan al de los costos y un VAN negativo lo contrario.

**A) VALOR ACTUAL NETO ECONOMICO (VANE)**

Es aquel que identifica los méritos internos del proyecto independientemente de la manera como se obtenga y se paguen los recursos financieros que necesita y del modo como se distribuyen en los excedentes netos que genera.

Los flujos de costos y beneficios utilizados para este tipo de evaluación producen saldos anuales netos que constituyen los flujos económicos del proyecto, tal como se muestra en el cuadro N° 5.

El VANE es US \$ 6 101 033, es viable el proyecto.

#### **B) VALOR ACTUAL NETO FINANCIERO (VANF)**

A diferencia del VANE y si se toma en consideración, la manera como se obtengan y se paguen los recursos financieros necesarios para el proyecto. Los flujos de costos y beneficios pertinentes para este tipo de evaluación, generan saldos netos por periodos que constituyen los flujos financieros del proyecto. En el cuadro N° 6 se presentan dichos flujos financieros actualizados, arrojando un VANF de US \$ 5 701 860, lo que nos indica que el proyecto produce beneficios adicionales.

#### **4.3.5 Relación Beneficio - Costo**

Es un indicador de la rentabilidad del proyecto y debe ser mayor que la unidad.

Del cuadro N° 7, la relación Beneficio-Costo Económico es:

$$R = \left( \frac{B}{C} \right)_E = 1,69$$

Del cuadro N° 8, la relación Beneficio-Costo Financiero es:

$$R = \left( \frac{B}{C} \right)_F = 1,90$$

Concluyéndose, se comprueba la rentabilidad del proyecto.

## Cuadro N° 14

## Flujo Financiero al 160%

AÑO	FLUJO ECONOMICO	PRESTAMO	SERVICIO DEUDA	FLUJO FINANCIERO	F.A	FLUJO ACTUAL
0		-400000		-400000	1	-400000
1	692537		105519	587018	0,38461538	225776
2	692537		105519	587018	0,14792899	86837
3	1202064		105519	1096545	0,05689577	62389
4	1202064		105519	1096545	0,02188299	23996
5	1202064		105519	1096545	0,00841653	9229
6	1202064			1202064	0,00323713	3891
7	1202064			1202064	0,00124505	1497
8	1202064			1202064	0,00047887	576
9	1202064			1202064	0,00018418	221
10	1202064			1202064	7,0838E-05	85
				<b>VANF</b>	<b>160%</b>	<b>14497</b>

**Cuadro N° 15**  
**Flujo Financiero al 180%**

<b>AÑO</b>	<b>FLUJO ECONOMICO</b>	<b>PRESTAMO</b>	<b>SERVICIO DEUDA</b>	<b>FLUJO FINANCIERO</b>	<b>F.A</b>	<b>FLUJO ACTUAL</b>
0		-400000		-400000	1	-400000
1	692537		105519	587018	0,35714286	209649
2	692537		105519	587018	0,12755102	74875
3	1202064		105519	1096545	0,04555394	49952
4	1202064		105519	1096545	0,01626926	17840
5	1202064		105519	1096545	0,00581045	6371
6	1202064			1202064	0,00207516	2494
7	1202064			1202064	0,00074113	891
8	1202064			1202064	0,00026469	318
9	1202064			1202064	9,4532E-05	114
10	1202064			1202064	3,3761E-05	41
				<b>VANF</b>	<b>180%</b>	<b>-37455</b>

**Cuadro N° 16**  
**Flujo Económico al 10%**

<b>AÑO</b>	<b>INVERSION</b>	<b>INGRESOS</b>	<b>COSTO U OPERACIÓN</b>	<b>FLUJO ECONOMICO</b>	<b>F.A</b>	<b>FLUJO ACTUAL</b>
0	400000			-400000	1	-400000
1		1485000	792463	692537	0,90909091	629579
2		1485000	793463	691537	0,82644628	571518
3		2376000	1173936	1202064	0,7513148	903128
4		2376000	1173936	1202064	0,68301346	821026
5		2376000	1173936	1202064	0,62092132	746387
6		2376000	1173936	1202064	0,56447393	678534
7		2376000	1173936	1202064	0,51315812	616849
8		2376000	1173936	1202064	0,46650738	560772
9		2376000	1173936	1202064	0,42409762	509792
10		2376000	1173936	1202064	0,38554329	463448
				<b>VANE</b>	<b>10%</b>	<b>6101033</b>

**Cuadro N° 17**  
**Flujo Financiero al 10%**

<b>AÑO</b>	<b>FLUJO ECONOMICO</b>	<b>PRESTAMO</b>	<b>SERVICIO DEUDA</b>	<b>FLUJO FINANCIERO</b>	<b>F.A</b>	<b>FLUJO ACTUAL</b>
0		-400000		-400000	1	-400000
1	692537		105519	587018	0,90909091	533653
2	692537		105519	587018	0,82644628	485139
3	1202064		105519	1096545	0,7513148	823850
4	1202064		105519	1096545	0,68301346	748955
5	1202064		105519	1096545	0,62092132	680868
6	1202064			1202064	0,56447393	678534
7	1202064			1202064	0,51315812	616849
8	1202064			1202064	0,46650738	560772
9	1202064			1202064	0,42409762	509792
10	1202064			1202064	0,38554329	463448
				<b>VANF</b>	<b>10%</b>	<b>5701860</b>

**Cuadro N° 18**  
**Relación Beneficio – Costo Económico**

<b>AÑO</b>	<b>BENEFICIOS</b>	<b>COSTO U OPERACIÓN</b>	<b>F.A.</b>	<b>BENEFICIOS ACTUALIZADOS</b>	<b>COSTOS ACTUALIZADOS</b>
0			1		
1	1485000	792463	0,344483103	511557	272990
2	1485000	792463	0,118668608	176223	94040
3	2376000	1173936	0,04087933	97129	47990
4	2376000	1173936	0,014082239	33459	16532
5	2376000	1173936	0,004851093	11526	5695
6	2376000	1173936	0,00167112	3971	1962
7	2376000	1173936	0,000575672	1368	676
8	2376000	1173936	0,000198309	471	233
9	2376000	1173936	6,83143E-05	162	80
10	2376000	1173936	2,35331E-05	56	28
				<b>835923</b>	<b>440225</b>

**Cuadro N° 19**  
**Relación Beneficio – Costo Financiero**

<b>AÑO</b>	<b>BENEFICIOS</b>	<b>COSTO U OPERACIÓN</b>	<b>F.A.</b>	<b>BENEFICIOS ACTUALIZADOS</b>	<b>COSTOS ACTUALIZADOS</b>
0			1		
1	1485000	897982	0,376534378	559154	338121
2	1485000	897982	0,141778138	210541	127314
3	2376000	1279455	0,053384343	126841	68303
4	2376000	1279455	0,02010104	47760	25718
5	2376000	1279455	0,007568733	17983	9684
6	2376000	1173936	0,002849888	6771	3346
7	2376000	1173936	0,001073081	2550	1260
8	2376000	1173936	0,000404052	960	474
9	2376000	1173936	0,000152139	361	179
10	2376000	1173936	5,72857E-05	136	67
				<b>973057</b>	<b>574466</b>

**CUADRO N° 20****ANALISIS ECONOMICO Y RENTABILIDAD****PLANTA:** Agua Potable por Osmosis Inversa**CAPACIDAD:** 1 768 060 m<sup>3</sup>/año**UBICACIÓN:** Huarmey**1. ANALISIS ECONOMICO**

Costo Unitario del Producto	US \$ 100/lit.
Costo Total de Producción	792 463
Utilidad Bruta ( nUa )	1 485 000
Impuesta a la Renta (30%)	445 500
Utilidades Netas ( nUd )	1 039 500
Inversión Fija ( I <sub>F</sub> )	312 585
Inversión de Operación ( I <sub>w</sub> )	470 321
Inversión Total ( I <sub>T</sub> )	782 906
Vida Económica	10 años
Depreciación	31 259

**2. RENTABILIDAD**

TIR Económico	190.29 %
TIR Financiero	165.58 %
Valor Actualizado Neto Económico al 10%	6 101 033
Valor Actualizado Neto Financiero al 10%	5 701 860
Relación Beneficio – Costo Económico	1.90
Relación Beneficio – Costo Financiero	1.69
Punto de Equilibrio ( BEP ) para los años 2019 - 2026	21.70%

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 DISCUSIÓN

Las externalidades calculadas deben ser consideradas para el balance de costos de la empresa, ya que si se incluyen todos los costos y los beneficios relacionados al proceso se puede obtener el precio real del bien. El valor de la externalidad de este estudio puede parecer un valor pequeño (nada más un 5.04% del total) pero si se sigue sin tomar en cuenta, a largo plazo puede llegar a tener un valor considerablemente alto.

Al proceso de desalación de agua marina se le pueden ligar una infinidad de externalidades. Las dos más importantes y que se ven analizando el esquema del proceso son: la utilización de la electricidad y el vertido de rechazo al mar. Para la realización de los cálculos necesarios hubo que hacer una búsqueda intensa de datos, además de contactar con la empresa ATLL para que diera los costos privados de la producción de agua. En un estudio futuro sería recomendable abordar la segunda externalidad, ya que históricamente se ha hablado de la afectación del rechazo en la vida marina, sobre todo en la posidonia oceánica.

#### 5.2 CONCLUSIONES

- Los Sistema de Tratamiento de Agua por Osmosis Inversa de Doble Paso son equipos que representan una alternativa técnica viable para la obtención de agua tipo purificada y como pre-tratamiento para agua para inyectables.

- La calidad físico-químico y microbiológico del agua producto de un equipo de Osmosis Inversa cumple con las exigencias establecidas para Agua Purificada para consumo humano.
- La diferencia en los costos operativos entre los sistemas actuales y los generados por Equipos de Osmosis Inversa es aproximadamente de US\$ 2.87/m<sup>3</sup> y que al año representarían un ahorro de US\$ 30,160.00. Este monto no representa un ahorro económicamente atractivo en comparación del monto de Inversión Inicial que implicaría la adquisición de un Sistema de Tratamiento de Agua por Osmosis Inversa que fluctúa entre US\$ 150,000 - US\$200,000.

### **5.3 RECOMENDACIONES**

- Las exigencias internacionales cada vez son más exigentes y conllevan a las empresas prestadoras de servicios de abastecimiento de agua potable a instalar equipos de Osmosis Inversa y/o evaporadores como las únicas fuentes de producción de Agua Purificada para consumo humano.
- Para realizar un diseño e instalación de una planta desaladora para el tratamiento de agua potable, es necesario tomar en consideración la calidad del agua de producto que se requiera. Si se desea obtener agua para el consumo humano, la instalación más apropiada sería una planta de osmosis inversa.
- La participación de técnicos en las continuas sanitizaciones de los Deionizadores impiden que estos sistemas puedan hacerse totalmente automáticos a diferencia de los Equipos de Osmosis Inversa.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS

#### 6.1 FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Afgan N.; Darwish M.; Carvalho M. (1999). “Sustainability assessment of desalination plants for water production”. *Desalination*, N° 124. Pág. 22.
- Bertoni D. (2009). “Vulnerabilidades en la gestión del servicio de agua potable y/o corriente de Coronel Dorrego”. Tesis de grado de la carrera Licenciatura en Gestión Ambiental. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil, Argentina. Págs. 38-46, 79.
- Bukoski M. (2008). “Vulnerabilidades en la Gestión del Servicio de Agua Potable de la localidad de Oriente”. Tesis de grado de la carrera de Licenciatura en Gestión Ambiental. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil, Argentina. Págs. 39-49.
- CapNet. (2008). “Aspectos económicos en la gestión sostenible del agua: Manual de capacitación y Guía para moderadores”. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Págs. 4, 10-11.
- Caruso M.; Cifuentes O.; Vaquero M. (2010). “Impacto del turismo sobre los servicios de agua corriente y desagües domiciliarios. Estudio de caso: Monte Hermoso, Provincia de Buenos Aires”. Congreso Latinoamericano de Investigación Turística. Montevideo, Uruguay. ISBN 978-9974-98-057-0. Publicación 70. Págs. 3, 10-19.

- Castro de Esparza M. (2006). “Presencia de arsénico en el agua de bebida en América Latina y su efecto en la salud pública”. International Congress México City. Natural Arsenic in Groundwaters of Latin America. CEPIS. Págs. 3-4.
- Cifuentes, O. (2000). “Vulnerabilidad en la gestión del servicio de agua potable para la ciudad de Bahía Blanca (En el proceso de transformación del Estado)”. Tesis de Maestría en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano (GADU). Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. Pág. 18.
- Cifuentes, O. (2006). Apuntes Cátedra de Ingeniería Sanitaria, Capitulo N° 1 “Enfermedades de origen hídrico”. Págs. 4-6; Capitulo N° 4 “Estudios para un proyecto de abastecimiento de agua”. Págs. 16-17. Carrera de Ingeniería. Civil, UTN- FRBB.
- GARCIA OLMOS, Carlos Francisco. Aplicación de la osmosis inversa y la nanofiltración en el acondicionamiento de aguas para calderas. Tesis de Doctoral. Oviedo: Universidad de Oviedo. Departamento de ingeniería química y tecnología del medio ambiente, 2002. 294 p.
- GUERRERO LAGARRETA, Manuel. El agua. 1 ed. México D.F: Fondo de cultura económica, 1991. 92p.
- Industrial reverse osmosis system [en línea]. Northridge (Estados Unidos): Ampac usa, 2000. [Consultado el 10 de Septiembre, 2010]. Disponible en internet: <http://www.ampac1.com/heavy.htm>
- Industrial Reverse osmosis system [en línea]. Santa Ana (Estados Unidos): Pure Aqua, 2011. [Consultado el 10 de Septiembre, 2010]. Disponible en internet: <http://www.pure-aqua.com/reverse-osmosis-systems.html>
- KUCERA, Jane. Reverse Osmosis. Industrial applications and processes. 1 ed. New

Jersey: WILEY, 2010. 383 p.

- López, C. (2011). **Planta embotelladora de agua mineral**. Tesis para optar por el grado de licenciado en Administración de Empresas, Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Económicas, Argentina.
- Sobsey, M. (2002): **Comparación de diferentes métodos de tratamiento del agua a nivel del hogar. Uno de los métodos recomendados es SODIS**. Cataluña, España.
- Semino, F. (2015): **“Producción de agua e mesa por ósmosis inversa para autoabastecimiento de UDEP”**. Piura

## 6.2 FUENTES DOCUMENTALES

- NORMAS DEL CODEX ALIMENTARIUS
  - ✓ CAC/RCP 48-2001. CODIGO DE PRÁCTICAS DE HIGIENE PARA LAS AGUAS POTABLES EMBOTELLADAS/ENVASADAS (DISTINTAS DE LAS AGUAS MINERALES NATURALES)
  - ✓ CAC/RCP 1-1969, Rev 4 (2003): CÓDIGO INTERNACIONAL DE PRÁCTICAS RECOMENDADO-PRINCIPIOS GENERALES DE HIGIENE DE LOS ALIMENTOS.
  - ✓ CODEX STAN 227-2001. NORMA GENERAL PARA LAS AGUAS POTABLES EMBOTELLADAS/ENVASADAS (Distintas de las Aguas Minerales Naturales).
- INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL (INDECOPI) – NORMAS TECNICAS PERUANAS.

### 6.3 REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- Alcocer Allaica, J. (2010). Retrieved Junio 08, 2014, from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bistream/123456789/950/1/85T00168%20pdf>.
- Alejo Ramírez, D. (n.d.) *Portal de la PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ*. Retrieved Junio 08, 014, from <http://es.scribd.com/doc/200873200/Alejo-Ramirez-Dennis-Gestion-Seguridad-Carreteras>.
- <http://es.wikipedia.org/wiki/OSMOSIS>
- <http://upcommons.upc.edu/pfd>.