



**ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO**

IMPLEMENTACIÓN DE ÓSMOSIS INVERSA EN LA REUTILIZACIÓN DE  
EFLUENTES DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE PLÁSTICOS. LIMA - PERÚ

**Línea de investigación:**

**Polímeros naturales, sintéticos y funcionales**

Tesis para optar el grado académico de Maestro en Gestión Ambiental

**Autor:**

Valderrama Orbegoso, Herminio Luis

**Asesor:**

Zambrano Cabanillas, Abel Walter

ORCID: 0000-0001-6930-5601

**Jurado:**

Mujica Ruíz, Oscar Hugo

Flores Vidal, Higinio Exequiel

Esenarro Vargas, Doris

**Lima - Perú**

**2023**

## Reporte de Análisis de Similitud

Archivo:

[1A\\_VALDERRAMA\\_ORBEGOSO\\_HERMINIO\\_LUIS\\_MAESTRÍA\\_2023.docx](#)

Fecha del Análisis:

11/05/2023

Analizado por:

Astete Llerena, Johnny Tomas

Correo del analista:

jastete@unfv.edu.pe

Porcentaje:

02 %

Título:

IMPLEMENTACIÓN DE ÓSMOSIS INVERSA EN LA REUTILIZACIÓN DE EFLUENTES DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE PLÁSTICOS. LIMA - PERÚ

Enlace:

<https://secure.arkund.com/old/view/159330534-153635-319118#q1bKLvayijbQMdQx0jHRMdUx0zGP1VEqzkzPy0zLTE7MS05VsjlQMzA0tTS2NLAwNTazNDcxNDKpBQA=>



DRA. MIRIAM LILIANA FLORES CORONADO  
JEFA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

IMPLEMENTACIÓN DE ÓSMOSIS INVERSA EN LA  
REUTILIZACIÓN DE EFLUENTES DE UNA EMPRESA  
PRODUCTORA DE PLÁSTICOS. LIMA - PERÚ

Línea de investigación:  
Polímeros naturales, sintéticos y funcionales

Tesis para optar el grado académico de  
Maestro en Gestión Ambiental

Autor(a):

Valderrama Orbegoso, Herminio Luis

Asesor:

Zambrano Cabanillas, Abel Walter  
ORCID: 0000-0001-6930-5601

Jurado(a):

Mujica Ruíz, Oscar Hugo  
Flores Vidal, Higinio Exequiel  
Esenarro Vargas, Doris

Lima- Perú  
2023

## **Dedicatoria**

A la memoria de mis Padres, quienes me formaron con su ejemplo, a mi Abuelo Bernabé por su cariño y motivación, a mis hermanos como muestra del cariño al núcleo familiar.

### **Agradecimiento**

A los docentes de la Universidad Nacional Federico Villarreal, por complementar mi formación académica impartiendo sus conocimientos y experiencias.

Contenido	
Dedicatoria .....	i
Agradecimiento.....	ii
Contenido de Figuras.....	vii
Contenido de Tablas.....	ix
Resumen .....	xi
Abstract .....	xii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Planteamiento del Problema .....	2
1.2. Descripción del Problema .....	2
1.3. Formulación del Problema.....	4
1.3.1. <i>Problema General</i> .....	4
1.3.2. <i>Problemas Específicos</i> .....	4
1.4. Antecedentes.....	5
1.4.1. <i>Antecedentes Internacionales</i> .....	5
1.4.2. <i>Antecedentes Nacionales</i> .....	8
1.5. Justificación de la Investigación.....	11
1.6. Limitaciones de la Investigación.....	12
1.7. Objetivos .....	13
1.7.1. <i>Objetivo General</i> .....	13

1.7.2.	<i>Objetivos Específicos</i> .....	13
1.8.	Hipótesis.....	13
1.8.1.	<i>Hipótesis General</i> .....	13
1.8.2.	<i>Hipótesis Específicas</i> .....	13
II.	MARCO TEÓRICO.....	14
2.1	Marco Conceptual .....	14
2.1.1	<i>Recursos hídricos en el mundo</i> .....	14
2.1.2	<i>Recursos hídricos en el Perú</i> .....	2
2.1.3	<i>Calidad del agua</i> .....	5
2.1.4	<i>Propiedades y características</i> .....	8
2.1.5	<i>Contaminantes del agua</i> .....	10
2.1.6	<i>Agua en las industrias</i> .....	12
2.1.7	<i>Reutilización del agua residual</i> .....	13
2.1.8	<i>ODS relacionados a la reutilización de efluentes</i> .....	15
2.1.9	<i>Tecnologías para el tratamiento de efluentes</i> .....	15
2.1.10	<i>Reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos</i> .....	17
2.1.11	<i>Tipos de membranas</i> .....	22
2.1.12	<i>Osmosis inversa</i> .....	23
2.2	Términos Básicos .....	29
2.2.1	<i>Desalación</i> .....	29
2.2.2	<i>Membranas</i> .....	29

2.2.3	<i>Osmosis</i> .....	29
2.2.4	<i>Efluentes</i> .....	30
2.2.5	<i>Poliestireno</i> .....	30
2.2.6	<i>Polietileno</i> .....	30
2.2.7	<i>Polipropileno</i> .....	30
2.2.8	<i>Elastómeros</i> .....	30
2.3	Marco Normativo .....	31
III.	MÉTODO .....	35
3.1	Tipo de investigación .....	35
3.2	Población y Muestra.....	35
3.2.1	<i>Población</i> .....	35
3.2.2	<i>Muestra</i> .....	36
3.3	Operacionalización de Variables.....	36
3.3.1	<i>Variable Independiente</i> .....	36
3.3.2	<i>Variable Dependiente</i> .....	37
3.4	Instrumentos.....	37
3.4.1	<i>Descripción de instrumentos</i> .....	38
3.4.2	<i>Validez</i> .....	38
3.4.3	Validez de las variables.....	38
3.4.4	<i>Procedimientos para la validación</i> .....	39
3.4.5	<i>Confiabilidad</i> .....	39

3.5	Procedimientos .....	40
3.6.1	<i>Primera fase</i> .....	42
3.6.2	<i>Segunda fase</i> .....	42
3.6.3	<i>Tercera fase</i> .....	43
3.6.4	<i>Cuarta fase</i> .....	44
3.6.5	<i>Quinta Fase</i> .....	44
3.6.6	<i>Sexta Fase</i> .....	45
3.6.7	<i>Séptima Fase</i> .....	46
3.6	Análisis de datos.....	47
IV.	RESULTADOS .....	49
4.1	Prueba de Hipótesis .....	49
4.1.1	<i>Contrastación y Análisis inferencial de la Hipótesis General</i> .....	49
4.1.2	<i>Análisis e interpretación de la Hipótesis General</i> .....	50
4.1.3	<i>Análisis Inferencial de las Hipótesis Específicas</i> .....	50
4.2	Cuestionario .....	54
4.2.1	<i>Resultado pre-test</i> .....	54
4.2.2	<i>Resultados pos-test</i> .....	58
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	63
VI.	CONCLUSIONES .....	64
VII.	RECOMENDACIONES.....	66
VIII.	REFERENCIAS .....	68

IX. ANEXOS .....73

## Contenido de Figuras

<b>Figura 1</b> Distribución del agua de la tierra.....	14
<b>Figura 2</b> Total de recursos hídricos renovables per cápita.....	2
<b>Figura 3</b> <i>Población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de forma segura (%)</i> .	4
<b>Figura 4</b> Avance general de Perú con respecto al ODS 6 .....	5
<b>Figura 5</b> Uso del agua residual 1950 - Actualidad .....	14
<b>Figura 6</b> Resumen de los diferentes procedimientos de filtración a presión con filtros de membrana.....	22
<b>Figura 8</b> Primera fase para ingresar al pretratamiento de simulación .....	42
<b>Figura 9</b> Segunda fase para ingresar al pretratamiento de simulación .....	43
<b>Figura 10</b> Tercera fase para ingresar al pretratamiento de simulación .....	43
<b>Figura 11</b> Cuarta fase para ingresar al pretratamiento de simulación .....	44
<b>Figura 12</b> Quinta fase para ingresar al pretratamiento de simulación .....	45
<b>Figura 13</b> Sexta fase para ingresar al pretratamiento de simulación .....	45
<b>Figura 14</b> Séptima fase para ingresar al pretratamiento de simulación .....	46
<b>Figura 15</b> Proceso del pretratamiento.....	46
<b>Figura 16</b> Proceso de fabricación en el cual se detalla los usos del agua .....	47
<b>Figura 17</b> Representación gráfica de la reutilización de efluentes de la empresa de plásticos. .....	55
<b>Figura 18</b> Representación gráfica de los termoplásticos de efluentes de la empresa de plásticos .....	56
<b>Figura 19</b> .....	57
<b>Figura 20</b> Representación gráfica de los elastómeros de efluentes de la empresa de plásticos .....	58
<b>Figura 21</b> Representación gráfica de los efluentes de la empresa de plásticos .....	58

<b>Figura 22</b> Representación gráfica de los termoplásticos de efluentes de la empresa de plásticos .....	59
<b>Figura 23</b> Representación gráfica de los termoplásticos de efluentes de la empresa de plásticos .....	61
<b>Figura 24</b> Representación gráfica de los termoplásticos de efluentes de la empresa de plásticos .....	61

## Contenido de Tablas

<b>Tabla 1</b> Clasificación del agua según su dureza. ....	6
<b>Tabla 2</b> Parámetros de la calidad del agua. ....	6
<b>Tabla 3</b> Propiedades físicas del agua.....	8
<b>Tabla 4</b> Características físicas del agua.....	9
<b>Tabla 5</b> Fuentes de contaminación del agua .....	11
<b>Tabla 6</b> <i>Categorías básicas de contaminantes del agua</i> .....	11
<b>Tabla 7</b> <i>Contaminantes inorgánicos en agua clasificados por actividad</i> .....	18
<b>Tabla 8</b> <i>Cronología histórica del desarrollo del sistema de osmosis inversa</i> .....	24
<b>Tabla 9</b> Proceso de Osmosis Inversa .....	28
<b>Tabla 10</b> <i>Normas referentes a los recursos hídricos</i> .....	32
<b>Tabla 11</b> <i>Definición operacional de la variable dependiente</i> .....	37
<b>Tabla 12</b> <i>Escala de Likert</i> .....	38
<b>Tabla 13</b> <i>Validación por expertos Variable 1</i> .....	39
<b>Tabla 14</b> <i>Confiabilidad del instrumento mediante Alfa de Cronbach</i> .....	40
<b>Tabla 15</b> Prueba de Wilcoxon para probar la hipótesis general según rangos.....	49
<b>Tabla 16</b> Prueba de Wilcoxon para probar la hipótesis general según estadísticos de contraste .....	49
<b>Tabla 17</b> Prueba de Wilcoxon para probar la HE1 según rangos .....	50
<b>Tabla 18</b> Prueba de Wilcoxon para probar la HE1 según estadísticos de contraste .....	51
<b>Tabla 19</b> Prueba de Wilcoxon para probar la HE2 según rasgos.....	52
<b>Tabla 20</b> Prueba de Wilcoxon para probar la HE2 según estadísticos de contraste .....	52
<b>Tabla 21</b> Prueba de Wilcoxon para probar la HE3 según rasgos según estadísticos de contraste .....	53
<b>Tabla 22</b> Prueba de Wilcoxon para probar la HE3 .....	53

<b>Tabla 23</b>	Distribución de frecuencias y porcentajes de reutilización de efluentes .....	54
<b>Tabla 24</b>	Distribución de frecuencias y porcentajes de la dimensión termoplásticos .....	55
<b>Tabla 25</b>	Distribución de frecuencias y porcentajes de la dimensión termoestables.....	56
<b>Tabla 26</b>	Distribución de frecuencias y porcentajes de la dimensión elastómeros.....	57
<b>Tabla 27</b>	Distribución de frecuencias y porcentajes de reutilización de efluentes .....	58
<b>Tabla 28</b>	Distribución de frecuencias y porcentajes la dimensión termoplásticos .....	59
<b>Tabla 30</b>	Distribución de frecuencias y porcentajes la dimensión termoestable .....	60
<b>Tabla 31</b>	Distribución de frecuencias y porcentajes la dimensión elastómeros.....	61

## Resumen

La finalidad principal de la presente tesis fue analizar el efecto de la implementación de Ósmosis Inversa (OI) en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos. Para ello, la metodología aplicada fue de diseño experimental, el enfoque de la investigación fue cuantitativo de tendencia pre-experimental con una muestra de 30 trabajadores. Se desarrolló una prueba piloto a 15 personas para la variable. En función a los resultados se determinó la validez y confiabilidad, se utilizó la técnica del alfa de Cronbach. Para la variable reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos, se elaboró una serie de 20 preguntas que estarán en función a la escala Likert. Como resultado se obtuvo que, en la estadística descriptiva del pre-test, en las tres dimensiones, la mayor frecuencia se encuentra en malo y regular, pero, al terminar la aplicación del programa, en la prueba pos-test se verifica que ha existido un cambio favorable en un 63.3% en el nivel bueno, incidiendo positivamente; por lo que se concluye que, la implementación de Ósmosis Inversa tiene efectos positivos en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

***Palabras claves:*** osmosis inversa, reutilización de efluentes, empresa de plástico

### **Abstract**

The main purpose of this thesis was to analyze the effect of the implementation of Reverse Osmosis (RO) on the reuse of effluents from a plastics-producing company. For this, the applied methodology was of experimental design, the focus of the investigation was quantitative of pre-experimental trend with a sample of 30 workers. A pilot test was developed with 15 people for the variable. Depending on the results, the validity and reliability will be lost, the Cronbach's alpha technique was extracted. For the variable reuse of effluents from a plastics producing company, a series of 20 questions was prepared that will be based on the Likert scale. As a result, it was obtained that, in the descriptive statistics of the pre-test, in the three dimensions, the highest frequency is in bad and regular, but, at the end of the application of the program, in the post-test test it is verified that there has been a favorable change of 63.3% in the good level, having a positive impact; Therefore, it is concluded that the implementation of Reverse Osmosis has positive effects on the reuse of effluents from a plastics-producing company.

**Keywords:** reverse osmosis, effluent reuse, plastic company

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la presencia y el desarrollo creciente de la tecnología permite nuevos conocimientos de alternativas para el tratamiento de efluentes en las fábricas de plásticos. La alternativa que usara el de Osmosis Inversa (OI), esta tecnología se basó en el uso de membranas, el cual ha evolucionado aceleradamente en los últimos años en Latinoamérica; reemplazando y/o complementando a los métodos anteriormente empleados. Su implementación en las fábricas de plástico surge ante la necesidad de prevenir el desabastecimiento del sistema hídrico y el estrés hídrico que el planeta viene atravesando, pudiendo servir como una alternativa nueva en el tratamiento de efluentes del sector industrial. Este método de OI permite una remoción en una gran variedad de elementos que son perjudiciales para el recurso hídrico (residuos de químicos, residuos de plásticos etc.) siendo así un proceso de alta técnica y automático, así mismo simple, no es ajeno a los procesos que se dan actualmente en las plantas de tratamiento. Así también en la actualidad se está llevando a cabo el tratamiento de aguas de diversas fuentes y se usa para distintos tipos de aplicaciones, en cualquier caso.

La elaboración de la presente investigación presenta diez segmentos: El primer segmento comprende la introducción; el segándola formulación del problema, los antecedentes, la justificación y limitaciones de la investigación, los objetivos de la misma; el tercero comprende el marco teórico; aquí se desarrollan el marco conceptual, las bases teóricas y la base legal; el cuarto desarrollo el método de la investigación , en el cual analiza el enfoque, tipo, método, diseño , nivel , así también la población y la muestra; en los últimos 6 segmentos se presentan los resultados, la discusión, conclusiones, recomendaciones, las referencias bibliográficas y por último los anexos de la investigación, adjuntado todos los documentos utilizados durante el proceso de toda la investigación.

### **1.1. Planteamiento del Problema**

### **1.2. Descripción del Problema**

Uno de los principales problemas medioambientales actuales que afecta la existencia de nuestra especie, es la creciente contaminación de las aguas. Estas pueden estar contaminadas por una gran cantidad de sustancias, como microorganismos patógenos, residuos orgánicos putrescibles, fertilizantes y nutrientes vegetales, productos químicos tóxicos, sedimentos, calor, petróleo (aceite) y/o sustancias radiactivas. (Nathanson, 2022)

Uno de los principales problemas medioambientales actuales que afecta la existencia de nuestra especie, es la creciente contaminación de las aguas. Estas pueden estar contaminadas por una gran cantidad de sustancias, como microorganismos patógenos, residuos orgánicos putrescibles, fertilizantes y nutrientes vegetales, productos químicos tóxicos, sedimentos, calor, petróleo (aceite) y/o sustancias radiactivas.

Este problema nace como consecuencia de la acción conjunta de diversos procesos sociales, entre los cuales podemos destacar la industrialización, la urbanización; además del incremento del consumismo; lo que ha generado el incremento del número de contaminantes cuyos impactos negativos afectan a todo nuestro medio. “Hoy en día el sector agrícola representa un 69% (en función a la extracción del recurso hídrico en forma global; la industria (incluyendo la energía y generación de energía) representa el 19%, y los municipios representan el 12% restante”. (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO],2021, p.12).

Es importante aquí detallar que, el recurso hídrico presenta múltiples necesidades y esto depende de los sistemas y procesos que contiene la empresa. En ciertos sectores industriales, como textiles, alimentarias, cerveceras, papeleras, lácteas, automotriz, de producción de energía eléctrica; el agua juega un rol esencial en el proceso productivo.

Además, es fundamental considerar que la industria no sólo es una de las que más gasta este recurso, sino también una de la que más lo contamina.

El indicador 6.3.1 habla sobre los ODS, indica temas acerca de proporción de aguas residuales que son tratadas de forma más segura, debido a que muestra un 59% de flujo de recursos hídricos residuales de manera nacional y este recoge y lo analiza de manera responsable y segura; sin embargo, estos datos se basan en sólo 79 naciones, en la mayoría de recursos elevados, así las aguas residuales sean insuficientes (United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific [UNESCAP ] et al., 2018). Así mismo, alrededor de un 8% de aguas residuales que son del sector industria y municipal son sometidas a algún tipo de tratamiento de bajos recursos (Sato et al., 2013). Todas estas cifras nos plantean un panorama en donde es de vital importancia el tratamiento y la reutilización de aguas residuales en el sector industrial, no solo en el mundo, sino también en nuestro país.

En la actualidad, el reusó de las aguas residuales es una actividad de mucha importancia, debido a que tienen un impacto positivo y permite ayudar al problema de contaminación, permite mejorar y aumentar la disponibilidad de aguas evitando el uso innecesario de fuentes de agua para el suministro.

Es en este contexto que la Osmosis Inversa cobra un importante rol, su aplicación como paso final del tratamiento de aguas residuales para la reutilización del recurso hídrico y la recuperación de componentes valiosos parece ser prometedora en la recuperación de aguas residuales (Wenten y Khoiruddin, 2016). Esta se utiliza actualmente en varias aplicaciones, como los procesos de separación selectiva, purificación y concentración.

En el Perú el proceso de eliminación de sal por osmosis inversa se está usando ya desde hace más de 15 años, en sus inicios existían problemas sobre el uso adecuado de la tecnología a comparación de los procesos de cambio de fase, en solución a este tema se

desarrollan una serie de estudios que comparaban los procesos de desalinización existiendo así un mayor beneficio. (López y Mejías, 2000)

Cabe señalar que aún dada la importancia en dos aspectos: tecnológico como económico, no había trabajos que implementaban una planta piloto de tratamiento de recurso hídrico por algún método que implica osmosis inversa en la industria de plástico considerando que los insumos químicos que utiliza en su proceso productivo como bisfenol A (BPA) o algunos ftalatos son de importante peligrosidad.

Ante esta realidad, se optó por desarrollar la presente investigación sobre la “Implementación de ósmosis inversa en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos” con la finalidad de reutilizar su afluente darle funcionalidad, competitividad e innovación continua al manejo y tratamiento de las aguas residuales producto de los procesos productivos.

### **1.3. Formulación del Problema**

#### ***1.3.1. Problema General***

- ¿Cuál es el efecto de la implementación de Osmosis inversa en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos?

#### ***1.3.2. Problemas Específicos***

- ¿Cuál es el efecto de la Implementación de Osmosis inversa en termoplásticos de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos?
- ¿Cuál es el efecto de la Implementación de Osmosis inversa en termoestables de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos?
- ¿Cuál es el efecto de la Implementación de Osmosis inversa en elastómeros de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos?

## 1.4. Antecedentes

### 1.4.1. *Antecedentes Internacionales*

Jeong et al. (2021) Dentro del estudio se modela una instalación a escala real de un sistema de membranas de ósmosis inversa, teniendo en cuenta las verdaderas actividades de trabajo en las industrias para tratar el agua. Se construye un modelo numérico para describir el comportamiento espacio-temporal del transporte de masas (agua, sal y suciedad) dentro de un recipiente a presión de dimensiones completas. Mediante un análisis de sensibilidad global, se evalúa la importancia relativa de los factores clave que influyen en la precisión del modelo y en el consumo específico de energía (CEE). El modelo y sus parámetros se optimizan basándose en el resultado de la sensibilidad y se validan utilizando los datos de medición de series temporales mejor ajustadas de 3875 h. Los resultados demuestran los comportamientos prácticos del desarrollo de la suciedad y el rendimiento de la separación del proceso de OI primario. Un análisis de árbol de regresión del CEE para 27 escenarios operativos diferentes en las simulaciones puede beneficiar la toma de decisiones para una RO eficiente energéticamente. Los resultados revelan la gran dependencia del CEE de la frecuencia de limpieza en el rango de temperatura de alimentación.

Simonič (2021) Artículo Científico: “Tratamiento por ósmosis inversa de aguas residuales para su reutilización como agua de consumo: Un estudio de caso”. El objetivo de este trabajo era depurar las aguas residuales mixtas procedentes de tres procesos de producción diferentes de forma que pudieran reutilizarse como agua de consumo. Se fijaron como concentraciones objetivo las concentraciones máximas permitidas (CMP) de las Normas Medioambientales para las emisiones de sustancias liberadas en las aguas superficiales. Las aguas residuales contenían partículas sólidas, sodio, aluminio, cloruro y nitrógeno en cantidades elevadas. Cuantitativamente, la mayor cantidad de efluentes se generaban en la línea de producción de lavado de alúmina. El segundo tipo de aguas residuales se generaba en la

línea de producción de boehmita. El tercer tipo de aguas residuales procedía de la regeneración de los intercambiadores de iones, que se aplican para el tratamiento del agua de las calderas de alimentación. El paso inicial del tratamiento de la mezcla de aguas residuales fue la neutralización, utilizando HCl al 35%. Luego, se realizó una filtración previa, y entonces aquellas partículas solidificadas que se encuentran en un estado suspendido se redujeron de 320 mg/L a sólo 9 mg/L. Las concentraciones de iones, como el aluminio, el sodio y los cloruros, permanecieron por encima del CMP. Por lo tanto, se aplicó la ósmosis inversa de laboratorio para eliminar los contaminantes mencionados del agua. Se consiguió eliminar todos los contaminantes. La concentración de aluminio disminuyó por debajo de 3 mg/L, la de sodio a 145 mg/L y la de cloruros a 193 mg/L. La concentración de nitrógeno nítrico disminuyó por debajo de 20 mg/L.

García (2002) En este trabajo de investigación se llevó a cabo el análisis de beneficios de una planta de ósmosis inversa (OI) de tratamiento de agua utilizando la técnica gráfica de puntos regenerativos (TGPR) bajo condiciones específicas para los parámetros del sistema. El artículo analiza el comportamiento de una industria dedicada a tratar el agua mediante el proceso de Ósmosis inversa compuesta por subunidades: filtro multimedia (FMM), filtro de cartucho (FC), bomba de alta presión (BAA) y el proceso de ósmosis inversa (SOI). El sistema está en funcionamiento cuando todas las subunidades están en buen estado. Todas las subunidades disponen de una instalación de reparación. La disponibilidad de la planta, el periodo de ocupación del servidor (POS) y el número esperado de inspecciones por parte del reparador (NEIR) se calcularon utilizando la técnica TGPR. Por último, se realizó un análisis numérico para calcular las medidas de rendimiento y sus comparaciones. Los cálculos y gráficos obtenidos concluyen que la disponibilidad del sistema y la función de beneficio se reducen con el aumento de la tasa de fallos y aumentan con el aumento de la tasa de reparación. También se observa que el número esperado de inspecciones por parte del reparador aumenta

con el aumento de la tasa de fallos, mientras que el período de ocupación del servidor (POS) y el tiempo medio hasta el fallo del sistema (TMFS) se reducen con el aumento de las tasas de reparación. Por lo tanto, la eficacia y la fiabilidad de la planta pueden mejorarse aumentando la tasa de reparación y reduciendo la tasa de fallos.

Piekutin (2021) Este artículo trata del estudio de la eliminación de hidrocarburos de petróleo del grupo del benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX) mediante ósmosis inversa y su optimización. La investigación se llevó a cabo en aguas superficiales enriquecidas con una mezcla de combustibles. Posteriormente, se modeló la eficiencia del ósmosis inversa mediante el modelo de filtración a presión constante (modelo Hermia), que determinó el mecanismo de bloqueo de la membrana más probable. Cuando la membrana se utilizó en agua superficial enriquecida con BTEX, el bloqueo de la membrana se basó en el mecanismo de torta  $n = 0$ . En el agua superficial sola, el coeficiente de correlación más alto fue de 0,9994 y correspondió a un mecanismo de bloqueo temporal ( $n=1$ ).

Brinegar (2020) Realizó su tesis de maestría denominada “Integración de la ósmosis inversa para recuperar el efluente de aguas residuales para su reutilización industrial en una planta de fabricación”, presentada en la Universidad de Purdue de Indiana. El objetivo de este trabajo de investigación fue desarrollar un proyecto de ósmosis inversa (OI) de las instalaciones que recupere el efluente de las aguas residuales, tratando el efluente a una calidad aceptable para la reutilización industrial; identificar los usuarios finales más apropiados del agua del producto de la OI y desarrollar controles operativos para garantizar el funcionamiento óptimo del equipo. Se realizó un estudio y se ejecutó un exhaustivo plan de muestreo. Una vez conocidas las características del efluente de las aguas residuales, el consultor ayudó a la empresa a licitar a dos proveedores de equipos. Para garantizar el éxito del proyecto, los proveedores de equipos también se encargaron de la ingeniería de integración. Durante las revisiones del diseño, quedó claro que el número de instrumentos, sistemas de bombeo,

válvulas y estaciones de dosificación necesarios para automatizar el sistema eran considerables. Entre 2018 y 2019, la empresa promedió un uso total de agua de 30M de galones anuales, y un promedio de 3,55M de horas de trabajo, para una intensidad media de agua de 8,45 galones por hora de trabajo. Utilizando las reducciones de agua proyectadas de 15 millones de galones por año, la empresa compraría 15 millones de galones en 2020 si la OI funciona a tiempo completo y recupera agua a la tasa diseñada. Suponiendo un número similar de horas de trabajo de 3,55 millones, previendo que la intensidad del agua sea de 4,22 galones por hora de trabajo.

#### ***1.4.2. Antecedentes Nacionales***

Pimentel (2021) El objetivo principal de la investigación fue el de poner a prueba el reciclaje de efluentes en una fábrica de plásticos a través de la incorporación de dos procesos como ultrafiltración y OI. La presente investigación no usa muestras con estudios estadísticos, además de tener un enfoque no experimental. Se especificaron algunos procesos que generan alteraciones químicas, así como también se identificaron algunos estándares de calidad de agua que se tienen que evaluar. También se calculó el volumen del agua mediante un balance hídrico, todo con fines de una evaluación preliminar; luego de todo el proceso se hizo el balance hídrico, y se generó agua producto de los tratamientos empleados. Los resultados muestran que en los procesos de ultrafiltración y de ósmosis inversa, y el agua restante que se reciclo después del tratamiento, y la cantidad de agua de origen y descarga de aguas residuales se puede ahorrar en un 15,7 % y 12,8 %, respectivamente; ahorros anuales totales de \$ 332,709.04, los ahorros anuales de la nueva unidad de ósmosis inversa solo son \$ 85,282.02. Y a manera de conclusión se obtuvo que el presente trabajo de investigación es prácticamente factible, ello debido a que cumple con la calidad de agua necesitados por los procesos que la utilizarán, así como también se produce el ahorro de recursos hídricos.

Contreras y Estacio (2021) El objetivo principal de este trabajo de investigación es generar agua purificada para su uso en los procesos de lavado de frutas y verduras en empresas

agrícolas a través de la purificación de agua de pozo por ósmosis inversa. Con la finalidad de satisfacer con los límites establecidos para recursos hídricos potables en la producción de frutas, el agua cruda y terminada se somete a un proceso previo y un tratamiento posterior con salmuera. El nivel de STD del agua de pozo fue de 3252 ppm y el metabisulfito de sodio fue disminuido a 1500 ppm al pretratar el agua del pozo con cloro, de esa se fortaleció el proceso de Osmosis Inversa, y también se logró la preservación de las membranas del equipo de OI. Se redujo a 15 ppm después de que se descargó el permeado de la planta de tratamiento de OI, más la derivación del valor STD. Al final la cantidad de STD que se logró obtener a la salida del proceso de OI como recursos hídricos potables fue 495.51 ppm, de manera que el equipo rindió en OI un 75%. Según la investigación realizada por la empresa agrícola, se obtuvo el resultado de que los equipos de Osmosis inversa utilizados en agua de pozo pudieron producir recursos hídricos con condiciones fisicoquímicas requeridas para la limpieza de frutas, así como también las verduras. Incluso, el agua genera cumple con los límites establecidos por la organización mundial de la salud en cuanto a microbiología, así como también por las leyes del ministerio del Ambiente. También cumple con los límites establecido la norma nacional de calidad ambiental del agua corresponde a la categoría 1: A3 y se considera un recurso hídrico potable.

Saavedra (2021) La investigación es de tipo mixta, descriptiva, no experimental transversal. El proyecto incluye el diseño de una planta desaladora por ósmosis inversa. El proyecto comienza con la obtención de las aguas del subsuelo, de manera que son transportadas a una balsa de captación, donde posteriormente son depuradas y captadas, en su mayoría para uso del ser humano. Para el funcionamiento del trabajo, se investigó sobre el estado en que se encuentran la desalinización en una escala mundial, de modo que se creó el diseño exacto para asegurar la generación de agua. Igualmente, se definió la factibilidad técnica y financiera del proyecto, originando un VAN positivo de S/64 '426,666.51, permitiendo así que sea posible su

puesta en práctica. Por otro lado, también se pudo determinar los equipos indispensables para el funcionamiento de la planta de desalinización, logrando una amortización de S/2 '656,016.16 en cuanto a los quipos e instalaciones en un transcurso de 10 años.

Rivas (2019) La investigación planteó investigar sobre alguna alternativa más eficiente y rentable que pueda actuar como suplente de la destilación simple de modo que también pueda generar recursos hídricos totalmente depurados, todo ello dentro del área pertinente para ello en la Pontificia Universidad Católica del Perú. La elección escogida terminó siendo un dispositivo de Osmosis inversa y desmineralización de los recursos hídricos que fueron proporcionadas por los recursos potables. En consecuencia, se configuró la propuesta de un dispositivo mecánico en el cual se empleó sistemas de purificación de los recursos hídricos a través de una membrana de OI y cartuchos de resina iónica, así como también recopilación de elementos, la creación de la cantidad necesaria de planos, y tasar el valor de elaboración, ensamblado y operatividad del equipo. Entonces para poder llevar a cabo la propuesta de elaboración, lo que se hizo en primer lugar fue delimitar el caudal y la calidad del agua necesitada por el laboratorio, así como el estado y las cualidades físicas de los recursos hídricos proporcionados por la red. Es con esa información que se eligió una membrana OI que tuviera la facultad de generar el mismo caudal con un alto índice de depuración de agua. Posteriormente, se empleó la teoría denominada mecánica de fluidos con la finalidad de estimar la cantidad de disminuciones energéticas del fluido en las cañerías y también elementos para el causal necesitado. Cuando ya se obtuvo el caudal requerido, así como también las disminuciones en el sistema, acto seguido se escogió una bomba que pueda realizar los lineamientos requeridos para la presión y el caudal, de modo que también pueda ser útil para la energía y, por último, para el agua purificada. También se aplicó en el estudio nociones tales como las soluciones iónicas de manera que se pueda cuantificar la utilidad y la precisa composición de una cama de resina desionizadora mixta que obtenga como resultado recursos

hídricos potables con un pH neutral obtenido de la composición cercana del agua generado por la OI. Cuando ya estuvieron escogidos los elementos, se hicieron los diseños para evaluar los costos de compra, instalación y funcionamiento del equipo. El precio total estimado fue una cantidad de S/.6500.

Bastante y Gutiérrez (2018) El principal objetivo del estudio fue poner a prueba los parámetros de desempeño del sistema combinado de ósmosis inversa e ionización con la finalidad de eliminar iones de cianuro del agua de lavado en la industria de galvanoplastia. El presente estudio fue experimental en cuanto requirió observación, registro, análisis y el control de variables y también cuantitativo pues se consiguió el porcentaje del cianuro eliminado. Los resultados fueron que los niveles más convenientes tanto de los parámetros como del módulo de electroionización es la cantidad de 18 voltios, una aglomeración preliminar de cianuro de 8, 37 ppm y un caudal de 500 L/h, ello debido a que cumplen con los requerido por la ley N° 004 -2017 emanada por el Ministerio del Ambiente. Además, el porcentaje de iones de cianuro eliminados del agua es 99,95 %, y además de ser un sistema integral, también es posible utilizar módulos combinados de sistemas de ósmosis inversa e ionización para eliminar dichos iones. También es una Tecnología de limpieza que funciona a temperatura normal y no utiliza productos químicos para tratar el cianuro.

### **1.5. Justificación de la Investigación**

El recurso hídrico en el ámbito residual está compuesto por una serie de materias orgánicas e inorgánicas que de no contar con tratamiento adecuado son perjudiciales para el sector de salud y para el medio ambiente; por lo que es fundamental promover la aplicación de nuevos tratamientos para la reutilización de las aguas residuales, en especial las industriales.

La finalidad del presente trabajo de investigación, se enfoca al diseño que pueda ser aplicable de un proceso de tratamiento del recurso hídrico por medio de osmosis inversa para

la industria de plástico, lo cual puede ser utilizado como referencia para otras empresas en el sector de tratamiento de recursos hídricos mediante el proceso de membranas en diferentes sectores. Así mismo tiene relevancia en el ámbito económico debido a que presenta un conocimiento claro del proceso mediante el proceso de membranas de osmosis inversa, permitiendo obtener costos reales del proceso productivo.

La técnica que es de interés de esta investigación se puede definir como tecnologías de separación por membrana, lo que se realiza por la aplicación de membranas, las cuales aprueban la realización una separación molecular en un fluido este puede ser de forma líquida o gaseosa. En función a lo anterior, Se presenta la idea de tecnología de membranas como la técnica más acertada, mediante las características efluentes de Lima Metropolitana, así también la sinergia con la situación de impulso a la desalación de agua de mar y reutilización de aguas residuales como una alternativa eficiente y eficaz que podrá transformar el recurso hídrico residual de una planta de tratamiento en la elaboración de plásticos.

#### **1.6. Limitaciones de la Investigación**

En el desarrollo de la investigación se presentaron las siguientes limitaciones:

- Insuficiente disposición de tiempo de los especialistas del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, en temas de reutilización de aguas residuales, dificultando así obtener cierta información relacionada con el tema central de la presente investigación.
- Por otro lado, como el tema de investigación ha sido poco desarrollado por anteriores autores en la zona determinada como objetivo, no se cuenta con información secundaria muy amplia, lo cual demandó una investigación de campo.

## **1.7. Objetivos**

### ***1.7.1. Objetivo General***

- Determinar cuál es el efecto de la Implementación de Osmosis inversa en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

### ***1.7.2. Objetivos Específicos***

- Identificar cuál es el efecto de la Implementación de Osmosis inversa en termoplásticos de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.
- Establecer cuál es el efecto de la Implementación de Osmosis inversa en termoestables de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.
- Determinar cuál es el efecto de la Implementación de Osmosis inversa en elastómeras de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

## **1.8. Hipótesis**

### ***1.8.1. Hipótesis General***

- La implementación de Ósmosis Inversa tiene efectos positivos en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

### ***1.8.2. Hipótesis Específicas***

- La implementación de Ósmosis inversa tiene efectos positivos en termoplásticos de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.
- La implementación de Ósmosis inversa tiene efectos positivos en termoestables de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.
- La implementación de Ósmosis inversa tiene efectos positivos en elastómeras de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

## II. MARCO TEÓRICO

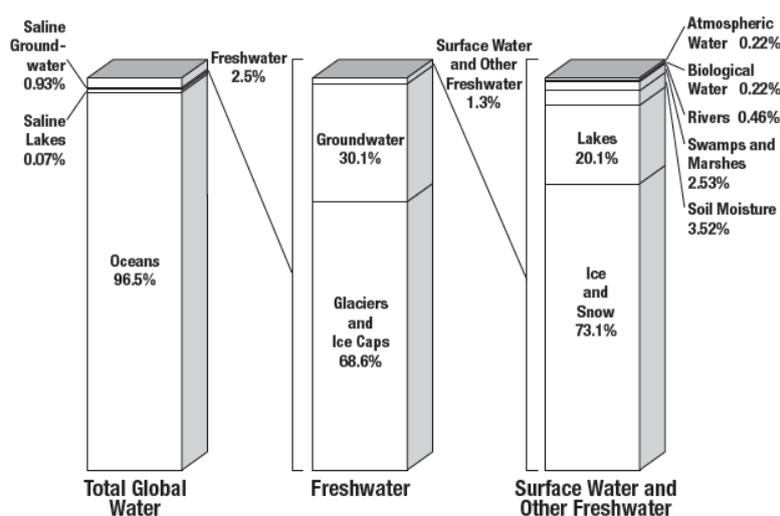
### 2.1 Marco Conceptual

#### 2.1.1 Recursos hídricos en el mundo

Según la mayoría de las estimaciones, alrededor del 94-97% del total de los recursos hídricos en la tierra es agua de marítima. Alrededor de la mitad está congelada en la nieve, los glaciares y los casquetes polares, cerca de la mitad se encuentra en el subsuelo en forma de aguas subterráneas y una fracción del porcentaje (menos del 0,1%) es agua superficial que se encuentra en ríos, lagos, embalses, la atmósfera y todos los seres vivos.

### Figura 1

*Distribución del agua de la tierra*



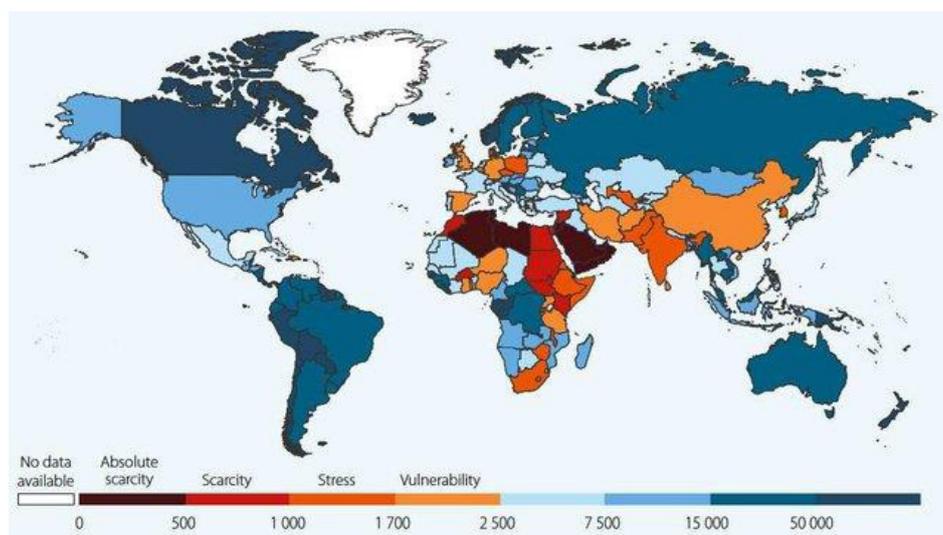
*Nota.* Tomado de *World Fresh Water Resources*, por Shiklomanov, 1993, Membranes.

Hoy en día, la gran parte de las naciones elaboran una labor sin precedentes acerca de los recursos hídricos. Los habitantes del mundo están creciendo de forma acelerada, y los últimos indicadores demuestran que, en la actualidad, a nivel mundial se está enfrentando a un déficit de 40 % entre la demanda inicial y el suministro de recurso hídrico para el año 2030. De este análisis, el recurso ya se encuentra disminuyendo en muchas partes a nivel mundial. Los análisis señalan que un 40 % de la población a nivel mundial se encuentra en zonas que

presentan una gran escasez de recurso hídrico y esto es  $\frac{1}{4}$  de PIB mundial que se encuentra expuesto. En el año 2025, alrededor de 1.800 millones de pobladores se encontrarán viviendo en zonas con una escasa adquisición a recurso hídrico.

## Figura 2

*Total de recursos hídricos renovables per cápita.*



*Nota.* Datos recogidos para todos los países, excepto Andorra y Serbia, y utilizando los umbrales de categoría de ONU-Agua. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos, con datos de la base de datos AQUASTAT de la FAO. Tomado de *Total de recursos hídricos renovables per cápita* por ChartsBin, 2011.

### 2.1.2 Recursos hídricos en el Perú

El Perú presenta una superficie aproximada de 1 285,216.00 km<sup>2</sup> y una población estimada al 2019 de 32.51 millones de habitantes (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2021). Es un país con una elevada demanda hídrica debido a que cuenta con un total de  $v= d2'046,287$  MMC de agua, logrando así ubicarse dentro de los 20 países con mayor oferta hídrica.

En el Perú, debido a su orografía, los recursos hídricos, se distribuye en 3 vertientes hidrográficas, concentrándose el 97.7% del volumen en la vertiente del Atlántico, en donde se asienta el 30% de la población que produce el 17.6% del PBI; el 0.5% se encuentra en la vertiente del Titicaca, en donde se asienta el 5% de la población y produce el 2% del PBI; y el 1,8% restante se encuentra en la vertiente del Pacífico, en donde se concentra el 65% de la población que produce el 80.4% del PBI.

El país presenta con importantes fuentes de recursos hídricos que son extraídas de fuentes naturales como lagos, glaciares lagunas; distribuidos en 159 unidades hidrográficas. Además, fuentes alternativas de agua como agua desalada y efluentes tratadas. (Autoridad nacional del Agua [ANA], 2015)

El 30% de las cuencas hidrográficas se sitúa en zonas áridas, semiáridas y sub-húmedas secas, sometidas a diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas. El país tiene diversos usos del agua, el principal es el agrícola que utiliza aproximadamente el 80% con un 35% de eficiencia en promedio para irrigar los cultivos de la costa, sin embargo, factores como la falta de mantenimiento de la infraestructura de riego, uso desmedido del recurso, pérdida de capacidad de los reservorios por la sedimentación, y cultivos no adecuados a la disponibilidad hídrica, han ocasionado problemas de salinidad y drenaje.

La Huella Hídrica Azul (HH Azul) directo total de todos los usuarios de Lima Metropolitana para el año 2018 fue de 717 MMC. Este volumen de agua fue extraído de la cuenca y consumido por el sector residencial, comercial, industrial, agricultura y públicos, siendo el sector residencial el principal usuario y consumidor con un 72%, seguido del sector comercial e industrial con 10% y 6% respectivamente, el sector agricultura con 7% y finalmente, el sector público con 4%. (AquaFondo,2020)

Es así que, con la premisa de poder gestionar responsablemente los recursos hídricos, así como los demás recursos naturales del país, se plantearon diversos proyectos, acuerdos y normativas. Uno de ellos fue la implementación del Plan Nacional de Acción Ambiental 2011-2021, el cual tenía como objetivo orientar la gestión ambiental para el aprovechamiento y uso sostenibles de los recursos dentro del territorio nacional. Sin embargo, de las 4 acciones estratégicas y 8 metas planteadas para el recurso hídrico solo 2 tuvieron un avance 'satisfactorio', 1 tuvo un nivel de cumplimiento 'mínimo' y 5, un nivel 'sin avance' respecto de los objetivos establecidos.

Además, con respecto a los avances relacionados con el ODS 6: Agua y Saneamiento, según el Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026, para el año 2020, en el Perú alrededor de 40.6 % de los habitantes del mundo cuentan con servicios a fuentes de agua potable que son gestionadas de forma segura (Indicador 6.1.1.); y que, al desagregarlo, se observó que presenta un indicador de 47.9 superior en el sector urbano a diferencia del sector rural.

Asimismo, en función al indicador 6.3.1a, 'Porcentaje de efluentes domésticos recibiendo un tratamiento correctamente' SUNASS efectuó una evaluación inicial obteniendo la cantidad de 62.4%.

### Figura 3

*Población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de forma segura (%)*



*Nota.* En 2017, el 42.8 % de la población peruana usó un servicio de saneamiento "gestionado de forma segura", una instalación básica que elimina de manera segura los desechos humanos.

Tomado de *Población que utiliza servicios de saneamiento gestionados de forma segura (%)* por ONU, 2021, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales.

## Figura 4

*Avance general de Perú con respecto al ODS 6*



*Nota.* El Perú aún debe afrontar desafíos significativos para alcanzar el cumplimiento del ODS 6. Teniendo que, 2 indicadores muestran valores satisfactorios de cumplimiento, 2 se encuentran en proceso de mejoría y en el caso del indicador ‘Población que utiliza al menos los servicios básicos de saneamiento’ este aún presenta grandes retos por afrontar. Tomado de *Avance general de Perú con respecto al ODS 6*, por ONU, 2021, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales.

### 2.1.3 Calidad del agua

La calidad el agua es definida como una medida del estado del agua en relación con las necesidades de una o más especies bióticas y/o con cualquier necesidad o propósito humano (Shah, 2017)

Según Chatterjee (2001) la calidad del agua puede clasificarse en 4 tipos:

- Agua potable: Es potable, de sabor agradable y utilizable para fines domésticos.

- Agua potable: Es estéticamente agradable; considera la presencia de sustancias químicas que no suponen una amenaza para la salud humana.
- Agua contaminada: Es aquel recurso hídrico que está compuesta de sustancias físicas, químicas, biológicas o radiológicas no deseadas, y no es apta para el consumo o el uso doméstico.
- Agua infectada: Es la que está contaminada con organismos patógenos.

**Tabla 1**

*Clasificación del agua según su dureza.*

Clasificación del agua	Concentración de dureza total en $mg/L$ como $CaCO_3$
Agua blanda	$< 50 mg/L$ como $CaCO_3$
Moderadamente dura	$50 - 150 mg/L$ como $CaCO_3$
Agua dura	$150 - 300 mg/L$ como $CaCO_3$
Muy sura	$> 300 mg/L$ como $CaCO_3$

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 2**

*Parámetros de la calidad del agua.*

Nro	Tipos de parámetros de calidad del agua		
	Parámetros físicos	Parámetros químicos	Parámetros biológicos
1	Turbidez	pH	Bacteria
2	Temperatura	Acidez	Algas
3	Color	Alcalinidad	Virus
4	Sabor y olor	Cloruro	Protozoos
5	Sólidos	Cloro residual	
6	Conductividad eléctrica	Sulfato	
7		Nitrógeno	
8		Fluoruro	
9		Hierro y manganeso	
10		Cobre y zinc	
11		Dureza	
12		Oxígeno disuelto	

13	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
14	Demanda Química de Oxígeno (DQO)
15	Sustancias inorgánicas tóxicas
16	Sustancias orgánicas tóxicas
17	Sustancias radiactivas

---

*Nota.* Tomada de *Tipos de parámetros de Calidad de agua*, por Cedeño, 2020.

La calidad de cualquier masa de agua superficial o subterránea es una función tanto de las influencias naturales como de las humanas. Esta última engloba a las labores de cada sector en la población, así como también las labores productivas, siendo estas las que producen descargas de efluentes, así como también de desechos sólidos, originando así una problemática que provoca intranquilidad en todos los ciudadanos de dicho sector que utilizan estas aguas para satisfacer sus actividades básicas.

Según el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas (2014), en todo el mundo, el principal problema que se da en el recurso hídrico es la eutrofización, el cual es resultado de las elevadas cargas de nutrientes (proviene en su totalidad de fósforo y nitrógeno), estos elementos son perjudiciales al recurso hídrico. Los principales elementos que son fuentes de nutrientes son la escorrentía agrícola, el agua residual doméstica, los efluentes industriales y los aportes que provienen de la atmósfera que se da por un problema mayor el cual es la quema de combustibles fósiles y los incendios forestales.

La certeza de que existe un perjuicio para el agua está relacionada con aquellas actividades que realizan los ciudadanos de dichas localidades, así como también con aquellas situaciones originadas por el hombre donde la inutilización o el cese de operación de industrias como la minería sigue dejando rastros de malestar en todo el sector; pero también hay otros factores como la mala organización de los desechos sólidos, entre otros; todas estas acciones

provocan el desarrollo de herramientas regulatorias y de gestión que pueden monitorear y controlar efectivamente la calidad del agua para uso de los ciudadanos.

Las evidencias del deterioro de la calidad de los recursos hídricos, asociadas al desarrollo de actividades poblacionales y productivas, pasivos ambientales, manejo inadecuado de residuos sólidos, factores naturales entre otras; conllevan al diseño de instrumentos normativos y de gestión que permitan realizar una efectiva vigilancia y fiscalización de la calidad de los recursos hídricos.

### 2.1.4 Propiedades y características

Hay tres formas diferentes de agua: sólida (hielo), líquida (agua) y gaseosa (vapor). Dado que el agua parece tan omnipresente, muchas personas desconocen las propiedades y características inusuales y únicas del agua, muchas de las cuales se basan en la capacidad de sus moléculas para formar enlaces de hidrógeno. entre ellas se destacan:

**Tabla 3**

*Propiedades físicas del agua*

Propiedades	Valor
Fórmula	$H_2O$
Peso molecular ( $g\ mol^{-1}$ )	18
Densidad ( $kg\ L^{-1}$ )	0.998
Punto de ebullición ( $K$ )	373
Volumen molecular ( $nm^3$ )	0.0299
Volumen de fusión ( $nm^3$ )	0.0027
Densidad máxima del líquido ( $K$ )	277
Calor específico ( $JK^{-1}g^{-1}$ )	4.18
( $JK^{-1}mol^{-1}$ )	75.2
Calor de vaporización ( $kJ\ g^{-1}$ )	2.3
( $kJ\ mol^{-1}$ )	41.4
Tensión superficial ( $mN\ m^{-1}$ )	72.8
Viscosidad ( $\mu Pa\ s$ )	1002

Constante dieléctrica	78.6
Momento dipolar ( $Cm \times 10^{30}$ ) <sup>a</sup>	6.01

*Nota.* Adaptado de *Propiedades físicas del agua*, por Sharp,2001, Water: Structure and Properties.

**Tabla 4**

*Características físicas del agua*

Características	Descripción
Color	El agua pura es incolora. La materia orgánica disuelta procedente de la vegetación en descomposición (algas y compuestos de humus) y ciertas materias inorgánicas, por ejemplo, las concentraciones crecientes de iones disueltos (Fe y Mn), medidas en (ppm), provocan el color del agua. El color se estima comparando el color de la muestra con el de una solución estándar (1,245 g de cloro-platinio potásico añadido a 1,0 g de cloruro de cobalto cristalino en un litro de agua destilada).
Olor	La emisión de olores de cualquier agua puede deberse a la disminución del oxígeno disuelto ( $DO_2$ ), a la presencia de contaminación orgánica y a la presencia de fenoles y sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ). Se han desarrollado determinaciones cuantitativas del olor basadas en el grado máximo de dilución que puede distinguirse del agua sin olor.
Sabor	Puede deberse al aumento del total de sólidos disueltos (TDS), a la dureza de los carbonatos, a la disminución del oxígeno disuelto ( $DO_2$ ) y a la excesiva actividad bacteriana; sin embargo, no hay ningún método aceptado para medir el sabor.
Temperatura	La temperatura afecta a las reacciones geoquímicas y químicas. Afecta a la aceptabilidad de otros componentes inorgánicos y contaminantes químicos que pueden afectar al sabor. La temperatura de las aguas subterráneas es relativamente constante y aumenta con la profundidad, y tiene efectos en las reacciones hidrogeoquímicas.

Turbidez	La turbidez es la medida de la materia suspendida y coloidal en el agua como el limo, la arcilla, la materia orgánica y los organismos microscópicos, también depende de las condiciones estructurales como el régimen de flujo y la meteorización, y el total de sólidos suspendidos (TSS). Las mediciones suelen basarse en la longitud del recorrido de la luz que atraviesa la muestra de agua hasta que desaparece la imagen de la llama de una vela estándar, la turbidez.
pH	El valor del pH en el agua natural se ve afectado por la concentración de iones bicarbonato y carbonato. El valor de PH de todas las muestras de agua se encuentra en el rango óptimo (6,5-8,5). El agua en estado puro tiene un valor neutro (pH=7), mientras que la lluvia tiene un pH ácido natural de aproximadamente 5,6 porque contiene CO <sub>2</sub> y SO <sub>2</sub> . Se mide con un electrodo de pH o con un papel de índice de acidez
Radioactividad	Las fuentes de agua pueden contener radionúclidos de origen natural y artificial (es decir, de fabricación humana). El agua puede contener sustancias radiactivas ("radionúclidos") que podrían suponer un riesgo para la salud humana.

*Nota.* La turbidez, el color y la temperatura conforman la composición física, mientras que la disposición biológica incluye pigmentos y plancton. Adaptado de *Características físicas del agua*, por Sadeq, 2021, *The physical and chemical properties of water*.

Todas estas propiedades y características únicas del agua son importantes para la vida diaria a través de la acción capilar en las plantas, las temperaturas del agua para que los organismos puedan seguir viviendo en este hábitat, y nos ayuda a entender los cambios de los lagos y estanques que se producen a lo largo del año. Estos ejemplos se ven en todo el medio ambiente, sólo tenemos que saber lo que está ocurriendo

### **2.1.5 Contaminantes del agua**

Se tiene una larga historia de introducción de contaminantes en los medios acuáticos, y sólo hemos tenido un éxito parcial a la hora de reparar los daños ya causados y frenar las

actividades que provocan la degradación del medio ambiente. La contaminación del agua proviene de tres fuentes principales:

**Tabla 5**

*Fuentes de contaminación del agua*

Fuente	Descripción
Agua de lluvia	Suele ser potable, pero el agua de lluvia se ha ido contaminando cada vez más debido a la contaminación del aire en varias zonas del mundo.
Aguas superficiales	La escorrentía de las aguas pluviales puede contaminar ríos, arroyos y lagos, y gran parte de la contaminación procede de la agricultura y la industria.
Aguas subterráneas	El agua de los acuíferos subterráneos suele ser potable, pero en los últimos años ha aumentado la contaminación. El agua que se encuentra a gran profundidad está más protegida de muchos tipos de contaminación. Las aguas subterráneas pueden estar contaminadas por elementos naturales como el arsénico, el selenio o el boro.

*Nota.* Elaboración propia

Hay varias formas de contaminar el agua; por ejemplo, el agua potable puede ser contaminada por sustancias químicas mal eliminadas, desechos animales, pesticidas, desechos humanos, desechos inyectados en el subsuelo y sustancias naturales. Asimismo, el agua potable que no es tratada o desinfectada adecuadamente, o que pasa por un sistema de distribución mal mantenido, también puede suponer un riesgo para la salud. Los contaminantes del agua se dividen en cuatro categorías básicas:

**Tabla 6**

*Categorías básicas de contaminantes del agua*

Categoría	Descripción
-----------	-------------

Estética: Sabores y olores ofensivos que provienen de fuentes naturales y no naturales	Sedimentos, suciedad, arena o partículas que afectan al sabor; y minerales que afectan al sabor y pueden convertirse en una molestia para las instalaciones de fontanería.
Biológica: Patógenos que tienen efectos graves o mortales para la salud humana	Bacterias (como E. coli, Salmonella, Shigella y Legionella), quistes y parásitos (como Giardia, Cryptosporidium y tenias), y virus (como la hepatitis A y el poliovirus).
Química	Compuestos orgánicos volátiles, cloro, cloraminas, pesticidas, herbicidas y productos químicos inorgánicos, como los nitratos.
Sólidos Disueltos	Minerales (como el calcio y el magnesio) y metales pesados (como el hierro, el manganeso, el plomo, el mercurio, el cadmio, el cromo, el arsénico, el aluminio, el cobre, el radón y el bario).

*Nota.* Adaptado de *Water Contamination: Sources and solutions. Contamination issues dominate water quality concerns worldwide* por White, 2015, Constaminants.

A continuación, se enumeran algunos mecanismos de control de la contaminación del agua:

- Plantas de tratamiento de los efluentes municipales e industriales antes de su vertido a las masas de agua
- Recogida, reciclaje y eliminación adecuados
- Aplicación de "tecnología limpia" en las unidades industriales
- Separar las líneas de aguas residuales para evitar que se mezclen con el suministro de agua potable
- Plantas de filtrado para obtener agua potable limpia

### **2.1.6 Agua en las industrias**

Las aguas residuales no tratadas siguen siendo un problema importante en la mayoría de los países. Se calcula que el 80% de las aguas residuales se vierten en las masas de agua sin

ningún tipo de tratamiento previo, y la industria es responsable en todo el mundo de verter toneladas de metales pesados, disolventes y otros residuos directamente en las masas de agua cada año (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2017).

### ***2.1.7 Reutilización del agua residual***

Se puede definir como “agua reutilizada” como aquella que, después de ser tratada su calidad, es satisfactoria para un uso en particular (Asano, 1998). Es decir, el agua reutilizada no es otra que agua residual que satisface los estándares que le permiten ser usada nuevamente.

La reutilización del agua no es una técnica novedosa, este conocimiento acerca del aprovechamiento y el reciclaje de efluentes proviene desde la antigüedad. El uso de la tierra de los residuos humanos es una práctica antigua, que paso por n constante desarrollo desde los inicios de la humanidad hasta una época más contemporánea. (Angelakis et al., 2014). Esta práctica se remonta a algunos años atrás, algunos dicen que a principios de la Edad de Bronce (3.000 a.C.), cuando hay pruebas de riego agrícola con aguas residuales en Creta y Grecia. Hoy en día, el recurso hídrico que es reciclado tiene una gran variedad de disposición finales incluso la reutilización potable.

## Figura 5

### Uso del agua residual 1950 - Actualidad



*Nota.* Sólo a partir de principios del siglo XX se empezó a considerar la reutilización planificada del agua como una oportunidad para aumentar la eficacia del uso del agua y limitar la extracción de agua dulce de los ríos y acuíferos. Adaptado de *Use, Recover and Use Again – Industrial Wastewater Reuse is The Name of The Game* por Alper, 2021, IDE Technologies.

En la actualidad se presenta la recuperación y reutilización de las aguas residuales. El estrés hídrico y las estrictas normativas medioambientales obligan a aplicar métodos avanzados de tratamiento de aguas residuales a escala mundial. La gestión de las aguas residuales industriales requiere una cuidadosa evaluación. Una opción es llevarlas a la planta municipal de tratamiento de aguas residuales, pero conlleva unos costes considerables, en cambio, tratar las aguas residuales industriales in situ puede ser la opción más sostenible y permitir alcanzar un proceso de vertido cero de líquidos.

Entre los beneficios que la reutilización de aguas residuales tiene, podemos destacar:

- Cumplimiento y compromiso medioambiental
- Reducir los costes de eliminación de aguas residuales
- Mantener el ritmo de aumento de la producción

- Independizarse de las limitaciones impuestas por las plantas de tratamiento de aguas residuales centralizadas
- Recuperar minerales y nutrientes valiosos

A menudo, la recuperación del agua no es el único objetivo. Los procesadores industriales que han dado el paso de considerar las aguas residuales como un recurso en lugar de como un residuo están minimizando los costes y se están dando cuenta de los beneficios de repensar la estrategia de gestión de los recursos hídricos.

El agua que se genera a partir de un proceso de tratamiento se ha convertido en una nueva fuente de abastecimiento de agua adicional, alternativa y fiable a las puertas de las metrópolis para numerosos usos en el diverso entorno. Este enfoque ha sido reconocido incluso por las Naciones Unidas a través del Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2017 (UNESCO, 2017) centrado en las aguas residuales como recurso. Es así, que se manifiesta la reutilización de aguas residuales que serán tratadas para su disposición final en el uso de agricultura, riego de jardines y parques, disminuyendo así el uso irresponsable de las fuentes de agua de origen natural promocionando también el uso eficiente de recursos, reduciendo el impacto negativo que se genera en ecosistemas y permitiendo mejorar y preservar la biodiversidad.

### ***2.1.8 ODS relacionados a la reutilización de efluentes***

Un suministro fiable y estable de agua dulce es un requisito previo para el desarrollo sostenible de la sociedad humana. Sin embargo, el rápido crecimiento de la población mundial y el desarrollo de la industrialización han dificultado la adquisición de suficiente agua potable.

### ***2.1.9 Tecnologías para el tratamiento de efluentes***

Los métodos tradicionales de eliminación de aguas residuales industriales pueden ser caros y menos amigables con el medio ambiente, ya que a menudo no logran minimizar la

cantidad de efluentes para su eliminación. Las tecnologías innovadoras de tratamiento de aguas industriales hacen que sea económicamente factible volver a convertir diferentes tipos de aguas residuales en un estado purificado y reutilizable, lo que hace que esta agua vuelva a ser un activo valioso, en lugar de una potencial responsabilidad financiera y medioambiental.

Algunos avances tecnológicos importantes que han propiciado el renovado interés por la regeneración de las aguas residuales son: la disponibilidad de membranas fiables de microfiltración, ultrafiltración y ósmosis inversa; el uso del ozono unido a la filtración biológica, la desinfección UV de baja, media y alta energía; la oxidación avanzada UV de alta energía (Angelakis et al., 2018). Estos procesos de tratamiento pueden utilizarse ahora para eliminar la toxicidad aguda (por ejemplo, los microorganismos) y la toxicidad crónica (por ejemplo, los componentes químicos). Además, dado que ahora se dispone de múltiples procesos de tratamiento para cualquier constituyente dado, se aplica el concepto de barrera múltiple, que implica el uso de procesos de tratamiento redundantes u otras actividades, en paralelo o en serie, para reducir el riesgo de un constituyente dado (por ejemplo, microorganismos patógenos). Además, la instrumentación y los equipos de control también han contribuido a la fiabilidad de las instalaciones avanzadas de tratamiento del agua.

Manahan (2006) manifestó que “el desarrollo actual de la tecnología de regeneración permite obtener efluentes de agua regenerada de diversas calidades, incluso hasta un nivel tan alto como la del agua potable” (p.68). La finalidad de todos los métodos de regeneración es conseguir agua que sea adecuada para ser empleada en diferentes tipos de reutilización industrial, agrícola, recreativo, municipal, en fin, en todo lo que fuera posible utilizar satisfaciendo las necesidades de la humanidad.

La técnica que es de interés de esta investigación se puede definir como tecnologías de separación por membrana, se realiza mediante la utilización de membranas, permitiendo lograr

una división en las moléculas del fluido, ya sea en estado gaseoso o en su estado de liquidez. El impulso para lograr esta división es posible de diferentes maneras, a través de procedimientos que suelen utilizar sistemas eléctricos y también por medio de otros mecanismos que emplean presión.

En función a lo anterior, se presenta la idea de tecnología de membranas como la más acertada, gracias a las particularidades de los efluentes de Lima Metropolitana, así como también por el incentivo en la desalación de agua marítima y el reciclaje de efluentes como una alternativa eficiente y eficaz que podrá modificar el recurso hídrico residual de una planta de tratamiento en la elaboración de plásticos.

#### ***2.1.10 Reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos***

Las características de los efluentes pueden variar de acuerdo al tipo de sector como dentro de las fábricas del mismo sector; sin embargo, existen elementos comunes en algunas industrias que se pasan a detallar en la siguiente tabla:

**Tabla 7***Contaminantes inorgánicos en agua clasificados por actividad*

Compuesto	Sector Industrial
Arsénico y sus compuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Industrias del metal e instalaciones de calcinación y sinterización de minerales metálicos (22%).</li> <li>– Industria química inorgánica de base o fertilizantes (20%).</li> <li>– Producción de cemento y materiales cerámicos (18%).</li> <li>– Plantas de procesado de residuos peligrosos (10%).</li> </ul>
Cadmio y sus compuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Industrias del metal e instalaciones de calcinación y sinterización de minerales metálicos (66%)</li> </ul>
Cromo y sus compuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Industrias del metal e instalaciones de calcinación y sinterización de minerales metálicos (87%).</li> </ul>
Zinc y sus compuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Industrias del metal e instalaciones de calcinación y sinterización de minerales metálicos (33%).</li> <li>– Industria Química Orgánica de base (23%).</li> <li>– Industria química inorgánica de base o fertilizantes (16%).</li> <li>– Industria de la madera y papel (11%).</li> </ul>
Fósforo	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Industria química inorgánica de base o fertilizantes (25%).</li> <li>– Industria Química Orgánica de base (22%).</li> <li>– Industria de la madera y papel (18%).</li> <li>– Industrias lácteas, mataderos y otras (13%).</li> </ul>
Plomo y sus compuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Industrias del metal e instalaciones de calcinación y sinterización de minerales metálicos (40%).</li> <li>– Industria química inorgánica de base o fertilizantes (15%).</li> <li>– Industria Química Orgánica de base (12%).</li> <li>– Refinerías de petróleo y gas (12%).</li> </ul>

- Industrias del metal e instalaciones de calcinación y sinterización de minerales metálicos (23%).
  - Industria química inorgánica de base o fertilizantes (18%).
  - Industria Química Orgánica de base (12%).
  - Plantas de combustión (12%).
- Cobre y sus compuestos
- Cianuros Industrias del metal e instalaciones de calcinación y sinterización de minerales metálicos (80%).
  - Industria Química Orgánica de base (10%).
  - Fluoruros Industria química inorgánica de base o fertilizantes (54%).
  - Industrias del metal e instalaciones de calcinación y sinterización de minerales metálicos (22%).
  - Industria Química Orgánica de base (17%).
- Níquel y sus compuestos
- Industrias del metal e instalaciones de calcinación y sinterización de minerales metálicos (44%).
  - Industria química inorgánica de base o fertilizantes (13%).
  - Industria Química Orgánica de base (13%).
- Mercurio y sus compuestos
- Industria química inorgánica de base o fertilizantes (31%).
  - Industrias del metal e instalaciones de calcinación y sinterización de minerales metálicos (18%).
  - Industria Química Orgánica de base (14%).
- Plomo y sus compuestos
- Industrias del metal e instalaciones de calcinación y sinterización de minerales metálicos (40%).
  - Industria química inorgánica de base o fertilizantes (15%).
  - Industria Química Orgánica de base (12%).
  - Refinerías de petróleo y gas (12%).
- Benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX)
- Industria Química Orgánica de base (56%) y xilenos (BTEX).
  - Industrias del petróleo y del gas (17%).
  - Industrias del metal e instalaciones de calcinación y sinterización de minerales metálicos (11%).
  - Cloroalcanos Industria química inorgánica de base o fertilizantes (100%).

1,2 Dicloroetano (DCE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Productos químicos orgánicos de base (63%).</li> <li>- Productos químicos inorgánicos de base o fertilizantes (36%).</li> </ul>
Orgánicos halogenados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalaciones para la producción de pasta de papel (86%).</li> </ul>
Diclorometano (DCM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Productos químicos orgánicos de base (48%).</li> <li>- Industria farmacéutica (30%).</li> </ul>
Dioxinas y furonas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Industrias del metal e instalaciones de calcinación y sinterización de minerales metálicos (41%).</li> <li>- Instalaciones de combustión (19%).</li> <li>- Productos químicos orgánicos de base (17%).</li> <li>- Instalaciones para eliminación de residuos peligrosos (15%).</li> </ul>
Fenoles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Productos químicos orgánicos de base (47%).</li> <li>- Refinerías de petróleo y de gas (23%)</li> <li>- Industrias del metal e instalaciones de calcinación y sinterización de minerales metálicos (11%).</li> </ul>
Hidrofluorocarburos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Productos químicos inorgánicos de base o fertilizantes (48%).</li> <li>- Productos químicos orgánicos de base (41%).</li> </ul>
Hexaclorobenceno Hexaclorobutadieno Hexaclorciclohexano	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Productos químicos orgánicos de base (~90%).</li> </ul>
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tratamiento de superficies con disolventes orgánicos (33%).</li> <li>- Refinerías de petróleo y de gas (27%).</li> <li>- Industrias del metal e instalaciones de calcinación y sinterización de minerales metálicos (21%).</li> <li>- Productos químicos orgánicos de base (13%).</li> </ul>

Tetracloroetileno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tratamiento de superficies con disolventes orgánicos (43%).</li> <li>- Industrias del metal e instalaciones de calcinación y sinterización de minerales metálicos (26%).</li> <li>- Productos químicos orgánicos de base (12%).</li> <li>- Productos químicos inorgánicos de base o fertilizantes (12%).</li> </ul>
Tetraclorometano	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Productos químicos orgánicos de base (93%).</li> </ul>
Triclorobencenos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Productos químicos orgánicos de base (56%).</li> <li>- Productos químicos inorgánicos de base o fertilizantes (44%).</li> <li>- 1, 1,1-Tricloroetano Productos químicos inorgánicos de base o fertilizantes (100%).</li> </ul>
Tricloroetileno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Industrias del metal e instalaciones de calcinación y sinterización de minerales metálicos (32%).</li> <li>- Productos químicos orgánicos de base (31%).</li> <li>- Tratamiento de superficies con disolventes orgánicos (24%).</li> </ul>
Triclorometano (Cloroformo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Productos químicos orgánicos de base (43%).</li> <li>- Productos químicos inorgánicos de base o fertilizantes (40%).</li> <li>- Industria farmacéutica (15%).</li> </ul>

---

*Nota.:* Adaptado de “*Contaminantes inorgánicos en agua clasificados por actividad* “ ,por Alvarado y Cabello ,2022.

Por todo lo antes expuesto, muchos de los compuestos inorgánicos que se han identificado en la tabla anterior, y que existen en los efluentes, son objeto de regulación especial en la actual legislación peruana, debido a su toxicidad o a sus efectos biológicos a largo plazo.

### 2.1.11 Tipos de membranas

Las membranas se fabrican en varias geometrías: láminas planas, enrolladas en espiral, capilares y tubulares. La separación mediante membranas requiere una concentración o una diferencia de presión como fuerza motriz. En las aplicaciones de agua impulsada por presión, las membranas se clasifican por el tamaño de los poros:

- Microfiltración con un tamaño de poro de 0,1 a 1  $\mu\text{m}$
- Ultrafiltración con un tamaño de poro de 5 a 100 nm
- Nanofiltración con un tamaño de poro de 1 a 5 nm

**Figura 6**

*Resumen de los diferentes procedimientos de filtración a presión con filtros de membrana*

Procedimiento	Microfiltración (MF)	Ultrafiltración (UF)	Nanofiltración (NF)	Ósmosis inversa (OI)
Material de filtro	Material orgánico o cerámica	Poliamidas, polisulfatos, acetatos de celulosa, PVdF (polifluoruro de vinilideno)	Capas de polímeros homogéneas	Capas de polímeros homogéneas
Tamaño de los poros	En micrómetros 0,05 – 10 $\mu\text{m}$	Una centésima parte de micrómetros 0,005 – 0,15 $\mu\text{m}$	En nanómetros 0,7 – 10 nm	< 1 nm «sin poros»
Materiales separables	Plancton, algas, enturbiamientos, bacterias, partículas en suspensión, fibras, eventualmente proteínas y microorganismos mayores (amibas)	Macromoléculas, virus, coloides, bacterias	Compuestos orgánicos, iones (de dos valores), colorantes, pesticidas así como herbicidas	Moléculas e iones, sales alcalinas y alcalinotérreas, pero también iones de metales pesados y alcoholes así como azúcar
Diferencia de presión requerida	0,1 – 2 bares	0,1 – 5 bares	3 – 20 bares	10 – 100 bares
Ejemplo	Tratamiento posterior de agua depurada	Tratamiento de agua potable (p.ej., SkyHidrant)	Tratamiento de agua pura, ablandamiento de aguas	Tratamiento de aguas muy purificadas, desalinización de agua de mar

*Nota.* Resumen de procedimientos de filtración a presión con filtros de membrana.

Dependiendo de su estructura física se pueden clasificar en:

### **2.1.12 Osmosis inversa**

La Ósmosis Inversa (OI) o Reverse Osmosis (RI) es una tecnología de separación basada en membranas que se utiliza para eliminar los sólidos disueltos de un líquido. Cuando se impone más fuerza osmótica a la parte de la solución, aumentando el potencial químico, el flujo de disolvente vuelve a pasar de la parte de la solución a la parte del disolvente puro; este proceso se denomina "ósmosis inversa".

La tecnología Osmosis Inversa se basa en el proceso de membrana, un fenómeno natural que ocurre cuando, es cuando a través de una membrana semipermeable, el agua fluye desde la solución de menor salinidad hasta otra de mayor concentración salina. Es un fenómeno que tiene lugar en diversos procesos naturales como, por ejemplo, en la entrada de agua a través de la membrana celular de los seres vivos.

Aunque la ósmosis inversa puede utilizarse en una variedad de aplicaciones no relacionadas con el agua, la mayoría de las aplicaciones de ósmosis inversa se basan en el agua. La amplitud de las aplicaciones de agua en las que puede utilizarse la OI ha contribuido a que esta tecnología se convierta en el mercado multimillonario que es hoy en día.

El desarrollo del proceso de ósmosis inversa se ha regido en gran medida por los avances en los materiales de las membranas, los cuales funcionan como núcleo de todo el proceso. Un resumen cronológico de la evolución del sistema de ósmosis inversa se presenta en la Tabla 1, para ilustrar los principales hitos en el desarrollo de esta tecnología:

**Tabla 8***Cronología histórica del desarrollo del sistema de osmosis inversa*

Año	Descripción
1748 Descubrimiento del fenómeno de la ósmosis	El uso de una membrana semipermeable fue demostrado por primera vez por Jean-Antoine Nollet, un físico francés, en 1748. Nollet utilizó la vejiga de un cerdo como membrana para probar el proceso natural de ósmosis y demostró que un disolvente podía pasar selectivamente a través de una membrana semipermeable mediante el proceso de la presión osmótica natural y que el disolvente entraría continuamente a través de la membrana celular hasta que se alcanzara el equilibrio dinámico en ambos lados de la vejiga. Unos años más adelante, Nollet observó una “tendencia preferencial de la membrana al permeado del agua” usando mezclas de ésta con alcoholes .
1827 Relación permeabilidad-altura	Existe una relación directa entre la permeabilidad preferente de un determinado fluido y la altura que éste podía alcanzar en un tubo capilar vertical.
1867 Primera membrana inorgánica semipermeable	La primera membrana inorgánica semipermeable fue preparada por Traube. Esta película gelatinosa de ferrocianuro de cobre apoyada en una malla de arcilla porosa mostraba una notable selectividad para soluciones diluidas de electrolitos. El desarrollo de esta membrana sintética verdaderamente semipermeable atrajo la atención de los químicos físicos durante el último tercio del siglo XIX.
1885 Ley de Fick	La ley de difusión de Fick establece que la velocidad de difusión de una sustancia a través de un área unitaria (como una superficie o una membrana) es proporcional al gradiente de concentración; es decir, las partículas en movimiento térmico aleatorio tienden a propagarse desde una región de mayor concentración a otra de menor concentración.
1886	Las relaciones cuantitativas entre la concentración de la solución y la presión osmótica fueron derivadas por primera vez por van't Hoff en 1886. La teoría de van't Hoff describe que las sustancias en solución diluida obedecen las leyes de los gases ideales, lo que da lugar a la presión osmótica. La llamada "fuerza osmótica" causada por la presión de

Leyes de van't Hoff sobre la presión osmótica	contacto de la sustancia sobre la membrana semipermeable proviene de la presión por el contacto de la sustancia osmótica sobre la membrana.
1889 Ecuación de Nerts-Plank	La ecuación de Nernst-Planck es una reformulación física de la ley de difusión a macroescala de Fick, ampliada al movimiento de las partículas cargadas. La ecuación fue establecida y fundamentada experimentalmente por Nernst, y elaborada teóricamente por Planck. Las partículas de soluto generan, en un disolvente, una presión osmótica que obedece a las leyes de los gases, y de la observación de que se mueven, bajo la influencia de una fuerza constante, a velocidad media constante debido a las enormes fuerzas de fricción generadas por las colisiones con las moléculas del disolvente.
1905 Einstein: Presión Osmótica	La termodinámica clásica sugeriría una presión osmótica igual a 0. Los descubrimientos de Einstein corrigieron este punto de vista con la teoría estadística del calor, que responde a la pregunta de qué cambios microscópicos se originan por la adición y la retirada de calor. La adición y retirada de calor simplemente aumenta (disminuye) el movimiento de las partículas. En consecuencia, tanto las cantidades microscópicas como las macroscópicas deben seguir las mismas leyes del movimiento y de la mecánica estadística. En consecuencia, la presión osmótica se acumula tanto en la solución como en las suspensiones.
1911 Equilibrio de Donnan	En 1911, Donnan estudió las condiciones en las que se establece el equilibrio entre dos soluciones electrolíticas separadas por una membrana semipermeable, es decir, por una membrana a través de la cual pueden pasar el disolvente y algunos de los iones disueltos, pero no todos. Esto se conoce como el equilibrio de Donnan, en honor a Frederick George Donnan, un químico británico que, en 1911, midió por primera vez los cambios producidos al añadir una sustancia impermeable a un lado de una solución dividida en equilibrio.
1950s Demostración en laboratorio de la OI y Fabricación de	En 1959, los investigadores Sidney Loeb y Srinivasa Sourirajan crearon la primera membrana de ósmosis inversa asimétrica de acetato de celulosa mediante la separación de fases. Esta membrana rechazaba selectivamente el cloruro de sodio y los sólidos totales disueltos (TDS) bajo presión mientras permitía el paso del agua, que es exactamente lo que se necesitaba para que las membranas de ósmosis inversa tuvieran éxito en la desalinización. Además, mostró un

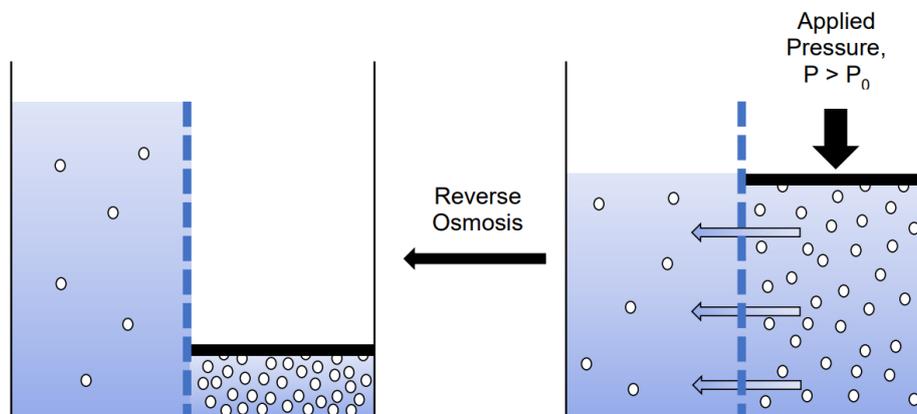
primera membrana de AC	alto rechazo de sales con un flujo de agua diez veces mayor que el de cualquier membrana disponible, facilitando así las aplicaciones del proceso de ósmosis inversa en el mundo real.
1960s Demostración a escala piloto de la ósmosis inversa e Inicio del desarrollo industrial	Utilizando esta membrana asimétrica de acetato de celulosa, el primer sistema de ósmosis inversa a escala piloto se demostró en California en la década de 1960, seguido por el establecimiento de las primeras plantas municipales de OI en Florida a inicios de la década de los 70s. Con respecto al desarrollo industrial, la membrana Loeb-Sourirajan pasó a ser de dominio público a través de patentes, publicaciones y presentaciones técnicas. El potencial de desarrollo de equipos de desalinización de bajo coste despertó el interés de varias empresas industriales del sur de California. Havens Industries, fabricante de productos de fibra de vidrio, fue la primera empresa en aplicar la nueva tecnología.
1970s Mejoramiento de membranas por Cadotte	Tras el éxito de las primeras membranas químicas, los investigadores empezaron a centrarse en la siguiente generación de membranas de OI, capaces de afrontar una gama aún más amplia de condiciones de funcionamiento. Uno de estos investigadores, John Cadotte, desarrolló la primera membrana interfacial de poliamida compuesta en 1972. Esta nueva membrana presentaba un mejor rechazo y flujo a presiones de funcionamiento más bajas que las membranas de acetato de celulosa desarrolladas anteriormente. En los años siguientes, Cadotte trabajó en otras membranas basadas en este éxito inicial con una membrana compuesta de poliamida. A finales de los años 70, Cadotte había desarrollado una membrana compuesta interfacial totalmente aromática, que finalmente fue patentada en 1978 como membrana FT30 por FILMTEC. Esta membrana FT30, que presentaba una química de poliamida y un diseño compuesto de película fina, se convirtió finalmente en la química estándar de la industria para las membranas de OI que se siguen utilizando hoy en día.
1990s Primera membrana de poliamida de baja energía para la OI	Para reducir el uso de energía, los fabricantes de membranas comenzaron a trabajar en membranas que pudieran funcionar a presiones más bajas que las membranas de ósmosis inversa estándar para agua salobre. En 1995, Hydranautics presentó la primera membrana de ósmosis inversa de bajo consumo energético. Esta membrana presentaba flujos más elevados que las membranas de ósmosis inversa para agua salobre de la época, lo que le permitía producir la misma cantidad de permeado, pero a menor presión. Lamentablemente, para funcionar con un flujo mayor,

la membrana tenía que sacrificar el rendimiento. Esta es la base de las modernas membranas de bajo consumo, que ofrecen la mayoría de las empresas de membranas de ósmosis inversa.

2000s Aplicación de la membrana de matriz mixta para las membranas de OI	A lo largo de los años, los investigadores han intentado combinar las características eficaces de ambos materiales, poliméricos y cerámicos, en un nuevo material denominado membrana de matriz mixta (MMM) o membrana híbrida. El único objetivo del desarrollo de nuevos materiales ha sido asociar las características ventajosas de los dos tipos de membranas potenciando la eficacia global del proceso. A pesar de que las MMM se desarrollaron para la separación de agua/etanol mediante pervaporación en la década de 1990, la incorporación de materiales inorgánicos en las membranas orgánicas de ósmosis inversa - compuestos de película fina no comenzó hasta principios de la década del 2000.
2010s Optimización de membranas y procesos	A lo largo de la historia de las membranas de ósmosis inversa y hasta el día de hoy, las empresas de membranas se centran en crear membranas de mayor rechazo alterando ligeramente la química de la membrana y/o las condiciones de fundición de la misma. Alrededor de 2010, se ha producido una transición tecnológica de la destilación al proceso de membrana de ósmosis inversa. En 2020, se preparó una membrana comercial de OI "membrana compuesta de poliamida totalmente aromática reticulada-elemento enrollado en espiral" mediante la polimerización interfacial de aminas aromáticas y haluros de acilo aromáticos, como la FT-30 de Du Pont Water Solution y la UTC-80 de Toray Industries, Inc. Hay cuatro fabricantes clave de membranas en espiral para la desalinización de agua de mar: Du Pont Water Solution, Toray, Hydranautics y LG Chem. En la ósmosis inversa de agua de mar sólo se utiliza el elemento enrollado en espiral después del 2010.

---

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 9***Proceso de Ósmosis Inversa*

*Nota.* La ósmosis inversa utiliza la presión aplicada para forzar el flujo de agua pura desde una región de mayor concentración de solutos a través de una membrana semipermeable hasta una región de menor concentración de solutos. Tomado de *Reverse Osmosis: A History and Explanation of the Technology and How It Became So Important for Desalination* por Lauren et al., 2009.

La ósmosis inversa puede eliminar muchos tipos de especies disueltas y suspendidas del agua, incluidas las bacterias, y se utiliza tanto en procesos industriales como en la producción de agua potable. El resultado es que el soluto queda retenido en el lado presurizado de la membrana y el disolvente puro pasa al otro lado. (Ahuchaogu, 2018).

El proceso ha sido adoptado por el mundo como una forma segura y asequible de purificar el agua potable. Es eficaz para eliminar sustancias químicas disueltas y metales pesados como: nitrato, sodio, criptosporidio, fluoruro, sulfuros, giardia, arsénico, mercurio, uranio, radio y plomo. También es eficaz para eliminar las bacterias nocivas y el cloruro del agua a su paso por las finas membranas semipermeables. Por lo tanto, es importante revisar los recientes avances en el área de las membranas de ósmosis inversa.

## **2.2 Términos Básicos**

### **2.2.1 Desalación**

La desalinización, también llamada desalación, es la eliminación de las sales disueltas del agua de mar y, en algunos casos, de las aguas salobres (ligeramente saladas) de los mares interiores, de las aguas subterráneas altamente mineralizadas (por ejemplo, las salmueras geotérmicas) y de las aguas residuales municipales. Este proceso hace que estas aguas, de otro modo inutilizables, sean aptas para el consumo humano, el riego, las aplicaciones industriales y otros fines. (Britannica, 2021).

### **2.2.2 Membranas**

Las membranas son barreras físicas semipermeables que separan dos fases, impidiendo su íntimo contacto y restringiendo el movimiento de las moléculas a través de ella de forma selectiva. Este hecho permite la separación de las sustancias contaminantes del agua, generando un efluente acuoso depurado. Estas se pueden fabricar con materiales poliméricos, cerámicos o metálicos (Condorchem, 2013).

### **2.2.3 Osmosis**

La osmosis es un proceso que ocurre de forma natural y se da en el tejido de plantas y animales, De manera esquemática, cuando dos soluciones que presentan diferentes concentraciones (un solvente y un soluto) se logran a unir a través de una membrana este permite el paso del solvente, pero no del soluto, logrando así una circulación natural del solvente por medio de la membrana, desde la menor concentración hasta la más elevada concentración. (Soto, 2013)

#### ***2.2.4 Efluentes***

Los efluentes son todas aquellas corrientes de agua que desembocan en ríos o lagos. Si estas desembocaduras se originan por los humanos, entonces se podría denominar aguas residuales, y, por ende, es todo aquello contaminante. Un ejemplo de estos son las aguas residuales producidas por las descargas de agua que realizan las minas.

#### ***2.2.5 Poliestireno***

Es un polímero de vinilo, generalmente siendo un material plástico que no tiene un costo muy elevado y suele ser resistente. También es un material que se encuentre en la cotidianidad del día a día. En su estructura está compuesta por una cadena larga de hidrocarburo.

#### ***2.2.6 Polietileno***

Es perteneciente al grupo de los polímeros, y dentro de ellos es el más sencillo. Debido a su producción económica y simple es uno de los tipos de plásticos más frecuentemente encontrados. Siendo uno de los más producidos al año con una cantidad de más de 70 millones anuales.

#### ***2.2.7 Polipropileno***

Es un material que se puede ablandar producto de la actividad del calor, el cual se genera a partir del proceso de polimerización, por ende, pertenece al grupo de polímeros. Todo esto se desarrolla a través de un control cuidadoso de la temperatura y la presión en presencia de un catalizador.

#### ***2.2.8 Elastómeros***

Son aquellos materiales que están compuestas por plásticos, están comprendidos dentro del grupo de polímeros. Estos materiales en su estructura no contienen ningún tipo de metales,

y mayormente el estado en que se encuentra implica elasticidad, e incluso después de estirarlos tienen la capacidad de poder volver a su estado natural.

### **2.3 Marco Normativo**

Los plásticos ocupan un lugar destacado en el desarrollo de sectores como el de los envases y embalajes, las telecomunicaciones, el transporte, la construcción, la medicina, la agricultura o las tecnologías de la información, y, en general, forman parte de nuestra vida diaria. Motivos que permiten regular el uso de estos bienes con diferentes normas técnicas legales que emiten los entes rectores como es el Ministerio del Ambiente, Ministerio de la Producción.

En la Tabla 10 se detallan las normas que rigen el uso de recursos hídricos en nuestro país, así como el manejo de los efluentes.

**Tabla 10***Normas referentes a los recursos hídricos*

Norma	Descripción
Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos	<p>Regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta. Se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable. Sus principales aportes a la gestión de los recursos hídricos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Declara de interés nacional y necesidad pública la gestión integrada de los recursos hídricos.</li> <li>• Crea el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, como parte del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, con el objeto de articular el accionar del Estado, para conducir los procesos de gestión integrada y de conservación de los recursos hídricos en los ámbitos de cuencas, de los ecosistemas que lo conforman y de los bienes asociados.</li> <li>• Reconoce a la Autoridad Nacional del Agua -ANA como ente rector y máxima autoridad técnico - normativa del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos, y responsable de su funcionamiento.</li> <li>• Asigna a la ANA la función de conducir, organizar y administrar el Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos, entre otros.</li> <li>• Reconoce a las organizaciones de usuarios como asociaciones civiles que tienen por finalidad la participación organizada de los usuarios en la gestión multisectorial y uso sostenible de los recursos hídricos.</li> <li>• Establece condiciones para el otorgamiento de derechos de uso de agua mediante licencias, permisos y autorizaciones de uso de agua.</li> <li>• Establece las instancias administrativas en materia de aguas y otorga facultad sancionadora y coactiva.</li> </ul>

---

Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio 5.1 Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

1. Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.
2. Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.
3. Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos, químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico.
4. El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente, y que influyan en el estado actual de la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad.
5. Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir en la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua.

Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Agua

DS-004- 2017-  
MINAM

Artículo 7.- Verificación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua fuera de la zona de mezcla

1. En cuerpos naturales de agua donde se vierten aguas tratadas, la Autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, entendida esta zona como aquella que contiene el volumen de agua en el cuerpo receptor donde se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y dispersión, sin considerar otros factores como el decaimiento bacteriano, sedimentación, asimilación en materia orgánica y precipitación química.
  2. Durante la evaluación de los instrumentos de gestión ambiental, las autoridades competentes consideran y/o verifican el cumplimiento de los ECA para agua fuera de la zona de mezcla, en aquellos parámetros asociados prioritariamente a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o actividad.
  3. La metodología y aspectos técnicos para la determinación de las zonas de mezcla serán establecidos por la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente y la autoridad competente
-

Los límites máximo permisibles (LMP) referenciales (\*\*) para el agua potable de los parámetros que se controlan actualmente, se indican en el cuadro siguiente.

Límites Máximos  
Permisibles (LMP)

PARÁMETRO	LMP	Referencia
Coliformes totales, UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Coliformes termotolerantes, UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Bacterias heterotróficas, UFC/mL	500	(1)
pH	6,5 – 8,5	(1)
Turbiedad, UNT	5	(1)
Conductividad, 25°C uS/cm	1500	(3)
Color, UCV – Pt-Co	20	(2)
Cloruros, mg/L	250	(2)
Sulfatos, mg/L	250	(2)
Dureza, mg/L	500	(3)
Nitratos, mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L (*)	50	(1)
Hierro, mg/L	0,3	0,3 (Fe + Mn = 0,5) (2)
Manganeso, mg/L	0,2	0,2 (Fe + Mn = 0,5) (2)
Aluminio, mg/L	0,2	(1)
Cobre, mg/L	3	(2)
Plomo, mg/L (*)	0,1	(2)
Cadmio, mg/L (*)	0,003	(1)
Arsénico, mg/L (*)	0,1	(2)
Mercurio, mg/L (*)	0,001	(1)
Cromo, mg/L (*)	0,05	(1)
Flúor, mg/L	2	(2)
Selenio, mg/L	0,05	(2)

Notas:

- (1) Valores tomados provisionalmente de los valores guía recomendados por la Organización Mundial de la Salud (1995)
- (2) Valores establecidos en la norma nacional “Reglamento de Requisitos Oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables”, aprobado por Resolución Suprema del 17 de Diciembre de 1946
- (3) En el caso de los parámetros de conductividad y dureza, considerando que son parámetros que afectan solamente la calidad estética del agua, tomar como referencia los valores indicados, los que han sido propuestos para la actualización de la norma de calidad de agua para consumo humano especialmente para aguas subterráneas.
- (\*) Compuestos tóxicos

*Nota.* Autoridad Nacional del Agua, Plan Estratégico Anual, 2011.

### III. MÉTODO

#### 3.1 Tipo de investigación

El método que se aplicó en la investigación fue de enfoque cuantitativo, pre-experimental, de un solo grupo, con diseño de prueba antes y después. “El diseño ofrece una ventaja, hay un punto de referencia inicial para ver qué nivel tenía el grupo en las variables dependientes antes del estímulo. Es decir, hay un seguimiento del grupo”. (Hernández et al., 2010)

El diseño de la presente investigación se encuentra en el siguiente cuadro:

G 01 x 02

G: Grupo de estudio

01= Pre-prueba

02 = Pos-prueba

El estudio es de tipo aplicada y de nivel descriptivo, esto porque se encuentra orientado al aprendizaje y conocimiento de la realidad en la situación tal cual se encuentra (Sánchez y Reyes, 2006, p. 14). El nivel de la investigación es descriptivo debido a que las variables de investigación se describirán por medio de teorías.

#### 3.2 Población y Muestra

##### 3.2.1 Población

Para el caso particular de la presente investigación, la población está determinada por 20 empresas procesadoras de plásticos en Lima Metropolitana.

### 3.2.2 Muestra

El tamaño de la muestra para la presente investigación, mediante las fórmulas estadísticas, ha sido calculado en 10 empresas procesadoras de plásticos en Lima Metropolitana, de ellos se extrae 30 trabajadores por conveniencia.

Para calcular el tamaño de muestra se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 \cdot N \cdot P (1 - P)}{(N - 1)E^2 + Z^2 \cdot P (1 - P)}$$

$$n = \frac{1.96^2 \times 20 \times 0.50 (1 - 0.50)}{(20 - 1)0.05^2 + 1.96^2 \times 0.50 (1 - 0.50)}$$

$$n = 18$$

Dónde:

n = tamaño de la muestra 18

Z = Nivel de confianza al 95%, el mismo que es igual a 1.96

N = Tamaño de la población (20 habitantes)

P = Porcentaje de la población que posee las características. En este caso, equivalente a 0.50.

E = Error de muestreo

## 3.3 Operacionalización de Variables

### 3.3.1 Variable Independiente

Osmosis Inversa: La osmosis inversa (OI) consiste en impulsar el agua cruda (alimentado) a alta presión a través de una membrana semipermeable, la cual posibilita la separación de las partículas indeseadas contenidas en el agua, con el fin de obtener agua pura y ultra pura, según la necesidad. De esta forma, se obtiene por un lado un flujo de agua pura (permeado) sin presión y por el otro un flujo de agua con las partículas no deseadas (rechazo) a alta Este procedimiento tiene diferentes aplicaciones industriales, entre las más frecuentes se

encuentran: la desalinización de agua de mar, la purificación de agua cruda, la reducción de sólidos disueltos para la alimentación de agua a calderas, la separación y/o eliminación de virus para las industrias farmacéuticas y biotecnológicas.

### 3.3.2 Variable Dependiente

Reutilización de efluentes: La reutilización de efluentes está destinada a explicar, las condiciones específicas de disponibilidad de agua residual y de los usuarios del agua regenerada. Por lo tanto, es necesario que la planificación de los sistemas de reutilización se realice sobre la base de unos objetivos claramente definidos. En general, la planificación se lleva a cabo en tres fases sucesivas, que incluyen una primera etapa a nivel conceptual, una investigación preliminar de viabilidad y la planificación de las instalaciones.

**Tabla 11**

*Definición operacional de la variable dependiente*

Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Items	Nivel/Rango
Reutilización de efluentes	Termoplásticos	Se deforman en el calor	1,2,3,4	Malo Regular Bueno
		Solidifican al enfriarse	5,6,7	
	Termoestables	Plástico rígido y más resistente a las temperaturas	8,9,10,11	
		No pueden reciclarse mediante calor.	12,13,14	
	Elastómeros	Sufren estimaciones fácilmente.	15,16,17	
		No soportan bien el calor	18,19,20	

*Nota.* Elaboración propia

### 3.4 Instrumentos

Los instrumentos utilizados en la investigación ser el cuestionario el cual será diseñado e función a la variable, el cual recolectará datos cuantitativos.

### 3.4.1 Descripción de instrumentos

Los cuestionarios son elaborados para realizarlas encuestas las cuales son elaboradas de forma ordenada y con preguntas que son coherentes, con claridad para que puedan ser resueltas de la misma forma. En ese sentido, se construyó balotario con 20 interrogantes en torno a las variables de estudio en función de las dimensiones, con el objetivo de recopilar información de los pobladores, los datos servirán para interpretar resultados por medio de una estadística.

**Tabla 12**

*Escala de Likert*

<b>Abreviación</b>	<b>Definición</b>	<b>Valor</b>
<i>N</i>	Nunca	1
<i>CN</i>	Casi nunca	2
<i>AV</i>	A veces	3
<i>CS</i>	Casi siempre	4
<i>S</i>	Siempre	5

*Nota.* Elaboración propia

### 3.4.2 Validez

En la presente investigación los instrumentos que permitirán medir la recolección de datos, deberán permitir la validez. La validez se determina e varios grados y es importante identificar según las características. Es por ello que el análisis de la validez fue determinado por la opinión de un grupo de expertos y especialistas en el tema de investigación.

### 3.4.3 Validez de las variables

Con la finalidad de comprobar la efectividad de la variable en el estudio, se desarrolló una serie de preguntas en función a los indicadores que identifican la variable, luego los expertos evalúan para su opinión final, una vez recibidas las opiniones del jurado evaluador se

desarrolló la prueba piloto el que permitió determinar la duración, lo cual se utilizó como parámetro para la realización de la prueba.

#### **3.4.4 Procedimientos para la validación**

Los instrumentos empleados han sido analizados por un conjunto de especialistas en el tema que cuentan con una vasta experiencia, por ello sus críticas constructivas son tomadas con firmeza, por lo tanto, los instrumentos utilizados presentan una eficacia corroborada, ello debido a que permite resolver el objetivo de la investigación, así como determina la validez interna.

**Tabla 13**

*Validación por expertos Variable 1*

<b>Nro</b>	<b>Experto</b>	<b>Confiabilidad</b>
1	Dr. Fortunato Diestra Salinas	Aplicable
2	Dra. Juana Ramos Vera	Aplicable
3	Mg. Virginia Cerafin Urbano	Aplicable

*Nota.* Elaboración propia

Del estudio de la tabla, se deduce que la aprobación general del instrumento, en base a la opinión oportuna de los expertos consultados, oscila entre el 85% y 90% lo que da un promedio del 88.5%; que en la escala con la que se ha trabajado en la presente investigación, calificaría como Muy Bueno (80% a 100%). Por lo que se considera aplicable a la muestra.

#### **3.4.5 Confiabilidad**

La confianza que generen los instrumentos permite determinar la utilización de la evaluación estadística del Alfa de Cronbach. La fórmula permite determinar la magnitud de persistencia y precisión, teniendo en cuenta los siguientes valores: El criterio de confiabilidad del instrumento se determinó utilizando la prueba estadística mediante el Alfa de Cronbach. Cuya fórmula se muestra a continuación:

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

Donde:

$K$ : El número de ítems

$S_i^2$ : Sumatoria de Varianza de los ítems

$S_T^2$ : Varianza de la suma de los ítems

$\alpha$ : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Entonces tendríamos que:

**Tabla 14**

*Confiabilidad del instrumento mediante Alfa de Cronbach*

Alfa de Cronbach	Nro. de elementos
0.84	20

*Nota.* Elaboración propia

### 3.5 Procedimientos

El proceso de implementación de la OI en una planta de fabricación de plásticos esta diseñados según las tecnologías que se recabaron de las diferentes investigaciones para otras actividades adecuándolos para la investigación presente siendo esta la propuesta que sirvió para la inducción y conocimiento de la implementación y funcionamiento de una planta de plástico en el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 6 y 12.

La Implementación de la Planta Piloto de Ósmosis Inversa tiene el objetivo de tratamiento del recurso hídrico mediante el método de osmosis inversa, teniendo como resultado el agua osmotizada. Esta brindara conocimientos de los procesos tecnológicos, y

capacitar a los trabajadores y funcionarios de la planta de fábrica de plástico para concientizar a la optimización del uso del recurso agua en el proceso de producción.

Para lograr el resultado se emplean una serie de técnicas de tratamiento para el recurso hídrico por el método de osmosis inversa, para la separación de sustancias contaminantes en el recurso hídrico, permitiendo incorporar constituyentes muy pequeños como los iones monovalentes de sodio y magnesio, entre otros.

Asimismo, se abordan el desarrollo el marco teórico en función a las variables, características del agua, su clasificación, osmosis inversa. Y complementado a la propuesta de la implementación de esta tecnología se propondrá el diseño adecuado de los equipos del pre-tratamiento, así como la metodología a utilizar para los análisis físico químicos y microbiológicos del agua, el uso del programa y protocolos de simulación para seleccionar el tipo de membrana a emplear según el resultado de los análisis a desarrollar del agua.

Por último, enfocar con claridad y didáctica los resultados a obtener a partir de la implementación de esta tecnología en la planta de fábrica de plásticos; características y análisis del agua fuente y el agua producida mediante el proceso de ósmosis inversa.

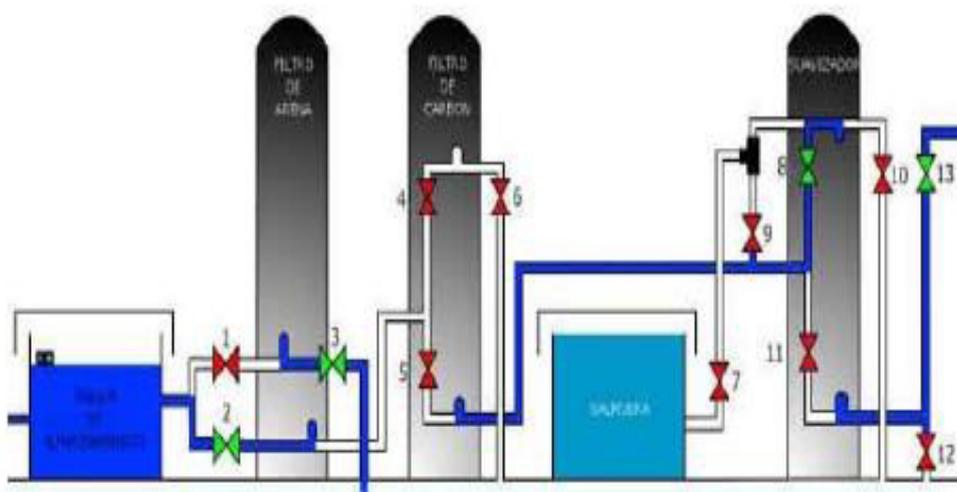
La aplicación consiste en el desarrollo de una planta de ósmosis inversa para lograr la desalación del recurso hídrico subterránea que posea un contenido de Sólidos Disueltos Totales mayor a 2,500 ppm, así como la perforación de dos pozos: uno para abastecimiento de agua salobre y el otro para la descarga del agua de rechazo del sistema de Ósmosis Inversa. La planta de OI será instalada en el área del estacionamiento subterráneo de la planta junto al área del sistema hidroneumático y post-tratamiento de agua potable. La actividad del proyecto contemplado realiza la captación, tratamiento y suministro de agua. El caudal de Rechazo, se medirá por medio del caudalímetro que ese ubica en la línea de salida de salmuera. Este rechazo se desecha al mar.

### 3.6.1 Primera fase

Conocimiento del proceso desde el alimentador energía explicado y considerado para la capacitación, explicación mediante este flujo sobre las funciones del filtro de arena, el filtro de carbón y el suavizador de la dureza del agua.

**Figura 7**

*Primera fase para ingresar al pretratamiento de simulación*



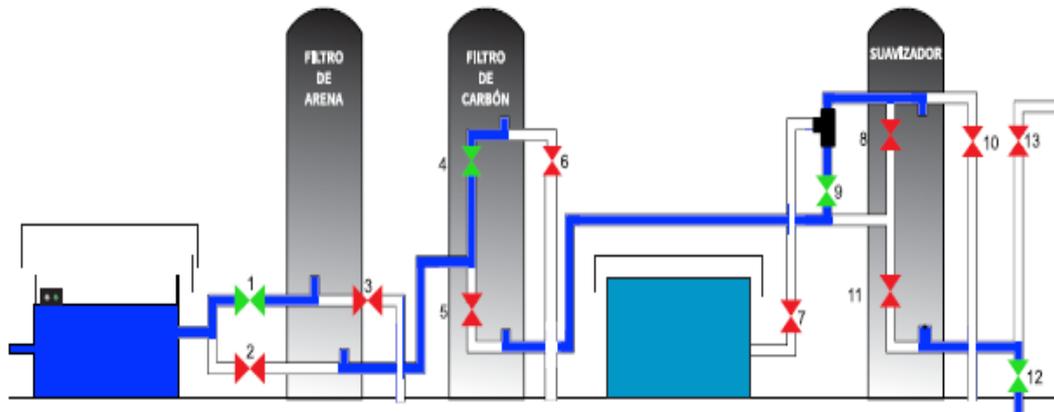
*Nota.* Elaboración propia

### 3.6.2 Segunda fase

La presión aplicada influye directamente sobre la cantidad de agua que atraviesa la membrana de tal forma que a mayor presión mayor será la cantidad de agua osmotizada que obtendremos y mayor será su calidad.

**Figura 8**

*Segunda fase para ingresar al pretratamiento de simulación*



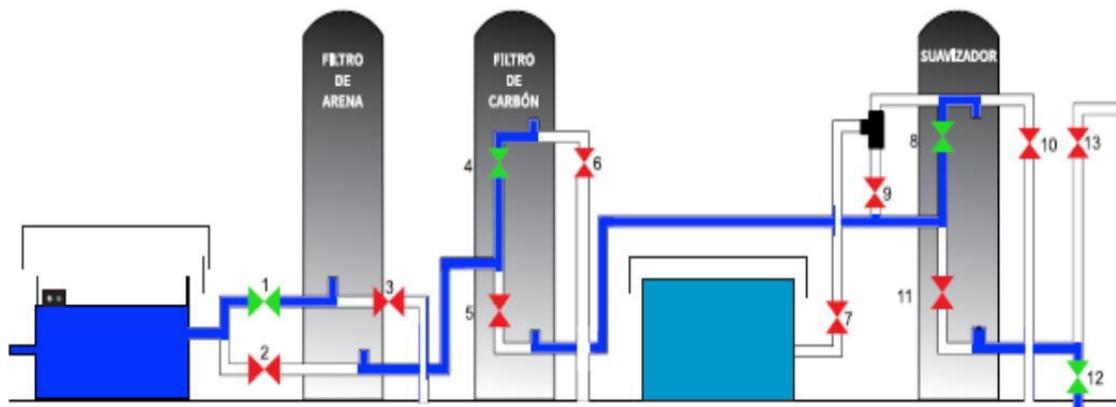
*Nota.* Elaboración propia

### 3.6.3 Tercera fase

Un aumento de la concentración de sales provocará una disminución de la cantidad de agua permeada y además una pérdida de calidad de dicha agua que se obtendrá con mayor concentración de sales. Del mismo modo a mayor concentración de sales, mayor presión se necesita para obtener un caudal determinado de permeado.

**Figura 9**

*Tercera fase para ingresar al pretratamiento de simulación*



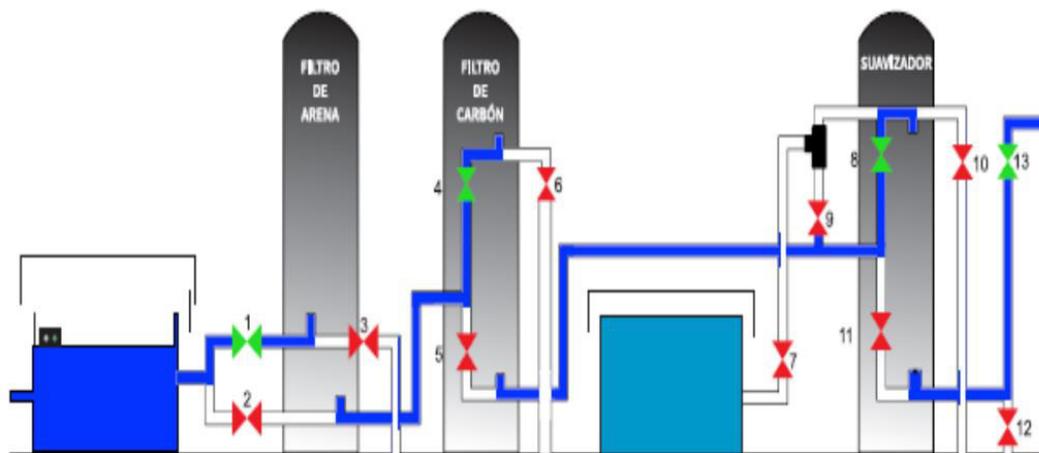
*Nota.* Elaboración propia

### 3.6.4 Cuarta fase

Un aumento de la temperatura produce un aumento del caudal de permeado mientras que una disminución de temperatura provocará un descenso de este caudal. Este fenómeno se produce por la variación de la densidad del agua en función de la temperatura y afecta en forma muy significativa a la producción de permeado.

**Figura 10**

*Cuarta fase para ingresar al pretratamiento de simulación*



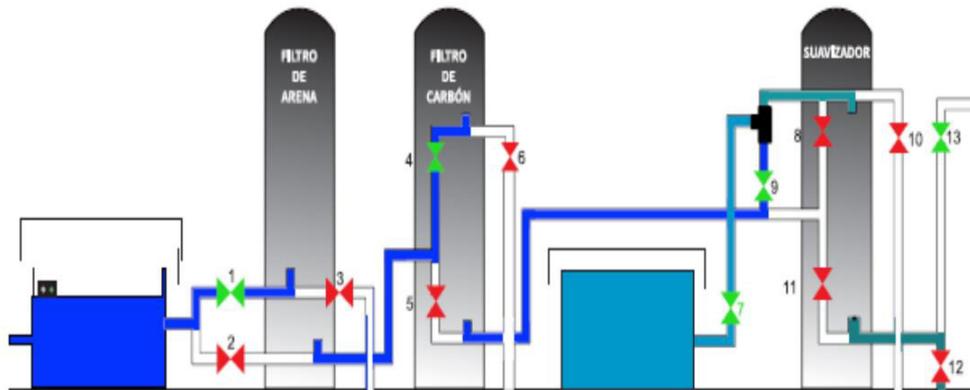
*Nota.* Elaboración propia

### 3.6.5 Quinta Fase

Intercambiadores de calor que permiten regular la temperatura de la aportación al sistema de OI para así controlar de forma más eficaz la producción de agua dulce.

**Figura 11**

*Quinta fase para ingresar al pretratamiento de simulación*



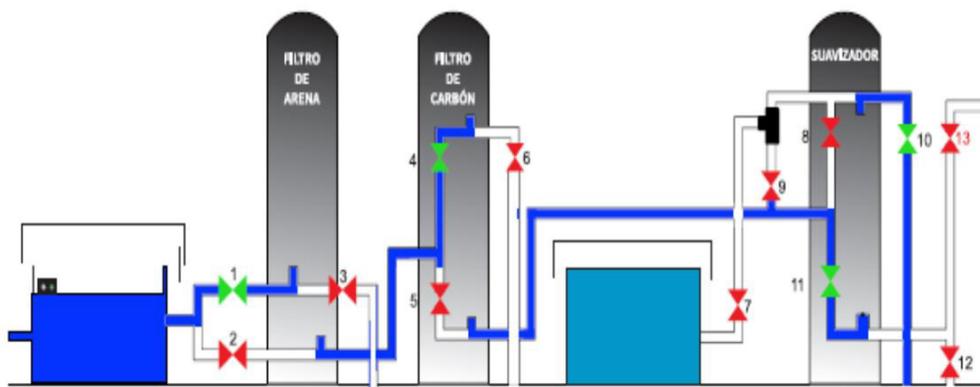
Fuente: Elaboración propia

### 3.6.6 Sexta Fase

Relación porcentual del caudal de agua producida respecto al caudal alimentado. El aumento de este porcentaje indica un mayor aprovechamiento del agua a costa de una mayor concentración de sales presentes en el rechazo.

**Figura 12**

*Sexta fase para ingresar al pretratamiento de simulación*



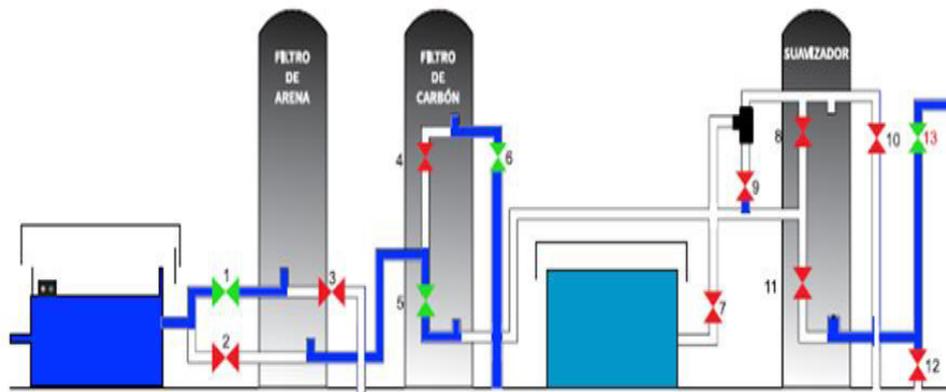
Nota. Elaboración propia

### 3.6.7 Séptima Fase

Las membranas de ósmosis inversa son impermeables a las partículas en suspensión, no obstante, estas partículas cuando son muy finas no se retienen en los filtros previos y pueden acumularse en la membrana e interferir en su correcto funcionamiento.

**Figura 13**

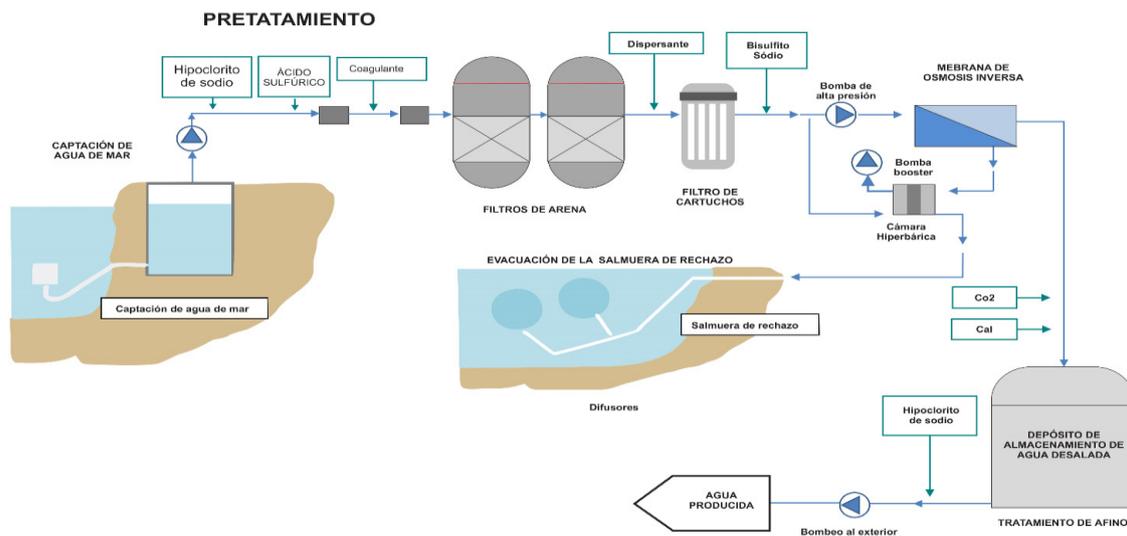
*Séptima fase para ingresar al pretratamiento de simulación*



Nota. Elaboración propia

**Figura 14**

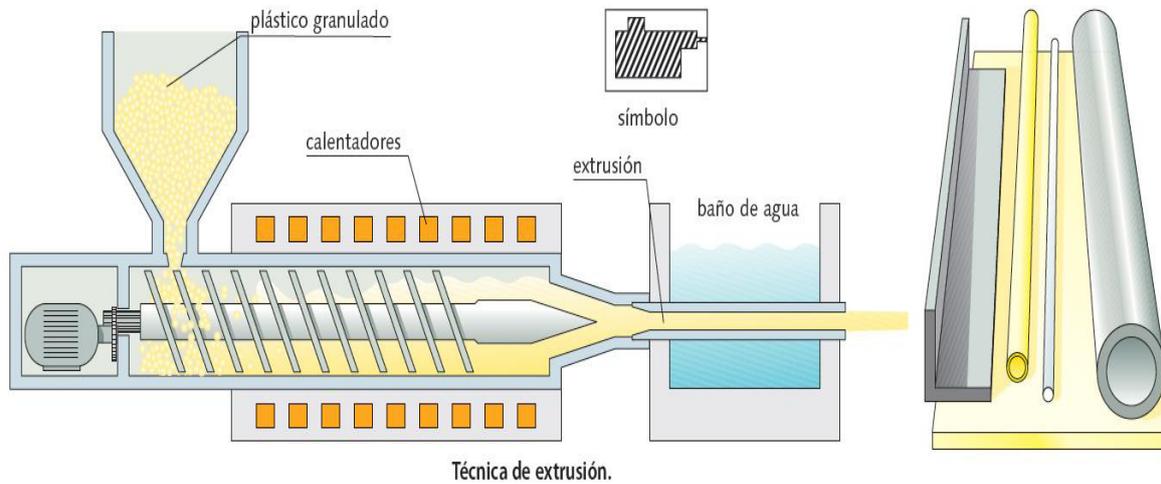
*Proceso del pretratamiento*



Nota. [www.aguasindustriales.es](http://www.aguasindustriales.es)

**Figura 15**

*Proceso de fabricación en el cual se detalla los usos del agua*



*Nota.* [www.kochmembrane.com](http://www.kochmembrane.com)

- El caudal de Permeado, se medirá por medio de un caudalímetro que se ubica en la línea de agua producida, luego será conducida a un sensor de salinidad el cual enviara un señal a válvula solenoide. Si se desea superar el parámetro desalinidad máximo el cual es fijado en un panel de control, la válvula permitirá derivar el flujo del recurso hídrico el cual es producida a la salida de agua no potable.
- Para logra que exista un caudal continuo, se instalará una lectura de baja presión el cual será entre el filtro y la bomba de alta presión. La medición lograra que el operario obtenga información sobre si la entrada o el filtro se encuentra sucio o requiere mantenimiento.

### 3.6 Análisis de datos

Después de haber recogido los datos de la muestra a continuación pasaremos realizar el análisis de los resultados en ambos casos en pre-test y post-test, para ello se hacemos uso de las herramientas estadísticas tales como las tablas, los cuadros, las figuras, basado en ellas realizamos la interpretación de los resultados, así como también el uso de la estadística

descriptiva para realizar la inferencia de la hipótesis general y específicas, interpretando los resultados de acuerdo a la realidad que se obtiene.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Prueba de Hipótesis

#### 4.1.1 Contratación y Análisis inferencial de la Hipótesis General

H<sub>0</sub>: La implementación de Ósmosis inversa no tiene efectos positivos en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

H<sub>1</sub>: La implementación de Ósmosis inversa tiene efectos positivos en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

**Tabla 15**

*Prueba de Wilcoxon para probar la hipótesis general según rangos*

Rangos		N	Rango promedio	Suma de rangos
Reutilización de efluentes pos-test	Rangos negativos	0 <sup>a</sup>	,00	,00
	Rangos positivos	30 <sup>b</sup>	15,50	465,00
Reutilización de efluentes pre-test	Empates	0 <sup>c</sup>		
	Total	30		

a. Reutilización de efluentes pos-test < Reutilización de efluentes pre-test

b. Reutilización de efluentes pos-test > Reutilización de efluentes pre-test

c. Reutilización de efluentes pos-test = Reutilización de efluentes pre-test

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 16**

*Prueba de Wilcoxon para probar la hipótesis general según estadísticos de contraste*

Estadísticos de contraste <sup>a</sup>	
Reutilización de efluentes pos-test – Reutilización de efluentes pre-test	
Z	-4,785 <sup>b</sup>
Sig. asintót. (bilateral)	,000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

*Nota.* Elaboración propia

#### 4.1.2 *Análisis e interpretación de la Hipótesis General*

En la Tabla 17 se observa que existe predominancia de rasgos positivos que indica que las puntuaciones del pos-test son mayores que las puntuaciones del pre-test. Debido a que el valor de  $p$  es 0,000 menor en comparación con  $\alpha$  y  $Z$  (-4,785b) es menor que -1,96 (punto crítico) y tomando en cuenta los resultados generados de la prueba de estadística, se desestima la hipótesis nula, por lo cual se aprueba la hipótesis alterna del investigador, confirmando que: La Implementación de Ósmosis Inversa tiene efectos positivos en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

#### 4.1.3 *Análisis Inferencial de las Hipótesis Específicas*

##### 4.1.3.1 *Hipótesis específica 1*

H0: La implementación de Ósmosis inversa no tiene efectos positivos en termoplásticos de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

HE1: La Implementación de Ósmosis inversa tiene efectos positivos en termoplásticos de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

**Tabla 17**

*Prueba de Wilcoxon para probar la HE1 según rangos*

		Rangos			
			N	Rango promedio	Suma de rangos
Termoplásticos pos- test		Rangos negativos	0 <sup>a</sup>	,00	,00
		Rangos positivos	30 <sup>b</sup>	15,50	465,00
		Empates	0 <sup>c</sup>		
Termoplásticos pre- test		Total	30		
<i>a. Termoplásticos pos-test &lt; Termoplástico pre-test</i>					
<i>b. Termoplásticos pos-test &gt; Termoplásticos pre-test</i>					
<i>c. Termoplásticos pos-test = Termoplásticos pre-test</i>					

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 18**

*Prueba de Wilcoxon para probar la HE1 según estadísticos de contraste*

Estadísticos de contraste <sup>a</sup>	
Termoplásticos pos-test – termoplásticos pretest	
Z	-4,799 <sup>b</sup>
Sig. (bilateral)	asintót. ,000
<i>a.</i> Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon	
<i>b.</i> Basado en los rangos negativos.	

*Nota.* Elaboración propia

#### **4.1.3.2 Análisis e interpretación de la HE1**

En la Tabla 18 se evidencia la supremacía de rangos positivos, lo que indica que el puntaje posterior a la prueba es más alto que el puntaje obtenido previo a la prueba. Debido a que  $p$  es 0,003 menor si se compara con  $\alpha$  y  $Z$  (-4.799b) es menor que -1,96 (punto crítico) y tomando en cuenta los resultados generados de la prueba de estadística, se desestima la hipótesis nula 1, por lo cual se aprueba la hipótesis alterna del investigador, afirmando que: La implementación de Ósmosis inversa tiene efectos positivos en termoplásticos de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

#### **4.1.3.3 Hipótesis específica 2**

H0: La implementación de Ósmosis inversa tiene efectos positivos en termoestables de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

HE2: La implementación de Ósmosis inversa tiene efectos positivos en termoestables de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

**Tabla 19***Prueba de Wilcoxon para probar la HE2 según rasgos*

		Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
Termoestables pos-test	Rangos negativos	0 <sup>a</sup>	,00	,00
	Rangos positivos	30 <sup>b</sup>	15,50	465,00
Termoestables pre-test	Empates	0 <sup>c</sup>		
	Total	30		
<i>a. Termoestables pos-test &lt; Termoestables pre-test</i>				
<i>b. Termoestables pos-test &gt; Termoestables pre-test</i>				
<i>c. Termoestables pos-test = Termoestables pre-test</i>				

Nota. Elaboración propia

**Tabla 20***Prueba de Wilcoxon para probar la HE2 según estadísticos de contraste*

Estadísticos de contraste <sup>a</sup>	
Termoestables posttest – termoestables pretest	
Z	-4,794 <sup>b</sup>
Sig. asintót. (bilateral)	,000
<i>a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon</i>	
<i>b. Basado en los rangos negativos.</i>	

Nota. Elaboración propia

**4.1.3.4 Análisis e interpretación de la HE2**

En la Tabla 20 se evidencia que el rango positivo es dominante, lo que indica que el puntaje posterior a la prueba es más alto que el puntaje obtenido previo a la prueba. Debido a que el valor de p es 0,003 menor que  $\alpha$  y Z (-4.794b) es menor que -1,96 (punto crítico) y tomando en cuenta los resultados generados de la prueba de estadística, se desestima la hipótesis nula 2, por lo cual se aprueba la hipótesis alterna 2 del investigador, afirmando que:

La Implementación de Ósmosis inversa tiene efectos positivos en termoestables de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

#### 4.1.3.5 Hipótesis específica 3

H0: La implementación de Ósmosis inversa tiene efectos positivos en elastómeras de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

HE3: La Implementación de Ósmosis inversa tiene efectos positivos en elastómeras de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

**Tabla 21**

*Prueba de Wilcoxon para probar la HE3 según rasgos según estadísticos de contraste*

		Rangos			
			N	Rango promedio	Suma de rangos
Elastómeras test	pos-	Rangos negativos	0 <sup>a</sup>	,00	,00
		Rangos positivos	30 <sup>b</sup>	15,50	465,00
Elastómeras test	pre-	Empates	0 <sup>c</sup>		
		Total	30		
<i>a. Elastómeras pos-test &lt; Elastómeras pre-test</i>					
<i>b. Elastómeras pos-test &gt; Elastómeras pre-test</i>					
<i>c. Elastómeras pos-test = Elastómeras pre-test</i>					

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 22**

*Prueba de Wilcoxon para probar la HE3*

		Estadísticos de contraste	
		Elastómeros postes – elastómeros pre-test	
Z		-4,793 <sup>b</sup>	
Sig. (bilateral)	asintót.	,000	
<i>a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon</i>			
<i>b. Basado en los rangos negativos.</i>			

*Nota.* Elaboración propia

#### 4.1.3.6 Análisis e interpretación de la HE3

En la Tabla 22 se evidencia que el rango positivo es dominante, lo que indica que el puntaje posterior a la prueba es más alto que el puntaje obtenido previo a la prueba. Dado que el valor de  $p$  es 0,003 menor que  $\alpha$  y  $Z$  (-4.793b) es menor que -1,96 (punto crítico) y tomando en cuenta los resultados generados de la prueba de estadística, se desestima la hipótesis 3, por lo cual se aprueba la hipótesis alterna 3 del investigador, afirmando que: La Implementación de Ósmosis inversa tiene efectos positivos en elastómeros la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

## 4.2 Cuestionario

Como resultado de la aplicación de los instrumentos de investigación estructurados para esta investigación se obtienen los siguientes resultados:

La generación de este efluente está contaminada con partículas mínimas que superan los PM10.

### 4.2.1 Resultado pre-test

**Tabla 23**

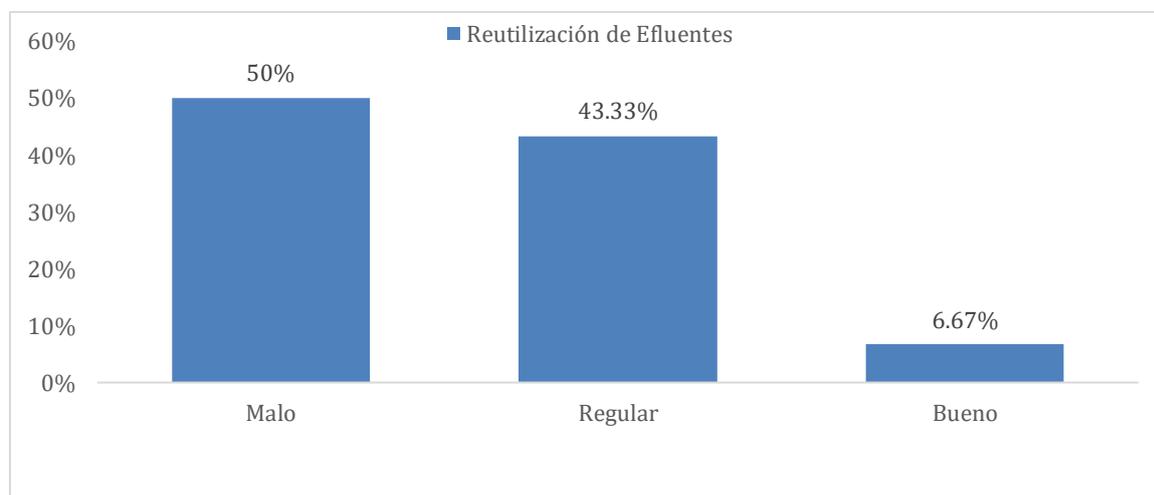
*Distribución de frecuencias y porcentajes de reutilización de efluentes*

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Malo	15	50%
	Regular	13	43.3%
	Bueno	2	6.7%
	Total	30	100%

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 16**

*Representación gráfica de la reutilización de efluentes de la empresa de plásticos.*



*Nota.* Elaboración propia

Se observa que 15 encuestados (50%), manifiestan que la reutilización de efluentes de las empresas de la fábrica de plásticos en Lima Metropolitana es mala, 13 de los encuestados (43.3%) manifiestan que es regular y solo 2 encuestados (6.7%) manifiestan que es bueno.

**Tabla 24**

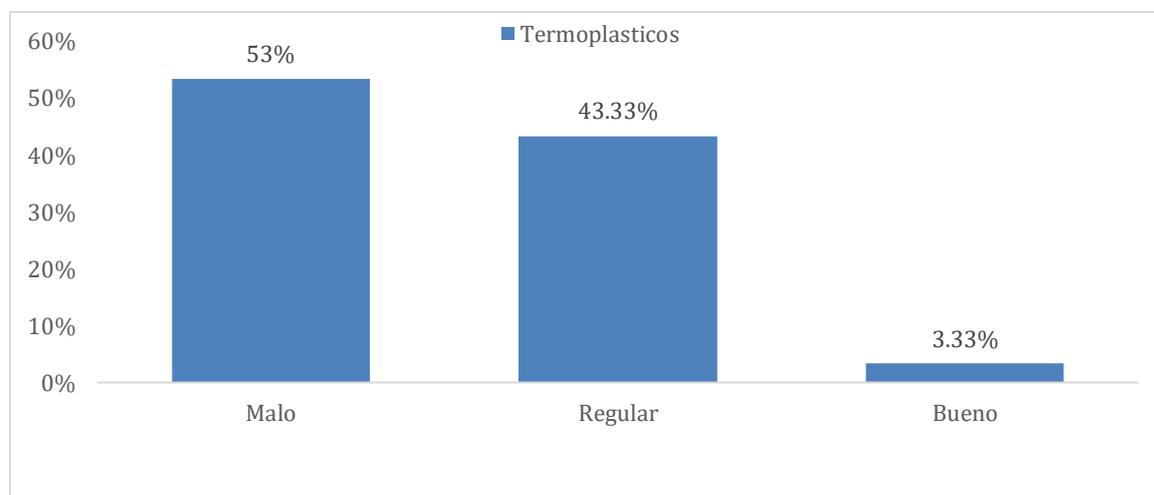
*Distribución de frecuencias y porcentajes de la dimensión termoplásticos*

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Malo	16	53.3%
	Regular	13	43.3%
	Bueno	1	3.3%
	Total	30	100%

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 17**

*Representación gráfica de los termoplásticos de efluentes de la empresa de plásticos*



*Nota.* Elaboración propia

Se observa que, 16 encuestados (53.3%) manifiestan que los termoplásticos de la reutilización de efluentes de las empresas de la fábrica de plásticos en Lima Metropolitana son malos, 13 de los encuestados (43.3%) manifiestan que es regular y solo 1 encuestado (3.33%) manifiesta que es bueno.

**Tabla 25**

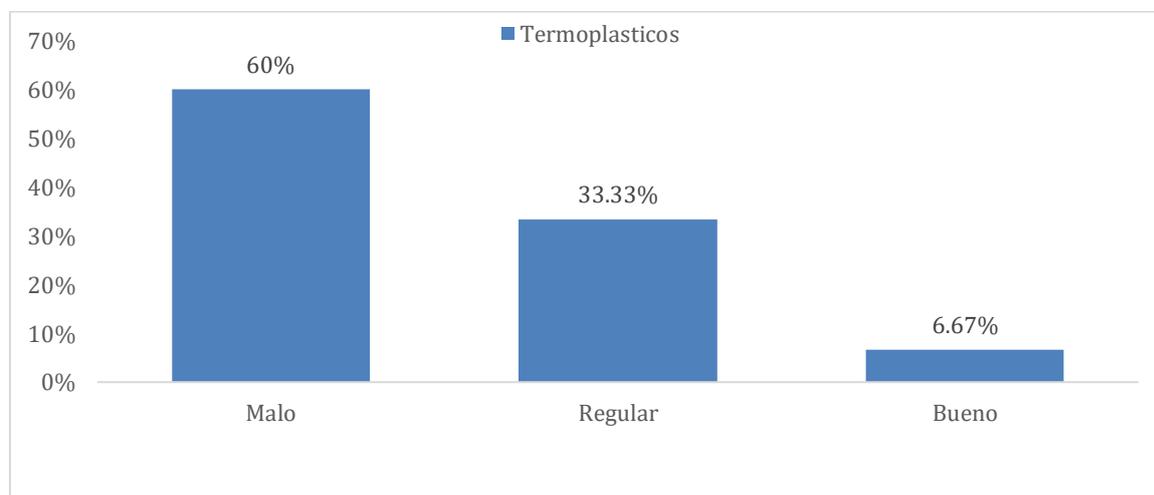
*Distribución de frecuencias y porcentajes de la dimensión termoestables*

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Malo	18	60%
	Regular	10	3.3%
	Bueno	2	6.7%
	Total	30	100%

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 18**

*Representación gráfica de los termoestables de efluentes de la empresa de plástico*



*Nota.* Elaboración propia

Se observa que, 18 encuestados (60%) manifiestan que los termoestables de la reutilización de efluentes de las empresas de fábrica de plásticos en Lima Metropolitana son malos, 10 de los encuestados (33.3%) manifiestan que es regular y solo 2 encuestados (6.7%) manifiestan que es bueno.

**Tabla 26**

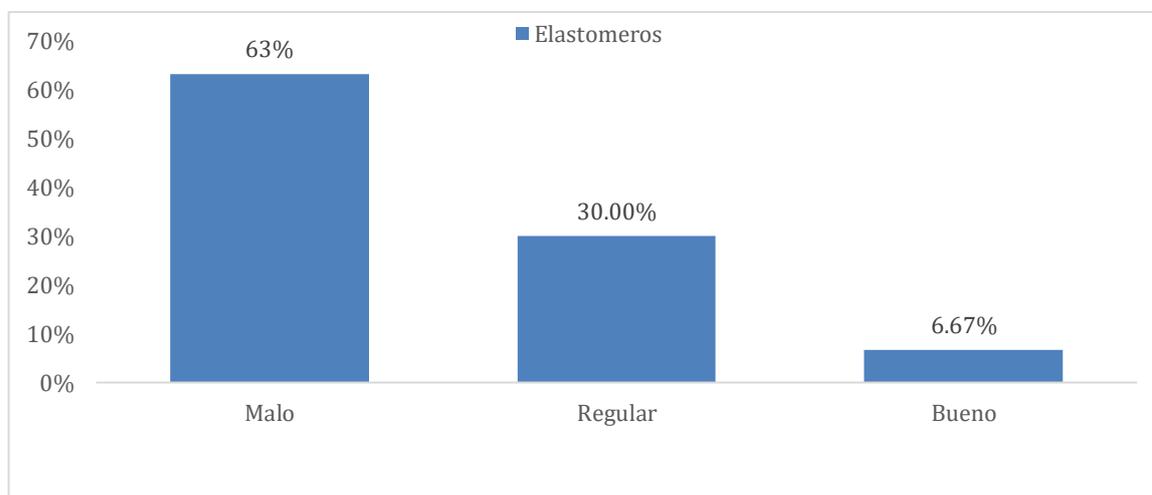
*Distribución de frecuencias y porcentajes de la dimensión elastómeros*

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Malo	19	63.3%
	Regular	9	30%
	Bueno	2	6.7%
	Total	30	100%

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 19**

*Representación gráfica de los elastómeros de efluentes de la empresa de plásticos*



*Nota.* Elaboración propia

Se observa que, 19 encuestados (63.3%) manifiestan que los elastómeros de la reutilización de efluentes de las empresas de fábrica de plásticos en Lima Metropolitana son malos, 9 de los encuestados (30%) manifiestan que es regular y solo 2 encuestados (6.7%) manifiestan que es bueno.

#### 4.2.2 Resultados pos-test

**Tabla 27**

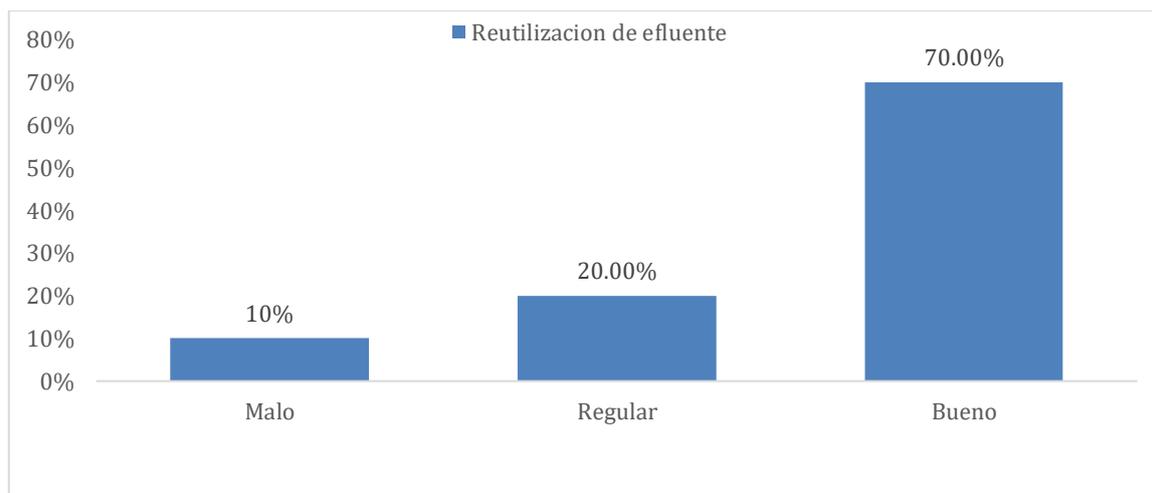
*Distribución de frecuencias y porcentajes de reutilización de efluentes*

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Malo	3	10%
	Regular	6	20%
	Bueno	21	70%
	Total	30	100%

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 20**

*Representación gráfica de los efluentes de la empresa de plásticos*



*Nota.* Elaboración propia

Se observa que, 3 encuestados (10%) manifiestan que la reutilización de efluentes de las empresas de fábrica de plásticos en Lima Metropolitana es mala, 6 de los encuestados (20%) manifiestan que es regular y 21 encuestados (70%) manifiestan que es bueno.

**Tabla 28**

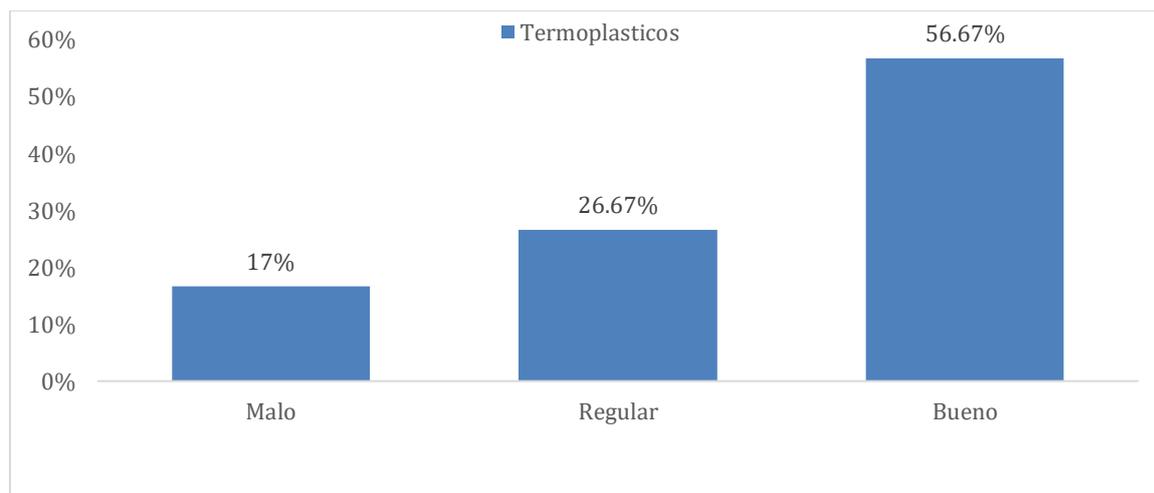
*Distribución de frecuencias y porcentajes la dimensión termoplásticos*

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Malo	5	16.7%
	Regular	8	26.7%
	Bueno	17	56.7%
	Total	30	100%

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 21**

Representación gráfica de los termoplásticos de efluentes de la empresa de plásticos



*Nota. Elaboración propia*

Se observa que, 5 encuestados (16.7%) manifiestan que los termoplásticos de la reutilización de efluentes de las empresas de fábrica de plásticos en Lima Metropolitana son malos, 8 de los encuestados (26.7%) manifiestan que es regular y 17 encuestados (56.7%) manifiestan que es bueno.

**Tabla 29**

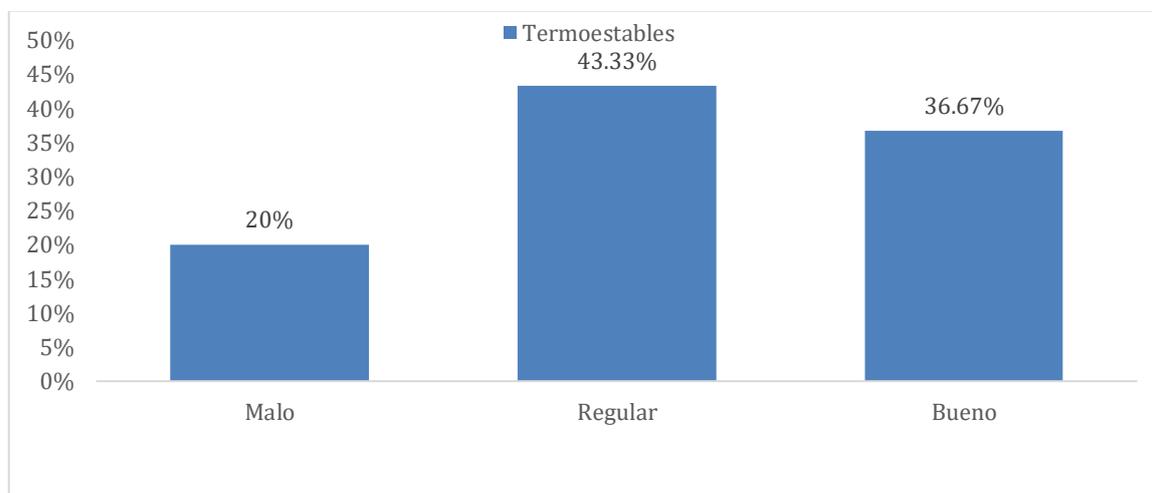
*Distribución de frecuencias y porcentajes la dimensión termoestable*

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Malo	6	20%
	Regular	13	43.3%
	Bueno	11	36.7%
	Total	30	100%

*Nota. Elaboración propia*

**Figura 22**

Representación gráfica de los termoplásticos de efluentes de la empresa de plásticos



*Nota.* Elaboración propia

Se observa que, 6 encuestados (20%) manifiestan que los termoestables de la reutilización de efluentes de las empresas de fábrica de plásticos en Lima Metropolitana es mala, 13 de los encuestados (43.3%) manifiestan que es regular y 11 encuestados (36.7%) manifiestan que es bueno.

**Tabla 30**

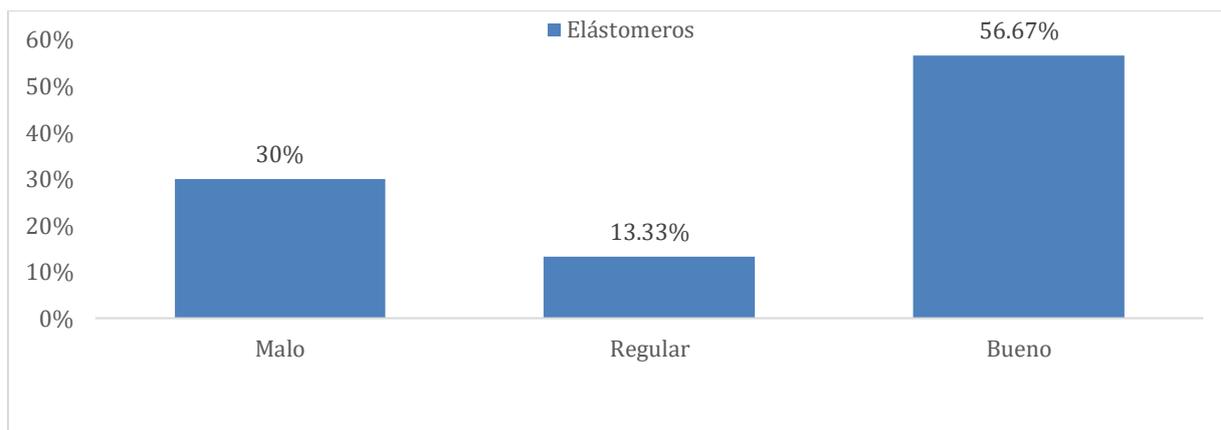
*Distribución de frecuencias y porcentajes la dimensión elastómeros*

		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Malo	9	30%
	Regular	4	13.3%
	Bueno	17	56.7%
	Total	30	100%

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 23**

Representación gráfica de los termoplásticos de efluentes de la empresa de plásticos



*Nota.* Elaboración propia

Se observa que, 9 encuestados (30%), manifiestan que los elastómeros de la reutilización de efluentes de las empresas de fábrica de plásticos en Lima Metropolitana son malos, 4 de los encuestados (13.3%) manifiestan que es regular y 17 encuestados (56.7%) manifiestan que es bueno.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La implementación de osmosis inversa en una empresa productora de plástico, se basa en el modelo de Jeong (2021) y sus parámetros, este modelo se basa en el resultado de la sensibilidad, validan utilizando los datos de medición de series temporales mejor ajustadas de 3875 h. Los resultados demuestran los comportamientos prácticos del desarrollo de la suciedad y el rendimiento de la separación del proceso de OI primario. Un análisis de árbol de regresión del CEE para 27 escenarios operativos diferentes en las simulaciones puede beneficiar la toma de decisiones para una RO eficiente energéticamente. Los resultados revelan la gran dependencia del CEE de la frecuencia de limpieza en el rango de temperatura de alimentación.

La presente investigación tuvo como objetivo determinar cuál es el efecto de la Implementación de Osmosis inversa en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos esto se sustenta en la investigación de García (2002) quien analiza y pone en marcha el reciclaje de efluentes en una fábrica de plásticos a través de la incorporación de dos procesos como ultrafiltración y OI. Los resultados muestran que en los procesos de ultrafiltración y de ósmosis inversa, y el agua restante que se reciclo después del tratamiento, y la cantidad de agua de origen y descarga de aguas residuales se puede ahorrar en un 15.7 % y 12.8 %, respectivamente; ahorros anuales totales de \$ 332,709.04, los ahorros anuales de la nueva unidad de ósmosis inversa solo son \$ 85,282.02.

## VI. CONCLUSIONES

La aplicación del Programa “implementación de osmosis inversa en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos”, comprobando la veracidad con los resultados que fueron obtenidos en la estadística mediante la prueba del pre test y pos test los cuales dieron resultados positivos en función a la hipótesis. Dado que el valor de  $p$  es equivalente a 0,000 menor en comparación con  $t$  y  $Z$  (-4,785b) es menor que -1,96 (punto crítico) y tomando en cuenta los resultados generados de la prueba de estadística, se desestima la hipótesis nula, por lo cual se aprueba la hipótesis del investigador, confirmando que: La Implementación de Ósmosis inversa tiene efectos positivos en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos. En tal sentido podemos afirmar que, la implementación de Ósmosis inversa tiene efectos positivos en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos, y como resultado se pueden observar los cambios que se notan en cada uno de ellos.

La aplicación del Programa “Implementación de osmosis inversa en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos”, verificando la afirmación con los resultados estadísticos de las pruebas de pre test y pos test, que arrojan resultados favorables al planteamiento de nuestra hipótesis específica 1. Dicho valor de  $p$  equivale 0,000 menor en comparación con  $t$  y  $Z$  (-4,799b) es menor que -1,96 (punto crítico) y tomando en cuenta los resultados generados de la prueba de estadística, se desestima la hipótesis nula 1, por lo cual se aprueba la hipótesis generada por el investigador, afirmando que: La Implementación de Ósmosis inversa tiene efectos positivos en termoplásticos de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

La aplicación del “Implementación de osmosis inversa en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos”, verificando la afirmación con los resultados estadísticos de las pruebas de pre test y pos test, que arrojan resultados favorables al

planteamiento de nuestra hipótesis específica 2. Dicho valor de  $p$  es 0,000 mayor que  $\alpha$  y  $Z$  (-4,94b) es menor que -1,96 (punto crítico) y tomando en cuenta los resultados generados de la prueba de estadística, se desestima la hipótesis nula 2, aceptando la hipótesis generada por el investigador, afirmando que: La Implementación de Osmosis inversa tiene efectos positivos en termoestables de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

La aplicación del “Implementación de osmosis inversa en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos”, verificando la afirmación con los resultados estadísticos de las pruebas de pre test y pos test, que arrojan resultados favorables al planteamiento de nuestra hipótesis específica 3. Dicho valor de  $p$  es 0,000 menor que  $\alpha$  y  $Z$  (-4,793b) es menor que -1,96 (punto crítico) y en base a los resultados obtenidos de la prueba estadística realizada, se rechaza la hipótesis nula 3, admitiéndose la hipótesis del investigador, afirmando que: La Implementación de Osmosis inversa tiene efectos positivos en elastómeros la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.

## VII. RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones obtenidas, después de haber realizado la prueba de hipótesis, realizamos las siguientes recomendaciones.

Habiendo encontrado que el “programa implementación de osmosis inversa en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos”, tiene efectos positivos en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos, y como resultado se pueden observar los cambios que se notan en cada uno de ellos, resultando ser de suma importancia, y es necesario seguir considerando la aplicación de dicho programa en otras oportunidades, con las experiencias adquiridas ir reajustando las actividades para seguir mejorando hasta llegar al 100% al nivel bueno, difundir a otras fábricas para que puedan hacer uso de ello.

En nuestros resultados hemos verificado que el “programa implementación de osmosis inversa en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos” tiene efectos positivos sobre los termoplásticos de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos. Por consiguiente, se recomienda que se siga teniendo en cuenta esta dimensión en las actividades que deben realizarse en las fábricas de plásticos, tratando de perfeccionar hasta alcanzar en mayor frecuencia el nivel bueno.

Los resultados nos permiten verificar que el “programa implementación de osmosis inversa en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos” tiene efectos positivos sobre la Implementación de Osmosis inversa tiene efectos positivos en termoestables de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos, lo que nos permite recomendar que se siga incidiendo en esta dimensión, ya que es positivo para las fábricas de plástico que les ayudará ubicarse en el nivel bueno.

De acuerdo a los resultados obtenidos por la aplicación del “Programa implementación de osmosis inversa en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos”, que incide positivamente en la Implementación de Osmosis inversa tiene efectos positivos en elastómeras la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos, se recomienda que se tenga en cuenta esta dimensión para que las fábricas de plásticos utilicen esta experiencia hasta llegar al nivel alto.

## VIII. REFERENCIAS

- Ahuchaogu, A., Chukwu, J., Obike, A., Igara, C., Chidi, I., y Echeme, J. (2018). Reverse Osmosis Technology, its Applications and Nano-Enabled Membrane. *International Journal of Advanced Research in Chemical Science*, 5(2), pp.20-26. <http://dx.doi.org/10.20431/2349-0403.0502005>
- Alper, M. (2021). *Use, Recover and Use Again – Industrial Wastewater Reuse is The Name of The Game* [Blog]. IDE Technologies. <https://blog.ide-tech.com/use-recover-reuse-industrial-wastewater-reuse-is-the-answer>
- Alvarado, R.(2022) *Biocarbón con Presencia de Grafeno Como Método de Eliminación Para los Contaminantes Orgánicos e Inorgánicos del Medio Ambiente: Revisión Sistemática*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo] Repositorio UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/91430>
- Autoridad Nacional del Ana (19 de octubre de 2015). *Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos* (p. 19). Ministerio de Agricultura y Riego. <http://www.ana.gob.pe/nosotros/planificacion-hidrica/politica-estrategia-recursos-hidricos>
- Angelakis, A., Asano, T., Bahri, A., Jiménez, B. E., y Tchobanoglous, G. (2018). Water Reuse: From Ancient to Modern Times and the Future. *Frontiers in Environmental Science*, 6(26), pp.12-15. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00026>
- AQUAFONDO, G. (18 de noviembre de 2020). *Huella Hídrica de los usuarios de agua en Lima Metropolitana*. <https://stakeholders.com.pe/medio-ambiente/agua/consumo-agua-creceria-mas-40-lima-metropolitana-2030/#:~:text=y%20otros%20distritos,-,%E2%80%9CHuella%20H%C3%ADdrica%20de%20los%20usuarios%20de%20agua%20en%20Lima%20Metropolitana,a%2050%20m3%2F%20a%C3%B1o>

- Asano, T. (1998). Wastewater Reclamation and Reuse. *Water Pollution Control Federation*, 60(6), pp 854-856. <https://www.jstor.org/stable/25043582>
- Banco Mundial. (15 de abril de 2021). *Water Resources Management*. <https://www.worldbank.org/en/topic/waterresourcesmanagement>
- Bastante, M., y Gutiérrez, D (2018). *Reducción de concentración de cianuro mediante un sistema combinado de osmosis inversa—Electroionización en aguas residuales de la industria galvánica* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/3878>
- Brinegar, C. (15 de mayo de 2020). *Integrating Reverse Osmosis to Reclaim Wastewater Effluent for Industrial Reuse in a Manufacturing Facility*. <https://scholarworks.iupui.edu/handle/1805/25195>
- Britannica. (21 de diciembre de 2021). *Desalination | Description, Process, & Production*. <https://www.britannica.com/technology/desalination>
- Cedeño, H. (2020). Análisis de los parámetros de calidad del agua del efluente del río muerto para su posible reutilización del Cantón Manta, Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 5(2), pp. 579-604. doi:<http://dx.doi.org/10.23857/pc.v5i2.1299>
- Chatterjee, A. (2010) *Water Supply, Waste Disposal and Environmental Engineering*. (8ª ed.), khanna publishers. [https://www.scirp.org/\(S\(czeh2tfqw2orz553k1w0r45\)\)/reference/referencepapers.aspx?referenceid=2907278](https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqw2orz553k1w0r45))/reference/referencepapers.aspx?referenceid=2907278)
- ChartsBin (16 de abril de 2022) Recursos hídricos renovables totales per cápita por país , ChartsBin.com. <http://chartsbin.com/view/1470>
- Condorche. (15 de abril de 2013). *Tipos de membranas de filtración y posibles configuraciones*. Condorchem Envitech. <https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-de-aguas-residuales-tipos-de-membranas-de-filtracion-y-posibles-configuraciones/>

- Contreras, K., y Estacio J. (2021). *Tratamiento de agua de pozo por osmosis inversa para usos en la industria agrícola* [Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio USIL.<https://hdl.handle.net/20.500.14005/12195>
- García, C. (2002). *Aplicación de la osmosis inversa y la nanofiltración en el acondicionamiento de aguas para calderas*. [Universidad de Oviedo]. Repositorio UNIOVI. <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/11146/UOV0013TCFGO.pdf>
- Jeong, K., Son, M., Yoon, N., Park, S., Shim, J., Kim, J., Lim, J., y Cho, K. (2021). Modeling and evaluating performance of full-scale reverse osmosis system in industrial water treatment plant. *Desalination*, 518, (115289) pp.23-35. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2021.115289>
- López, J., y Mejías, M. (15 de mayo de 2000). *Las aguas salobres: Una alternativa al abastecimiento en regiones semiáridas*. <https://aguas.igme.es/igme/publica/pdfs/arttycon21.pdf>
- Manahan, S. (2006). *Introducción a la química ambiental*. Editorial Reverté S.A.
- Nathanson, J. A. (24 de abril de 2022). *Water pollution*. <https://www.britannica.com/science/water-pollution>
- Organización de las Naciones Unidas (18 de febrero de 2021). *World statistics pocketbook 2021 Edition*. UN; Department of Economic and Social Affairs. <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210056632>
- Piekutin, J. (2021). The Identification of Fouling in Reverse Osmosis in the Treatment of Water with Petroleum Substances. *Water*, 13(8), pp. 13-15. <https://doi.org/10.3390/w13081092>
- Pimentel, R. (2021). *Reuso de agua residual en una industria de plásticos mediante implementación de tecnologías de ultrafiltración y ósmosis inversa* [Tesis de pregrado,

- Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio UNALM.  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4826>
- Rivas, P. (2019). *Diseño de una máquina de ósmosis inversa para producir agua ultra pura en el laboratorio de manufactura de la PUCP* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, tesis de pregrado]. Repositorio PUCP.  
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/14202>
- Saavedra Palacios, J. E. (2021). *Desalación de agua subterránea mediante sistema ósmosis inversa como propuesta para la provisión de agua potable en la margen izquierda del río Piura-distrito de Tambogrande-Piura* [Universidad Nacional de Piura, tesis de pregrado]. Repositorio UNP.  
<http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2659>
- Sadeq, S. (2021). The physical and chemical properties of water. *Researchgate*,2, pp.5-6.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26793.72802>
- Sato, T., Qadir, M., Yamamoto, S., Endo, T., y Zahoor, A. (2013). Global, regional, and country level need for data on wastewater generation, treatment, and use. *Agricultural Water Management*, 130, pp.1-13. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.08.007>
- Shah, C. (2017). *Which Physical, Chemical and Biological Parameters of water determine its quality?*. *Researchgate*,2, pp.5-6. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29178.90569>
- Shiklomanov, L.A. (1993) World Freshwater Resources. In: Gleick, P.H., Ed., *Water in Crisis: A Guide to World's Freshwater Resources*, Oxford University Press, New York, 13-24.
- Simonič, M. (2021). Reverse Osmosis Treatment of Wastewater for Reuse as Process Water— A Case Study. *Membranes*, 11(12), 976. <https://doi.org/10.3390/membranes11120976>
- Soto, G., y Soto, M. (20 de abril de 2013). *Desalación de agua de mar mediante sistema Ósmosis Inversa y Energía Fotovoltaica para provisión de agua potable en Isla Damas, Región de Coquimbo*. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/21261>

UNESCAP, UNESCO, ILO, y UN Environment Programme. (25 de mayo de 2018). *Atlas of Sustainable Development Goals 2018: From World Development Indicators*.  
<http://hdl.handle.net/10986/29788>

Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación (18 de mayo de 2017). *UN World Water Development Report 2017, Wastewater: The Untapped Resource*. United Nations Education, Scientific and Cultural Organization.  
<http://www.unep.org/resources/publication/2017-un-world-water-development-report-wastewater-untapped-resource>

Wenten, I. y Khoiruddin. (2016). Reverse osmosis applications: Prospect and challenges. *Desalination*, 391, pp. 112-125. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2015.12.011>

Lauren F., Desmond F., Benny D., Benoit M., Philippe M. (2009). Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges. *Water Research*, 43(9), pp.2317-2348. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.03.010>

## IX. ANEXOS

## Anexo A: Matriz de consistencia

TÍTULO: Implementación de un sistema de Osmosis Inversa para la reutilización de aguas residuales en una empresa que produce plásticos. Lima, Perú.					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	POBLACIÓN	METODOLOGÍA
General	General	General	<i>Variable Independiente</i>		
¿Cuál es el efecto de la Implementación de Osmosis Inversa en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos?	Determinar cuál es el efecto de la Implementación de Osmosis Inversa en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.	La implementación de Ósmosis Inversa tiene efectos positivos en la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.	Osmosis Inversa	Conformada por los 120 estudiantes de la facultad de ingeniería Electrónica e Informática de la Universidad Nacional Federico Villarreal en el periodo académico 2019-I	Método: Científico Hipotético Deductivo  Enfoque: Cuantitativo
Específicos	Específicos	Específicos	<i>Variable Dependiente</i>	MUESTRA	
¿Cuál es el efecto de la implementación de Osmosis inversa en termoplásticos de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos?	Identificar cuál es el efecto de la implementación de Osmosis inversa en termoplásticos de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.	La implementación de Ósmosis inversa tiene efectos positivos en termoplásticos de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.	Reutilización de efluentes	Estará representada por 92. estudiantes de la facultad de ingeniería Electrónica e Informática de la Universidad Nacional Federico Villarreal en el periodo académico 2019-1.	Diseño: Experimental  Tipo: Pre-experimento
¿Cuál es el efecto de la implementación de Osmosis inversa en termoestables de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos?	Establecer cuál es el efecto de la implementación de Osmosis inversa en termoestables de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.	La implementación de Ósmosis inversa tiene efectos positivos en termoestables de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.			Alfa de Cronbach G =01 X 02
¿Cuál es el efecto de la implementación de Osmosis inversa en elastómeras de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos?	Determinar cuál es el efecto de la implementación de Osmosis inversa en elastómeras de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.	La implementación de Ósmosis inversa tiene efectos positivos en elastómeras de la reutilización de efluentes de una empresa productora de plásticos.			G: grupo de estudio O1= pre prueba O2 = pos prueba.

Fuente: Elaboración propia

Anexo B: *Instrumento para medir - Reutilización de afluentes de empresa productora de plásticos.*

Estimados, les invito a responder las preguntas referentes al estudio de la reutilización de efluentes de empresa productora de plásticos. Lee atentamente y responde las preguntas del recuadro marcando con un aspa (x) la respuesta más adecuada para ti.

Valoración: escala Likert:

1. Nunca 2) Casi nunca 3) Algunas veces 4) Casi siempre 5) Siempre

Nº	PREGUNTAS	Valoración				
		1	2	3	4	5
DIMENSIÓN: Termoplásticos						
01	Los plásticos por acción del calor se derriten ya no se pueden recuperar					
02	Los plásticos por acción del calor se amoldan a nuevos productos					
03	Todo plástico por acción del calor sufre modificaciones ya no pudiendo recuperar todo su volumen.					
04	Los plásticos deformados por el calor los residuos pasan a los efluentes para ser expulsados.					
05	Los plásticos se solidifican lentamente sin dejar residuos que contaminen los efluentes.					
06	Los plásticos necesariamente para solidificarse necesitan de agua que al final van a desembocar a su efluente					
07	Una vez enfriado los plásticos se mantienen conformes sin ser necesario de arrojarlos al efluente.					
DIMENSIÓN: Termoestables						
08	Los plásticos de este tipo son más fuertes y resistentes al calor de difíciles de suavizar					
09	Los plásticos enteros es difícil reciclar por tanto se arrojan a la basura					
10	Tienes alguna alternativa para poder desaparecer este tipo de plástico					
11	Los residuos de este tipo de plásticos es difícil reciclar					
12	Este tipo de plásticos no se puede reciclar mediante la calor					
13	Desea transformar este tipo de plástico para que se vuelva hacer uso de ello					
14	No es posible reciclar este tipo de plástico haciendo uso de la calor					
DIMENSIÓN: Elastómeros						

15	Estos plásticos se prestan para ser estirados cuando se hace uso					
16	Estos plásticos son fáciles de reducirlos para poder guardar mejor al reciclar					
17	Los plásticos son más usables fácil de manejarlos y hacer uso de ello					
18	Este tipo de plásticos son sensibles al calor no soportando un alto grado					
19	Este tipo de plásticos son preferidos por los usuarios debido a su flexibilidad					
20	La poca resistencia al calor de este tipo de plásticos se derriten fácilmente.					

Fuente: Elaboración Propio

Anexo C:

Nombre	Característica	Valor
<i>Termoplásticos</i>	Se deforman en el calor	1,2,3,4
	Se solidifican al enfriarse	5,6,7
<i>Termoestables</i>	Plástico rígido y más resistente a las temperaturas	8,9,10,11
	No pueden reciclarse mediante calor	12,13,14
<i>Elastómeros</i>	Sufren estimaciones fácilmente.	15,16,17
	No soportan bien el calor	18,19,20

Fuente: Elaboración propia