



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA  
POTABLE PROVENIENTE DE UNA PLANTA DESALINIZADORA  
PARA ABASTECER CUATRO BALNEARIOS DEL SUR DE LIMA  
EN EL DISTRITO DE SANTA MARÍA DEL MAR – LIMA**

**PRESENTADA POR**

**CARLOS ALFREDO HUAMAN LUCAS**

**DIEGO ALEJANDRO ROJAS GARCIA**

**ASESOR**

**ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO**

**TESIS**

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

**LIMA – PERÚ**

**2019**



**CC BY**

**Reconocimiento**

El autor permite a otros distribuir y transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra, incluso con fines comerciales, siempre que sea reconocida la autoría de la creación original

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
PROVENIENTE DE UNA PLANTA DESALINIZADORA PARA  
ABASTECER CUATRO BALNEARIOS DEL SUR DE LIMA EN EL  
DISTRITO DE SANTA MARÍA DEL MAR – LIMA**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PRESENTADA POR**

**HUAMAN LUCAS, CARLOS ALFREDO  
ROJAS GARCIA, DIEGO ALEJANDRO**

**LIMA – PERÚ**

**2019**

Dedico el presente trabajo a mi familia. Gracias a mis padres y hermanos es que puedo alcanzar mis metas en la vida.

**Diego Alejandro Rojas Garcia**

Dedico esta investigación a mi familia. El gran aporte y ayuda de mis padres y hermanos me motivaron para lograr este objetivo.

**Carlos Alfredo Huaman Lucas**

Extendemos nuestros más grandes y sinceros agradecimientos a los asesores de la presente tesis: Mg. Ernesto Antonio Villar Gallardo y Mg. Juan Manuel Oblitas Santa María, por sus pautas y apoyo en el desarrollo de este proyecto.

También estamos en deuda con nuestra casa de estudios: la Universidad de San Martín de Porres y sus catedráticos.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>RESUMEN</b>	xiii
<b>ABSTRACT</b>	xiv
<b>INTRODUCCIÓN</b>	xv
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	1
1.1 Situación problemática	1
1.2 Formulación del problema	3
1.2.1 Problema general	4
1.2.2 Problemas específicos	4
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 Impacto teórico	5
1.5 Impacto práctico	6
1.6 Justificación e importancia	6
1.7 Alcance y limitaciones de la investigación	6
1.8 Viabilidad	7
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b>	8
2.1 Antecedentes	8
2.1.1 Nacionales	8
2.1.2 Internacionales	15
2.2 Bases teóricas	20
2.2.1 Población	20

	<b>Página</b>	
2.2.2	Clima	24
2.2.3	Topografía	26
2.2.4	Suelos	27
2.2.5	Zonificación	28
2.2.6	Periodo de diseño y población futura	31
2.2.7	Dotación de agua	32
2.2.8	Software WaterCAD	33
2.2.9	Planta de tratamiento	33
2.2.10	Ciclo hidrológico del agua	34
2.2.11	Acuífero	35
2.2.12	Sistema de abastecimiento de agua potable	36
	2.2.12.1 Sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad	38
	2.2.12.2 Sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo	38
2.2.13	Sistemas de captación de agua	38
	2.2.13.1 Agua subterránea	38
	2.2.13.2 Agua pluvial	39
2.2.14	Reservorio de agua potable	40
2.2.15	Red de distribución de agua potable	41
2.2.16	Tuberías	43
2.2.17	Desalinización	43
	2.2.17.1 Captación de agua de mar	48
	2.2.17.2 Tratamiento	48
	2.2.17.3 Bombeo de alta presión	49
	2.2.17.4 Remineralización	50
2.2.18	Otros procesos de desalinización de agua	51
	2.2.18.1 Destilación	51
	2.2.18.2 Congelación	51
	2.2.18.3 Evaporación relámpago	52
	2.2.18.4 Formación de hidratos	52



	<b>Página</b>
2.2.18.5 Electrodiálisis	52
2.3 Definición de términos básicos	53
2.3.1 Red de distribución de agua potable	53
2.3.2 Pendiente	53
2.4 Hipótesis	54
2.4.1 Hipótesis general	54
2.4.2 Hipótesis específicas	54
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA</b>	<b>55</b>
3.1 Tipo de investigación	55
3.2 Nivel de la investigación	55
3.3 Diseño de la investigación	55
3.4 Variables	56
3.4.1 Variable independiente	56
3.4.2 Variable dependiente	56
3.5 Población y muestra	56
3.6 Técnicas de investigación	57
3.7 Instrumentos de recolección de datos	57
3.8 Procedimiento	58
<b>CAPÍTULO IV. DESARROLLO</b>	<b>59</b>
4.1 Estudio topográfico	59
4.1.1 Objeto	60
4.1.2 Memoria	60
4.1.3 Metodología del estudio topográfico	61
4.1.4 Descripción de los trabajos de campo y gabinete	63
4.2 Cálculo de la capacidad del reservorio	67
4.3 Cálculo de las tuberías de distribución	73
<b>CAPÍTULO V. RESULTADOS</b>	<b>87</b>
5.1 Estudio topográfico	87
5.2 Cálculo de la capacidad del reservorio	88
5.3 Cálculo de las tuberías de distribución	90
<b>CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN</b>	<b>97</b>

	<b>Página</b>	
6.1	Contraste con hipótesis	97
6.1.1	Hipótesis específica 1	97
6.1.2	Hipótesis específica 2	97
6.1.3	Hipótesis específica 3	98
6.2	Contraste con antecedentes	98
6.2.1	Nacionales	98
6.2.2	Internacionales	99
<b>CONCLUSIONES</b>		100
<b>RECOMENDACIONES</b>		101
<b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b>		102
<b>ANEXOS</b>		107

## ÍNDICE DE FIGURAS

		<b>Página</b>
<b>Fig. 1.</b>	Distribución del agua en el planeta	1
<b>Fig. 2.</b>	Diagrama de Ishikawa	3
<b>Fig. 3.</b>	Perfil longitudinal obtenido mediante software WaterCAD	11
<b>Fig. 4.</b>	Esquema de una instalación típica de un sistema FV de bombeo de agua	12
<b>Fig. 5.</b>	Resultados obtenidos mediante software WaterCAD - Chalaco, Piura	14
<b>Fig. 6.</b>	Presupuesto general de la red de abastecimiento - Chalaco, Piura	14
<b>Fig. 7.</b>	Visitas anuales a Isla Damas	16
<b>Fig. 8.</b>	Cantidad de agua transformada en el proceso de ósmosis inversa	17
<b>Fig. 9.</b>	Desalinizador solar	18
<b>Fig. 10.</b>	Actividad principal en San Vicente	19
<b>Fig. 11.</b>	Análisis financiero de un proyecto de abastecimiento de agua potable	20
<b>Fig. 12.</b>	Población peruana según edades	21
<b>Fig. 13.</b>	Población peruana según departamentos	22
<b>Fig. 14.</b>	Tipo de clima según la región en el Perú	25
<b>Fig. 15.</b>	Plano de zonificación del distrito de Punta Hermosa	28
<b>Fig. 16.</b>	Plano de zonificación del distrito de Punta Negra	29
<b>Fig. 17.</b>	Plano de zonificación del distrito de San Bartolo	30

		<b>Página</b>
<b>Fig. 18.</b>	Plano de zonificación del distrito de Santa María del Mar	31
<b>Fig. 19.</b>	Proceso de abastecimiento de agua potable	36
<b>Fig. 20.</b>	Sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad	38
<b>Fig. 21.</b>	Captación de aguas subterráneas	39
<b>Fig. 22.</b>	Componentes básicos de un sistema de captación de aguas de lluvia	40
<b>Fig. 23.</b>	Redes principales, secundarias y terciarias	42
<b>Fig. 24.</b>	Sistemas de red de distribución	42
<b>Fig. 25.</b>	Método de desalinización 1	44
<b>Fig. 26.</b>	Método de desalinización 2	45
<b>Fig. 27.</b>	Proceso de ósmosis y ósmosis inversa	46
<b>Fig. 28.</b>	Principales plantas desalinizadoras en el mundo	47
<b>Fig. 29.</b>	Proceso de desalación del agua de mar por ósmosis inversa (1)	48
<b>Fig. 30.</b>	Proceso de desalación del agua de mar por ósmosis inversa (2)	49
<b>Fig. 31.</b>	Proceso de desalación del agua de mar por ósmosis inversa (3)	50
<b>Fig. 32.</b>	Proceso de desalación del agua de mar por ósmosis inversa (4)	50
<b>Fig. 33.</b>	Desalinización de agua por destilación	51
<b>Fig. 34.</b>	Electrodíálisis	53
<b>Fig. 35.</b>	Balnearios del sur de Lima: Punta Negra, Punta Hermosa, San Bartolo y Santa María del Mar	57
<b>Fig. 36.</b>	Plano de ubicación del proyecto	60
<b>Fig. 37.</b>	Santa María del Mar. Vista general	63
<b>Fig. 38.</b>	Punto de captación y tuberías de impulsión	64
<b>Fig. 39.</b>	Recorrido de la tubería de impulsión	65
<b>Fig. 40.</b>	Ubicación de la planta desalinizadora y del reservorio de agua potable	66

		<b>Página</b>
<b>Fig. 41.</b>	Edificios en Santa María del Mar. Mayor densidad poblacional	67
<b>Fig. 42.</b>	Dotación de agua	69
<b>Fig. 43.</b>	Variaciones de consumo	70
<b>Fig. 44.</b>	Trazo de la red de abastecimiento de agua potable	73
<b>Fig. 45.</b>	Trazo de red de distribución en San Bartolo (software WaterCAD)	82
<b>Fig. 46.</b>	Resultados software WaterCAD. Velocidad en “tubería 7” y presión en “nudo 76”	83
<b>Fig. 47.</b>	Ubicación de la planta desalinizadora y del reservorio de agua potable (software WaterCAD)	87
<b>Fig. 48.</b>	Sección típica de tubería de impulsión	88
<b>Fig. 49.</b>	Vista lateral y vista en planta de reservorio de agua	89
<b>Fig. 50.</b>	Sección 1-1. Tubería de distribución	90
<b>Fig. 51.</b>	Diseño de tuberías de distribución en Santa María del Mar	91
<b>Fig. 52.</b>	Diseño de tuberías de distribución en San Bartolo	91
<b>Fig. 53.</b>	Diseño de tuberías de distribución en Punta Negra	92
<b>Fig. 54.</b>	Diseño de tuberías de distribución en Punta Hermosa	92
<b>Fig. 55.</b>	Volumen vs Habitantes. Discusión	99

## ÍNDICE DE TABLAS

		<b>Página</b>
<b>Tab. 1.</b>	Demandas máximas Pueblo Nuevo - Ica	9
<b>Tab. 2.</b>	Caudales de diseño obtenidos - Lancones, Piura	13
<b>Tab. 3.</b>	Población residente e índice de ocupabilidad	23
<b>Tab. 4.</b>	Resultados históricos de la estación meteorológica Punta Lobos	26
<b>Tab. 5.</b>	Vías de acceso	61
<b>Tab. 6.</b>	Población en balnearios del sur de Lima	68
<b>Tab. 7.</b>	Caudales por distrito	71
<b>Tab. 8.</b>	Demanda total en cada tubería. Santa María del Mar	74
<b>Tab. 9.</b>	Demanda total en cada tubería. San Bartolo	75
<b>Tab. 10.</b>	Demanda total en cada tubería. Punta Negra	77
<b>Tab. 11.</b>	Demanda total en cada tubería. Punta Hermosa	78
<b>Tab. 12.</b>	Demanda total y elevación en cada nudo	80
<b>Tab. 13.</b>	Resultados software WaterCAD. Presión en cada nudo	84
<b>Tab. 14.</b>	Resultados software WaterCAD. Velocidad en cada tubería	85
<b>Tab. 15.</b>	Elevaciones de nudos	93
<b>Tab. 16.</b>	Diámetros de tuberías	94

## RESUMEN

En la presente investigación se propone un diseño de una red de abastecimiento de agua potable mediante un método de captación de agua a través de una planta desalinizadora. La metodología empleada fue observacional, prospectiva y transversal. Se trabajó en base a normas y reglamentos vigentes en el Perú, tales como la Norma Técnica I.S.010 de Instalaciones Sanitarias para Edificaciones, las normas OS.050, OS.010 y OS.100, relacionadas a temas de diseño de redes de abastecimiento y alcantarillado.

El objetivo principal de la investigación es proponer un diseño de la red de abastecimiento de agua potable para los balnearios de Punta Negra, Punta Hermosa, Santa María del Mar y San Bartolo.

Por otro lado, se demostró la factibilidad del diseño de una red de abastecimiento de agua potable proveniente de una planta desalinizadora que abastece a los balnearios de Punta Negra, Punta Hermosa, Santa María del Mar y San Bartolo de forma eficiente. Asimismo, se proporcionaron diversos criterios en cuanto al diseño de abastecimiento y el uso de softwares especializados en el tema como el software WaterCAD.

**Palabras clave:** Diseño de red de abastecimiento, planta desalinizadora, captación, red de distribución, WaterCAD

## **ABSTRACT**

In the present investigation, a design of a drinking water supply network is proposed by means of a method of collecting water through a desalination plant. The methodology used was observational, prospective and transversal. Work was carried out on the basis of Norms and Regulations in force in Peru, such as Technical Standard I.S.010 of Sanitary Installations for Buildings, Standard OS.050, OS.010 and OS.100, related to design issues of supply and sewerage networks.

The main objective of the research is to propose a design of the drinking water supply network for the resorts of Punta Negra, Punta Hermosa, Santa María del Mar and San Bartolo.

On the other hand, the feasibility of designing a drinking water supply network from a desalination plant that supplies the resorts of Punta Negra, Punta Hermosa, Santa María del Mar and San Bartolo in an efficient manner was demonstrated. Likewise, various criteria were provided regarding the design of supply, and the use of software specialized in the subject such as WaterCAD software.

**Keywords:** Supply network design, desalination plant, collection, distribution network, WaterCAD



## INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional y escasez de agua son temas que son muy tratados en los últimos años y que están estrechamente relacionados. Conforme pasan los años la población aumenta tanto en el Perú como en el mundo y cada vez crece más la demanda por recursos hídricos. Los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado existentes colapsan debido a este incremento en la población y en la demanda del agua, por lo que es un tema muy relevante en la actualidad, eso sin mencionar todas las zonas que carecen de acceso en su totalidad a este recurso.

Actualmente, aproximadamente cerca del 1.2% del agua en el mundo es usada para consumo humano. Asimismo, el 2.72% del total de agua, según la Empresa Acciona, se encuentra en hielos y glaciares, mientras que aproximadamente un 96% se trata de agua salina. Entonces, ¿por qué no aprovechar esta fuente inagotable de este recurso?

En este contexto, en el presente informe se realizaron estudios de la demanda poblacional de agua potable en algunos balnearios al sur de Lima (específicamente en Punta Hermosa, Punta Negra, Santa María del Mar y San Bartolo) para la ejecución de un diseño de una red de abastecimiento que emplee nuevos métodos en el Perú de captación de este recurso, como es el caso del proceso de ósmosis inversa en una planta desalinizadora.

De la misma manera, se hace mención que el objetivo general del proyecto es diseñar la red de abastecimiento de agua potable proveniente de una planta

desalinizadora para abastecer cuatro balnearios del sur de Lima en el distrito de Santa María del Mar; mientras que los objetivos específicos se basan en explicar el diseño de la red de abastecimiento de agua potable teniendo en cuenta los indicadores de estudio topográfico, cálculo de las dimensiones del reservorio y el cálculo de las dimensiones de las tuberías.

En cuanto a la hipótesis, se plantea que se satisfará la demanda de agua potable de los cuatro balnearios mencionados, tomando en cuenta el incremento poblacional en la época de verano y teniendo como método de captación de agua un proceso de ósmosis inversa mediante la implementación de una planta desalinizadora.

La investigación abarca desde la captación de agua hasta el diseño de la red de distribución y la salida del agua potable en las viviendas de los balnearios de Punta Negra, Punta Hermosa, Santa María del Mar y San Bartolo.

En primer lugar, se realizó un estudio de la problemática actual en los balnearios al sur de Lima. Luego, se realizaron cálculos en cuanto a dotación de agua y la demanda de la misma por parte de la población. Asimismo, se calcularon las dimensiones del reservorio y la planta desalinizadora, además de las dimensiones de las tuberías, luego de haber analizado los planos topográficos de forma adecuada.

En el Capítulo I se presenta el planteamiento del problema. En este apartado se describe detalladamente la realidad problemática y se muestran los objetivos, alcances, limitaciones del proyecto aquí tratado, así como la importancia que tiene en el Perú y en el mundo. Además, se explica los impactos teórico y práctico que tiene la presente investigación.

En el Capítulo II se desarrolla el marco teórico, a través del cual se pueden ver los antecedentes que tiene la investigación, tanto en el Perú como en el mundo, además de mostrar fundamentación teórica que se considera relevante para los temas a tratar, como abastecimiento, desalinización, entre otros.

En el Capítulo III se encuentra la explicación de la metodología empleada, así como la población y muestra para la presente investigación, las herramientas y el procedimiento utilizado en el desarrollo de la misma.

En el Capítulo IV se ubica el desarrollo de la investigación, de cada uno de los problemas específicos que fueron mencionados en el primer capítulo.

En el Capítulo V se presentan los resultados obtenidos a partir del desarrollo de la investigación. Se trata de los resultados basados en el desarrollo de cada uno de los objetivos específicos propuestos en este trabajo.

En el Capítulo VI se muestran las discusiones, donde se validarán las hipótesis establecidas en la matriz de consistencia, además se contrastarán los resultados obtenidos con los antecedentes estudiados.

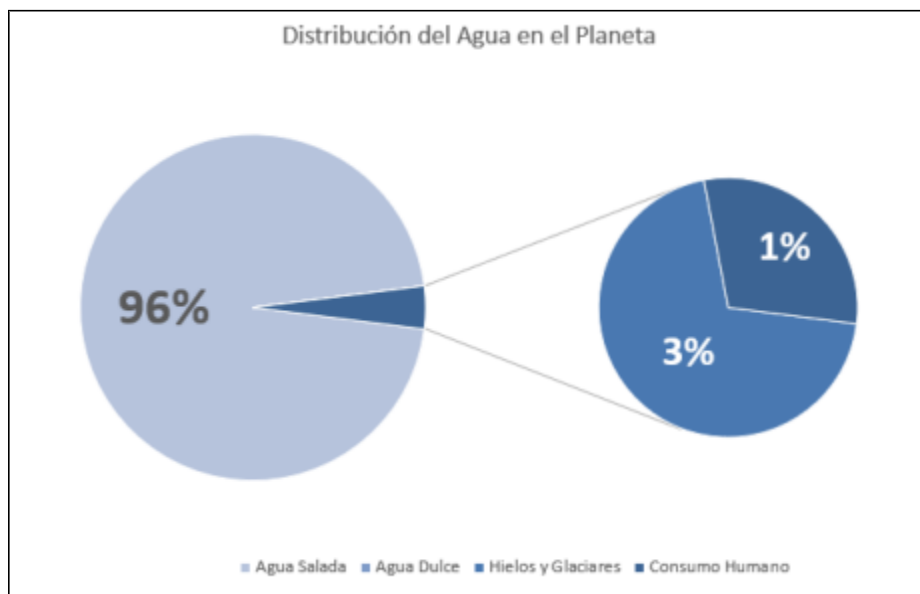
Luego, se exponen las conclusiones en base a las discusiones tratadas en el Capítulo VI. Adicionalmente, se detallan recomendaciones a tomar en cuenta para futuras investigaciones.

Finalmente, se muestran las fuentes de información y los anexos pertinentes de esta investigación.

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Situación problemática

Según la Empresa Acciona (2019), el agua total del planeta se puede clasificar en dos tipos: salada, la cual alcanza aproximadamente un 96% del total del planeta; y dulce, la cual representa el 4% restante.



**Figura 1:** Distribución del agua en el planeta

**Fuente:** Empresa Acciona (2019)

La Empresa Acciona menciona, además, que de ese 4% de agua dulce, aproximadamente un 68% está en los hielos y glaciares; y un 30% en el suelo, lagos y lagunas. Es este pequeño porcentaje el que es utilizado por las personas

para su consumo. Cabe mencionar que el 2% restante se encuentra en el ciclo hidrológico del agua.

Por otro lado, la población está en constante crecimiento. En ese sentido los índices poblacionales se incrementan con el pasar de los años y, debido a ello, aumenta la demanda de recursos de agua potable para poder satisfacer necesidades básicas. En la actualidad, según el Ministerio del Ambiente (MINAM), cada habitante consume, en promedio, 170 litros por día y, considerando que Lima cuenta aproximadamente con 10 millones de habitantes y que la mayor parte radica en la zona costera, se hace evidente que se requiere una especial atención en cuanto a temas de abastecimiento de agua potable.

Las zonas costeras en el país presentan por lo general un servicio de agua potable con serias deficiencias en cuanto al abastecimiento de la misma. Cada vez, el agua se hace un recurso más escaso y, por ello, urge encontrar distintas soluciones para su obtención y distribución. Además, las zonas costeras presentan variaciones de población importantes en los meses de verano, en especial las zonas con viviendas de segunda residencia como los distritos de Punta Hermosa, Punta Negra, Santa María del Mar y San Bartolo, en donde los servicios de agua brindados presentan problemas en cuanto a cobertura de abastecimiento, saneamiento y la continuidad del servicio, tal como menciona Daniel Barazorda (2014), gerente de Servicios a la Ciudad del concejo distrital en Punta Hermosa, quien es citado por Silva, L., el 6 de febrero de 2014 en un artículo de “El Comercio”. Barazorda señala que la población en el distrito se encuentra entre los 1500 y 2000 pobladores en épocas de invierno. Sin embargo, en verano puede aumentar hasta 8000, en especial los fines de semana.

Aquello es corroborado por Ángel Adrián (2016), quien extiende dicho problema a otros balnearios. Citando a Iván Milla (2016), vicepresidente de la Cámara de Agentes Inmobiliarios Registrados del Perú (CAIRP), señala que esta situación en balnearios como Santa María del Mar, Punta Negra, San Bartolo y Punta Hermosa es generada por una mayor demanda de agua potable,

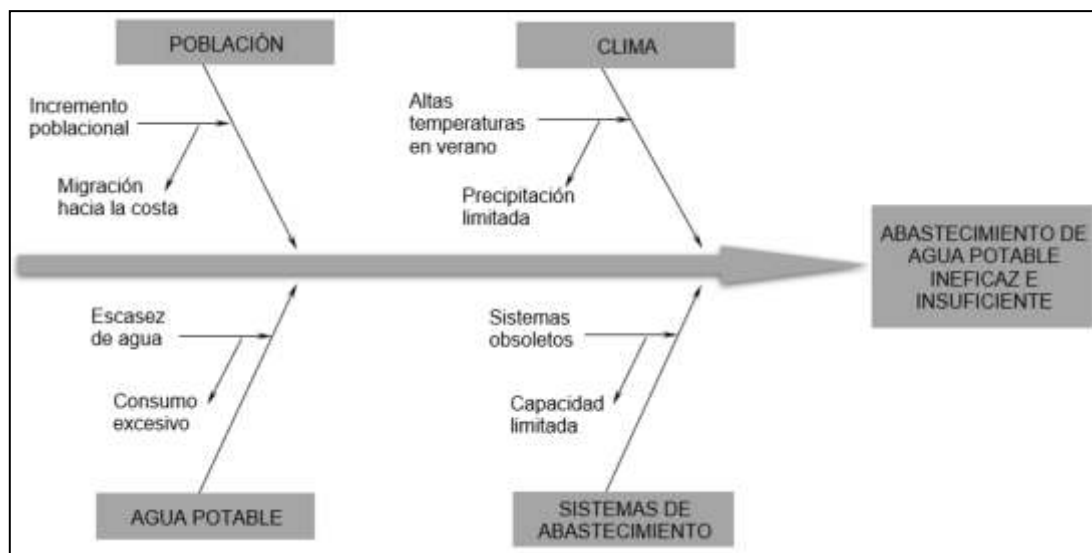
principalmente debido al crecimiento económico de los niveles socioeconómicos B y C en los mencionados balnearios.

De esta manera, surge una evidente necesidad en estos distritos de contar con un servicio de agua potable y alcantarillado en condiciones óptimas, que sea eficiente y capaz de abastecer las necesidades de los habitantes en los distritos mencionados, y hacerlo en cualquier época del año.

## 1.2 Formulación del problema

Entonces, el problema en los balnearios del sur de Lima surge ante la demanda exigida en cuanto al servicio de agua potable, en especial en temporada de verano donde la población aumenta significativamente. Es en esta temporada donde los sistemas de abastecimiento actuales colapsan y se hace evidente la necesidad de un nuevo sistema de abastecimiento que pueda satisfacer las demandas de la población.

A continuación, se muestra un diagrama de Ishikawa en el cual se explica la relación causa-efecto que existe en la actualidad entre los diversos aspectos relacionados a la problemática del agua potable en los distritos mencionados:



**Figura 2:** Diagrama de Ishikawa

**Fuente:** Elaborado por los autores

### 1.2.1 Problema general

¿De qué manera el diseño de la red de abastecimiento de agua potable proveniente de una planta desalinizadora influenciará en la demanda para el abastecimiento de cuatro balnearios del sur de Lima en el distrito de Santa María del Mar?

### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿De qué manera el diseño de la red de abastecimiento de agua potable, en cuanto al **estudio topográfico**, influenciará en la demanda para el abastecimiento de cuatro balnearios del sur de Lima en el distrito de Santa María del Mar?
- ¿De qué manera el diseño de la red de abastecimiento de agua potable, en cuanto al **cálculo de la capacidad del reservorio**, influenciará en la demanda para el abastecimiento de cuatro balnearios del sur de Lima en el distrito de Santa María del Mar?
- ¿De qué manera el diseño de la red de abastecimiento de agua potable, en cuanto al **cálculo de las dimensiones de la tubería**, influenciará en la demanda para el abastecimiento de cuatro balnearios del sur de Lima en el distrito de Santa María del Mar?

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo general

Diseñar la red de abastecimiento de agua potable proveniente de una planta desalinizadora para abastecer cuatro balnearios del sur de Lima en el distrito de Santa María del Mar.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Elaborar el **estudio topográfico** para el diseño de la red de abastecimiento de agua potable proveniente de una planta desalinizadora para abastecer cuatro balnearios del sur de Lima del distrito de Santa María del Mar.
- Calcular la **capacidad del reservorio** a emplearse en el diseño de la red de abastecimiento de agua potable proveniente de una planta desalinizadora para abastecer cuatro balnearios del sur de Lima del distrito de Santa María del Mar.
- Calcular las **dimensiones de tuberías** a emplearse en el diseño de la red de abastecimiento de agua potable proveniente de una planta desalinizadora para abastecer cuatro balnearios del sur de Lima del distrito de Santa María del Mar.

### 1.4 Impacto teórico

La presente investigación aporta conocimientos importantes para los temas tratados como red de abastecimiento de agua potable y desalinización de agua de mar. Además, aporta metodologías y nuevos criterios para el diseño de una red de abastecimiento de agua potable en el Perú mediante un sistema de captación poco explorado en el país, tal como es el sistema de desalinización de agua de mar mediante un proceso de ósmosis inversa, el cual es comúnmente usado a nivel mundial.

Asimismo, la presente investigación informa acerca del proceso de desalinización de agua de mar mediante el mencionado proceso, el cual es muy necesario para enfrentar distintos problemas como la escasez de agua en el Perú.



### **1.5 Impacto práctico**

La presente investigación aporta nuevos criterios de diseño para una red de abastecimiento de agua potable en el Perú, los cuales serán detallados en el desarrollo de la misma. Se determina una capacidad de reservorio suficiente, capaz de abastecer a los balnearios mencionados en su punto más crítico.

De esta forma, se soluciona de manera directa los problemas actuales en los balnearios del sur, debido a la sobrepoblación en temporadas de verano.

### **1.6 Justificación e importancia**

El tema de la presente investigación surge ante la necesidad de proponer una solución a los problemas de abastecimiento de agua potable presentes en los balnearios ubicados al sur de Lima estudiados, debido a los temas de escasez de agua, sobrepoblación en épocas de verano, consumo excesivo de agua, entre otros temas que causan el colapso de los sistemas de abastecimiento existentes en dichos lugares.

El presente estudio pretende solucionar los problemas en cuanto al abastecimiento de agua potable, proporcionando un diseño de red de abastecimiento óptimo y evaluando la influencia de la captación del agua mediante una planta desalinizadora en el mismo.

### **1.7 Alcance y limitaciones de la investigación**

La presente tesis comprende la información teórica necesaria sobre la captación del agua mediante una planta desalinizadora para Punta Hermosa, San Bartolo, Santa María del Mar y Punta Negra, pasando por el diseño de la red de abastecimiento óptima que permita la distribución de la misma, hasta la evaluación de la influencia de la captación de agua mediante el método mencionado en el diseño de la red de abastecimiento de agua potable.

## **1.8 Viabilidad**

El presente estudio cumple con los cinco factores básicos para la viabilidad de un proyecto, los cuales son los siguientes: tiempo, espacio, condiciones económicas, fuentes de información y recolección de datos.

Se cuenta con el tiempo ya que el estudio se realiza de manera paulatina y de manera constante. Se cuenta con el espacio ya que contamos con acceso a los lugares de estudio y con el apoyo de las municipalidades correspondientes.

De la misma manera, contamos con recursos económicos suficientes para realizar la investigación y, además, las fuentes de información no son un problema ya que existe diverso material bibliográfico en cuanto a diseño de redes de abastecimiento de agua potable y a los métodos de captación de agua.

Finalmente, como se mencionó anteriormente, contamos con acceso a la zona de estudio, por lo que la recolección de datos no supondrá un problema.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

#### 2.1.1 Nacionales

##### 2.1.1.1 Peña, K. (2018)

Peña, K. (2018) realiza el diseño de una red de abastecimiento de agua potable en el distrito de Cerro Azul - Cañete ante la necesidad de contar con agua potable de calidad, ya que, si bien la zona cuenta con tanques cisterna, el agua no se encuentra en óptimas condiciones de conservación. En su trabajo, Peña propone dos fuentes de abastecimiento de agua: la primera, mediante la captación de agua de mar y su posterior tratamiento; la segunda, mediante captación subterránea e impulsión hacia el reservorio.

Peña realiza un estudio en campo sobre la población y obtiene que hay aproximadamente 945 pobladores, distribuidos en 189 lotes, con lo que estima una densidad poblacional de 5 por vivienda. Sin embargo, adiciona una “población flotante” que viene a ser con la que se cuenta en temporada de verano. En esa época la población total se incrementa. Para calcular ello, Peña estima un total de 4 habitantes adicionales por vivienda y, considerando los 189 lotes mencionados, obtiene un total de 756 habitantes adicionales.

$$\text{Población total} = \text{Población Fija} + \text{Población Flotante}$$

$$\text{Población Total} = 945 + 756 = \mathbf{1,701 \text{ habitantes}}$$

Según la población y los cálculos de la dotación diaria correspondiente, Peña realiza el cálculo del volumen de reservorio a utilizar, siendo este de aproximadamente 560 m<sup>3</sup>.

$$\text{Volumen Reservorio} = 1.5 \times \text{Volumen demanda diaria}$$

$$Vr = 1.5 \times 374.11 \text{ m}^3 = 561.17 \text{ m}^3$$

### 2.1.1.2 Concha, J. & Guillen, J. (2014)

Por otro lado, Concha, J. & Guillen, J. (2014) identifican la necesidad en los problemas de captación de agua existentes en el distrito de Pueblo Nuevo - Ica debido al crecimiento continuo de la población y a la edad del sistema de abastecimiento de agua potable actual. Como solución a los problemas mencionados, Concha & Guillen proponen dos alternativas: la primera es el incremento de la profundidad en el pozo tubular existente, ya que la napa freática puede haber descendido en los últimos años; la segunda, realizar un nuevo estudio topográfico para elaborar un nuevo sistema de captación de agua mediante la ubicación de un nuevo pozo.

En su investigación, Concha & Guillen realizaron el cálculo de la demanda de agua para consumo humano mediante el cálculo del caudal máximo.

**Tabla 1:** Demandas máximas Pueblo Nuevo - Ica

Demanda			Demanda Máxima Diaria	Demanda Máxima Horaria
lt/s	lt/día	m <sup>3</sup> /año	l/s	l/s
[8]=[6]/(1- perdidas físicas)	[9]=[5]/(1- perdidas físicas)	[10]=[9]*365/1000	[11]=[8]*1.3	[12]=[8]*1.8
40,50	3500000	1277500	52,65	72,90

**Fuente:** Concha, J. & Guillén, J. (2014)

Luego, aplicaron una prueba de verticalidad, según la cual se comprobó que el pozo se encontraba ligeramente torcido. Además, gracias a ella, se pudo diagnosticar el estado general en el cual se encontraba la tubería en el pozo.

Por último, los autores elaboraron el diseño hidráulico y el diseño físico de un nuevo pozo tubular.

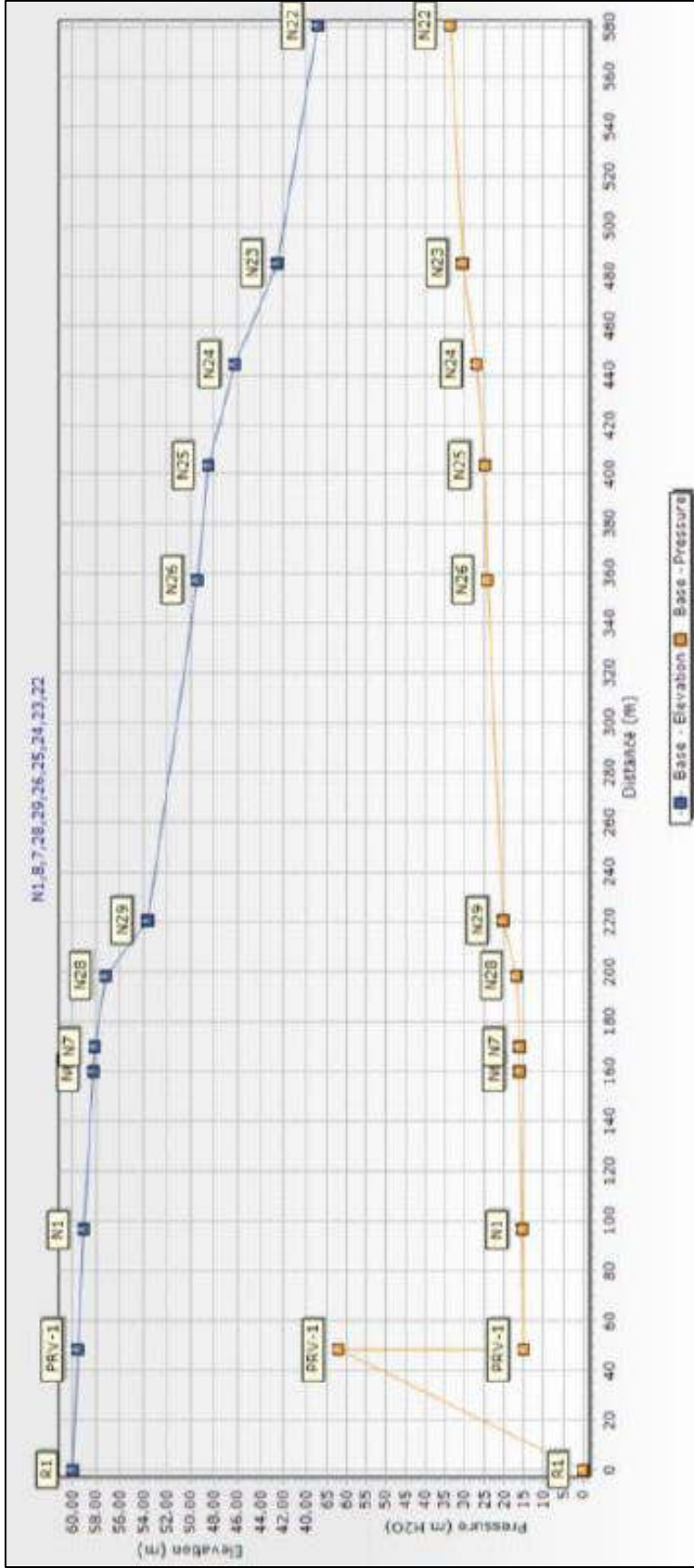
### **2.1.1.3 Gutiérrez, Y. & Huamani, E. (2019)**

Por su parte, Gutiérrez, Y. & Huamani, E. (2019) realizan un estudio ante la escasez de agua potable en el distrito de Mala, en Lima, debido al crecimiento poblacional y a los índices de pobreza existentes. Para esto, proponen un diseño de una red de abastecimiento de agua potable mediante un pozo tubular según el proyecto San Antonio de Mala. Cabe mencionar que actualmente la zona del proyecto no cuenta con ningún sistema de abastecimiento de agua potable.

En su estudio, Gutiérrez y Huamani estimaron una población futura para realizar los cálculos respectivos, ya que el lugar aún no se encuentra poblado. Asimismo, confeccionaron el diseño de la lotización en la zona y de los habitantes por lote, para luego calcular la dotación diaria de agua necesaria.

Para los cálculos de tuberías, Gutiérrez y Huamani utilizaron el software WaterCAD, gracias al cual confirmaron el caudal y las dimensiones de las tuberías de la red de distribución necesarias.

Las autoras realizaron paso a paso el diseño de las tuberías de la red de distribución mediante el software WaterCAD, siendo uno de los principales resultados el mostrado en la Figura 3. En esta, se observa el perfil longitudinal de las elevaciones y de la presión de las tuberías en la red de distribución de agua potable realizada.



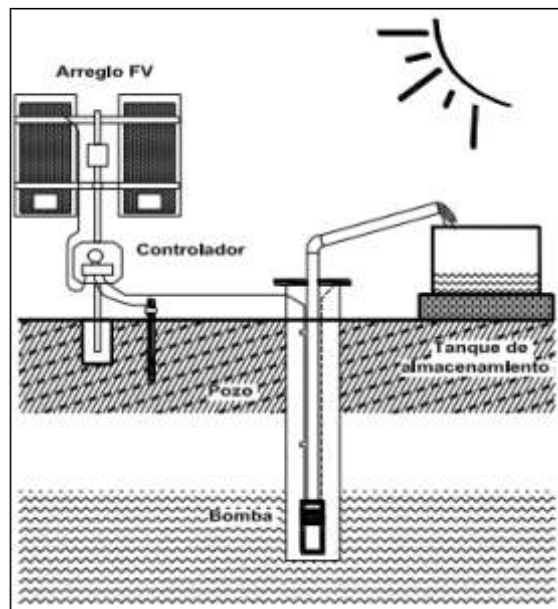
**Figura 3:** Perfil longitudinal obtenido mediante software WaterCAD

**Fuente:** Gutiérrez, Y. & Huamani, E. (2019)

#### 2.1.1.4 Lossio, M. (2012)

De la misma forma, Lossio, M. (2012) propone el uso de la energía solar como fuente de energía para el funcionamiento de una red de abastecimiento de agua potable mediante un sistema de bombeo en el distrito de Lancones en Piura.

Las condiciones climatológicas en el mencionado distrito son oportunas para la implementación de dicho sistema, ya que se puede aprovechar la energía solar para su funcionamiento. Es decir, Lossio utiliza y propone la tecnología solar fotovoltaica como alternativa para el diseño de dicho sistema, aprovechando las características del clima de la zona.



**Figura 4:** Esquema de una instalación típica de un sistema FV de bombeo de agua

**Fuente:** Lossio, M. (2012)

El funcionamiento del sistema de bombeo mostrado es en base a la energía solar. Se colocan paneles solares en la superficie del terreno, de modo que absorben la energía solar y la transforman en electricidad que es utilizada para alimentar la bomba para así extraer agua del subsuelo.

Según Lossio, M., la fluctuación de la energía transmitida por los paneles varía en función al transcurso del día; es decir, a primeras horas del día la fluctuación de energía es baja, y va aumentando con el pasar de las horas hasta

alcanzar su punto más alto en las horas centrales del día, para luego volver a disminuir. Del mismo modo sucede con el flujo de agua, ya que esta se modifica de acuerdo al flujo de energía.

Este sistema de bombeo de agua posee diversas ventajas, en especial en zonas como la estudiada por Lossio, M., donde la radiación solar es elevada.

De esta forma, Lossio realiza los estudios necesarios en cuanto a población y dotación de agua necesarios para estimar sus caudales de diseño, con los que realizará el diseño de su reservorio y de la red de distribución correspondientes.

**Tabla 2:** Caudales de diseño obtenidos - Lancones, Piura

Caserío	Dotación (l/hab/día)	Población Futura (hab.)	Q. Prom. Diario (l/s)	Q. Máx. Diario (l/s)	Q Máx. Horario (l/s)
Charancito	50	106	0.06	0.08	0.12
El Naranjo	50	118	0.07	0.09	0.14
Charán Grande	50	82	0.05	0.06	0.09
El Alumbre	50	308	0.18	0.23	0.36
<b>Total</b>		<b>614</b>	<b>0.36</b>	<b>0.46</b>	<b>0.71</b>

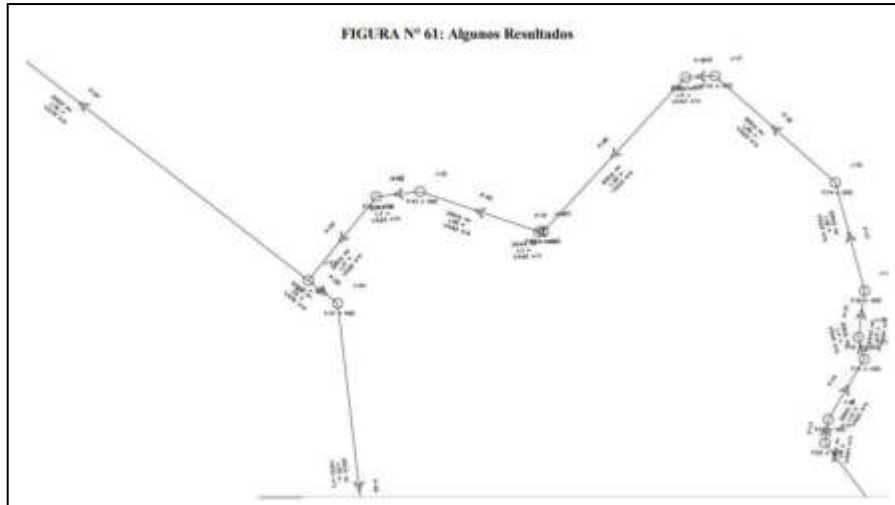
**Fuente:** Lossio, M. (2012)

#### 2.1.1.5 Machado, A. (2018)

Por su parte, Machado, A. (2018) realiza un estudio para el diseño de una red de abastecimiento ante un problema estudiado en el Centro Poblado de Santiago, Distrito de Chalaco, Morropón, en Piura. En su trabajo, el autor elabora el diseño de las redes de conducción, redes de aducción y redes de distribución, además del diseño de la captación de agua para un caudal de 0.8 litros por segundo. Asimismo, el diseño fue simulado en el software WaterCAD para comparar los resultados obtenidos.

Machado realiza los cálculos para las tuberías de manera manual, mediante fórmulas de hidráulica. Una vez obtenidos los resultados, elabora el diseño en el software WaterCAD para comprobar la validez de sus cálculos.





**Figura 5:** Resultados obtenidos mediante software WaterCAD - Chalaco, Piura

**Fuente:** Machado, A. (2018)

En la imagen se muestra el diseño elaborado en el software. En este se muestra la red de distribución de agua potable y las características de cada uno de sus elementos.

Además, Machado calcula el presupuesto total de la obra, el cual asciende a un estimado de S/ 287 905.49 Nuevos Soles.

Costo Directo	203,323.08
Gastos Generales (10%)	20,332.31
Utilidad (10%)	20,332.31
Subtotal	243,987.70
IGV (18%)	43,917.79
Presupuesto Total	287,905.49
<b>SON : DOSCIENTOS OCHENTISIETE MIL NOVECIENTOS CINCO Y 49/100 NUEVOS SOLES</b>	

**Figura 6:** Presupuesto general de la red de abastecimiento - Chalaco, Piura

**Fuente:** Machado, A. (2018)

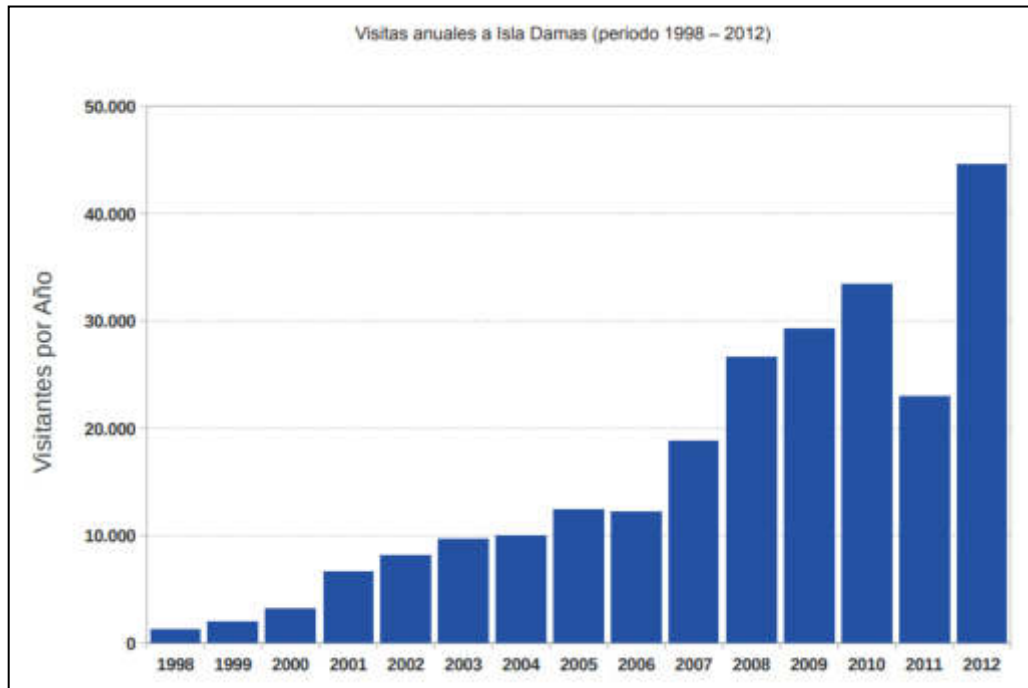
## **2.1.2 Internacionales**

### **2.1.2.1 Soto G. & Soto, M. (2013)**

Soto, G. & Soto, M. (2013) realizan un informe acerca del proceso de ósmosis inversa, y sobre cómo aplicarlo para la desalinización de agua de mar y para el abastecimiento de agua potable en Isla Damas, Región de Coquimbo. Toman en cuenta también la energía solar fotovoltaica para el funcionamiento de la planta. Además, mencionan que este proceso es un método de potabilización del agua novedoso, aunque cada vez más usado en el mundo, y lo investigan teniendo en cuenta el impacto ambiental que pueda ocasionar.

La Isla Damas se extiende en un área de 60 hectáreas aproximadamente; asimismo, cuenta con dos playas y senderos de excursionismo, por lo que es un lugar ideal para el turismo. Posee una temperatura de entre 10 a 20°C todo el año y un clima desértico templado y con alta nubosidad.

Debido a que se trata de un centro turístico, el flujo de habitantes es constante durante todo el año, de forma que los visitantes aumentan con el pasar de los años. La mayor proporción de visitantes se encuentra en los meses de verano (enero y febrero, específicamente).



**Figura 7:** Visitas anuales a Isla Damas

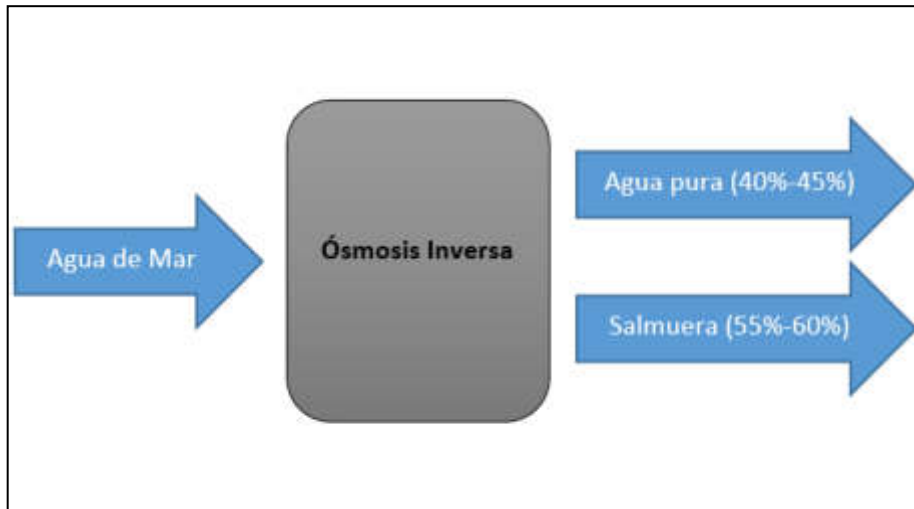
**Fuente:** Soto, G. & Soto, M. (2013)

El proceso de desalinización usado consta de tres fases: la captación de agua de mar, el pretratamiento y el proceso de ósmosis inversa. El agua de mar es trasladada mediante tuberías de impulsión hacia la planta desalinizadora; luego, el agua recibe un tratamiento global para posteriormente ser desinfectada mediante un método de cloración.

Terminada la desinfección, el agua pasa por un conjunto de filtros para retener las partículas en suspensión y, luego, recibe el mismo proceso antes de que pase por filtros de cartucho.

Todos estos procedimientos se ejecutan previamente a la ósmosis inversa, ya que el agua debe tener propiedades fisicoquímicas específicas para el mencionado proceso.

Finalmente, el agua pasa por el proceso de ósmosis inversa que se basa en un bombeo de alta presión a través de membranas semipermeables. En términos generales, según Soto, G. & Soto, M., aproximadamente entre el 55 y el 60% del agua tratada es devuelta al mar como salmuera. Esto quiere decir que, del total de agua de mar tratada, un 40 a 45% de la misma es transformada en agua apta para el consumo humano.



**Figura 8:** Cantidad de agua transformada en el proceso de ósmosis inversa

**Fuente:** Soto, G. & Soto, M. (2013)

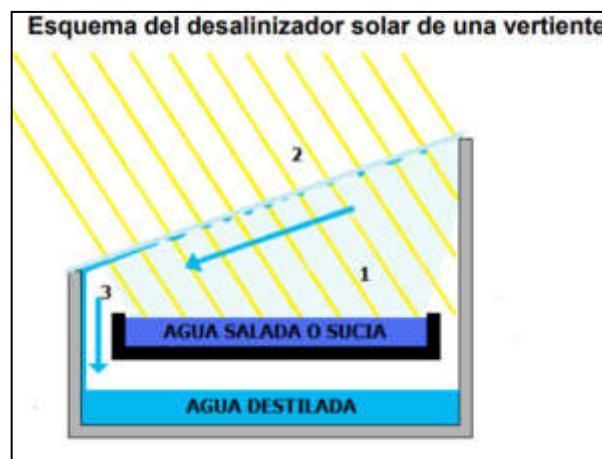
#### **2.1.2.2 Vásquez, A. (2017)**

Por otro lado, Vásquez, A. (2017) propone un método de desalación del agua de mar mediante un desalinizador solar, es decir, a través de un proceso de destilación del agua de mar en el que primero se evapora el agua mediante energía solar para luego pasar por un proceso de condensación y de esta forma obtener agua apta para el consumo humano. La intención es producir agua apta para el consumo humano mediante un desalinizador solar en Sipacate, Escuintla.

Según Vásquez, A., algunas alternativas para la desalinización de agua de mar pueden ser las siguientes.

La destilación por efecto flash consiste en un proceso de evaporación del agua de mar para luego ser condensada, mientras que la destilación por efecto múltiple se basa en una serie de procesos de evaporación donde las presiones son decrecientes, debido a que, mientras que la presión disminuye, el agua se evapora a temperaturas cada vez más bajas.

Un proceso de concepto similar es el de destilación solar. Se realiza usando la energía solar para la evaporación de agua salada y dos láminas de vidrio colocadas de forma inclinada para que, en el proceso de condensación, el agua pura pase a otro lado, mientras que la salmuera vuelva al proceso de condensación. Este proceso usa el principio del efecto invernadero.



**Figura 9:** Desalinizador solar

**Fuente:** Vásquez, A. (2017)

Por otro lado, el proceso de congelación se basa en la congelación del agua y la recolección de los cristales de agua pura para su posterior fundición. Según Vásquez, A., este es un proceso con problemas de implementación en magnitudes industriales debido a la baja tecnología para el aislamiento térmico y la separación de los cristales de agua pura.

Finalmente, en el proceso de ósmosis inversa, el agua pasa a través de una membrana que retiene las sales. Este proceso se realiza generalmente con

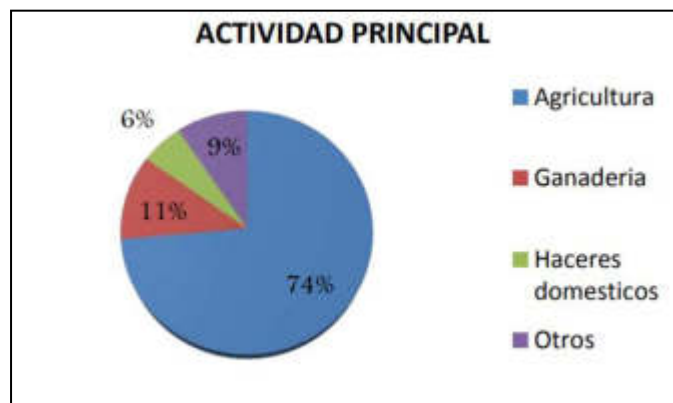
varios tubos colocados en serie o paralelos, que contiene dicha membrana; una bomba para ejercer la presión necesaria para que el agua pase a través de ella; y una válvula que regula la corriente de agua concentrada en sales.

### 2.1.2.3 Alvarado, P. (2013)

Entre diversos informes de tesis que buscan resolver problemas con relación al abastecimiento de agua, Alvarado, P. (2013) realiza un estudio para diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable en Ecuador para la población de San Vicente del Cantón Gonzanamá en la provincia de Loja.

Alvarado reconoce al agua como un elemento de suma importancia y totalmente vital para el ser humano y busca establecer criterios para la elaboración de un sistema mediante un manual que asegure la calidad en la elaboración del mismo.

Según Alvarado, P., la principal actividad de la población es la agricultura, por lo que solucionar los problemas en cuanto al abastecimiento de agua es de suma importancia para el desarrollo y crecimiento de la población.



**Figura 10:** Actividad principal en San Vicente

**Fuente:** Alvarado, P. (2013)

Alvarado, P. realizó distintos estudios para calcular la población de diseño, la cual es de 251 habitantes en San Vicente. Luego estimó el volumen de almacenamiento de agua para abastecer a la población, el cual es de 15 m<sup>3</sup>. Finalmente diseñó las tuberías de distribución.

Además, se elaboró una guía para la construcción del sistema de abastecimiento y un análisis financiero para el proyecto, el cual determinó que era viable. La tasa de descuento utilizada fue de 10%.

<b>Resultado del Análisis Financiero</b>	<b>Decisión</b>
Tasa Interna de Retorno (TIR) = 22.07 %	Positivo (TIR>TSD*). Se acepta
Valor Presente Neto (VAN) = \$88 950.82	Positivo (VAN > 0) Alternativa más conveniente
Relación costo – beneficio = 1.93	C/B > 1. Se acepta

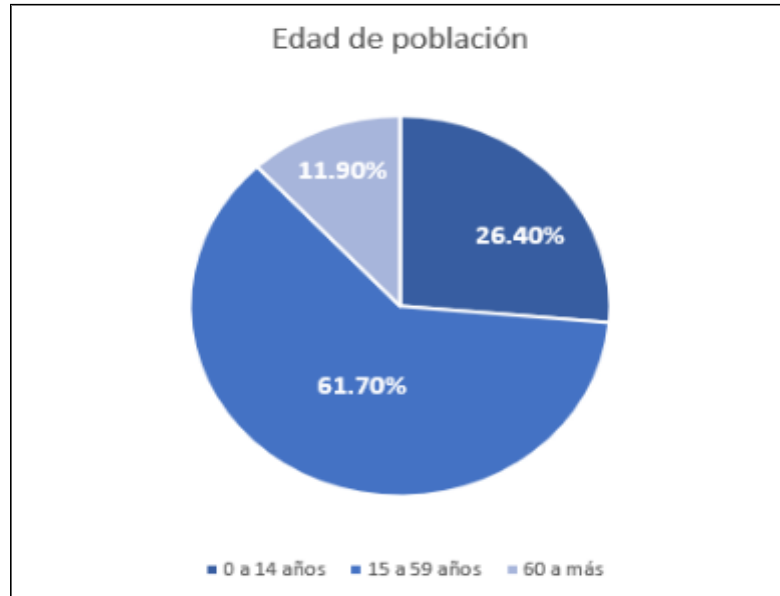
**Figura 11:** Análisis financiero de un proyecto de abastecimiento de agua potable

**Fuente:** Alvarado, P. (2013)

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Población

El Perú es uno de los países más poblados en el continente. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) es el quinto país más poblado en América del Sur y el sexto en América Latina y, además, la mayor parte de la población peruana se encuentra entre las edades de 15 a 59 años. Esto quiere decir que la población peruana está conformada en su mayoría por jóvenes.



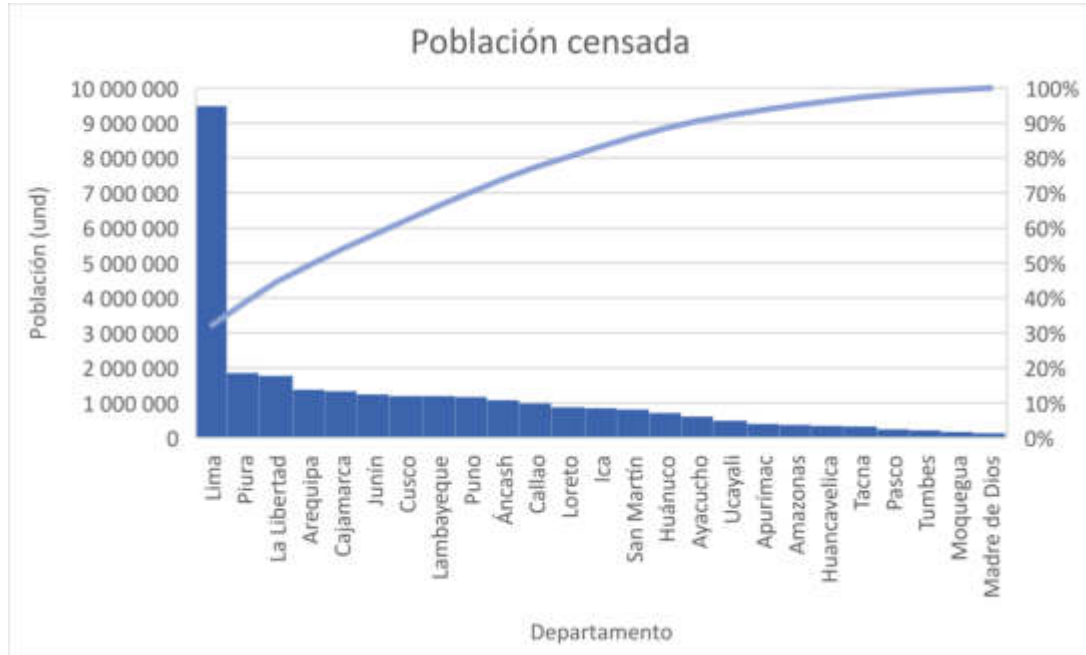
**Figura 12:** Población peruana según edades

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (2017)

De la misma manera, según los resultados de los censos nacionales realizados en 2017 por el INEI, más de la mitad de la población en el Perú (un 58%) es de la costa, con un total de 17 370 297 habitantes. Tal como lo menciona RPP Noticias el 25 de junio del 2018 cuando hace referencia a los censos nacionales del 2017. Según aquella información, la población de la sierra y de la selva alcanzan el 28.1% y 13.9% respectivamente, con 8 268 183 y 4 760 404 habitantes.



Una de las principales causas de esta distribución poblacional es debido a las constantes migraciones de la sierra y selva hacia la costa, más específicamente a la ciudad de Lima, que actualmente es el departamento con la mayor población censada.



**Figura 13:** Población peruana según departamentos

**Fuente:** Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (2017)

Entonces, siendo el Perú uno de los países más poblados en América Latina y siendo Lima el departamento con la mayor proporción de esta población, se hace evidente la necesidad de contar con un adecuado sistema de abastecimiento de agua, principalmente en las zonas de playa, ya que en temporadas de verano la población (que en su mayoría son jóvenes) se concentra en dichas zonas, lo que ocasiona el colapso de los sistemas de abastecimiento existentes.

Por otra parte, según información proporcionada en el Proyecto PROVISUR 2017 (proyecto destinado al abastecimiento de agua potable en los distritos de Punta Negra, Punta Hermosa, Santa María del Mar y San Bartolo),

cuya memoria descriptiva fue elaborada por la Concesionaria Desaladora del Sur S.A. (CODESUR) en el 2015, el índice de ocupabilidad de cada vivienda es menor a 3 habitantes por cada vivienda, mientras que en temporada de verano puede ser mayor a 6. En la Tabla 3, se pueden observar los índices de ocupabilidad según el censo realizado en el año 2007.

**Tabla 3:** Población residente e índice de ocupabilidad

POBLACIÓN RESIDENTE			
DISTRITO	2007 (Censo)	2010 (Estudio VEOLIA)	2012 (ProInversión)
PUNTA HERMOSA	5.423	7.044	8.125
PUNTA NEGRA	5.283	6.856	7.905
SAN BARTOLO	6.308	6.294	6.285
SANTA MARÍA DEL MAR	0.133	0.169	0.198
<b>TOTAL</b>	<b>17.147</b>	<b>20.363</b>	<b>22.513</b>

VIVIENDA			
DISTRITO	2007 (ProInversión)	2010 (ProInversión)	2012 (ProInversión)
PUNTA HERMOSA	3.092	4.016	4.632
PUNTA NEGRA	2.587	3.357	3.870
SAN BARTOLO	2.529	2.523	2.519
SANTA MARÍA DEL MAR	0.671	0.852	1.000
<b>TOTAL</b>	<b>8.879</b>	<b>10.748</b>	<b>12.021</b>

ÍNDICE DE OCUPABILIDAD	
DISTRITO	2007 (Censo)
PUNTA HERMOSA	1.75
PUNTA NEGRA	2.04
SAN BARTOLO	2.49
SANTA MARÍA DEL MAR	0.20
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.62</b>

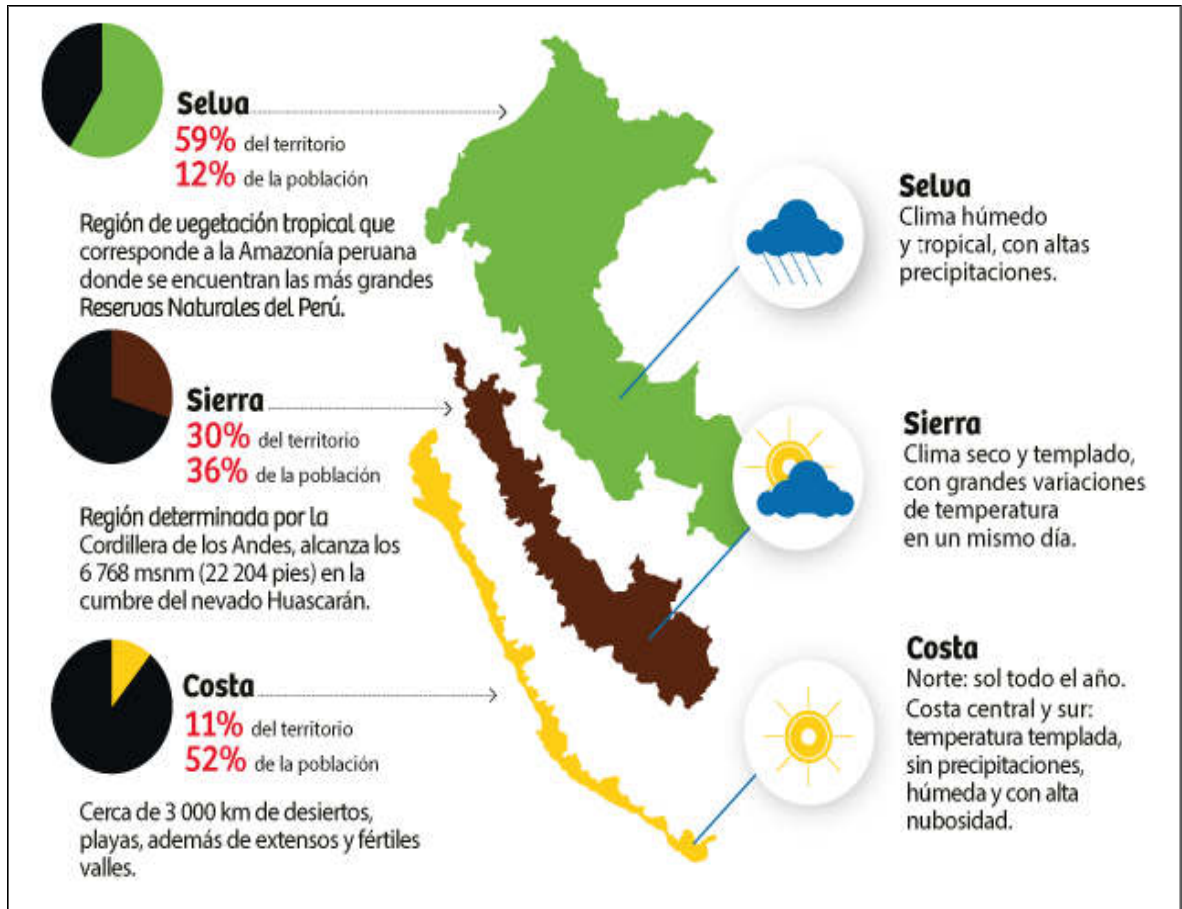
**Fuente:** Concesionaria Desaladora del Sur S.A. (CODESUR) (2015)

### **2.2.2 Clima**

En Perú existen 11 ecorregiones dentro de las cuales existen 84 zonas de vida, mientras que en el mundo existen 117 zonas. Asimismo, se conoce que el Perú se encuentra dividido en tres regiones: costa, sierra y selva.

La región en la que se encuentran los balnearios del presente estudio es la costa, la cual se caracteriza por sus altos índices de humedad y densas neblinas en invierno. Estas producen una sensación de frío intenso, aunque un clima templado cálido en temporadas de verano, época donde la temperatura alcanza los 30°C y la neblina es reducida.

Así lo menciona el portal oficial de turismo Marca Perú en su descripción sobre la geografía peruana. Este documento señala que el Perú tiene temperaturas cálidas la mayor parte del año en las ciudades del norte, aunque con un periodo corto de lluvias en los últimos meses del año. En cambio, el resto del país presenta una temperatura templada, húmeda, con alta nubosidad y con baja precipitación.



**Figura 14:** Tipo de clima según la región en el Perú

**Fuente:** Marca Perú (2019)

El clima predominante en la zona de estudio es variable, similar al de toda Lima Metropolitana. La temperatura varía de acuerdo a las estaciones climáticas, con temperaturas promedio de 23°C en los meses de verano y 18°C en los de invierno.

Al ser esta una zona costera correspondiente a los balnearios del sur, la precipitación es limitada y de baja intensidad, en tanto que no se registran datos numéricos de la misma. Respecto a la humedad relativa, considerando la ubicación de los distritos correspondientes al área de estudio presentan un elevado valor el cual se encuentra entre el 90 y el 98%.

A continuación, se presentan los valores de reportes de la estación meteorológica Punta Lobos ubicada en Pucusana, la misma que actualmente se encuentra en funcionamiento, conforme a datos históricos del SENAMHI.

**Tabla 4:** Resultados históricos de la estación meteorológica Punta Lobos

Mes	Promedio	Max.	Min.	Humedad (%)	Velocidad del viento (m/s)
Enero	18.97	20.5	18.2	98.63	3.40
Febrero	21.50	24.5	19.9	86.88	3.22
Marzo	20.18	21.6	19.3	94.42	4.62
Abril	19.55	21.0	18.6	92.50	3.52
Mayo	17.50	17.9	17.4	94.57	2.70
Junio	18.60	18.9	18.4	94.67	1.90
Agosto	18.60	18.70	18.5	95.75	0.83
Setiembre	18.33	18.6	18.8	94.75	2.43
Octubre	18.13	18.3	18.0	95.25	2.95
Noviembre	18.13	18.5	17.8	96.75	2.85
Diciembre	18.53	18.8	18.3	95.00	0.75

**Fuente:** Concesionaria Desaladora del Sur S.A. (CODESUR) (2015)

### 2.2.3 Topografía

El estudio de la topografía es fundamental en este trabajo (y para la elaboración de cualquier proyecto con características similares), ya que permitirá generar planos para el análisis y el diseño del mismo.

La topografía de San Bartolo es descrita oportunamente por Suarez, G. (2003) en su informe de tesis *Propuesta para el desarrollo del zoológico de Lima en San Bartolo*. El autor señala que el relieve de la zona es entre plano y ondulado suave. Asimismo, agrega que sus llanuras están cubiertas de arena, formando dunas, debido a la acumulación de sedimentos por la lluvia.

Por otro lado, el autor señala que hay partes con relieve irregular y de forma pronunciada, las cuales son formadas por el viento que viene del litoral marino. De la misma manera, existen materiales arenosos y gravosos, distribuidos en el centro del terreno.

Finalmente, Suarez también menciona que existen lomas formadas por elevaciones líticas, las cuales se encuentran a lo largo de todo el terreno y tienen una topografía abrupta y rocosa como consecuencia de la acumulación de arena eólica.

#### **2.2.4 Suelos**

Las unidades geológicas comprendidas en los balnearios del presente estudio se conforman por depósitos cuaternarios, los cuales pueden ser marinos, aluviales y eólicos.

Los **depósitos marinos** se forman por materiales clásticos fruto de la acción erosiva de las olas o que son llevados al mar por los ríos. Estos depósitos se ubican, con el transcurso del tiempo, en toda la línea costera.

Los **depósitos aluviales** son los materiales que son llevados por los ríos; mientras que los **depósitos aluviales recientes** están restringidos a franjas ubicadas en los lados de los ríos.

Por otro lado, según la memoria descriptiva del Proyecto PROVISUR 2017, los **depósitos eólicos** se encuentran a lo largo de casi toda la costa e, incluso, en algunos casos adentrándose un poco según la dirección de los vientos. Estos depósitos se encuentran en las rocas o en llanuras aluviales.

Además, en cuanto a los depósitos eólicos recientes, en la memoria descriptiva del Proyecto PROVISUR 2017 se menciona que se conforman por arenas móviles que provienen de las playas en la costa, adoptando formas como dunas, barracanes y, de manera más común, mantos. Estos cubren las laderas

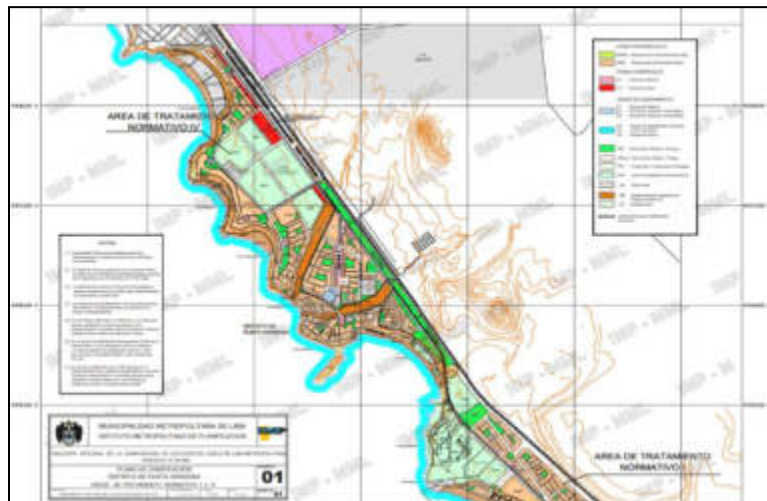
de los cerros de Lima y alcanzan mayores espesores en las pendientes más pronunciadas.

### 2.2.5 Zonificación

La zonificación es un parámetro asignado para determinar los diferentes usos que se le puede dar al suelo o terreno en función de las características que se puedan desarrollar en él. Estos se encuentran definidos por el Instituto Metropolitano de Planificación (IMP) para los 43 distritos de Lima Metropolitana.

Es por ello que, para el presente estudio, que trata sobre el caso de 4 balnearios al sur de Lima, se tomará como referencia los planos de zonificación para la proyección de la densidad poblacional.

Para el caso de Punta Hermosa, se tiene el Plano de Zonificación de Áreas de Tratamiento Normativo I y IV aprobado mediante Ordenanza N° 1086 – MML del 18 de octubre de 2007.

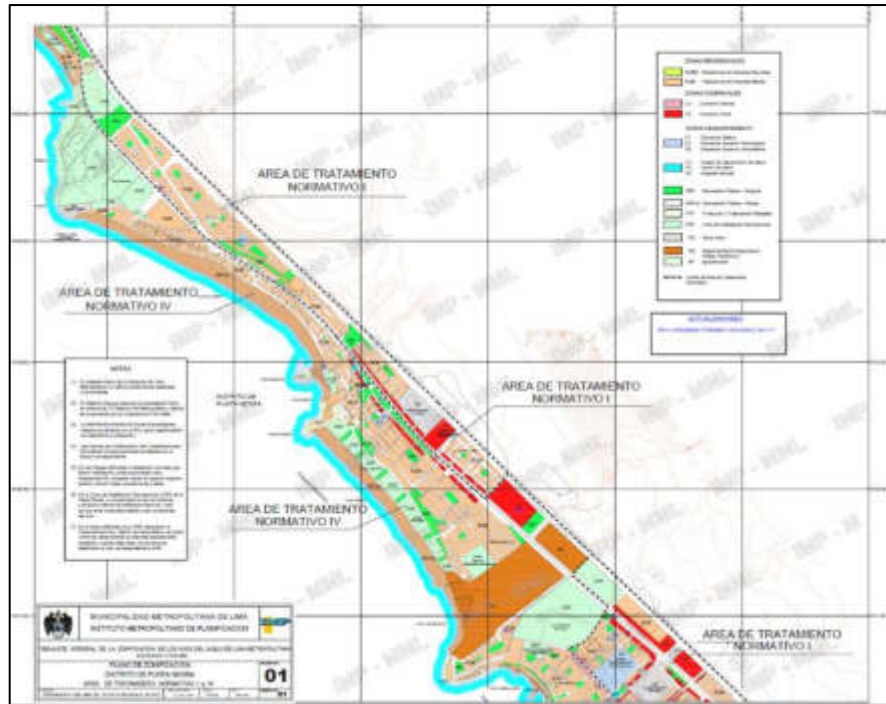


**Figura 15:** Plano de zonificación del distrito de Punta Hermosa

**Fuente:** Instituto Metropolitano de Planificación (IMP) (2018)

De este plano se confirma que prima la zona residencial de densidad media (R-3 y R-4) para usos de viviendas unifamiliares y multifamiliares.

El plano de zonificación de Punta Negra posee las Áreas de Tratamiento Normativo I y IV, el cual fue aprobado mediante Ordenanza N° 1086 – MML del 18 de octubre de 2007.



**Figura 16:** Plano de zonificación del distrito de Punta Negra

**Fuente:** Instituto Metropolitano de Planificación (IMP) (2018)

De este plano se valida el mayor porcentaje del uso del suelo correspondiente a la zona residencial de densidad media (R-3 y R-4) para usos de viviendas unifamiliares y multifamiliares.

En el caso de San Bartolo, en el plano de zonificación se observa las Áreas de Tratamiento Normativo I y IV, aprobado mediante Ordenanza N° 1086 – MML del 18 de octubre de 2007.



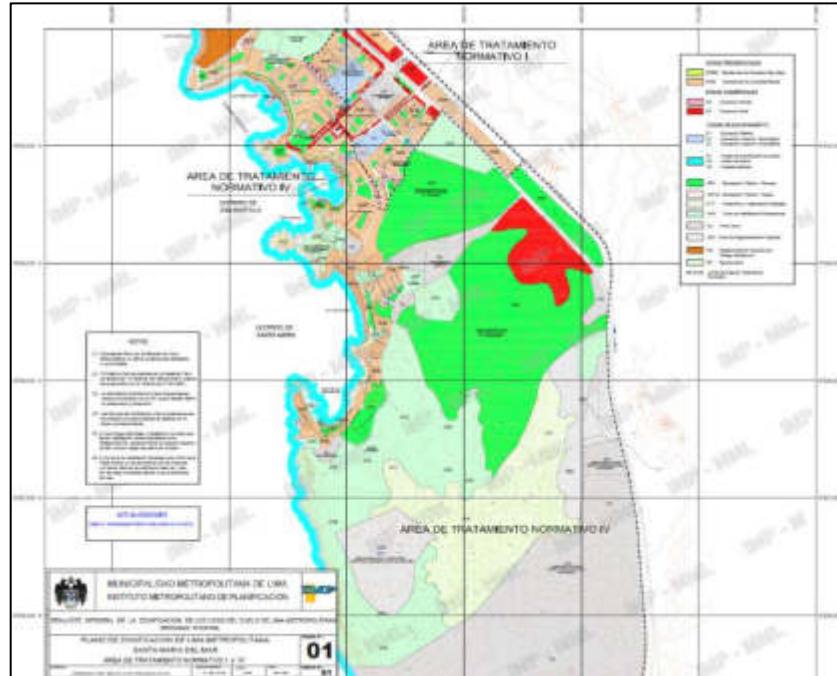


**Figura 17:** Plano de zonificación del distrito de San Bartolo

**Fuente:** Instituto Metropolitano de Planificación (IMP) (2018)

Del plano se corrobora que el mayor porcentaje del uso del suelo corresponde a la zona residencial de densidad media (R-3 y R-4) para usos de viviendas unifamiliares y multifamiliares.

Finalmente, para el caso de Santa María del Mar, en su plano de zonificación se denota las Áreas de Tratamiento Normativo I y IV, aprobado mediante Ordenanza N° 1086 – MML del 18 de octubre de 2007.



**Figura 18:** Plano de zonificación del distrito de Santa María del Mar

**Fuente:** Instituto Metropolitano de Planificación (IMP) (2018)

Se confirma que el mayor porcentaje del uso del suelo corresponde a la zona residencial de densidad media (R-3 y R-4) para usos de viviendas unifamiliares y multifamiliares.

### 2.2.6 Periodo de diseño y población futura

El periodo de diseño es el tiempo que se estima que un proyecto sigue siendo eficaz para resolver un problema específico. Es decir, para el caso de una red de distribución de agua potable, el periodo de diseño se estima según factores como el crecimiento poblacional, ya que en el caso de que una población tenga un factor de crecimiento poblacional elevado, en poco tiempo una red de agua podría ser insuficiente para la demanda futura, por lo que en ese caso el periodo de diseño sería de pocos años.

En ese sentido, el periodo de diseño es un aspecto importante a tener en cuenta, ya que nos permite estimar el tiempo que nuestro proyecto estará en funcionamiento, y el tiempo en el que será necesario un replanteo del proyecto para tomar las medidas oportunas.

Además, el periodo de diseño también puede estar en función a la calidad de los materiales a utilizar y a diversos factores. De un proyecto elaborado con materiales de baja calidad se espera que necesite ser replanteado en poco tiempo, por lo que el periodo de diseño sería bajo. De la misma manera, de un diseño de una red de abastecimiento de agua potable en un sector alejado a la población se espera que tenga un bajo crecimiento poblacional y, por ende, podría tener un alto periodo de diseño.

Entonces, el periodo de diseño está relacionado a la población futura, ya que, si se busca realizar un proyecto con periodo de diseño de 20 años, se deberá estimar la población para ese tiempo, es decir, para 20 años, y diseñar el proyecto en función de dicho cálculo.

La población futura se puede calcular en base a un coeficiente de crecimiento poblacional y mediante distintas fórmulas establecidas.

### **2.2.7 Dotación de agua**

La dotación de agua es la cantidad de agua asignada a determinado sector, es decir, es la cantidad de agua que le corresponde a determinadas zonas según su uso o según su población.

Aquella está normada, según el RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones), de acuerdo a la zona, el uso de la edificación, la población o el clima. Sin embargo, la dotación de agua también puede ser establecida según estudios realizados debidamente justificados por profesionales en el rubro.

### **2.2.8 Software WaterCAD**

Es un software destinado al modelamiento de obras hidráulicas. Permite modelar, entre otros aspectos, el sistema de abastecimiento a diseñar, indicando resultados como velocidad en tuberías, presión en nodos, caudales y diámetros de tuberías.

Este software es de gran ayuda en diseños relacionados a obras hidráulicas, ya que mediante aquel se puede conocer si el diseño está bien realizado o sus fallas. Permite ingresar datos sobre el reservorio, las válvulas en la red, elevaciones de los nodos, planos realizados en AutoCAD, entre otros.

Es de gran utilidad ya que simplifica distintos cálculos y procesos, mostrándonos resultados directos. Su uso es indispensable para el diseño de una red de abastecimiento de agua a gran escala, ya que maneja gran cantidad de datos de manera sencilla.

### **2.2.9 Planta de tratamiento**

Es una planta en la que se procesa un producto para su transformación. En el caso del presente informe, se estudiará una planta en la que se procesa el agua para su purificación.

Pueden emplearse para diversos fines: tratamiento para extraer las bacterias presentes en el agua, tratamiento de remineralización del agua, o para quitar la sal presente en el agua de mar, como es el caso de las plantas desalinizadoras.

En otras palabras, es un tipo de planta en la que se realiza todo proceso relacionado a la purificación del agua con la finalidad de ser considerada apta para el consumo humano.

### **2.2.10 Ciclo hidrológico del agua**

Un ciclo es un periodo en el que un conjunto de hechos sucede de forma repetitiva, es un periodo que, al llegar a su punto final, inicia de nuevo. El ciclo hidrológico del agua es el que sigue este recurso desde que cae en forma de lluvia hasta que retorna a las nubes para volver a caer. Según Concha & Guillén (2014), el mencionado ciclo hidrológico no tiene principio ni final y consta de las siguientes fases:

- **Evaporación del agua:** es un proceso que pasa el agua para transformarse de estado líquido a gaseoso, por efectos de la temperatura. En este proceso, el agua se convierte en vapor. Ascende desde ríos, mares, lagos, lagunas u otra fuente de agua hacia la atmósfera, formando nubes. Sin embargo, el agua también se evapora desde la superficie terrestre, aunque en menor cantidad.
- **Evapotranspiración:** es un proceso singular en el cual las plantas actúan como medio para la evaporación del agua en el suelo. En este proceso, las raíces de las plantas absorben el agua para luego expulsarla en forma de vapor a través de las hojas.
- **Precipitación:** es el proceso en el que el agua en estado gaseoso contenida en las nubes se condensa y desciende en estado líquido hacia la tierra. Este proceso sucede debido a cambios en la temperatura atmosférica, la cual, al disminuir, hace que el vapor en las nubes se condense en forma de lluvia y, por acción de la gravedad, caiga hacia la tierra, continuando con el ciclo hidrológico.
- **Retención:** es el proceso en el que el agua que cayó en el proceso de precipitación vuelve a evaporarse debido a que fue interceptada por objetos que interrumpieron su caída. De esta forma, al ser agua en pequeñas cantidades, se evapora rápidamente para volver a la atmósfera.
- **Infiltración:** se trata del agua que, en su caída en el proceso de precipitación, no es interceptada, se infiltra en el suelo y sigue tres caminos distintos. Puede no haberse infiltrado lo suficiente y ser evaporada

nuevamente para regresar a la atmósfera; puede ser interceptada en el suelo por raíces de plantas y ser devuelta a la atmósfera por el proceso de evapotranspiración; o puede haberse infiltrado más profundamente en el suelo para formar corrientes subterráneas que, en algunos casos, ayudan a mantener los “mantos acuíferos” y, en otros, fluyen y se unen a ríos u otra corriente, desde la cual siguen su proceso hidrológico.

- Escorrentía superficial: se trata del caso en el que el agua no se infiltra completamente en el suelo, tampoco se evapora rápidamente debido a que, en conjunto, forma pequeños riachuelos o arroyos que finalmente se unen a un río o al mar.

De esta forma, el ciclo hidrológico no tiene inicio ni final. El agua se mantiene en un ciclo de continuas transformaciones.

Los métodos de captación aprovechan distintas características de este ciclo para obtener agua. El agua puede ser captada en la tierra, luego de su proceso de infiltración, mediante pozos tubulares que la extraen desde el subsuelo. Asimismo, puede ser captada en su proceso de evaporación mediante un sistema de atrapanieblas. También puede ser captada en su proceso de precipitación a través de instalaciones en las edificaciones. En el caso del presente informe, se estudiará la captación del agua en el mar a través de pozos submarinos para luego ser tratada mediante una planta desalinizadora.

### **2.2.11 Acuífero**

Es un estrato en el suelo en el que el agua es almacenada y permanece allí. Dicho de otra forma, es como un conducto de agua que pasa a través del suelo.

Según Concha & Guillén (2014), estos acuíferos pueden encontrarse a determinada presión (debido a que se ubican entre dos capas impermeables) o a presión atmosférica (al tener un punto de su recorrido en la superficie).

## 2.2.12 Sistema de abastecimiento de agua potable

Según Estela, M., en un artículo web publicado el 6 de diciembre de 2019, se conoce como agua potable a aquella que se encuentra apta para el consumo humano. En otras palabras, es el agua que puede ser utilizada de manera directa o, incluso, puede ser bebida sin que ocasione un riesgo a la salud.

Una red de abastecimiento de agua potable es un sistema formado por tuberías y conexiones que permite transportar el agua desde su punto de captación hacia el de consumo humano, como se muestra en la Figura 19.

Se capta y trata agua para convertirla en apta para el consumo humano de las siguientes fuentes:

- Aguas manantiales naturales
- Agua salada (mares)
- Agua encontrada en la superficie terrestre
- Agua filtrada en el terreno y encontrada de manera subterránea
- Agua de lluvias
- Agua de neblina



**Figura 19:** Proceso de abastecimiento de agua potable

**Fuente:** Elaborado por los autores

Luego de ser captadas, las aguas son conducidas a un reservorio o planta de tratamiento mediante obras de conducción, las cuales, según se menciona en la Norma OS.010 (2006), son tanto las estructuras como los elementos que forman parte del sistema que en conjunto transportan el agua desde el punto de captación hasta el reservorio o hacia la planta de tratamiento. Esta estructura debe tener la capacidad de transportar al menos el caudal máximo diario.

Estas aguas deben ser tratadas según su procedencia para poder ser aptas para el consumo humano. Estos tratamientos pueden ser por medio de filtros, desarenadores, tratamientos de ósmosis inversa, entre otros.

Una vez tratada, el agua potable debe ser almacenada en un lugar que cumpla con las condiciones necesarias para su uso. En el caso de abastecer a una población, el reservorio donde se almacena el agua debe tener la capacidad suficiente para proveer de agua potable a la misma, ya sea mediante bombeo o por gravedad.

Según el Ministerio del Ambiente (MINAM), el consumo promedio de agua de un peruano es de 50 litros, los cuales sirven para cubrir las necesidades básicas del mismo.

Finalmente, el agua es distribuida mediante una red de distribución que llega hasta cada vivienda de la población. Esta red de distribución se diseña en base a la población a la que abastecerá, a las características topográficas de la zona, al tipo de suelo, entre otros factores.

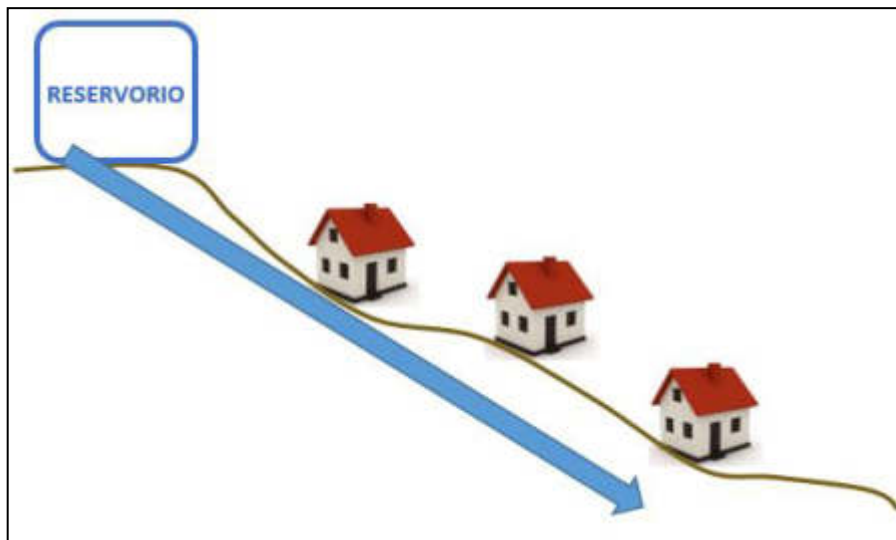
Tomando en cuenta los factores mencionados, se realizan los cálculos de diseño como el caudal, el diámetro y longitud de las tuberías, los elementos que debe tener la red de abastecimiento, entre otros.



### 2.2.12.1 Sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad

En los sistemas de abastecimiento de agua potable por gravedad, el reservorio de agua se ubica en una altura mayor a la población a abastecer, de forma que la distribución de agua se da por acción de este fenómeno natural.

Este sistema es el más utilizado debido a su sencillez y efectividad, además de ser un sistema que no requiere mayor inversión.



**Figura 20:** Sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad

**Fuente:** Elaborado por los autores

### 2.2.12.2 Sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo

A diferencia del sistema por gravedad, en el sistema de abastecimiento mencionado, el reservorio se ubica en una altura menor a la población a abastecer. Por este motivo, es necesario bombear el agua hacia las viviendas a abastecer o hacia un punto más elevado en donde se ubique otro reservorio.

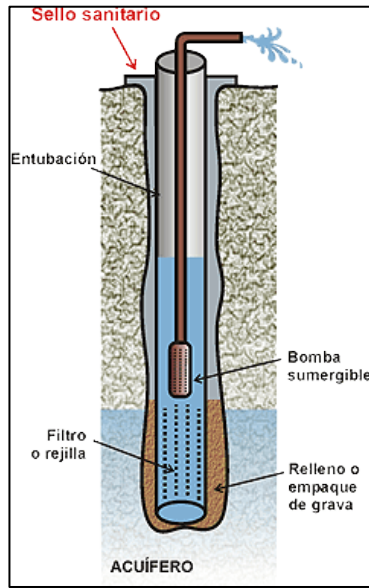
## 2.2.13 Sistemas de captación de agua

### 2.2.13.1 Agua subterránea

Se captan mediante la excavación de pozos, siendo el método más antiguo para la captación de agua. Generalmente provienen de la infiltración de

las aguas superficiales a través de la tierra. De esta manera, el agua se filtra en el terreno hasta llegar a una capa impermeable en el suelo que impida su paso, de forma que empieza a acumularse y forme una capa freática.

Los pozos tubulares deben excavarse hasta el nivel en que se encuentra el agua, de forma que pueda ser extraída mediante una bomba sumergida.

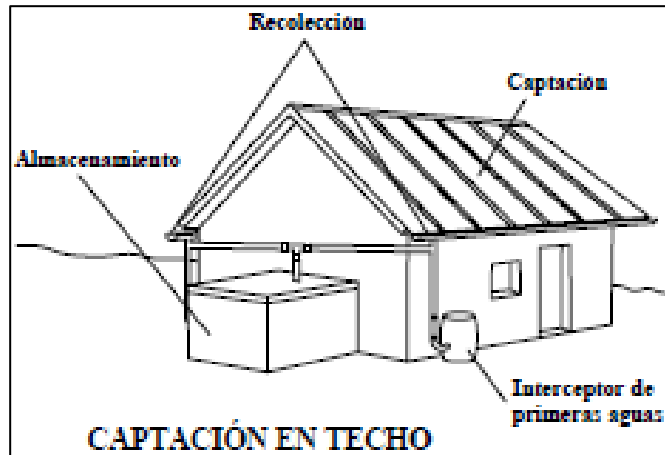


**Figura 21:** Captación de aguas subterráneas

**Fuente:** Ramírez Serrano, J. (Sin fecha)

### 2.2.13.2 Agua pluvial

El sistema de captación de agua pluvial trata de colocar canaletas en el techo de la vivienda, de forma que se canalicen las aguas de lluvia captadas a través de ellas, conduciéndolas hacia un reservorio.



**Figura 22:** Componentes básicos de un sistema de captación de aguas de lluvia

**Fuente:** Niño Estupiñan, L. & Castro Ospita, F. (2016)

Los techos de las edificaciones que adopten este sistema de captación de agua deben tener una inclinación mínima del 5% para facilitar el escurrimiento de la lluvia.

Se debe tener en cuenta que el agua almacenada en el reservorio debe ser tratada posteriormente, ya que el agua de lluvia no es apta para el consumo directo.

#### **2.2.14 Reservorio de agua potable**

Un reservorio de agua es una estructura que permite almacenar agua en grandes cantidades para su posterior uso, y son una parte fundamental de un sistema de abastecimiento de agua potable. Su función es almacenar agua en periodos donde sea menor la demanda, para ser utilizada cuando la demanda sea mayor. Aunque su función puede variar según el propósito que tenga el reservorio, como por ejemplo en el caso de almacenar agua para ser utilizada únicamente en casos de incendio.

Los reservorios son “apoyados” cuando se encuentran sobre un terreno. Normalmente este tipo de reservorios son construidos en un terreno con una cota superior a la de la población a abastecer, por lo que es importante realizar

estudios topográficos con planos de curva de nivel de la zona para comprobar que el terreno sea capaz de soportar la carga del reservorio.

Por otro lado, los reservorios son “elevados” cuando se encuentran sobre una estructura construida en un terreno. Uno de los objetivos para la construcción de este tipo de reservorios es la de ganar altura para una mejor distribución del agua, aunque también puede construirse debido a problemas topográficos.

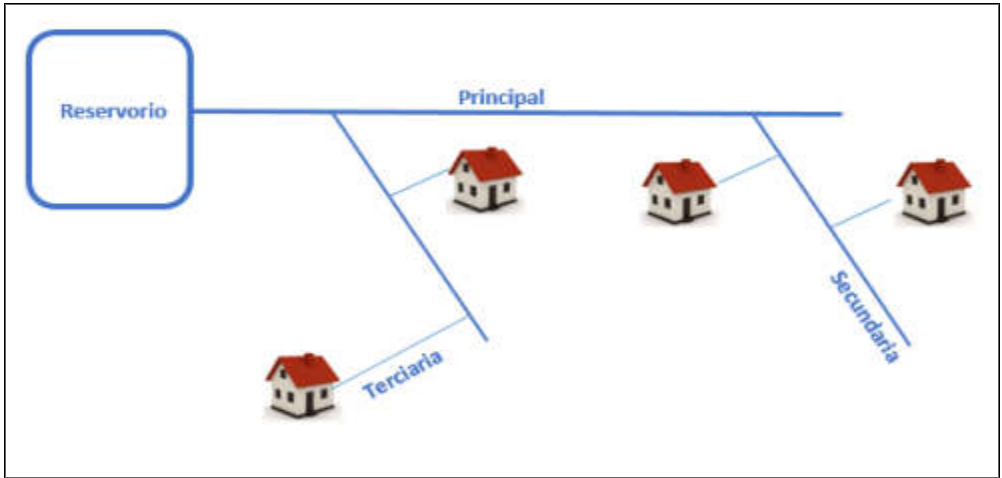
Por último, los reservorios pueden estar “enterrados”. Este tipo de reservorios involucran un mayor coste, ya que se deberá realizar la excavación del terreno. Aunque también presenta algunas ventajas, como lo mencionan Arévalo, P. y Barahona, R. (2013), quienes explican que, al encontrarse enterrado el tanque de agua, funciona también como conservador de grandes variaciones de temperatura. Además, ya que el tanque se encuentra enterrado, no alterará el paisaje y, debido a esto, la superficie puede ser utilizada de distintas maneras que se consideren oportunas.

De la misma manera, los reservorios de agua pueden clasificarse según su forma, material, capacidad, entre otros.

### **2.2.15 Red de distribución de agua potable**

Es un sistema formado por un conjunto de tuberías, válvulas y otras piezas especiales que permiten la distribución del agua desde el reservorio hasta las viviendas.

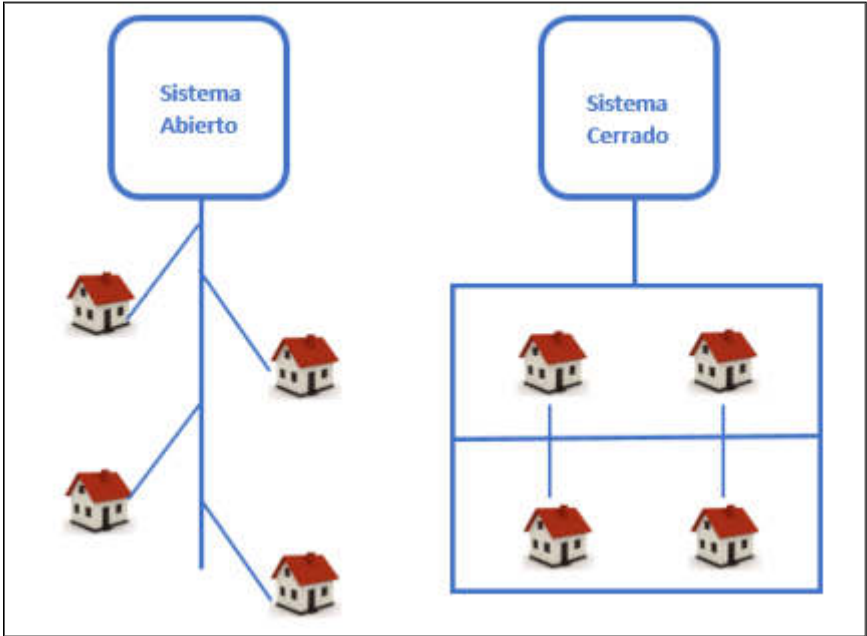
Las tuberías forman redes principales, secundarias o terciarias según el siguiente esquema:



**Figura 23:** Redes principales, secundarias y terciarias

**Fuente:** Elaborado por los autores

Además, la red de distribución de agua puede ser de sistema abierto, cerrado o mixto:



**Figura 24:** Sistemas de red de distribución

**Fuente:** Elaborado por los autores

### **2.2.16 Tuberías**

La tubería de impulsión es la que transporta el agua desde el punto de captación hasta el reservorio, pasando (de ser el caso) por una planta de tratamiento o planta desalinizadora. La impulsión del agua se realiza mediante diversos equipos como válvulas, accesorios, entre otros.

La tubería de aducción es la que recorre desde el reservorio de agua potable hasta el inicio de la red de distribución. Esta debe cumplir ciertos parámetros de diseño regulados por el Reglamento Nacional de Edificaciones, como las presiones y velocidades máximas o el equipamiento que se deba implementar como válvulas o cajas rompe presión.

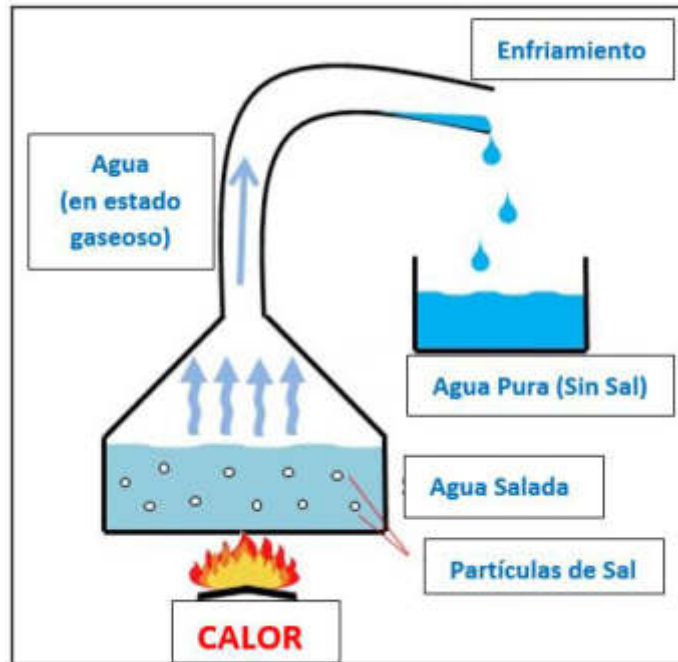
La tubería de distribución es la que transporta el agua desde la tubería de aducción hasta cada una de las viviendas de la población o hasta los puntos de toma pública de agua. De la misma forma que las otras tuberías, la de distribución debe cumplir los requisitos establecidos por las normas pertinentes.

### **2.2.17 Desalinización**

La desalinización, o desalación, es el proceso mediante el cual el agua salada se transforma en agua potable apta para el consumo humano. Existen distintos métodos mediante los cuales se lleva a cabo este proceso, los cuales son realizados por las plantas desalinizadoras.

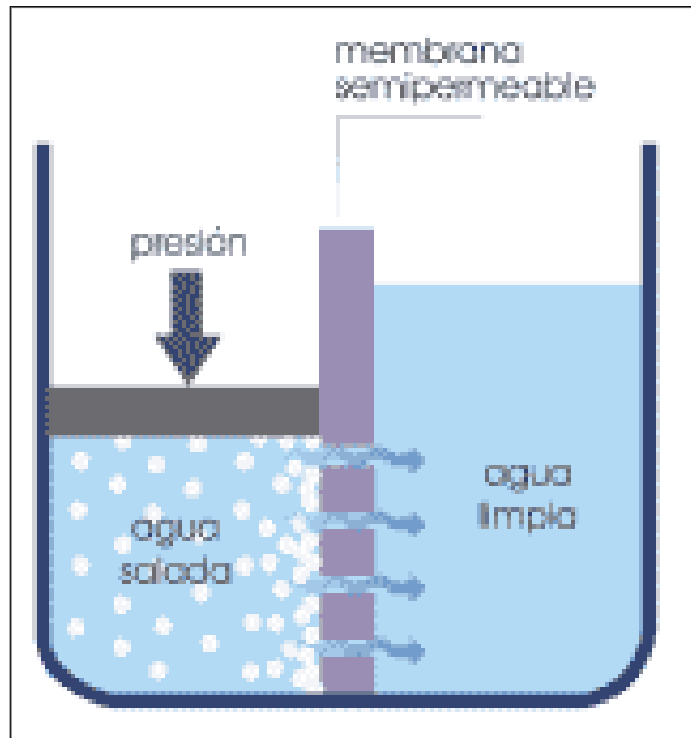
Según la Asociación Internacional de Desalinización (IDA) existen cerca de 18 mil plantas desalinizadoras en el mundo, las cuales satisfacen únicamente entre el 1 y el 3% de la necesidad de agua potable de la población.

Según la Empresa de Tratamiento de Agua Residual en el Perú (BossTech), el concepto de desalinización se origina desde la época de Aristóteles, hace unos 2400 años, donde los navegantes utilizaban dicho método para la obtención de agua potable. En la actualidad, según José Luis Sánchez Lizaso, existen dos métodos principales para ejecutar este proceso: el primero se basa en la evaporación del agua de mar para su posterior condensación; mientras que el segundo en membranas mediante las cuales se separan las sales presentes en el agua.



**Figura 25:** Método de desalinización 1

**Fuente:** Empresa BossTech (13 de abril de 2018)



**Figura 26:** Método de desalinización 2

**Fuente:** Empresa BossTech (13 de abril de 2018)

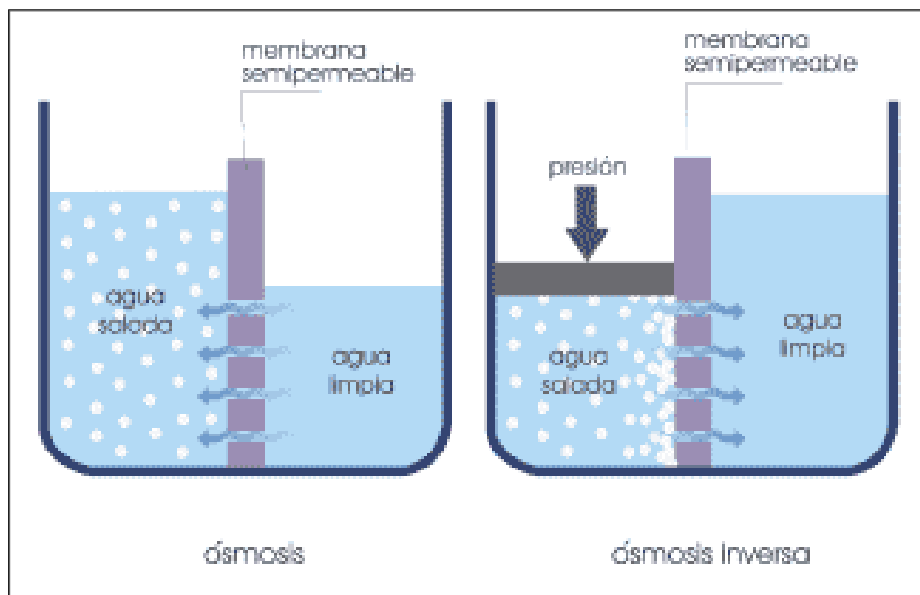
Dentro de estos métodos, el más avanzado y usado en el mundo es el proceso de ósmosis inversa, tal como menciona la Empresa Acciona cuando trata sobre la desalinización del agua y señala que la salinidad puede ser minimizada de distintas maneras, aunque, efectivamente, el sistema de desalinización más utilizado y avanzado en el mundo es el proceso de ósmosis inversa, ya que se ha implementado más del 60% a comparación de los demás métodos.

El mencionado proceso consiste en colocar una membrana semipermeable, de tal forma que, al aplicar presión sobre el agua salada, se retenga en aquella el paso de las sales disueltas, permitiendo únicamente el paso del agua sin sales. Aquello es explicado por Alejandra Martins cuando cita a Sánchez Lizaso en un artículo para BBC Mundo publicado el 22 de marzo de 2017, donde menciona que, aplicando una presión de aproximadamente 70 bares por un lado de la membrana, se fuerza a que el agua pase a través de ella



dejando del otro lado las sales que contenía. De esta manera en un lado de la membrana queda agua con alta concentración en sales, mientras que en el otro el agua pura.

El nombre asignado a este proceso es mencionado por Aldo Saavedra Fenoglio en el artículo de Alejandra Martins (2017) para BBC Mundo, quien explica que se llama ósmosis inversa. Aquel proceso está basado en la ósmosis natural, la cual se trata de que el agua con baja concentración de sales se mezcle con una que tiene una mayor concentración a través de una membrana semipermeable. La ósmosis inversa es básicamente el mismo proceso, solo que a la inversa, es decir, en este caso el agua pura pasa a través de la membrana, de manera natural, para mezclarse con el agua salada.



**Figura 27:** Proceso de ósmosis y ósmosis inversa

**Fuente:** Empresa BossTech (13 de abril de 2018)

En la actualidad, según GWI/DesalData, las plantas desalinizadoras con mayor capacidad se encuentran en el Medio Oriente y el Norte de África, como se muestra en la Figura 28.

Mayores plantas desalinizadoras en el mundo		
Plantas	País	Metros cúbicos / día
1 Ras Al-Khair	Arabia Saudita	1.040.000
2 Shoaiba	Arabia Saudita	880.000
3 Jubail	Arabia Saudita	800.000
4 Taweelah	Emiratos Árabes Unidos	740.000
5 Umm al Nar	Emiratos Árabes Unidos	660.000
6 Jebel Ali	Emiratos Árabes Unidos	640.000
7 Fujairah (1)	Emiratos Árabes Unidos	590.000
8 Fujairah (2)	Emiratos Árabes Unidos	590.000
9 Yanbu	Arabia Saudita	550.000
10 Soreq	Israel	540.000

**Figura 28:** Principales plantas desalinizadoras en el mundo

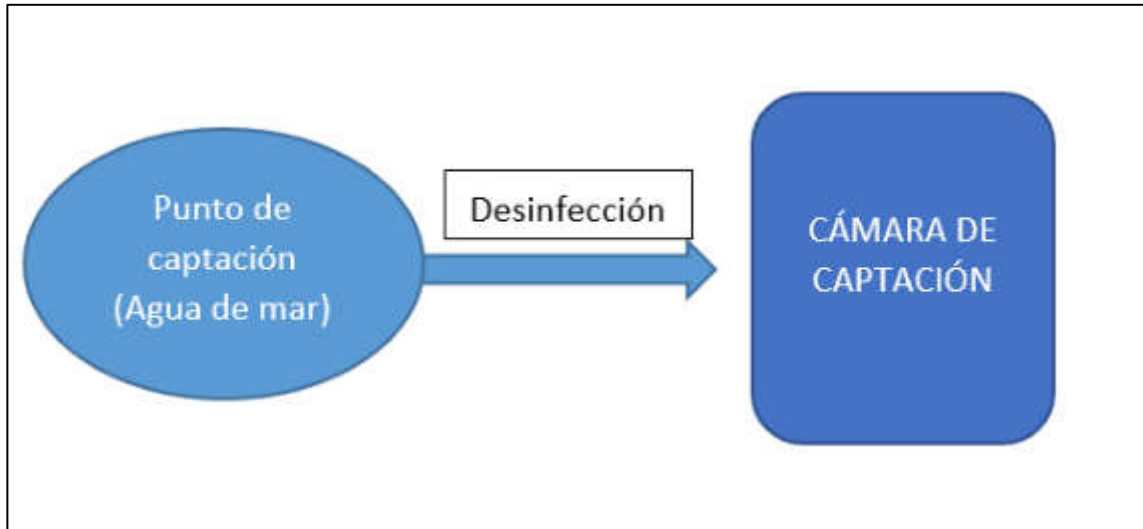
**Fuente:** GWI/DesalData (citado por Martins, A., el 22 de marzo de 2017)

La principal planta desalinizadora en el mundo es la de Ras Al-Khair, ubicada en Arabia Saudita, con una capacidad de 1 040 000 metros cúbicos por día. De la misma manera, Arabia Saudita cuenta con las otras tres principales, que, en conjunto, procesan 2 720 000 metros cúbicos por día. Sin embargo, Emiratos Árabes Unidos posee en total una mayor capacidad debido a la cantidad de plantas desalinizadoras que funcionan en dicho país.

En el Perú, aún no se encuentra en actividad ninguna planta desalinizadora, aunque en los últimos años se han iniciado estudios para la realización de proyectos que involucren el funcionamiento de la misma. La Empresa Acciona explica el funcionamiento de una planta desalinizadora utilizando la ósmosis inversa, la cual consta de los procesos que se tratarán a continuación.

### 2.2.17.1 Captación de agua de mar

El agua de mar es captada mediante torres submarinas, pozos costeros, entre otros. Luego de un proceso de desinfección, es almacenada en una cámara de captación y desbaste para luego pasar por un filtro de arena.

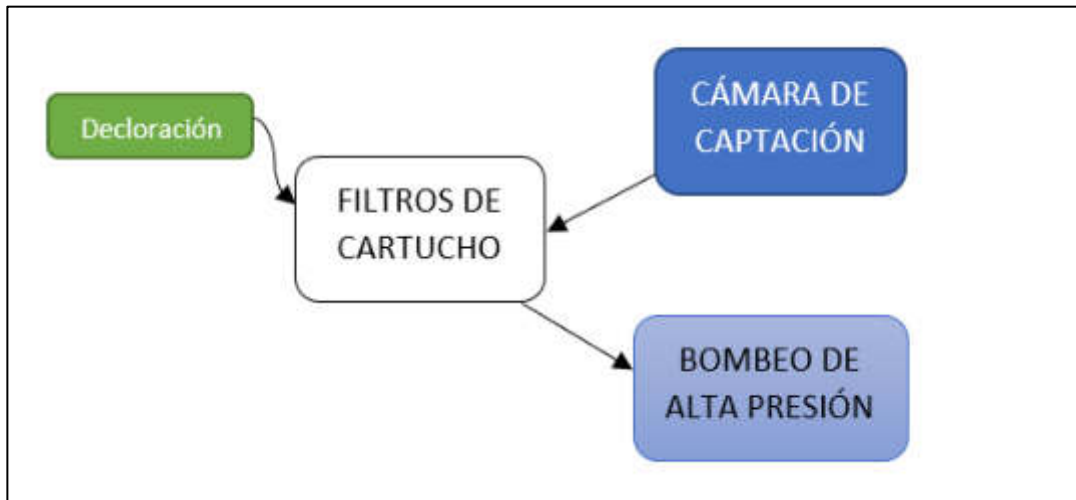


**Figura 29:** Proceso de desalación del agua de mar por ósmosis inversa (1)

**Fuente:** Empresa Acciona (2019)

### 2.2.17.2 Tratamiento

El agua es tratada por distintos filtros y por un proceso de decoloración. Luego es enviada a una cámara de bombeo a alta presión.

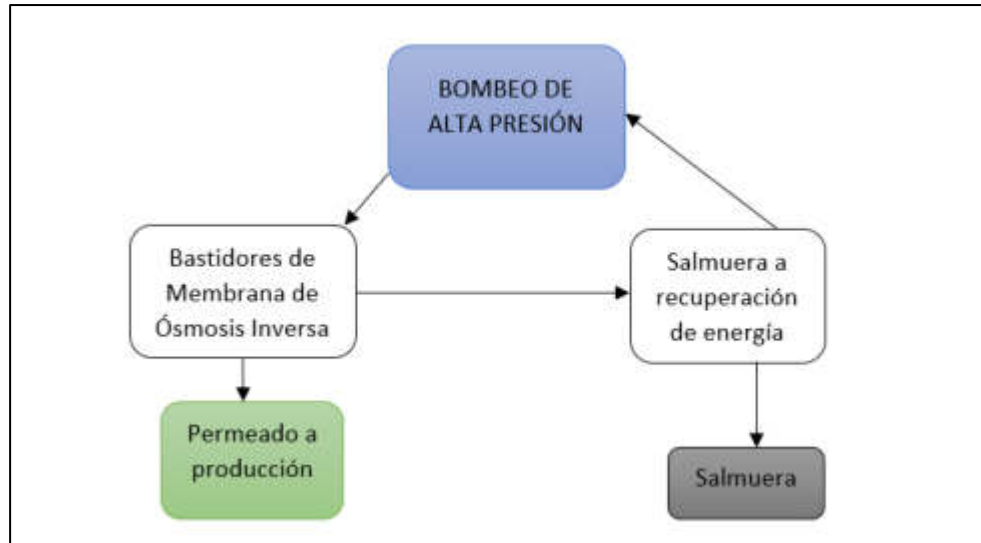


**Figura 30:** Proceso de desalación del agua de mar por ósmosis inversa (2)

**Fuente:** Empresa Acciona (2019)

### 2.2.17.3 Bombeo de alta presión

La parte fundamental del proceso de ósmosis inversa es el bombeo de alta presión, para que el agua pueda pasar a través de las membranas semipermeables. Es en este punto en el que la sal presente en el agua es separada para ser devuelta al mar como salmuera (agua con alta concentración de sal).

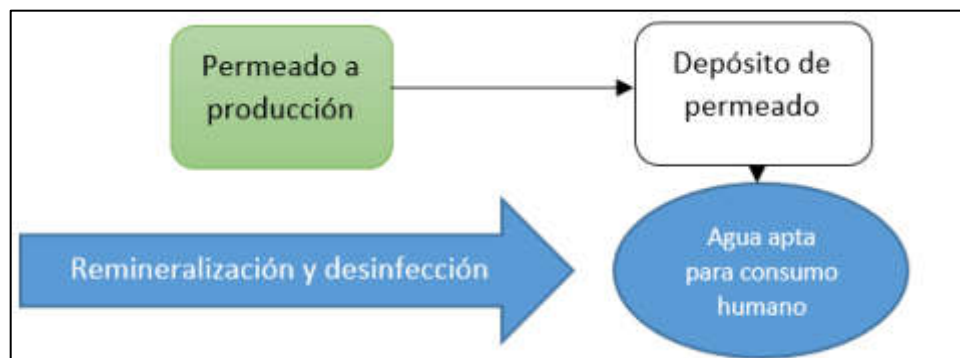


**Figura 31:** Proceso de desalación del agua de mar por ósmosis inversa (3)

**Fuente:** Empresa Acciona (2019)

#### 2.2.17.4 Remineralización

Finalmente, el agua que pasó a través de la membrana en el proceso de ósmosis inversa debe seguir un proceso de remineralización y desinfección para ser apta para el consumo humano.



**Figura 32:** Proceso de desalación del agua de mar por ósmosis inversa (4)

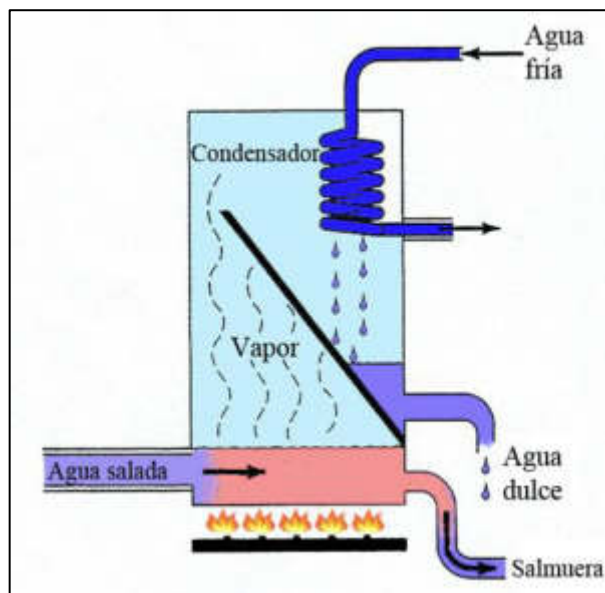
**Fuente:** Empresa Acciona (2019)

## 2.2.18 Otros procesos de desalinización de agua

### 2.2.18.1 Destilación

El proceso de destilación consiste en evaporar el agua mediante altas temperaturas para luego condensarla y de esa forma separar las sales del agua pura.

Este proceso se realiza en varias etapas, en las cuales la presión y temperatura van disminuyendo.



**Figura 33:** Desalinización de agua por destilación

**Fuente:** Autor desconocido (8 de julio de 2013)

### 2.2.18.2 Congelación

Este proceso se basa en pulverizar el agua de mar a temperaturas y presión bajas. Al realizar este procedimiento y congelar el agua, se forman cristales de agua pura sobre la salmuera, la cual es lavada para la obtención de agua dulce. El proceso de congelación tiene requerimientos de energía más bajos que el proceso de destilación.

### **2.2.18.3 Evaporación relámpago**

El proceso de evaporación relámpago se basa en una serie de cámaras en las cuales la presión es cada vez más baja. En cada una de las cámaras se obtiene una proporción del agua que se convierte en vapor para luego ser condensada y obtener de esa manera agua destilada. La parte del agua que no se evaporizó es llevada a una cámara de presión más baja, hasta obtener los rendimientos establecidos.

Este procedimiento posee distintas ventajas como la de no necesitar tratamiento posterior para la purificación del agua, como en el caso de otros procesos.

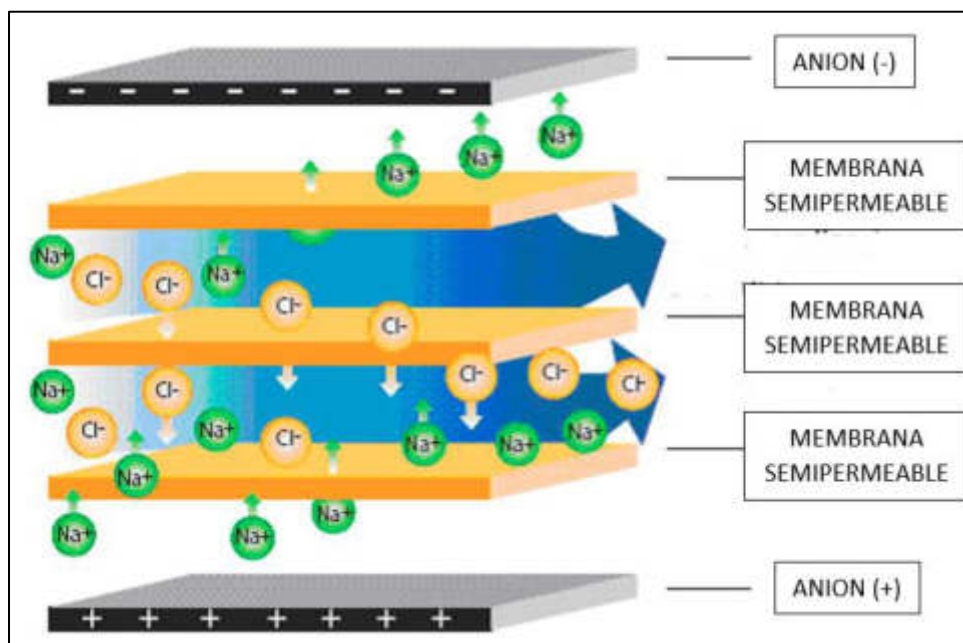
### **2.2.18.4 Formación de hidratos**

Según la Empresa Acciona, este proceso no es comúnmente utilizado debido a que requiere tecnología de cierta complejidad. Consiste en añadir hidrocarburos al agua para la formación de hidratos complejos que son separados en forma sólida para la obtención de agua destilada.

Este proceso es también costoso, por lo que no es muy utilizado en la actualidad.

### **2.2.18.5 Electrodiálisis**

Este proceso se realiza en base a conceptos químicos. Consiste en la aplicación de corriente eléctrica, de forma que los iones positivos se separan de los negativos. Entre los electrodos se colocan membranas semipermeables de tal manera que, al separarse los iones, estos pasan a través de la membrana, la cual permite el paso únicamente del  $\text{Na}^+$  o del  $\text{Cl}^-$ . De esta manera, el agua se transforma en dulce de manera progresiva.



**Figura 34:** Electrodiálisis

**Fuente:** Autor desconocido (16 de julio de 2013)

## 2.3 Definición de términos básicos

### 2.3.1 Red de distribución de agua potable

Es un conjunto de tuberías, válvulas y conexiones que forman una red por la que el agua se distribuye desde el reservorio hasta las viviendas de la población.

El diseño de esta red está regulado por las normas OS.010, OS.050, OS.100 y distintos reglamentos que mencionan diversos criterios a tomar en cuenta para el diseño de la red.

### 2.3.2 Pendiente

Según la Norma IS.020 (2006), una pendiente es una inclinación, ya sea en una tubería o en la superficie natural del terreno. Esta es expresada según la relación entre la elevación de la tubería o la superficie, y la distancia horizontal



de la misma. La pendiente sirve para asegurar el paso del agua por la tubería debido a la gravedad.

## **2.4 Hipótesis**

### **2.4.1 Hipótesis general**

El diseño de una red de abastecimiento de agua potable proveniente de una planta desalinizadora satisfará la demanda de los cuatro balnearios en el sur de Lima en el distrito de Santa María del Mar.

### **2.4.2 Hipótesis específicas**

- El estudio topográfico contribuye a satisfacer la demanda de los cuatro balnearios en el sur de Lima en el distrito de Santa María del Mar.
- El cálculo de las dimensiones del reservorio contribuye a satisfacer la demanda de los cuatro balnearios en el sur de Lima en el distrito de Santa María del Mar.
- El cálculo de las dimensiones de las tuberías contribuye a satisfacer la demanda de los cuatro balnearios en el sur de Lima en el distrito de Santa María del Mar.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1 Tipo de investigación**

El presente informe tiene orientación aplicada, ya que trata de la resolución del problema de abastecimiento de agua existente en los balnearios del sur estudiados, es decir, tiene un propósito práctico y definido, el cual es buscar la solución al problema de abastecimiento de agua en los balnearios mencionados mediante la implementación de un sistema determinado.

De la misma manera, la investigación es de enfoque cuantitativo, ya que se obtienen datos numéricos que son procesados para la elaboración de la red, así como para la comparación de otros diseños posibles.

### **3.2 Nivel de la investigación**

Es descriptiva, ya que pretende únicamente tratar del proceso del diseño de una red de abastecimiento de agua potable describiendo las partes que lo conforman, así como su fuente principal de abastecimiento. No pretende evaluar la relación entre cada una de las partes del sistema o con otro objeto fuera del mismo.

### **3.3 Diseño de la investigación**

No es experimental, ya que no se manipulan las variables existentes de esta forma, sino que simplemente son observadas en su contexto natural y luego son analizadas.

Además, su diseño es transversal-descriptivo, ya que se recolectan datos en un único momento en el tiempo, en el actual. Por otro lado, el presente estudio servirá de precedente para futuras investigaciones, aunque sus presupuestos deberán ser actualizados de acuerdo a los objetivos que se tracen.

### **3.4 Variables**

#### **3.4.1 Variable independiente**

La variable independiente de la presente investigación es la demanda poblacional.

#### **3.4.2 Variable dependiente**

La variable dependiente de la presente investigación es el diseño de la red de abastecimiento de agua potable.

### **3.5 Población y muestra**

La población y muestra en este trabajo es la red de abastecimiento de agua potable en los balnearios de Punta Negra, Punta Hermosa, San Bartolo y Santa María del Mar.



**Figura 35:** Balnearios del sur de Lima: Punta Negra, Punta Hermosa, San Bartolo y Santa María del Mar

**Fuente:** Elaborado por los autores (Google Earth)

### **3.6 Técnicas de investigación**

Las técnicas empleadas se basan en la inspección ocular de las zonas de estudio para evaluar la problemática actual, así como encuestas para estimar el consumo actual de agua potable en la población, entre otros procedimientos.

De la misma manera, se utilizaron técnicas de investigación de material bibliográfico acerca de procedimientos de diseño y conceptos de importancia para nuestros objetivos.

### **3.7 Instrumentos de recolección de datos**

Como instrumentos de trabajo se emplearon los programas de Microsoft Office, el software AutoCAD, el software WaterCAD, entre otros; así como el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano y normas técnicas como OS.010, OS.050, OS.100.

### **3.8 Procedimiento**

Se divide en cinco fases:

1. Se realizará un estudio de la problemática actual en los distritos de la muestra.
2. Se harán cálculos respecto a la cantidad necesaria de agua y a su dotación por vivienda.
3. Se calcularán las dimensiones del reservorio y la ubicación de la planta desalinizadora para satisfacer la demanda.
4. Se analizarán los planos topográficos para establecer la mejor ubicación de la planta y el reservorio de agua potable.
5. Se realizarán los cálculos de las dimensiones de las tuberías y el diseño de la red de abastecimiento.

## **CAPÍTULO IV: DESARROLLO**

Los resultados obtenidos se encuentran divididos según los objetivos planteados en la presente investigación, los cuales se basan en:

- Estudio topográfico
- Cálculo del volumen del reservorio
- Cálculos de las tuberías

Estos se encuentran estrechamente relacionados y cumplen una importante función en el diseño del sistema para abastecer a los cuatro balnearios del sur de Lima trabajados.

### **4.1 Estudio topográfico**

Como se mencionó anteriormente, la zona de estudio presenta una topografía variada.

Por un lado, los terrenos son planos y ondulados suaves, los cuales se encuentran cubiertos con capas de arena. En otras zonas, el terreno presenta forma más irregular y con ondulaciones más pronunciadas, originado por el viento que proviene del mar. Por último, se tienen otras zonas dispersas con una topografía abrupta, con colinas o lomas de pendiente pronunciadas.

Para una mejor visualización de la topografía del área de estudio se tienen los planos de curvas de nivel mostrados entre los anexos 3 y 6, los cuales fueron proporcionados por el Instituto Geográfico Nacional del Perú (IGN).

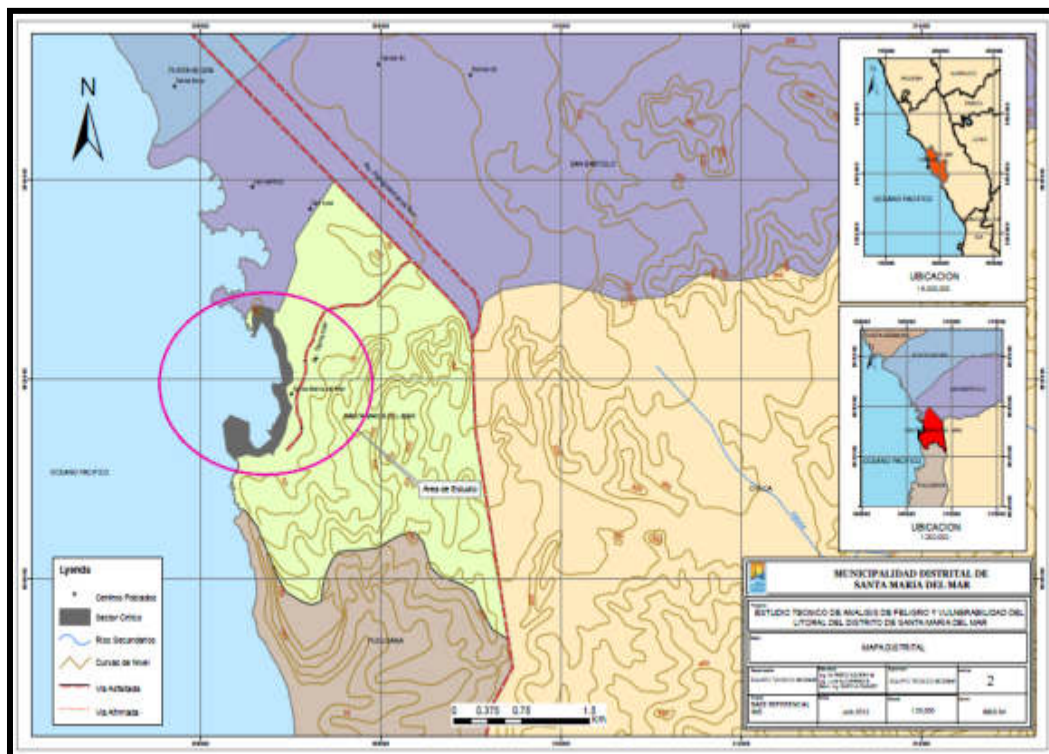
#### 4.1.1 Objeto

El objeto del estudio topográfico es aportar toda la información necesaria para desarrollar los diseños que demandará la elaboración de la presente tesis.

#### 4.1.2 Memoria

##### a) Ubicación política

REGIÓN : LIMA  
PROVINCIA : LIMA  
DISTRITO : SANTA MARÍA DEL MAR



**Figura 36:** Plano de ubicación del proyecto

**Fuente:** Elaborado por los autores

### b) Acceso al área de estudio

El distrito de Santa María del Mar se encuentra ubicado en el Km 51 de la Panamericana Sur en la ciudad de Lima y se accede a ella a través de dos vías: por la Antigua Panamericana Sur desde el distrito de San Bartolo y por la Panamericana Sur directamente a Santa María del Mar.

**Tabla 5:** Vías de acceso

TRAMO	VÍA	DIST. Km.	TIEMPO RS.	TRANSPORTE
LIMA – SAN BARTOLO – SANTA MARÍA DEL MAR	CARRETERA	50	0.75 H	VEHÍCULO
LIMA – SANTA MARÍA DEL MAR	CARRETERA	51	1 H	VEHÍCULO

**Fuente:** Elaborado por los autores

### 4.1.3 Metodología del estudio topográfico

#### a) Procedimiento de los trabajos

El programa de trabajo realizado para este propósito consistió en lo siguiente:

- Exploración *in situ* del terreno (inspección visual).
- Recolección y análisis de la información existente.
- Elaboración de planos (actualización y corrección de errores).

#### b) Levantamiento planimétrico

Para trabajos de planimetría, debido a las características propias del lugar se consiguió y trabajó con los planos con curvas de nivel de los cuatro distritos del IGN.



Teniendo en cuenta las características de los terrenos en estudio se realizaron los siguientes procesos:

- Reconocimiento del lugar
- Ubicación de las vías y tramos

### **c) Levantamiento altimétrico**

El objetivo principal del levantamiento altimétrico consistió en hallar las diferencias de nivel entre dos puntos situados sobre el recorrido de la tubería.

### **d) Curvas de nivel**

Las curvas de nivel de los planos de los 4 distritos nos permitieron conocer la superficie del terreno.

### **e) Perfil longitudinal**

Se trabajó en el perfil longitudinal con el propósito de analizar de manera completa la red de distribución e impulsión, las pendientes y la profundidad de excavación de la línea de conducción del sistema de agua potable.

## f) Perfil transversal

Este perfil nos ayudará a observar la colocación de la tubería de agua con respecto a los niveles del terreno y de la misma manera las secciones de vía en las calles.

### 4.1.4. Descripción de los trabajos de campo y gabinete

#### a) Reconocimiento de campo

Se realizó el reconocimiento de campo de los distritos con el objetivo de establecer los puntos donde se proyectan la estructura del reservorio, así como la planta desalinizadora y las líneas de las redes de distribución.



**Figura 37:** Santa María del Mar. Vista general

**Fuente:** Elaborado por los autores

Según el reconocimiento de campo, se consideró conveniente ubicar la planta desalinizadora y el reservorio en el distrito de Santa María del Mar, debido a las características de la topografía de la zona. La

carretera Panamericana Sur se encuentra muy cerca a los balnearios de los otros distritos, sin embargo, en Santa María del Mar, la carretera se ubica a una distancia mayor, por lo que es posible la construcción de la planta desalinizadora y del reservorio en la zona entre el balneario de Santa María del Mar y la carretera.

Así mismo, el punto de captación y las tuberías de impulsión que van hacia la planta desalinizadora también se ubican en el distrito de Santa María del Mar, como se observa en las Figuras 38 y 39.



**Figura 38:** Punto de captación y tuberías de impulsión

**Fuente:** Elaborado por los autores



**Figura 39:** Recorrido de la tubería de impulsión

**Fuente:** Elaborado por los autores

En el distrito de Santa María del Mar se encuentra una zona desértica amplia donde se ubicará la planta desalinizadora a una cota de 28.00 msnm y en una zona más elevada se ubicará el reservorio de agua, a una cota de 77.00 msnm, como se puede observar en la Figura 40. Esta zona se encuentra ligeramente alejada de la población, por lo que no se presentarán inconvenientes en la construcción de nuevas viviendas en el distrito.



**Figura 40:** Ubicación de la planta desalinizadora y del reservorio de agua potable

**Fuente:** Elaborado por los autores

## **b) Descripción de trabajos en gabinete**

Para los cálculos de gabinete se procesó toda la información de campo recopilada. Esta información se evaluó, trató y posteriormente se corroboró con los planos topográficos y sobre la base de ello se diseñó cada uno de los sistemas de abastecimiento.

La secuencia de los trabajos fue la siguiente:

- Toma de datos de todos los aspectos importantes a fin de obtener la descripción de cada uno de ellos.
- El procesamiento de la información y cotas se desarrolló con el programa AutoCAD 2019. Por medio de este se ubicaron los puntos y recorridos de la red de diseño, en la cual las curvas de nivel están cada 5.00 m.
- Se dibujó el plano de las viviendas y las estructuras existentes con la unión de puntos según el croquis del levantamiento topográfico.

## 4.2 Cálculo de la capacidad del reservorio

El cálculo del volumen del reservorio de agua potable requiere estimar la población para hallar la dotación diaria y poder diseñar un reservorio en base a sus necesidades efectivas.

Según la memoria descriptiva del Proyecto PROVISUR 2017, los distritos se encuentran divididos en subsectores, los cuales son formados por una cantidad de lotes determinados.

De esta manera, se considera una densidad poblacional estimada de habitantes por lote según el distrito, multiplicándola por un factor de 2.5 debido a la población flotante estimada. Luego, se procede al cálculo de la población en los distritos mencionados, como se observará en la Tabla 6.



**Figura 41:** Edificios en Santa María del Mar. Mayor densidad poblacional

**Fuente:** Elaborado por los autores

**Tabla 6:** Población en balnearios del sur de Lima

SANTA MARÍA			
SUBSECTOR	Nº DE LOTES	DENSIDAD POBLACIONAL	POBLACIÓN
1	183	20	3660
2	19	20	380
3	217	20	4340
4	111	20	2220
	530		10600

SAN BARTOLO			
SUBSECTOR	Nº DE LOTES	DENSIDAD POBLACIONAL	POBLACIÓN
1	967	12.5	12087.5
2	933	12.5	11662.5
3	912	12.5	11400
	2812		35150

PUNTA NEGRA			
SUBSECTOR	Nº DE LOTES	DENSIDAD POBLACIONAL	POBLACIÓN
1	861	10	8610
2	789	10	7890
3	522	10	5220
4	954	10	9540
5	911	10	9110
	4037		40370

PUNTA HERMOSA			
SUBSECTOR	Nº DE LOTES	DENSIDAD POBLACIONAL	POBLACIÓN
1	512	10	5120
2	442	10	4420
3	953	10	9530
4	645	10	6450
5	599	10	5990
	3151		31510

**Fuente:** Elaborado por los autores en base a la lotización establecida en la memoria descriptiva del Proyecto PROVISUR 2017

Por lo tanto, se tiene una población máxima en temporada de verano de 10 600 habitantes en Santa María del Mar, 35 150 en San Bartolo, 40 370 en Punta Negra y 31 510 en Punta Hermosa. Sumando los habitantes en cada distrito se asciende a una población total de 117 630 habitantes.

Luego, se debe calcular la dotación diaria de agua necesaria. La Norma OS.100 menciona que la dotación diaria promedio anual por habitante se obtendrá en base a estudios debidamente justificados. En caso de no existir, la mínima dotación diaria a considerar es de 220 l/hab./día.

**1.4. Dotación de Agua**  
La dotación promedio diaria anual por habitante, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadísticas comprobadas.  
Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificara su ejecución, se considerará por lo menos para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de 180 l/hab/d, en clima frío y de 220 l/hab/d en clima templado y cálido.  
Para programas de vivienda con lotes de área menor o igual a 90 m<sup>2</sup>, las dotaciones serán de 120 l/hab/d en clima frío y de 150 l/hab/d en clima templado y cálido.  
Para sistemas de abastecimiento indirecto por surtidores para camión cisterna o piletas públicas, se considerará una dotación entre 30 y 50 l/hab/d respectivamente.

**Figura 42:** Dotación de agua

**Fuente:** Norma OS.100

Asimismo, el mismo documento en cuanto a las variaciones de consumo señala lo siguiente:



**1.5. Variaciones de Consumo**  
 En los abastecimientos por conexiones domiciliarias, los coeficientes de las variaciones de consumo, referidos al promedio diario anual de la demanda, deberán ser fijados en base al análisis de información estadística comprobada.  
 De lo contrario se podrán considerar los siguientes coeficientes:

- Máximo anual de la demanda diaria: 1,3
- Máximo anual de la demanda horaria: 1,8 a 2,5

**Figura 43:** Variaciones de consumo

**Fuente:** Norma OS.100

Por consiguiente, la dotación diaria para las áreas de estudio es de 220 l/hab./día y los factores de máxima demanda diaria y máxima demanda horaria son de 1.30 y 2.10 respectivamente.

De esta manera, tenemos lo siguiente:

$$\text{Caudal Promedio} - Q_p = \frac{\text{Dot} \times \text{Pob}}{86,400} \quad (Q_p):$$

$$\text{Caudal Máximo Diario} - Q_{md} = k_1 \times Q_p \quad (Q_{md}):$$

$$\text{Caudal Máximo Horario} - Q_{mh} = k_2 \times Q_p \quad (Q_{mh}):$$

Realizando los cálculos respectivos, tenemos que:

**Tabla 7:** Caudales por distrito

Dotación	220
K1	1.3
K2	2.1

	Población	Caudal Promedio (Qp)	Caudal Máximo Horario (Qmh)	Caudal Máximo Diario (Qmd)
SANTA MARÍA	10600	26.99	56.68	35.09
SAN BARTOLO	35150	89.50	187.95	116.35
PUNTA NEGRA	40370	102.79	215.87	133.63
PUNTA HERMOSA	31510	80.23	168.49	104.30

**Fuente:** Elaborado por los autores

Según los resultados obtenidos, el reservorio de agua potable que abastecerá los distritos mencionados deberá tener la capacidad de funcionar un día sin que sea llenado. Es decir, deberá tener una capacidad tal que esté preparado para el Caudal Máximo Horario, en este caso 215.87 lps.

Reemplazando las unidades por otras más entendibles, tenemos que se requiere 19 000 m<sup>3</sup>/día aproximadamente para satisfacer la demanda máxima de los distritos estudiados. Luego, se considerará un volumen de reserva del 50% adicional, con lo que se tienen los siguientes resultados:

Volumen del reservorio	19000.00 x 1.50
Volumen del reservorio	28500.00

Por lo tanto, la capacidad de diseño inicial del reservorio será de 29 000 m<sup>3</sup>.

Para los cálculos de la tubería de impulsión, que irá desde el punto de captación hacia la planta desalinizadora y de esta hacia el reservorio, se utilizará la Fórmula de Bresse:

**Fórmula de Bresse:**

$$D = K \times X^{1/4} \times Q_b^{1/2}$$

Donde:

D = Diámetro de la Tubería

K = 1.3

X = N° de Horas de Bombeo / 24

Q<sub>b</sub> = Caudal de Bombeo

Tenemos que nuestro caudal de bombeo es igual al caudal medio diario multiplicado por el cociente entre 24 y el número de horas de bombeo. Es decir:

$$Q_b = Q_{md} \times \frac{24}{N^\circ \text{ Horas de bombeo}}$$

Considerando que las horas de bombeo serán las comprendidas entre las cinco de la mañana hasta la media noche, tenemos que:

$$Q_b = 133.63 \times 24/19$$

$$Q_b = 168.80 \text{ lps}$$

Luego, tenemos que:

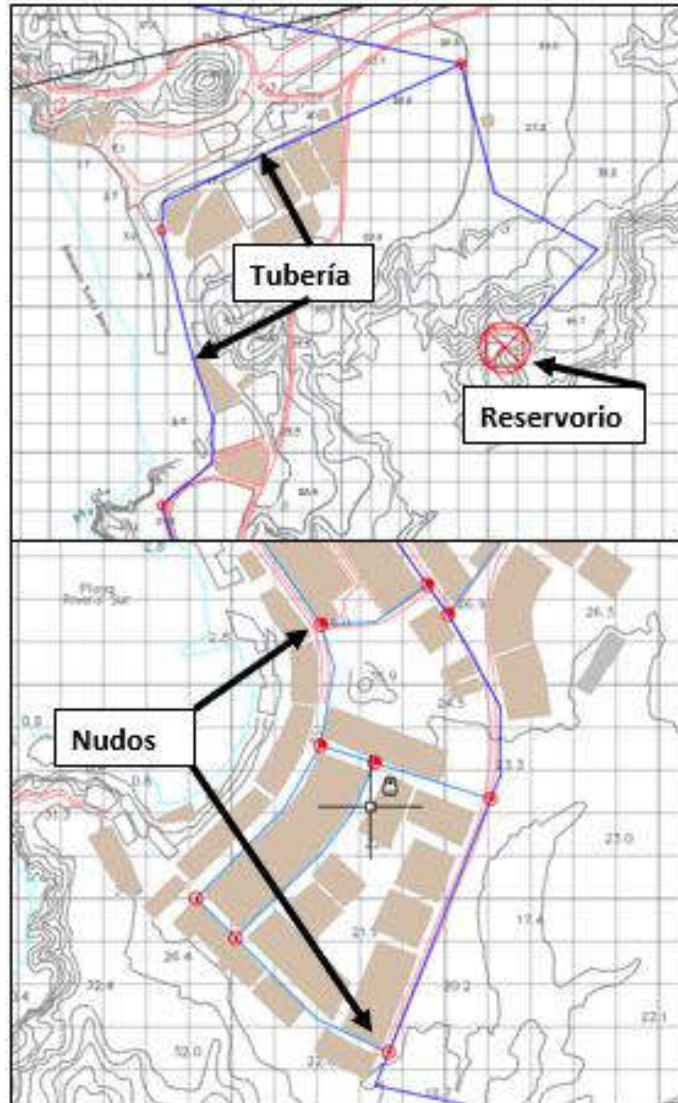
$$D = 1.3 \times (19/24)^{(1/4)} \times 0.1688^{(1/2)}$$

$$D = 0.50 \text{ m}$$

Por lo tanto, la tubería de impulsión a considerar será de 20 pulgadas.

### 4.3 Cálculo de las tuberías de distribución

Para la elaboración del diseño de la red de abastecimiento de agua potable es necesario realizar un trazo de la red proyectada en un plano de curvas de nivel del terreno. Tomando en cuenta lo mencionado por la Norma OS.050, el trazo de la red será de la siguiente manera:



**Figura 44:** Trazo de la red de abastecimiento de agua potable

**Fuente:** Elaborado por los autores

El reservorio se ubica a 77.0 msnm en una zona ligeramente alejada a la población en el distrito de Santa María del Mar. Se deberá nivelar el terreno para la construcción del reservorio.

El primer nudo se ubica a 25 msnm y desde allí se distribuye agua hacia una zona de Santa María del Mar y por otro lado hacia los demás balnearios. Cada uno de los lotes a alimentar con la red de distribución de agua tiene aproximadamente 250 m<sup>2</sup> de área, por lo que se estima una dotación de 1700 L/d.

Una vez trazada la red de distribución de agua potable, se realizan cuadros de datos, con la elevación y demanda de cada nudo, además de la demanda total en cada tubería, los cuales pueden ser confrontados según el plano en el anexo 3. Los lotes para cada tubería se asignarán de manera aproximada según lo visualizado en los planos y la lotización establecida en la memoria descriptiva del Proyecto PROVISUR 2017, como se mostró en la Tabla 6.

**Tabla 8:** Demanda total en cada tubería. Santa María del Mar

			LOTES	DEM. LOTE (L/d)	DEMANDA (L/s)	DEMANDA TOTAL(L/s)
Santa María del Mar	P-1	R-1	0	1700	0.02	0.00
	P-2	1-2	220	1700	0.02	4.33
	P-3	2-3	170	1700	0.02	3.34
	P-4	3-4	70	1700	0.02	1.38
	P-5	4-5	70	1700	0.02	1.38

**Fuente:** Elaborado por los autores

La primera columna en la Tabla 8 representa los tramos de tuberías (anexo 3), de forma que la tubería “P-5” que va desde el nudo 4 al 5 y que abastecerá a 70 lotes en el distrito de Santa María del Mar tiene una demanda total de 1.38 L/s.

De la misma manera se realizan los cuadros de los otros distritos:

**Tabla 9:** Demanda total en cada tubería. San Bartolo

			LOTES	DEM. LOTE (L/d)	DEMANDA (L/s)	DEMANDA TOTAL(L/s)
San Bartolo	P-6	1-6	0	1700	0.02	0.00
	P-7	6-7	40	1700	0.02	0.79
	P-8	7-8	40	1700	0.02	0.79
	P-9	6-9	40	1700	0.02	0.79
	P-10	7-10	40	1700	0.02	0.79
	P-11	8-11	40	1700	0.02	0.79
	P-13	10-11	40	1700	0.02	0.79
	P-14	9-12	40	1700	0.02	0.79
	P-15	12-13	40	1700	0.02	0.79
	P-16	13-14	40	1700	0.02	0.79
	P-17	11-14	40	1700	0.02	0.79
	P-18	14-17	40	1700	0.02	0.79
	P-19	13-15	40	1700	0.02	0.79
	P-20	12-73	40	1700	0.02	0.79
	P-21	15-16	40	1700	0.02	0.79
	P-22	15-101	40	1700	0.02	0.79
	P-23	16-17	40	1700	0.02	0.79
	P-24	16-18	40	1700	0.02	0.79
	P-25	17-21	40	1700	0.02	0.79
	P-26	18-19	40	1700	0.02	0.79
	P-28	19-20	40	1700	0.02	0.79
	P-29	19-22	40	1700	0.02	0.79
	P-30	20-23	40	1700	0.02	0.79
	P-31	20-21	40	1700	0.02	0.79
	P-32	21-28	40	1700	0.02	0.79
	P-34	22-29	40	1700	0.02	0.79
	P-35	22-82	40	1700	0.02	0.79
	P-36	23-24	40	1700	0.02	0.79
	P-37	24-25	40	1700	0.02	0.79
	P-38	24-30	23	1700	0.02	0.45
	P-39	25-28	40	1700	0.02	0.79
	P-40	25-26	40	1700	0.02	0.79
P-41	26-32	40	1700	0.02	0.79	
P-42	26-27	40	1700	0.02	0.79	

P-42	26-27	40	1700	0.02	0.79
P-43	27-28	40	1700	0.02	0.79
P-44	27-33	40	1700	0.02	0.79
P-45	29-34	40	1700	0.02	0.79
P-47	30-34	23	1700	0.02	0.45
P-49	31-32	40	1700	0.02	0.79
P-50	31-37	40	1700	0.02	0.79
P-51	32-33	40	1700	0.02	0.79
P-52	34-35	40	1700	0.02	0.79
P-53	35-36	40	1700	0.02	0.79
P-54	35-84	40	1700	0.02	0.79
P-56	36-38	40	1700	0.02	0.79
P-57	36-86	40	1700	0.02	0.79
P-58	37-39	40	1700	0.02	0.79
P-60	38-42	0	1700	0.02	0.00
P-61	39-40	40	1700	0.02	0.79
P-62	40-41	40	1700	0.02	0.79
P-63	73-101	40	1700	0.02	0.79
P-64	73-74	40	1700	0.02	0.79
P-65	74-75	40	1700	0.02	0.79
P-66	74-76	40	1700	0.02	0.79
P-67	75-101	40	1700	0.02	0.79
P-68	75-78	40	1700	0.02	0.79
P-69	76-77	40	1700	0.02	0.79
P-70	77-78	40	1700	0.02	0.79
P-71	77-80	0	1700	0.02	0.00
P-73	79-101	40	1700	0.02	0.79
P-74	79-81	40	1700	0.02	0.79
P-165	80-83	0	1700	0.02	0.00
P-76	81-82	40	1700	0.02	0.79
P-77	82-84	40	1700	0.02	0.79
P-78	83-85	0	1700	0.02	0.00
P-79	83-84	40	1700	0.02	0.79
P-80	84-86	40	1700	0.02	0.79
P-81	85-86	40	1700	0.02	0.79

Fuente: Elaborado por los autores

**Tabla 10:** Demanda total en cada tubería. Punta Negra

			LOTES	DEM. LOTE (L/d)	DEMANDA (L/s)	DEMANDA TOTAL(L/s)
<b>Punta Negra</b>	P-82	41-43	120	1700	0.02	2.36
	P-83	42-43	90	1700	0.02	1.77
	P-84	42-44	120	1700	0.02	2.36
	P-85	44-87	120	1700	0.02	2.36
	P-86	44-45	100	1700	0.02	1.97
	P-87	45-90	140	1700	0.02	2.75
	P-88	45-46	100	1700	0.02	1.97
	P-89	46-92	120	1700	0.02	2.36
	P-90	46-47	120	1700	0.02	2.36
	P-91	47-48	120	1700	0.02	2.36
	P-92	48-92	120	1700	0.02	2.36
	P-93	48-93	120	1700	0.02	2.36
	P-94	48-49	120	1700	0.02	2.36
	P-95	49-94	120	1700	0.02	2.36
	P-96	49-50	120	1700	0.02	2.36
	P-97	50-95	120	1700	0.02	2.36
	P-98	50-51	120	1700	0.02	2.36
	P-99	51-96	120	1700	0.02	2.36
	P-100	51-52	120	1700	0.02	2.36
	P-101	52-96	120	1700	0.02	2.36
	P-102	52-53	67	1700	0.02	1.32
	P-103	53-54	120	1700	0.02	2.36
	P-104	54-55	120	1700	0.02	2.36
	P-105	87-88	120	1700	0.02	2.36
	P-106	87-90	140	1700	0.02	2.75
	P-107	88-89	120	1700	0.02	2.36
	P-108	89-90	140	1700	0.02	2.75
	P-109	89-91	120	1700	0.02	2.36
	P-110	90-92	140	1700	0.02	2.75
	P-111	91-92	120	1700	0.02	2.36
P-112	91-93	120	1700	0.02	2.36	
P-113	93-94	120	1700	0.02	2.36	
P-114	94-95	120	1700	0.02	2.36	
P-115	95-96	120	1700	0.02	2.36	

**Fuente:** Elaborado por los autores



**Tabla 11:** Demanda total en cada tubería. Punta Hermosa

			LOTES	DEM. LOTE (L/d)	DEMANDA (L/s)	DEMANDA TOTAL(L/s)
<b>Punta Hermosa</b>	P-116	55-56	31	1700	0.02	0.61
	P-117	56-57	65	1700	0.02	1.28
	P-118	57-58	65	1700	0.02	1.28
	P-119	58-59	65	1700	0.02	1.28
	P-120	59-61	65	1700	0.02	1.28
	P-121	59-60	65	1700	0.02	1.28
	P-123	61-62	65	1700	0.02	1.28
	P-124	61-97	65	1700	0.02	1.28
	P-125	62-66	65	1700	0.02	1.28
	P-126	62-64	65	1700	0.02	1.28
	P-127	62-63	65	1700	0.02	1.28
	P-129	64-65	65	1700	0.02	1.28
	P-130	64-67	65	1700	0.02	1.28
	P-131	66-67	65	1700	0.02	1.28
	P-132	66-100	65	1700	0.02	1.28
	P-133	67-68	65	1700	0.02	1.28
	P-134	68-69	65	1700	0.02	1.28
	P-135	68-71	65	1700	0.02	1.28
	P-136	69-100	65	1700	0.02	1.28
	P-137	69-70	65	1700	0.02	1.28
	P-138	70-72	65	1700	0.02	1.28
	P-139	70-99	65	1700	0.02	1.28
	P-140	71-72	65	1700	0.02	1.28
	P-141	97-98	65	1700	0.02	1.28
	P-142	97-100	65	1700	0.02	1.28
	P-143	98-99	65	1700	0.02	1.28
	P-144	99-100	65	1700	0.02	1.28
	P-145	72-102	65	1700	0.02	1.28
	P-146	70-103	65	1700	0.02	1.28
	P-147	99-104	65	1700	0.02	1.28
P-148	102-103	65	1700	0.02	1.28	
P-149	102-105	65	1700	0.02	1.28	
P-150	103-104	65	1700	0.02	1.28	

P-149	102-105	65	1700	0.02	1.28
P-150	103-104	65	1700	0.02	1.28
P-151	103-106	65	1700	0.02	1.28
P-152	104-107	65	1700	0.02	1.28
P-153	105-106	65	1700	0.02	1.28
P-154	105-108	65	1700	0.02	1.28
P-155	106-109	65	1700	0.02	1.28
P-156	106-107	65	1700	0.02	1.28
P-157	107-110	65	1700	0.02	1.28
P-158	108-109	65	1700	0.02	1.28
P-159	108-111	65	1700	0.02	1.28
P-160	109-110	65	1700	0.02	1.28
P-161	109-112	65	1700	0.02	1.28
P-162	110-113	65	1700	0.02	1.28
P-163	111-112	65	1700	0.02	1.28

**Fuente:** Elaborado por los autores

Luego, según el plano de curvas de nivel mostrado en los anexos 3 al 6, se anota la altura sobre el nivel del mar de cada nudo. Además, se calcula la demanda en cada nudo, sumando las demandas de las tuberías que conecta el nudo.

Por ejemplo, el nudo 1 (según los anexos mencionados) se encuentra a 25 msnm y abarca únicamente los lotes comprendidos desde el nudo 1 al 2 ya que desde el reservorio hasta el nudo 1 y de este al nudo 6 no se presentan lotes para abastecer. Por consiguiente, la demanda del nudo 1 será igual a la demanda de la tubería “P-2” (de los nudos 1 al 2) que es igual a 4.33 L/s, lo cual es mostrado en la Tabla 12.

**Tabla 12:** Demanda total y elevación en cada nudo

NUDO	ELEVACIÓN (m)	DEMANDA (L/s)
1	25	4.33
2	14	7.67
3	18.5	4.72
4	21.5	2.75
5	22	1.38
6	22	1.57
7	25	2.36
8	26	1.57
9	26	1.57
10	26	1.57
11	24	2.36
12	28	2.36
13	29	2.36
14	27	2.36
15	27	2.36
16	26	2.36
17	20	2.36
18	27	2.36
19	27	2.36
20	26	2.36
21	21	2.36
22	27	3.15
23	26	2.03
24	25	2.03
25	24	2.36
26	23	2.36
27	16	2.36
28	20	2.36
29	31	2.36
30	28	2.36
31	20	2.36
32	19	2.36
33	16	1.57
34	29	2.03
35	29	2.36
36	30	3.15
37	22	2.36
38	28	2.36
39	21	2.36
40	21	1.57
41	11	3.15
42	19	4.13
43	12	4.13
44	18	6.69
45	17	6.69
46	14	6.69
47	15	4.72
48	17	9.44
49	17	7.08
50	8	7.08
51	8	7.08
52	8	6.04
53	31	3.68
54	29.5	4.72
55	27	2.97
56	27	1.89
57	24	2.56
58	20	2.56
59	23	3.84
60	11	3.15

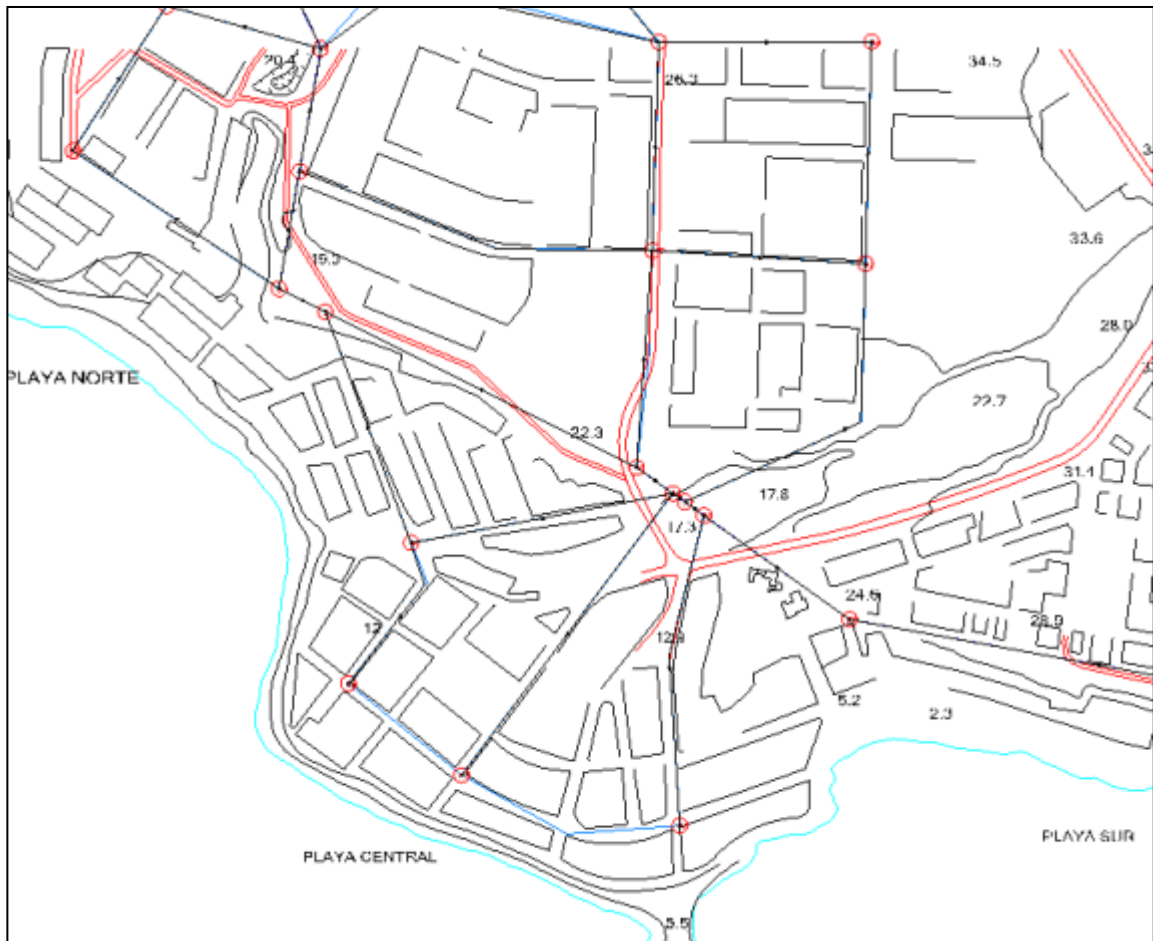
61	22.5	3.84
62	22.5	5.12
63	9	3.84
64	14	3.84
65	9	3.15
66	22.5	3.84
67	16	3.84
68	16	3.84
69	22	3.84
70	22	5.12
71	20	2.56
72	22	3.84
73	34	2.36
74	40	2.36
75	40	2.36
76	42	1.57
77	41	1.57
78	39	1.57
79	33	2.56
80	40	0.79
81	34	1.57
82	32	2.36
83	41	0.79
84	34	3.15
85	41	0.79

86	32	2.36
87	25	7.48
88	31	4.72
89	27	7.48
90	23	11.02
91	21	7.08
92	18	9.84
93	20	7.08
94	19	7.08
95	15	7.08
96	9	7.08
97	22.5	3.84
98	22	2.56
99	22	5.12
100	22	5.12
101	34	3.15
102	22	3.84
103	22	5.12
104	31	3.84
105	22	3.84
106	20	5.12
107	20	3.84
108	18	3.84
109	18	5.12
110	16	3.84
111	15	2.56
112	16	3.84
113	15	2.56

**Fuente:** Elaborado por los autores

Las curvas de nivel trabajadas pueden ser importadas en el software WaterCAD, para la comprobación de la validez de la red de distribución y para verificar si las velocidades del agua en las tuberías y la presión en los nudos cumple con lo especificado según la Norma OS.050.

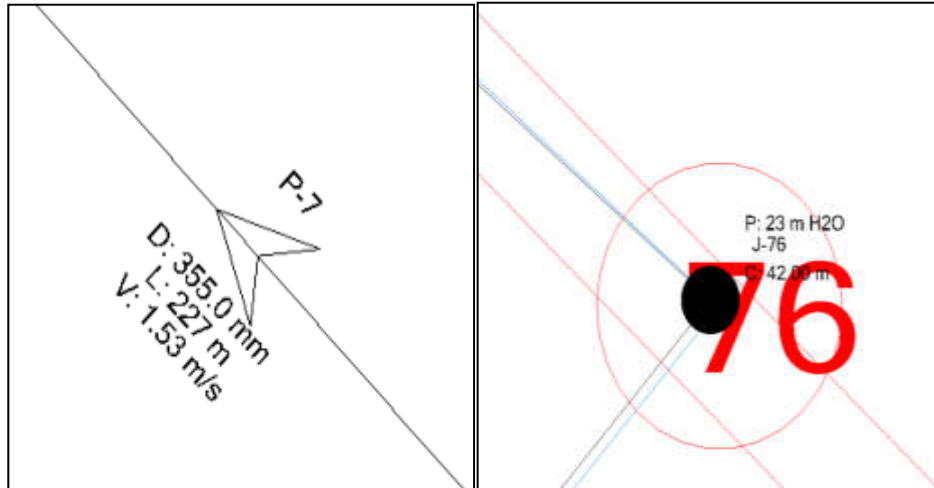
Las curvas de nivel se insertan en el software WaterCAD, en el cual se realiza el trazo de la red de distribución respetando el orden de los nudos y tuberías trazadas anteriormente. Se indica el material de la tubería (PVC) y la temperatura a la que trabajará (20°C). Luego se ingresan los datos mostrados en las tablas como las cotas y demanda de los nudos, además de los diámetros de las tuberías.



**Figura 45:** Trazo de red de distribución en San Bartolo (software WaterCAD)

**Fuente:** Elaborado por los autores

El software automáticamente validará los datos ingresados y mostrará como resultados las velocidades en las tuberías, además de las presiones en los nodos.



**Figura 46:** Resultados software WaterCAD. Velocidad en “tubería 7” y presión en “nudo 76”

**Fuente:** Elaborado por los autores

La Figura 46 muestra un acercamiento en los nudos y las tuberías en el software WaterCAD. Para la tubería “P-7” de 227 m de longitud, se necesita un diámetro de 355.0 mm de forma que el agua pueda pasar con una velocidad de 1.53 m/s. Por su parte, para el Nudo “J-76”, ubicado a una altura de 42 msnm, se tiene una presión de 23 m H<sub>2</sub>O.

Según la Norma OS.050, las velocidades en las tuberías deben ser menores a los 3 m/s. Del mismo modo, las presiones en los nudos deben encontrarse en un rango entre 10 y 50 m H<sub>2</sub>O, lo cual es comprobado por el software.

Las presiones en cada nodo son mostradas en la Tabla 13. Cabe mencionar que el software WaterCAD establece los prefijos para los nudos con la letra “J” por su denominación en el idioma inglés, así como asigna el prefijo “P” a las tuberías.

**Tabla 13:** Resultados software WaterCAD. Presión en cada nudo

	Pressure (m H2O)		Pressure (m H2O)		Pressure (m H2O)
32: J-1	50	68: J-37	40	104: J-73	31
33: J-2	46	69: J-38	34	105: J-74	25
34: J-3	38	70: J-39	40	106: J-75	25
35: J-4	35	71: J-40	39	107: J-76	23
36: J-5	33	72: J-41	47	108: J-77	23
37: J-6	47	73: J-42	37	109: J-78	26
38: J-7	43	74: J-43	44	110: J-79	32
39: J-8	42	75: J-44	36	111: J-80	24
40: J-9	42	76: J-45	35	112: J-81	30
41: J-10	42	77: J-46	37	113: J-82	32
42: J-11	43	78: J-47	35	114: J-83	22
43: J-12	38	79: J-48	33	115: J-84	29
44: J-13	37	80: J-49	32	116: J-85	22
45: J-14	39	81: J-50	40	117: J-86	31
46: J-15	38	82: J-51	39	118: J-87	27
47: J-16	39	83: J-52	38	119: J-88	21
48: J-17	45	84: J-53	10	120: J-89	24
49: J-18	37	85: J-54	10	121: J-90	28
50: J-19	37	86: J-55	12	122: J-91	29
51: J-20	38	87: J-56	10	123: J-92	33
52: J-21	43	88: J-57	12	124: J-93	30
53: J-22	37	89: J-58	15	125: J-94	30
54: J-23	38	90: J-59	10	126: J-95	33
55: J-24	39	91: J-60	22	127: J-96	38
56: J-25	40	92: J-61	10	128: J-97	10
57: J-26	41	93: J-62	10	129: J-98	10
58: J-27	48	94: J-63	22	130: J-99	10
59: J-28	44	95: J-64	19	131: J-100	10
60: J-29	33	96: J-65	23	132: J-101	31
61: J-30	35	97: J-66	10	133: J-102	10
62: J-31	43	98: J-67	16	134: J-103	10
63: J-32	45	99: J-68	16	135: J-104	0
64: J-33	48	100: J-69	10	136: J-105	10
65: J-34	34	101: J-70	10	137: J-106	10
66: J-35	34	102: J-71	12	138: J-107	10
67: J-36	33	103: J-72	10	139: J-108	10
				140: J-109	10
				141: J-110	11
				142: J-111	12
				143: J-112	10
				144: J-113	11

**Fuente:** Elaborado por los autores

Velocidades en cada tubería de la red de abastecimiento de agua:

**Tabla 14:** Resultados software WaterCAD. Velocidad en cada tubería

	Velocity (m/s)		Velocity (m/s)
145: P-1	2.60	189: P-45	0.97
146: P-2	1.74	191: P-47	0.80
147: P-3	0.93	193: P-49	1.33
148: P-4	0.43	194: P-50	1.29
149: P-5	0.31	195: P-51	0.56
150: P-6	2.47	196: P-52	1.14
151: P-7	1.53	197: P-53	1.38
152: P-8	1.12	198: P-54	0.41
153: P-9	1.91	200: P-56	1.82
154: P-10	0.96	201: P-57	0.75
155: P-11	1.41	202: P-58	1.24
157: P-13	1.14	204: P-60	1.80
158: P-14	1.89	205: P-61	1.19
159: P-15	1.22	206: P-62	1.16
160: P-16	0.44	207: P-63	0.60
161: P-17	1.84	208: P-64	0.53
162: P-18	1.58	209: P-65	0.56
163: P-19	1.71	210: P-66	0.47
164: P-20	1.04	211: P-67	0.34
165: P-21	1.30	212: P-68	0.74
166: P-22	0.49	213: P-69	0.45
167: P-23	0.29	214: P-70	1.09
168: P-24	1.31	215: P-71	0.72
169: P-25	1.52	217: P-73	0.95
170: P-26	1.28	218: P-74	0.90
172: P-28	0.34	220: P-76	0.69
173: P-29	1.04	221: P-77	0.87
174: P-30	0.80	222: P-78	0.39
175: P-31	0.50	223: P-79	0.38
176: P-32	1.09	224: P-80	0.61
178: P-34	0.99	225: P-81	0.48
179: P-35	0.26	226: P-82	1.10
180: P-36	0.76	227: P-83	1.01
181: P-37	0.32	228: P-84	2.75
182: P-38	0.83	229: P-85	1.72
183: P-39	0.67	230: P-86	1.61
184: P-40	0.53	231: P-87	0.63
185: P-41	0.65	232: P-88	1.16
186: P-42	0.38	233: P-89	0.34
187: P-43	0.53	234: P-90	0.98



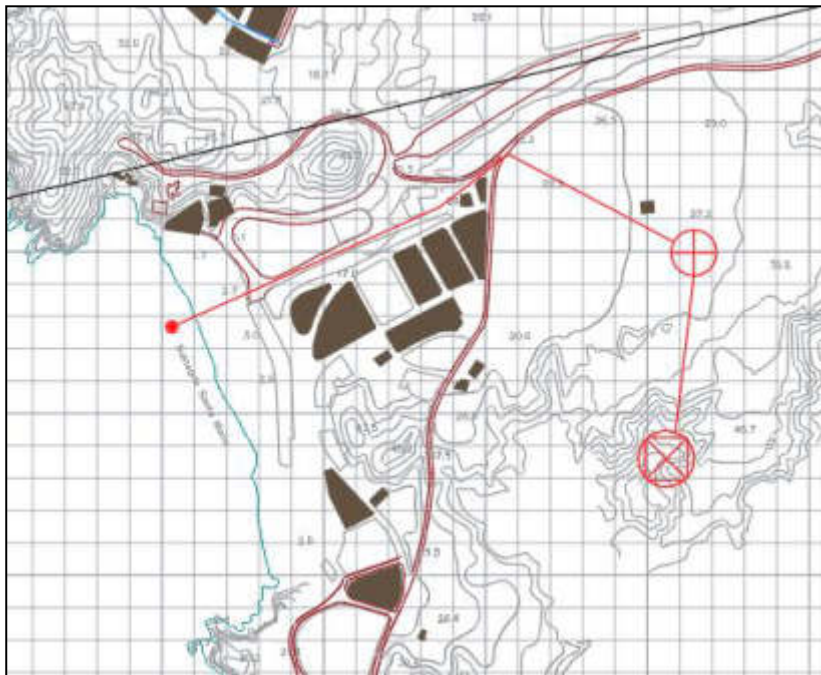
	Velocity (m/s)
236: P-92	0.91
237: P-93	0.34
238: P-94	1.61
239: P-95	0.66
240: P-96	1.13
241: P-97	0.32
242: P-98	1.04
243: P-99	0.23
244: P-100	0.95
245: P-101	0.76
246: P-102	1.36
247: P-103	1.33
248: P-104	1.28
249: P-105	0.76
250: P-106	0.84
251: P-107	0.68
252: P-108	0.36
253: P-109	0.92
254: P-110	0.93
255: P-111	0.25
256: P-112	0.84
257: P-113	1.17
258: P-114	0.93
259: P-115	0.85
260: P-116	1.25
261: P-117	1.23
262: P-118	1.20
263: P-119	1.89
264: P-120	1.79
265: P-121	0.40
267: P-123	1.52
268: P-124	0.41
269: P-125	0.79
270: P-126	0.58
271: P-127	0.60
273: P-129	0.40
274: P-130	0.48
275: P-131	0.60
276: P-132	0.53
277: P-133	1.01
278: P-134	0.51
279: P-135	0.55
280: P-136	0.23
281: P-137	0.49
282: P-138	0.32
283: P-139	0.17
284: P-140	0.40
285: P-141	0.54
286: P-142	0.39
287: P-143	0.27
288: P-144	0.48
289: P-145	0.38
290: P-146	0.34
291: P-147	0.33
292: P-148	0.32
293: P-149	0.37
294: P-150	0.63
295: P-151	0.68
296: P-152	0.55
297: P-153	0.95
298: P-154	1.05
299: P-155	0.77
300: P-156	0.32
301: P-157	0.70
302: P-158	0.49
303: P-159	0.47
304: P-160	0.30
305: P-161	0.54
306: P-162	0.40
307: P-163	0.35
309: P-165	0.71

**Fuente:** Elaborado por los autores

## CAPÍTULO V: RESULTADOS

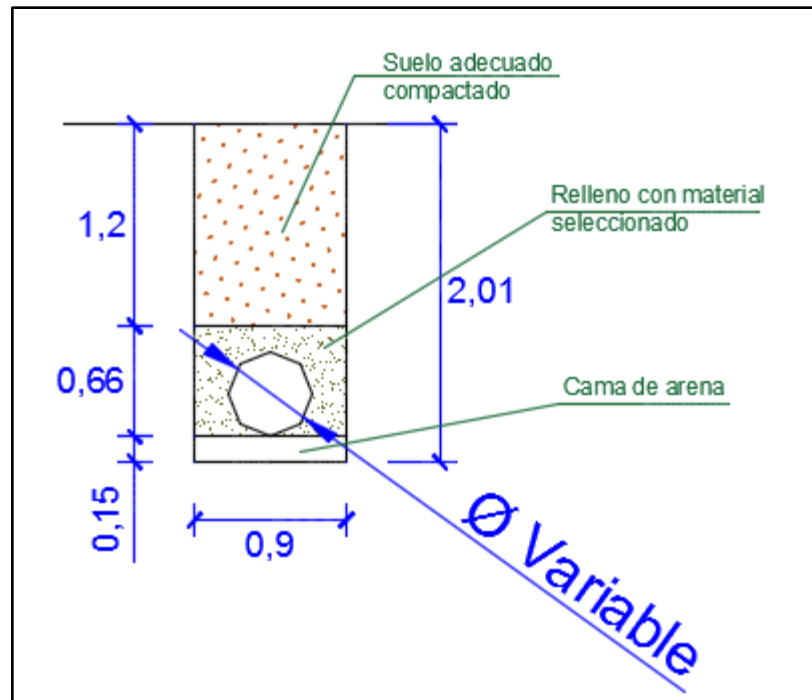
### 5.1 Estudio topográfico

Según la investigación realizada acerca de los planos de curvas de nivel (anexos 3 al 6) de los distritos estudiados, la planta desalinizadora y el reservorio de Santa María del Mar fueron ubicados con una cota de 28 y 77 msnm respectivamente, tal como fue explicado en el Capítulo IV.



**Figura 47:** Ubicación de la planta desalinizadora y del reservorio de agua potable  
(software WaterCAD)

**Fuente:** Elaborado por los autores

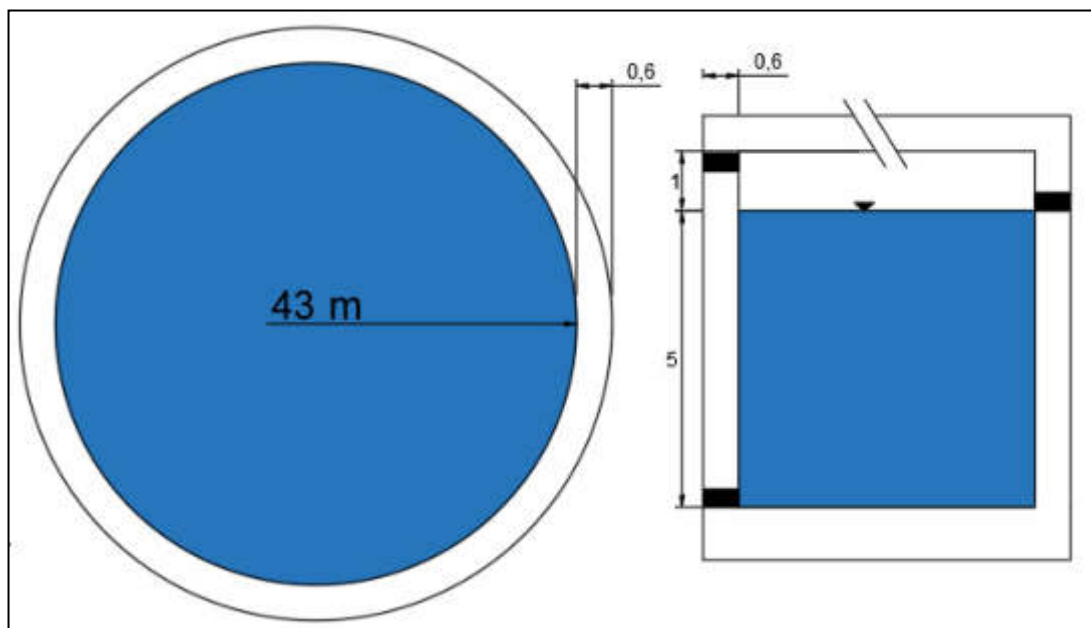


**Figura 48:** Sección típica de tubería de impulsión

**Fuente:** Elaborado por los autores

## 5.2 Cálculo de la capacidad del reservorio

Habiendo realizado los cálculos sobre la población, dotación diaria y el volumen de agua requerido para la población, tenemos que el reservorio debe tener una capacidad de 29 000 m<sup>3</sup>, adoptando una forma de cilindro para una mejor distribución de las presiones generadas por el agua potable almacenada.



**Figura 49:** Vista lateral y vista en planta de reservorio de agua

**Fuente:** Elaborado por los autores

La Figura 49 muestra el diseño del reservorio que, como se demostró anteriormente, debe tener una capacidad aproximada de 29 000 m<sup>3</sup> de agua para abastecer a los balnearios estudiados. El reservorio tendrá una altura libre de 1 m, por lo que la altura total del reservorio será de 6 m (sin contar el espesor del mismo). Tendrá un radio de 43 m y una altura de agua de 5 m, lo que dará un volumen total de agua de 29 044.02 m<sup>3</sup>.

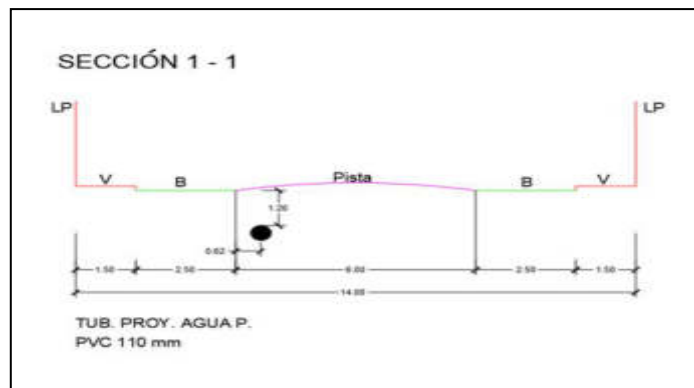
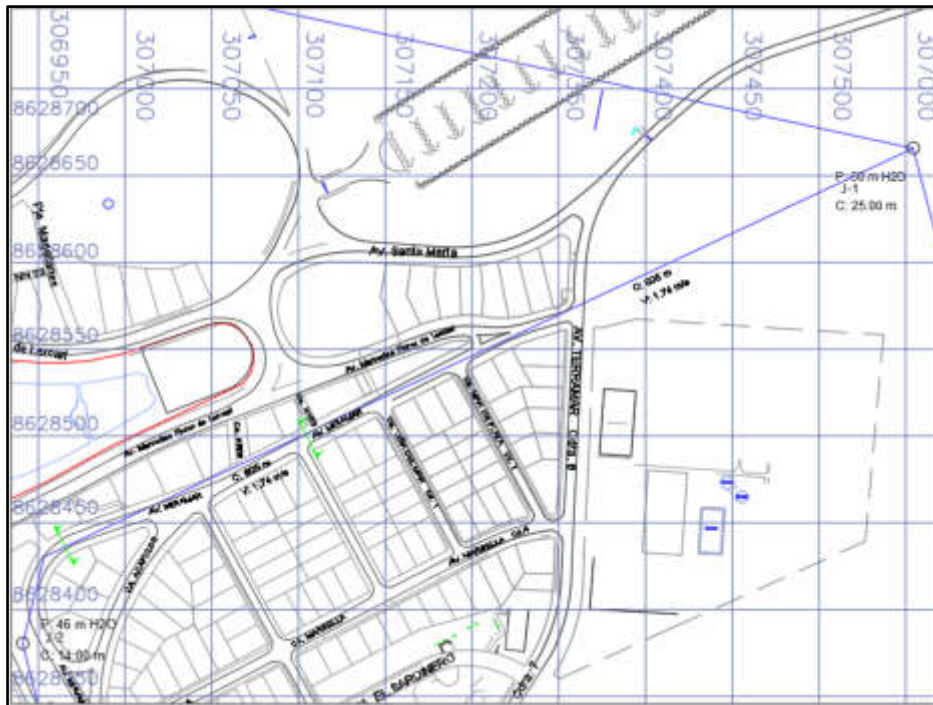
Cota inferior de reservorio: 77.0 msnm

Cota superior de reservorio: 83.6 msnm

Volumen total del reservorio: 39 415.48 m<sup>3</sup>

Volumen máximo de agua potable almacenada: 29 044.02 m<sup>3</sup>

### 5.3 Cálculo de las tuberías de distribución

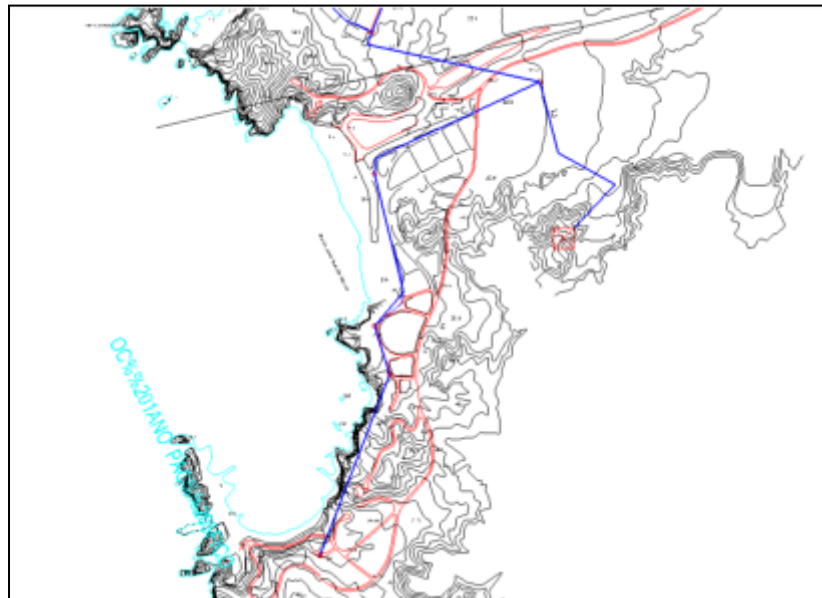


**Figura 50:** Sección 1-1. Tubería de distribución

**Fuente:** Elaborado por los autores

Según lo mostrado en la Figura 50, las tuberías de distribución se colocarán a 1.20 m bajo el nivel del suelo y a una distancia de 0.62 m de la berma. En casos especiales donde exista cruce de tuberías, se ubicarán a una profundidad menor.

### Distrito de Santa María del Mar



**Figura 51:** Diseño de tuberías de distribución en Santa María del Mar

**Fuente:** Elaborado por los autores

### Distrito de San Bartolo



**Figura 52:** Diseño de tuberías de distribución en San Bartolo

**Fuente:** Elaborado por los autores

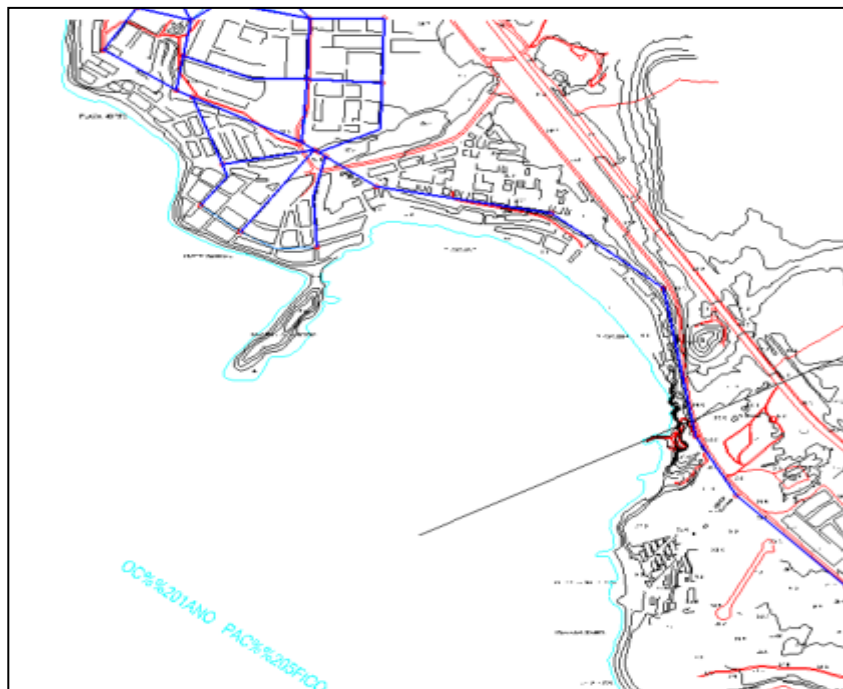
### Distrito de Punta Negra



**Figura 53:** Diseño de tuberías de distribución en Punta Negra

**Fuente:** Elaborado por los autores

### Distrito de Punta Hermosa



**Figura 54:** Diseño de tuberías de distribución en Punta Hermosa

**Fuente:** Elaborado por los autores

**Elevaciones de nudos (ver anexos 3 al 6):**

**Tabla 15:** Elevaciones de nudos

NUDO	ELEVACIÓN (m)	NUDO	ELEVACIÓN (m)	NUDO	ELEVACIÓN (m)
1	25	15	27	30	28
2	14	16	26	31	20
3	18.5	17	20	32	19
4	21.5	18	27	33	16
5	22	19	27	34	29
6	22	20	26	35	29
7	25	21	21	36	30
8	26	22	27	37	22
9	26	23	26	38	28
10	26	24	25	39	21
11	24	25	24	40	21
12	28	26	23	41	11
13	29	27	16	42	19
14	27	28	20	43	12
		29	31	44	18
NUDO	ELEVACIÓN (m)	NUDO	ELEVACIÓN (m)	NUDO	ELEVACIÓN (m)
45	17	60	11	75	40
46	14	61	22.5	76	42
47	15	62	22.5	77	41
48	17	63	9	78	39
49	17	64	14	79	33
50	8	65	9	80	40
51	8	66	22.5	81	34
52	8	67	16	82	32
53	31	68	16	83	41
54	29.5	69	22	84	34
55	27	70	22	85	41
56	27	71	20	86	32
57	24	72	22	87	25
58	20	73	34	88	31
59	23	74	40	89	27



NUDO	ELEVACIÓN (m)	NUDO	ELEVACIÓN (m)
90	23	102	22
91	21	103	22
92	18	104	31
93	20	105	22
94	19	106	20
95	15	107	20
96	9	108	18
97	22.5	109	18
98	22	110	16
99	22	111	15
100	22	112	16
101	34	113	15

**Fuente:** Elaborado por los autores

**Diámetros de tuberías (ver anexos 3 al 6):**

**Tabla 16:** Diámetros de tuberías

TUBERÍA	NUDOS	DIÁMETRO (mm)	TUBERÍA	NUDOS	DIÁMETRO (mm)
P-1	R-1	450	P-31	20-21	280
P-2	1-2	110	P-32	21-28	315
P-3	2-3	110	P-34	22-29	355
P-4	3-4	110	P-35	22-82	110
P-5	4-5	75	P-36	23-24	280
P-6	1-6	450	P-37	24-25	160
P-7	6-7	355	P-38	24-30	280
P-8	7-8	355	P-39	25-28	280
P-9	6-9	400	P-40	25-26	280
P-10	7-10	225	P-41	26-32	280
P-11	8-11	315	P-42	26-27	180
P-13	10-11	200	P-43	27-28	315
P-14	9-12	400	P-44	27-33	250
P-15	12-13	400	P-45	29-34	355

P-16	13-14	225	P-47	30-34	280
P-17	11-14	315	P-49	31-32	250
P-18	14-17	315	P-50	31-37	250
P-19	13-15	355	P-51	32-33	250
P-20	12-73	315	P-52	34-35	400
P-21	15-16	355	P-53	35-36	400
P-22	15-101	315	P-54	35-84	315
P-23	16-17	110	P-56	36-38	400
P-24	16-18	355	P-57	36-86	315
P-25	17-21	315	P-58	37-39	250
P-26	18-19	355	P-60	38-42	400
P-28	19-20	280	P-61	39-40	250
P-29	19-22	355	P-62	40-41	250
P-30	20-23	280	P-63	73-101	280
			P-64	73-74	315

TUBERÍA	NUDOS	DIÁMETRO (mm)	TUBERÍA	NUDOS	DIÁMETRO (mm)
P-95	49-94	355	P-130	64-67	280
P-96	49-50	90	P-131	66-67	140
P-97	50-95	355	P-132	66-100	280
P-98	50-51	90	P-133	67-68	280
P-99	51-96	355	P-134	68-69	250
P-100	51-52	280	P-135	68-71	110
P-101	52-96	355	P-136	69-100	280
P-102	52-53	355	P-137	69-70	110
P-103	53-54	355	P-138	70-72	90
P-104	54-55	280	P-139	70-99	280
P-105	87-88	280	P-140	71-72	110
P-106	87-90	280	P-141	97-98	110
P-107	88-89	280	P-142	97-100	110
P-108	89-90	280	P-143	98-99	110
P-109	89-91	280	P-144	99-100	280
P-110	90-92	110	P-145	72-102	280
P-111	91-92	280	P-146	70-103	110
P-112	91-93	160	P-147	99-104	110
P-113	93-94	280	P-148	102-103	280

P-114	94-95	280	P-149	102-105	110
P-115	95-96	355	P-150	103-104	110
P-116	55-56	355	P-151	103-106	110
P-117	56-57	355	P-152	104-107	110
P-118	57-58	280	P-153	105-106	110
P-119	58-59	280	P-154	105-108	110
P-120	59-61	90	P-155	106-109	110
P-121	59-60	280	P-156	106-107	90
P-123	61-62	200	P-157	107-110	90
P-124	61-97	280	P-158	108-109	90
P-125	62-66	280	P-159	108-111	90
P-126	62-64	90	P-160	109-110	90
P-127	62-63	90	P-161	109-112	90
P-129	64-65	280	P-162	110-113	75
			P-163	111-112	280

**Fuente:** Elaborado por los autores

## CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

### 6.1 Contraste con hipótesis

#### 6.1.1 Hipótesis específica 1: El estudio topográfico contribuye a satisfacer la demanda de los cuatro balnearios en el sur de Lima en el distrito de Santa María del Mar.

Según lo validado en los resultados, la ubicación de la planta desalinizadora y el reservorio fue oportuna, ya que fue la base del diseño de la red de abastecimiento de agua potable. En ese sentido, el estudio topográfico sí contribuyó a satisfacer la demanda de los cuatro balnearios en el sur de Lima en el distrito de Santa María del Mar, ya que permitió analizar el terreno y las cotas en su superficie, de forma que se estableció la ubicación ideal de la planta desalinizadora y del reservorio de agua potable para abastecerlos. Por lo tanto, se valida la hipótesis 1.

#### 6.1.2 Hipótesis específica 2: El cálculo de la capacidad del reservorio contribuye a satisfacer la demanda de los cuatro balnearios en el sur de Lima en el distrito de Santa María del Mar.

	Población (habitantes)	Volumen de reservorio (m <sup>3</sup> )
Antecedente 1	1700	560
Antecedente 2	13 700	4500
Diseño proyectado	117 630	29 000

El cálculo de la capacidad del reservorio sí contribuyó a satisfacer la demanda de los cuatro balnearios del sur de Lima en el distrito de Santa María del Mar, ya que se calcularon las dimensiones en base a la población a abastecer, tal como se puede verificar en el cuadro. Se añadió un 50% adicional de reserva de agua potable. Por lo tanto, se valida la hipótesis 2.

### **6.1.3 Hipótesis específica 3: El cálculo de las dimensiones de las tuberías contribuye a satisfacer la demanda de los cuatro balnearios en el sur de Lima en el distrito de Santa María del Mar.**

El cálculo de las dimensiones de las tuberías sí contribuyó a satisfacer la demanda de los cuatro balnearios del sur de Lima en el distrito de Santa María del Mar, ya que, con ayuda del software WaterCAD, se pudo comprobar las dimensiones ideales de las tuberías para llegar con suficiente presión y velocidad hasta el lote más alejado de los distritos del presente estudio. Por lo tanto, se valida la hipótesis 3.

## **6.2 Contraste con antecedentes**

### **6.2.1 Nacionales**

Se puede ver que las dimensiones del reservorio son directamente proporcionales a la población, lo cual se puede comprobar con los antecedentes. En el caso de Peña, K. (2018), la autora utilizó un reservorio de aproximadamente 560 m<sup>3</sup> para una población de 1700 habitantes. En el caso de Gutiérrez, Y. & Huamani, E. (2019), el volumen utilizado fue de 4500 m<sup>3</sup> para una población de aproximadamente 13 700 habitantes, y para el presente estudio, se utilizó un reservorio de 29 000 m<sup>3</sup> para una población de 117 630 habitantes.



**Figura 55:** Volumen vs Habitantes. Discusión

**Fuente:** Elaborado por los autores

### 6.2.2 Internacionales

Debido a su tecnología y eficacia, el método más utilizado para captación de agua en el mundo es el de desalinización de agua de mar mediante un proceso de ósmosis inversa, como se puede ver en los antecedentes internacionales en el caso del informe realizado por Soto, G. & Soto, M. (2013). Además, los autores tratan sobre el crecimiento poblacional con el pasar de los años y el sucedido en época de verano, como en el presente informe, por lo que estos aspectos son validados.

Tal como se menciona en el informe de Soto, G. & Soto, M., este método de desalinización es el más utilizado debido a su modernidad y efectividad. En el presente trabajo hemos comprobado este planteamiento.

## CONCLUSIONES

1. Tomando en cuenta la discusión de la hipótesis específica 1, se concluye que la realización del estudio topográfico fue de suma relevancia para satisfacer la demanda de los cuatro balnearios del sur de Lima. Por lo tanto, se muestra que encontrar una buena ubicación de la planta desalinizadora y del reservorio contribuye directamente en el desarrollo de futuros proyectos de abastecimiento de agua potable.
2. De la misma manera, según la discusión de la hipótesis específica 2, se concluye que el cálculo correcto de la capacidad del reservorio determinará el éxito de un proyecto, ya que, de realizarse erróneamente los cálculos, los problemas en cuanto a abastecimiento de agua no se solucionarán. Para el caso del presente informe, una población de 1 176 300 habitantes se satisface completamente en cuanto a abastecimiento de agua potable con un reservorio de 29 000 m<sup>3</sup> de volumen.
3. Por último, según la discusión de la hipótesis específica 3, se demuestra la importancia de utilizar softwares modernos en la ejecución de proyectos a gran escala, pues facilitan notablemente los cálculos realizándolos de una manera correcta. Se concluye la importancia del uso de nuevas tecnologías en todo proyecto. No obstante, también es necesario tomar en cuenta las normas dictadas por las entidades especializadas.

## **RECOMENDACIONES**

1. Capacitarse en el uso de herramientas modernas como el software WaterCAD para la verificación de un diseño de una red de abastecimiento de agua potable. Estas herramientas representan un avance en la tecnología y es necesario utilizarlas.
2. Trabajar según lo estipulado en las normas técnicas como la OS.010, la OS.050 y la OS.100, que nos dan las pautas a seguir para la elaboración de un diseño de red de abastecimiento de agua potable.
3. Analizar adecuadamente las necesidades de la población en cuando a dotación de agua para el diseño de una red de abastecimiento, ya que solo teniendo una idea clara sobre el problema y las necesidades reales es que se puede elaborar un diseño adecuado.
4. Realizar un estudio de impacto ambiental antes de realizar el sistema de abastecimiento de agua para buscar mitigar los posibles problemas ambientales.



## FUENTES DE INFORMACIÓN

ACCIONA (2019). *Desalinización del agua: Convertir el agua del mar o agua salobre en agua potable* (artículo Web). Recuperado de <https://www.accion.com/es/tratamiento-de-agua/desalacion/>.

Alvarado, P. (2013). *Estudios y diseños del sistema de agua potable del barrio San Vicente, parroquia Nambacola, cantón Gonzanamá* (tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Técnica Particular de Loja. Loja. Recuperado de <https://text-mx.123dok.com/document/oy80e5qr-estudios-y-disenos-del-sistema-de-agua-potable-del-barrio-san-vicente-parroquia-nambacola-canton-gonzanama.html>.

Ángel, A. (2016). *Casas de playa: alquiler creció en 50% en verano* (informe en blog). Recuperado de <https://urbania.pe/blog/mercado-inmobiliario-2/alquiler-casas-de-playa-crece/>.

Arévalo, P. & Barahona, R. (2013). *Diseño comparativo de tanques para el almacenamiento de agua de hormigón armado, enterrados hasta el nivel de la tapa* (tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de Cuenca. Cuenca. Recuperado de [https://www.academia.edu/8443003/dise%C3%B1os\\_de\\_tanques\\_de\\_reservorio](https://www.academia.edu/8443003/dise%C3%B1os_de_tanques_de_reservorio).

Autor desconocido (8 de julio de 2013). *Desalinización del agua* (informe en blog). Recuperado de <http://pfsquimica10g.blogspot.com/p/destilacion.html>.

Autor desconocido (16 de julio de 2013). *Desalinización del mar* (informe en blog). Recuperado de <http://desanilicemoselmar.blogspot.com/p/electodialisis.html>.

BossTech (13 de abril de 2018). *La desalinización puede resolver la crisis mundial del agua* (artículo Web). Recuperado de <https://bosstech.pe/blog/la-desalinizacion-puede-resolver-la-crisis-mundial-del-agua/>.

Concesionaria Desaladora del Sur S.A. (2015). *Proyecto PROVISUR 2017. Memoria Descriptiva*.

Concha, J. & Guillén, J. (2014). *Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable (caso: urbanización Valle Esmeralda, distrito Pueblo Nuevo, provincia y departamento de Ica)* (tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de San Martín de Porres. Lima. Recuperado de <http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/1175>.

Estela, M. (6 de diciembre de 2019). *Agua potable* (artículo web). Recuperado de <https://concepto.de/agua-potable/#ixzz5yo5U8sb6>.

Gutiérrez, Y. & Huamani, E. (2019). *Modelamiento de sistema de abastecimiento de agua potable utilizando el software WaterCAD en el diseño de las redes de distribución en la etapa I del proyecto San Antonio de Mala - distrito de Mala* (tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de San Martín de Porres. Lima. Recuperado de <http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/5486>.

Instituto Metropolitano de Planificación (2018). *Planos de zonificación*. Recuperado de <http://www.imp.gob.pe/index.php/centro-dedocumentacion/planos-de-zonificacion>.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017). *Compendio Estadístico: Provincia de Lima*. Recuperado de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1477/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1477/libro.pdf).

- Lossio, M. (2012). *Sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro poblados rurales del distrito de Lancones* (tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de Piura. Piura. Recuperado de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2053/ICI\\_192.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2053/ICI_192.pdf?sequence=1).
- Machado, A. (2018). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable del Centro Poblado Santiago, distrito de Chalaco, Morropón - Piura* (tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Piura. Piura. Recuperado de <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1246/CIV-MAC-CAS-18.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Marca Perú (2019). *Ubicación, Geografía y Clima de Perú* (artículo web). Recuperado de <https://www.peru.travel/es-pe/sobre-peru/ubicacion-geografia-y-clima.aspx>.
- Martins, A. (22 de marzo de 2017). “¿Puede la desalinización ser la solución para la crisis mundial del agua?”. *BBC News*. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-39332148>.
- Ministerio del Ambiente (Sin fecha). *Agua que has de beber* (artículo web). Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/prensa/salva-al-mundo/agua-que-has-de-beber>.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). *Norma OS.010. Captación y conducción de agua para consumo humano*. Recuperado de <http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20II%20Habilitaciones%20Urbanas/17%20OS.010%20CAPTACION%20Y%20CONDUCCION%20DE%20AGUA%20PARA%20CONSUMO%20HUMAN O.pdf>.
- Montaño Sanz, B. (2011). *Análisis económico de la desalinización* (tesis para optar el grado de doctor). Universidad de Alicante. Alicante. Recuperado de

[https://www.fundacionaquae.org/sites/default/files/tesis\\_borja\\_montano\\_1.pdf](https://www.fundacionaquae.org/sites/default/files/tesis_borja_montano_1.pdf).

Niño Estupiñan, L. & Castro Ospita, F. (2016). *Propuesta metodológica para el cálculo del volumen del tanque de almacenamiento de aguas de lluvia utilizados en los colegios de la secretaría de educación distrital de Bogotá (SED), caso específico - Colegio General Gustavo Rojas Pinilla* (tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/5c85/b371138b53be70ad22b99cde1c2aad1c86e.pdf>.

Ortega, J. (Del 21 al 24 de agosto de 2001). “La ósmosis inversa como proceso de potabilización en España”. En *Superación Sanitaria y Ambiental: el Reto*. Simposio llevado a cabo en el XXII Congreso de Centroamérica y Panamá de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Honduras. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/centroa22/Ponencia31.pdf>.

Peña, K. (2018). *Diseño de la red de abastecimiento de agua potable para satisfacer la demanda del club Playa Puerto Fiel, distrito Cerro Azul - Cañete* (tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de San Martín de Porres. Lima. Recuperado de <http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/5094>.

Ramírez Serrano, J. (Sin fecha). *Mantos Acuíferos* (informe en blog). Recuperado de <https://sites.google.com/site/juanmanuelramirezgeohidrologia/>.

RPP Noticias (25 de junio del 2018). *INEI: La población en el Perú es de 31 millones 237 mil habitantes* (artículo web). Recuperado de <https://rpp.pe/peru/actualidad/inei-la-poblacion-en-el-peru-es-de-31-millones-237-mil-habitantes-noticia-1131843>.

Silva, L. (6 de febrero de 2014). “Punta Hermosa: aumento poblacional causa colapso del desagüe”. *El Comercio*. Recuperado de

<https://elcomercio.pe/lima/punta-hermosa-aumento-poblacional-causea-colapso-desagueue-291247>.

Soto, G. & Soto, M. (2013). *Desalación de agua de mar mediante sistema ósmosis inversa y energía fotovoltaica para provisión de agua potable en Isla Damas, Región de Coquimbo* (documento técnico). Montevideo: Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe (CAZALAC), y Programa Hidrológico Internacional de la Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000230987>.

Suarez, G. (2003). *Propuesta para el desarrollo del zoológico de Lima en San Bartolo - Desarrollo del Pabellón Central* (tesis para optar el título de Licenciado en Arquitectura). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima. Recuperado de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/273243/GSuarez.pdf.txt;jsessionid=0D23874B7D6B96B3DF8D489C36363DE3?sequence=10>.

Vásquez, A. (2017). *Diseño de investigación del estudio de la producción de agua apta para consumo humano utilizando un desalinizador solar en Sipacate, Escuintla* (tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de San Carlos de Guatemala. Ciudad de Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_4141\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_4141_C.pdf).

## ANEXOS

		<b>Página</b>
Anexo N° 1	Matriz de consistencia	108
Anexo N° 2	Plano de perfil y planta	109
Anexo N° 3	Plano de red de distribución del distrito de Santa María del Mar	110
Anexo N° 4	Plano de red de distribución del distrito de San Bartolo	111
Anexo N° 5	Plano de red de distribución del distrito de Punta Negra	112
Anexo N° 6	Plano de red de distribución del distrito de Punta Hermosa	113