

# UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



*TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL*

**“EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA  
EL ABASTECIMIENTO POR BOMBEO DE LA LOCALIDAD CALEMAR,  
DISTRITO BAMBAMARCA, PROVINCIA BOLÍVAR”**

**Área de Investigación:**

**ÁREA DE INVESTIGACIÓN: SANEAMIENTO**

**AUTORES:**

Br. LLERENA PEÑA, ERIK MARTIN

Br. ESPINOZA CUSTODIO, JOSEPH

**JURADO EVALUADOR:**

PRESIDENTE : ING. MANUEL VERTIZ MALABRIGO

SECRETARIO : ING. WILLIAM GALICIA GUARNIZ

VOCAL : ING. JOSE ALCIDES GALVEZ PAREDES

**ASESOR:**

ASESOR :ING. ALVARO FERNANDO SALAZAR PERALES

**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-8871-2368>

**TRUJILLO – PERÚ**

**2018**

Fecha de sustentación: 2022/05/13

**JURADO DICTAMINADOR**

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, aprueban la tesis desarrollada por el bachiller LLERENA PEÑA, ERIK MARTIN Y ESPINOZA CUSTODIO, JOSEPH, denominada:

**“EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA  
EL ABASTECIMIENTO POR BOMBEO DE LA LOCALIDAD CALEMAR,  
DISTRITO BAMBAMARCA, PROVINCIA BOLÍVAR”**

---

ING. MANUEL VERTIZ MALABRIGO  
PRESIDENTE  
N° CIP: 71188

---

ING. WILLIAM GALICIA GUARNIZ  
SECRETARIO  
N° CIP: 96091

---

ING. JOSE ALCIDES GALVEZ PAREDES  
VOCAL  
N° CIP: 29911

---

Ing. ALVARO FERNANDO SALAZAR PERALES  
ASESOR  
N° CIP: 97281

**DEDICATORIA**

Este logro se lo dedico a mis padres,  
por haberme inculcado buenos valores para ser  
una persona de bien; a mis amigos y compañeros  
de trabajo por su comprensión; a mis hermanas por su  
infinito apoyo y aliento sobre todo en los momentos  
que más los necesité.

LLERENA PEÑA, ERIK MARTIN

Este logro se lo dedico a mis padres,  
por haberme inculcado buenos valores para ser  
una persona de bien; a mis amigos y compañeros  
de trabajo por su comprensión; a mis hermanas por su  
infinito apoyo y aliento sobre todo en los momentos  
que más los necesité.

ESPINOZA CUSTODIO, JOSEPH

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por la salud y la vida, también a mis padres, que con su ejemplo me han enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos, corrigiendo mis fallas y celebrando mis triunfos.

A mis docentes que desde el inicio de mi carrera universitaria me han brindado palabras de aliento y en especial a mi asesor el Ing. ALVARO FERNANDO SALAZAR PERALES, por todos sus conocimientos brindados durante el desarrollo de la presente tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

JURADO DICTAMINADOR .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE FOTOS .....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xiii
<b>Capítulo I. Problema de investigación.....</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	1
1.3. Objetivo general .....	1
1.4. Objetivos específicos.....	2
1.5. Justificación de la investigación .....	2
1.6. Limitaciones de la investigación .....	2
<b>Capítulo II. Marco Teórico.....</b>	<b>4</b>
2.1. Antecedentes de la investigación.....	4
2.1.1. Ubicación.....	4
2.1.2. Del servicio de agua potable.....	5
2.1.3. Área de influencia.....	6
2.1.4. Abastecimiento de agua potable.....	7
2.1.5. Tipo de tubería.....	8
2.1.5.1 Tubería de hierro fundido gris o dúctil.....	9
2.1.5.2 Tubería de hierro galvanizado .....	9

2.1.5.3 Tubería de plástico (PVC) .....	10
2.1.6. Antecedentes similares al proyecto. ....	10
2.1.6.1 Nacionales .....	10
2.1.6.2 Internacionales.....	11
2.2. Bases teóricas .....	12
2.2.1. Parámetros de diseño. ....	12
2.2.1.1 Periodo de diseño. ....	12
2.2.1.2 Población de diseño .....	13
2.2.1.3 Dotación .....	14
2.2.1.4 Variaciones de consumo .....	15
2.2.1.5 Caudales de diseño .....	16
2.2.2. Línea de conducción.....	17
2.2.2.1 Diseño de la línea de impulsión.....	17
2.2.2.2 Caudal de diseño.....	18
2.2.2.3 Selección de diámetro.....	19
2.2.2.4 Diseño hidráulico.....	20
2.2.2.5 Tuberías .....	23
2.2.2.6 Accesorios .....	24
2.2.2.7 Modelamiento con “WaterCad V8i” .....	25
2.2.2.8 Fenómeno del golpe de ariete .....	25
2.2.2.9 Potencia de impulsión.....	29
2.3. Definiciones conceptuales .....	31
2.3.1. Acuífero .....	31
2.3.2. Agua subterránea .....	31
2.3.3. Afloramiento.....	31
2.3.4. Calidad de agua .....	32

2.3.5. Caudal máximo diario .....	32
2.3.6. Pozo excavado .....	32
2.3.7. Pozo perforado.....	32
2.3.8. Redes de distribución .....	32
2.3.9. Tubería principal.....	32
2.3.10. Carga dinámica.....	32
2.3.11. Golpe de ariete.....	33
2.3.12. Línea de conducción.....	33
2.3.13. Línea gradiente hidráulica .....	33
2.3.14. Línea de impulsión .....	33
2.3.15. Nivel de carga estática.....	33
2.3.16. Pérdida de carga unitaria (hf) .....	33
2.3.17. Pérdida por tramo (Hf) .....	33
2.3.18. Reservorio.....	33
2.3.19. Válvula de aire.....	34
2.3.20. Válvula de purga.....	34
2.4. Hipótesis .....	34
2.5. Variables dependiente e independiente .....	34
2.5.1. Variable independiente .....	34
2.5.2. Variable dependiente .....	34
<b>Capítulo III. Metodología de la investigación.....</b>	<b>35</b>
3.1. Tipo de investigación, enfoque y alcance o nivel.....	35
3.1.1. - Enfoque .....	35
3.1.2. - Alcance.....	35
3.1.3. - Diseño: .....	35
3.2. Población y Muestra .....	36

3.3. Técnicas e instrumentos de la recolección de datos .....	37
3.3.1. Datos secundarios .....	37
3.3.2. Datos primarios .....	37
3.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....	37
3.5. Desarrollo de la simulación dinámica con Watercad .....	38
<b>Capítulo IV. RESULTADOS.....</b>	<b>40</b>
4.1. Tratamiento estadístico e interpretación de cuadros.....	40
4.1.1. Parámetros de diseño .....	40
4.1.1.1 Consulta de Indicadores del INEI, según censo nacional 2017.....	40
4.1.1.2 Población actual y futura .....	45
4.1.1.3 Caudales de diseño .....	47
4.1.2. Diseño de Barraje Fijo con Canal de Derivación. ....	50
4.1.2.1 Memoria de cálculo hidráulico de barraje fijo con canal de derivación.....	51
4.1.2.2 Planos de barraje fijo con canal de derivación .....	56
4.1.3. Diseño de Desarenador.....	57
4.1.3.1 Memoria de cálculo Desarenador .....	57
4.1.3.2 Planos Desarenador .....	58
4.1.4. Diseño de Sedimentador.....	59
4.1.4.1 Memoria de cálculo Sedimentador .....	59
4.1.4.2 Plano Sedimentador .....	62
4.1.5. Diseño de Prefiltro.....	63
4.1.5.1 Memoria de cálculo Prefiltro.....	63
4.1.5.2 Plano Prefiltro.....	64
4.1.6. Diseño de Filtro Lento.....	66
4.1.6.1 Memoria de cálculo Filtrolento. ....	66
4.1.6.2 Plano de Filtrolento. ....	67

4.1.7. Diseño de Cisterna de 20 m <sup>3</sup> y Línea de Impulsión.....	68
4.1.7.1 Memoria de cálculo Cisterna de 20 m <sup>3</sup> . ....	68
4.1.7.2 Plano de Cisterna de 20 m <sup>3</sup> . ....	71
4.1.8. Diseño de Reservorio Apoyado de 15 m <sup>3</sup> . ....	72
4.1.8.1 Memoria de cálculo Reservorio Apoyado de 15 m <sup>3</sup> . ....	72
4.1.8.2 Plano de Reservorio Apoyado de 15 m <sup>3</sup> . ....	74
4.1.9. Diseño de línea de aducción. ....	75
4.1.10. Diseño de Red de distribución.....	77
4.1.10.1 Resumen de tuberías en red de distribución. ....	77
4.1.10.2 Esquema de la red de distribución en WaterCad. ....	78
4.1.10.3 Reporte de WaterCad Red de distribución. ....	80
4.1.10.4 Caudal de diseño en WaterCad.....	83
4.1.11. Conexiones Domiciliarias.....	83
4.1.11.1 Reporte de WaterCad Conexiones domiciliarias. ....	84
4.1.12. Válvula de Control. ....	93
4.2. Discusión de resultados .....	93
<b>Capítulo V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>94</b>
5.1. Conclusiones.....	94
5.2. Recomendaciones .....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 :Área de influencia del proyecto (INEI, 2019) .....	7
Tabla N° 2 : Ventajas y desventajas de un sistema de agua por bombeo. (MVCS, Criterios para selección de opciones técnicas y niveles de servicio en sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento en zonas rurales, 2004).....	8
Tabla N° 3 : Periodos de diseño de infraestructura sanitaria.....	12
Tabla N° 4: Indicadores demográficos distrito de Bambamarca.....	40
Tabla N° 5: Indicadores demográficos provincia de Bolívar .....	41
Tabla N° 6: Indicadores demográficos departamento La Libertad .....	41
Tabla N° 7: Resumen de Densidad poblacional .....	42
Tabla N° 8: Tasa de crecimiento Distrital, Método de interés simple.....	42
Tabla N° 9: Tasa de crecimiento Distrital, Método de Geométrico .....	42
Tabla N° 10: Tasa de crecimiento Provincial, Método de interés simple .....	43
Tabla N° 11: Tasa de crecimiento Provincial, Método de Geométrico.....	43
Tabla N° 12: Tasa de crecimiento Departamental, Método de interés simple .....	44
Tabla N° 13: Tasa de crecimiento Departamental, Método de Geométrico.....	44
Tabla N° 14: Población actual localidad Calemar.....	45
Tabla N° 15: Población futura localidad Calemar.....	45
Tabla N° 16: Población actual y futura localidad Calemar .....	45
Tabla N° 17: Proyección de población futura localidad Calemar .....	46
Tabla N° 18: Aportes de Caudales Sector Educación .....	47
Tabla N° 19: Demanda en la red – Uso doméstico .....	49
Tabla N° 20: Demanda en la red – Sector Educación .....	49
Tabla N° 21: Caudal de Diseño .....	50
Tabla N° 22: Resumen de los cálculos .....	50
Tabla N° 23: Cálculo de las dimensiones del desarenador.....	57
Tabla N° 24: Cálculo de las dimensiones de la tolva de arenas .....	57
Tabla N° 25: Memoria de Cálculo Sedimentador .....	59
Tabla N° 26: Memoria de Cálculo Prefiltro .....	63
Tabla N° 27: Criterios de selección de los procesos en función de la calidad de la fuente. 66	66
Tabla N° 28: cálculo para el diseño de filtro lento .....	66

Tabla N° 29: Memoria de Cálculo Cisterna de 20 m3. ....	68
Tabla N° 30: Memoria de Cálculo Reservorio Apoyado de 15 m3 .....	72
Tabla N° 31: Resumen de tuberías PVC en red de distribución.....	77
Tabla N° 32: Reporte de FlexTable: Pipe Table .....	80
Tabla N° 33: Reporte de FlexTable: Junction Table .....	82
Tabla N° 34: Reporte de FlexTable: Customer Meter Table .....	84
Tabla N° 35: Reporte de FlexTable: Lateral Table .....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. N° 1: Macro localización del proyecto.....	4
Fig. N° 2: Macro localización del proyecto (Fuente: Google earth) .....	5
Fig. N° 3: Micro localización Calemar (Fuente: Google earth) .....	5
Fig. N° 4: Fotografía de la captación tipo manantial existente. ....	6
Fig. N° 5: Sistema de abastecimiento de agua por bombeo sin tratamiento (MVCS, Criterios para selección de opciones técnicas y niveles de servicio en sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento en zonas rurales, 2004).....	7
Fig. N° 6: Representación gráfica de la línea de conducción por bombeo.....	18
Fig. N° 7: Coeficientes de fricción “C” en la fórmula de Hazen y Williams (RNE, Norma OS.010 Captación y Conducción de agua para consumo humano, 2006).....	22
Fig. N° 8: Coeficientes de pérdidas “K” .....	23
Fig. N° 9: Valores del coeficiente C según Mendiluce .....	29
Fig. N° 10: Valores del coeficiente K según Mendiluce .....	29
Fig. N° 11: Crecimiento poblacional localidad Calemar.....	46
Fig. N° 12: Plano Planta – Captación Barraje Fijo Canal de derivación.....	56
Fig. N° 13: Plano Corte – Captación Barraje Fijo Canal de derivación .....	56
Fig. N° 14: Plano Planta – Desarenador .....	58
Fig. N° 15: Plano Corte – Desarenador .....	58
Fig. N° 16: Plano Planta – Sedimentador .....	62
Fig. N° 17: Plano Corte – Desarenador .....	62
Fig. N° 18: Plano Planta Operación – Prefiltro .....	64
Fig. N° 19: Plano Planta Superior – Prefiltro .....	65
Fig. N° 20: Plano Corte A-A – Prefiltro.....	65
Fig. N° 21: Plano Corte B-B – Prefiltro .....	66
Fig. N° 22: Plano Planta Superior – Filtrolento .....	68
Fig. N° 23: Plano Corte A-A – Filtrolento .....	68
Fig. N° 24: Plano Planta – Cisterna 20 m <sup>3</sup> .....	71
Fig. N° 25: Plano Corte – Cisterna 20 m <sup>3</sup> .....	72
Fig. N° 26: Plano Planta – Reservorio Apoyado de 15 m <sup>3</sup> .....	75
Fig. N° 27: Plano Corte A-A – Reservorio Apoyado de 15 m <sup>3</sup> .....	75

Fig. N° 28: Perfil – Salida Reservoirio N° 01 hacia Junction N° 01 (Lado Oeste).....	76
Fig. N° 29: Perfil – Junction N° 01 hacia Junction N° 04 (Lado Este).....	76
Fig. N° 30: La Oeste de la red de distribución .....	78
Fig. N° 31: Modelamiento hidráulico en el Lado Este de la localidad de Calemar .....	79
Fig. N° 32: La Oeste de la red de distribución .....	79
Fig. N° 33: Modelamiento hidráulico en el Lado Oeste de la localidad de Calemar .....	80
Fig. N° 34: Reporte de caudal de diseño Localidad Calemar.....	83

## RESUMEN

El sistema de agua potable de la localidad de Calemar, jurisdicción de distrito de Bambamarca, provincia de Bolívar, departamento La Libertad; cuenta con una captación tipo manantial, cuyo aforo es de 0.50 l/s, siendo este un problema porque el caudal no satisface la demanda de la población actual.

El promedio de la densidad poblacional a nivel distrital, provincial y departamental es de 3.02 hab/viv, el número de conexiones es 186 und, dando como resultado una población actual de 553 habitantes y que en un periodo de 20 años la población de diseño es 723 habitantes.

La localidad corresponde a la región sierra, cuya dotación se consideró 80 lts/hab/día.

En los parámetros de diseño se realizó el cálculo de los caudales, el que se obtuvo un caudal de diseño de 1.49 lt/s.

El planteamiento general del proyecto comprende el cambio de la captación existente tipo manantial, por el abastecimiento del suministro de agua desde el río Marañón hacia la localidad Calemar. La captación propuesta es superficial y se ubica en una cota inferior CT:1,090 msnm al reservorio CT:1,265 msnm., es por ello, que el sistema se proyectó a través del bombeo, inicia con una captación tipo barraje sin derivación (ubicado a la orilla del río Marañón) el mismo que hace ingresar el suministro de agua hacia un desarenador, posteriormente pasa a la planta de tratamiento (Sedimentador, Prefiltro y Filtrolento), el agua tratada se conduce hacia una cisterna enterrada de 20 m<sup>3</sup>, todo se hace por gravedad hasta este punto, posteriormente se inicia el sistema de bombeo desde la cisterna enterrada hacia el reservorio apoyado de 15 m<sup>3</sup>, ubicada en la parte más alta de la localidad de Calemar.

La línea de impulsión tiene una longitud de 1,060 m con un diámetro de 1 ½" de tubería HDPE, la línea de aducción se divide en 2 tramos: para la zona Oeste y Este de la Localidad Calemar, la red de distribución se extiende con una longitud de 6,025.86m, en tuberías de PVC-U NTP ISO 1452 DN 63MM PN 10 BAR (S10; SDR 21) y TUBERIA PVC-U NTP ISO 399.002 DN 1 1/2", 1" y 3/4" PN 10 BAR (CLASE 10). Además, comprende conexiones 186 conexiones domiciliarias con TUBERIA PVC-U NTP ISO 399.002 DN 1/2" PN 10 BAR (CLASE 10)

**Palabras Claves:** Sistemas de agua potable, captación, planta de tratamiento, línea de impulsión, cisterna, reservorio apoyado, redes de distribución, conexiones domiciliarias.

## ABSTRACT

The drinking water system of the town of Calemar, jurisdiction of the Bambamarca district, Bolívar province, La Libertad department; It has a spring-type catchment, whose capacity is 0.50 l / s, this being a problem because the flow does not satisfy the demand of the current population.

The average population density at the district, provincial and departmental level is 3.02 inhabitants / living, the number of connections is 186 und, resulting in a current population of 553 inhabitants and that in a period of 20 years the design population is 723 inhabitants.

The locality corresponds to the sierra region, whose endowment is considered 80 liters / inhab / day.

In the design parameters, the flow calculation was performed, which resulted in a design flow of 1.49 lt / s.

The general approach of the project includes changing the existing spring-type catchment for supplying the water supply from the Marañón River to the Calemar town. The proposed catchment is superficial and is located at a lower elevation CT: 1,090 meters above sea level than the CT reservoir: 1,265 meters above sea level:, that is why the system was designed through pumping, it begins with a boom-type catchment without bypass (located at the bank of the Marañón river) the same one that enters the water supply to a desander, then passes to the treatment plant (Sedimentator, Prefilter and Filtering), the treated water is led to a 20 m<sup>3</sup> buried cistern, everything is done by gravity up to this point, later the pumping system starts from the buried cistern to the supported reservoir of 15 m<sup>3</sup>, located in the highest part of the town of Calemar.

The impulsion line has a length of 1,060 m with a diameter of 1 ½” of HDPE pipe, the adduction line is divided into 2 sections: for the West and East zone of the Calemar Locality, the distribution network extends with a length of 6.025.86m, in PVC-U pipe NTP ISO 1452 DN 63MM PN 10 BAR (S10; SDR 21) and PIPE PVC-U NTP ISO 399.002 DN 1 1/2 ", 1" and 3/4 "PN 10 BAR (CLASS 10). In addition, it includes 186 household connections with PVC-U PIPE NTP ISO 399.002 DN 1/2 "PN 10 BAR (CLASS 10)

**Keywords:** Drinking water systems, catchment, treatment plant, impulsion line, cistern, supported reservoir, distribution networks, home connections.

## INTRODUCCION

El agua potable y de fácil acceso es vital para la salud pública, ya sea para beber, para uso doméstico, para la producción de alimentos o para la recreación. Mejorar el suministro de agua, el saneamiento y la gestión del agua puede impulsar el crecimiento económico en los países y contribuir en gran medida a la reducción de la pobreza (OMS, 2019)

Este proyecto consta de cuatro capítulos:

Primero, evaluamos cuál es el problema y por qué debemos contribuir a la población de Calemar. En este capítulo, describimos la importancia de lograr este proyecto.

El segundo capítulo desarrolla el marco teórico o lineamientos que debemos seguir para obtener una buena alternativa al problema de la ciudad que es la falta de agua potable.

En el tercer capítulo se detalla la metodología de la investigación y por último en el cuarto capítulo se aprecia los resultados de los diseños realizados en cada componente que interviene en el proyecto (Captación, planta de tratamiento, cisterna, línea de impulsión, reservorio apoyado, red de distribución).

## **Capítulo I. Problema de investigación**

### **1.1. Descripción del problema**

La localidad de Calemar se sitúa alrededor de los 1,200 msnm. El máximo desasosiego que tiene los habitantes de esta zona es la falta de agua potable.

El Área Técnica Municipal (ATM) de la Municipalidad Distrital de Bambamarca, es la encargada de realizar la gestión de los servicios de agua de la localidad de Calemar. En lo que respecta este proyecto, nos enfocaremos al sistema de agua potable, el cual se trata de la captación superficial, planta de tratamiento de agua potable, línea de impulsión, redes de distribución y conexiones domiciliarias.

Los habitantes de esta ciudad informan que casi no reciben líquidos y que suelen tener agua potable 2 o 3 veces por semana, lo cual es una necesidad para el trabajo diario. Esto sucede por el bajo rendimiento de la captación tipo manantial existente, ubicada aproximadamente 1.5 km de la localidad, y que es transportada por una línea de conducción. Los pobladores, con el afán de conseguir agua para su vida cotidiana, transportan manualmente desde el río Marañón, que se ubica a poco menos de 500m, el cual es un peligro para la comunidad, ya que el agua que recogen los pobladores no recibe ningún tratamiento. Viendo la necesidad de la localidad de Calemar, nosotros motivados por realizar el proyecto para cubrir el problema, realizaremos en un diseño adecuado, de la captación, planta de tratamiento, cisterna, línea de impulsión, reservorio apoyado, redes de distribución y conexiones domiciliarias de agua potable.

### **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál sería el diseño del sistema de agua potable para el abastecimiento por bombeo de la localidad Calemar, distrito Bambamarca, provincia Bolívar?

### **1.3. Objetivo general**

EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL ABASTECIMIENTO POR BOMBEO DE LA LOCALIDAD CALEMAR, DISTRITO BAMBAMARCA, PROVINCIA BOLÍVAR.

#### **1.4. Objetivos específicos**

- Realizar el estudio Topográfico del terreno natural, para obtener los desniveles y las pendientes del terreno del proyecto.
- Determinar el modelo hidráulico para optimizar el diseño del sistema de agua potable.
- Realizar los reportes de cada componente que interviene en el sistema de agua potable.

#### **1.5. Justificación de la investigación**

El proyecto se justifica académicamente porque permitirá aplicar procedimientos y metodologías para evaluar y simular dinámicamente el sistema de agua potable para el abastecimiento por bombeo. El propósito de esta investigación es que, con los resultados que se pretenden alcanzar sea utilizada por la entidad estatal, para la ejecución de dicho proyecto, para ello nos basamos en libros y tesis para así realizar un óptimo proyecto.

El presente proyecto está orientado a desarrollar in situ con información real, asimismo apoyados en los manuales y/o fórmulas para evaluar y simular dinámicamente el sistema de agua potable para el abastecimiento por bombeo, todo esto siguiendo los procedimientos dispuestos por la normativa del Reglamento Nacional de Edificaciones y normas técnicas peruanas, asimismo manuales del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.

El proyecto se justifica socialmente porque proporcionará una alternativa más adecuada para afrontar el problema hídrico. Asimismo, con este proyecto los beneficiarios directos serán los residentes de la localidad Calemar, del lado Este y Oeste.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

Esta investigación se realiza con información basada en datos topográficos de campo y gabinete, empleando datos del banco de proyectos de inversión del Invierte.pe. Se cuenta con información técnica de la Norma Técnica Peruana, Reglamento Nacional de Edificaciones, Normas Técnicas de diseño por el Ministerio de Vivienda, por otro lado, se cuenta con los recursos financieros y el tiempo, también contamos con los conocimientos adquiridos durante nuestra carrera universitaria, además tenemos a disposición el asesoramiento adecuado para desarrollar la investigación de nuestro proyecto de la manera óptima. Los habitantes de la localidad Calemar, no se prestan muy animados en apoyar al proyecto, puesto que la presente es académica, y se entiende que no se ejecutará, sin

embargo, el proyecto puede ser donado al gobierno local como antecedente para iniciar con la con la formulación del *invierte.pe* y ser registrado en el banco de proyecto del Ministerio de Economía y Finanzas del gobierno central.

## Capítulo II. Marco Teórico

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Ubicación.

La Localidad de Calemar se encuentra ubicado en Distrito de Bambamarca geográficamente en la costa Oeste del Perú. Política y administrativamente en la Provincia de Bolívar, Región La Libertad.



Fig. N° 1: Macro localización del proyecto

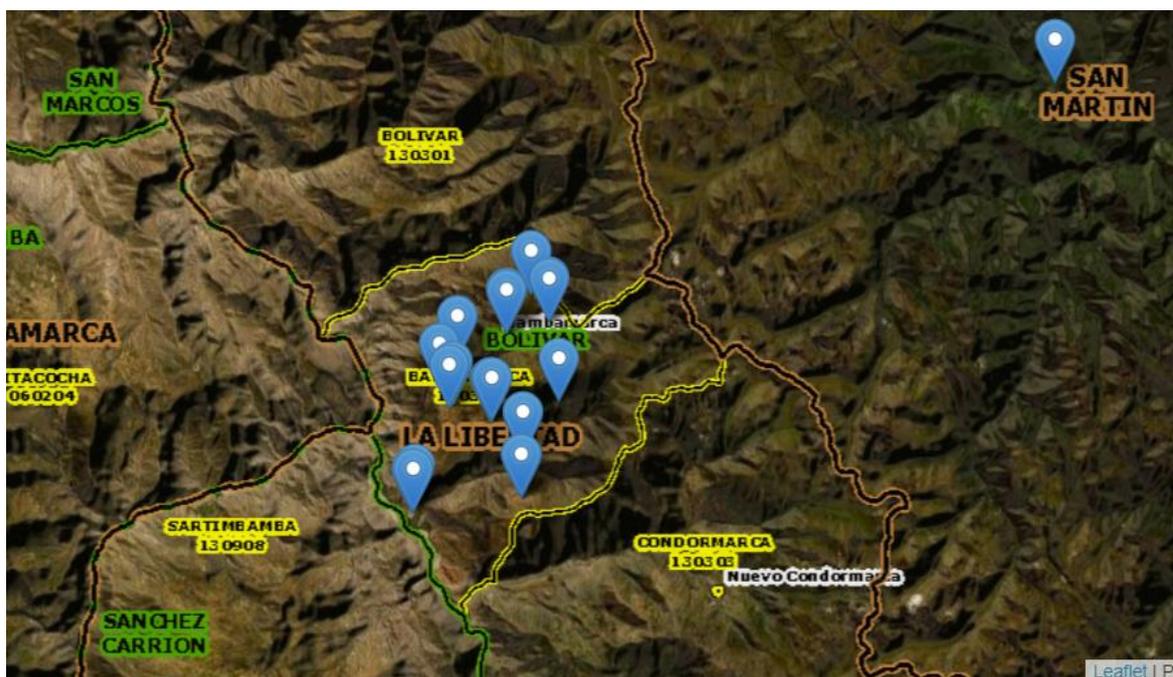


Fig. N° 2: Macro localización del proyecto (Fuente: Google earth)

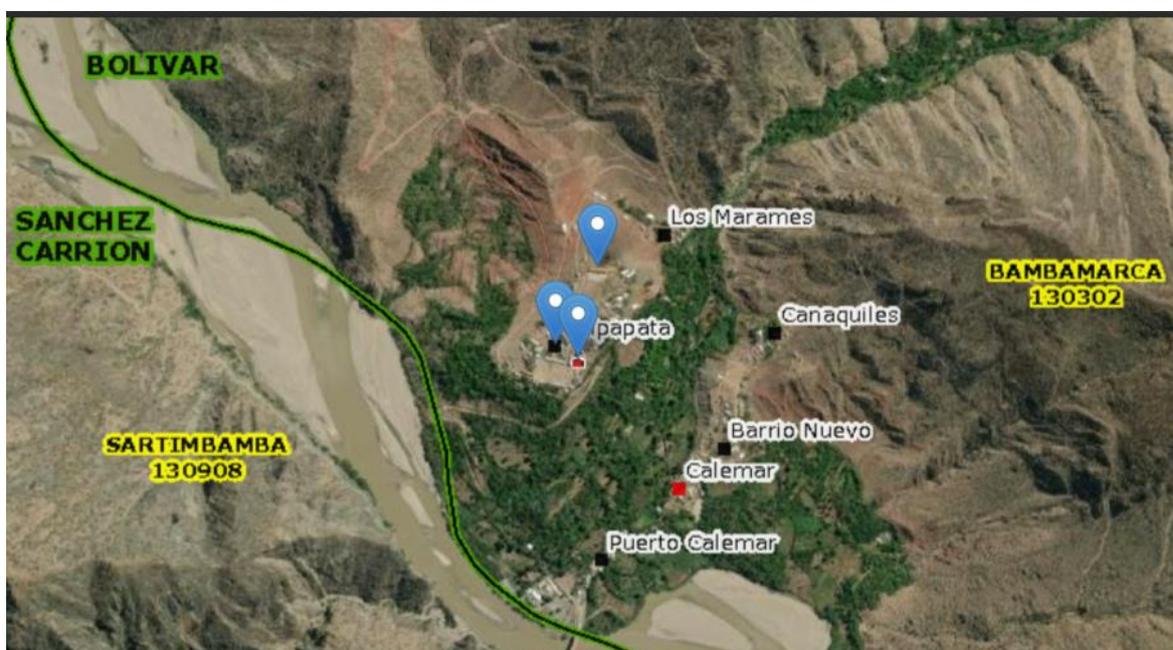


Fig. N° 3: Micro localización Calemar (Fuente: Google earth)

### 2.1.2. Del servicio de agua potable.

Los servicios de saneamiento básico de la ciudad de Calemar son administrados por la AREA TECNICA MUNICIPAL BAMBAMARCA

Desde mediados del año 2009 y hasta agosto del año 2010 se ejecutó en esta localidad el proyecto denominado “SISTEMA INTEGRAL DE AGUA POTABLE PARA CALEMAR” el mismo que ha sido financiado por el Programa Agua para Todos. En términos generales el proyecto comprendió la ampliación y la renovación de redes y conexiones de agua potable. Según información proporcionada por AREA TECNICA MUNICIPAL BAMBAMARCA, el 64.49% de la población de Calemar tiene acceso al servicio de agua potable, sin embargo, está se encuentra limitada por las horas de funcionamiento (1-3 hrs/día en promedio) generando malestar.

Actualmente, el sistema de agua potable, se abastece con poco caudal 0.5 l/s de aforo de una captación tipo manantial, ubicada en la parte alta de la localidad de Calemar.



Fig. N° 4: Fotografía de la captación tipo manantial existente.

### **2.1.3. Área de influencia.**

El presente proyecto tiene como finalidad poder contribuir con la ciudad Calemar.

*Tabla N° 1 :Área de influencia del proyecto (INEI, 2019)*

<b>Distrito</b>	<b>Nombre de la localidad</b>	<b>N° de viviendas</b>
Bambamarca	Calemar	183

#### **2.1.4. Abastecimiento de agua potable.**

Componentes de un sistema de agua potable mediante un sistema de bombeo. Estos son sistemas que tienen agua subterránea o agua auxiliar superficial o están por debajo del suministro mínimo local para ser atendidos, lo que requiere algún tipo de dispositivo electromecánico para dirigir el agua a un nivel de agua donde pueda estar. (MVCS, Criterios para selección de opciones técnicas y niveles de servicio en sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento en zonas rurales, 2004)

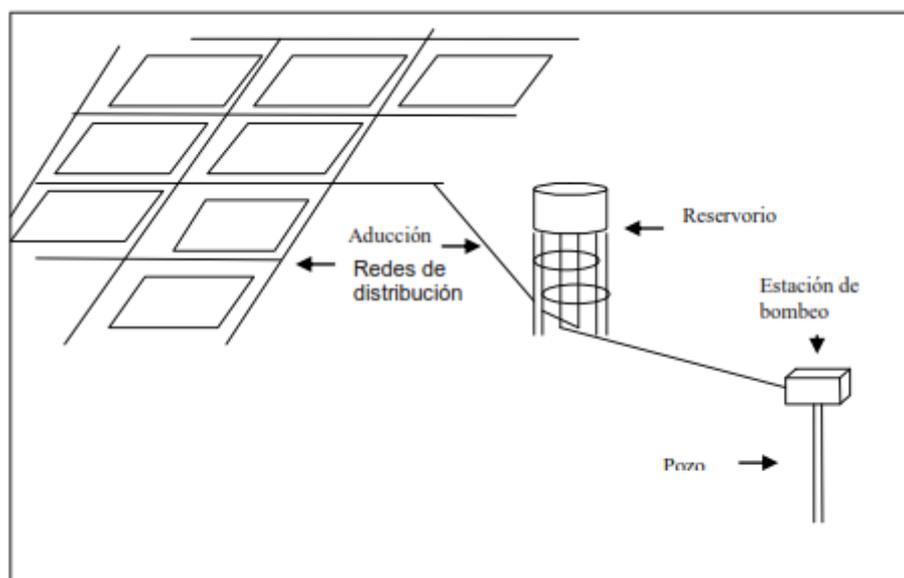


Fig. N° 5: Sistema de abastecimiento de agua por bombeo sin tratamiento (MVCS, Criterios para selección de opciones técnicas y niveles de servicio en sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento en zonas rurales, 2004)

*Tabla N° 2 : Ventajas y desventajas de un sistema de agua por bombeo. (MVCS, Criterios para selección de opciones técnicas y niveles de servicio en sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento en zonas rurales, 2004)*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
. Menor riesgo a contraer enfermedades con el agua, por mejor calidad de la fuente	. Requiere de personal capacitado para operar y mantener el sistema.
. Proporciona agua segura a la población	. Requiere elevada inversión para su implementación. . Las cuotas familiares del servicio son elevadas, debido a los mayores costos de O&M. . Muchas veces el servicio se vuelve discontinuo a causa de la morosidad.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Captación: “Conjunto de estructuras e instalaciones para regular, desviar y captar el máximo caudal posible de aguas superficiales o subterráneas” (MVCS, Norma técnica de diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural, 2018)</li> <li>• Impulsión: La infraestructura está diseñada para impartir al flujo de agua en la tubería la energía necesaria para su paso, para vencer las fuerzas de gravedad y resistencia al rozamiento, y / o para aumentar la presión de la tubería.</li> <li>• Reservorio apoyado: Infraestructura estanca para almacenar agua para las personas, el comercio, el gobierno y la sociedad. Por su función, los tanques se pueden utilizar para regular, almacenar, mantener la presión o una combinación de los mismos.</li> <li>• Red de distribución: El conjunto principal de tuberías y ramales de distribución proporciona agua doméstica a los residentes.</li> </ul>	

### **2.1.5. Tipo de tubería.**

Los diferentes materiales utilizados en las tuberías de los sistemas de agua potable, son determinados de acuerdo a las presiones de trabajo en la red y la ubicación topográfica por

donde será colocada dicha tubería, a continuación, se mencionan los diferentes tipos de tuberías más utilizados en nuestro país:

- Hierro fundido gris o dúctil.
- Acero.
- Plástico (PVC).
- Concreto Reforzado.
- Hierro galvanizado.

#### ***2.1.5.1 Tubería de hierro fundido gris o dúctil***

Características: Resistencia a la corrosión, en el cálculo hidráulico poseen en coeficiente “C” de Hazen Williams que se adopta en una tubería nueva es  $C = 130$ ; en tubería usada (10 – 30 años) se utiliza  $C = 100$  y en tubería con recubrimiento de cemento  $C = 140$ .

Diámetros: Los diámetros comerciales de Hierro Fundido Dúctil son: 3", 4", 6", 8", 10", 12", 14", 16", 18", 20", 24", 30", 36", 42", 48", 54", 60"

#### ***2.1.5.2 Tubería de hierro galvanizado***

Características: Gran resistencia a sobre presiones (golpe de ariete), capacidad de acomodarse a cargas ofreciéndoles gran resistencia, capacidad de curvarse sin quebrarse, resistencia a golpes, resistencia a la corrosión. Para cálculos hidráulicos el coeficiente C de Hazen Williams para tubería nueva se toma entre 120 y para tubería usada 100 (10 – 30 años).

Diámetros: Diámetro (pulgadas) : 1/2", 3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 3 1/2", 4", 5", 6", 8", 10", 12". Cedula 40.

Presiones de trabajo: Varían de acuerdo a los esfuerzos de tensión permisibles del tipo de hierro, diámetro, espesores de la tubería y las presiones vienen dados por las Normas ANSI ASTM A-53.

### **2.1.5.3 Tubería de plástico (PVC)**

En la mayor parte del proyecto se utilizará la tubería de cloruro de polivinilo (PVC) bajo las denominaciones SDR (relación de diámetro exterior, espesor de la pared), de las cuales se usarán las siguientes:

- La tubería de PVC-O 500 – (PN-12.5)
- La tubería de PVC-O 500 – (PN-16)
- La tubería de PVC-O 500 – (PN-16)
- La tubería de PVC-O 500 – (PN-25)

Para tramos donde no sea posible excavar por el tipo de suelo o mayores presiones que son superiores a los 25 bares, se usará tubería de hierro dúctil. En los anexos se adjuntará las especificaciones técnicas de ambos materiales que se usarán.

### **2.1.6. Antecedentes similares al proyecto.**

#### **2.1.6.1 Nacionales**

(Huete Huarcaya, 2017), Universidad César Vallejo, en su tesis para optar el grado de ingeniero civil “Evaluación del funcionamiento del Sistema de Agua Potable en el Pueblo Joven San Pedro, Distrito de Chimbote – Propuesta de Solución – Ancash - 2017”, luego de haber evaluado el funcionamiento del sistema de agua potable en el pueblo joven San Pedro, distrito de Chimbote, Ancash, llegó a la conclusión de que el volumen del reservorio RV no cubre con la cantidad para el abastecimiento que se requiere en la zona de estudio ya que este reservorio tiene una capacidad de 600 m<sup>3</sup> y se necesita una capacidad mayor para abastecer a las dos partes en la cual será de 2,000 m<sup>3</sup>.

(Olivari Feijoo & Castro Saravia, 2008), Universidad Ricardo Palma, en su tesis para optar el grado de ingeniero civil “Diseño del sistema de abastecimiento de agua y alcantarillado del Centro Poblado Cruz de Médano - Lambayeque”. Se determinó luego de realizar el estudio de prospección que lo más adecuado es realizar el abastecimiento de agua potable, a través de un pozo tubular, siendo esta la que ofrece una mejor calidad del líquido elemento y la cantidad necesaria para abastecer el tanque elevado de 600m<sup>3</sup> proyectado con la población de diseño hasta el año 2027. Asimismo, concluyen que los softwares WaterCad y SewerCad son programas de fácil uso, dinámicos que permite realizar la simulación de manera óptima y de forma eficiente.

(Salcedo Santillán, 2005), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en su monografía para optar el grado de ingeniero mecánico de fluidos “Estudio de proyecto de ampliación de la línea de impulsión, sistema de bombeo y tanque elevado para agua potable en el Centro Poblado Rural (CPR) Picapiedra Distrito de Pachacamac”. Concluye con la velocidad de flujo de agua en la línea de impulsión cumple con los criterios de diseño de 0.6 a 2 m/seg, el mismo que aseguro que dicha tubería no se sedimentará. Asimismo, recomendó que la tubería a usarse en la línea de impulsión será de PVC por la eficiencia hidráulica que ofrecen, y la capacidad e soportar la presión por el efecto golpe de ariete, es por ello que considera utilizar tubería de clase 7.5. Respecto al sistema de bombeo se usará una electrobomba centrífuga modelo 5.7 T, y que trabajará adecuadamente a una altura de 0.50m para evitar la cavitación, y que será controlada con un sistema automático. Por otro lado, respecto al almacenamiento se proyecta un nuevo tanque elevado para los pobladores de la zona alta del caserío Picapiedra.

#### ***2.1.6.2 Internacionales***

(Barrera Chinchilla, 2011), Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, en su tesis para optar el grado de ingeniero civil “Diseño del sistema de agua potable por gravedad y bombeo en la Aldea Joconal y escuela primaria en la Aldea Campanario Progreso, Municipio de la Unión, Departamento de Zacapa”. Concluye que el mencionado lugar contará con un sistema de agua potable, el cual mejorará la calidad de vida de los habitantes, asimismo porque contará con un sistema adecuado para la desinfección del agua. Asu vez recomienda que el gobierno debería dar una capacitación para el uso adecuado del agua, con la finalidad de conservar el proyecto y que cumpla su tiempo de vida útil para el que fue diseñado.

(Batres Mina, Flores Ventura, & Quintanilla Hernández, 2010), San Salvador, Universidad de El Salvador, en su tesis para optar el grado de ingeniero civil “Rediseño del sistema de abastecimiento de agua Potable, diseño del alcantarillado sanitario y de aguas lluvias para el municipio de San Luis del Carmen, Departamento de Chalatenango”, satisfactoriamente dieron la solución al problema generado por la falta de agua en la zona de estudio, haciendo el rediseño en el programa Epanet, con una proyección de demanda de 20 años según el

periodo de diseño normativo. Resto al alcantarillado, se trabajará por gravedad ya que la topografía es favorable, asimismo la escorrentía es favorable para el drenaje de las aguas de lluvias, las mismas que serán desplazadas a zonas de evacuación a través de canales revestidos de concreto armado.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Parámetros de diseño.

#### 2.2.1.1 Periodo de diseño.

En la (RM.192-2018-VIVIENDA, 2018) Como año cero del proyecto se considera la fecha de inicio de la recolección de información e inicio del proyecto, los períodos de diseño máximos para los sistemas de saneamiento deben ser los siguientes:

*Tabla N° 3 : Periodos de diseño de infraestructura sanitaria*

<b>Estructura</b>	<b>Periodo de diseño</b>
. Fuente de abastecimiento	. 20 años.
. Obra de captación	. 20 años.
. Pozos	. 20 años.
. Planta de tratamiento de agua para consumo humano (PTAP)	. 20 años.
. Reservorio	. 20 años.
. Líneas de conducción, aducción, impulsión y distribución	. 20 años.
. Estación de bombeo	. 20 años.
. Equipos de bombeo	. 10 años.
. Unidad Básica de Saneamiento (arrastre hidráulico, compostera y para zona inundable	. 10 años.
. Unidad Básica de Saneamiento (hoyo seco ventilado)	. 5 años.

### 2.2.1.2 Población de diseño

#### **Método aritmético**

“El método aritmético asume que el cambio poblacional anual (o por unidad de tiempo considerada), en un área o región específica, es constante” (Ospina Botero, 1981).

$$P_f = P_a * (1 + r)n \quad (1)$$

DONDE:

PF = POBLACIÓN FUTURA

PA = POBLACIÓN ACTUAL

R = TASA DE CRECIMIENTO

N = PERIODO DE DISEÑO

“Para fines de estimación de la proyección poblacional, es necesario que se consideren todos los datos censales del INEI; además, de contar con un padrón de usuarios de la localidad. Este documento debe estar debidamente legalizado, para su validez” (RM.192-2018-VIVIENDA, 2018).

#### **Método geométrico**

Este método asume que el crecimiento de la población ocurre de manera similar a un aumento en la cantidad invertida en interés compuesto, representado por una curva semilogarítmica.

$$P_f = P_a * (1 + r)^n \quad (2)$$

DONDE:

PF = POBLACIÓN FUTURA

PA = POBLACIÓN ACTUAL

R = TASA DE CRECIMIENTO

N = PERIODO DE DISEÑO

“Para efectos de estimar proyecciones demográficas, se deben considerar todos los datos del censo del INEI; Además, contar con un registro de usuarios del municipio. Este documento debe estar debidamente legalizado para que sea válido” (RM.192-2018-VIVIENDA, 2018)

### **2.2.1.3 Dotación**

El consumo de líquido por persona está determinado por varios factores, como el clima, la hidrología, la clasificación de los usuarios, las costumbres locales, la actividad económica. Se expresa en litros / persona / día. Esta dotación es el resultado del estudio de las necesidades de agua de un habitante, que la reclama para los siguientes fines: saciar la sed, lavar ropa, higiene personal, cocinar, limpiar cuartos, para riego de calles, para baños, para uso industrial y comercial, así como para para uso público.

La riqueza no es una cantidad fija, sino que está influenciada por una serie de factores que la hacen casi característica de una sola comunidad; Sin embargo, estos factores deben conocerse de antemano para calcular las diferentes partes de un proyecto:

#### **Consumo doméstico.**

El consumo doméstico varía según los hábitos higiénicos de la población, nivel de vida, grado de desarrollo, abundancia y calidad de agua disponible, condiciones climáticas, usos y costumbres, etc.

#### **Consumo público.**

Este consumo se refiere al de los edificios e instalaciones públicas tales como: escuelas, mercados, hospitales, rastros, cuarteles, riego de calles, prados, jardines, servicio contra incendios, lavado de redes de alcantarillado.

#### **Industrial.**

Depende del grado de industrialización y del tipo de industrias, grandes o pequeñas. Las zonas industriales en muchos casos conducen a un desarrollo urbanístico que trae como consecuencia un aumento en el consumo del agua.

### **Comercial.**

Depende del tipo y cantidad de comercio tanto en la localidad como en la región.

Al respecto el reglamento (OS.100RNE, 2006) menciona que:

La dotación se considerará de 180 I/hab/d, en clima frío y de 220 I/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 I/hab/d en clima frío y de 150 I/hab/d en clima templado y cálido.

#### ***2.2.1.4 Variaciones de consumo***

El consumo no es fijo durante todo el año, incluso hay una variación del día, esto significa que se debe calcular el costo máximo diario y el número máximo de horas, para calcularlos es necesario utilizar el coeficiente de variación diario y horario correspondiente. Un sistema es eficaz cuando las máximas necesidades de la población están dentro de su capacidad. Para diseñar diferentes partes de un sistema, es necesario conocer las fluctuaciones de consumo mensual, diario y horario. La demanda media, máxima diaria y máxima horaria son muy interesantes.

#### **Variación diaria.**

De acuerdo a lo mencionado por el reglamento nacional de edificaciones usaremos un coeficiente de 1.3 para la demanda diaria, cuyo dato es contrastado con (Vierendel, 2009).

#### **Variación horaria.**

Para la demanda horaria el (RNE OS.050, 2006), recomienda usar entre 1.8 y 2.5, y (Vierendel, 2009), en (RM.192-2018-VIVIENDA, 2018) se recomienda usar el coeficiente para variación horario 2.

### 2.2.1.5 Caudales de diseño

#### **Caudal medio diario.**

“El caudal promedio es la multiplicación de la dotación por la población de diseño, cuyo valor se divide en el equivalente de segundos del día” (Aguilar Ruiz, 2007, pág. 53).

$$Q_{md} = \frac{\text{dotación} * \text{población}}{86400} \quad (3)$$

DONDE:

QMD = CAUDAL MEDIO DIARIO

DOTACIÓN = LA DOTACIÓN DIARIA POR HABITANTE

POBLACIÓN = POBLACIÓN FUTURA.

#### **Caudal máximo diario.**

“Es el resultado de multiplicar el caudal promedio por el factor de variación diaria” (OS.100RNE, 2006).

$$Q_{max.diario} = k1 * Q_{md} \quad (4)$$

DONDE:

QMAX.DIARIO = CAUDAL MÁXIMO DIARIO

QMD = CAUDAL MEDIO DIARIO

K1 = 1.3, COEFICIENTE

#### **Caudal máximo horario.**

“Es el producto del factor de la variación horaria por el caudal promedio, en nuestro caso usaremos 2” (OS.100RNE, 2006).

$$Q_{max.horario} = k2 * Q_{md} \quad (5)$$

DONDE:

QMAX.HORARIO = CAUDAL MÁXIMO HORARIO

QMD = CAUDAL MEDIO DIARIO

K2 = 2, COEFICIENTE

### **2.2.2. Línea de conducción**

“Es el conjunto de tuberías, estaciones de bombeo y accesorios cuyo objetivo es transportar el agua, desde la captación, hasta el almacenamiento o directamente a la red de distribución” (Rodríguez Ruiz, 2001, pág. 118).

Entre las líneas de conducción encontramos por gravedad, por bombeo y mixtas.

#### *Diseño de la línea de impulsión*

Usado cuando el punto de partida del agua, es decir, la captación, presenta una cota inferior al punto de llegada, es decir, a la estructura de almacenamiento, se debe tener en cuenta que este tipo de sistema, requiere de adicionalmente un punto trifásico para instalación de bombas y la operación se hace más costosa.

“Este costo está integrado por dos componentes: el costo anual de la mano de obra incluida la adquisición de la tubería y el costo anual del consumo de energía eléctrica” (Rodríguez Ruiz, 2001).

#### **2.2.2.1 Diseño de la línea de impulsión**

Cuando el suministro está por debajo del nivel del depósito o residencial, el agua recolectada se bombea. Finalmente, el diámetro adecuado se selecciona mediante análisis económico. De hecho, si el diámetro es pequeño, la caída de presión es significativa y luego se debe usar una bomba de alta carga para compensar la pérdida, por lo que el costo del actuador es muy alto. Por el contrario, si el diámetro de la tubería es grande, la caída de presión es pequeña, la altura de elevación del agua será menor, lo que conducirá a menores costos de bombeo, pero con tuberías de mayor diámetro y mayores costos. En resumen, en el primer caso, la tubería es barata y el costo de bombeo es alto; en segundo lugar, es todo lo contrario: gasoductos costosos y bajos costos de bombeo. Lo que debe asegurarse es que la suma de los dos costos dé el costo anual mínimo. El diámetro de la tubería correspondiente a este

caso se denomina diámetro económico de la tubería. Este costo se compone de dos componentes: el costo de mano de obra anual, incluida la adquisición del gasoducto, y el costo de consumo anual de electricidad (Rodríguez Ruiz, 2001).

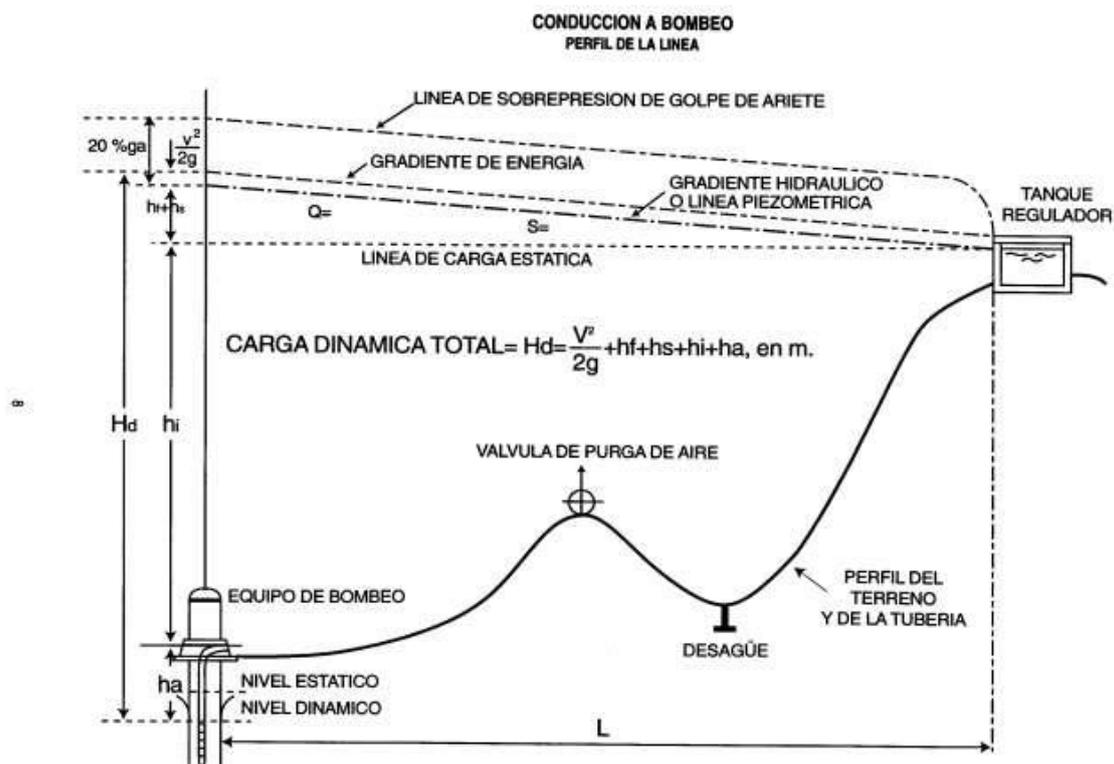


Fig. N° 6: Representación gráfica de la línea de conducción por bombeo

#### 2.2.2.2 Caudal de diseño

Se deben tener en cuenta ciertos criterios y parámetros en el diseño para brindar condiciones de seguridad y servicio con una inversión mínima. Para la línea de pulso se toman como base estos criterios y parámetros, en función de las condiciones a las que estará sometida la tubería, como su entorno y el tipo de fluido que conducirá. El caudal de la corriente de pulso corresponderá al consumo máximo diario durante el período de diseño. Cabe señalar que mantener el tiempo de bombeo las 2 horas del día no es aconsejable o por el hecho de que es necesario incrementar el caudal en proporción al número de horas de bombeo para cubrir las necesidades de la población durante todo el día.

$$Q_b = Q_{max.diario} * \frac{24}{N} \quad (6)$$

DONDE:

QB = CAUDAL DE BOMBEO

QMAX.DIARIO = CAUDAL MÁXIMO DIARIO

N = NÚMERO DE HORAS DE BOMBEO

### 2.2.2.3 Selección de diámetro

#### **Criterio técnico.**

Según el (RM.192-2018-VIVIENDA, 2018), describe el diámetro teórico máximo con la siguiente fórmula.

$$D_{max} = 1.3 * \left(\frac{N}{24}\right)^{\frac{1}{4}} * (\sqrt{Q_b}) \quad (7)$$

DONDE:

DMAX = DIÁMETRO TEÓRICO MÁXIMO (M)

N = NÚMERO DE HORAS DE BOMBEO AL DÍA.

QB = CAUDAL DE BOMBEO

#### **Criterio económico.**

Para el caso del diámetro teórico económico, según (RM.192-2018-VIVIENDA, 2018), se describe lo siguiente:

$$D_{econ} = 0.96 * \left(\frac{N}{24}\right)^{\frac{1}{4}} * (Q_b)^{0.45} \quad (8)$$

DONDE:

DECON = DIÁMETRO TEÓRICO ECONÓMICO (M)

$N$  = NÚMERO DE HORAS DE BOMBEO AL DÍA.

$Q_B$  = CAUDAL DE BOMBEO

El cálculo económico, está basado en:

- Datos de inversión inicial.
- Costo de la tubería instalada por metro lineal.
- Costo del equipo de bombeo instalado por cada HP o KW.
- Datos de inversión por explotación.
- Costo anual de operación.
- Valor presente de operación en 10 años.

Un procedimiento para la selección del diámetro más adecuado (económico), es usando la fórmula de Bresse, que se aplica mediante la expresión simplificada:

$$D = 0.5873 * N^{0.25} * \sqrt{Q_b} \quad (9)$$

DONDE:

$D$  = DIÁMETRO INTERIOR APROXIMADO (M)

$N$  = NÚMERO DE HORAS DE BOMBEO AL DÍA.

$Q_B$  = CAUDAL DE BOMBEO

Establecido el diámetro de diseño, si este no es comercial se determina la velocidad media del flujo en la tubería escogiendo para esto el diámetro inmediato superior comercial y utilizando la ecuación de continuidad.

#### **2.2.2.4 Diseño hidráulico**

El inicio del modelamiento hidráulico, se empieza conociendo el terreno, para ello se tiene que hacer los trabajos de topografía del terreno. Cabe mencionar, que se debe tener en cuenta las características del suelo y la climatología del área de estudio a fin de establecer el tipo y calidad adecuada de la tubería.

Para poder calcular se tiene que tener en cuenta la pérdida de carga total.

$$H = H_f + H_x \quad (10)$$

DONDE:

H = PÉRDIDA DE CARGA TOTAL

HF= PÉRDIDA DE CARGA POR FRICCIÓN

HX = PÉRDIDA DE CARGA LOCAL

Las pérdidas de cargas que se presentan en las líneas de impulsión se dividen básicamente en dos tipos que se define a continuación.

### **Pérdida de carga por fricción**

Fórmula de Hazen & Williams

$$H_f = \frac{1743.811 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}} \quad (11)$$

DONDE:

HF = PERDIDA DE CARGA POR FRICCIÓN EN METROS DE COLUMNA DE AGUA.

C = COEFICIENTE DE FRICCIÓN (VER TABLA)

L = LONGITUD DE TUBERÍAS EN METROS

Q = VELOCIDAD MEDIA DEL FLUJO EN LT/SEG.

D = DIÁMETRO INTERIOR DE LA TUBERÍA EN PULGADAS

EL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, NOS PROPORCIÓN EL VALOR DEL COEFICIENTE “C”, QUE A CONTINUACIÓN SE MUESTRA.

TIPO DE TUBERIA	«C»
Acero sin costura	120
Acero soldado en espiral	100
Cobre sin costura	150
Concreto	110
Fibra de vidrio	150
Hierro fundido	100
Hierro fundido con revestimiento	140
Hierro galvanizado	100
Poli(etileno, Asbesto Cemento)	140
Poli(cloruro de vinilo)(PVC)	150

Fig. N° 7: Coeficientes de fricción “C” en la fórmula de Hazen y Williams (RNE, Norma OS.010 Captación y Conducción de agua para consumo humano, 2006)

### **Pérdida de carga local**

$$H_x = k \frac{V^2}{2g} \quad (12)$$

DONDE:

HX = PERDIDA DE CARGA LOCAL

K = COEFICIENTE DE PÉRDIDA QUE DEPENDE DEL ACCESORIO QUE LO GENERA (VER TABLA)

V = VELOCIDAD MEDIA DEL FLUJO EN M/SEG.

G = ACELERACIÓN DE LA GRAVEDAD = 9.81M/SEG<sup>2</sup>

Valores del coeficiente “k” de pérdida de carga local según los accesorios, que lo generan.

<b>Accesorios</b>	<b>K</b>
Válvula esférica (totalmente abierta)	10
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2.5
Válvula de retención (totalmente abierta)	2
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0.2
Válvula de compuerta (abierta $\frac{3}{4}$ )	1.15
Válvula de compuerta (abierta $\frac{1}{2}$ )	5.6
Válvula de compuerta (abierta $\frac{1}{4}$ )	24.0
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-
"T" por la salida lateral	1.80
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0.90
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0.75
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0.60
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0.45
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0.40
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0.35

Fig. N° 8: Coeficientes de pérdidas "K"

#### **2.2.2.5 Tuberías**

##### **Factores Hidráulicos.**

Como factor principal se debe tener en cuenta clase de tubería, y las presiones que dicha tubería va soportar.

##### **Costo.**

Hacer un trazo óptimo de las tuberías para evitar excesos que a efectos de la ejecución demanda de mayores costos.

##### **Diámetros disponibles.**

De acuerdo a la normatividad y el mercado se debe observar los diámetros de tuberías comerciales, que se fabrican en el entorno del proyecto.

##### **Calidad de Agua y tipo de suelo.**

Las tuberías de agua potable cumplen con ciertos estándares según el tipo de tubería que se utilice, debe estar claramente expresado en sus especificaciones. Todo de acuerdo a la normativa de cada país. Asegurar la calidad del agua durante el transporte.

En cuanto al suelo, algunas tuberías son corrosivas y no es práctico que entren en contacto con el suelo, por lo que no se deben utilizar tuberías enterradas pero expuestas.

Una vez seleccionado el tipo de tubería para la sección en base a las instrucciones anteriores, el diámetro de dicha tubería se seleccionará de acuerdo con la fórmula de "Hazen y Williams", el diámetro de producirá la menor caída de presión total. en el punto final. del ritmo. Cada año verifica una velocidad mínima de 0,60 m / s, indicando las normativas nacionales de construcción

#### **2.2.2.6 Accesorios**

La elección de las válvulas dependerá de la función que proporcionen y de las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura).

Las juntas, ramales y otros accesorios serán del mismo material que la tubería (PVC) o de polipropileno capaz de soportar una presión igual o mayor que la de la tubería. Dependiendo del caso, los accesorios se pueden utilizar para roscar, soldar o pegar. Las válvulas pueden ser de latón, accesorios de PVC y F ° G °.

La instalación debe usar perillas de diferentes tamaños para asegurar un acoplamiento adecuado. En todos los casos, la válvula debe ser fácil de desmontar y completamente sellada.

Válvulas de aire - ventosa (aire de escape y retorno) La posición y el tamaño de estas válvulas se elegirán de la forma habitual debido a sus condiciones de funcionamiento, número y ubicación. Algunas consideraciones a tener en cuenta a la hora de disponer estas válvulas son las siguientes:

En todos los puntos altos, cuando el terreno es accidentado. Si las zonas de relieve son regulares o planas, se colocarán hasta un máximo de 2,5 km a la vez.

Cambio de pendientes ascendentes a descendentes.

En puntos donde las tuberías salen del suelo (Ejemplo: Cabañas, habitaciones, etc.).

El diámetro de la válvula de aire se determinará de acuerdo con el diámetro de la tubería.

### Válvulas de drenaje

Las válvulas de drenaje se ubicarán en los puntos bajos de la tubería. La elección se hará teniendo en cuenta la tasa de drenaje.

#### **2.2.2.7 Modelamiento con “WaterCad V8i”**

“WaterCAD V8i es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos extensos del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro por gravedad y a presión” (Prudencio Arenas, 2015)

Respecto al programa WaterCAD V8i (Prudencio Arenas, 2015) menciona que:

Se puede realizar un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo de un periodo de simulación; además de simular el tiempo de permanencia del agua en la red y su procedencia desde las diversas fuentes de suministro.

#### **2.2.2.8 Fenómeno del golpe de ariete**

El golpe de ariete se refiere a las fluctuaciones causadas por un aumento o disminución repentinos de la velocidad del flujo. Estas fluctuaciones de presión pueden ser lo suficientemente grandes como para interrumpir la línea de flotación. Los problemas potenciales de golpe de ariete se pueden tener en cuenta al evaluar el diseño de la tubería y al realizar un análisis detallado de las variaciones de presión, en muchos casos para evitar costosas averías en el sistema de distribución. Cualquier cambio importante en el diseño del sistema principal o cualquier cambio en la operación, como la necesidad de aumentar las tasas de flujo, debe incluir la consideración de posibles problemas de golpes de ariete. Este fenómeno y su importancia tanto para el diseño como para el funcionamiento del sistema de agua no se comprenden ampliamente, como lo demuestra el número y la frecuencia de los incidentes de golpes de ariete.

Un golpe de ariete (choque hidráulico) es un aumento temporal de presión que ocurre en un sistema de agua cuando hay un cambio repentino en la dirección o velocidad del agua.

Cuando una válvula de cierre rápido se cierra repentinamente, detiene el flujo de agua a través de las tuberías y la energía de presión se transfiere a la válvula y a la pared de la tubería. Las ondas de choque se activan en el sistema. Las ondas de presión viajan hacia atrás hasta que chocan con el siguiente obstáculo sólido, luego continúan avanzando y luego regresan nuevamente. La velocidad de la onda de presión es igual a la velocidad del sonido; de ahí su "explosión" cuando se mueve hacia adelante y hacia atrás, hasta que desaparece debido a la pérdida de fricción. Cualquiera que haya vivido en una casa vieja conoce el "estallido" que resuena a través de las tuberías cuando se cierra un grifo de repente. Este es el efecto de golpe de ariete.

Una forma menos severa de golpe de ariete llamada oscilación, es el movimiento lento y ondulado de una masa de agua causado por fluctuaciones en la presión dentro del sistema. Se puede considerar como una "ola" de presión que se acumula lentamente en el sistema. El golpe de ariete y la oscilación se refieren a la presión transitoria. Si no se controlan, ambos producirán los mismos resultados: dañarán tuberías, accesorios y válvulas, provocarán fugas y reducirán la vida útil del sistema. Ni el grifo ni el agua se comprimen para absorber el impacto del agua.

"Siempre que el tiempo de cierre de la válvula es menor que la duración de la onda de choque (de la válvula al orificio y de regreso a la válvula) se produce este fenómeno".

En resumen, ocurre cuando la energía que empuja la columna de agua en la línea de impulso se interrumpe repentinamente o porque el cierre rápido de la válvula de control de flujo en la salida de la bomba provoca una presión interna en toda la longitud de la tubería, que se recibe en la pared de la tubería y accesorios como un impacto. Al cerrar o detener inmediatamente el equipo de bombeo, la compresión del agua y la expansión de la tubería comienza en el punto de cierre, propagándose hacia arriba a una velocidad determinada por la expresión (método de Allievi).

$$a = \sqrt{\frac{1}{\rho * \left(\frac{1}{E} + \frac{d}{e * E}\right)}} \quad (13)$$

DONDE:

A = VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE LA ONDA (M/S)

P = DENSIDAD DEL LIQUIDO

D = DIÁMETRO INTERIOR DE LA TUBERÍA (M)

E = ESPESOR DE LA TUBERÍA

E = MODULO DE ELASTICIDAD DEL AGUA ( $2.00 \times 10^9 \frac{N}{m^2}$ )

E = MODULO DE ELASTICIDAD DE TRACCIÓN DEL MATERIAL QUE COMPONE LA TUBERÍA (N/M<sup>2</sup>)

EL TIEMPO DE PROPAGACIÓN DE LA ONDA (IDA Y VUELTA) ES CONOCIDO COMO TIEMPO CRÍTICO Y SE EXPRESA COMO:

$$T_c = \frac{2L}{a} \quad (14)$$

DONDE:

TC = TIEMPO CRITICO O DE PROPAGACIÓN DE LA ONDA EN CIERRE INSTANTÁNEO (S)

L = LONGITUD DE LA TUBERÍA POR DONDE TRANSITA LA ONDA (M)

### **Tiempo de cierre de la válvula y tiempo de parada de bombas. Cierre lento y cierre rápido**

Se define el tiempo (T) como el intervalo entre el inicio y el término de la maniobra, sea cierre o apertura, total o parcial, ya que durante este tiempo se produce la modificación del régimen de movimiento del fluido. Este concepto es aplicable tanto a conducciones por gravedad como a impulsiones, conociéndose en el primer caso como tiempo de cierre de la válvula y como tiempo de parada en el segundo (UITACR, 2016)

El tiempo de cierre de una válvula puede medirse con un cronómetro, es un tiempo físico y real; por el contrario, en el caso de las bombas, el tiempo de parada no puede medirse de forma directa y es más difícil de controlar. Propuesta por Mendiluce para el cálculo del tiempo de parada:

$$T = C + \frac{KLV}{g * H_m} \quad (15)$$

DONDE:

T = TIEMPO DE PARADA (SEG)

C Y K = COEFICIENTES DE AJUSTES EMPÍRICOS

L = LONGITUD DE LA TUBERÍA (M)

V = VELOCIDAD DEL FLUIDO EN LA TUBERÍA (M//S)

G = ACELERACIÓN DE LA GRAVEDAD (M/SEG<sup>2</sup>)

HM = ALTURA MANOMÉTRICA PROPORCIONADA POR EL GRUPO DE BOMBEO  
(M)

La altura manométrica puede obtenerse:

$$H_m = H_g + h_t \quad (16)$$

DONDE:

HM = ALTURA MANOMÉTRICA (M)

HG = ALTURA GEOMÉTRICA O PRESIÓN ESTÁTICA

HT = PERDIDAS DE CARGAS TOTALES (M)

La altura geométrica o presión estática (Hg) se mide siempre inmediatamente aguas arriba de la bomba, por lo que la profundidad del agua en el pozo debe tenerse en cuenta en el caso de bombas sumergidas.

El coeficiente “C”, es una función de la pendiente hidráulica (m), siendo  $m = \frac{H_m}{L}$ , los valores del coeficiente según “Mendiluce”. Toma el valor C=1 para pendientes hidráulicas crecientes de hasta el 20%, y se reduce progresivamente a partir de este valor hasta hacerse cero para pendientes del 40%. Pendientes superiores al 50% implican paradas muy rápidas, aconsejándose considerar el golpe de ariete máximo de Allievi en toda la longitud de la tubería.

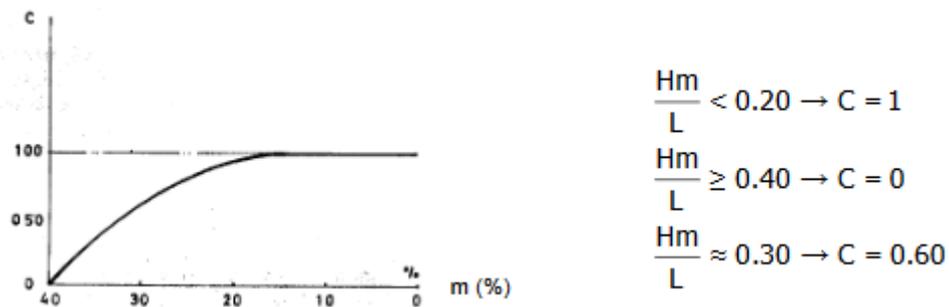


Fig. N° 9: Valores del coeficiente C según Mendiluce

El coeficiente K depende de la longitud de la tubería y puede obtenerse a partir de la gráfica o de la tabla siguientes, propuestas por Mendiluce. Este autor (UITACR, 2016), recomienda la utilización de los valores de K redondeados recogidos en la tabla, ya que ha comprobado que las pequeñas diferencias respecto a la gráfica tienen una repercusión despreciable en el golpe de ariete y siempre del lado de la seguridad, y es de más sencillo manejo.

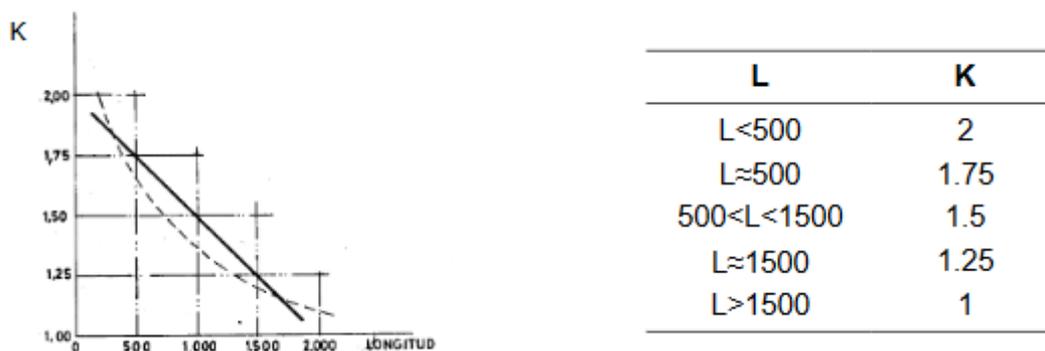


Fig. N° 10: Valores del coeficiente K según Mendiluce

### 2.2.2.9 Potencia de impulsión

Resto a este tema (Choy Bejar, 2002) menciona que:

Establecida las pérdidas de carga se procede a calcular la potencia necesaria para impulsar la columna de agua desde el pozo al reservorio.

Caudal de bombeo (QB). - es aquel caudal requerido para abastecer el reservorio y que es producido por el pozo con un cierto descenso en el nivel de agua respecto del nivel estático cuando se realiza la extracción del acuífero.

Altura dinámica total (HDT). - en términos prácticos se obtiene por la sumatoria de la altura de impulsión más la altura de succión.

Altura de impulsión. - se obtiene por la diferencia de niveles entre la llegada de las aguas en el reservorio y el eje de la bomba más las pérdidas de carga totales (fricción y locales)

Altura de succión. - se obtiene por la diferencia de niveles entre el eje de la bomba y el nivel mínimo del agua en la fuente (nivel dinámico pozo), más las pérdidas de carga del tramo (fricción y locales).

### **Potencia de consumo**

La energía que requiere la bomba para su normal funcionamiento es conocida como potencia de consumo ( $P_c$ ) y es calculada por la expresión:

$$P_c(HP) = \frac{100 * Q_b * HDT}{75 * n_b} \quad (17)$$

DONDE:

HDT: ALTURA DINÁMICA TOTAL (M)

QB: CAUDAL DE BOMBEO (L/S)

NB: EFICIENCIA DE LA BOMBA

### **Potencia instalada**

El motor que se acopla a la bomba para su funcionamiento necesita una energía denominada potencia instalada ( $P_i$ ) y es calculada por la expresión.

$$P_i(HP) = \frac{100 * Q_b * HDT}{75 * n_c} \quad (18)$$

DONDE:

NC: EFICIENCIA DEL SISTEMA EN CONJUNTO BOMBA – MOTOR (%)

Eficiencia de la bomba obtenida por la transformación de la energía mecánica de rotación en energía potencial de fluido y la eficiencia del motor obtenida de la transformación de la energía eléctrica en energía mecánica de rotación componen la eficiencia del sistema de conjunto que describe el grado de aprovechamiento energético que tiene un sistema al suministrarle una energía determinada, y como este llega a convertirla en energía útil ganada para el fluido.

### **Costo anual de operación (energía consumida)**

Que se calcula de acuerdo a la potencia instalada y al costo de energía por Kw-h/año.

$$CAB = H * P_i * E \quad (19)$$

DONDE:

CAB: COSTO ANUAL DE OPERACIÓN

H: HORAS DE BOMBEO ANUAL

PI: POTENCIA INSTALADA EN (KW)

E: COSTO DE ENERGÍA EN (S./KW-HR)

## **2.3. Definiciones conceptuales**

### **2.3.1. Acuífero**

“Estrato subterráneo saturado de agua del cual ésta fluye fácilmente” (RNE, Norma OS.010 Captación y Conducción de agua para consumo humano, 2006)

### **2.3.2. Agua subterránea**

“Agua localizada en el subsuelo y que generalmente requiere de excavación para su extracción” (RNE OS.010, 2006)

### **2.3.3. Afloramiento**

“Son las fuentes o surgencias, que en principio deben ser consideradas como aliviaderos naturales de los acuíferos”

#### **2.3.4. Calidad de agua**

“Características físicas, químicas, y bacteriológicas del agua que la hacen aptas para el consumo humano, sin implicancias para la salud, incluyendo apariencia, gusto y olor”

#### **2.3.5. Caudal máximo diario**

“Caudal más alto en un día, observado en el periodo de un año, sin tener en cuenta los consumos por incendios, pérdidas, etc” (RNE OS.010, 2006)

#### **2.3.6. Pozo excavado**

“Es la penetración del terreno en forma manual. El diámetro mínimo es aquel que permite el trabajo de un operario en su fondo”

#### **2.3.7. Pozo perforado**

“Es la penetración del terreno utilizando maquinaria. En este caso la perforación puede ser iniciada con un antepozo hasta una profundidad conveniente y, luego, se continúa con el equipo de perforación” (RNE OS.010, 2006)

#### **2.3.8. Redes de distribución**

“Conjunto de tuberías principales y ramales distribuidores que permiten abastecer de agua para consumo humano a las viviendas” (RNE OS.050, 2006)

#### **2.3.9. Tubería principal**

“Es la tubería que forma un circuito de abastecimiento de agua cerrado y/o abierto y que puede o no abastecer a un ramal distribuidor” (RNE OS.050, 2006)

#### **2.3.10. Carga dinámica**

“En cualquier punto de la línea, representa la diferencia de la carga estática y la pérdida de carga por fricción en la tubería” (CEPIS, 2004)

### **2.3.11. Golpe de ariete**

“Se denomina a la sobrepresión que reciben las tuberías, por efecto del cierre brusco del flujo de agua” (CEPIS, 2004)

### **2.3.12. Línea de conducción**

En un sistema por gravedad, es la tubería que transporta el agua desde el punto de captación hasta el reservorio. Cuando la fuente es agua superficial, dentro de su longitud se ubica la planta de tratamiento.

### **2.3.13. Línea gradiente hidráulica**

“Es la línea que indica la presión en columna de agua a lo largo de la tubería bajo condiciones de operación” (CEPIS, 2004)

### **2.3.14. Línea de impulsión**

“En un sistema por bombeo, es el tramo de tubería que conduce el agua desde la estación de bombeo hasta el reservorio” (CEPIS, 2004)

### **2.3.15. Nivel de carga estática**

“Representa la carga máxima a la que puede estar sometida una tubería al agua cuando se interrumpe bruscamente el flujo” (CEPIS, 2004)

### **2.3.16. Pérdida de carga unitaria ( $hf$ )**

Es la pérdida de energía en la tubería por unidad de longitud debida a la resistencia del material del conducto al flujo del agua. Se expresa en m/km o m/m.

### **2.3.17. Pérdida por tramo ( $Hf$ )**

Viene a representar el producto de pérdida de carga unitaria por la longitud del tramo de tubería.

### **2.3.18. Reservorio**

Es la instalación destinada al almacenamiento de agua para mantener el normal abastecimiento durante el día.

**2.3.19. Válvula de aire**

“Válvula para eliminar el aire existente en las tuberías; se las ubica en los puntos altos de la línea” (CEPIS, 2004)

**2.3.20. Válvula de purga**

“Válvula ubicada en los puntos más bajos de la red o conducción para eliminar acumulación de sedimentos” (CEPIS, 2004)

**2.4. Hipótesis**

Si desarrollamos una buena evaluación y simulación dinámica del sistema de agua potable por bombeo permitirá mejorar el servicio de abastecimiento de agua potable de la localidad Calemar.

**2.5. Variables dependiente e independiente****2.5.1. Variable independiente**

(V1) = Evaluación y Simulación dinámica del sistema de agua potable por bombeo

**2.5.2. Variable dependiente**

(V2) = Mejorar el servicio de abastecimiento de agua potable.

### **Capítulo III. Metodología de la investigación**

#### **3.1. Tipo de investigación, enfoque y alcance o nivel**

##### **3.1.1. - Enfoque**

La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno (Hérmendez Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 4)

Cuantitativo, debido a que el campo de investigación que se escogió recae sobre ella. Trabaja en base a una recolección de datos y así poder llegar a nuestra hipótesis planteada.

##### **3.1.2. - Alcance**

Explicativo, porque se explicará de forma clara y precisa las causas que generan el desabastecimiento de agua potable de la ciudad de Calemar.

Las investigaciones explicativas son más estructuradas que los estudios con los demás alcances y, de hecho, implican los propósitos de éstos (exploración, descripción y correlación o asociación); además de que proporcionan un sentido de entendimiento del fenómeno a que hacen referencia (Hérmendez Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 84)

##### **3.1.3. - Diseño:**

Se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que desea. Por lo tanto, el diseño de investigación se concibe como estrategias en las cuales se pretende obtener respuestas a las interrogantes y comprobar las hipótesis de investigación, con el fin de alcanzar los objetivos del estudio.

En el caso del enfoque cuantitativo, el investigador utiliza su diseño para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto particular o para aportar evidencias respecto de los lineamientos de la investigación.

El diseño de investigación se divide en 2, de la siguiente manera:

- Diseño experimental: dicho diseño indica en que al menos una variable (llamada variable experimental o independiente) es manipulado o controlada por el investigador para que efectos produce en al menos otra variable llamada dependiente.
- Diseño no experimental: a diferencia del diseño anterior, en este caso el investigar no puede manipular ni controlar la variable independiente, porque estas ya ocurrido y solo se analiza la variable dependiente.

En nuestra investigación nos encontramos dentro del diseño experimental, debido a que nuestra variable independiente (causa) y la variable dependiente (Efecto).

Dentro del diseño experimental tenemos tres tipos.

- Diseño experimental pura
- Diseño pre experimental
- Diseño cuasi experimental

Al respecto nos encontramos dentro del diseño cuasi experimental, que a continuación detallaremos, en la sección de métodos de investigación.

### **3.2. Población y Muestra**

En nuestro caso tenemos no tenemos una muestra de población, debido a que nuestro diseño de investigación tiene una muestra dirigida que es la población beneficiaria de la ciudad de Bambamarca, en su totalidad.

– Población

Jurisdicción geográfica de la localidad Calemar.

– Muestra

Distrito de Bambamarca.

### **3.3. Técnicas e instrumentos de la recolección de datos**

Estudios básicos como es la topografía, visita a las estructuras existentes, encuestas realizadas a los operadores actuales del sistema.

#### **3.3.1. Datos secundarios**

Los datos secundarios, ponemos antes de los datos primarios, porque en nuestro caso es la base nuestra investigación.

Dicho proyecto se ejecutó en la ciudad de Calemar, el año 2010. UT MUNICIPAL BAMBAMARCA S.A, como Unidad Ejecutora, tiene experiencia en la ejecución de obras de agua potable, tanto que, en el último quinquenio, las Obras las ejecuta por administración directa, por lo que cuenta con una organización adecuada para el manejo eficiente del proyecto en su fase de ejecución.

Con relación a la organización, de la unidad ejecutora del proyecto, UT MUNICIPAL BAMBAMARCA S.A, tiene una organización definida y consolidada, ya que es una empresa grande a nivel nacional, que administra los servicios de Agua potable de una ciudad con una población.

#### **3.3.2. Datos primarios**

Lo veremos en esta investigación tan solo para corroborar la información obtenida.

Dentro ello usaremos las técnicas de observación:

#### **Observación**

Se hará una observación directa del fenómeno estudiado en este caso, se realizará visitas al campo de estudio como; la línea de impulsión existentes del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad, para lo cual se usará el instrumento como una cámara fotográfica y una memoria USB.

### **3.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información**

Para realizar el proceso los datos, en conjunto se utilizará los siguientes softwares:

- MICROSOFT EXCEL: para hacer el cálculo de los parámetros de diseño.
- AUTOCAD: para realizar los planos.
- WATERCAD: modelamiento hidráulico del sistema de bombeo.

### 3.5. Desarrollo de la simulación dinámica con Watercad

El programa WaterCAD; tiene como ventaja el análisis, modelación y gestión de redes a presión (sistemas de distribución), en este caso por elementos tipo; línea (tramos de tubería), punto (nodos de consumo, tanques, reservorios, hidrantes) e híbridos (bombas, válvulas de control, regulación, etc.).

Primero se realizará el cálculo de la población beneficiaria del proyecto, con la población futura mediante los métodos de crecimiento, se determinará el cálculo de caudales para satisfacer la demanda de agua a la población. Posteriormente se halla el diámetro de la tubería más adecuado para transportar el caudal del mismo, asimismo se debe tener en cuenta la velocidad máxima según reglamento.

En el programa WaterCad, se realiza lo siguiente: Abrir el software Watercad y crear un nuevo proyecto seleccionando la opción Create New Project. Luego, ingresar a la opción File y hacer click en la opción Project Properties. Colocar nombre del proyecto, el nombre de las personas que diseñarán la línea de impulsión, así como una breve descripción del proyecto y la fecha en que se elaborará.

Configuración de unidades en el programa Watercad; Acerca de las opciones, es necesario definir el sistema de unidades e ir a la opción Tools. Posteriormente, se debe seleccionar Options. Ahí se abrirá una ventana en la que se debe cambiar al sistema internacional, así como el proyecto actual y los próximos proyectos. Además, se establecen las unidades más utilizadas como el diámetro(in), elevación (m), caudal (l/s), velocidad (m/s) y presión (mH<sub>2</sub>O). Más adelante, se debe ingresar a la ventana Drawing para cambiar la opción en la que se va a trabajar, sea a escala o de forma esquemática. Cabe precisar que, en el presente proyecto, se trabajará bajo la primera para así tener las medidas reales de las tuberías. Luego, es necesario abrir la ventana Labeling y, en opción Junction, seleccionar "N". Por su parte, en Tank, se debe colocar "R"; y en Pipe, "T".

Definir la ecuación en el programa WaterCad, Click en Analysis, luego en Calculation Options. En Calculation Options se escoge la forma estática, ya que el modelo es real y trabajaremos con la longitud de cada tramo. Además, con la ventana de Base Calculation Options abierta se escoge la ecuación de pérdida de carga con la que se va a trabajar. En nuestro proyecto se utilizará el método de Hazen - Williams, un tipo de análisis estático y el líquido de agua en 20° C.

Tipo de prototipos en el programa WaterCad, Se debe hacer click en View y seleccionar Prototypes. Se coloca tuberías de 152.4 mm de diámetro (6”), de material Ductile Iron, con el método de Hazen Williams de (C=130). Cada uno de estos valores es cambiaron por tuberías de 4” de diámetro, material PVC y un Hazen-Williams de 150 (C = 150), siendo estos los recomendables para el modelamiento.

Insertar plano de manzaneo, en el programa WaterCad, En View, se debe seleccionar Background Layers. Luego, hacer click derecho en New, en File. Con el plano de lotización insertado, se empieza a colocar los nodos con las tuberías en el programa Watercad.

Elevación de nodos, en el programa WaterCad, Para insertar las elevaciones en los nodos en la ventana View, se debe seleccionar Flex Tables, Igualmente, es preciso insertar las elevaciones de cada nodo como indique el plano topográfico.

Demanda unitaria en cada nodo, en el programa WaterCad, Seleccionar la opción Tools y luego Demand Control Center para indicar las demandas. Asimismo, es necesario ingresar los caudales unitarios en el programa Watercad. Luego de haber efectuado lo anterior, se obtienen los resultados.

## Capítulo IV. RESULTADOS

### 4.1. Tratamiento estadístico e interpretación de cuadros.

#### 4.1.1. Parámetros de diseño

A continuación, se describe los métodos analizados para poder obtener la población futura de la ciudad de Calemar con un periodo de diseño de 20 años.

Comportamiento población de la ciudad de Calemar, según el censo realizado el año 2017 por el Instituto Nacional de estadística e Informática – INEI

#### 4.1.1.1 Consulta de Indicadores del INEI, según censo nacional 2017

Tabla N° 4: Indicadores demográficos distrito de Bambamarca

DISTRITO BAMBAMARCA - CENSO 2017					
CÓDIGO	DISTRITO	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES
		Total	Hombre	Mujer	Total
130302	BAMBAMARCA	2 908	1 439	1 469	897

Fuente: Resultados definitivos La Libertad - Tomo I y XII. Lima, octubre 2018.

Instituto Nacional de Estadística e Informática

<b>Densidad Poblacional Distrital</b>	<b>3.24</b>
---------------------------------------	-------------

Tabla N° 5: Indicadores demográficos provincia de Bolívar

PROVINCIA BOLIVAR - CENSO 2017					
CÓDIGO	PROVINCIA	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES
		Total	Hombre	Mujer	Total
130300	BOLÍVAR	14 457	7 352	7 105	5 592

Fuente: Resultados definitivos La Libertad - Tomo I y XII. Lima, octubre 2018.

Instituto Nacional de Estadística e Informática

<b>Densidad Poblacional Provincial</b>	<b>2.59</b>
--	-------------

Densidad poblacional Área Urbana = 4.09 hab/viv no se va a considerar

Tasa de crecimiento= 0.45 no se va a considerar

Tabla N° 6: Indicadores demográficos departamento La Libertad

DEPARTAMENTO LA LIBERTAD - CENSO 2017					
CÓDIGO	DEPARTAMENTO	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES
		Total	Hombre	Mujer	Total
130000	LA LIBERTAD	1 778 080	867 936	910 144	549 365

Fuente: Resultados definitivos La Libertad - Tomo I y XII. Lima, octubre 2018.

Instituto Nacional de Estadística e Informática

<b>Densidad Poblacional Departamental</b>	<b>3.24</b>
---	-------------

*Tabla N° 7: Resumen de Densidad poblacional*

Densidad Poblacional Distrital	3.24
Densidad Poblacional Provincial	2.59
Densidad Poblacional Departamental	3.24
<b>Promedio</b>	<b>3.02</b>

Para los cálculos del presente proyecto de tesis se va a considerar una Densidad poblacional promedio, cuyo valor es 3.02 hab/viv.

#### TASA DE CRECIMIENTO DEL DISTRITO DE BAMBAMARCA

Ahora hallamos la tasa de crecimiento más adecuada para nuestro proyecto, considerando una tasa de crecimiento positiva, para ello, empezaremos por evaluar los datos poblacionales de los años 1993, 2007 y 2017 del distrito de Bambamarca.

*Tabla N° 8: Tasa de crecimiento Distrital, Método de interés simple*

<b>Año</b>	<b>Población</b>	$P_i(t_{i+1} - t_i)$	$P_{i+1} - P_i$	$r$
1,993	2,951			
2,007	3,537	41,314	586	0.0142
2,017	2,908	35,370	-629	-0.0178
<b>r promedio =</b>				<b>-0.0018</b>

*Tabla N° 9: Tasa de crecimiento Distrital, Método de Geométrico*

<b>Año</b>	<b>Población</b>	$P_u / P_0$	$\Delta t$	$r$
1,993	2,951			
2,007	3,537	1.1986	14	0.013
2,017	2,908	0.8222	10	-0.019
<b>r promedio =</b>				<b>-0.0032</b>

Se aprecia, que en ambos métodos la razón de crecimiento poblacional a nivel de distrito de Bambarmarca, es negativa, por ello, que seguiremos evaluando a nivel de la provincia de Bolívar.

#### TASA DE CRECIMIENTO DE LA PROVINCIA DE BOLÍVAR

Se considera los datos de los años 1993, 2007 y 2017, información obtenida de los resultados definitivos de los Censos publicados en la página web del Instituto Nacional de Estadísticas e Informática.

*Tabla N° 10: Tasa de crecimiento Provincial, Método de interés simple*

Año	Población	$P_i(t_{i+1} - t_i)$	$P_{i+1} - P_i$	$r$
1,993	16,814			
2,007	16,650	235,396	-164	-0.0007
2,017	14,457	166,500	-2,193	-0.0132
<b>r promedio =</b>				<b>-0.0069</b>

*Tabla N° 11: Tasa de crecimiento Provincial, Método de Geométrico*

Año	Población	$P_u / P_0$	$\Delta t$	$r$
1,993	16,814			
2,007	16,650	0.9902	14	-0.001
2,017	14,457	0.8683	10	-0.014
<b>r promedio =</b>				<b>-0.0074</b>

Se aprecia, que en ambos métodos la razón de crecimiento poblacional a nivel de provincia de Bolívar, es negativa, por ello, que seguiremos evaluando a nivel del departamento La Libertad.

### TASA DE CRECIMIENTO DEL DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

Igualmente, como se ha considerado anteriormente, los datos de los Censos 1993, 2007 y 2017, a nivel del departamento de La Libertad.

*Tabla N° 12: Tasa de crecimiento Departamental, Método de interés simple*

Año	Población	$P_i(t_{i+1} - t_i)$	$P_{i+1} - P_i$	$r$
1,993	1,270,261			
2,007	1,617,050	17,783,654	346,789	0.0195
2,017	1,778,080	16,170,500	161,030	0.0100
<b>r promedio =</b>				<b>0.0147</b>

*Tabla N° 13: Tasa de crecimiento Departamental, Método de Geométrico*

Año	Población	$P_u / P_0$	$\Delta t$	$r$
1,993	1,270,261			
2,007	1,617,050	1.2730	14	0.017
2,017	1,778,080	1.0996	10	0.010
<b>r promedio =</b>				<b>0.0135</b>

En este caso, a nivel departamental la tasa de crecimiento es positiva en ambos métodos, para efectos de nuestro proyecto se usará la razón de crecimiento del método geométrico cuyo valor es igual a 1.35%.

#### 4.1.1.2 Población actual y futura

*Tabla N° 14: Población actual localidad Calemar*

Viviendas	183	und
Densidad poblacional	3.02	hab/und
Población actual	553	hab

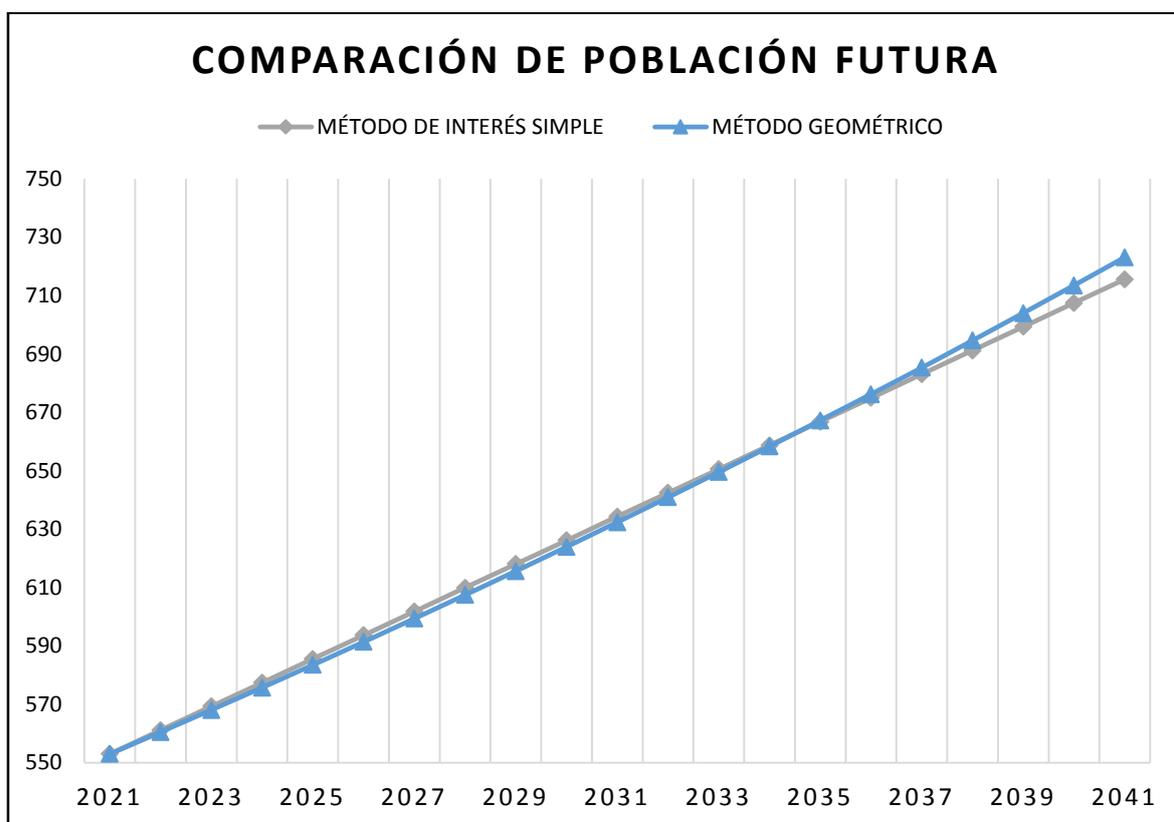
Población actual	553	habitantes
------------------	-----	------------

*Tabla N° 15: Población futura localidad Calemar*

AÑO/MET.	INTERÉS SIMPLE	GEOMÉTRICO
2,021	553	553
2,041	716	723

*Tabla N° 16: Población actual y futura localidad Calemar*

Año	Población
2,021	553
2,041	723
<b>Pf=</b>	<b>723</b>



*Fig. N° 11: Crecimiento poblacional localidad Calemar*

*Tabla N° 17: Proyección de población futura localidad Calemar*

N°	AÑO	POBLACIÓN
0	2021	553
1	2022	560
2	2023	568
3	2024	576
4	2025	583
5	2026	591
6	2027	599
7	2028	607
8	2029	616
9	2030	624
10	2031	632
11	2032	641
12	2033	650
13	2034	658
14	2035	667
15	2036	676

16	2037	685
17	2038	695
18	2039	704
19	2040	713
20	2041	723

#### 4.1.1.3 Caudales de diseño

El proyecto pertenece a familias del ámbito rural, por ello, nos basaremos a la dotación según (RM.192-2018-VIVIENDA, 2018), el que especifica que la dotación con arrastre hidráulico para la región geográfica Sierra, para el agua potable diaria es de 80Lt/Hab/Dia.

La dotación para el sector Educación, en nivel inicial y primaria es de 20 l/alumno.d y nivel secundario es de 25 l/alumno.d.

#### APORTES DEL SECTOR EDUCACION

Tabla N° 18: Aportes de Caudales Sector Educación

APORTES LOCALIDAD CALEMAR - SECTOR EDUCACIÓN						
Descripción	Cap/Area	Dotación (lt/alumno/d ia)	Deman da l/día	Qm l/seg	Qmd l/seg	Qmh l/seg
<b>EDUCACIÓN</b>						
Educación 1 (Inicial)	64 Alumnos	20.00 l/alu/día	1280 l/día	0.014 81	0.019 26	0.029 63
Docentes Inicial	3 Alumnos	25.00 l/alu/día	75 l/día	0.000 87	0.001 13	0.001 74
Educación 2 (Primaria)	110 Alumnos	20.00 l/alu/día	2200 l/día	0.025 46	0.033 10	0.050 93
Docentes primaria	7 Alumnos	25.00 l/alu/día	175 l/día	0.002 03	0.002 63	0.004 05
Educación 3 (Secundaria)	104 Alumnos	25.00 l/alu/día	2600 l/día	0.030 09	0.039 12	0.060 19
Docentes Secundaria	8 Alumnos	25.00 l/alu/día	200 l/día	0.002 31	0.003 01	0.004 63
	296 Alumnos			<b>6,530.0 0</b>	<b>0.075 58</b>	<b>0.098 25</b>
						<b>0.151 16</b>

## APORTES USO DOMÉSTICO

### ❖ Caudal medio diario

$$Q_{md} = \frac{\text{dotación} * \text{población}}{86400}$$

$$Q_{md} = 0.67 \text{ lt/s}$$

DONDE:

QMD = CAUDAL MEDIO DIARIO

DOTACIÓN = LA DOTACIÓN DIARIA POR HABITANTE

POBLACIÓN = POBLACIÓN FUTURA.

### ❖ Caudal máximo diario

$$Q_{max.diario} = k1 * Q_{md}$$

$$Q_{max.diario} = 0.87 \text{ lt/s}$$

DONDE:

QMAX.DIARIO = CAUDAL MÁXIMO DIARIO

QMD = CAUDAL MEDIO DIARIO

K1 = 1.3, COEFICIENTE

### ❖ Caudal máximo horario

$$Q_{max.horario} = k2 * Q_{md}$$

$$Q_{max.horario} = 1.34 \text{ lt/s}$$

DONDE:

QMAX.HORARIO = CAUDAL MÁXIMO HORARIO

QMD = CAUDAL MEDIO DIARIO

K2 = 2, COEFICIENTE

## DEMANDA EN LA RED

Tabla N° 19: Demanda en la red – Uso doméstico

N° Viviendas	183
Pob. Actual	553 Hab.
Pob. Diseño	723 Hab.
Dotación	80 Lts./Hab./Día
Consumo Doméstico	57,840 l/día
Consumo Educación	
<b>Qp</b>	<b>0.67 lt/s</b>
K1	1.30
<b>Qmd</b>	<b>0.87 lt/s</b>
K2	2.00
<b>Qmh</b>	<b>1.34 lt/s</b>
Qd1	1.34 lt/s
q (unit)	0.00732 lt/s/viv
<b>Otras Aportes</b>	
<b>Caudal de Diseño</b>	
<b>Qd1</b>	<b>1.34 lt/s</b>

Tabla N° 20: Demanda en la red – Sector Educación

N° Viviendas	1
Pob. Actual	
Pob. Diseño	296 Hab.
Dotación	
Consumo Doméstico	
Consumo Educación	6,530 l/día
<b>Qp</b>	<b>0.08 lt/s</b>
K1	1.30
<b>Qmd</b>	<b>0.10 lt/s</b>
K2	2.00
<b>Qmh</b>	<b>0.15 lt/s</b>
Qd2	0.15 lt/s
q (unit)	0.15000 lt/s/viv
<b>Otras Aportes</b>	
<b>Caudal de Diseño</b>	
<b>Qd2</b>	<b>0.15 lt/s</b>



#### 4.1.2.1 Memoria de cálculo hidráulico de barraje fijo con canal de derivación

❖ Dimensionamiento de las rejas gruesas:

##### Área Necesaria para el Ingreso del Caudal de Diseño

Coefficiente de mayoración por efectos de colmatación (entre 1.5 y 2):  $C = 1.8$

Coefficiente de Contracción de la vena de agua (0.82 para barras rectangulares, 0.90 para barras circulares y 0.98 para barras con curvas):  $k = 0.82$

Velocidad de aproximación (entre 0.60 y 1.0 para flujo laminar):  $V_a = 0.80$  m/s

$$A_{fd} = \frac{C \cdot Q}{kV_a}$$

$$A_{fd} = 0.003 \text{ m}^2$$

##### Área Efectiva de Paso

Ancho del canal de derivación:  $B = 0.40$  m

Ancho de cada barra:  $s = 0.06$  m

Separación entre barras (entre 7.5cm y 15cm para rejas gruesas, 2cm y 4cm para rejas finas):  
 $a = 0.08$  m

Número de barras

$$N = \frac{B - a}{s + a}$$

$$N = 3 \text{ und}$$

Longitud de cada barra

$$A_f = 2A_{fd} = (N + 1) \cdot a \cdot l$$

$$A_f = 0.005 \text{ m}^2$$

$$L = 0.02 \text{ m (calculado)}$$

$$L = 0.40 \text{ m (asumido)}$$

**Área total de las barras metálicas**

$$A_s = N \cdot s \cdot l$$

$$A_s = 0.072 \text{ m}^2$$

**Área total de las rejillas gruesas**

$$A_T = A_s + A_f$$

$$A_T = 0.077 \text{ m}^2$$

**Pérdida de Carga en las Rejas Gruesas**

Velocidad de aproximación:  $V = 0.80 \text{ m/s}$

Ángulo de inclinación:  $\alpha = 90^\circ$

Coefficiente en función de la forma de las barras (2.42 para barras rectangulares, 1.79 para barras circulares y 1.67 para barras con curvas):  $\beta = 2.42$

Coefficiente de pérdida de carga

$$k = \beta \cdot \left(\frac{s}{a}\right)^{1.33} \cdot \text{sen} \alpha$$

$$k = 1.65$$

Considerando el 50% de suciedad

$$h = k \frac{V^2}{2g}$$

$$h = 0.054 \text{ m}^2$$

## ❖ Dimensionamiento de las Rejas Finas

**Área Necesaria para el Ingreso del Caudal de Diseño**

Coefficiente de mayoración por efectos de colmatación (entre 1.5 y 2):  $C = 1.8$

Coefficiente de contracción de la vena de agua (0.82 para barras rectangulares, 0.90 para barras circulares y 0.98 para barras con curvas):  $k = 0.82$

Velocidad de aproximación (entre 0.60 y 1.0 para flujo laminar):  $V_a = 0.80$  m/s

$$A_{fd} = \frac{C \cdot Q}{k V_a}$$

$$A_{fd} = 0.003 \text{ m}^2$$

**Área Efectiva de Paso**

Ancho del canal de derivación:  $B = 0.40$  m

Ancho de cada barra:  $s = 0.03$  m

Separación entre barras (entre 7.5cm y 15cm para rejas gruesas, 2cm y 4cm para rejas finas)

$a = 0.06$  m, asume 6 cm

Número de barras

$$N = \frac{B - a}{s + a}$$

$$N = 4 \text{ und}$$

Longitud de cada barra

$$A_f = 2A_{fd} = (N + 1) \cdot a \cdot l$$

$$A_f = 0.005 \text{ m}^2$$

$$L = 0.02 \text{ m (calculado)}$$

$$L = 0.40 \text{ m (asumido)}$$

**Área total de las barras metálicas**

$$A_S = N \cdot s \cdot l$$

$$A_S = 0.048 \text{ m}^2$$

**Área total de las rejillas finas**

$$A_T = A_S + A_f$$

$$A_T = 0.053 \text{ m}^2$$

**Pérdida de Carga en las Rejas Finas**

Velocidad de aproximación:  $V = 0.80 \text{ m/s}$

Ángulo de inclinación:  $\alpha = 70^\circ$

Coefficiente en función de la forma de las barras (2.42 para barras rectangulares, 1.79 para barras circulares y 1.67 para barras con curvas):  $\beta = 2.42$

Coefficiente de pérdida de carga

$$k = \beta \cdot \left(\frac{S}{a}\right)^{1.33} \cdot \text{sen} \alpha$$

$$k = 0.90$$

Considerando el 50% de suciedad

$$h = k \frac{V^2}{2g}$$

$$h = 0.03 \text{ m}^2$$

❖ Dimensionamiento del Canal de Derivación

**Cálculo del Tirante del Canal de Derivación**

Velocidad en el canal de derivación (entre 0.60m/s - 3.00m/s):  $V = 0.60 \text{ m/s}$

$$Q = V \cdot A$$

$$A = 0.002 \text{ m}^2$$

Ancho del canal de derivación

$$B = 0.40 \text{ m}$$

$$H = 0.004 \text{ m}$$

### **Cálculo de la Sección del Canal de Derivación**

$$ACD = B.H$$

$$ACD = 0.002 \text{ m}^2$$

### **Cálculo de la Pendiente del Canal de Derivación**

$$\text{Radio Hidráulico} \quad : \quad R \quad = \quad 0.004 \text{ m}$$

$$\text{Rugosidad} \quad : \quad n \quad = \quad 0.013$$

$$Q = \left( \frac{R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} \right) \cdot A_{CD}$$

$$S = 0.0933 \text{ m/m}$$

4.1.2.2 Planos de barrage fijo con canal de derivación

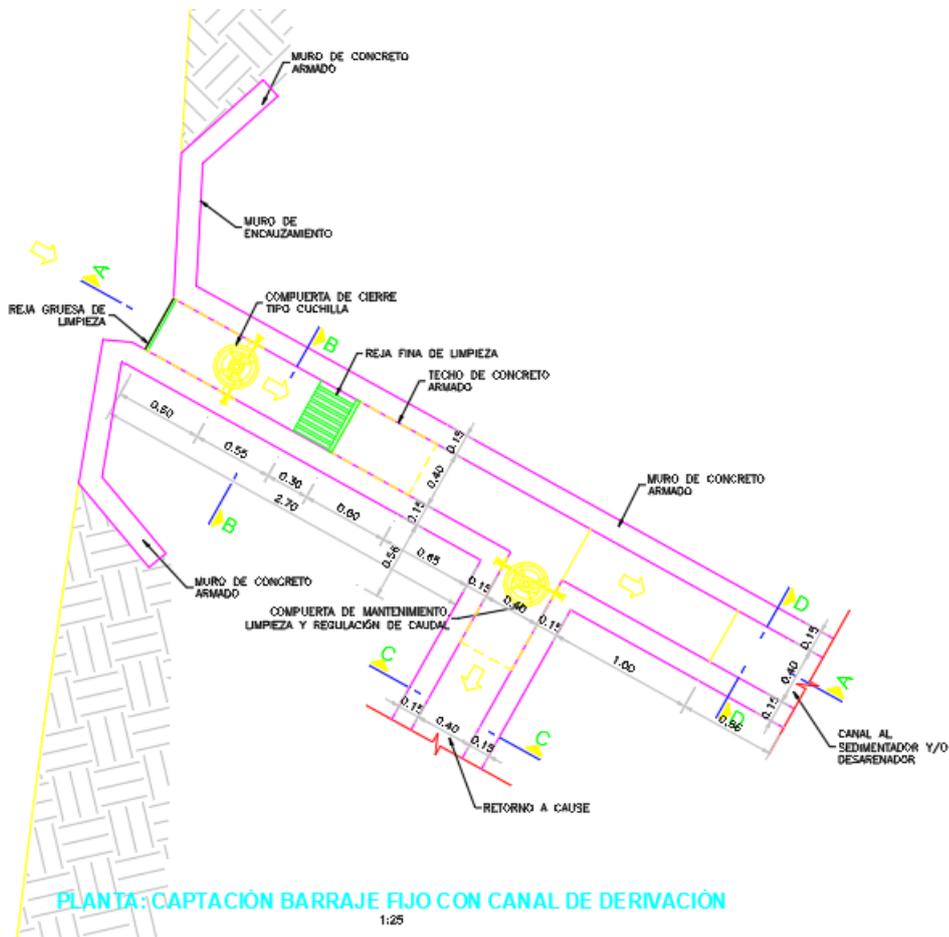


Fig. N° 12: Plano Planta – Captación Barraje Fijo Canal de derivación

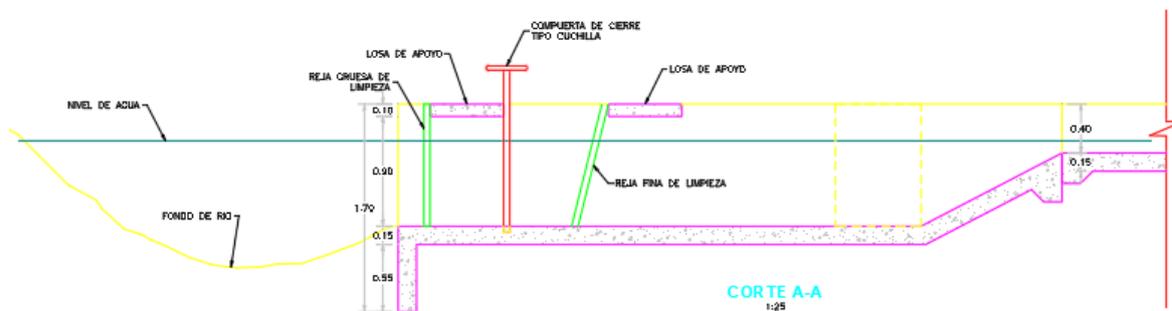


Fig. N° 13: Plano Corte – Captación Barraje Fijo Canal de derivación

### 4.1.3. Diseño de Desarenador.

Los parámetros de diseño toman en consideración las recomendaciones de la normativa vigente tales como: Guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el Ámbito Rural (RM.192-2018-VIVIENDA, 2018) y sus actualizaciones.

#### 4.1.3.1 Memoria de cálculo Desarenador

Las dimensiones del canal desarenador se calcularán respetando que se cumpla la velocidad horizontal del agua a través de la sección transversal de la unidad y la velocidad de sedimentación de la arena, de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla N° 23: Cálculo de las dimensiones del desarenador

Datos de Diseño			Resultados			
Velocidad Horizontal (m/s)	$V_h$	0,15	Sección transversal máxima (m <sup>2</sup> )	$A_{m\acute{a}x}$	$Q_{mh}/(V_h \times 1000)$	0,0153
Ancho mínimo (m)	B	0,30	Altura útil máxima (m)	$H_{m\acute{a}x}$	$A_{m\acute{a}x}/B$	0,0511 ~ 0,05 m
Tasa de sedimentación de la Arena (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> xh)	$q_s$	22	Área superficial útil (m <sup>2</sup> )	$A_s$	$Q_{mh} \times 3,60 / q_s$	0,376
			Longitud (m)	L	$A_s/B$	1,255 ~1,26

Para determinar el volumen de la tolva de arenas, se debe considerar al menos cuatro días de capacidad de almacenamiento, conforme al siguiente calculo:

Tabla N° 24: Cálculo de las dimensiones de la tolva de arenas

Datos de Diseño			Resultados			
Tasa de acumulación de arena (L/m <sup>3</sup> )	$T_a$	0,03	Volumen diario de arena (m <sup>3</sup> /d)	$V_d$	$Q_{mh} \times 86,4 \times (T_a / 1000)$	0,0060 m <sup>3</sup>
Periodo de limpieza (días)	T	4,00	Volumen mínimo de tolva (m <sup>3</sup> )	$V_{min}$	$V_d \times T$	0,024 m <sup>3</sup>
Longitud asumida (m)	$L'$	0,30	Volumen proyectado superior al mínimo (m <sup>3</sup> )	$V_r$	$B \times L' \times H$	0,027 m <sup>3</sup>
Altura asumida (m)	H	0,30				

4.1.3.2 Planos Desarenador

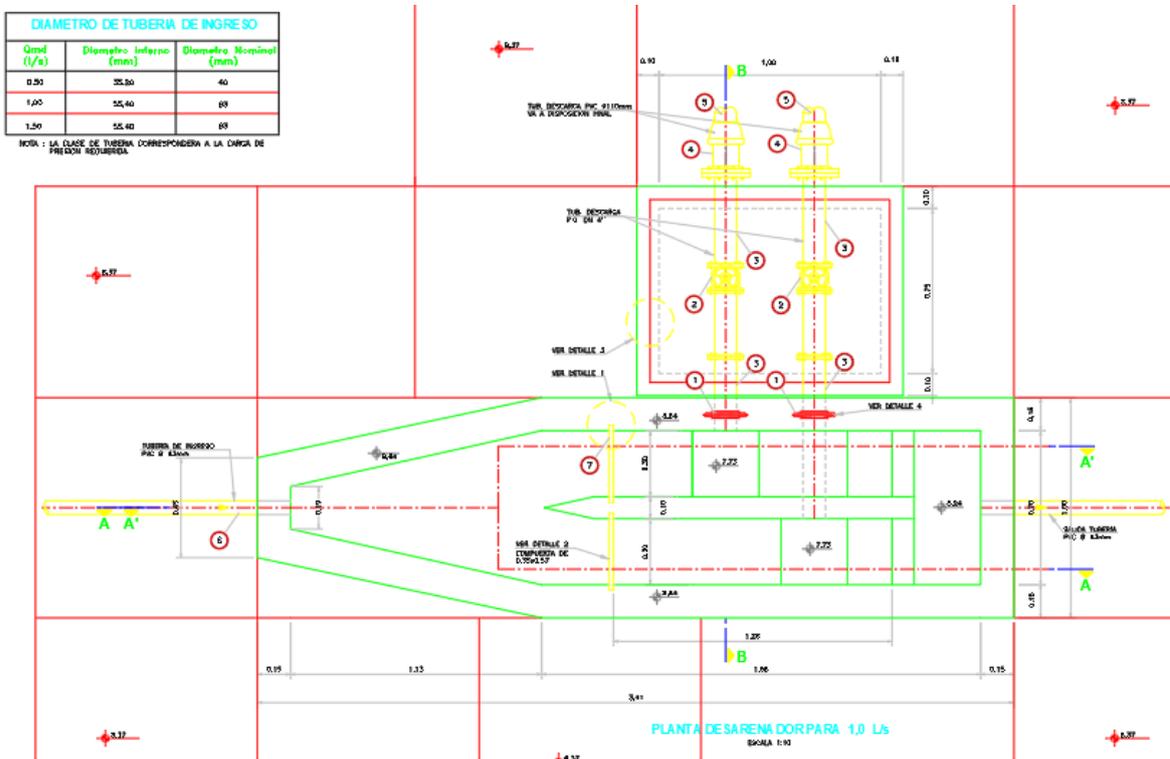


Fig. N° 14: Plano Planta – Desarenador

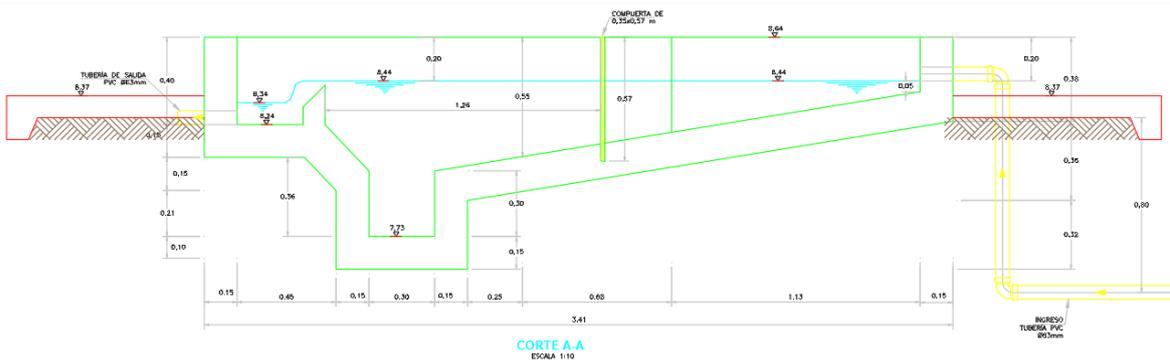


Fig. N° 15: Plano Corte – Desarenador

#### 4.1.4. Diseño de Sedimentador.

##### 4.1.4.1 Memoria de cálculo Sedimentador

Tabla N° 25: Memoria de Cálculo Sedimentador

##### Datos de diseño

Caudal máximo diario	$Q_d =$	1.5 l/s	
Caudal máximo diario	$Q_d =$	0.0015 m <sup>3</sup> /s	
Número de unidades	$N =$	2	
Caudal unitario	$q_d =$	0.00075 m <sup>3</sup> /s	
Ancho del sedimentador	$B =$	1.65 m	
Altura del sedimentador	$H =$	1 m	1.5 - 2.5 m
Tasa de decantación superficial	$q_s =$	7.27 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	2 - 10 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d
Pendiente de fondo de sedimentador	$S =$	20 %	≥10%
Pendiente de fondo canal de limpieza	$S' =$	5 %	5 - 10 %
Velocidad de paso entre orificios	$V_o =$	0.0115 m/s	≤ 0.15
Diámetro de orificio	$d_o =$	0.0508 m	2"
Tasa de producción de lodo	$q_l =$	0.01 L.L/s	
Altura de pantalla difusora	$h =$	1 m	
Longitud de la zona de entrada	$L_1 =$	0.8 m	

##### Vertedero de medición de caudal (Triangular 90°)

Ancho de compuerta	$b =$	0.4 m
Velocidad del canal	$V_c =$	0.1 m/s
Área del canal de ingreso	$A_i =$	$Q_d/V_c$ 0.015 m <sup>2</sup>
Altura útil del canal de ingreso	$H_c =$	$A_i/b$ 0.038 m
Perdida de carga en la compuerta	$h =$	$(Q_d/1.434)^{(1/2.5)}$ 0.064 m

##### Canal de ingreso

Ancho del canal	$B_c =$	0.4 m
Velocidad del canal	$V_c =$	0.1 m/s
Área del canal de ingreso	$A_i =$	$q_d/V_c$ 0.008 m <sup>2</sup>
Altura útil del canal de ingreso	$H_c =$	$A_i/B_c$ 0.019 m
Ancho de compuerta	$b' =$	1.65 m
Perdida de carga en la compuerta	$h' =$	$[q_d/(1.848*B_c)^{(2/3)}]$ 0.004 m

### Pantalla difusora

Área total de orificios	$A_o =$	$q_d/V_o$	0.07	m <sup>2</sup>	
Área de cada Orificio	$a_o =$	$[(d_o)^2 * 3.1416]/4$	0.0020	m <sup>2</sup>	
Numero de orificios	$N' =$	$A_o/a_o$	32		
Altura útil de pantalla difusora	$h, =$	$h-h/4-h/5$	0.63		
Numero de filas	$n_f =$		4		
Numero de columnas	$n_c =$	$N/n_f$	8		
Espaciamiento entre filas	$a_1 =$	$h, / n_f$	0.16	m ~ 0.2 m	$\leq 0.5$
Espaciamiento entre columnas	$a_2 =$	$h, / n_c$	0.21	m ~ 0.2 m	$\leq 0.5$

### Zona de sedimentación

Velocidad de sedimentación	$V_s =$	$q_s/86400$	0.000084	m/s	
Área Superficial	$A_s =$	$q_d/V_s$	8.91	m <sup>2</sup>	
Largo del sedimentador	$L =$	$A_s/B$	5.40	m	
Relación Largo/Ancho	$R =$	$L/B$	3.27		3-6
Relación Largo/Profundidad	$r =$	$L/H$	5.40		5-20
Longitud total del sedimentador	$L_t =$	$L+L_1$	6.20	m	
Velocidad Horizontal	$V_h =$	$100 * q_d / (B * H)$	0.045	cm/s	$\leq 0.55$
Relación $V_h/V_s$	$r' =$	$V_h * 0.01 / V_s$	5.4		5-20
Tiempo de retención	$T_o =$	$A_s * H / (3600 * q_d)$	3.30	hora s	
Altura Máxima	$H =$	$H + S * L / 100$	2.08	m	
Tasa de recolección de agua sed.	$q_r =$	$q_d / B * 1000$	0.45	l/s.m	

## Diseño de canal de lodos

Tiempo de vaciado	t =		0.50 h
Compuerta de la evacuación	A2 =	$[As*(H)^{0.5}]/(4850*t)$	0.0037 m <sup>2</sup> 2.7 pug
	DS =	$(4*A2/3.1416)^{0.5}$	0.07 m
Caudal de lodo	QL =	Qd*ql	0.02 l/s
Área de la base mayor	AM =	Lt*B	10.23 m <sup>2</sup>
Área de la base menor	Am =	0.24*B	0.40 m <sup>2</sup>
Altura de la tolva	h1 =		1.00 m
Volumen de la tolva	Vt =	$h1 \times B \times (Lt+Ds) / 2$	5.17 m <sup>3</sup>
Frecuencia de descarga	tf =	Vt/ql	4.0 días

## Vertedero de salida

Altura de agua sobre el vertedero	H2 =	$[Qd/(1.848*B)^{2/3}]$	0.00394 m
-----------------------------------	------	------------------------	-----------

4.1.4.2 Plano Sedimentador

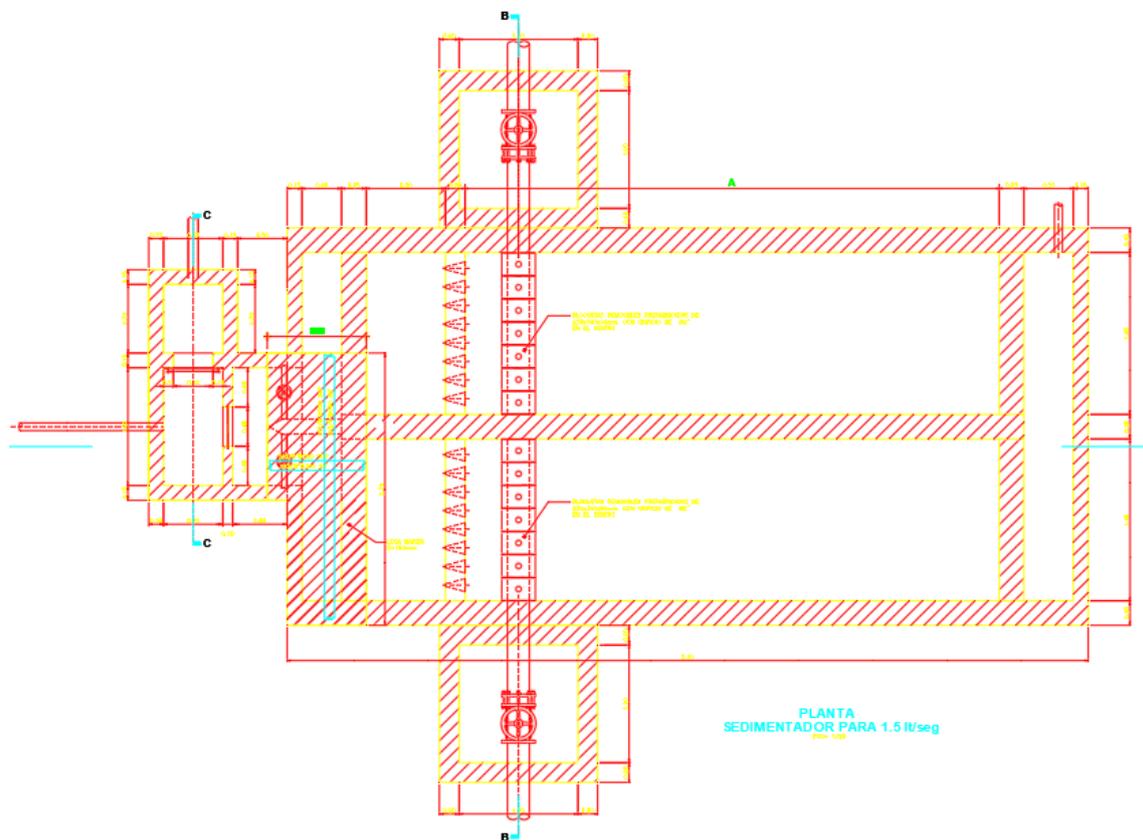


Fig. N° 16: Plano Planta – Sedimentador

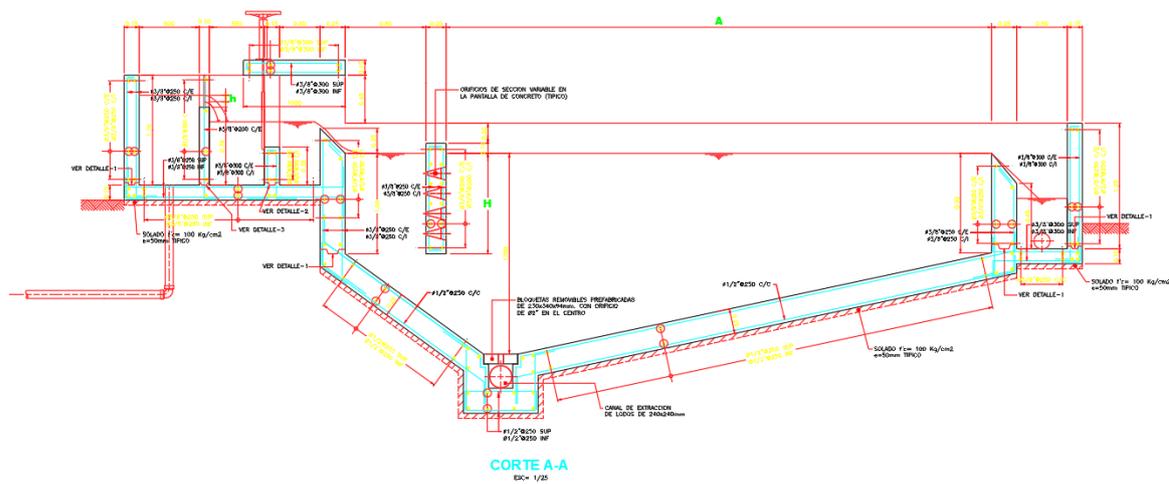


Fig. N° 17: Plano Corte – Desarenador

## 4.1.5. Diseño de Prefiltro.

### 4.1.5.1 Memoria de cálculo Prefiltro.

Tabla N° 26: Memoria de Cálculo Prefiltro

#### Datos de diseño

Caudal máximo diario	Qd=	1.5	l/s	Módulo efíc. Compart. 1	Y1=	0.51
Caudal máximo diario	Qd=	0.0015	m <sup>3</sup> /s	Módulo efíc. Compart. 2	Y2=	0.495
Número de unidades	N=	2		Módulo efíc. Compart. 3	Y3=	0.845
Caudal unitario	qd=	2.7	m <sup>3</sup> /h	Ancho de vertederos	a=	0.3 m
Velocidad Filtración Cámara 1	V1=	1	m/h	Coefficiente de arrastre	Ca=	0.65
Velocidad Filtración Cámara 2	V2=	0.8	m/h	Altura de grava	h'=	0.5 m
Velocidad Filtración Cámara 3	V3=	0.6	m/h	Aceleración de la gravedad	g=	9.81 m/s <sup>2</sup>
Turbiedad del agua cruda	To=	150	UNT	Altura de agua sobre la grava	h"=	0.5 m
Tasa de lavado	ql=	1	(m/min)	Coef. Vert. Triangular 90°	Cv=	1.4
Profundidad de grava	H=	0.5	m	Exponente ecuación vert. 90°	Ev=	0.4
Porosidad de la grava	p=	0.35				
Diámetro de grava cámara 1	d1=	2" a 1"				
Diámetro de grava cámara 2	d2=	1" a 1/2"				
Diámetro de grava cámara 3	d3=	1/2" a 1/4"				
Ancho de las losas	A=	0.26	m			
Separación entre las losas	e=	0.02	m			
Velocidad del canal de lavado	Vc=	1.5	m/s			

#### Resultados:

##### Prefiltro

Área Compartimiento 1	A1=	2.70	m <sup>2</sup>	Largo de cámaras	L=	3.45 m
Área Compartimiento 2	A2=	3.38	m <sup>2</sup>	# de losas por cámara	n=	12
Área Compartimiento 3	A3=	4.50	m <sup>2</sup>			
Ancho cámara 1	B1=	0.78	m	Efluente comp. 1	Tf1=	47.50 UNT
Ancho cámara 2	B2=	0.98	m	Efluente comp. 2	Tf2=	11.28 UNT
Ancho cámara 3	B3=	1.31	m	Efluente comp. 3	Tf3=	1.66 UNT
Caudal de lavado cámara 1	q'1=	0.045	m <sup>3</sup> /s	Sección canal 1	S1=	0.03 m <sup>2</sup>
Caudal de lavado cámara 2	q'2=	0.056	m <sup>3</sup> /s	Sección canal 2	S2=	0.04 m <sup>2</sup>
Caudal de lavado cámara 3	q'3=	0.075	m <sup>3</sup> /s	Sección canal 3	S3=	0.05 m <sup>2</sup>
Ancho canal 1	b1=	0.17	m	Vol. de agua en grava 1	Va1=	0.47 m <sup>3</sup>
Ancho canal 2	b2=	0.19	m	Vol. de agua en grava 2	Va2=	0.59 m <sup>3</sup>
Ancho canal 3	b3=	0.22	m	Vol. de agua en grava 3	Va3=	0.79 m <sup>3</sup>

Alt. Agua sobre grava 1	$h''1=$	1.33	m	Perdida de carga canal 2	$hfc2=$	0.20	m
Perdida de carga en grava 1	$hfg=$	0.17	m	Perdida de carga canal 3	$hfc3=$	0.27	m
Perdida de carga canal 1	$hfc1=$	0.11	m	Presión en la compuerta 1	$P1=$	1.91	m
Perdida de carga total cam. 1	$Hf1=$	0.28	m	Velocidad comp. Canal 1	$vc1=$	5.66	m/s
Perdida de carga total cam. 2	$Hf2=$	0.37	m	Velocidad comp. Canal 2	$vc2=$	5.51	m/s
Perdida de carga total cam. 3	$Hf3=$	0.43	m	Velocidad comp. Canal 3	$vc3=$	5.39	m/s
Sección comp. Canal 1	$Sc1=$	0.008	m <sup>2</sup>	Lado compuerta 1	$L1=$	0.01796	m
Sección comp. Canal 2	$Sc2=$	0.010	m <sup>2</sup>	Lado compuerta 2	$L2=$	0.02305	m
Sección comp. Canal 3	$Sc3=$	0.014	m <sup>2</sup>	Lado compuerta 3	$L3=$	0.03141	m

### Vertederos

Alt. de agua sobre el vert. de 90°	$h=$	0.065	m
Alt. de agua sobre de paso	$h2=$	0.012	m

### 4.1.5.2 Plano Prefiltro.

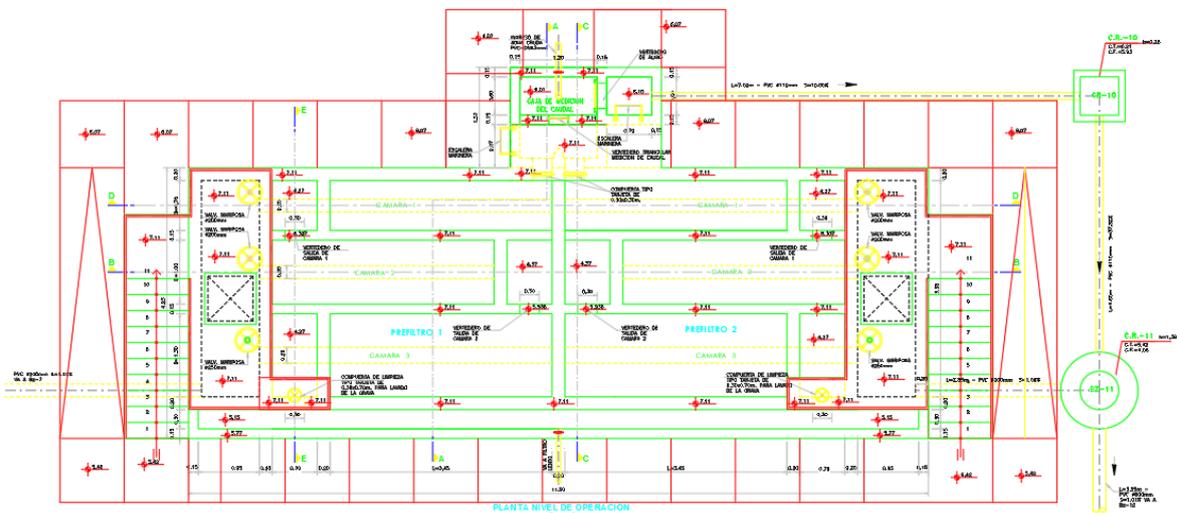


Fig. N° 18: Plano Planta Operación – Prefiltro

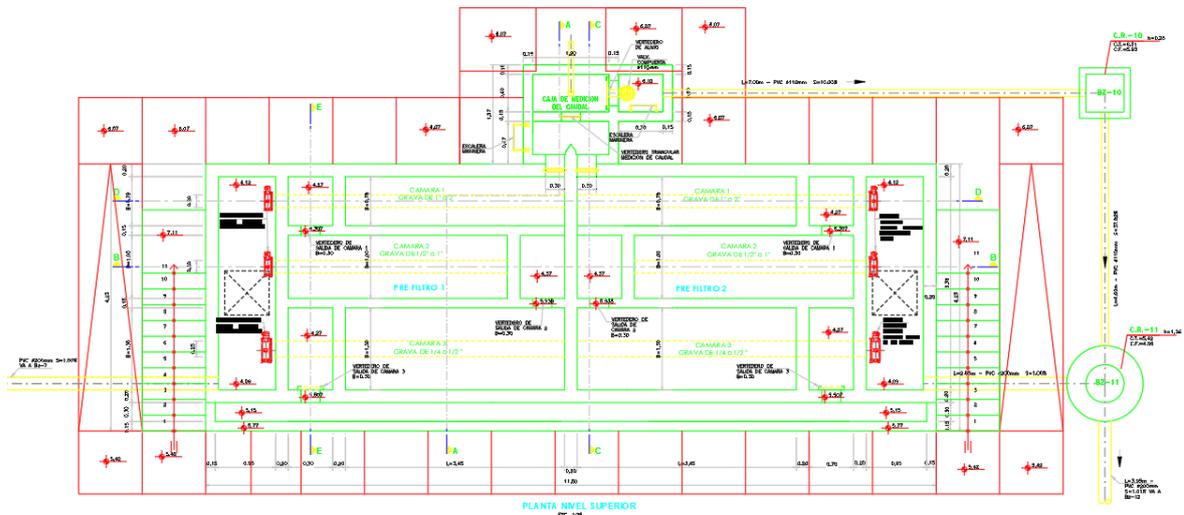


Fig. N° 19: Plano Planta Superior – Prefiltro

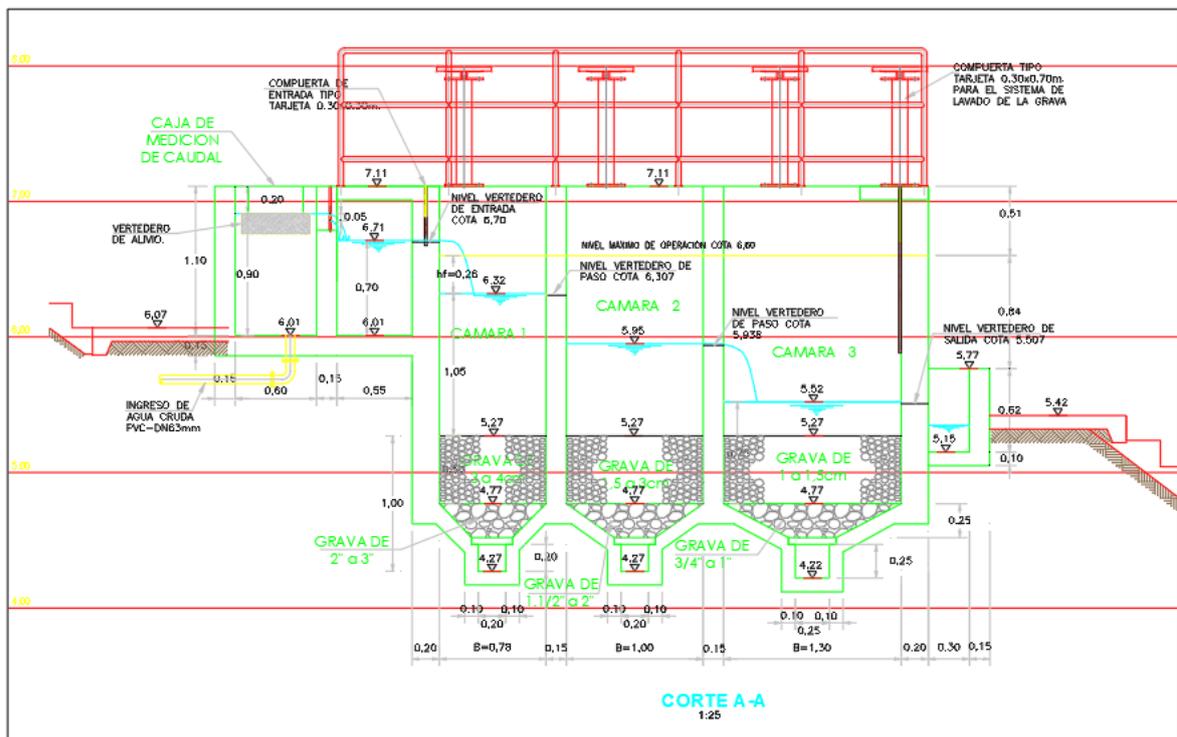


Fig. N° 20: Plano Corte A-A – Prefiltro

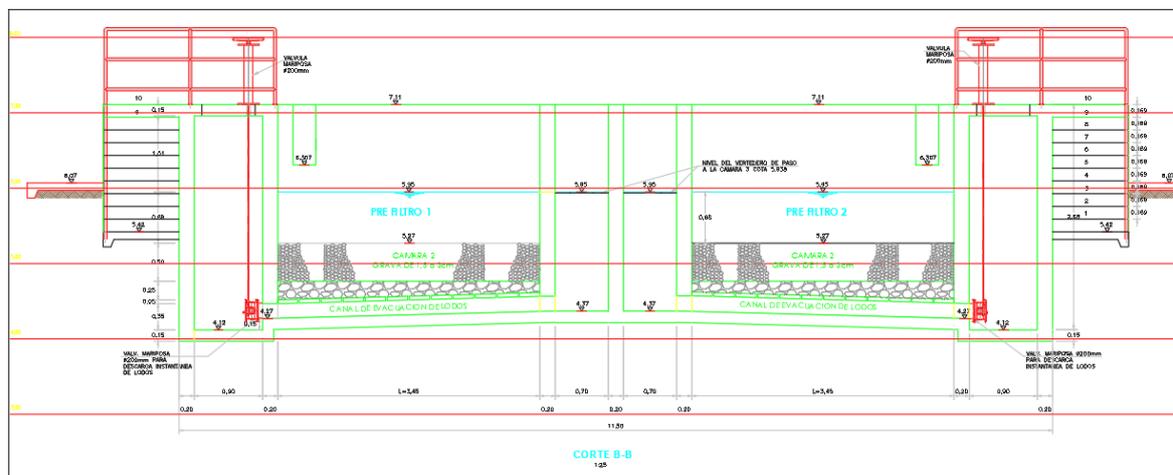


Fig. N° 21: Plano Corte B-B – Prefiltro

#### 4.1.6. Diseño de Filtro Lento.

Como el rendimiento del filtro lento depende principalmente del proceso biológico, su eficiencia inicial es baja, mejorando ésta a medida que progresa la carrera de filtración, proceso que se conoce con el nombre de "maduración del filtro".

Tabla N° 27: Criterios de selección de los procesos en función de la calidad de la fuente

ALTERNATIVAS	LIMITES DE CALIDAD DEL AGUA CRUDA	
	80% DEL TIEMPO	ESPORADICAMENTE
Filtro lento (F.L.) solamente	$T_0 \leq 20$ UT $C_0 \leq 40$ UC	$T_0 \text{ Max} \leq 100$ UT
F.L.+ prefiltro de grava (P.G.)	$T_0 \leq 60$ UT $C_0 \leq 40$ UC	$T_0 \text{ Max} \leq 150$ UT
F.L.+ P.G.+ sedimentador (S)	$T_0 \leq 200$ UT $C_0 \leq 40$ UC	$T_0 \text{ Max} \leq 500$ UT
F.L.+ P.G.+ S+ presedimentador	$T_0 \leq 200$ UT $C_0 \leq 40$ UC	$T_0 \text{ Max} \leq 1000$ UT

#### 4.1.6.1 Memoria de cálculo Filtrolento.

Tabla N° 28: cálculo para el diseño de filtro lento

Datos	Criterios	Resultados
Caudal máximo diario = 1,5 L/s, o 5,40 m <sup>3</sup> /h	$Qd = Q/N$ $Qd = 2,70$ m <sup>3</sup> /h	Caudal de diseño de filtro lento
Número de unidades N = 2		
Velocidad filtración = 0,10 m/h	$A_1 = Qd/V$ $A = 27,0$ m <sup>2</sup>	Área de cada filtro lento
Coefficiente de mínimo costo = 1,33	$L = (C * A)^{0.5}$ $L = 6,0$ m	Largo del filtro lento

	$B = (A/L)^{0.5}$ $B = 4,5 \text{ m}$	Ancho de la unidad
Espesor de la capa de arena extraída en cada raspado $e = 2 \text{ cm}$	$Vol. = e \cdot N_1 \cdot P \cdot A$ $Vol. = 26 \text{ m}^3$	Volumen mínimo del depósito de arena
Numero de raspados por año $N_1 = 6$		
Periodo de reposición de la arena. $P = 4 \text{ años}$		
Altura máxima de apilamiento. $H = 1,80 \text{ m}$	$A_1 = Vol./H$ $= 14,40 \text{ m}^2$	Área del depósito de arena
Altura canales de drenaje $H_1 = 0,15 \text{ m}$	$H_t = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5$ $H_t = 2,45 \text{ m}$	Altura total del filtro lento
Altura de la grava $H_2 = 0,20 \text{ m}$		
Altura de la capa de arena $H_3 = 0,80 \text{ m}$		
Altura de la capa de agua $H_4 = 1,0 \text{ m}$		
Borde libre $H_5 = 0,30 \text{ m}$		

4.1.6.2 Plano de Filtro lento.

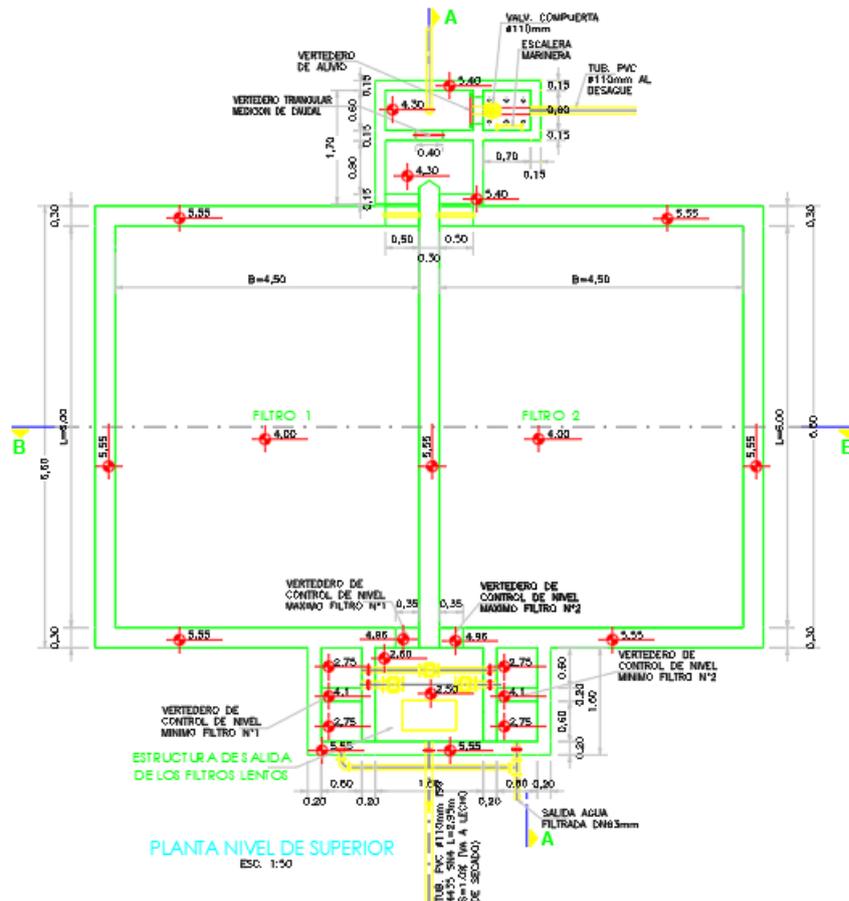


Fig. N° 22: Plano Planta Superior – Filtrolento

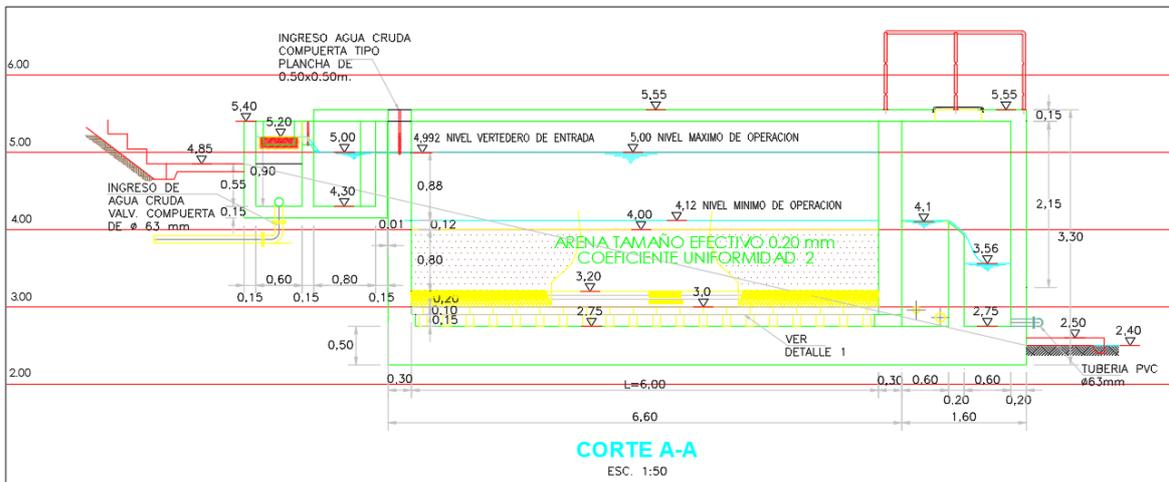


Fig. N° 23: Plano Corte A-A – Filtrolento

#### 4.1.7. Diseño de Cisterna de 20 m<sup>3</sup> y Línea de Impulsión

##### 4.1.7.1 Memoria de cálculo Cisterna de 20 m<sup>3</sup>.

Tabla N° 29: Memoria de Cálculo Cisterna de 20 m<sup>3</sup>.

Caudales de diseño y almacenamiento

% Regulación	Fr:	25.00	%
Caudal promedio	Qp	0.669	l/s
Volumen de regulación	Vreg:	14.46	m <sup>3</sup>
Tiempo de reserva 2 hrs < T < 4 hr	T:	4.00	hrs
Volumen de reserva	Vres:	2.41	m <sup>3</sup>
Volumen contra incendio	Vci :	0.00	m <sup>3</sup>
Volumen de almacenamiento	Valc :	16.87	m <sup>3</sup>
Volumen a considerar	V.Tanq:	20.00	m <sup>3</sup>

Dimensionamiento de la estación de bombeo

N° de horas de bombeo	hb	Dato	14	h
Tiempo más largo de descanso de la bomba	tb	$tb = (24 - hb) / 2$	5	h
Volumen de cisterna	Vc	$Vc = Qmd * tb * 60 * 60 / 1000$	20.00	
Ancho interno	b	Dato	2.4	m
Largo interno	l	Dato	4.8	m
Altura útil de agua	h		1.74	
Distancia vertical eje salida y fondo reservorio	hi	Dato	0.2	m
Distancia vertical eje tubo de ingreso de agua a nivel máximo de agua	k	Dato	0.2	
Altura total interna	H		2.14	m
Nivel de sumergencia en succión=			0.35	
Para impedir el ingreso de aire: S=			0.23	
Condición Hidráulica: $S > 2.5 * (V^2 / 2g) + 0.20$			0.29	
Diámetro de ingreso	De	Dato	2	pulg
Diámetro de rebose	Dr	Dato	4	pulg
Diámetro de limpia	Dl	Dato	2	pulg
Diámetro de ventilación	Dv	Dato	2	pulg
Cantidad de ventilación	Cv	Dato	2	unidad

### Selección del equipo de bombeo y líneas complementarias

Parámetros Básicos de diseño	Datos de diseño	Unidad
Bombas de eje horizontal		
Numero de bombas	2	Und
Distancia vertical eje bomba horizontal y nivel de parada de bomba en cisterna =	0.00	m
Caudal de bombeo año 10	1.75	l/s
Caudal de bombeo año 20	1.94	l/s
Altura dinámica total (Ht)	28.08	m
Potencia de la bomba	1.20	HP

### Cálculos en Línea de Succión

Hg succión = Altura de succión o altura del eje de la bomba sobre el nivel inferior del agua	0.00	m
Hf succión = Hf línea + H accesorios	0.13	m
Diámetro de la succión = diámetro superior a de la bomba	0.0539	m
Velocidad suction (m/s)= $Q_b(m^3/s)/\text{area tub suction (m}^2)$	0.85	m/s
Sf línea succión = pérdida de carga unitaria en succión	0.0302	m/m
Longitud de succión	1	m
Hf línea de succión= Sf *Longitud de succión=	0.0302	m
H Accesorios en la succión= $\sum K \text{ accesorios} * V^2/(2g)$	0.10327597	m

#### Cálculos en Línea de impulsión

Hg impulsión = Altura desde el eje de la bomba hasta el nivel ingreso a reservorio	175	m
Hf impulsión = Hf línea + H accesorios	39.365	m
Diámetro de la impulsión	0.050	m
Diámetro comercial de impulsión en F°G° 1"	0.0539	m
Diámetro comercial de impulsión en F°G° 1 1/2"	0.0539	m
Velocidad impulsión(m/s)= $Q_b(m^3/s)/\text{area tub suction (m}^2)$	0.945	m/s
Sf línea impulsión = pérdida de carga unitaria en impulsión	0.037	m/m
Longitud de impulsión	1,060	m
Hf línea de impulsión= Sf *Longitud de impulsión=	38.8732	m
H Accesorios en la impulsión= $\sum K \text{ accesorios} * V^2/(2g)$	0.4915	m

#### Dimensionamiento de Canastilla

Diámetro de salida	Dsc	Dato	53.90	mm
Longitud de canastilla sea mayor a 3 veces diámetro salida y menor a 6 Dc	c	Dato	5	veces
Longitud de canastilla	Lc	$Lc = Dsc * c$	269.50	mm
Área de Ranuras	Ar	Dato	38.48	mm <sup>2</sup>
Diámetro canastilla = 2 veces diámetro de salida	Dc	$Dc = 2 * Dsc$	107.80	mm



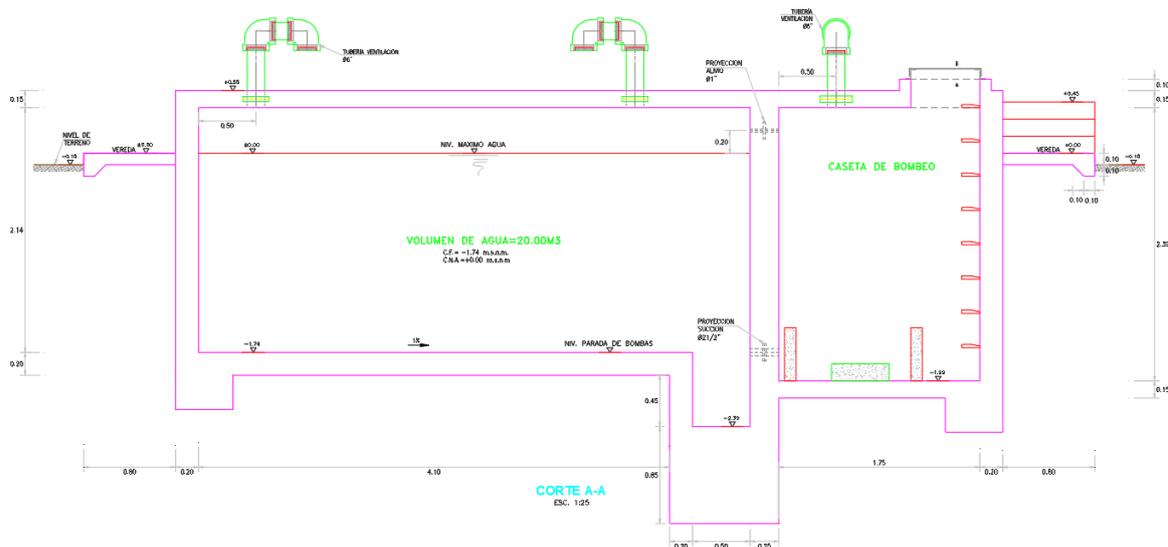


Fig. N° 25: Plano Corte – Cisterna 20 m<sup>3</sup>

#### 4.1.8. Diseño de Reservorio Apoyado de 15 m<sup>3</sup>.

##### 4.1.8.1 Memoria de cálculo Reservorio Apoyado de 15 m<sup>3</sup>.

Tabla N° 30: Memoria de Cálculo Reservorio Apoyado de 15 m<sup>3</sup>

Caudales de diseño y almacenamiento

% Regulación	Fr:	25.00	%
Caudal promedio	Qp	0.669	l/s
Volumen de regulación	Vreg:	14.46	m <sup>3</sup>
Tiempo de reserva 2 hrs < T < 4 hr	T:	0.00	hrs
Volumen de reserva	Vres:	0.00	m <sup>3</sup>
Volumen contra incendio	Vci :	0.00	m <sup>3</sup>
Volumen de almacenamiento	Valc :	14.46	m <sup>3</sup>
Volumen a considerar	V.Tanq:	15.00	m <sup>3</sup>

## Dimensionamiento

Ancho interno	b	Dato	3.6	m
Largo interno	l	Dato	3.6	m
Altura útil de agua	h		1.16	
Distancia vertical eje salida y fondo reservorio	hi	Dato	0.1	m
Altura total de agua			1.26	
Relación del ancho de la base y la altura (b/h)	j	$j = b / h$	2.86	adimensional
Distancia vertical techo reservorio y eje tubo de ingreso de agua	k	Dato	0.20	m
Distancia vertical entre eje tubo de rebose y eje ingreso de agua	l	Dato	0.20	m
Distancia vertical entre eje tubo de rebose y nivel máximo de agua	m	Dato	0.10	m
Altura total interna	H	$H = h + (k + l + m)$	1.76	m

## Instalaciones hidráulicas

Diámetro de ingreso	De	Dato	1 1/2	pulg
Diámetro salida	Ds	Dato	2	pulg
Diámetro de rebose	Dr	Dato	4	pulg
Limpia: Tiempo de vaciado asumido (segundos)			1,800	
Limpia: Cálculo de diámetro			2.7	
Diámetro de limpia	Dl	Dato	3	pulg
Diámetro de ventilación	Dv	Dato	2	pulg
Cantidad de ventilación	Cv	Dato	2	unidad

## Dimensionamiento de canastilla

Diámetro de salida	Dsc	Dato	54.20	mm
Longitud de canastilla sea mayor a 3 veces diámetro salida y menor a 6 Dc	c	Dato	5	veces
Longitud de canastilla	Lc	$Lc = Dsc * c$	271.00	mm
Área de Ranuras	Ar	Dato	38.48	mm <sup>2</sup>
Diámetro canastilla = 2 veces diámetro de salida	Dc	$Dc = 2 * Dsc$	108.40	mm



Fig. N° 26: Plano Planta – Reservoirio Apoyado de 15 m3

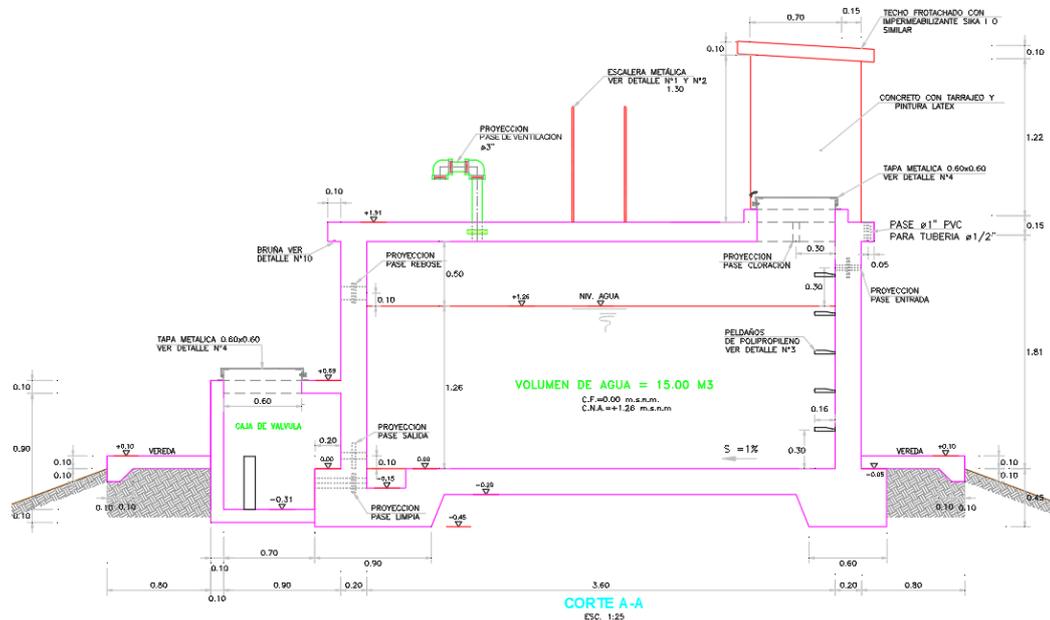


Fig. N° 27: Plano Corte A-A – Reservoirio Apoyado de 15 m3

#### 4.1.9. Diseño de línea de aducción.

La Línea de Aducción tendrá capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo horario (Q<sub>mh</sub>). El diámetro se diseñará para velocidades mínima de 0,6 m/s y máxima de 3,0 m/s. El diámetro mínimo de la línea de aducción es de 25 mm (1") para el caso de sistemas rurales.

En este caso tenemos 2 líneas de aducción.

Para la zona Oeste de la Localidad Calemar 212.00 m de tubería de 1"

Para la zona Este de la Localidad Calemar 1,048.00 m de tubería de 1"

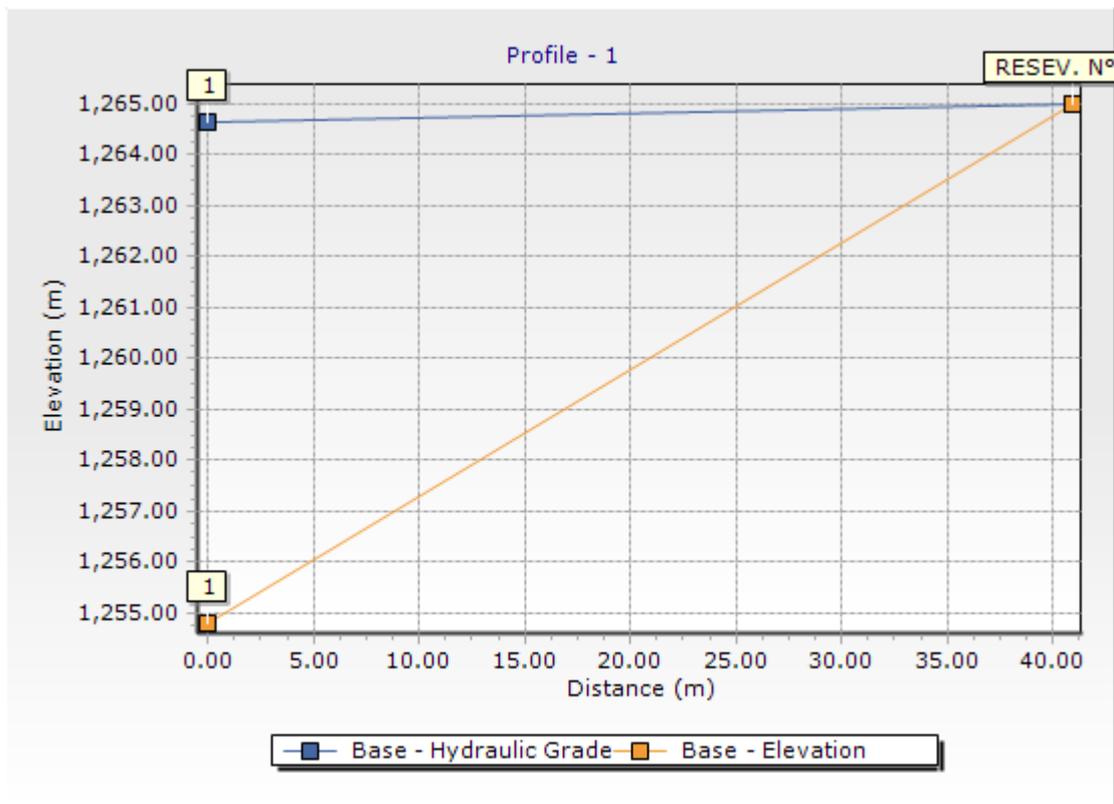


Fig. N° 28: Perfil – Salida Reservorio N° 01 hacia Junction N° 01 (Lado Oeste)

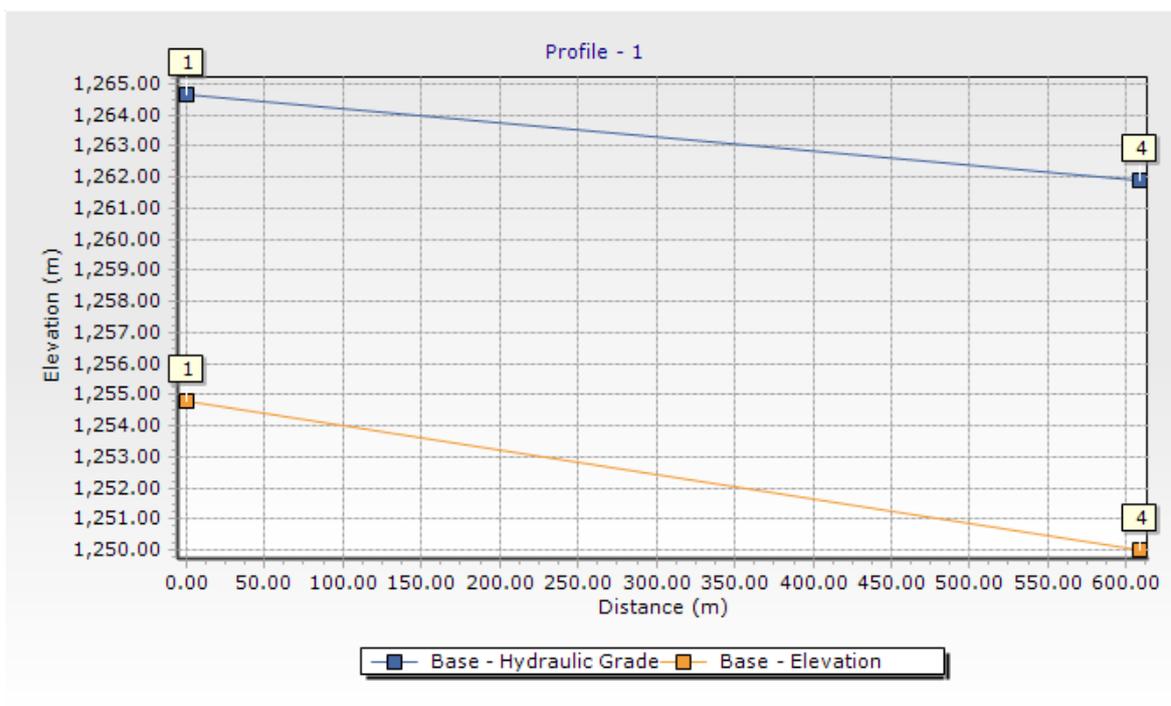


Fig. N° 29: Perfil – Junction N° 01 hacia Junction N° 04 (Lado Este)

#### 4.1.10. Diseño de Red de distribución.

Parámetros de diseño:

Caudal de diseño

Las redes de distribución se diseñarán para el caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ ).

Velocidades

La velocidad mínima en ningún caso podrá ser inferior a 0,30 m/s.

En general se recomienda un rango de velocidad de 0,5 – 1,00 m/s.

La velocidad máxima admisible será de 3 m/s.

Presiones

La presión mínima de servicio en cualquier punto de la red o línea de alimentación de agua no será menor de 5 - 8 m.c.a. y la presión estática no será mayor de 30 - 55 m.c.a.

Diámetros:

- El diámetro a utilizarse será aquel que asegure el caudal y presión adecuada en cualquier punto de la red.
- Los diámetros mínimos de las tuberías principales para redes 3/4 para ramales.

En el presente proyecto se ha realizado la distribución de 6,025.86 m de tuberías de 63mm, 1 1/2", 1" y 3/4", el mismo que fue diseñado con el caudal máximo horario de 1.50l/s.

##### 4.1.10.1 Resumen de tuberías en red de distribución.

Tabla N° 31: Resumen de tuberías PVC en red de distribución

DESCRIPCIÓN	LONGITUD (m)
TUBERIA PVC-U NTP ISO 1452 DN 63MM PN 10 BAR (S10; SDR 21)	42.16
TUBERIA PVC-U NTP ISO 399.002 DN 1 1/2" PN 10 BAR (CLASE 10)	1,556.06
TUBERIA PVC-U NTP ISO 399.002 DN 1" PN 10 BAR (CLASE 10)	1,014.27
TUBERIA PVC-U NTP ISO 399.002 DN 3/4" PN 10 BAR (CLASE 10)	3,413.37
<b>RED DE ADUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN (metros)</b>	<b>6,025.86</b>

#### 4.1.10.2 Esquema de la red de distribución en WaterCad.



Fig. N° 30: La Oeste de la red de distribución

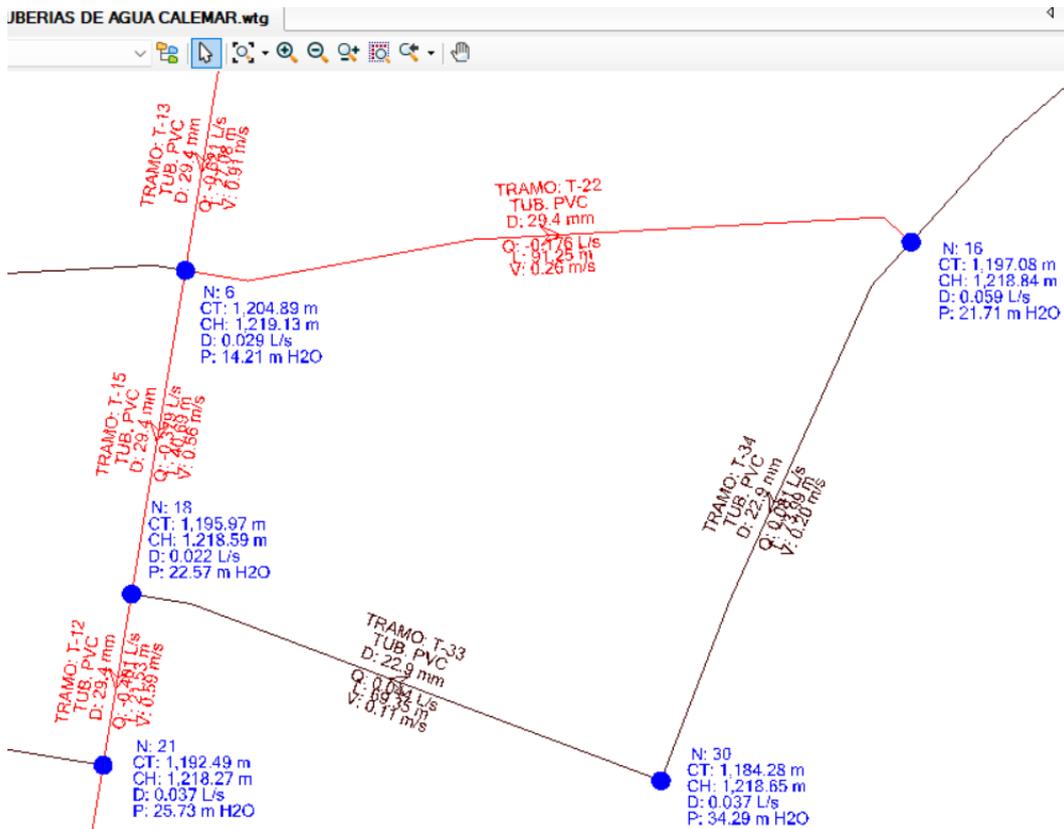


Fig. N° 31: Modelamiento hidráulico en el Lado Este de la localidad de Calemar

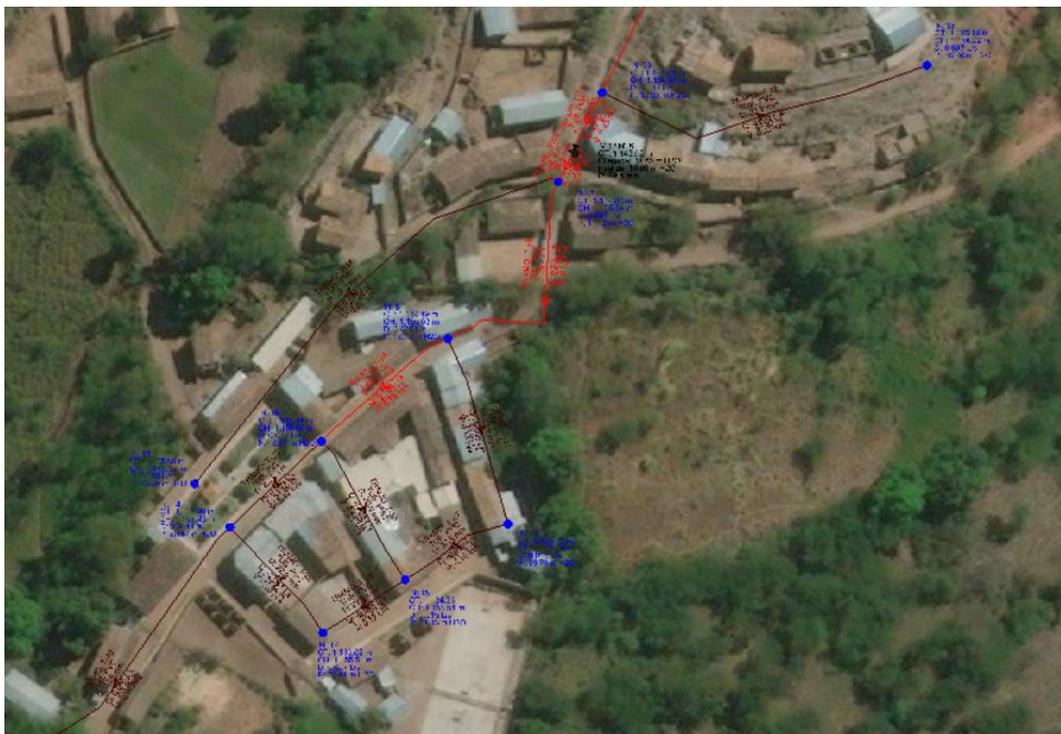


Fig. N° 32: La Oeste de la red de distribución

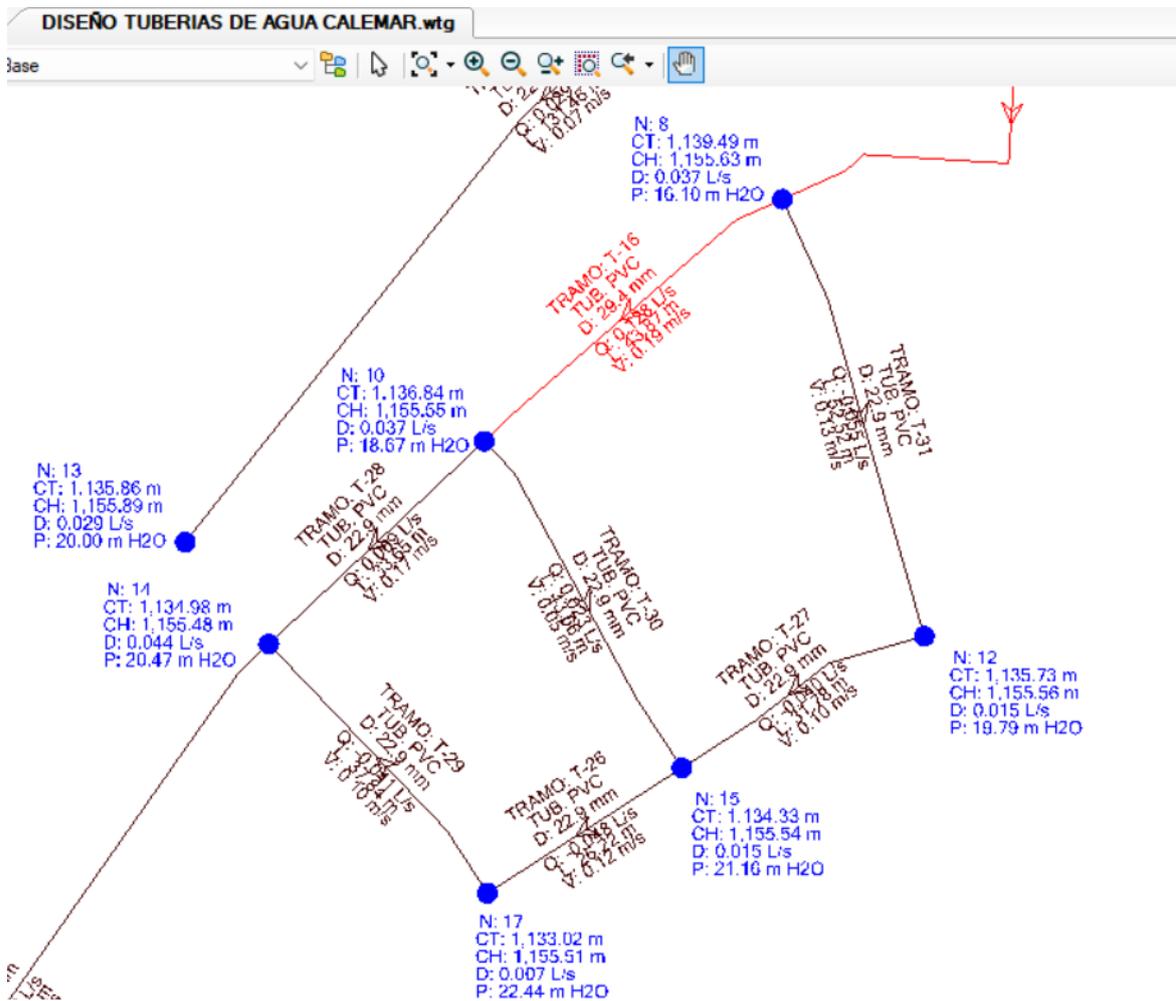


Fig. N° 33: Modelamiento hidráulico en el Lado Oeste de la localidad de Calemar

4.1.10.3 Reporte de WaterCad Red de distribución.

Tabla N° 32: Reporte de FlexTable: Pipe Table

Label	Length (3D) (m)	Start Node	Stop Node	Material	Hazen Williams C	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss (m)	Hydraulic Grade (Start) (m)
T-1	42.16	1	RESEV. N° 01	PVC	150	54.2	-1.491	0.65	0.35	1,264.65
T-2	20.64	VRP N° 1	1	PVC	150	43.4	-0.898	0.61	0.20	1,264.46
T-3	58.53	9	24	PVC	150	43.4	-0.795	0.54	0.45	1,257.05
T-4	126.47	24	28	PVC	150	43.4	-0.817	0.55	1.04	1,257.50
T-5	149.50	27	9	PVC	150	43.4	-0.759	0.51	1.07	1,255.98
T-6	153.00	28	VRP N° 1	PVC	150	43.4	-0.898	0.61	1.48	1,258.54

Label	Length (3D) (m)	Start Node	Stop Node	Material	Hazen Williams C	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss (m)	Hydraulic Grade (Start) (m)
T-7	608.67	1	4	PVC	150	43.4	0.593	0.40	2.77	1,264.65
T-8	416.16	4	VRP N° 8	PVC	150	43.4	0.593	0.40	1.89	1,261.88
T-9	23.09	VRP N° 8	3	PVC	150	43.4	0.593	0.40	0.10	1,235.85
T-10	9.96	VRP N° 6	2	PVC	150	29.4	0.293	0.43	0.08	1,156.02
T-11	16.99	33	VRP N° 6	PVC	150	29.4	0.293	0.43	0.14	1,184.08
T-12	21.81	21	18	PVC	150	29.4	-0.401	0.59	0.32	1,218.27
T-13	27.56	6	VRP N° 3	PVC	150	29.4	-0.621	0.91	0.89	1,219.13
T-14	38.09	25	21	PVC	150	29.4	-0.343	0.50	0.42	1,217.86
T-15	41.65	18	6	PVC	150	29.4	-0.379	0.56	0.54	1,218.59
T-16	43.95	8	10	PVC	150	29.4	0.115	0.17	0.06	1,155.63
T-17	46.38	VRP N° 5	5	PVC	150	29.4	0.505	0.74	1.04	1,188.02
T-18	65.79	2	8	PVC	150	29.4	0.220	0.32	0.32	1,155.94
T-19	56.09	23	29	PVC	150	29.4	0.124	0.18	0.09	1,217.48
T-20	95.39	VRP N° 3	27	PVC	150	29.4	-0.621	0.91	3.13	1,252.85
T-21	86.82	25	23	PVC	150	29.4	0.207	0.30	0.38	1,217.86
T-22	91.58	16	6	PVC	150	29.4	-0.176	0.26	0.29	1,218.84
T-23	163.76	5	33	PVC	150	29.4	0.447	0.66	2.90	1,186.98
T-24	208.45	3	VRP N° 5	PVC	150	29.4	0.505	0.74	4.58	1,235.74
T-25	25.86	28	VRP N° 2	PVC	150	22.9	0.081	0.20	0.06	1,258.54
T-26	26.25	17	15	PVC	150	22.9	-0.050	0.12	0.03	1,155.53
T-27	31.81	15	12	PVC	150	22.9	-0.053	0.13	0.04	1,155.56
T-28	33.70	10	14	PVC	150	22.9	0.067	0.16	0.06	1,155.56
T-29	37.89	14	17	PVC	150	22.9	-0.043	0.10	0.03	1,155.50
T-30	43.74	10	15	PVC	150	22.9	0.011	0.03	0.00	1,155.56
T-31	52.65	12	8	PVC	150	22.9	-0.068	0.10	0.03	1,155.60
T-32	64.52	6	7	PVC	150	22.9	0.037	0.09	0.04	1,219.13
T-33	70.33	30	18	PVC	150	22.9	0.044	0.11	0.06	1,218.65
T-34	75.09	16	30	PVC	150	22.9	0.081	0.20	0.19	1,218.84
T-35	83.13	24	35	PVC	150	22.9	0.015	0.04	0.01	1,257.50
T-36	78.74	23	20	PVC	150	22.9	0.015	0.04	0.01	1,217.48
T-37	82.59	VRP N° 4	25	PVC	150	22.9	-0.044	0.11	0.07	1,217.79
T-38	92.86	33	36	PVC	150	22.9	0.037	0.09	0.05	1,184.08
T-39	97.34	22	29	PVC	150	22.9	-0.037	0.09	0.06	1,217.33
T-40	104.02	14	VRP N° 7	PVC	150	22.9	0.066	0.16	0.18	1,155.50
T-41	135.13	26	5	PVC	150	22.9	-0.015	0.04	0.01	1,186.97
T-42	129.05	3	32	PVC	150	22.9	0.015	0.04	0.01	1,235.74
T-43	118.65	29	34	PVC	150	22.9	0.029	0.07	0.05	1,217.39
T-44	131.76	2	13	PVC	150	22.9	0.029	0.07	0.05	1,155.94
T-45	130.18	11	21	PVC	150	22.9	-0.022	0.05	0.03	1,218.24
T-46	181.14	39	9	PVC	150	22.9	-0.022	0.05	0.04	1,257.01

Label	Length (3D) (m)	Start Node	Stop Node	Material	Hazen Williams C	Diameter (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss (m)	Hydraulic Grade (Start) (m)
T-47	202.63	40	27	PVC	150	22.9	-0.029	0.07	0.08	1,255.90
T-48	253.53	VRP N° 7	19	PVC	150	22.9	0.066	0.16	0.44	1,130.00
T-49	265.87	37	16	PVC	150	22.9	-0.037	0.09	0.16	1,218.68
T-50	324.24	VRP N° 2	31	PVC	150	22.9	0.081	0.20	0.82	1,230.02
T-51	540.67	38	VRP N° 4	PVC	150	22.9	-0.044	0.11	0.45	1,174.55
<b>Longitud</b>	<b>6,025.86</b>									

*Tabla N° 33: Reporte de FlexTable: Junction Table*

Label	Hydraulic Grade (m)	Elevation (m)	Pressure (m H2O)	Y (m)	X (m)	Demand (L/s)
1	1,264.65	1,254.80	9.83	9,169,129.40	198,849.56	0.000
2	1,155.94	1,144.80	11.12	9,168,146.81	199,204.61	0.044
3	1,235.74	1,224.48	11.24	9,168,485.20	199,418.39	0.073
4	1,261.88	1,250.00	11.86	9,168,870.96	199,365.33	0.000
5	1,186.98	1,173.33	13.62	9,168,325.76	199,251.24	0.044
6	1,219.13	1,204.89	14.21	9,168,534.66	198,809.22	0.029
7	1,219.09	1,203.44	15.62	9,168,531.96	198,744.86	0.037
8	1,155.63	1,139.49	16.10	9,168,104.71	199,175.04	0.037
9	1,257.05	1,239.30	17.71	9,168,778.74	198,850.80	0.015
10	1,155.56	1,136.84	18.69	9,168,077.10	199,141.25	0.037
11	1,218.24	1,199.33	18.88	9,168,509.48	198,674.71	0.022
12	1,155.60	1,135.73	19.83	9,168,054.83	199,191.13	0.015
13	1,155.89	1,135.86	20.00	9,168,065.57	199,107.40	0.029
14	1,155.50	1,134.98	20.48	9,168,053.94	199,116.84	0.044
15	1,155.56	1,134.33	21.18	9,168,039.80	199,163.65	0.015
16	1,218.84	1,197.08	21.71	9,168,538.20	198,898.64	0.059
17	1,155.53	1,133.02	22.46	9,168,025.52	199,141.66	0.007
18	1,218.59	1,195.97	22.57	9,168,494.51	198,802.61	0.022
19	1,129.56	1,106.52	23.00	9,167,862.67	198,856.56	0.066
20	1,217.47	1,192.15	25.28	9,168,472.38	198,631.78	0.015
21	1,218.27	1,192.49	25.73	9,168,473.27	198,799.11	0.037
22	1,217.33	1,190.27	27.01	9,168,435.09	198,605.85	0.037
23	1,217.48	1,189.90	27.53	9,168,451.63	198,707.63	0.068
24	1,257.50	1,229.35	28.09	9,168,836.30	198,846.96	0.007
25	1,217.86	1,187.72	30.08	9,168,435.98	198,792.97	0.092
26	1,186.97	1,155.65	31.25	9,168,233.67	199,310.61	0.015
27	1,255.98	1,222.27	33.64	9,168,638.04	198,804.93	0.109
28	1,258.54	1,224.55	33.93	9,168,960.86	198,849.57	0.000

Label	Hydraulic Grade (m)	Elevation (m)	Pressure (m H2O)	Y (m)	X (m)	Demand (L/s)
29	1,217.39	1,183.14	34.18	9,168,397.63	198,694.36	0.059
30	1,218.65	1,184.28	34.29	9,168,471.35	198,867.84	0.037
31	1,229.20	1,194.35	34.78	9,168,863.72	199,155.60	0.081
32	1,235.73	1,200.01	35.64	9,168,552.15	199,326.25	0.015
33	1,184.08	1,148.04	35.96	9,168,170.86	199,216.34	0.117
34	1,217.34	1,179.82	37.44	9,168,376.97	198,810.85	0.029
35	1,257.49	1,219.28	38.14	9,168,845.42	198,769.57	0.015
36	1,184.02	1,145.19	38.76	9,168,178.18	199,303.20	0.037
37	1,218.68	1,179.15	39.45	9,168,650.21	199,100.47	0.037
38	1,174.55	1,127.47	46.99	9,168,025.79	198,964.41	0.044
39	1,257.01	1,203.89	53.01	9,168,735.35	198,998.38	0.022
40	1,255.90	1,200.11	55.68	9,168,647.03	198,983.33	0.029

#### 4.1.10.4 Caudal de diseño en WaterCad.

WaterGEMS CONNECT Edition Update 2 [DISEÑO TUBERIAS DE AGUA CALEMAR.wtg]

Calculation Summary (1: Base)

Time (hours)	Balanced?	Trials	Relative Flow Change	Flow Supplied (L/s)	Flow Demanded (L/s)	Flow Stored (L/s)
All Time Steps(1)	True	6	0.0000287	1.491	1.491	0.000
0.00	True	6	0.0000287	1.491	1.491	0.000

Fig. N° 34: Reporte de caudal de diseño Localidad Calemar

#### 4.1.11. Conexiones Domiciliarias.

El presente proyecto cuenta con 183 conexiones domiciliarias de uso doméstico y 3 conexiones de uso en el sector educación. Se asegura el caudal unitario requerido, cuyo valor es de 0.00732 lts/viv y 0.15 lts/viv respectivamente.

Se instalará para las viviendas e instituciones públicas. La acometida es desde la red principal hasta la caja de paso. Conexión domiciliaria, con tubería DN 1/2" PVC SP, C -10

La caja de conexión será prefabricada de dimensiones 0.50x0.30x0.35m, contará con una tapa termoplástica de 0.20x0.30m.

#### 4.1.11.1 Reporte de WaterCad Conexiones domiciliarias.

Tabla N° 34: Reporte de FlexTable: Customer Meter Table

Label	Unit Demand	Number of Unit Demands	Elevation (m)	X (m)	Y (m)	Associated Element
1	SECUNDARIA	1	1,232.68	198,831.46	9,168,704.92	T-5
2	PRIMARIA	1	1,184.64	198,819.27	9,168,431.65	T-37
3	INICIAL	1	1,192.48	198,680.96	9,168,460.90	T-36
4	DOMESTICO	1	1,230.83	199,478.13	9,168,463.72	T-9
5	DOMESTICO	1	1,198.54	199,324.77	9,168,445.88	T-24
6	DOMESTICO	1	1,190.22	198,615.57	9,168,433.34	T-39
7	DOMESTICO	1	1,188.65	198,628.24	9,168,425.07	T-39
8	DOMESTICO	1	1,187.08	198,641.95	9,168,419.25	T-39
9	DOMESTICO	1	1,186.22	198,662.11	9,168,412.14	T-39
10	DOMESTICO	1	1,185.76	198,690.22	9,168,415.23	T-19
11	DOMESTICO	1	1,187.32	198,700.18	9,168,430.18	T-19
12	DOMESTICO	1	1,188.81	198,703.74	9,168,442.34	T-19
13	DOMESTICO	1	1,192.64	198,644.96	9,168,471.07	T-36
14	DOMESTICO	1	1,194.30	198,662.00	9,168,467.75	T-36
15	DOMESTICO	1	1,179.52	199,263.92	9,168,398.04	T-24
16	DOMESTICO	1	1,191.37	198,693.80	9,168,457.40	T-36
17	DOMESTICO	1	1,189.43	198,724.60	9,168,450.60	T-21
18	DOMESTICO	1	1,189.05	198,742.68	9,168,447.41	T-21
19	DOMESTICO	1	1,188.73	198,756.49	9,168,444.65	T-21
20	DOMESTICO	1	1,188.50	198,766.21	9,168,442.61	T-21
21	DOMESTICO	1	1,188.16	198,781.50	9,168,439.67	T-21
22	DOMESTICO	1	1,189.77	198,791.45	9,168,456.17	T-14
23	DOMESTICO	1	1,199.33	198,683.04	9,168,510.46	T-45
24	DOMESTICO	1	1,197.88	198,701.95	9,168,501.66	T-45
25	DOMESTICO	1	1,196.18	198,707.38	9,168,491.79	T-45
26	DOMESTICO	1	1,181.51	199,304.17	9,168,380.30	T-24
27	DOMESTICO	1	1,194.27	198,751.69	9,168,481.31	T-45
28	DOMESTICO	1	1,195.71	198,757.23	9,168,489.56	T-45
29	DOMESTICO	1	1,195.10	198,769.20	9,168,486.25	T-45
30	DOMESTICO	1	1,194.50	198,796.82	9,168,483.88	T-12

Label	Unit Demand	Number of Unit Demands	Elevation (m)	X (m)	Y (m)	Associated Element
31	DOMESTICO	1	1,186.67	198,860.86	9,168,477.54	T-33
32	DOMESTICO	1	1,191.77	198,841.08	9,168,484.74	T-33
33	DOMESTICO	1	1,193.56	198,830.76	9,168,488.65	T-33
34	DOMESTICO	1	1,194.59	198,821.88	9,168,492.01	T-33
35	DOMESTICO	1	1,186.67	198,804.94	9,168,434.65	T-37
36	DOMESTICO	1	1,172.50	199,243.90	9,168,321.22	T-23
37	DOMESTICO	1	1,202.60	198,736.60	9,168,528.27	N-7
38	DOMESTICO	1	1,202.92	198,756.05	9,168,528.73	T-32
39	DOMESTICO	1	1,203.16	198,772.53	9,168,529.64	T-32
40	DOMESTICO	1	1,203.37	198,803.67	9,168,527.24	T-15
41	DOMESTICO	1	1,199.25	198,800.95	9,168,510.07	T-15
42	DOMESTICO	1	1,204.12	198,751.29	9,168,535.62	T-32
43	DOMESTICO	1	1,204.30	198,761.54	9,168,536.34	T-32
44	DOMESTICO	1	1,204.83	198,782.47	9,168,537.73	T-32
45	DOMESTICO	1	1,205.50	198,799.83	9,168,539.12	T-32
46	DOMESTICO	1	1,189.62	198,875.21	9,168,499.06	T-34
47	DOMESTICO	1	1,171.59	199,259.93	9,168,308.27	T-23
48	DOMESTICO	1	1,188.60	198,884.32	9,168,501.38	T-34
49	DOMESTICO	1	1,187.43	198,879.42	9,168,493.40	T-34
50	DOMESTICO	1	1,194.27	198,885.83	9,168,522.83	T-34
51	DOMESTICO	1	1,191.61	198,890.35	9,168,516.60	T-34
52	DOMESTICO	1	1,206.34	198,822.72	9,168,540.81	T-22
53	DOMESTICO	1	1,203.80	198,857.50	9,168,541.73	T-22
54	DOMESTICO	1	1,202.22	198,872.13	9,168,542.56	T-22
55	DOMESTICO	1	1,200.74	198,889.95	9,168,545.23	T-22
56	DOMESTICO	1	1,196.61	198,916.24	9,168,549.31	T-49
57	DOMESTICO	1	1,198.65	198,928.87	9,168,568.46	T-49
58	DOMESTICO	1	1,172.16	199,292.92	9,168,311.98	T-41
59	DOMESTICO	1	1,198.61	198,940.15	9,168,578.15	T-49
60	DOMESTICO	1	1,213.70	198,761.71	9,168,599.76	T-20
61	DOMESTICO	1	1,215.60	198,823.22	9,168,593.36	T-20
62	DOMESTICO	1	1,220.61	198,793.37	9,168,632.26	T-20
63	DOMESTICO	1	1,221.35	198,809.18	9,168,627.83	T-47
64	DOMESTICO	1	1,223.42	198,804.03	9,168,648.65	T-5
65	DOMESTICO	1	1,227.35	198,814.04	9,168,675.69	T-5
66	DOMESTICO	1	1,210.34	198,920.68	9,168,611.87	T-47
67	DOMESTICO	1	1,204.56	198,948.39	9,168,620.21	T-47
68	DOMESTICO	1	1,204.55	198,957.27	9,168,633.33	T-47
69	DOMESTICO	1	1,168.14	199,290.95	9,168,287.37	T-41
70	DOMESTICO	1	1,202.68	198,973.64	9,168,647.09	T-47

Label	Unit Demand	Number of Unit Demands	Elevation (m)	X (m)	Y (m)	Associated Element
71	DOMESTICO	1	1,230.64	198,820.82	9,168,718.99	T-5
72	DOMESTICO	1	1,238.11	198,845.25	9,168,770.55	T-5
73	DOMESTICO	1	1,212.82	198,976.17	9,168,730.98	T-46
74	DOMESTICO	1	1,208.75	198,981.93	9,168,717.49	T-46
75	DOMESTICO	1	1,206.19	198,992.16	9,168,725.57	T-46
76	DOMESTICO	1	1,221.63	198,782.50	9,168,851.78	T-35
77	DOMESTICO	1	1,226.58	198,809.05	9,168,859.40	T-35
78	DOMESTICO	1	1,220.43	198,835.50	9,168,893.94	T-4
79	DOMESTICO	1	1,170.48	199,255.22	9,168,291.29	T-23
80	DOMESTICO	1	1,192.38	199,157.22	9,168,853.22	T-50
81	DOMESTICO	1	1,191.41	199,141.88	9,168,835.25	T-50
82	DOMESTICO	1	1,191.38	199,126.03	9,168,824.15	T-50
83	DOMESTICO	1	1,194.35	199,109.83	9,168,837.81	T-50
84	DOMESTICO	1	1,196.44	199,098.29	9,168,848.90	T-50
85	DOMESTICO	1	1,201.21	199,036.79	9,168,877.48	T-50
86	DOMESTICO	1	1,204.61	199,053.64	9,168,891.39	T-50
87	DOMESTICO	1	1,209.12	199,020.74	9,168,920.88	T-50
88	DOMESTICO	1	1,206.37	198,964.55	9,168,907.26	T-50
89	DOMESTICO	1	1,220.66	198,882.24	9,168,962.01	T-50
90	DOMESTICO	1	1,156.47	199,313.99	9,168,240.73	N-26
91	DOMESTICO	1	1,217.50	198,901.76	9,168,953.75	T-50
92	DOMESTICO	1	1,182.73	198,831.88	9,168,427.83	T-37
93	DOMESTICO	1	1,190.74	199,009.00	9,168,618.72	T-49
94	DOMESTICO	1	1,185.67	199,056.33	9,168,638.07	T-49
95	DOMESTICO	1	1,183.81	199,074.10	9,168,659.97	T-49
96	DOMESTICO	1	1,187.49	199,054.85	9,168,668.14	T-49
97	DOMESTICO	1	1,179.51	199,095.31	9,168,642.51	N-37
98	DOMESTICO	1	1,166.80	199,239.09	9,168,262.61	T-23
99	DOMESTICO	1	1,236.75	199,451.55	9,168,512.29	T-9
100	DOMESTICO	1	1,167.54	199,252.43	9,168,265.49	T-23
101	DOMESTICO	1	1,161.56	199,221.19	9,168,241.06	T-23
102	DOMESTICO	1	1,159.43	199,228.68	9,168,228.26	T-23
103	DOMESTICO	1	1,156.33	199,204.18	9,168,221.20	T-23
104	DOMESTICO	1	1,158.47	199,263.21	9,168,222.76	T-23
105	DOMESTICO	1	1,153.28	199,260.40	9,168,201.85	T-23
106	DOMESTICO	1	1,153.71	199,199.70	9,168,209.04	T-23
107	DOMESTICO	1	1,153.58	199,214.48	9,168,203.25	T-23
108	DOMESTICO	1	1,149.75	199,212.48	9,168,185.06	T-23
109	DOMESTICO	1	1,148.80	199,188.28	9,168,182.87	N-33
110	DOMESTICO	1	1,227.41	199,412.79	9,168,513.15	T-42

Label	Unit Demand	Number of Unit Demands	Elevation (m)	X (m)	Y (m)	Associated Element
111	DOMESTICO	1	1,147.88	199,232.56	9,168,170.13	T-38
112	DOMESTICO	1	1,147.24	199,251.84	9,168,170.29	T-38
113	DOMESTICO	1	1,147.28	199,274.38	9,168,174.78	T-38
114	DOMESTICO	1	1,147.29	199,289.86	9,168,179.06	T-38
115	DOMESTICO	1	1,145.37	199,300.33	9,168,177.16	N-36
116	DOMESTICO	1	1,146.36	199,281.36	9,168,170.40	T-38
117	DOMESTICO	1	1,146.25	199,270.86	9,168,167.79	T-38
118	DOMESTICO	1	1,146.05	199,257.45	9,168,164.01	T-38
119	DOMESTICO	1	1,145.71	199,243.31	9,168,159.14	T-38
120	DOMESTICO	1	1,146.50	199,234.75	9,168,161.88	T-38
121	DOMESTICO	1	1,218.74	199,389.74	9,168,490.09	T-24
122	DOMESTICO	1	1,147.31	199,227.90	9,168,165.22	T-38
123	DOMESTICO	1	1,147.52	199,205.88	9,168,168.31	T-11
124	DOMESTICO	1	1,144.81	199,194.29	9,168,148.20	T-44
125	DOMESTICO	1	1,144.19	199,182.54	9,168,144.04	T-44
126	DOMESTICO	1	1,143.82	199,158.52	9,168,149.64	T-44
127	DOMESTICO	1	1,136.65	199,112.74	9,168,076.76	T-44
128	DOMESTICO	1	1,137.48	199,123.13	9,168,088.78	T-44
129	DOMESTICO	1	1,138.67	199,124.07	9,168,105.25	T-44
130	DOMESTICO	1	1,138.86	199,136.08	9,168,106.36	T-44
131	DOMESTICO	1	1,141.61	199,154.90	9,168,129.79	T-44
132	DOMESTICO	1	1,216.44	199,374.64	9,168,524.71	T-42
133	DOMESTICO	1	1,107.57	198,877.35	9,167,856.78	T-48
134	DOMESTICO	1	1,107.89	198,854.84	9,167,890.97	T-48
135	DOMESTICO	1	1,108.48	198,888.32	9,167,875.12	T-48
136	DOMESTICO	1	1,109.69	198,907.96	9,167,882.04	T-48
137	DOMESTICO	1	1,109.32	198,930.47	9,167,875.16	T-48
138	DOMESTICO	1	1,109.33	198,899.75	9,167,882.12	T-48
139	DOMESTICO	1	1,112.78	198,934.69	9,167,899.86	T-48
140	DOMESTICO	1	1,114.33	198,956.80	9,167,906.25	T-48
141	DOMESTICO	1	1,123.34	198,989.78	9,167,959.02	T-48
142	DOMESTICO	1	1,132.52	199,076.61	9,168,018.03	T-40
143	DOMESTICO	1	1,203.29	199,335.72	9,168,558.39	T-42
144	DOMESTICO	1	1,133.55	199,097.24	9,168,033.33	T-40
145	DOMESTICO	1	1,133.49	199,105.52	9,168,032.91	T-40
146	DOMESTICO	1	1,134.56	199,107.65	9,168,047.68	T-40
147	DOMESTICO	1	1,133.42	199,140.04	9,168,031.52	T-29
148	DOMESTICO	1	1,134.09	199,131.00	9,168,042.46	T-29
149	DOMESTICO	1	1,134.65	199,124.87	9,168,049.86	T-29
150	DOMESTICO	1	1,133.78	199,158.28	9,168,033.18	T-26

Label	Unit Demand	Number of Unit Demands	Elevation (m)	X (m)	Y (m)	Associated Element
151	DOMESTICO	1	1,135.76	199,150.08	9,168,058.98	T-30
152	DOMESTICO	1	1,136.18	199,138.35	9,168,069.35	T-28
153	DOMESTICO	1	1,136.65	199,147.85	9,168,071.88	T-30
154	DOMESTICO	1	1,210.29	199,353.36	9,168,555.90	T-42
155	DOMESTICO	1	1,136.32	199,150.98	9,168,066.25	T-30
156	DOMESTICO	1	1,135.40	199,157.88	9,168,053.82	T-30
157	DOMESTICO	1	1,135.28	199,175.24	9,168,050.81	T-27
158	DOMESTICO	1	1,136.59	199,181.01	9,168,067.21	T-31
159	DOMESTICO	1	1,138.52	199,173.52	9,168,092.40	T-31
160	DOMESTICO	1	1,138.29	199,160.09	9,168,090.39	T-16
161	DOMESTICO	1	1,137.79	199,148.93	9,168,086.81	T-16
162	DOMESTICO	1	1,138.51	199,156.01	9,168,093.72	T-16
163	DOMESTICO	1	1,139.14	199,164.75	9,168,100.96	T-16
164	DOMESTICO	1	1,139.86	199,179.02	9,168,109.16	T-18
165	DOMESTICO	1	1,212.62	199,371.33	9,168,478.54	T-24
166	DOMESTICO	1	1,140.34	199,159.43	9,168,115.72	T-44
167	DOMESTICO	1	1,143.29	199,201.21	9,168,135.26	T-18
168	DOMESTICO	1	1,126.89	198,955.89	9,168,038.74	T-51
169	DOMESTICO	1	1,137.33	199,056.28	9,168,159.90	T-51
170	DOMESTICO	1	1,138.57	199,063.98	9,168,178.66	T-51
171	DOMESTICO	1	1,139.87	199,090.42	9,168,189.20	T-51
172	DOMESTICO	1	1,145.60	199,028.53	9,168,256.21	T-51
173	DOMESTICO	1	1,158.77	198,994.02	9,168,340.85	T-51
174	DOMESTICO	1	1,180.32	198,804.68	9,168,374.08	T-43
175	DOMESTICO	1	1,181.28	198,793.23	9,168,375.00	T-43
176	DOMESTICO	1	1,203.80	199,351.21	9,168,448.77	T-24
177	DOMESTICO	1	1,181.70	198,781.46	9,168,376.48	T-43
178	DOMESTICO	1	1,182.24	198,760.78	9,168,379.47	T-43
179	DOMESTICO	1	1,182.25	198,748.72	9,168,381.33	T-43
180	DOMESTICO	1	1,181.92	198,728.10	9,168,384.54	T-43
181	DOMESTICO	1	1,181.88	198,713.42	9,168,388.58	T-43
182	DOMESTICO	1	1,181.75	198,702.33	9,168,390.43	T-43
183	DOMESTICO	1	1,183.59	198,681.70	9,168,396.62	T-39
184	DOMESTICO	1	1,185.14	198,644.06	9,168,409.55	T-39
185	DOMESTICO	1	1,186.20	198,630.29	9,168,415.58	T-39
186	DOMESTICO	1	1,184.58	198,684.36	9,168,404.53	T-39

*Tabla N° 35: Reporte de FlexTable: Lateral Table*

<b>Label</b>	<b>Start Node</b>	<b>Stop Node</b>	<b>Length (m)</b>
L-1	5	Tap-4467	19.12
L-2	6	Tap-4468	4.28
L-3	7	Tap-4469	5.01
L-4	8	Tap-4470	4.61
L-5	9	Tap-4471	4.62
L-6	10	Tap-4472	8.66
L-7	11	Tap-4473	3.03
L-8	12	Tap-4474	2.51
L-9	13	Tap-4475	2.42
L-10	14	Tap-4476	4.00
L-11	3	Tap-4477	2.71
L-12	15	Tap-4478	18.78
L-13	16	Tap-4479	2.94
L-14	17	Tap-4480	1.43
L-15	18	Tap-4481	1.90
L-16	19	Tap-4482	2.04
L-17	20	Tap-4483	2.04
L-18	21	Tap-4484	1.77
L-19	22	Tap-4485	4.78
L-20	23	Tap-4486	4.61
L-21	24	Tap-4487	3.30
L-22	25	Tap-4488	4.75
L-23	26	Tap-4489	21.18
L-24	27	Tap-4490	3.03
L-25	28	Tap-4491	6.40
L-26	29	Tap-4492	6.40
L-27	30	Tap-4493	3.98
L-28	31	Tap-4494	3.32
L-29	32	Tap-4495	3.03
L-30	33	Tap-4496	3.03
L-31	34	Tap-4497	3.03
L-32	2	Tap-4498	0.70
L-33	35	Tap-4499	0.70
L-34	36	Tap-4500	7.05
L-35	37	N-7	9.04
L-36	38	Tap-4501	3.85
L-37	39	Tap-4502	3.85
L-38	40	Tap-4503	4.27
L-39	41	Tap-4504	4.16
L-40	42	Tap-4505	3.29
L-41	43	Tap-4506	3.45

<b>Label</b>	<b>Start Node</b>	<b>Stop Node</b>	<b>Length (m)</b>
L-42	44	Tap-4507	3.68
L-43	45	Tap-4508	4.11
L-44	46	Tap-4509	3.18
L-45	47	Tap-4510	9.74
L-46	48	Tap-4511	4.18
L-47	49	Tap-4512	2.97
L-48	50	Tap-4513	3.19
L-49	51	Tap-4514	3.48
L-50	52	Tap-4515	6.25
L-51	53	Tap-4516	2.52
L-52	54	Tap-4517	2.55
L-53	55	Tap-4518	4.23
L-54	56	Tap-4519	5.30
L-55	57	Tap-4520	1.01
L-56	58	Tap-4521	10.35
L-57	59	Tap-4522	1.01
L-58	60	Tap-4523	29.29
L-59	61	Tap-4524	13.21
L-60	62	Tap-4525	6.77
L-61	63	Tap-4526	6.42
L-62	64	Tap-4527	4.96
L-63	65	Tap-4528	4.14
L-64	66	Tap-4529	5.97
L-65	67	Tap-4530	2.65
L-66	68	Tap-4531	3.24
L-67	69	Tap-4532	9.88
L-68	70	Tap-4533	5.48
L-69	1	Tap-4534	3.00
L-70	71	Tap-4535	11.60
L-71	72	Tap-4536	4.97
L-72	73	Tap-4537	5.57
L-73	74	Tap-4538	10.81
L-74	75	Tap-4539	6.00
L-75	76	Tap-4540	5.49
L-76	77	Tap-4541	11.32
L-77	78	Tap-4542	7.24
L-78	79	Tap-4543	6.07
L-79	80	Tap-4544	9.16
L-80	81	Tap-4545	13.34
L-81	82	Tap-4546	12.77
L-82	83	Tap-4547	8.57
L-83	84	Tap-4548	8.96
L-84	85	Tap-4549	12.80

<b>Label</b>	<b>Start Node</b>	<b>Stop Node</b>	<b>Length (m)</b>
L-85	86	Tap-4550	7.41
L-86	87	Tap-4551	16.11
L-87	88	Tap-4552	22.50
L-88	89	Tap-4553	10.72
L-89	90	N-26	7.83
L-90	91	Tap-4554	8.24
L-91	92	Tap-4555	0.44
L-92	93	Tap-4556	4.88
L-93	94	Tap-4557	17.08
L-94	95	Tap-4558	12.02
L-95	96	Tap-4559	6.72
L-96	97	N-37	9.26
L-97	98	Tap-4560	8.28
L-98	100	Tap-4562	4.86
L-99	101	Tap-4563	24.83
L-100	102	Tap-4564	14.07
L-101	103	Tap-4565	32.99
L-102	104	Tap-4566	19.40
L-103	105	Tap-4567	26.03
L-104	106	Tap-4568	31.69
L-105	107	Tap-4569	15.86
L-106	108	Tap-4570	9.69
L-107	109	N-33	30.53
L-108	110	Tap-4571	9.11
L-109	111	Tap-4572	6.46
L-110	112	Tap-4573	7.76
L-111	113	Tap-4574	5.93
L-112	114	Tap-4575	5.30
L-113	115	N-36	3.04
L-114	116	Tap-4576	0.00
L-115	117	Tap-4577	0.00
L-116	118	Tap-4578	0.00
L-117	119	Tap-4579	0.00
L-118	120	Tap-4580	0.00
L-119	121	Tap-4581	15.62
L-120	122	Tap-4582	0.00
L-121	123	Tap-4583	8.29
L-122	124	Tap-4584	3.19
L-123	125	Tap-4585	3.07
L-124	126	Tap-4586	18.02
L-125	127	Tap-4587	2.72
L-126	128	Tap-4588	2.00
L-127	129	Tap-4589	11.44

<b>Label</b>	<b>Start Node</b>	<b>Stop Node</b>	<b>Length (m)</b>
L-128	130	Tap-4590	2.70
L-129	131	Tap-4591	5.55
L-130	132	Tap-4592	17.14
L-131	133	Tap-4593	20.43
L-132	134	Tap-4594	17.57
L-133	135	Tap-4595	13.49
L-134	136	Tap-4596	1.93
L-135	137	Tap-4597	13.28
L-136	138	Tap-4598	1.90
L-137	139	Tap-4599	4.78
L-138	140	Tap-4600	9.71
L-139	141	Tap-4601	10.67
L-140	142	Tap-4602	11.58
L-141	143	Tap-4603	6.94
L-142	144	Tap-4604	3.40
L-143	145	Tap-4605	3.64
L-144	146	Tap-4606	3.06
L-145	147	Tap-4607	1.91
L-146	148	Tap-4608	2.36
L-147	149	Tap-4609	3.02
L-148	150	Tap-4610	2.63
L-149	151	Tap-4611	2.10
L-150	152	Tap-4612	3.63
L-151	153	Tap-4613	2.04
L-152	154	Tap-4614	5.80
L-153	155	Tap-4615	2.13
L-154	156	Tap-4616	2.33
L-155	157	Tap-4617	2.38
L-156	158	Tap-4618	6.35
L-157	159	Tap-4619	6.47
L-158	160	Tap-4620	2.61
L-159	161	Tap-4621	2.04
L-160	162	Tap-4622	2.58
L-161	163	Tap-4623	2.28
L-162	164	Tap-4624	2.41
L-163	165	Tap-4625	12.12
L-164	166	Tap-4626	7.99
L-165	167	Tap-4627	1.10
L-166	168	Tap-4628	14.35
L-167	169	Tap-4629	9.00
L-168	170	Tap-4630	12.68
L-169	171	Tap-4631	36.14
L-170	172	Tap-4632	36.05

Label	Start Node	Stop Node	Length (m)
L-171	173	Tap-4633	14.34
L-172	174	Tap-4634	3.62
L-173	175	Tap-4635	4.10
L-174	176	Tap-4636	10.93
L-175	177	Tap-4637	4.07
L-176	178	Tap-4638	3.63
L-177	179	Tap-4639	3.26
L-178	180	Tap-4640	3.66
L-179	181	Tap-4641	3.66
L-180	182	Tap-4642	4.82
L-181	183	Tap-4643	4.34
L-182	184	Tap-4644	3.83
L-183	185	Tap-4645	2.73
L-184	186	Tap-4646	3.99
L-185	4	Tap-4466	42.98
L-186	99	Tap-4561	12.10
<b>Longitud tubería conexiones domiciliarias</b>			<b>1,402.22</b>

#### 4.1.12. Válvula de Control.

Se construirán cajas de válvulas de control con sus respectivos accesorios, con el fin de tener una correcta operación y mantenimiento del sistema, así como de regular el caudal en diferentes sectores de la red de distribución.

Se recomienda una sección interior mínima de 0,60 x 0,60 m, tanto por facilidad constructiva como para permitir el alojamiento de los elementos.

El cierre de la cámara será estanco y removible, para facilitar las operaciones de mantenimiento.

En el proyecto se ha considerado 08 Válvulas de control en la red de distribución.

#### 4.2. Discusión de resultados

Se puede apreciar la solución, con una nueva captación tipo barraje con derivación ubicada en el río el Marañón, el agua del río será tratada en la planta de tratamiento la cual comprende un sedimentador, prefiltro y filtro lento; dicha agua tratada será almacenada en una cisterna de 20 m<sup>3</sup> y luego será bombeada hacia el reservorio apoyado de 15 m<sup>3</sup>, para ser distribuida a la red de distribución, finalmente llega a las 186 conexiones domiciliarias.

## Capítulo V. CONCLUSIONES

### 5.1. Conclusiones

Como primer objetivo se concluye, que el terreno es ondulado, presentada desniveles hasta de 40%, la cota más baja del sistema de agua potable es 1,106 msnm y la cota más alta es 1,265 msnm, la localidad de Calemar cuenta con un área de influencia de más de 1,338 hás. La localidad de Calemar, se sitúa al costado del río Marañón.

Como segundo objetivo, se pudo determinar el modelo hidráulico optimizado del sistema de agua potable, en el que se desarrolló el diseño de una captación tipo barraje con canal de derivación de dimensiones 0.40 m x 0.40 m, el canal conduce el agua recolectada del río Marañón hacia un desarenador 0.30m x 1.20m, luego se traslada hacia una planta de tratamiento comprendida entre sedimentador, prefiltro y filtro lento, dicha agua tratada, es almacenada en una cisterna enterrada de 20 m<sup>3</sup>, la misma que será bombeada a través de la línea de impulsión al reservorio apoyado de 15 m<sup>3</sup>. El caudal de diseño para la red de distribución del sistema de agua potable es de 1.49 l/s, el cual abastecerá a 186 conexiones domiciliarias, para una población de diseño por un periodo de 20 años de 723 habitantes. La longitud de tuberías usadas en la red de distribución será de 6,025.86m, entre TUBERIA PVC-U NTP ISO 1452 DN 63MM PN 10 BAR (S10; SDR 21) y TUBERIA PVC-U NTP ISO 399.002 DN 1 1/2", 1", 1" y 3/4" PN 10 BAR (CLASE 10). La presión mínima en los nodos es de 9.83 m H<sub>2</sub>O y la presión máxima es de 50 m H<sub>2</sub>O. La tubería para conexiones domiciliarias tiene una longitud de 1,402.22m con TUBERIA PVC-U NTP ISO 399.002 DN 1/2" PN 10 BAR (CLASE 10). Se han ubicado 8 válvulas reguladoras de presión, 8 válvulas de control, 4 válvulas de aire y 4 válvulas de purga.

Como tercer objetivo, se realizó el reporte de los diseños hidráulicos de cada componente que interviene en el sistema de agua potable, llámese, captación tipo barraje, desarenador, sedimentador, prefiltro, filtro lento, cisterna, línea de impulsión, reservorio apoyado, red de distribución y conexiones domiciliarias.

## 5.2. Recomendaciones

Todas las normas sobre educación para la salud deben enviarse al público o en cualquier caso a través de las instituciones educativas para enseñar sobre el uso correcto de las instalaciones de salud. Se recomienda desarrollar un programa de control de fugas para reducir las pérdidas.

Se recomienda utilizar juntas flexibles entre tuberías; donde hay un cambio en la dirección de la tubería, los codos de diseño se colocan en el ángulo variable y se cubren a su vez con un bloque de hormigón  $f_c = 175 \text{ kg / cm}^2$ , que es resistente a las fuerzas de impacto debido al cambio de dirección del agua.

Se recomienda que las válvulas de control se coloquen en puntos estratégicos para que se pueda realizar el mantenimiento correspondiente, sin afectar a los habitantes de la localidad. Además de la instalación de válvulas de acero con el mismo diámetro que la tubería asegura una funcionalidad suficiente. Estas válvulas estarán protegidas por una caja de hormigón con tapón de F° F°.

Para las proyecciones de población para la estimación de recursos, existen varios métodos, cada uno debido a la disponibilidad de información.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Ruiz, P. (2007). *APUNTES SOBRE EL CURSO DE INGENIERÍA SANITARIA 1*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- ANA. (2017). *RD N° 326-2017-ANA-AAA.H.CH*. Autoridad Nacional del Agua. Nuevo Chimbote: Autoridad Nacional del Agua.
- Ávila Córdova, L., Martínez Barrera, G., Barrera Díaz, C., Ureña Nuñez, F., & Loza Sañez, A. (2015). PET de desecho y su uso en concreto. *OmniaScience*. , pp. 95-122.
- BAMBAMARCA, A. (2018). *Diagnóstico Hídrico rápido de la cuenca del río Chicama como fuente de agua y servicios ecosistémicos hídricos para la EPS*. Trujillo: ATM BAMBAMARCA.
- Barrera Chinchilla, M. A. (2011). *Diseño del sistema de agua potable por gravedad y bombeo en la Aldea Joconal y escuela primaria en la Aldea Campanario Progreso, Municipio de la Unión, Departamento de Zacapa*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Batres Mina, J. G., Flores Ventura, D. I., & Quintanilla Hernández, A. E. (2010). *Rediseño del sistema de abastecimiento de agua Potable, diseño del alcantarillado sanitario y de aguas lluvias para el municipio de San Luis del Carmen, Departamento de Chalatenango*. El Salvador: Universidad de El Salvador.
- Cabrera, J. (2011). <https://civilgeeks.com/2011/09/27/resistencia-vs-rigidez/>.
- CEPIS. (2004). *Guía de diseño para líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural*. Lima: UNATSABAR.
- Choy Bejar, V. D. (2002). *Diseño de una línea de impulsión y selección del equipo de bombeo para la extracción de agua subterránea, planes de expansión de mínimo costo de agua potable y alcantarillado EPS Chimbote*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Harmsen, T. E. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Hérrnandez Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la investigación Quinta edición*. México: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana.

- Huete Huarcaya, D. A. (2017). *Evaluación del Funcionamiento del Sistema de Agua Potable en el Pueblo Joven San Pedro, Distrito de Chimbote - Propuesta de Solución – Ancash – 2017*. Chimbote: Universidad César Vallejo.
- INEI. (21 de 05 de 2019). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Obtenido de Indicadores: <https://www.inei.gob.pe/>
- Juárez N., M., María E., S., & Vera M., J. (2011). Estudio de factibilidad para la manufactura de empuñaduras de PET reciclado. *e-Gnosis [online]*, Vol. 9 Art. 2.
- Mac. Gregor, J. (1992, 2° edición). *Reinforced Concrete, Mechanic and Design*. New Jersey: Prentice - Hall.
- Morales Morales, R. (2006, 3° Edición). *Diseño en concreto armado*. Lima: ICG.
- MVCS. (2004). *Criterios para selección de opciones técnicas y niveles de servicio en sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento en zonas rurales*. Lima: GOBIERNO DEL PERÚ.
- MVCS. (2018). *Norma técnica de diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural*. Lima: RM N°192-2018-VIVIENDA.
- Nawy, E. (1990, 2° Edición). *Concreto reforzado, un enfoque básico*. México: Prentice- Hall Hispano americana .
- Neville, A. (1984, Tomos I Y III). *Tecnología del concreto* . México: Editorial Limusa.
- Olivari Feijoo, O. P., & Castro Saravia, R. (2008). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua y alcantarillado del Centro Poblado Cruz de Médano - Lambayeque*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- OMS. (18 de 05 de 2019). ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD.
- OS.100RNE. (2006). *CONSIDERACIONES BÁSICAS DE DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA SANITARIA*. Lima: El Peruano.
- Ospina Botero, D. (1981). Modelos matemáticos elementales en proyecciones de población. *Revista Colombiana de Estadística*, 3.
- Pasquel Carbajal, E. (1992-1993). *Tópico de tecnología del concreto en el Perú*. Lima: Libro 17 de la colección del Ingeniero Civil.
- Prudencio Arenas, J. R. (2015). *Modelamiento de simulación de líneas de conducción e impulsión del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Cerro de Pasco*. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

- Rivera Martínez, L. E. (2013). *Materiales alternativos para la elaboración de tabiques ecológicos. (Tesis para optar el grado de Maestro en Ingeniería en Administración de la Construcción)*. Instituto Tecnológico de Sonora, Sonora, México.
- Rivva López, E. (2008). *Materiales para el concreto*. Lima: Fondo Editorial ICG.
- RM.192-2018-VIVIENDA. (2018). *"Norma técnica de diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural"*. Lima: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.
- RNE. (2006). *Norma OS.010 Captación y Conducción de agua para consumo humano*. Lima: Reglamento Nacional de Edificaciones.
- RNE. (2006). *OS.050 Redes de distribución de agua para consumo humano*. Lima: Reglamento Nacional de Edificaciones.
- RNE. (2009). *Norma E.060 Concreto Armado*. Lima - Perú: Reglamento Nacional de Edificaciones.
- RNE OS.010. (2006). *Captación y Conducción de agua para consumo humano*. Lima: Reglamento Nacional de Edificaciones.
- RNE OS.050. (2006). *Redes de distribución de agua para consumo humano*. Lima: Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Rodriguez Ruiz, P. (2001). *Abastecimiento de agua*. Oaxaca: Instituto Tecnológico de Oaxaca.
- Salcedo Santillán, G. (2005). *Estudio del proyecto de ampliación de la línea de impulsión, sistema de bombeo y tanque elevado para agua potable en el Centro Poblado Rural (CPR) Picapiedra distrito de Pachacamac*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- topographic-map.com. (21 de 05 de 2019). *Topographic*. Obtenido de <http://es-pe.topographic-map.com/>: <http://es-pe.topographic-map.com/>
- Torre C., A. (2004). *CURSO BASICO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO PARA INGENIEROS CIVILES*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- UITACR. (2016). *El golpe de ariete*. España: Universidad de Castilla - La Mancha.
- Vierendel. (2009). *Abastecimiento de agua y alcantarillado*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.