



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**  
Universidad del Perú. Decana de América  
Facultad de Ciencias Físicas  
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos

**Diseño hidráulico de la línea de conducción para el  
abastecimiento de agua potable del distrito de Oyón**

**MONOGRAFÍA TÉCNICA**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

**AUTOR**

Hugo Alfonso JARA ROJAS

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Jara, H. (2022). *Diseño hidráulico de la línea de conducción para el abastecimiento de agua potable del distrito de Oyón*. [Monografía técnica de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

## Metadatos complementarios

<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	HUGO ALFONSO JARA ROJAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	77178751
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0003-4251-8601">https://orcid.org/0000-0003-4251-8601</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	-
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	-
URL de ORCID	-
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	DOUGLAS DONAL SARANGO JULCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07136313
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	JUAN MIGUEL DE LA TORRE OSTOS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09634918
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	ADOLFO CARLOS LOZADA PEDRAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09383020
<b>Miembro del jurado 3</b>	
Nombres y apellidos	
Tipo de documento	DNI

Número de documento de identidad	
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	A.2.5.2. Recursos Hídricos
Grupo de investigación	
Agencia de financiamiento	PROPIA
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Oyón Distrito: Oyón Latitud: -10°40' 5" Longitud: 76°46' 23"
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2021-2022
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería mecánica <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.01</a>



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**  
(Universidad del PERÚ, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**

**XIII CAP DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE LA MONOGRAFÍA TÉCNICA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO DE FLUIDOS, MODALIDAD DE TITULACIÓN M-3 - POR SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Siendo las 14:00 horas del día miércoles 7 de diciembre de 2022, en la Sala de Sesión Virtual de la Facultad de Ciencias Físicas, bajo la presidencia del Dr. Ing. DOUGLAS DONAL SARANGO JULCA y con la asistencia de los miembros Mg. Ing. JUAN MIGUEL DE LA TORRE OSTOS y el Mg. Ing. ADOLFO CARLOS LOZADA PEDRAZA, se dio inicio a la Sesión Pública Virtual de Sustentación de la Monografía Técnica para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, mediante la Modalidad de Titulación M-3 Por Suficiencia Profesional, del Bachiller:

**HUGO ALFONSO JARA ROJAS**

El Presidente del Jurado Examinador dio lectura del Resumen del Expediente, e invitó al Bachiller HUGO ALFONSO JARA ROJAS, a realizar la Exposición del trabajo de la Monografía Técnica titulada "DISEÑO HIDRÁULICO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE OYÓN".

Concluida la exposición del candidato y luego de las preguntas de rigor por parte del Jurado Examinador, el Presidente invitó al Bachiller a abandonar momentáneamente la sala de sesión para dar paso a la deliberación y calificación por parte del Jurado. Se procedió a promediar la nota final del curso de actualización y la nota de la sustentación para obtener la calificación final.

Al término de la deliberación del Jurado, se invitó al candidato a regresar a la sala de sesión para dar lectura a la calificación final obtenida por el Bachiller, la misma que fue:

.....**DIECISEIS**..... **16**.....

El Presidente del Jurado Dr. Ing. DOUGLAS DONAL SARANGO JULCA, a nombre de la Nación y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, declaró al Bachiller HUGO ALFONSO JARA ROJAS Ingeniero Mecánico de Fluidos.

Siendo las 15:00 horas, del mismo día, se levantó la sesión.

**Dr. Ing. DOUGLAS DONAL SARANGO JULCA**  
PRESIDENTE DEL JURADO

**Mg. Ing. JUAN MIGUEL DE LA TORRE OSTOS**  
MIEMBRO DEL JURADO

**Mg. Ing. ADOLFO CARLOS LOZADA PEDRAZA**  
MIEMBRO DEL JURADO



Firmado digitalmente por LOZANO  
BARTRA Whualkuer Enrique FAU  
20148092282 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 15.12.2022 14:25:41 -05:00

**DR. WHUALKUER ENRIQUE LOZANO BARTRA**  
VICEDECANO ACADÉMICO FCF

Datos de la plataforma virtual institucional del acto de sustentación:

<https://us06web.zoom.us/j/89608626883?pwd=VEJhUXhoYWFrUGE5VXZRMEtOd041dz09>

ID de reunión: 896 0862 6883

Código de acceso: 580331

Grabación archivada en el siguiente enlace:

<https://drive.google.com/file/d/18G0cbZDxvCdfKTdQFbs46iB0kWWWPwyI/view?usp=sharing>

## Anexo 1

### Informe de evaluación de Originalidad

1. Facultad de Ciencias Físicas
2. Escuela/Unidad de Posgrado  
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos
3. Autoridad Académica que emite el informe de originalidad  
El Director de la EPIMF
4. Apellidos y nombres de la autoridad académica  
Sarango Julca Douglas Donal
5. Operador del programa Informático de similitudes  
Dr. Ing. Douglas Sarango Julca
6. Documento evaluado (1)  
"DISEÑO HIDRÁULICO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE OYÓN"
7. Autor del documento (2)  
HUGO ALFONSO JARA ROJAS
8. Fecha de recepción del documento 24/11/22
9. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes 25/11/22
10. Software utilizado
  - Turnitin (X)
  - Ithenticate
  - Otro (especificar)
11. Configuración del programa detector de similitudes
  - Excluye textos entrecomillados
  - Incluye Bibliografía
  - Excluye cadenas menores a 40 palabras
12. Porcentaje de similitudes según programa detector de similitudes<sup>3</sup>  
1%
13. Fuentes originales de las similitudes encontradas<sup>4</sup>
14. Observaciones  
Ninguna
15. Calificación de originalidad
  - Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones (X)
  - Documento cumple criterios de originalidad, con observaciones
  - Documento no cumple criterios de originalidad
16. Fecha del Informe 15 /12 /22



UNMSM

Firmado digitalmente por SARANGO  
JULCA Douglas Donal FAU  
20148092232 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 15.12.2022 21:54:53 -05:00

**DR. ING. Douglas Sarango Julca**  
DIRECTOR ( e ) DE LA EPIMF

- 
- 1 Otro (especificar) Monografía Técnica Modalidad de Titulación M-3  
Suficiencia Profesional
  - 2 Apellidos y Nombres completos
  - 3 En letras y números
  - 4 Indicarlas en orden decreciente y su respectivo porcentaje

*Dedico el presente trabajo monográfico a mis  
hermanas que siempre me alentaron a continuar  
y terminar satisfactoriamente la carrera de Ing.  
Mecánica de Fluidos, puesto que siempre  
estuvieron presentes en mi paso por la UNMSM.*



*En el campo del desarrollo humano, siempre existen personas que fortalecen tu caminar, en ese sentido agradezco a mis padres quienes siempre me dieron fortaleza en mi formación profesional, del mismo modo a mi alma mater la UNMSM en cuyas aulas quedaran recuerdos inolvidables de mi paso, a mis maestros quienes me guiaron por las sendas del conocimiento..*

*Gracias*

## Índice de Contenido

<b>Resumen.....</b>	<b>viii</b>
<b>Capítulo 1: Generalidades.....</b>	<b>7</b>
1.1. Introducción.....	7
1.2. Importancia del Tema.....	8
1.3. Identificación del Problema.....	8
1.3.1. Descripción del Problema.....	8
1.3.2. Problema Principal.....	11
1.3.3. Problemas Secundarios.....	11
1.4. Propuesta de Solución.....	11
1.5. Objetivos.....	12
1.5.1. Objetivo General.....	12
1.5.2. Objetivo Específico.....	12
<b>Capítulo 2: Marco Teórico.....</b>	<b>13</b>
2.1. Antecedentes.....	13
2.1.1. Antecedentes Nacionales.....	13
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	14
2.2. Bases Teóricas Fundamentales.....	15
2.2.1. Ecuación de Energía.....	15
2.2.2. Fórmula de Hazen y Williams.....	15
2.2.3. Pérdida de Carga por Fricción.....	16
2.2.4. Pérdida de Carga Local.....	17
2.2.5. Línea de Conducción por Gravedad.....	18
2.3. Bases Teóricas de Ingeniería.....	19
2.3.1. Periodo de Diseño.....	19
2.3.2. Población de Diseño.....	19
2.3.3. Métodos Analíticos de Cálculo de la Poblacional Futura.....	20
2.4. Dotación.....	21
2.5. Caudal de Diseño.....	22
2.5.1. Caudal Promedio Diario.....	22
2.5.2. Caudal Máximo Diario.....	22
2.6. Glosario.....	23
<b>Capítulo 3: Descripción Metodológica.....</b>	<b>24</b>

3.1.	Tipo de Investigación .....	24
3.2.	Ubicación del Proyecto.....	24
3.2.1.	Ubicación Geográfica.....	24
3.2.2.	Ubicación de la Zona de Estudio.....	25
3.2.3.	Clima .....	25
3.3.	Descripción de las Instalaciones Existentes y Proyectadas .....	26
3.4.	Estándares y Normatividad.....	26
3.4.1.	Instrumentos de Recolección de Información .....	27
3.5.	Procesamiento de Información .....	27
3.6.	Consideraciones de Diseño.....	28
3.6.1.	Población.....	28
3.6.2.	Muestra.....	28
3.6.3.	Periodo de Diseño .....	28
3.6.4.	Población de Diseño.....	28
3.6.5.	Caudal de Diseño .....	28
	<b>Capítulo 4: Resultados y Discusión .....</b>	<b>29</b>
4.1.	Presentación de Resultados .....	29
4.1.1.	Periodo de Diseño .....	29
4.1.2.	Cálculo Poblacional por el Método Aritmético .....	29
4.1.3.	Cálculo Poblacional por el Método Geométrico .....	33
4.1.4.	Cálculo Poblacional por el Método Parabólico.....	36
4.1.5.	Selección del Método de Cálculo de Poblacional .....	40
4.1.6.	Cálculo del Caudal de Diseño .....	42
4.1.7.	Cámara de Reunión de Caudales.....	43
4.1.8.	Diseño de Línea de Conducción.....	46
4.1.9.	Válvula Reductora de Presión .....	52
4.1.10.	Válvula de Aire .....	53
4.1.11.	Válvula de Purga .....	55
4.1.12.	Pases Aéreos.....	55
4.1.13.	Dados de Anclaje .....	56
4.1.14.	Volumen de Reservorio.....	57
4.2.	Toma de Decisiones.....	58
	<b>Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>59</b>
	<b>Conclusiones .....</b>	<b>59</b>

<b>Recomendaciones .....</b>	<b>62</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>66</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Valores de los Coeficientes de Hazen Williams .....	16
<b>Tabla 2</b> Valores de los coeficientes de pérdidas locales por accesorios km.....	17
<b>Tabla 3</b> Periodo de diseño de las estructuras proyectadas. ....	19
<b>Tabla 4</b> Población del distrito de Oyón en los años 1981,1993,2007 y 2017.....	29
<b>Tabla 5</b> Poblaciones estimadas con las tasas de crecimiento, método aritmético.....	31
<b>Tabla 6</b> Poblaciones estimadas con las tasas de crecimiento, método geométrico....	35
<b>Tabla 7</b> Datos para emplear método parabólico.....	36
<b>Tabla 8</b> Resumen de poblaciones estimadas, método parabólico .....	38
<b>Tabla 9</b> Resumen de estimación poblacional por los métodos aritmético, geométrico y parabólico.....	40
<b>Tabla 10</b> Población del distrito de Oyón 2017.....	42
<b>Tabla 11</b> Características de las tuberías HDPE.....	48
<b>Tabla 12</b> Cotas de estructuras proyectadas .....	50
<b>Tabla 13</b> Cantidad de Accesorios en el Tramo 1 .....	51
<b>Tabla 14</b> Cuadro resumen de presiones obtenidas .....	52
<b>Tabla 15</b> Cuadro resumen de presiones finales acumuladas.....	60

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Quebrada Shurisikan .....	8
<b>Figura 2</b> Manantial La Pampa.....	8
<b>Figura 3</b> Cámara de reunión de caudales, ubicada en el Sector Bellaluz. ....	9
<b>Figura 4</b> Estado de las líneas de conducción existentes.....	9
<b>Figura 5</b> Fuga de agua en las líneas de conducción.....	9
<b>Figura 6</b> Reservorio de 200m <sup>3</sup> de capacidad.....	10
<b>Figura 7</b> Reservorio de 600m <sup>3</sup> de capacidad.....	10
<b>Figura 8</b> Esquema de las componentes de la infraestructura de conducción de agua.	18
<b>Figura 9</b> Mapa distrital de la provincia de Oyón .....	24
<b>Figura 10</b> Vista panorámica de la propuesta de solución proyectada.....	25
<b>Figura 11</b> Comparación de crecimiento poblacional por el método aritmético.....	32
<b>Figura 12</b> Comparación de crecimiento poblacional por el método geométrico .....	35
<b>Figura 13</b> Poblaciones estimadas por el método parabólico.....	39
<b>Figura 14</b> Comparación de métodos de cálculo poblacional .....	41
<b>Figura 15</b> Gráfico de la línea de conducción de Oyón. ....	49
<b>Figura 16</b> Grafica para la selección de válvulas de aire .....	54
<b>Figura 17</b> Pase aéreo de 60m .....	55

## Resumen

El trabajo monográfico denominado: “Diseño hidráulico de la línea de conducción para el abastecimiento de agua potable del distrito de Oyón”, se desarrolló en el distrito de Oyón, el cual contaba con un sistema de conducción de agua precario debido a la antigüedad de las tuberías instaladas, las cuales constantemente presentaban fugas en las uniones y empalmes, que debían ser reparadas por la municipalidad distrital encargada del mantenimiento y de suministrar agua a toda la población.

Estos problemas provocaban que permanentemente en la localidad haya un desabastecimiento de agua. Por lo que para solucionar este problema se propuso determinar el diseño hidráulico de la línea de conducción que abastecerá de agua potable al distrito de Oyón, determinando los criterios de diseño hidráulico necesarios, las características de las tuberías que se emplearon y todas las estructuras complementarias que se requirieron para que el sistema de conducción agua sea funcional.

**Palabras Claves:** Agua, línea de conducción, abastecimiento, diseño hidráulico, demanda de agua.

## 1. Capítulo 1: Generalidades

### 1.1.Introducción

La monografía técnica será de tipo descriptiva y abordará la solución que se propuso para realizar el diseño hidráulico de la línea de conducción que permitió abastecer de agua potable al distrito de Oyón, debido a que se producían pérdidas de agua en las tuberías a causa del desgaste de su vida útil, por lo cual no podía transportar el caudal necesario para cubrir la demanda poblacional.

La monografía está constituida del siguiente modo:

El **capítulo 1**, contiene las **generalidades** del trabajo monográfico en el cual se plantea la importancia del tema tratado, se identifica el problema, la solución propuesta y se definen los objetivos.

El **capítulo 2**, hace referencia al **marco teórico**, el cual establece los conceptos que ayudaran al desarrollo de la presente monografía técnica, tales como: Métodos de cálculo poblacional, Ecuación de Hazen Williams, ecuación de la energía, entre otros.

El **capítulo 3**, comprende la **descripción de la metodología**, usada en la redacción de la monografía técnica, y se describe las consideraciones de diseño empleadas.

El **capítulo 4**, nombrado **resultados y discusión**, se refiere a los cálculos que se obtuvieron al procesar toda la información y se analizan para interpretarlos.

Se finaliza con las **conclusiones y recomendaciones** donde se evidencia el cumplimiento de los objetivos planteados.

## 1.2.Importancia del Tema

La importancia radica en mejorar la estructura de conducción de agua del distrito de Oyón, de forma que no se interrumpan las actividades cotidianas de los usuarios que son suministrados por dicho sistema.

Asimismo, la mejora de la línea de conducción permitiría que un mayor número de pobladores tengan acceso a este servicio, ya que se tendrá un mayor volumen de agua disponible para abastecer a los sectores donde no se cuenta conexiones domiciliarias de agua, a causa de las pérdidas que se producen.

## 1.3.Identificación del Problema

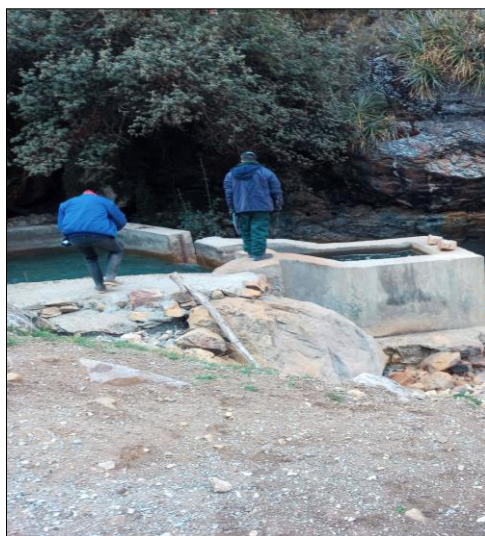
### 1.3.1. Descripción del Problema

El distrito de Oyón, contaba con tuberías de conducción de agua con más de 40 años de instaladas, por lo que ya se ha cumplido la vida útil del sistema. Dicho esto, se pasará a describir el sistema de agua existente.

- El agua del cual se abastece la población, se capta de la quebrada Shurisikan y el manantial denominado La Pampa, por los cuales permanentemente discurre agua.

**Figura 1**

*Quebrada Shurisikan*



*Nota.* Elaboración Propia.

**Figura 2**

*Manantial La Pampa*



*Nota.* Elaboración Propia



- De la captación Shurisikan y del manantial La Pampa se trasportaba agua hasta una cámara de reunión en el sector denominado Bellaluz a una altitud de 3900 m s. n. m.

### Figura 3

*Cámara de reunión de caudales, ubicada en el Sector Bellaluz.*



*Nota.* Elaboración Propia, fotografía tomada en el sector llamado Bellaluz en el distrito de Oyón.

Partiendo de la cámara reunión de caudales, se conducía agua por medio de dos tuberías de diámetro 6" PVC y 8" HDPE respectivamente, trasportándola hasta los reservorios ubicados en el sector conocido como Loglaragra a una altitud de 3704 m s. n. m. sin embargo, en su trayecto las líneas de conducción permanentemente presentaban pérdidas de agua en las tuberías y en los empalmes de las reparaciones realizadas.

### Figura 4

Estado de las líneas de conducción existentes



*Nota.* Elaboración Propia

### Figura 5

*Fuga de agua en las líneas de conducción.*



*Nota.* Elaboración Propia

Los reservorios de agua tienen una capacidad 200m<sup>3</sup> y 400m<sup>3</sup>, encontrándose conservados ya que fueron rehabilitados en los últimos años.

**Figura 6**

*Reservorio de 200m<sup>3</sup> de capacidad*



**Figura 7**

*Reservorio de 600m<sup>3</sup> de capacidad.*



Por lo expuesto los residentes de esta comunidad no contaban con un servicio continuo de agua potable, teniendo que abastecerse por otros medios, como por ejemplo se empleaba el agua de regadío para el aseo personal y agua embotellada para la bebida y cocción de los alimentos, no siendo esto suficiente para cubrir todas las necesidades básicas y fundamentales de la población.

### **1.3.2. Problema Principal**

La vida útil de la línea de conducción de abastecimiento de agua del distrito de Oyón ha sido superada, tiene más de 40 años de operación, lo cual ha ocasionado problemas de fugas y no operatividad con el consecuente desabastecimiento de agua a la población.

### **1.3.3. Problemas Secundarios**

Los problemas secundarios que se utilizaron para estructurar el problema principal fueron los siguientes:

- La vida útil de la línea de conducción de abastecimiento de agua al Distrito de Oyón.
- Fugas en las uniones de las tuberías.
- Fugas en las zonas de la tubería de conducción donde se han realizados reparaciones.

### **1.4. Propuesta de Solución**

Las propuestas de solución al problema de las fugas de agua en línea de conducción, son las siguientes:

- Diseño hidráulico óptimo de la línea de conducción de abastecimiento de agua del distrito Oyón.
- Diseño de 01 cámara de reunión de caudales.
- Instalación de estructuras complementarias para el adecuado funcionamiento de la línea de conducción.
- Diseño de los dados de anclaje.

## **1.5.Objetivos**

### **1.5.1. *Objetivo General***

- Realizar el diseño hidráulico de la línea de conducción que abastecerá de agua potable al distrito de Oyón.

### **1.5.2. *Objetivo Específico***

- Determinar los criterios de diseño hidráulico de la línea de conducción de agua del distrito de Oyón.
- Determinar las características de las tuberías empleadas en el diseño de la línea de conducción de agua del distrito de Oyón.
- Determinar las estructuras complementarias necesarias que se emplearon para el adecuado funcionamiento de la línea de conducción de agua del distrito de Oyón.

## 2. Capítulo 2: Marco Teórico

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. *Antecedentes Nacionales*

Jaime (2021), en su tesis titulada “Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en los caseríos Cabuyal, José Gálvez, Pagay, Naranjitos, San Miguel y Túpac Amaru del distrito de Yamango, provincia de Morropón, departamento de Piura – Perú - 2020”.

Tuvo como finalidad abastecer de agua potable a los caseríos de Yamango, determinando las componentes que serían necesarias para dotar de agua a los habitantes, para lo cual requirió calcular el caudal óptimo, la dotación y las dimensiones de las estructuras que compondrían el sistema apoyándose en la R.M N° 192-2018-Vivienda. Teniendo como resultado que se requiere de un sistema de agua completo que incluya una fuente de agua y un sistema que la conduzca hasta los usuarios.

El estudio presenta similitud con el presente trabajo monográfico ya que se tienen parecidas condiciones de diseño.

Pérez (2022), en su tesis de título profesional “Diseño hidráulico de la distribución por impulsión del sistema de agua potable, Asociación de Vivienda Santa Rosa II etapa, San Juan de Miraflores, Lima”.

Realiza su investigación en un asentamiento humano y determina el diseño para resolver la problemática de la falta de agua, obteniendo como resultado que se requiere la construcción infraestructura de almacenamiento de agua que será abastecido por una línea de bombeo.

El estudio trasciende al presente trabajo monográfico ya que se utilizan similares criterios de diseño poblacional y de demanda de caudal de agua.

Alayo et al.(2016), en su tesis de título profesional “simulación hidráulica de la línea de conducción y red de distribución de agua potable aplicando el software watercad en la localidad de Laredo”, realiza un análisis hidráulico de la conducción agua, mediante software WaterCAD obteniendo como resultados las presiones y velocidades óptimas con las cuales funciona el sistema. Concluyendo que el diseño es confiable para el suministro de agua y mejora del sistema.

### **2.1.2. Antecedentes Internacionales**

Villacis (2018), en su tesis de título profesional, “evaluación de la línea de conducción del sistema de abastecimiento de agua potable del Cantón Rumiñahui” realiza el mejoramiento de la infraestructura de conducción de agua desde una fuente de agua inicial y llega al final de la C.R.P, teniendo como resultado un análisis hidráulico mediante el software EPANET obteniendo los parámetros de diseño que garantizan optimizar la infraestructura existente.

## 2.2. Bases Teóricas Fundamentales

### 2.2.1. Ecuación de Energía

El balance de energía obedece a la siguiente fórmula.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_k \quad (1)$$

Donde: Z: Energía de Posición (m)

V: Presión (N/m<sup>2</sup>)

V: Velocidad (m/s)

$\gamma$ : Peso específico del fluido (N/m<sup>3</sup>)

g: Aceleración de la Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$h_f$ : Pérdida de carga por fricción (m)

$h_k$ : Pérdida de carga local (m)

### 2.2.2. Fórmula de Hazen y Williams

Utilizada en la hidráulica, para diámetros de tuberías superiores a 2" y velocidades de hasta 3 m/s (Rocha, 2007).

$$Q = 0.000426 * C * D^{2.63} * S^{0.54} \quad (2)$$

$$S = \frac{h_f}{L} \quad (3)$$

Donde:

Q : Caudal (l/s)

S : Pendiente de energía por pérdidas (m/km)

$h_f$  : Pérdida de carga (m)

D : Diámetro interno (m)

C : Coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

L : Longitud (m)

### 2.2.3. Pérdida de Carga por Fricción

Viene a ser la energía que se disipa por el rozamiento entre el fluido y la sección interna de la tubería (Saldarriaga, 2007).

$$h_f = 10.674 * \left[ \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.86}} \right] * L \quad (4)$$

Donde:

Q : Caudal (l/s)

$h_f$  : Pérdida de carga (m)

D : Diámetro interno (m)

C : Coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

L : Longitud (m)

**Tabla 1**

*Valores de los Coeficientes de Hazen Williams*

Tipo de Tubería	"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
Polietileno, Asbesto Cemento	140
Poli (cloruro de vinilo) PVC	150

*Nota.* Tomado del RNE: Norma OS.010 (p.6), por MVCS, 2006 (<https://cutt.ly/kM6WGtT>).



### 2.2.4. Pérdida de Carga Local

Es producida por los accesorios que se emplean en una tubería, ya que provocan cambios de dirección en flujo cuyo valor se ha obtenido de forma experimental (Saldarriaga, 2007).

$$h_i = k_i * \frac{v^2}{2g} \quad (5)$$

Donde:

$h_i$  : Pérdida de carga local (m)

$k_i$  : Coeficiente de pérdida de carga por accesorio (adimensional)

$g$  : Gravedad ( $m/s^2$ )

$V$  : Velocidad media del flujo

**Tabla 2**

*Valores de los coeficientes de pérdidas locales por accesorios  $k_m$*

Accesorio	$k_m$
Tee en sentido recto	0.3
Válvula compuerta, abierta	0.2
Codo 90°	0.75
Codo 45°	0.4
Codo 22.5°	0.25

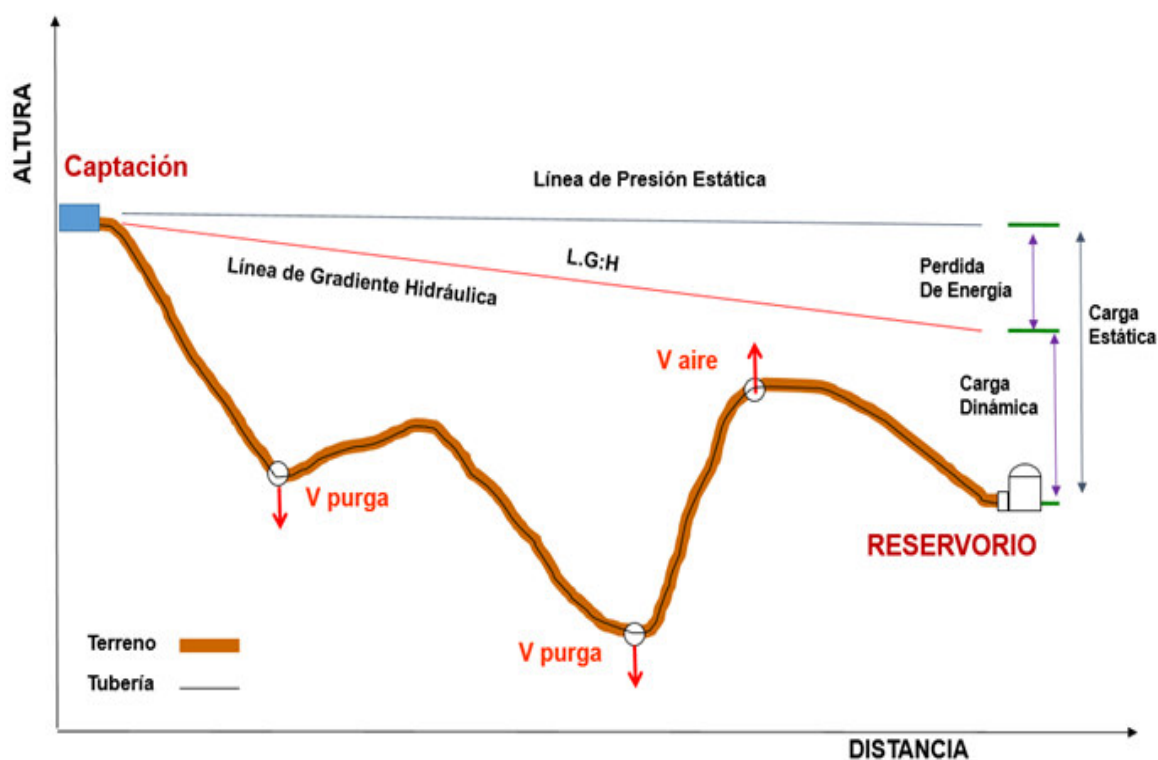
*Nota.* La tabla muestra los valores por cada clase de accesorio. Adaptado del libro Hidráulica de Tuberías (p.141), por J. Saldarriaga, 2007 (<https://cutt.ly/eM6Tmgo>).

### 2.2.5. Línea de Conducción por Gravedad

Conduce agua desde una cota de mayor altura (Captación) hasta una cota de menor altura (Reservorio o PTAB), cuyo caudal transportado deberá garantizar el gasto máximo diario (Valdivia, 2020).

**Figura 8**

*Esquema de las componentes de la infraestructura de conducción de agua.*



*Nota.* Recopilado de la RM-192-2018-VIVIENDA (p.76), por MVCS, 2018 (<https://cutt.ly/sM6lejK>).

## 2.3. Bases Teóricas de Ingeniería

### 2.3.1. *Periodo de Diseño*

Viene a ser el tiempo proyectado en que una estructura construida durará sin requerir mayores gastos en mantenimiento (Valdez ,1990).

**Tabla 3**

Periodo de diseño de las estructuras proyectadas.

<i>Estructura</i>	<i>Periodo de Diseño</i>
<i>Fuente de abastecimiento</i>	<i>20 Años</i>
<i>Obra de Captación</i>	<i>20 Años</i>
<i>Pozos</i>	<i>20 Años</i>
<i>Planta de Tratamiento de Agua Para Consumo Humano (PTAB)</i>	<i>20 Años</i>
<i>Reservorio</i>	<i>20 Años</i>
<i>Líneas de Conducción, Aducción, Impulsión y Distribución</i>	<i>20 Años</i>
<i>Estación de Bombeo</i>	<i>20 Años</i>
<i>Equipos de Bombeo</i>	<i>10 Años</i>
<i>Unidad Básica de Saneamiento (Arrastre hidráulico, Compostera y Zona inundable)</i>	<i>10 Años</i>
<i>Unidad Básica de Saneamiento (Hoyo Seco Ventilado)</i>	<i>5 Años</i>

*Nota.* La figura muestra los diferentes periodos de diseño según el tipo de estructura proyectada.

Tomado de la RM-192-2018-VIVIENDA (p.30), por MVCS, 2018 (<https://cutt.ly/sM6IejK>).

### 2.3.2. *Población de Diseño*

Es la estimación que se realiza para conocer la cantidad de habitantes en un periodo de tiempo determinado, con el fin de saber si estas personas podrán hacer uso del sistema de agua con normalidad (Agüero, 1997).

### 2.3.3. *Métodos Analíticos de Cálculo de la Poblacional Futura*

#### 2.3.3.1. **Método Aritmético**

El método aritmético se aplica en poblaciones en permanente crecimiento, lo cual se puede comprobar analizando los últimos censos realizados a fin de verificar si entre periodos de tiempo se produjeron incrementos similares (McGhee, 1999).

$$P_t = P_o * \left(1 + \frac{r * t}{100}\right) \quad (6)$$

Donde:

$P_t$  : Población futura (hab)

$P_o$  : Población año cero (hab)

$r$  : Tasa de crecimiento en (%)

$t$  : Intervalo de tiempo a determinar (años)

#### 2.3.3.2. **Método Geométrico**

Este método supone un crecimiento poblacional permanente en intervalos de tiempo, de forma que se determina la población empleando una cifra promedio con la cual se evalúan los años futuros en los que se desea conocer la información (Mejía, et al. 2016).

$$P_t = P_o * (1 + r)^t \quad (7)$$

Donde:

$P_t$  : Población futura (hab)

$P_o$  : Población año cero (hab)

$r$  : Tasa de crecimiento en (%)

$t$  : Intervalo de tiempo a determinar (años)

### 2.3.3.3. Método Parabólico

El método parabólico se emplea para estimar la población futura en el periodo inicial de su desarrollo (Vierendel, 2009).

$$P_t = A + B * t + C * t^2 \quad (8)$$

Donde:

$P_t$  : Población futura (hab)

A,B y C: Constantes, en habitantes / año.

t : Intervalo de tiempo a determinar (años)

### 2.4.Dotación

Viene a ser el volumen de agua requerida por un individuo, que cubre su gasto diario e incluye los desperdicios de agua que se generan en este proceso (Rodríguez, 2001).

$$\text{Dot} = \left( \frac{\text{Consumo}}{\text{Habit. con servicio}} \right) \quad (9)$$

Dot= Dotación en (l/hab.día)

Consumo en (m<sup>3</sup>/ día)

## 2.5. Caudal de Diseño

### 2.5.1. Caudal Promedio Diario

Es el volumen de agua requerido en un periodo de diseño determinado, de tal forma que la infraestructura construida funcione de manera óptima y satisfaga todas las demandas de agua que puedan ocurrir en días de máximo consumo. (Arocha, 1997)

$$Q_p = \frac{\text{Dot} * P_t}{86400} \quad (10)$$

Donde:

$Q_p$  : Caudal promedio (l/s)

Dot: Dotación (l/hab.d)

$P_t$  : Población futura (hab)

### 2.5.2. Caudal Máximo Diario

Se define como la estimación que se realiza del máximo consumo de agua que se registra diariamente, y que debe ser cubierta de forma que no genere problemas de abastecimiento en los usuarios. (Arocha, 1997).

$$Q_{md} = k_1 * Q_p \quad (11)$$

Donde:

$Q_{md}$  : Caudal máximo diario (l/s)

$k_1$  : Coeficiente de caudal máximo diario

$Q_p$  : Caudal promedio (l/s)

## 2.6. Glosario

**Línea de conducción:** Estructura que se encarga de transportar agua desde una fuente de toma de agua hasta un almacenamiento (MVCS, 2018).

**Presión estática:** Presión en un punto cuando el fluido no presenta movimiento (MVCS, 2018).

**Vida útil:** Tiempo en el que se espera que una estructura u objeto funcione de manera eficiente.

**Válvula de aire:** Tiene como función liberar el aire que se almacena en las zonas más altas, cuando está en funcionamiento la línea de conducción. (Vierendel, 2009)

**Válvula de purga:** Expulsa las partículas de tierra u arena que se depositen en la parte más baja de línea de conducción. (Vierendel, 2009).

**Reservorio:** Es una estructura que almacena agua (MVCS, 2018).

### 3. Capítulo 3: Descripción Metodológica

#### 3.1. Tipo de Investigación

La monografía técnica desarrollada es del tipo descriptiva. Por cuanto se describe el diseño hidráulico de la línea de conducción, que permitió abastecer de agua potable al distrito de Oyón.

#### 3.2. Ubicación del Proyecto

##### 3.2.1. Ubicación Geográfica

La zona de estudio se desarrolló en la localidad de Oyón, el cual se encuentra a 232.7 km al noreste de Lima, teniendo los siguientes límites:

##### Límites:

Oeste : Prov. Huaura.

Norte : Prov. Cajatambo.

Sur : Prov. Huaura.

Este : Dpto. Pasco.

##### Coordenadas Geográficas:

Este : 840304.00 m

Norte : 8829964.00 m

Altitud : 3620 m s. n. m.

**Figura 9**

*Mapa distrital de la provincia de Oyón*



*Nota.* Imagen de elaboración propia, con software QGIS, versión 3.28, 2022.



### 3.2.2. Ubicación de la Zona de Estudio

La infraestructura de conducción de agua para este proyecto inicia en la cámara de reunión de caudales ubicado a una altitud de 3850.61 m s. n. m. en el sector llamado Bellaluz y llega hasta el distrito de Oyón hasta el sector denominado Loglaragra.

### Figura 10

*Vista panorámica de la propuesta de solución proyectada*



*Nota.* Imagen satelital de la infraestructura de conducción proyectada. Fuente: Google Earth, 2022.

### 3.2.3. Clima

El clima en el distrito de Oyón es semiseco y frío. Teniendo en los meses de mayo a octubre, días soleados y noches con heladas cuya temperatura mínima descienden hasta  $-5.3^{\circ}\text{C}$  y de noviembre a abril lluvias intensas.

Para el presente estudio el clima fue uno de los factores principales que se tomaron en cuenta para elegir la clase de tubería que se colocaría, ya que las temperaturas frías afectan la vida útil de las tuberías.

### 3.3.Descripción de las Instalaciones Existentes y Proyectoadas

En la zona de estudio se encuentran las siguientes estructuras existentes:

- **Captaciones:** 2 captaciones de agua ubicadas en la quebrada Shurisikan y Manantial La pampa.
- **Línea de conducción:** En la zona existen 2 líneas de conducción de 6'' y 8''.
- **Una cámara de Reunión:** La cámara de reunión existente es rudimentaria y no cuenta con un diseño hidráulico.
- **Cámara Rompe Presión:** El sistema existente cuenta con 3 cámaras rompe presión con más de 40 años de antigüedad.
- **Reservorios:** En la zona se cuenta con la presencia de 2 reservorios existentes de 200 m<sup>3</sup> y 400 m<sup>3</sup> de capacidad.

Se Proyectoan realizar la construcción de las siguientes componentes:

- 2 Válvulas de purga
- 1 Cámara de Reunión de Caudales
- 2 Válvulas Reductoras de Presión
- 6 Ventosas
- 3 Pases aéreos

### 3.4.Estándares y Normatividad

Para la elaboración de la presente monografía técnica se ha hecho uso de las siguientes normativas:

- RM-192-2018-VIVIENDA.
- RNE: Norma OS.010.
- RNE: Norma OS.030

### **3.4.1. Instrumentos de Recolección de Información**

#### **3.4.1.1. Aforo de captaciones**

Se realizó el aforo de las dos captaciones existentes a fin de determinar si se contaba con la disponibilidad de agua necesaria.

#### **3.4.1.2. Levantamiento Topográfico**

El recojo de información topográfica del terreno inicio en el sector Bellaluz hasta llegar al sector de Loglaragra.

Para el levantamiento topográfico se requirió:

##### **Equipo Humano**

- 01 Topógrafo
- 01 Investigador
- 01 Ayudante

##### **Instrumentos**

- Estación Total
- Nivel Topográfico, prismas, trípode
- Mira metálica
- GPS

### **3.5. Procesamiento de Información**

Este proceso se realizó mediante los siguientes instrumentos.

- Dibujo de planos por medio del programa Autocad y Civil 3D.
- Procesamiento de datos topográficos e hidráulicos por medio de hoja de cálculo Excel.

### **3.6.Consideraciones de Diseño**

#### **3.6.1. Población**

La población estará definida por todos los habitantes del distrito de Oyón censados en el año 2017, más el incremento de habitantes estimados mediante métodos de estimación poblacional.

#### **3.6.2. Muestra**

La muestra estará definida por todos los habitantes censados por el INEI en el distrito de Oyón el año 2017.

#### **3.6.3. Periodo de Diseño**

Para el diseño se empleará la normativa técnica de la RM-192-2018-VIVIENDA (MVCS, 2018).

#### **3.6.4. Población de Diseño**

La población se determinó considerando 3 metodologías de cálculo: aritmético, geométrico y parabólico, a fin de evaluar cuál es método que mejor se ajusta a los datos censales de los años 1981, 1993, 2007 y 2007.

Los datos reales de población se obtendrán del INEI, de los censos realizados por esta institución en el distrito de Oyón.

#### **3.6.5. Caudal de Diseño**

Se tomará en cuenta la dotación de la muestra escogida y se determinará el caudal promedio diario y máximo horario.

## 4. Capítulo 4: Resultados y Discusión

### 4.1. Presentación de Resultados

#### 4.1.1. *Periodo de Diseño*

- La ejecución de obra se realizó el año: 2020
- El periodo de diseño de la L.C será de 20 años de acuerdo a la Norma RM-192-2018-VIVIENDA (MVCS, 2018).
- El año 2021comenzará de Periodo de Diseño.
- El año 2040 culminará de Periodo de Diseño.

#### 4.1.2. *Cálculo Poblacional por el Método Aritmético*

A partir de la ecuación (6) se realizará el cálculo poblacional y se obtendrá la ecuación (12).

$$r = \frac{\left( \left( \frac{P_f}{P_o} \right) - 1 \right) * 100}{t} \quad (12)$$

Se tiene como datos de población del distrito de Oyón los Censos Nacionales, realizados por el INEI en los años 1981, 1993, 2007 y 2017.

**Tabla 4**

*Población del distrito de Oyón en los años 1981,1993,2007 y 2017*

Año de Censo	Hombres	Mujeres	Población Total
1981	6593	5557	9303
1993	6,820	5,992	10031
2007	4,989	5,042	12812
2017	4,732	4,571	12150

*Nota.* Adaptado del INEI, 1981, 1993, 2007 y 2017 (<https://cutt.ly/Y1wn2Ax> ),(<https://cutt.ly/e1wmuKJ>), (<https://cutt.ly/I1wmQ45>),(<https://cutt.ly/JM6Xof4> ).

Con la ecuación (12), calcularemos la tasa de crecimiento poblacional combinando los años censados.

Combinaciones con dos censos:

$$\text{Censo 1981 y 1993} \rightarrow r_1 = \frac{\left(\left(\frac{10031}{9303}\right) - 1\right) * 100}{1993 - 1981} = 0.65\% \rightarrow r_1 = 0.65\%$$

$$\text{Censo 1981 y 2007} \rightarrow r_2 = \frac{\left(\left(\frac{12812}{9303}\right) - 1\right) * 100}{2007 - 1981} = 1.45\% \rightarrow r_2 = 1.45\%$$

$$\text{Censo 1981 y 2017} \rightarrow r_3 = \frac{\left(\left(\frac{12150}{9303}\right) - 1\right) * 100}{2017 - 1981} = 0.85\% \rightarrow r_3 = 0.85\%$$

$$\text{Censo 1993 y 2007} \rightarrow r_4 = \frac{\left(\left(\frac{12812}{10031}\right) - 1\right) * 100}{2007 - 1993} = 1.98\% \rightarrow r_4 = 1.98\%$$

$$\text{Censo 1993 y 2017} \rightarrow r_5 = \frac{\left(\left(\frac{12150}{10031}\right) - 1\right) * 100}{2017 - 1993} = 0.88\% \rightarrow r_5 = 0.88\%$$

Mediante la ecuación (6), se obtendrá la ecuación (13) en la cual se evaluarán las tasas de crecimiento poblacional obtenidas a fin de obtener la curva que mejor se ajuste al comportamiento de la curva poblacional del distrito de Oyón en los años 1981, 1993, 2007 y 2017.

$$P_o = \frac{P_t}{\left(1 + \frac{r * t}{100}\right)} \quad (13)$$

Para una tasa de crecimiento  $r_1 = 0.65\%$ , se obtendrán las siguientes poblaciones estimadas:

$$P_{1981} = \frac{12150}{\left(1 + \frac{0.652 * (2017 - 1981)}{100}\right)} = 9839 \text{ hab}$$

$$P_{1993} = \frac{12150}{\left(1 + \frac{0.652 * (2017 - 1993)}{100}\right)} = 10505 \text{ hab}$$

$$P_{2007} = \frac{12150}{\left(1 + \frac{0.652 * (2017 - 2007)}{100}\right)} = 11406 \text{ hab}$$

$$P_{2017} = \frac{12150}{\left(1 + \frac{0.65 * (2017 - 2017)}{100}\right)} = 12150 \text{ hab}$$

Se realizará el mismo procedimiento que se realizó líneas arriba para las tasas de crecimiento

poblacional  $r_2 = 1.45\%$ ,  $r_3 = 0.85\%$ ,  $r_4 = 1.98\%$ ,  $r_5 = 0.88\%$  y  $r_6 = -0.52\%$ ,

obteniéndose los cálculos de la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Poblaciones estimadas con las tasas de crecimiento, método aritmético*

Curva de Proyección	Tasa r (%)	Población año 1981 (Hab)	Población año 1993 (Hab)	Población año 2007 (Hab)	Población año 2017 (Hab)	Total Población (T)	Diferencia de T – Total Censo
Censo	-	9,303	10,031	12,812	12,150	44,296	
1	0.65%	9,839	10,505	11,406	12,150	43,900	396
2	1.45%	7,981	9,012	10,610	12,150	39,753	4,543
3	0.85%	9,303	10,091	11,198	12,150	42,742	1,554
4	1.98%	7,093	8,235	10,141	12,150	37,619	6,677
5	0.88%	9,226	10,031	11,167	12,150	42,574	1,722
6	-0.52%	14,926	13,870	12,812	12,150	53,758	9,462

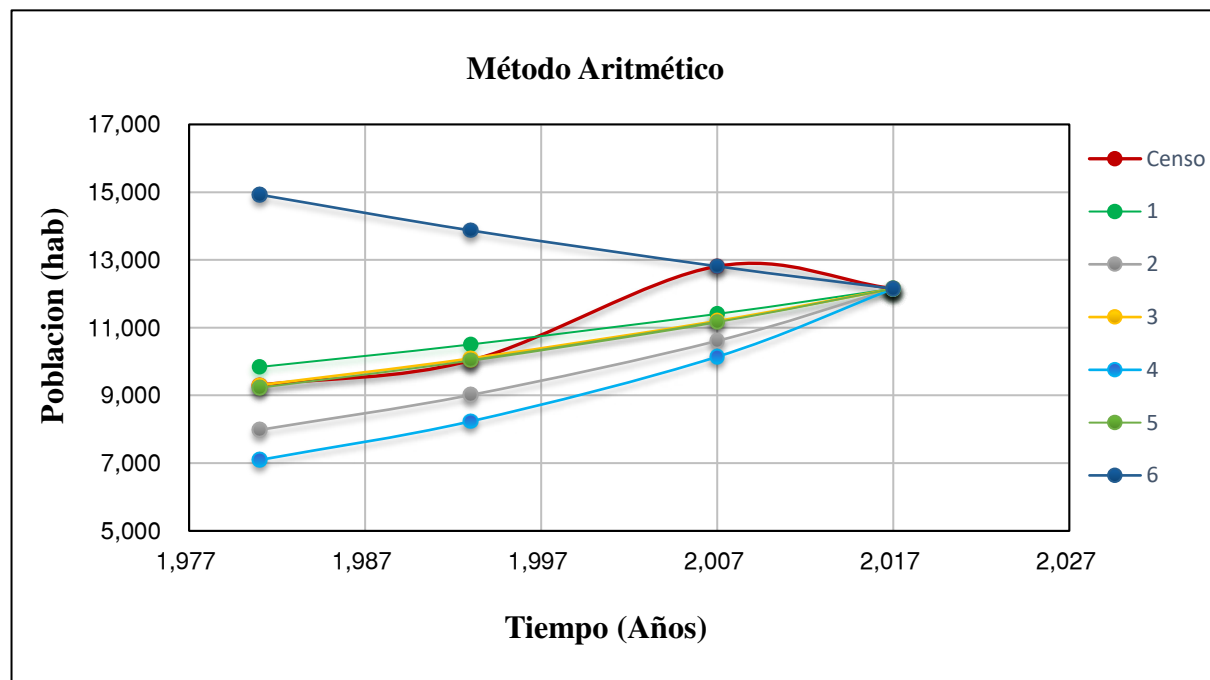
*Nota.* Elaboración Propia

Una vez obtenida las poblaciones estimadas con cada una de las tasas de crecimiento se procederá a comparar las curvas generadas con la curva poblacional que resulta de los censos realizados por el INEI tal como se puede observar en la Tabla (5) , encontrándose que la curva N°01, a la cual corresponde a una tasa de crecimiento poblacional de 0.65%, es la que mejor se ajusta a la tendencia de la curva censal, asimismo en la Tabla 5 se comprueba que la curva N°01 es la que menor diferencia tiene al restar la población total censada en el año 2017 con la población estimada a una tasa de crecimiento de 0.65%.

*Nota.* Elaboración Propia

### Figura 11

*Comparación de crecimiento poblacional por el método aritmético*



Por lo tanto, la población proyectada con el método aritmético estaría dada por:

$$P_t = 12150 * \left( 1 + \frac{0.65 * t}{100} \right) \quad (14)$$



### 4.1.3. Cálculo Poblacional por el Método Geométrico

A partir de la ecuación (7) se despejará y se obtendrá la ecuación (15) con la cual se determinará la tasa de crecimiento poblacional, la cual quedará definida a través de la siguiente ecuación.

$$r = \left( \frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \quad (15)$$

De la información censal de la población de Oyón de los años 1981, 1993, 2007 y 2017 que se encuentran en Tabla 4, se determinará la tasa de crecimiento, obteniéndose los siguientes resultados:

Combinaciones con dos censos:

$$\text{Censo 1981 y 1993} \rightarrow r_1 = \left( \left( \frac{10031}{9303} \right)^{\frac{1}{1993-1981}} - 1 \right) * 100 = 0.63\% \rightarrow r_1 = 0.63\%$$

$$\text{Censo 1981 y 2007} \rightarrow r_2 = \left( \left( \frac{12812}{9303} \right)^{\frac{1}{2007-1981}} - 1 \right) * 100 = 1.24\% \rightarrow r_2 = 1.24\%$$

$$\text{Censo 1981 y 2017} \rightarrow r_3 = \left( \left( \frac{12150}{9303} \right)^{\frac{1}{2017-1981}} - 1 \right) * 100 = 0.74\% \rightarrow r_3 = 0.74\%$$

$$\text{Censo 1993 y 2007} \rightarrow r_4 = \left( \left( \frac{12812}{10031} \right)^{\frac{1}{2007-1993}} - 1 \right) * 100 = 1.76\% \rightarrow r_4 = 1.76\%$$

$$\text{Censo 1993 y 2017} \rightarrow r_5 = \left( \left( \frac{12150}{10031} \right)^{\frac{1}{2017-1993}} - 1 \right) * 100 = 0.80\% \rightarrow r_5 = 0.80\%$$

$$\text{Censo 2007 y 2017} \rightarrow r_6 = \left( \left( \frac{12150}{12812} \right)^{\frac{1}{2017-2007}} - 1 \right) * 100 = -0.53\% \rightarrow r_6 = -0.53\%$$

Por medio de la ecuación (7), se obtendrá la ecuación (16) con la cual se calculará la población estimada en los años 1981, 1993, 2007 y 2017, con cada una de las tasas de crecimiento poblacional obtenidas  $r_1, r_2, r_3, r_4, r_5$  y  $r_6$ .

$$P_o = \frac{P_f}{(1+r)^t} \quad (16)$$

Para la tasa de crecimiento  $r_1 = 0.63\%$ , se obtendrán los siguientes resultados:

$$P_{1981} = \frac{12150}{\left(1 + \frac{0.63}{100}\right)^{2017-1981}} = 9691 \text{ hab}$$

$$P_{1993} = \frac{12150}{\left(1 + \frac{0.63}{100}\right)^{2017-1993}} = 10450 \text{ hab}$$

$$P_{2007} = \frac{12150}{\left(1 + \frac{0.63}{100}\right)^{2017-2007}} = 11410 \text{ hab}$$

$$P_{2007} = \frac{12150}{\left(1 + \frac{0.63}{100}\right)^{2017-2017}} = 12150 \text{ hab}$$

Se realizará el mismo procedimiento que se realizó líneas arriba para las tasas de crecimiento poblacional  $r_2 = 1.24\%$ ,  $r_3 = 0.74\%$ ,  $r_4 = 1.76\%$ ,  $r_5 = 0.80\%$  y  $r_6 = -0.53\%$ , ver Tabla 6.

**Tabla 6**

*Poblaciones estimadas con las tasas de crecimiento, método geométrico*

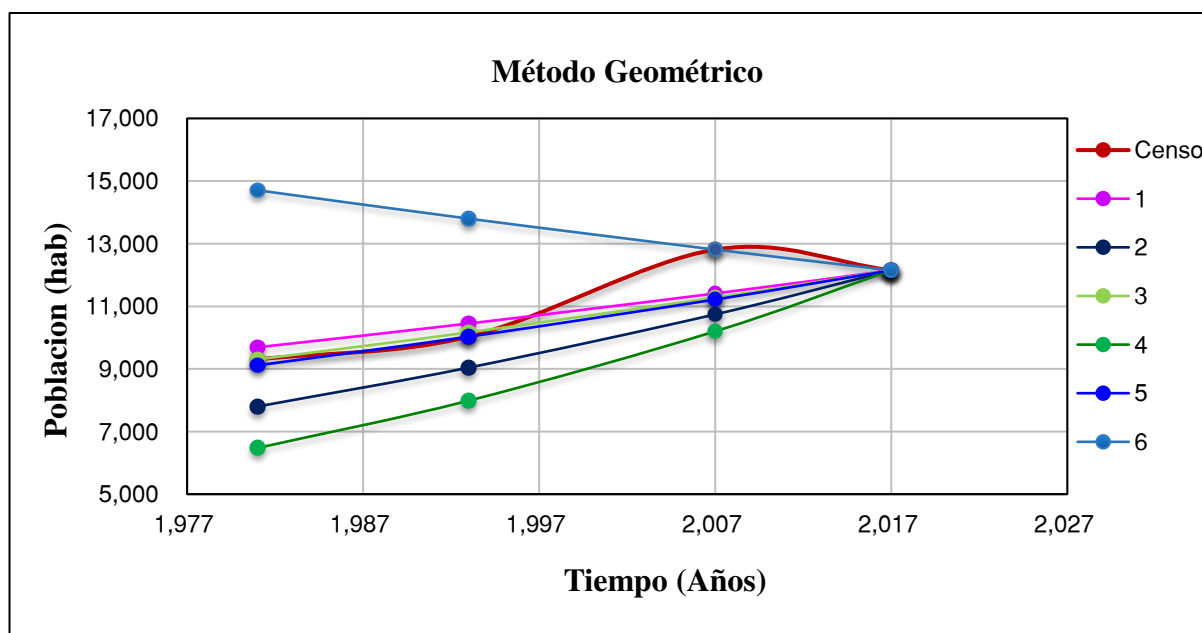
Curva de Proyección	Tasa r (%)	Años				Total Población (T)	Diferencia de T – Total Censo
		Población 1981 (Hab)	Población 1993 (Hab)	Población 2007 (Hab)	Población 2017 (Hab)		
Censo		9,303	10,031	12,812	12,150	44,296	-
1	0.63%	9,691	10,450	11,410	12,150	43,701	595
2	1.24%	7,800	9,042	10,742	12,150	39,734	4,562
3	0.74%	9,303	10,168	11,281	12,150	42,902	1,394
4	1.76%	6,475	7,987	10,201	12,150	36,813	7,483
5	0.80%	9,114	10,031	11,217	12,150	42,512	1,784
6	-0.53%	14,706	13,799	12,812	12,150	53,467	9,171

*Nota.* Elaboración Propia

Con las poblaciones estimadas de cada una de las tasas de crecimiento poblacional se graficó las curvas que describen el comportamiento poblacional del distrito de Oyón.

**Figura 12**

*Comparación de crecimiento poblacional por el método geométrico*



*Nota.* Elaboración Propia

Realizando el análisis de los cálculos obtenidos en la Tabla (6) y de la Figura 12, se concluye que la curva N°01 es la que mejor se ajusta a la curva censal, a la cual le corresponde una tasa de crecimiento poblacional de 0.63%, además en la Tabla (6) se comprueba que la curva N°01 es la que menor diferencia tiene al restar la población total censada en el año 2017 con la población estimada a una tasa de crecimiento de 0.63% utilizando el método geométrico.

Por lo tanto, la población proyectada con el método geométrico estará dada por la ecuación:

$$P_t = 12150 * \left(1 + \frac{0.63}{100}\right)^t \quad (17)$$

Donde:

$P_t$  = La población futura que se desea estimar

$t$  = Es la resta del año a estimar y el año base 2017.

#### **4.1.4. Cálculo Poblacional por el Método Parabólico**

Remplazando la información poblacional de la Tabla 4 en la ecuación (8) se obtendrán ecuaciones para determinar la población por el método parabólico.

Combinaciones con tres censos:

Para el primer caso se usarán los censos de 1981, 1993 y 2007

#### **Tabla 7**

*Datos para emplear método parabólico*

<b>Año de Censo</b>	<b>Población Total (hab)</b>	<b>Diferencia t (años)</b>
1981	9303	1981-2017=-36
1993	10031	1993-2017=-24
2007	12812	2007-2017=-10
2017	12150	

Nota. Elaboración Propia

Ecuaciones obtenidas :

$$9303 = A_1 - B_1 * 36 + C_1 * 36^2$$

$$10031 = A_1 - B_1 * 24 + C_1 * 24^2$$

$$12812 = A_1 - B_1 * 10 + C_1 * 10^2$$

Se resolverá por el método de

Gauss Jordan y se obtendrá A, B y C

$$\text{Censo 1981, 1993 y 2007} \rightarrow A_1 = 12150, B_1 = 379.07 \text{ y } C_1 = 5.31$$

De igual forma se realizarán otras combinaciones entre los censos, para obtener más curvas de proyección poblacional.

Las combinaciones que pueden realizarse entre tres censos son las siguientes:

$$\text{Censo 1981, 1993 y 2017} \rightarrow A_2 = 12150, B_2 = 106.71 \text{ y } C_2 = 0.77$$

$$\text{Censo 1981, 1993 y 2017} \rightarrow A_3 = 12150, B_3 = -122.08 \text{ y } C_3 = -5.59$$

$$\text{Censo 1993, 2007 y 2017} \rightarrow A_4 = 12150, B_4 = -176.55 \text{ y } C_4 = -11.04$$

Asimismo, se realizará el proceso de mínimos cuadrados para calcular la población combinando 4 censos.

Combinaciones con cuatro censos:

$$\text{Censo 1981, 1993, 2007 y 2017} \rightarrow A_5 = 12150, B_5 = -5.90 \text{ y } C_5 = -2.58$$

Con los datos obtenidos se obtendrán las poblaciones estimadas , donde :  $A_1 = 12150$  ,

$$B_1 = 379.07 \text{ y } C_1 = 5.31$$

$$P_{1981} = 12150 + 379.07 * (1981 - 2017) + 5.31 * (1981 - 2017)^2 = 5380 \text{ hab}$$

$$P_{1993} = 12150 + 379.07 * (1993 - 2017) + 5.31 * (1993 - 2017)^2 = 6108 \text{ hab}$$

$$P_{2007} = 12150 + 379.07 * (2007 - 2017) + 5.31 * (2007 - 2017)^2 = 8889 \text{ hab}$$

$$P_{2017} = 12150 + 379.07 * (2017 - 2017) + 5.31 * (2017 - 2017)^2 = 12150 \text{ hab}$$

Se realizará el mismo procedimiento que se realizó líneas arriba para el cálculo poblacional por el método parabólico, para las curvas 2, 3 y 4 , obteniéndose los cálculos de la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Resumen de poblaciones estimadas, método parabólico*

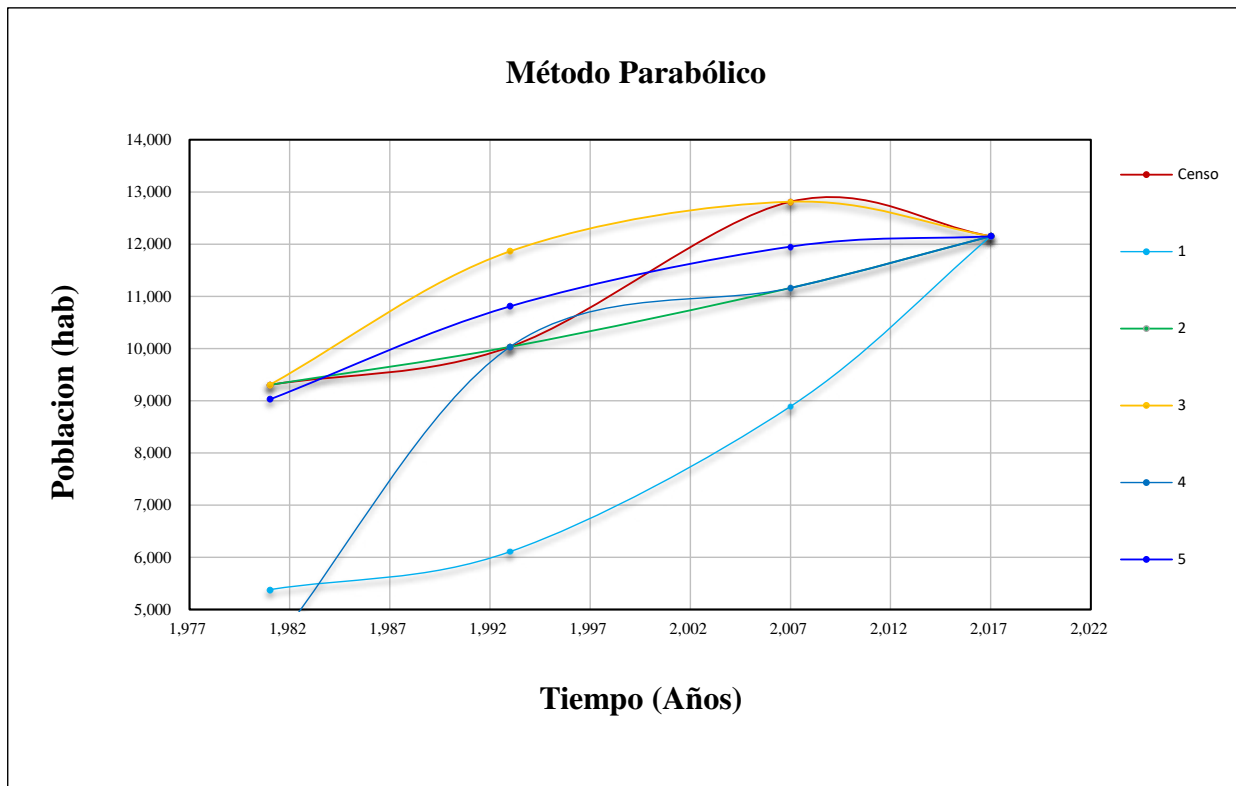
Curva de Proyección	Años				Total Población (T)	Diferencia de T – Total Censo
	Población 1981 (Hab)	Población 1993 (Hab)	Población 2007 (Hab)	Población 2017 (Hab)		
Censo	9,303	10,031	12,812	12,150	44,296	-
1	5,380	6,108	8,889	12,150	32,527	11,769
2	9,303	10,031	11,159	12,150	42,643	1,653
3	9,303	11,861	12,812	12,150	46,126	1,830
4	4,204	10,031	11,159	12,150	37,544	6,752
5	9,024	10,807	11,951	12,150	43,932	364

*Nota.* Elaboración Propia

De la Tabla 8 y la Figura 13, se concluye que la curva N°05, es la que mejor se ajusta a la curva censal, lo cual se comprueba en la Tabla 8 ya que es la curva con menor diferencia tiene al restar la población total censada en el año 2017 con la población estimada .

**Figura 13**

*Poblaciones estimadas por el método parabólico.*



Nota. Elaboración Propia

Se determina que la población proyectada con el método parabólico estaría dada por:

$$P_t = 12150 - 5.90 * (t) - 2.58 * (t)^2 \quad (18)$$

Donde:

$P_t$  = La población futura que se desea estimar

$t$  = Es la resta del año a estimar y el año base 2017.

A= 12150

B= -5.90

C= -2.58

#### 4.1.5. Selección del Método de Cálculo de Poblacional

- Se diseñará para un periodo de 20 años.
- Se estimó la población para el año 2040, mediante el método aritmético, geométrico y parabólico como se observa en el resumen de la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Resumen de estimación poblacional por los métodos aritmético, geométrico y parabólico.*

N°	Año	Censo (Hab)	Método Aritmético (Hab)	Método Geométrico (Hab)	Método Parabólico (Hab)	Curva Elegida (Hab)
Base	<b>2,017</b>	<b>12,150</b>	<b>12,150</b>	<b>12,150</b>	<b>12,150</b>	<b>12,150</b>
0	2,018	12,240	12,229	12,226	12,141	12,226
0	2,019	12,331	12,308	12,303	12,127	12,303
0	2,020	12,423	12,387	12,381	12,109	12,381
1	2,021	12,515	12,466	12,459	12,085	12,459
2	2,022	12,609	12,546	12,537	12,056	12,537
3	2,023	12,702	12,625	12,616	12,021	12,616
4	2,024	12,797	12,704	12,695	11,982	12,695
5	2,025	12,892	12,783	12,775	11,937	12,775
6	2,026	12,988	12,863	12,856	11,888	12,856
7	2,027	13,085	12,942	12,937	11,833	12,937
8	2,028	13,182	13,021	13,018	11,773	13,018
9	2,029	13,280	13,100	13,100	11,708	13,100
10	2,030	13,379	13,180	13,183	11,637	13,183
11	2,031	13,479	13,259	13,266	11,562	13,266
12	2,032	13,579	13,338	13,349	11,481	13,349
13	2,033	13,680	13,417	13,433	11,396	13,433
14	2,034	13,782	13,496	13,518	11,305	13,518
15	2,035	13,885	13,576	13,603	11,209	13,603
16	2,036	13,988	13,655	13,689	11,108	13,689
17	2,037	14,092	13,734	13,775	11,001	13,775
18	2,038	14,197	13,813	13,862	10,890	13,862
19	2,039	14,303	13,893	13,949	10,773	13,949
20	2,040	14,409	13,972	<b>14,037</b>	10,651	<b>14,037</b>

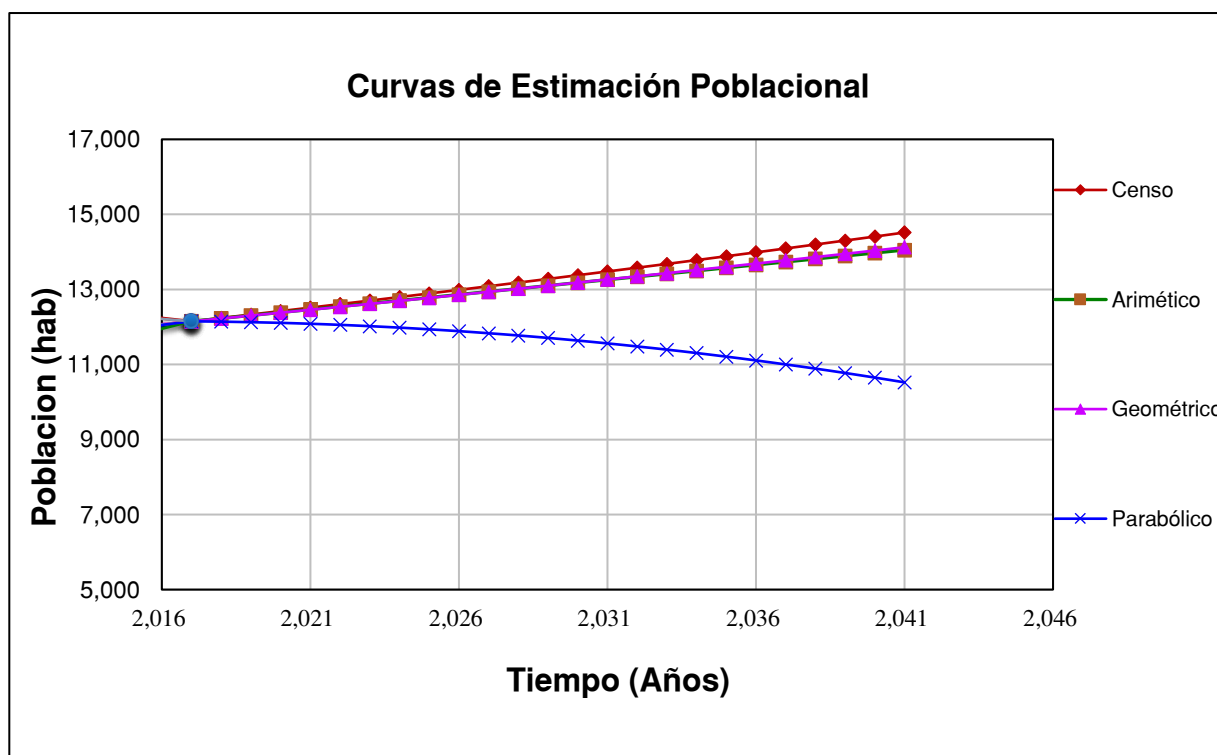
*Nota.* Elaboración Propia



- Para determinar la población en el futuro por medio de los datos censales se usó una tasa de incremento poblacional de 0.74%, en base al INEI.
- Para estimar la población en el año 2040 por el método aritmético se usó la ecuación (14), con una tasa de incremento poblacional de 0.65%.
- Para estimar la población en el año 2040 por el método el método geométrico se usó la ecuación (17), con una tasa de incremento poblacional de 0.63%.
- Para estimar la población en el año 2040 el método parabólico se usó la ecuación (18).

**Figura 14**

*Comparación de métodos de cálculo poblacional*



*Nota.* Elaboración Propia

La curva que se acomoda a la tendencia de la curva censal es la que emplea el método geométrico, por lo que para determinar la población futura del distrito de Oyón se empleará dicho método.

$$P_{2040} = 12150 * \left(1 + \frac{0.63}{100}\right)^{(2040-2017)} = 14037 \text{ hab}$$

Empleando el método geométrico la población del distrito de Oyón para el año 2040 tendrá una población de 14037 habitantes.

#### 4.1.6. Cálculo del Caudal de Diseño

##### 4.1.6.1. Dotación

Acorde a la información de la administradora de agua en el distrito de Oyón, se tiene un consumo unitario de agua por cada conexión domiciliar de 25.50(m<sup>3</sup>/mes/conex).

- Para el cálculo de la dotación se requiere conocer la densidad de habitantes por lote.

#### Tabla 10

*Población del distrito de Oyón 2017*

Año de Censo	Población Total	Nº de Viviendas
2017	12150	2950

*Nota.* Adaptado de INEI, 2017 (<https://cutt.ly/JM6Xof4>).

$$\text{Des} = \frac{\text{N}^\circ \text{ Habitan tes}}{\text{N}^\circ \text{ Viviendas}}$$

Dónde: Des= Densidad de habitantes / Vivienda

$$\text{Des} = \frac{12150}{2950} = 4.12 \text{ hab/vivienda, por seguridad diseñaremos con}$$

5hab/vivienda.

Densidad de habitantes por lote del distrito de Oyón 5 hab / vivienda

- Para el cálculo de la dotación se usará la ecuación (9)

$$\text{Dot} = \frac{25.5 \text{ m}^3 / \text{mes} / \text{conex}}{5 \text{ hab} / \text{conex}} * \frac{10^3 \text{ lit}}{1 \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ dias}} = 170 \text{ lit} / \text{hab.dia}$$

Dotación por conexión de agua del distrito de Oyón 170 lit/hab/día

#### 4.1.6.2. Caudal Promedio Diario

De los cálculos de la población futura y la dotación tenemos:

Dot= 170 l/hab/día

Población futura ( $P_t$ ) = 14037 hab

Para el cálculo del caudal promedio usaremos la ecuación (10)

$$Q_p = \frac{\text{Dot} * P_t}{86400} = \frac{170 * 14037}{86400} = 27.62 \text{ l/s}$$

El caudal promedio obtenido es de 27.62 l/s

#### 4.1.6.3. Caudal Máximo Diario

Acorde al (RNE, 2006), Norma OS.100 el “coeficiente máximo anual de demanda diaria será 1.3” (pág. 2).

El caudal máximo diario se calculará mediante la ecuación (11):

$$Q_p = 27.62 \text{ l/s}$$

$$Q_{md} = 1.3 * 27.62 = 35.91 \text{ l/s}$$

Se obtuvo un caudal máximo diario de 35.91 l/s

#### 4.1.7. Cámara de Reunión de Caudales

Se reunieron agua de dos captaciones Shurisikan y La pampa, por lo tanto, se ha realizado el análisis respectivo de ambas tomas de agua.

##### Para Captación Shurisikan

Para el diseño de la cámara de reunión, aguas arriba se tomaron los siguientes datos:

$Q=170$  l/s, caudal disponible

$T=1.37$ m, tirante

$V_m=1.19$  m/s, Velocidad media

$S= 0.006$  m/m, pendiente de la tubería de llegada

$g= 9.81$  m/s<sup>2</sup>, gravedad

$D_e= 0.25$  m, diámetro de la tubería que llega a la cámara de reunión

$\theta =0.344^\circ$ , Ángulo de llegada

Se asumirá altura inicial de 1.8m para los cálculos, al final se obtendrá la altura de diseño de la cámara de reunión

✓ Primero calcularemos el tirante crítico  $Y_c$ :

$$Y_c = \frac{2}{3} * T \rightarrow Y_c = \frac{2}{3} * 1.37 = 0.92\text{m}$$

✓ Cálculo de la altura efectiva  $Y_c$ :

$$h = H + \frac{Y_c}{2} \rightarrow h = 1.8 + \frac{0.92}{2} = 2.26\text{m}$$

✓ Cálculo del tiempo en que llega el agua desde la altura “h”, hasta la base de la cámara de reunión:

$$V_f = \sqrt{(V_m * \sin \theta)^2 + 2gh} \rightarrow V_f = \sqrt{(1.19 * \sin 0.344)^2 + 2 * 9.81 * 2.26}$$

$$V_f = 6.65\text{m/s}$$

$$t_s = \frac{V_f - V_m \cdot \sin \theta}{g} \rightarrow t_s = \frac{6.65 - 1.19 \cdot \sin 0.344}{9.81} = 0.678s$$

- ✓ Cálculo la longitud que recorre el fluido durante el tiempo  $t_s$  :

$$L_c = V_m \cdot \cos \theta \cdot t_s \rightarrow L_c = 1.19 \cdot \cos 0.344 \cdot 0.678 = 0.81 \text{ m}$$

Como factor de

- ✓ Cálculo la longitud de llegada  $l_d$ , la cual se calcula con un factor de seguridad de 1.5

$$L_d = 1.5 \cdot L_c \rightarrow L_d = 1.5 \cdot 0.81 = 1.22m$$

- ✓ Cálculo de la longitud total "L"

$$L = L_d + 0.8Y_c + 0.4Y_c + 0.8Y_c \rightarrow L = 1.22 + 0.8 \cdot 0.92 + 0.4 \cdot 0.92 + 0.8 \cdot 0.92 = 3.06m$$

### Para Captación Bellaluz

Datos:  $Q= 170 \text{ l/s}$  (Caudal) ,  $T=137m$  (Titante) ,  $V_m=1.4595 \text{ m/s}$  (Velocidad media) ,  $S=0.023$  (Pendiente de llegada) ,  $g=9.81 \text{ m/s}^2$ ,  $D=0.25$  (Diam. Tubería de llegada).

Se asumirá altura inicial de 1.8m y se tomó como ángulo de llegada  $1.318^\circ$

Siguiendo el mismo procedimiento anterior se obtuvo:

- ✓ Tirante crítico,  $Y_c=0.92 \text{ m}$
- ✓ Cálculo de la altura efectiva,  $H=2.26 \text{ m}$
- ✓ Tiempo de llegada,  $t_s=0.675$
- ✓ Longitud teórica,  $L_c = 1.01 \text{ m}$

✓ Longitud real,  $L=4.65$

La altura de la cámara de reunión será:

$$H_c = H + D + 0.15 = 1.80\text{m} + 0.25 + 0.1\text{m} = 2.20 \text{ m}$$

En resumen, se tiene que el diseño de la cámara tendría las siguientes dimensiones:

Longitud Cámara = 4.65 m

Altura Cámara = 2.20m

Ancho de la Cámara = 2m

#### **4.1.8. Diseño de Línea de Conducción**

##### **4.1.8.1. Cálculo de Diámetro de Tubería**

La Norma OS.010 establece que la  $V_{\text{mínima}} = 0.6\text{m/s}$  y  $V_{\text{máxima}} = 5\text{m/s}$  (RNE, 2006).

El diámetro se determinará a partir de:

$$Q = V * A \tag{19}$$

Siendo:

Q : Caudal (m<sup>3</sup>/s)

A : Área de la tubería (m<sup>2</sup>)

V : Velocidad (m/s)

Remplazando en la ecuación (19) :

- V mínima de 0.6 m/s
- V máxima de 5m/s

se obtendrán los diámetros aproximados con los cuales se diseñará la línea de conducción.

$$D_{\text{máx}} = \left( \frac{4 * Q_p}{\pi * V_{\text{min}}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (20)$$

$$D_{\text{máx}} = \left( \frac{4 * Q_p}{\pi * V_{\text{min}}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (21)$$

$$Q_p == 27.62 \text{ l/s} = 0.02761 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$V_{\text{min}} = 0.6 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{máx}} = 5.0 \text{ m/s}$$

Remplazando en las ecuaciones (20) y (21) se tiene:

$$D_{\text{máx}} = \left( \frac{4 * 0.02761}{3.1415 * 0.6} \right)^{\frac{1}{2}} = 0.242 \text{ m diámetro comercial DN=250 mm (10")}$$

$$D_{\text{min}} = \left( \frac{4 * 0.02761}{3.1415 * 5} \right)^{\frac{1}{2}} = 0.083 \text{ m diámetro comercial DN=110 mm (4")}$$

Por lo que el diámetro de diseño de la tubería se encontraría en el rango de 4" y 10", sin embargo se realizó los cálculos correspondientes para que llegue agua al reservorio de agua, encontrándose que para los diámetros de 4", 6" y 8" se obtienen presiones negativas, concluyendo que el diámetro comercial óptimo de diseño es DN=250 mm (10").

$$D_{\text{interno}} = \text{DN} - 2 * e \quad (22)$$

Como la zona donde se proyectó la construcción del proyecto es rocosa y con relieve accidentado se utilizaron las tuberías de material HDPE

**Tabla 11***Características de las tuberías HDPE*

Descripción	Tubería SDR 17 (PN 8)	Tubería SDR 11 (PN 12.5)	Tubería SDR 9 (PN 16)
Diámetro Nominal (DN)	250mm	250mm	250mm
Espesor (e)	14.8 mm	22.70	27.9

*Nota.* Fuente: Tubos de polietileno NTP ISO 4427-3:2008, año 2018.

De la ecuación (22), se calculará el diámetro interno para las tuberías HDPE utilizadas en el proyecto.

$$\text{Tubería SDR 17 (PN 8)} \rightarrow D_{\text{interno}} = 250 - 2 * 11.9 = 226.2\text{mm}$$

$$\text{Tubería SDR 13.5 (PN 12.5)} \rightarrow D_{\text{interno}} = 250 - 2 * 22.7 = 204.6\text{mm}$$

$$\text{Tubería SDR 11 (PN 16)} \rightarrow D_{\text{interno}} = 250 - 2 * 27.9 = 194.2\text{mm}$$

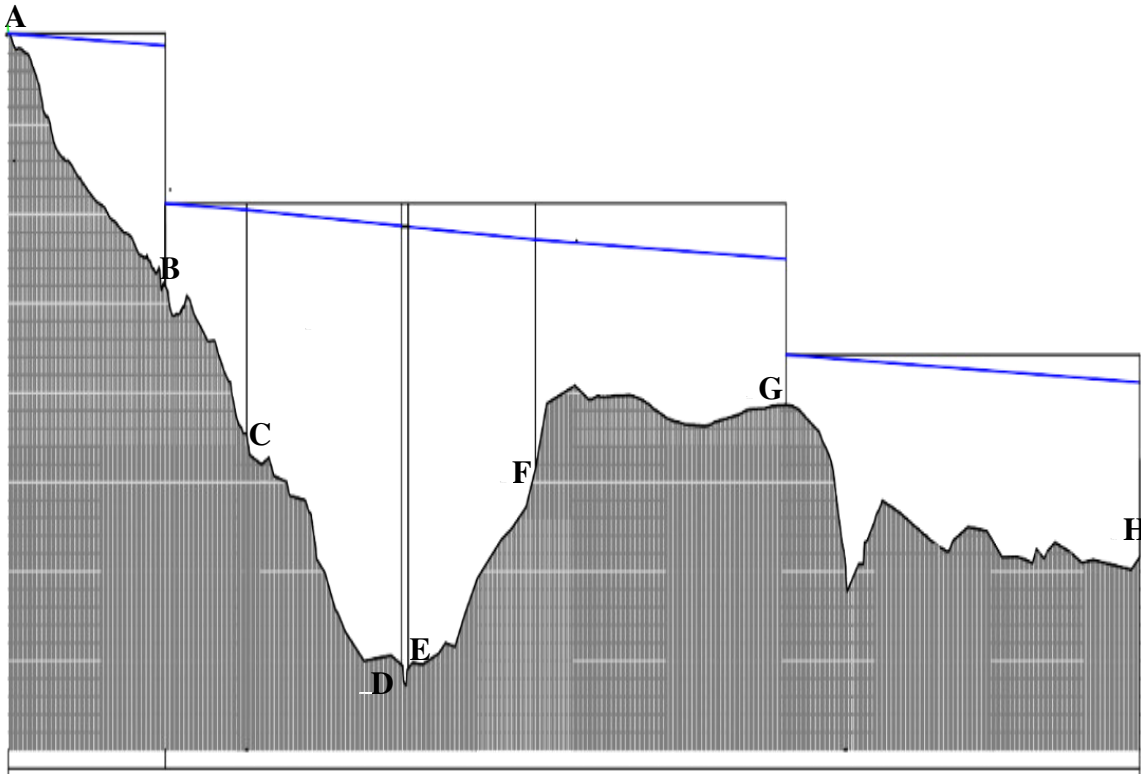
#### 4.1.8.2. Pérdida de Carga por Tramo

- El caudal de diseño calculado es de  $0.03591 \text{ m}^3 / \text{s}$
- El coeficiente de Hazen Williams, en tuberías HDPE será  $C=140$ , acorde a la Tabla 1.
- El diámetro comercial de la tubería será de 250mm, debiendo utilizarse para el diseño el diámetro nominal interno acorde a la clase de tubería que se usará.



**Figura 15**

*Gráfico de la línea de conducción de Oyón.1*



*Nota. Elaboración Propia*

A = Cámara de Reunión

B= Válvula Reductora de Presión N°01

C= Empalme de Tubería 1

D= Inicio cruce de carretera

E= Fin Cruce de Carretera

F= Empalme de Tubería 2

G= Válvula Reductora de Presión N°02

H= Reservorio

**Tabla 12***Cotas de estructuras proyectadas*

N°	Tramo		Progresiva		Cotas		LONG. (m)
	De	Hasta	Km	al Km	Zi	Zj	
1	Cámara de Reunión (A)	VRP N°01 (B)	0+00	0+825	3850.61	3780.00	825.00
2	VRP N°01 (B)	Empalme de Tubería 1 (C)	0+82	01+250	3803.00	3738.22	430.00
3	Empalme de Tubería 1 (C)	Inicio cruce de carretera (D)	01+255	02+070	3738.22	3673.83	815.00
4	Inicio cruce de carretera (D)	Fin Cruce de Carretera (E)	02+070	02+105	3673.83	3672.78	35.00
5	Fin Cruce de Carretera (E)	Empalme de Tubería 2 (F)	02+105	02+775	3672.78	3728.71	670.00
6	Empalme de Tubería 2 (F)	VRP N°02 (G)	02+775	04+095	3728.71	3746.60	1,320.00
7	VRP N°02 (G)	Reservorio (H)	04+095	05+957	3760.60	3704.00	1,862.18

*Nota. Elaboración Propia***a) Pérdida de Carga de Cámara de Reunión a Válvula Reductora de Presión****N°01 (Tramo 1)**

Para este tramo de tubería se tienen los siguientes datos:

$$Q_{md} = 0.03591 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$D_{int} = 0.2262 \text{ m}$$

$$C = 140$$

Primero se calculará la velocidad a partir de la ecuación (19) donde la velocidad estará dada por la ecuación (23).

$$V_1 = \frac{4 * Q_{md}}{\pi * D_{int}^2} \quad (23)$$

$$V_1 = \frac{4 * 0.03591}{3.1415 * 0.2262^2} = 0.89 \text{ m/s}$$

Las pérdidas de carga en cada sección se calcularán con la fórmula (4).

$$h_{f1} = 10.674 * \left[ \frac{0.03591^{1.852}}{140^{1.852} * 0.2262^{4.86}} \right] * 825 = 2.7 \text{ m}$$

Las pérdidas locales se determinarán a partir de la ecuación (5)

**Tabla 13**

*Cantidad de Accesorios en el Tramo 1*

Accesorios	Tee	Válvula	Codo 90°	Codo 45°	Codo 22.5°
Cantidad	2	0.2	2	7	6
ki	0.3	2	0.75	0.4	0.25

*Nota.* Fuente: Se indica la cantidad de accesorios que se usaron en el Tramo 1

$$h_{k1} = 2 \left( 0.3 * \frac{0.89^2}{2 * 9.81} \right) + 2 \left( 0.2 * \frac{0.89^2}{2 * 9.81} \right) + 2 \left( 0.75 * \frac{0.89^2}{2 * 9.81} \right) + 7 \left( 0.4 * \frac{0.89^2}{2 * 9.81} \right) + 6 \left( 0.25 * \frac{0.89^2}{2 * 9.81} \right) = 0.27 \text{ m}$$

Para calcular la presión en se utilizará la ecuación(1), como el sistema inicia en la cámara de reunión en ese punto  $V_1=0$  y  $P_1=0$  ya que se encuentra sometido a presión atmosférica.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_k$$

Remplazando los valores de velocidad, presión y cotas de posición se tiene:

$$3850.61 + 0 + 0 = 3780.00 + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{0.89}{2 * 9.81} + 2.7 + 0.27 \rightarrow \frac{P_A}{\gamma} = 67.64 \text{ m}$$

Se realizará el mismo procedimiento para el cálculo de las presiones en los otros tramos,

ver Tabla 14.

**Tabla 14***Cuadro resumen de presiones obtenidas*

N°	Tramo		Estaca		Cota Tub.		Presión (mca) Acumulada
	De	Hasta	V(m/s)	Hf(m)	Hh (m)	Presión (mca)	
1	Cámara de Reunión (A)	VRP N°01 (B)	0.89	2.70	0.28	67.64	67.64
2	VRP N°01 (B)	Empalme de Tubería 1 (C)	0.89	1.40	0.14	63.23	63.23
3	Empalme de Tubería 1 (C)	Inicio cruce de carretera (D)	1.01	3.55	0.36	60.47	123.7
4	Inicio cruce de carretera (D)	Fin Cruce de Carretera (E)	1.09	0.18	0.02	0.84	124.54
5	Fin Cruce de Carretera (E)	Empalme de Tubería 2 (F)	1.01	2.92	0.29	-59.15	65.39
6	Empalme de Tubería 2 (F)	VRP N°02 (G)	0.89	4.32	0.43	-22.64	42.75
7	VRP N°02 (G)	Reservorio (H)	0.89	6.09	0.61	43.89	43.89

*Nota.* Elaboración Propia**4.1.9. Válvula Reductora de Presión**

Se determinará la presión a la que estarán sometidas las válvulas.

- **VRP N°01**

En el punto C se tiene una presión acumulada de 123.7 m.c.a por lo tanto en el punto B se colocará la primera VRP N°01, de tal manera que:

$$(\text{Presión en C}) - (\text{Presión en A}) = (\text{Presión en B})$$

$$123.7 \text{ m.c.a} - 60.47 \text{ m.c.a} = 63.23 \text{ m.c.a}$$

Por lo tanto, la presión que se requiere reducir en el punto será igual a 63.23 m.c.a, lo cual se regulará por la VRP N°01 .

De igual forma se realizará para la Válvula Reductora de Presión N°02

#### 4.1.10. Válvula de Aire

Se instalaron en las partes de mayor altura de la línea de conducción, acorde al perfil de la Figura 15, y se realizaron en los siguientes puntos:

$$Q_a = \frac{\Delta H * g * s}{a}$$

Donde:

$Q_a$  = Caudal de aire (m<sup>3</sup>/s)

$\Delta H$  = Máxima Presión Positiva (mca)

$g$  = Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$s$  = Sección de tubería (m<sup>2</sup>)

$a$  = Celeridad de onda (m/s)

Se considerará la celeridad de la onda para tuberías HDPE 295 m/s.

Diámetro interno tubería HDPE 221.41 mm

$\Delta H = 160$  mca

$G = 9.81$  m/s<sup>2</sup>

Para el diseño se usa el 75% de la presión nominal, por lo tanto

$H = 160 * 0.75 = 120$  mca

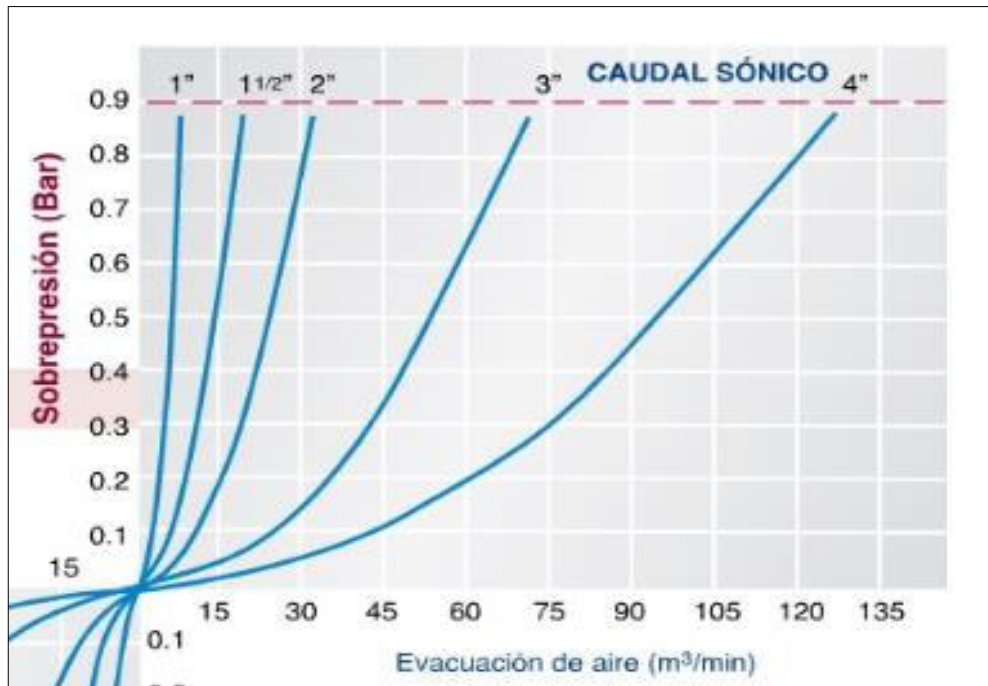
$$S = \frac{\pi * (221.41/1000)^2}{4} = 0.0385 \text{ m}^2$$

$$Q_a = \frac{0.75 * 160 * 10 * 9.81 * 0.0385}{295} = 0.153 \text{ m}^3/\text{s} \text{ o } 9.21 \text{ m}^3/\text{min}$$

Para la selección de la válvula de aire usaremos la Figura N°16, intersecado con el caudal de aire calculado de 9.21 m<sup>3</sup>/min, obteniendo que se requiere una válvula de aire de 2”.

**Figura 16**

*Gráfica para la selección de válvulas de aire*



*Nota.* La gráfica muestra la expulsión de aire en tuberías llenas. tomada de [Gráfica] El aire en las tuberías (II), España, 2017 (<https://cutt.ly/jM61KPJ>).

- Válvula de Aire N°01 Tipo I, Progresiva Km 1+060.
- Válvula de Aire N°02 Tipo I, Progresiva Km 1+402.
- Válvula de Aire N°03 Tipo I, Progresiva Km 2+707.
- Cámara de Válvula de Aire N°04 , Progresiva Km 2+840.
- Cámara de Válvula de Aire N°05, Progresiva Km 4+390.
- Cámara de Válvula de Aire N°06, Progresiva Km 4+635.

#### 4.1.11. Válvula de Purga

Como criterio de diseño se instaló 3 válvula de purga acorde al perfil de la Figura 15, en las partes donde se observa la mayor depresión de la línea de conducción.

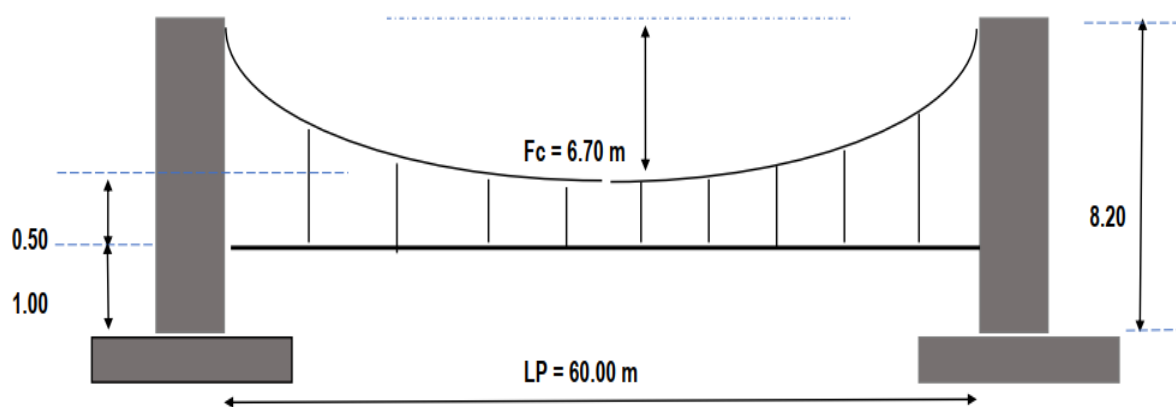
#### 4.1.12. Pases Aéreos

En los terrenos accidentados se realizó la instalación de pases aéreos y estuvieron ubicados en:

- Pase aéreo N°01 (Prog. Tub. Km 1+420), Longitud 20m.
- Pase aéreo N°02 (Prog. Tub. Km 1+600), Longitud 20m.
- Pase aéreo N°03 (Prog. Tub. Km 4+417), Longitud 60m.

**Figura 17**

*Pase aéreo de 60m*



*Nota.* Elaboración Propia

#### 4.1.13. Datos de Anclaje

Formula de Empuje en Codos

$$E = 2 * \gamma * A_1 * \text{Sen } \theta / 2 \quad (24)$$

#### Resistencia Prevista para el Anclaje

$$P_p = P * \text{tg}(\phi) = V * \gamma_h * \text{tg}(\phi) \text{ y } R_t = C / A \quad (25)$$

Condición:

$$V * 2.3 * \text{tg } \phi + C * A * \geq 1.1 * E \quad (26)$$

Donde:

$E$  = Es el empuje total (Kgf)

$\gamma$  = Densidad del liquido (Kg / m<sup>3</sup>)

$\gamma_h$  = Peso Específico del Hormigón (2.3 t / m<sup>3</sup>)

$P_t$  = Presión de Trabajo (mca)

$A_1$  = Área de la Sección del tubo (m<sup>2</sup>)

$A_1$  = Área de la Sección del tubo (m<sup>2</sup>)

$\phi$  = Ángulo de codo

Entonces para la línea de conducción se tiene:

$$P_t = 120 \text{ mca}$$

$$D_n = 250 \text{ mm}$$

$$\gamma_{\text{agua}} = 1000 \text{ kg / m}^3$$



$$\phi = 20$$

Remplazando

$$E = 2 * 1000 * \text{Sen } \theta / 2 = 5890.49 \text{kg}$$

Asumimos área de 1.1m x 1.1 m y remplazamos en la ecuación (25)

$$A = 1.21 \text{ m}^2, \text{ y volumen } 0.6 \text{ m}^3$$

Ahora para comprobar se realizará en la ecuación (26) se tiene:

$$6.5 > 6.48, \text{ por lo tanto, cumple con la condición}$$

$$\text{Volumen anclaje} = 0.6 \text{ m}^3$$

- Sección del dado en codos 1.1x1.1x0.5m, para tubería enterrada.
- Para la tubería superficial se empleó dados de 0.8x0.8x0.8m.

#### **4.1.14. Volumen de Reservorio**

Será determinado mediante el RNE Norma OS.030.

Se usará el caudal promedio anual calculado anteriormente,  $Q_p = 0.02762 \text{ m}^3 / \text{s}$ , para un caudal continuo acorde a los aforos realizados.

$$V_R = 0.25 * Q_p * 24h \quad (27)$$

De la ecuación (27), se obtendrá lo siguiente:

$$V_R = 0.25 * 0.02762 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 86400\text{s} = 596.59 \text{ m}^3$$

En la zona se cuenta con dos reservorios, uno de 200m<sup>3</sup> y otro de 400m<sup>3</sup> por lo que se tendría la capacidad suficiente para almacenar el volumen de agua demandado.

## 4.2. Toma de Decisiones

La población se determinó para un periodo de 20 años, considerando para ello 3 metodologías de cálculo:

- Por el método aritmético se calculó un incremento poblacional de 0.65% anual y una población estimada de 13972 habitantes para el año 2040.
- Por el método geométrico se calculó un incremento poblacional de 0.63% anual y una población futura de 14037 habitantes para el año 2040.
- Por el método parabólico se obtuvo 10651 habitantes para el año 2040.

Se concluye que la proyección que mejor se ajusta a la tendencia de la curva censal es la que emplea el método geométrico, por lo que para determinar la población futura del distrito de Oyón se empleará dicho método.

Acorde a la Normas OS.010 el caudal máximo diario determinado fue 35.91 l/s.

Una vez determinada las presiones acumuladas en la línea de conducción del distrito de Oyón se tenía que seleccionar las tuberías comerciales que se debían usar, por lo tanto, de acuerdo a los catálogos comerciales se comparó las máximas presiones que soportan para su seleccionen, obteniendo que se sería necesario las tuberías

- Tubería lisa HDPE SDR 21 PN 8
- Tubería lisa HDPE SDR 21 PN 12.5
- Tubería lisa HDPE SDR 21 PN 16

Asimismo, se requería saber de qué tipo de material debería ser la tubería, así que al ser un terreno rocoso y accidentado se optó por elegir tuberías HDPE por su flexibilidad y manejo en este tipo de terreno.

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

### Conclusiones

#### 1. General

- a. Se realizó el diseño hidráulico de la línea de conducción que permitió abastecer de agua al distrito de Oyón, apoyados en las Normas técnicas OS.010, OS.100 y RM-192-2018-VIVIENDA, lográndose conducir agua con tubería de diámetro de 10'' desde la cámara de reunión de caudales ubicado en el sector de Bellaluz hasta los reservorios ubicados en el sector de Loglaragra, para lo cual fue necesario la instalación de 2 válvulas reductoras de presión, 6 válvulas de aire, 2 válvulas de purga, 3 pases aéreos y la colocación de macizos de anclaje a fin que el sistema de conducción de agua funcione en condiciones óptimas

#### 2. Especificas

- a. Como criterio de diseño se calculó la población futura del distrito de Oyón para un periodo de 20 años, obteniéndose por el método geométrico de cálculo poblacional que para el año 2040 se tendrá una población futura de 14037 habitantes. Asimismo, se determinó que la dotación de agua necesaria por habitante en el distrito de Oyón es 170 l/s, el caudal promedio diario es 27.62 l/s y acorde a la Normas OS.010 se obtuvo el caudal máximo diario el cual resulto 35.91 l/s.
- b. Se determinó las características comerciales de las tuberías que se usaran, en base a las presiones acumuladas en la línea de conducción de cada uno de los tramos analizados

**Tabla 15***Cuadro resumen de presiones finales acumuladas*

<b>Tramo</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>Presión Acumulada (mca)</b>	<b>Tubería Usada</b>
Tramo 1	0.89	67.64	Tubería lisa HDPE SDR 21 PN 8
Tramo 2	0.89	63.23	Tubería lisa HDPE SDR 21 PN 8
Tramo 3	1.01	123.7	Tubería lisa HDPE SDR 21 PN 12.5
Tramo 4	1.09	124.54	Tubería lisa HDPE SDR 21 PN 16
Tramo 5	1.01	65.39	Tubería lisa HDPE SDR 21 PN 8
Tramo 6	0.89	42.75	Tubería lisa HDPE SDR 21 PN 8
Tramo 7	0.89	43.89	Tubería lisa HDPE SDR 21 PN 8

*Nota.* Elaboración Propia

- c. Las componentes complementarias necesarias para el funcionamiento de la línea de conducción de agua son las siguientes:
- 01 Cámara de Reunión de Caudales: La cual reunirá los caudales de la quebrada Shurisikan y el manantial La Pampa, cuyas dimensiones calculadas son longitud de 4.65, ancho de 2.20m y altura de 2 m.
  - 02 Válvulas Reductoras de Presión: Se encargarán de reducir la presión acumulada, ya que de no ser instalada la línea de conducción soportaría presiones máximas de 167 m.c.a, requiriendo tuberías comerciales de mayor espesor, lo que involucraría incremento en el costo del proyecto.
  - 06 Válvulas de aire: De acuerdo al cálculo realizado se requieren 7 válvulas de aire con salida de 2'' para expulsar el aire que se encuentre atrapado en las zonas altas de la línea de conducción.

- 03 Pases aéreos: Se necesitó construir 3 pases aéreos para pasar de un extremo al otro, cuyas longitudes determinadas fueron de 2 pases de 20 m y uno de 60 m.
- 02 Válvulas de purga: Se requirió 3 válvulas de purga con salida de 2'' en las zonas más bajas, acorde al perfil del terreno.
- Dados de Anclaje: Se diseñó macizos de anclaje para las zonas de la línea de conducción que requieran accesorios, donde el volumen del anclaje fue de 0.5m<sup>3</sup>.

## **Recomendaciones**

### **1. General**

- a.** Se recomienda seguir la normativa establecida para diseño de líneas de conducción en las normas peruanas OS.010, OS.100 y RM-192-2018-VIVIENDA.

### **2. Especifica**

- a.** Se recomienda para zonas de terrenos con mucha presencia de roca como es la zona de Oyón usar tuberías HDPE ya que estas son flexibles y se acomodan al terreno evitando el empleo de muchos codos, lo cual evita la pérdida de carga.
- b.** Para garantizar la vida útil de la línea de conducción y sus estructuras complementarias es necesario que el municipio distrital de Oyón realice el mantenimiento periódico.

## Referencias

- 4427-3:2008, N.-I. (2018). *Sistemas de Tuberías Plásticas. Tubos de Polietileno (PE) y Conexiones para Abastecimiento de Agua*.
- Agüero Pittman, R. (1997). *Agua Potable para Poblaciones Rurales: Sistema de abastecimiento por Gravedad sin Tratamiento*. Asociación de Servicios Educativos Rurales (SER).
- Alayo Ruiz, M. W., & Espinoza Orosco, J. (2016). *Simulación Hidráulica de la Línea de Conducción y Red de Distribución de Agua Potable Aplicando el Software Watercad en la Localidad de Laredo [ Tesis de Título Profesional, Universidad Privada Antenor Orrego]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://n9.cl/8ws0o>
- Arocha Ravelo, S. (1997). *Abastecimientos de Agua - Teoría & Diseño* (Tercera ed.). Caracas: Innovación Tecnológica.
- Edificaciones, R. N. (2009). *Norma OS.100*. Lima.
- INEI. (1981). *Censos Nacionales 1981 - VIII de Población y III de Vivienda*. Obtenido de <https://cutt.ly/Y1wn2Ax>
- INEI. (1993). *Censos Nacionales 1993 IX de Población y YV de Vivienda*. Obtenido de <https://cutt.ly/e1wmuKJ>
- INEI. (2007). *Censos Nacionales 2007 XI de Población y VI de Vivienda*. Obtenido de <https://cutt.ly/I1wmQ45>
- INEI. (2017). *Censo Nacional 2017 XII de Población y VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Obtenido de <https://cutt.ly/JM6Xof4>
- Jaime Zevallos, C. V. (2021). *Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en los Cacerios Cabuyal, Jose Galvez, Pagay, Naranjitos, San Miguel y Tupac Amaru del*

*distrito de Yamango, Provincia de Morropón [ Tesis de Título Profesional, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2906/ICIV-JAI-ZEV-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>*

McGhee, T. (1999). *Abastecimiento de Agua y Alcantarillado* (Sexta ed.). Editorial Nomos S.A.

Mejía, A., Castillo, O., & Vera, R. (2016). *Agua Potable y Saneamiento en la Nueva Ruralidad de América Latina*. Bogotá: CAF.

Monge Redondo, M. (2017). *El aire en las Tuberías II*. España. Obtenido de <https://cutt.ly/jM61KPJ>

Monge Redondo, M. (2017). *El aire en las tuberías (II): Cálculo y dimensionado de ventosas [ Grafica ]*. Obtenido de iagua: <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/aire-tuberias-ii-calculo-y-dimensionado-ventosas>

MVCS. (2018). *Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural*. Obtenido de <https://cutt.ly/sM6IejK>

Pérez Ayme, J. F. (2022). *Diseño hidráulico de la distribución por impulsión del sistema de agua potable, Asociación de Vivienda Santa Rosa II etapa, San Juan de Miraflores, Lima [Tesis de Título Profesional, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional. Obtenido de [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/18056/P%c3%a9rez\\_aj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/18056/P%c3%a9rez_aj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)*

RNE. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones : Norma OS. 010*. MVCS. Obtenido de <https://cutt.ly/kM6WGtT>



- Rocha Felices, A. (2007). *Hidráulica de Tuberías y Canales* (Primera ed.). Lima.
- Rodríguez Ruiz, P. (2001). *Abastecimiento de Agua - Instituto Tecnológico de Oaxaca*.  
Oaxaca.
- Saldarriaga, J. (2007). *Hidráulica de Tuberías - Abastecimiento de agua, redes, riegos*.  
Bogotá: Alfaomega. Obtenido de <https://cutt.ly/eM6Tmgo>
- Valdez, E. C. (1990). *Abastecimiento de Agua Potable* (Primera ed., Vol. I). Universidad  
Nacional Autónoma de México .
- Valdivia, P. (2020). *Conducción de Agua*. Chiclayo.
- Vierendel. (2009). *Abastecimiento de Agua y Alcantarillado* (Cuarta ed.). Lima.
- Villacis Coraquilla, K. L. (2018). *Evaluación de la Línea de Conducción del Sistema de  
Abastecimiento de Agua Potable del Cantón Rumiñahui [ Tesis de Título Profesional,  
Escuela Politécnica Nacional]*. Repositorio Institucional. Obtenido de  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19455/1/CD-8849.pdf>

## ANEXOS

### Panel Fotográfico



**Foto N°01:** Se muestra la Cámara de Reunión de Caudales construida.



**Foto N°02:** Se muestra la construcción de la Línea de Conducción.



**Foto N°03:** Se muestra la vista externa de la cámara que contiene la válvula reductora de presión.



**Foto N°04:** Vista de la válvula reductora de presión.





**Foto N°05:** Se muestra la vista de la Válvula de Purga instalada.



**Foto N°06:** Se muestra la vista de la Válvula de Aire instalada.



**Foto N°07:** Se muestra la vista panorámica de la Cámara de la Válvula de aire construida.

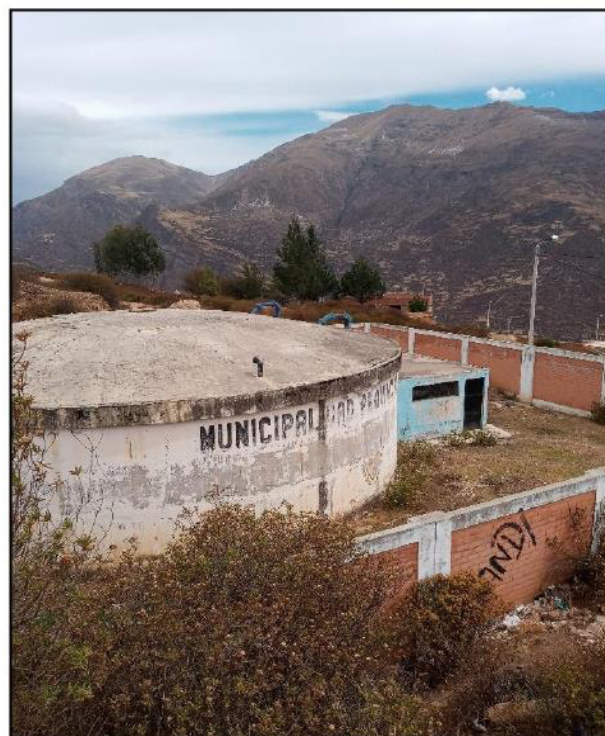


**Foto N°08:** Se muestra panorámica del Pase Aéreo construido.





**Foto N°09:** Se muestra la vista de los Dados de Anclaje construidos.



**Foto N°10:** Se muestra la vista del Reservorio de N°01.



**Foto N°08:** Se muestra la vista del Reservorio N°02.