



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Ciencias Físicas**

**Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos**

**Evaluación y mejoramiento del sistema de agua  
potable del caserío cedro, distrito de Huarmaca,  
provincia de Huancabamba, departamento de Piura**

**MONOGRAFÍA TÉCNICA**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

**AUTOR**

**Paul Róger CALVO MARQUEZ**

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

---

Calvo, P. (2022). *Evaluación y mejoramiento del sistema de agua potable del caserío cedro, distrito de Huarmaca, provincia de Huancabamba, departamento de Piura*. [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	Paul Róger Calvo Marquez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47232484
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-3556-7897">https://orcid.org/0000-0002-3556-7897</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	EMANUEL JESÚS GUZMÁN ZORRILLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40420005
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	REUTER ARTURO ALIAGA DÍAZ
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07229778
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	DOUGLAS DONAL SARANGO JULCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07136313
<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: Piura Provincia: Huancabamba Distrito: Huarmaca Latitud: 5°41'40.04" Longitud: 79°26'31.67"
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 10:00 a.m. del día sábado 17 de diciembre de 2022, en la Sala de Sesión Virtual de la Facultad de Ciencias Físicas, bajo la presidencia del Mg. Ing. EMANUEL JESÚS GUZMÁN ZORRILLA y con la asistencia de los miembros Ing. REUTER ARTURO ALIAGA DÍAZ y el Dr. Ing. DOUGLAS DONAL SARANGO JULCA, 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:

**PAUL RÓGER CALVO MARQUEZ**

El Presidente del Jurado Examinador dio lectura del Resumen del Expediente, e invitó al Bachiller PAUL RÓGER CALVO MARQUEZ, a realizar la Exposición del trabajo de la Monografía Técnica titulada “EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO CEDRO, DISTRITO DE HUARMACA, PROVINCIA DE HUANCABAMBA, DEPARTAMENTO DE PIURA”.

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:

.....DIECISIETE..... ....17.....

El Presidente del Jurado Mg. Ing. EMANUEL JESÚS GUZMÁN ZORRILLA, a nombre de la Nación y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, declaró al Bachiller PAUL RÓGER CALVO MARQUEZ Ingeniero Mecánico de Fluidos.

Siendo las 11:06 a.m. del mismo día, se levantó la sesión.

  
**Mg. Ing. EMANUEL JESÚS GUZMÁN ZORRILLA**  
PRESIDENTE DEL JURADO

  
**Ing. REUTER ARTURO ALIAGA DÍAZ**  
MIEMBRO DEL JURADO

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



**UNMSM**

Firmado digitalmente por LOZANO  
BARTRA Whualkuer Enrique FAU  
20148092282 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 21.12.2022 21:46:45 -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/83499897045?pwd=WTAYWXg5SGtNOFJhL3hqNGcxNVBVZz09>

ID de reunión: 834 9989 7045

Código de acceso: 871983

Grabación archivada en el siguiente enlace:

[https://drive.google.com/file/d/1Sq8mXpL7VAnNHdUeb3ZARhNpfThaaWRp/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/1Sq8mXpL7VAnNHdUeb3ZARhNpfThaaWRp/view?usp=share_link)

## 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)  
"EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO CEDRO, DISTRITO DE HUARMACA, PROVINCIA DE HUANCABAMBA, DEPARTAMENTO DE PIURA"
7. Autor del documento (2)  
PAUL RÓGER CALVO MARQUEZ
8. Fecha de recepción del documento 29/11/22
9. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes 1°/12/22
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>  
9%
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 24 /12 /22



UNMSM

Firmado digitalmente por SARANGO  
JULCA Douglas Donal FAU  
20148092292 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 26.12.2022 09:50:18 -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

## **Dedicatoria**

Esta monografía está dedicada a mi madre Rosalía y a mi padre Gaudencio por ser las personas a las que más admiro y por su amor, guía y aliento para seguir alcanzando cada uno de mis objetivos.

## **Agradecimientos**

ii

Para empezar, me gustaría dar las gracias a Dios por ser mi guía y mi protector.

A mis padres, por brindarme un apoyo inquebrantable a lo largo de mi vida.

A los miembros de mi familia y a los amigos que he hecho en el camino y que han contribuido de alguna manera al éxito que he experimentado hasta ahora en mi existencia.

En cuanto al diseño hidráulico correspondiente a un sistema de suministro de agua potable es necesario un estudio completo y extenso, ya que un dimensionamiento insuficiente podría suponer el despilfarro del recurso hídrico, con las consiguientes pérdidas económicas y el descontento de los usuarios.

Para esta monografía se empleará el procedimiento del diagnóstico para el sistema actual de suministro de agua potable para el Caserío Cedro, luego se realizará el diseño hidráulico de los componentes del nuevo sistema de agua potable tal como la captación la ruda, línea de conducción, reservorio apoyado y redes de distribución del Caserío Cedro.

Palabras clave: Sistema, Diseño, Captación, Línea de conducción

## Tabla de Contenidos

iv

CAPÍTULO 1 – GENERALIDADES .....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Importancia del tema.....	1
1.3. Identificación del problema. ....	2
1.4. Propuesta de solución .....	2
1.5. Objetivos.....	2
1.6. Delimitación.....	3
2.1. Métodos de cálculo de la población.....	4
2.1.1. Método analítico .....	4
2.1.1. Métodos gráficos.....	5
2.2. Cálculo de la demanda .....	5
2.3. Captación de manantial de ladera .....	6
2.3.1. Distancia entre el afloramiento y la cámara húmeda .....	6
2.3.2. Ancho de la pantalla.....	7
2.3.3. Altura de la cámara húmeda .....	9
2.3.4. Canastilla.....	10
2.3.5. Tubería de rebose.....	11
2.4. Cálculo de la línea de conducción .....	12
2.5. Cámara reunión de caudales .....	13
2.6. Cámara rompe presión .....	14
2.7. Cálculo de reservorio .....	15
2.8. Cálculo de red de distribución (Cálculos en hojas Excel) .....	16
CAPITULO 3 – DESCRIPCION METODOLOGICA .....	18
3.1. Condiciones iniciales .....	18
3.1.1. Descripción del área de estudio .....	18
3.1.2. Características básicas del caserío .....	19
3.1.3. Estudios básicos en el área de estudio .....	22
3.2. Datos iniciales.....	24
3.2.1. Población actual (hab).....	24
3.2.2. Densidad poblacional (hab/viv) .....	24
3.3. Cálculos de ingeniería.....	24
3.3.1. Tasa de crecimiento .....	24
3.3.2. Determinación de la Población Futura del Caserío Cedro.....	29
3.3.3. Cálculo de la Demanda de agua potable .....	29
3.3.4. Calculo hidráulico de la captación La Ruda .....	32
3.3.4. Cálculo de la línea de conducción .....	38
3.3.5. Cálculo de la cámara rompe presión tipo 6.....	48
3.3.6. Cálculo del reservorio apoyado .....	49
3.3.7. Cálculo de redes de distribución.....	49
CAPITULO 4 – RESULTADOS Y DISCUSION.....	55
4.1. Resultados y Discusión .....	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	59
BIBLIOGRAFÍA .....	62
ANEXOS .....	63

## Lista de tablas

v

Tabla 1 .....	17
Parámetros en la distribución y conducción. ....	17
Tabla 2. Los tres últimos censos a nivel distrital de Huarmaca, Caserío Cedro .....	25
Tabla 3. Comportamiento histórico a lo largo del tiempo de la ecuación de población según el método aritmético .....	27
Tabla 4. Comportamiento histórico a lo largo del tiempo de la ecuación de población según el método geométrico.....	28
Tabla 5. Cálculo de la población proyectada del Caserío Cedro hasta el año 20 .....	29
Tabla 6. Caudal promedio del Caserío Cedro .....	31
Tabla 7. Proyección de la demanda de agua potable .....	31
Tabla 8. Criterios de Estandarización de Componentes Hidráulicos.....	33
Tabla 9. Cálculo de línea de conducción del tramo LC-01 captación Cerro Grande - cámara reunión de caudales.....	41
Tabla 10. Cálculo de línea de conducción del tramo LC-02 captación La Ruda - cámara reunión de caudales .....	44
Tabla 11. Cálculo de línea de conducción del tramo LC-03 cámara reunión de caudales-reservorio apoyado proyectado.....	47
Tabla 12. Datos de cálculo para redes de distribución del caserío Cedro.....	50
Tabla 13. Cálculo de redes de distribución del caserío Cedro.....	51
Tabla 14. Presión en los nodos de las redes de distribución del caserío Cedro.....	52
Tabla 15. Resultados de la línea de conducción del caserío Cedro. ....	56

## Lista de figuras

vi

Figura 1. Carga disponible y pérdida de carga. ....	7
Figura 2. Distribución de los orificios de pantalla frontal. ....	8
Figura 3. Altura total de la cámara húmeda .....	10
Figura 4. Canastilla de salida .....	11
Figura 5. Características de la línea de conducción.....	13
Figura 6. Micro localización del Caserío Cedro .....	19
Figura 7. Vía de acceso Lima – Municipalidad Distrital de Huarmaca.....	21
Figura 8. Vía de acceso Municipalidad Distrital de Huarmaca – Caserío Cedro .....	21
Figura 9. Vista Panorámica del Caserío Cedro .....	22
Figura 10. Vista de algunas calles del Caserío Cedro.....	22
Figura 11. Línea de aducción a una profundidad de 40cm. ....	23
Figura 12. Calicata realizada en la Línea de conducción a una profundidad de 1.00m.....	24
Figura 13. Área de Influencia del Caserío Cedro .....	25
Figura 14. Superposición de las curvas de los métodos aritmético y geométrico con la curva del censo .....	28
Figura 15. Esquema de la línea de conducción del Caserío Cedro.....	38
Figura 16. Perfil de línea de gradiente hidráulico del tramo LC-01 captación Cerro Grande – Cámara reunión de caudales. ....	42
Figura 17. Perfil de línea de gradiente hidráulico del tramo LC-02 captación La Ruda – Cámara reunión de caudales.....	45
Figura 18. Perfil de línea de gradiente hidráulico del tramo LC-03 Cámara reunión de caudales – reservorio apoyado proyectado. ....	48
Figura 19. Esquema de Tipos de Red de Distribución del Caserío Cedro.....	54
Figura 20. Captación existente tipo ladera la ruda.....	65
Figura 21. Línea de conducción expuesta a la intemperie. ....	65

## **CAPÍTULO 1 – GENERALIDADES**

### **1.1. Introducción**

El presente trabajo tiene como finalidad efectuar la evaluación y desarrollar los diseños hidráulicos del mejoramiento del sistema de agua potable del Caserío Cedro, distrito de Huarmaca, provincia de Huancabamba, departamento de Piura.

Se empezará realizando un diagnóstico hidráulico y estructural del estado actual de las estructuras existentes, líneas de conducción y redes de distribución de agua potable en el Caserío Cedro; poco después, utilizando los datos del padrón de beneficiarios, haremos proyecciones de la población futura, a continuación, calcularemos la demanda necesaria y el volumen del reservorio apoyado para 20 años de duración en el futuro; esta información también se utilizará para determinar si las estructuras actuales pueden satisfacer la necesidad de la población en el futuro.

Tras este paso, se llevará a cabo el diseño hidráulico del sistema en mención tal como la captación, línea de conducción, reservorio apoyado y redes de distribución del Caserío Cedro; por último, se presentarán los resultados y las conclusiones de la monografía técnica.

### **1.2. Importancia del tema**

Existe déficit en la demanda de agua potable del sistema del Caserío Cedro, lo cual genera reclamos de los habitantes por el carente servicio del agua potable.

### **1.3. Identificación del problema.**

Las fuentes actuales para el consumo de los habitantes del Caserío Cedro son mediante manantiales de ladera ubicada en las quebradas denominadas sector Cerro Grande y sector La Ruda, el cual es usada sin tratamiento alguno según el consultor. El tipo de abastecimiento es por gravedad, pero con deficiencias en el sistema.

La infraestructura existente de agua potable según información de los pobladores tiene una antigüedad aproximada de 30 años.

### **1.4. Propuesta de solución**

Debido a la antigüedad y las características de los materiales empleados requieren de una renovación y mejoras, los cuáles serán previo análisis y diseños hidráulicos para garantizar que tanto la cantidad como la calidad del agua sea la adecuada para la satisfacción de necesidades en el consumo del Caserío Cedro.

### **1.5. Objetivos**

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

Mejorar la calidad de vida de la población del Caserío Cedro, suministrando agua potable con caudales y presiones adecuadas.

#### **1.5.2. Objetivos específicos**

Entre los objetivos específicos se pueden mencionar

- a. Determinar la proyección de la población al año 20.
- b. Determinar la demanda de agua potable.
- c. Determinar los cálculos hidráulicos de las estructuras del sistema de agua potable.

## **1.6. Delimitación**

El Mejoramiento de los componentes del sistema de agua potable del Caserío Cedro, distrito de Huarmaca, Provincia de Huancabamba, Departamento de Piura. solo será respecto a la parte hidráulica; es preciso aclarar que la presente monografía técnica no contempla el diseño hidráulico de la captación cerro grande, ni las conexiones domiciliarias.

## CAPÍTULO 2 – MARCO TEORICO

### 2.1. Métodos de cálculo de la población

#### 2.1.1. Método analítico

En cuanto a esta estrategia, determinaremos si los habitantes de una determinada zona “x” ajustada a curvas matemáticas; esto se basará en propiedades de los factores poblacional del censo y en espacios del tiempo registrados.

##### **Método Aritmético**

Según este enfoque, la evolución de una determinada población “x” se ajustan al modelo proporcional al cambio en una progresión aritmética, como muestra la siguiente ecuación:

$$Pf = Po(1 + rt) \quad (2.2)$$

Pf= Población futura.

Po= Población inicial.

r= tasa de crecimiento.

t= tiempo en años comprendido entre  $Pf$  y  $Po$

##### **Método Geométrico**

Este método ofrece valores elevados y aumenta como un capital susceptible de interés compuesto. Este método es utilizado para la población joven que están en fase de apertura.

Se define:

$$Pf = Po(1 + r)^t \quad (2.3)$$

Pf= Población futura.

Po= Población inicial.

$r$ = tasa de crecimiento.

$t$ = tiempo en años comprendido entre  $P_f$  y  $P_o$

### 2.1.1. Métodos gráficos

Cuando se utiliza esta técnica para estimar las cifras de población, se emplean gráficos. A menudo se utilizan los datos del censo del INEI, o se tiene en cuenta la tasa de crecimiento de otras comunidades adyacentes con un desarrollo socioeconómico y una ubicación geográfica comparables.

## 2.2. Cálculo de la demanda

### Consumo promedio diario anual ( $Q_p$ )

Representando el consumo por persona esperado de una futura población  $x$ , a lo largo de la era de diseño, dado en litros por segundo (l/s) y puede estimarse mediante la fórmula que se indica a continuación:

$$Q_p = \frac{P_f \times \text{Dotación}(D)}{86400(\text{s}/\text{día})} \quad (2.5)$$

Se define:

$Q_p$ = Consumo promedio diario (l/s).

$D$ = Dotación (l/hab./día)

$P_f$ = Población futura (hab.).

### Consumo máximo diario

Calculado como un factor de expansión ( $K_1$ ) del  $Q_{md}$ , es el nivel más alto de consumo que puede preverse en un día por la población. La fórmula que se utiliza para determinarlo es la siguiente:

$$Q_{md} = K_1 Q_p \quad (2.6)$$

### **Consumo máximo horario**

Es el máximo consumo que será requerido en una determinada hora del día, y se calcula como un factor de ampliación ( $K_2$ ) del  $Q_{mh}$  y se puede calcular con la siguiente formula

$$Q_{mh} = K_2 Q_p \quad (2.7)$$

### **2.3. Captación de manantial de ladera**

La finalidad característica es captar agua de una variedad de fuentes escondidos que suelen ubicarse en laderas de montañas. La captación de ladera consta de tres secciones principales; la primera, el compartimiento de protecciones de afloramiento, en segundo, a la cámara húmeda cuyo fin es almacenar y regulación del gasto, y tercera, a la cámara seca y libre de humedad que sirva de escudo para las válvulas de rebose y control.

A continuación, se mencionan los criterios de diseño para dimensionar una captación en manantial en ladera.

#### **2.3.1. Distancia entre el afloramiento y la cámara húmeda**

Para determinar la distancia de la cámara húmeda con el afloramiento, es indispensable saber la pérdida de carga en el orificio de salida y la velocidad de pase (ver Figura 1), para ello se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$h_o = 1.56 \frac{V_2^2}{C_d} \quad (2.8)$$

donde  $h_o$  hace posible realizar la vel. de pase, en m;  $V_2$  es la vel. de pase, en m/s;  $C_d$  en el punto 1, es el coeficiente de descarga.

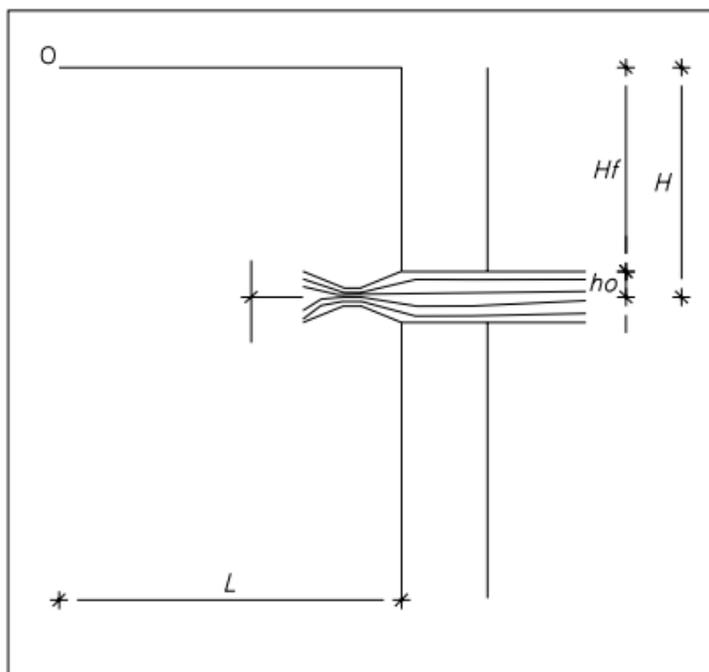


Figura 1. Carga disponible y pérdida de carga.

Fuente: Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales – OPS, Lima, 2004

Además, en la Figura 1 se puede notar lo siguiente:

$$H = H_f + h_o \quad (2.9)$$

Donde pérdida de carga es  $H_f$ , utilizado para estimar la distancia entre la caja de obtención y el afloramiento, en metros.

Finalmente, la distancia entre el afloramiento y la cámara húmeda ( $L$ ) se obtiene de la siguiente expresión.

$$L = \frac{H_f}{0.30} \quad (2.10)$$

### 2.3.2. Ancho de la pantalla

Para calcular el ancho de la pantalla es imprescindible conocer el número de orificios y el diámetro que accederán el paso del agua de la zona de afloramiento que lleva a la cámara

húmeda. Para determinar el tamaño del diámetro de la tubería de entrada (D), aplique las siguientes fórmulas:

$$Q_{max} = V \times A \times C_d \quad (2.11)$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (2.12)$$

Donde  $Q_{max}$  es el caudal máximo de la fuente, en l/s;  $V$  es la velocidad de paso, en m/s;  $A$  es el área de la tubería, en m<sup>2</sup>;  $C_d$  es el coeficiente de descarga;  $g$  es la aceleración de la gravedad, en m/s<sup>2</sup>;  $h$  es la carga sobre el centro del orificio, en m.

### Numero de orificios

Según la RM N° 192-2018 VIVIENDA, se aconseja elegir diámetros (D) inferiores o iguales a 2 pulg., para el caso de diámetros superior, la cantidad de agujeros es:

$$NA = \frac{\text{Área del diámetro calculado}}{\text{Área del diámetro asumido}} + 1 \quad (2.13)$$

Para conseguir una distribución equilibrada del agua, se considera que los orificios deben colocarse de la manera representada en la figura 2 al calcular el ancho de la pantalla. Esto se tiene en cuenta durante el proceso de cálculo.

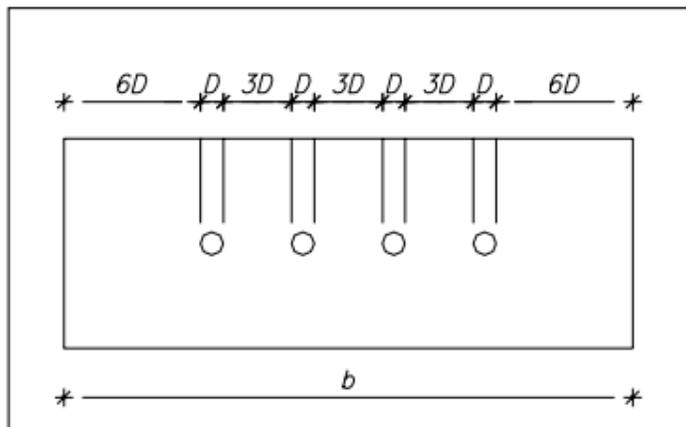


Figura 2. Distribución de los orificios de pantalla frontal.  
Fuente: Guía para la construcción y diseño de manantiales – OPS, Lima, 2004

Finalmente, La siguiente expresión se puede utilizar para determinar el ancho de la pantalla, que se denota por  $b$ :

$$b = 9D + 4NAxD \quad (2.14)$$

Donde  $D$  es el diámetro del orificio, en m;  $b$  es el ancho de la pantalla, en m;  $NA$  es el número de orificios.

### **2.3.3. Altura de la cámara húmeda**

Esta altura  $H_t$  (ver Figura 3) se obtendrá utilizando ecuación que se presenta a continuación.

$$H_t = A + B + H + D + E \quad (2.15)$$

Donde  $A$  representa la menor altura posible para que se produzca la sedimentación de arena, en m;  $B$  es el diámetro de salida, en m;  $H$  es la altura del agua en relación con la canastilla, en m;  $D$  es la distancia de nivel mínimo entre el nivel del agua y el agua entrante del afloramiento, correspondiente al agua de la cámara húmeda, en m.

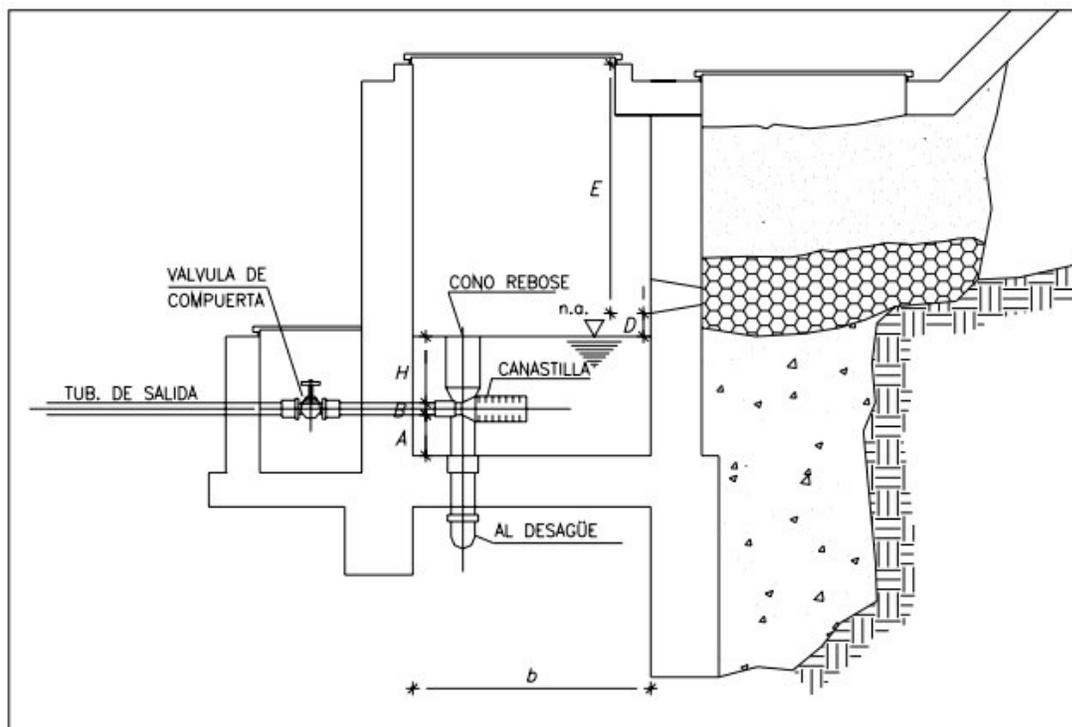


Figura 3. Altura total de la cámara húmeda

Fuente: Guía para la construcción y diseño de manantiales – OPS, Lima, 2004

La carga necesaria en el que el caudal de salida de la captación fluya por la tubería se determina mediante la siguiente expresión:

$$H = 1.56 \frac{V^2}{2g} \quad (2.16)$$

donde H es la carga necesaria, en metros; V es la velocidad media en el punto de descarga de la tubería, en m/s; g es la aceleración de la gravedad, en m/s<sup>2</sup>.

Se sugiere una altura mínima requerida de H=30cm

#### 2.3.4. Canastilla

El dimensionamiento se realiza con las consideraciones siguientes:

Se recomienda que el diámetro de la canastilla sea dos veces que el del diámetro de salida de la L.C. ( $D_c$ )

La superficie total de la ranura ( $A_t$ ) es el doble de la superficie de tubería de L.C.

La longitud de la canastilla ( $L$ ) sea menor a  $6 D_c$  y mayor a  $3 D_c$ .

$$A_t = 2 A_c \quad (2.17)$$

$$A_t = \frac{\pi D_c^2}{4} \quad (2.18)$$

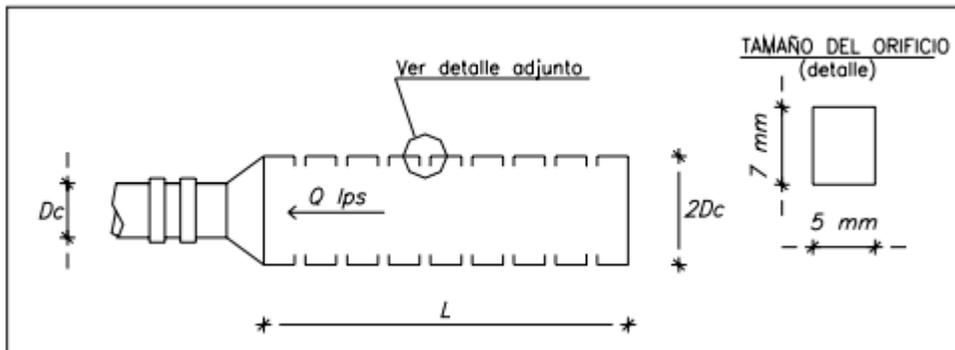


Figura 4. Canastilla de salida

Fuente: Guía para la construcción y diseño de manantiales – OPS, Lima, 2004

El número de ranuras se determina con la siguiente expresión:

$$N^{\circ} \text{ ranuras} = \frac{\text{Área total de ranuras}}{\text{Área de ranuras}} + 1 \quad (2.19)$$

### 2.3.5. Tubería de rebose

El diámetro ( $D$ ) de tubería de rebose se puede calcular utilizando la ecuación de Hazen y Williams (para C-150), considerando pendientes de 1 y 1.5%

$$D = \frac{0.71 Q^{0.38}}{S^{0.21}} \quad (2.20)$$

Donde  $D$  es el diámetro de la tubería, en pulgadas;  $S$  (m/m) es la carga unitaria (pérdida);

$Q$  es el caudal máx. de la fuente, en l/s;

#### 2.4. Cálculo de la línea de conducción

Para determinar la LGH, se utilizará la expresión de Bernoulli como se aprecia a continuación:

$$\frac{P_1}{\delta} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\delta} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_f \quad (2.21)$$

Las pérdidas en las tuberías son el cálculo más importante en el diseño de las mismas.

Cálculo de pérdidas con la ecuación de Fair – Whipple

$$H_f = 676,745 \left[ \frac{Q^{1.751}}{D^{4.753}} \right] * L \quad (2.22)$$

Teniendo:

$H_f$ : Representa la pérdida de carga continua, en metros (m).

$D$ : Representa el diámetro interior de tubería en milímetros (mm).

$Q$ : Representa el Caudal en lit/min.

$L$ : Representa la Longitud en metros.

Cálculo de perdidas con la ecuación de Williams y Hazen

$$H_f = 10.674(Q/C_H)^{1.852} L/D^{4.87} \quad (2.23)$$

Siendo:

$H_f$ : Pérdida de carga durante la conducción (m)

$Q$ : Caudal en línea de conducción (m<sup>3</sup>/s)

$C_H$ : Coeficiente de Hazen y William

$D$ : Diámetro interior de la tubería en metros (m)

$L$ : Longitud del tramo considerado en metros (m)

A continuación, se presenta las características de la línea de conducción.



Figura 5. Características de la línea de conducción.

Fuente Opciones Tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural (RM N° 192-2018-VIVIENDA)

Consideraciones a tomar en cuenta:

- El rango de velocidades para la línea de conducción debe estar entre 0.60 m/s como velocidad mínima a 3 m/s como velocidad máxima.
- La línea LGH deberá estar siempre por encima de la tubería de conducción de agua potable.
- Según se presente las características topográficas de la zona, además de las características del sistema de la línea de conducción, podrían ir acompañados de elementos en el control de flujo entre otros elementos y/o para cambio de dirección.

## 2.5. Cámara reunión de caudales

Las cámaras colectoras de caudal se instalan para recoger los caudales de varias fuentes de captación de agua para llevarlas por una única tubería de conducción hasta el almacenamiento o la instalación de tratamiento de agua potable.

Se sugiere que no haya más de 50 m de diferencia de cota dentro de los límites de la cámara de encuentro y la primera captación, que es la más alta. En el caso de que sea superior a 50 m, se requiere la construcción de una cámara de presión en la tubería de conducción.

Para efectos de diseño se sugiere una sección inferior mínima de 0.60 m x 0.60 m.

## 2.6. Cámara rompe presión

El objetivo principal de la cámara de ruptura de presión es llevar la presión hidrostática a un nivel más bajo y producir una nueva elevación para el agua, de este modo se evita presiones superiores a la máxima que puede soportar la tubería. Se sugiere instalar cámaras rompe presión cada 50 m de desnivel.

La velocidad del flujo se define como:

$$V = \frac{1.9735Q}{D^2} \quad (2.24)$$

Siendo:

*D*: Representa el Diámetro de línea de conducción (m)

*Q*: Representa el Caudal del diseño de la cámara (m<sup>3</sup>/s)

*V*: Representa la Velocidad (m/s)

La carga hidráulica se define de la siguiente manera, teniendo en cuenta la simplicidad del diseño del flujo:

$$H = 1.56 \frac{V^2}{2g} \quad (2.25)$$

Siendo:

*g*: Gravedad 9.81 m/s<sup>2</sup>

*V*: Vel. línea de conducción se muestra con rango de (0.6 m/s < *V* < 3.0 m/s)

*H*: Representa la Carga hidráulica mínima (m)

La altura mínima de sedimentación por razones de diseño es 0,10 m, con 0,40 m. de borde libre. La siguiente fórmula determina la altura de la cámara de presión en su conjunto:

$$HT = H + A + BL \quad (2.26)$$

Siendo:

*HT*: Representa la Altura total de la cámara rompe presión (m)

*H*: Representa la Carga hidráulica mínima para la CRP (m)

*A*: Representa la Altura mínima de sedimentación (m)

*BL*: Representa el Borde libre (m)

## 2.7. Cálculo de reservorio

Para determinar el volumen se considera una población y su correspondiente dotación considerando el 25 por ciento del consumo promedio ( $Q_p$ ) según RM N° 192-2018-VIVIENDA. El objetivo de todo esto es gestionar el uso de agua de la población durante el día.

Durante el horizonte de 20 años del proyecto, también se considerará que el almacenamiento (reservorio) podrá dar servicio a la población prevista; por lo tanto, el diseño del embalse deberá crearse teniendo en cuenta la necesidad final de la duración del proyecto (20 años).

### Determinación de la tubería de rebose:

Se define como:

$$Q = C_d A \sqrt{2gh} \quad (2.27)$$

Siendo:

$Q$ : Representa el Caudal maximo diario, en metros cubicos por segundo ( $m^3/s$ )

$C_d$ : Representa el Coeficiente de descarga en condiciones en las que se sugiere su uso (0.6)

$g$ : La gravedad se caracteriza por el valor de  $9.81 m/s^2$

$h$ : Se aconseja que, para la carga hidráulica de tubería, con valor de (0.10 m)

$A$ : Area de la sección transversal de la tuberia de rebose ( $m^2$ )

### **Cálculo de la tubería de limpieza del reservorio**

Se define como:

$$A_o = \frac{2S\sqrt{h}}{C_d T \sqrt{2g}} \quad (2.28)$$

Siendo:

$C_d$ : Coeficiente de descarga entre 0.60 – 0.65

$T$ : Tiempo de descarga no puede superar las 2 horas

$S$ : La superficie del tanque (reservorio apoyado) ( $m^2$ )

$A_o$ : Area de la sección transversal de la tuberia de salida ( $m^2$ )

$g$ : La gravedad se caracteriza por el valor de  $9.81 m/s^2$

$h$ : Se aconseja que, para la carga hidráulica de tubería, con valor de (0.10 m).

### **2.8. Cálculo de red de distribución (Cálculos en hojas Excel)**

Para determinar la red de distribución, se utilizará hojas de cálculo en Excel para facilitar los cálculos de las redes de sistema de distribución del caserío Cedro. En resumen, un sistema de distribución se compone de tuberías, válvulas, nodos y un depósito; determinar

de cada nodo el caudal y la presión, a través de conductos del sistema de distribución en función de las circunstancias de partida proporcionadas, velocidades adecuadas sobre la planificación de las redes de distribución se tiene que tener en cuenta algunos parámetros como se muestran en la tabla 1.

*Tabla 1*

*Parámetros en la distribución y conducción.*

<b>PARAMETROS</b>	<b>VALOR DE ESTUDIO</b>	<b>COMENTARIOS</b>
<b>Rugosidad</b>		
C: Coeficiente de Hazen y Williams		
Tubería de PVC	150	Valor fijado
<b>Velocidad</b>		
Máximo	3 m/s	
<b>Presión</b>		
Mínimo	10 m.c.a.	5 m.c.a. en casos particulares
Máximo	50 m.c.a.	
Coeficiente de variación de consumo		
K2 (Qmh)	2	Reglamento Nacional de Edificación
K1(Qmd)	1.3	

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma OS. 100)

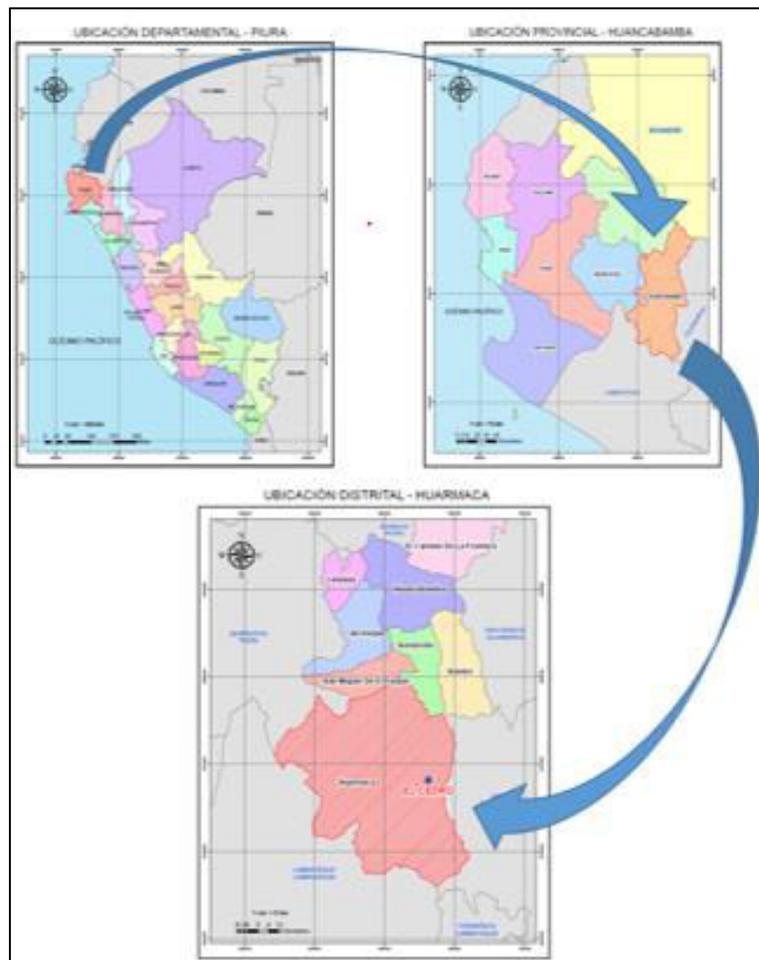
## **CAPITULO 3 – DESCRIPCION METODOLOGICA**

### **3.1. Condiciones iniciales**

Antes de comenzar el cálculo hidráulico, debemos asegurarnos de que disponemos de la cantidad adecuada de caudal que ofrece la fuente, así como de la calidad del agua que proporcionará. Esto nos permitirá determinar la ubicación geográfica de la cuenca, que servirá de punto de inicio para el cálculo de presiones en la línea de conducción del Caserío Cedro.

#### **3.1.1. Descripción del área de estudio**

El Caserío Cedro se encuentra ubicado en la región geográfica de la Sierra, en el distrito de Huarmaca, provincia de Huancabamba, región de Piura, 197 km de la ciudad de Piura, 138 km de la ciudad de Chiclayo y 770 km de la ciudad de Lima, teniendo como coordenadas UTM WGS-84 ZONA 17S: 672523 Este y 9370338 Norte con una altitud aproximada de 2435 m.s.n.m.



*Figura 6. Micro localización del Caserío Cedro  
Fuente: Elaboración propia*

### **3.1.2. Características básicas del caserío**

#### **3.1.2.1 Clima**

La climatología del área de estudio tiene un clima templado y semiseco, según los estudios realizados por el Consultor.

#### **3.1.2.2 Temperatura**

El comportamiento de la temperatura máxima media del aire difiere entre las estaciones húmedas y secas, oscila entre 17.7°C a 21.5°C, mientras que en los meses de estiaje

(invierno), con valores promedio que fluctúan entre 11.4°C a 12.8°C, según los estudios realizados por el Consultor.

### **3.1.2.2 Vías de acceso**

Para llegar al Caserío Cedro, vía terrestre tomando como punto de salida la ciudad de Lima, es seguir la carretera Auxiliar de la Panamericana Norte.

De esta manera se cruza por las provincias de Trujillo y Chiclayo, en esta última se toma la Carretera Fernando Belaunde Terry con dirección a Olmos, cruzando las localidades de Túcume, Jayanca, Motupe, para finalmente llegar al distrito de Huarmaca – provincia de Huancabamba – departamento de Piura que es aproximadamente 984km, a partir de este punto podemos iniciar la ruta al Caserío Cedro que se encuentra a una distancia de 38.4 km vía trocha.

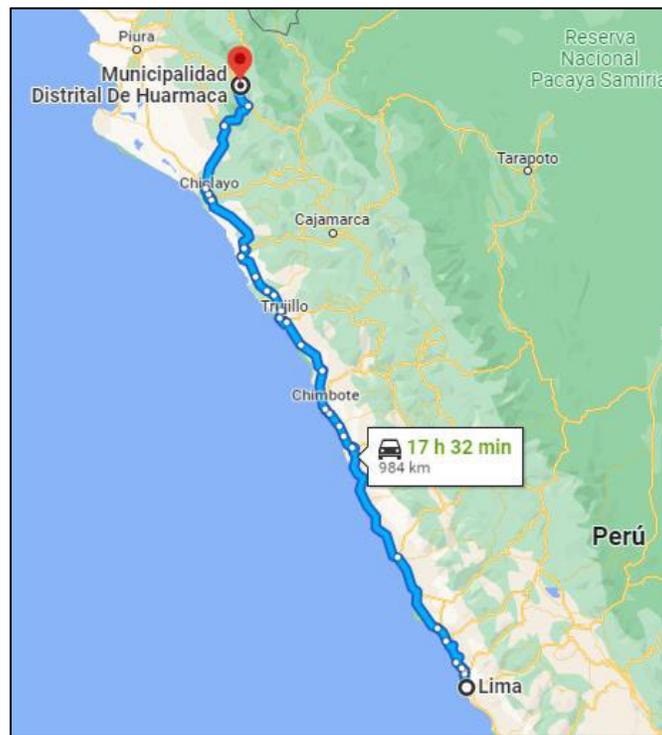


Figura 7. Vía de acceso Lima – Municipalidad Distrital de Huarmaca  
Fuente: Google Maps

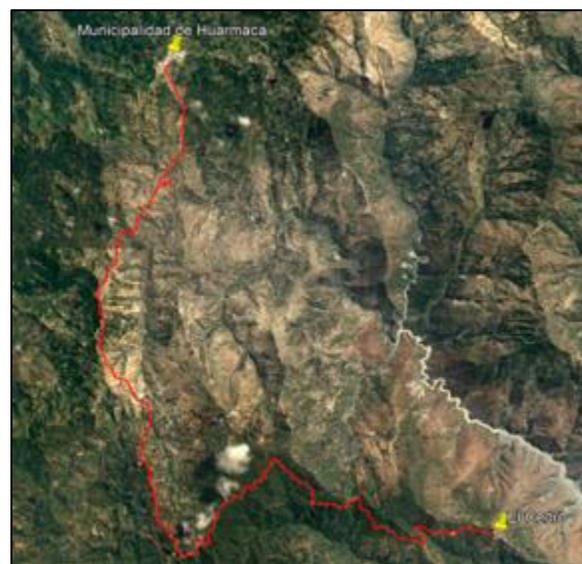


Figura 8. Vía de acceso Municipalidad Distrital de Huarmaca – Caserío Cedro  
Fuente: Google Maps

### 3.1.3. Estudios básicos en el área de estudio

#### 3.1.3.1 Topografía

El Caserío Cedro se encuentra a una altitud aproximada de 2435 m.s.n.m., el terreno tiene una configuración de suelo irregular, conformado por montañas, pendientes, barrancos y quebradas estrechas con profundidades pronunciadas.



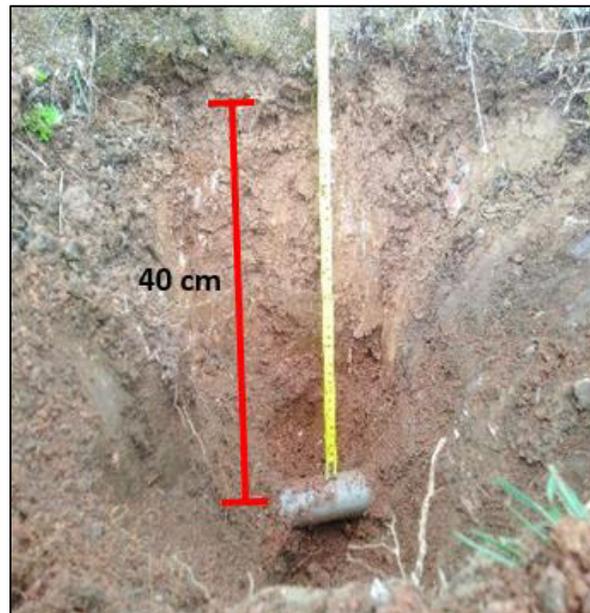
*Figura 9. Vista Panorámica del Caserío Cedro  
Fuente: El Consultor.*



*Figura 10. Vista de algunas calles del Caserío Cedro  
Fuente: El consultor.*

### 3.1.3.2 Suelo

El perfil del suelo del terreno en el Caserío Cedro está conformado por una capa superior de relleno heterogéneo arcillas de 0.40 metros de espesor constituido por arcillas y raíces delgadas.



*Figura 11. Línea de aducción a una profundidad de 40cm.  
Fuente: El Consultor*

La calicata realizada en la línea de conducción se encontró una capa de arcilla con raíces delgadas y otra capa con arcilla gruesa arenosa hasta una profundidad de 1.00m.



*Figura 12. Calicata realizada en la Línea de conducción a una profundidad de 1.00m.  
Fuente: El Consultor*

### **3.2. Datos iniciales**

#### **3.2.1. Población actual (hab)**

Para poder conocer la población actual del Caserío Cedro, el Consultor ha realizado un empadronamiento y se obtuvo 321 habitantes, 97 viviendas (97 viviendas con conexiones domiciliarias), 2 conexiones públicas y 4 organizaciones de la comunidad (instituciones sociales).

#### **3.2.2. Densidad poblacional (hab/viv)**

La densidad de población viene dada por la relación entre el número de residentes (321) y el número de viviendas (97), que da como resultado 3,31 (hab/viv).

### **3.3. Cálculos de ingeniería**

#### **3.3.1. Tasa de crecimiento**

Para decidir la población afectada se ha definido el área del proyecto, en este sentido el área de intervención es el distrito de Huarmaca, comprendiendo el Caserío Cedro.

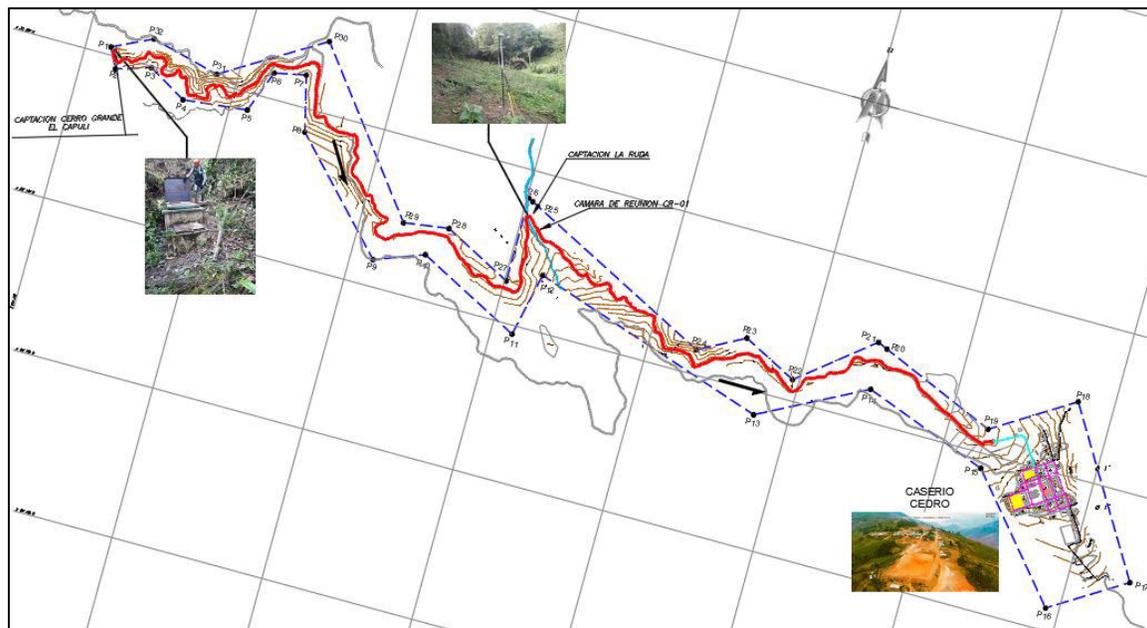


Figura 13. Área de Influencia del Caserío Cedro  
Fuente: El Consultor

Para calcular la tasa de crecimiento se han tenido en cuenta las siguientes variables de los últimos censos (1993, 2007 y 2017) y el empadronamiento realizado. Se tiene como resultado en la Tabla 2, el cual muestra una tasa de crecimiento positiva muy elevada para el Caserío Cedro. En tal sentido se tomó la tasa de crecimiento de 0.74%.

Tabla 2. Los tres últimos censos a nivel distrital de Huarmaca, Caserío Cedro

AÑO	POBLACIÓN		VIVIENDA	
	TOTAL	TASA (%) *	TOTAL	DENSIDAD (hab/viv)
1981				
1993	200			
2007	231		91	2.54
2017	248	0.74%	77	3.22
2019	321	14.72%*	97	3.31

\*Esta tasa de crecimiento es muy elevada, y no se adecua a la realidad de la zona.

Estos censos obtenidos en la Tabla 2, se procesan con la siguiente fórmula para calcular la tasa de crecimiento:

### **Método Aritmético**

$$Pf = Po(1 + rt)$$

Despejando r se obtiene:

$$r = \frac{Pf - Po}{Po t}$$

Evaluando para: año 2007 → 231 habitantes; año 2017 → 248 habitantes

$$r = \frac{248-231}{231(2017-2007)} \rightarrow r= 0.74\%$$

Combinando dos censos de la siguiente manera:

1993 y 2007 se obtiene r=1.11%

1993 y 2017 se obtiene r=1.00%

2007 y 2017 se obtiene r=0.74%

Para r=0.74%. Pf= 248, t=2017-1993=24

$$Po = \frac{Pf}{(1+rt)} = \frac{248}{1+(0.74\%)24} = 210$$

Para r=0.74%, Pf= 248, t=2017-2007=10, se tiene:

$$Po = \frac{Pf}{(1+rt)} = \frac{248}{1+(0.74\%)10} = 231$$

Para r=0.74%, Pf= 248, t=2017-2017=0, se tiene:

$$Po = \frac{Pf}{(1+rt)} = \frac{248}{1+(0.74\%)0} = 248$$

Para  $r=1.11\%$  y  $r=1.00\%$ , se sigue el procedimiento anterior obteniendo la tabla 3 que muestra los resultados.

*Tabla 3.* Comportamiento histórico a lo largo del tiempo de la ecuación de población según el método aritmético

Curva	Tasa(%)	1993	2007	2017
Censo		200	231	248
ARIT-01	1.11%	195	223	248
ARIT-02	1.00%	200	225	248
ARIT-03	0.74%	210	231	248

Fuente: Elaboración propia

### Método Geométrico

Combinación de los resultados de dos censos de la siguiente manera:

1993 y 2007 se obtiene  $r=1.03\%$

1993 y 2017 se obtiene  $r=0.90\%$

2007 y 2017 se obtiene  $r=0.71\%$

Para  $r=1.03\%$ .  $Pf=248$ ,  $t=2017-1993=24$

$$P_o = \frac{Pf}{(1+r)^t} = \frac{248}{(1+1.03\%)^{24}} = 193$$

Para  $r=1.03\%$ ,  $Pf=248$ ,  $t=2017-2007=10$ , se tiene:

$$P_o = \frac{Pf}{(1+r)^t} = \frac{248}{(1+1.03\%)^{10}} = 224$$

Para  $r=1.03\%$ ,  $Pf=248$ ,  $t=2017-2017=0$ , se tiene:

$$P_o = \frac{Pf}{(1+r)^t} = \frac{248}{(1+1.03\%)^0} = 248$$

$$P_o = \frac{Pf}{(1+rt)} = \frac{248}{1+(0.74\%)^0} = 248$$

Para  $r=0.90\%$  y  $r=0.71\%$ , se sigue el procedimiento anterior obteniendo la tabla 4 que muestra los resultados.

Tabla 4. Comportamiento histórico a lo largo del tiempo de la ecuación de población según el método geométrico

Curva	Tasa(%)	1993	2007	2017
Censo		200	231	248
GEOM-01	1.03%	1993	224	248
GEOM-02	0.90%	200	227	248
GEOM-03	0.71%	209	231	248

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, elegimos la tasa de crecimiento del Caserío Cedro que mejor se ajusta a la curva del censo, trazando la población frente al tiempo a partir de las tablas 3 y 4, y obteniendo la figura 14 para las distintas tasas de crecimiento.

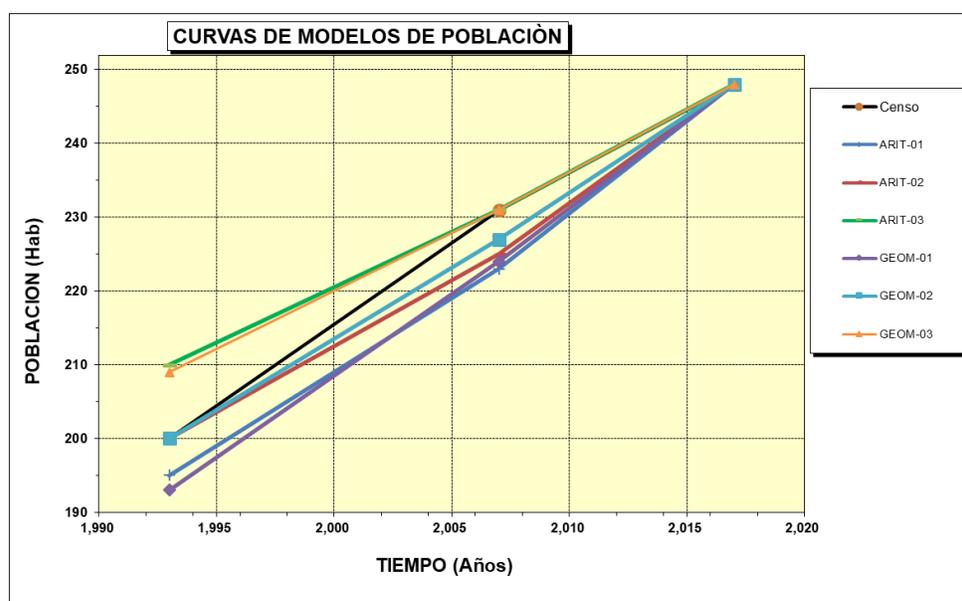


Figura 14. Superposición de las curvas de los métodos aritmético y geométrico con la curva del censo

Fuente: El Consultor

Para fines del proyecto se trabajará con tasa de crecimiento  $r=0.74\%$  de la curva ARIT-03, debido a que crece a un ritmo positivo acercándose a la curva del censo. Siendo la tasa  $r=0.74\%$  del M.A. es la que se utilizara para calcular a los habitantes del Caserío Cedro.

### 3.3.2. Determinación de la Población Futura del Caserío Cedro

Para realizar la proyección de la población al año 20 se usará la siguiente fórmula (método aritmético)

$$Pf = Po(1 + rt)$$

*Tabla 5. Cálculo de la población proyectada del Caserío Cedro hasta el año 20*

N°	AÑO	POBLACIÓN	N°	AÑO	POBLACIÓN
0	2019	321	11	2030	348
1	2020	323	12	2031	351
2	2021	326	13	2032	353
3	2022	328	14	2033	356
4	2023	331	15	2034	359
5	2024	333	16	2035	361
6	2025	336	17	2036	364
7	2026	338	18	2037	367
8	2027	341	19	2038	369
9	2028	343	20	2039	372
10	2029	346			

Fuente: Autoría propia

### 3.3.3. Cálculo de la Demanda de agua potable

#### Caudal promedio de consumo para viviendas

El caudal promedio será la suma de los caudales doméstico, estatal y como se muestran en la tabla 6,

#### Domestico

El caudal promedio domiciliario de diseño para la población se calculará con la siguiente ecuación:

$$Qp = \frac{PfxDotación(D)}{86400(s/dia)}$$

$$Qp = \frac{372x80}{86400} = 0.344 \text{ l/s}$$

### **Estatal**

El caudal promedio estatal de diseño para la población beneficiaria del Caserío Cedro se calculará con una dotación de los centros educativos iniciales, primarias, las demás conexiones estatales se considerarán como una conexión domiciliaria para facilidades del proyecto como se muestra en el cuadro con la siguiente ecuación:

$$Qp(estatal) = \frac{PfxDotación(D)}{86400(s/dia)}$$

$$Qp(estatal) = \frac{\frac{64.9 \times 1000}{30}}{86400}$$

$$Qp \text{ (estatales)} = 0.025 \text{ l/seg.}$$

### **Social**

El caudal promedio social de diseño para la población beneficiaria del Caserío Cedro se calculará con una dotación de los centros educativos iniciales, primarias.

$$Qp(social) = \frac{PfxDotación(D)}{86400(s/dia)}$$

$$Qp(social) = \frac{\frac{31.8 \times 1000}{30}}{86400}$$

$$Qp \text{ (social)} = 0.012 \text{ l/seg}$$

El caudal promedio será la suma del caudal domiciliario, estatal y comercial como se muestra en la tabla 6.

*Tabla 6. Caudal promedio del Caserío Cedro*

<b>Caserío</b>	<b>Doméstico (l/s)</b>	<b>Estatales (l/s)</b>	<b>Sociales (l/s)</b>	<b>Industriales (l/s)</b>	<b>Total (l/s)</b>
Cedro	0.344	0.025	0.012	0	0.381

Fuente: Elaboración propia

#### **Caudal máximo diario**

$$Q_{md} = K1Q_p = 1.3 \times 0.38$$

$$Q_{md} = 0.49 \text{ l/s}$$

#### **Caudal máximo horario**

$$Q_{md} = K2Q_p = 2 \times 0.38$$

$$Q_{md} = 0.76 \text{ l/s}$$

*Tabla 7. Proyección de la demanda de agua potable*

<b>N°</b>	<b>POBLACIÓN</b>	<b>Q Promedio (lit./s)</b>	<b>Q Máximo Diario (lit./s)</b>	<b>Q Máximo Horario (lit./s)</b>
0	321	0.33	0.43	0.67
1	323	0.34	0.44	0.67
2	326	0.34	0.44	0.68
3	328	0.34	0.44	0.68
4	331	0.34	0.45	0.69
5	333	0.35	0.45	0.69
6	336	0.35	0.45	0.70
7	338	0.35	0.46	0.70
8	341	0.35	0.46	0.71

9	343	0.35	0.46	0.71
10	346	0.36	0.46	0.71
11	348	0.36	0.47	0.72
12	351	0.36	0.47	0.72
13	353	0.36	0.47	0.73
14	356	0.37	0.48	0.73
15	359	0.37	0.48	0.74
16	361	0.37	0.48	0.74
17	364	0.37	0.49	0.75
18	367	0.38	0.49	0.75
19	369	0.38	0.49	0.76
20	372	0.38	0.49	0.76

---

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene como demanda el caudal promedio de 0.38 l/s. como se muestra en la tabla 7.

### **3.3.4. Calculo hidráulico de la captación La Ruda**

La captación La Ruda capta las aguas del manantial provenientes de las laderas de La Ruda. Actualmente esta captación presenta su sistema hidráulico en mal estado. Por lo que la estructura debe ser demolida por razones de antigüedad y criterios de diseño, conforme a RM N° 192-2018-VIVIENDA.

Según RM N° 192-2018-VIVIENDA. Componentes hidráulicos del sistema de saneamiento deben atenerse a un criterio de estandarización permitiendo un diseño especial para situaciones técnicas idénticas.

Los criterios de normalización son los siguientes:

Tabla 8. Criterios de Estandarización de Componentes Hidráulicos.

Tabla N° 03.04. Criterios de Estandarización de Componentes Hidráulicos

ITEM	COMPONENTE HIDRÁULICO	CRITERIO PRINCIPAL	CRITERIOS SECUNDARIOS	DESCRIPCIÓN
1	Barraje Fijo sin Canal de Derivación			
2	Barraje Fijo con Canal de Derivación	$Q_{md}$ (l/s) = (menor a 0,50) o (>0,50 - 1,00) o (> 1,00 - 1,50)	Población final y dotación	Para un caudal máximo diario "Q <sub>md</sub> " menor o igual a 0,50 l/s, se diseña con 0,50 l/s, para un "Q <sub>md</sub> " mayor a 0,50 l/s y hasta 1,00 l/s, se diseña con 1,00 l/s y así sucesivamente.
3	Balsa Flotante			
4	Caisson			
5	Manantial de Ladera			
6	Manantial de Fondo			
7	Galería Filtrante			
8	Pozo Tubular			
9	Línea de Conducción		X	
9.1	Cámara de Reunión de Caudales		X	Estructuras de concreto que permiten la adecuada distribución o reunión de los flujos de agua
9.2	Cámara de Distribución de Caudales		X	
9.3	CRP para Conducción	$Q_{md}$ (l/s) = (menor a 0,50) o (>0,50 - 1,00) o (> 1,00 - 1,50)		Para un caudal máximo diario "Q <sub>md</sub> " menor o igual a 0,50 l/s, se diseña con 0,50 l/s, para un "Q <sub>md</sub> " mayor a 0,50 l/s y hasta 1,00 l/s, se diseña con 1,00 l/s y así sucesivamente.
9.4	Tubo Rompe Carga		X	
9.5	Válvula de Aire		X	
9.6	Válvula de Purga		X	
9.7	Pase Aéreo		X	
10	PTAP Integral	Dependiendo de la calidad del agua de la fuente		Diseñada con todos sus componentes, los que se desarrollan a continuación
10.1	Desarenador	$Q_{md}$ (l/s) = (menor a 0,50) o (>0,50 - 1,00) o (> 1,00 - 1,50)	Población final y dotación	Para un caudal máximo diario "Q <sub>md</sub> " menor o igual a 0,50 l/s, se diseña con 0,50 l/s, para un "Q <sub>md</sub> " mayor a 0,50 l/s y hasta 1,00 l/s, se diseña con 1,00 l/s y así sucesivamente.
10.2	Sedimentador			
10.3	Sistema de Aireación			
10.4	Prefiltro	$Q_{md}$ (l/s) = (menor a 0,50) o (>0,50 - 1,00) o (> 1,00 - 1,50)	Población final y dotación	Para un caudal máximo diario "Q <sub>md</sub> " menor o igual a 0,50 l/s, se diseña con 0,50 l/s, para un "Q <sub>md</sub> " mayor a 0,50 l/s y hasta 1,00 l/s, se diseña con 1,00 l/s y así sucesivamente.
10.5	Filtro Lento de Arena		Población final y dotación	
10.6	Lecho de Secado	1,50 l/s		
10.7	Cerco Perimétrico de PTAP		X	
11	Estaciones de Bombeo	$Q_{md}$ (l/s) = (menor a 1,00) o (>1,00 - 2,00) o (> 3,00 - 4,00)	Población final y dotación	Para un caudal máximo diario "Q <sub>md</sub> " menor o igual a 1,00 l/s, se diseña con 1,00 l/s, para un "Q <sub>md</sub> " mayor a 1,00 l/s y hasta 2,00 l/s, se diseña con 2,00 l/s y así sucesivamente.
12	Línea de Impulsión			

Fuente: RM N° 192-2018-VIVIENDA.

En este caso el máximo caudal diario de descarga tiene un valor de 0.49 l/s según la tabla 7, pero por criterio de estandarización se diseñará con un "Q<sub>md</sub>" de 0.50 l/s

### Distancia entre el afloramiento y la cámara húmeda

Se recomienda que la altura del afloramiento de la entrada, (h), esté entre 0,40 y 0,50 metros.; para nuestro calculo utilizaremos 0.40m

$$v = \sqrt{\frac{2xg x h}{1.56}} = \sqrt{\frac{2x9.81x0.40}{1.56}}$$

v= 2.24 (m/s) Es la velocidad teórica

Para determinar la carga requerida en el orificio de entrada, utilizaremos una vel. de 0,60 m/s (Se requiere que la vel. esté de 0,40 a 0,60 m/s, según se especifica).

$$h_o = 1.56 \frac{0.60^2}{2 \times 9.81}$$

$h_o = 0.02862$  m es la pérdida de carga en los agujeros (orificio) de entrada

Calculando la pérdida entre afloramiento y el agujero (orificio) de entrada

$$H_f = H + h_o = 0.40 - 0.02862$$

$H_f = 0.37$  m, es la pérdida de carga que se utilizará en el cálculo de la distancia que hay entre la caja de captación y el afloramiento, en m.

Finalmente, la distancia entre el afloramiento y la cámara húmeda (L) se obtiene de la siguiente expresión.

$$L = \frac{H_f}{0.30} = \frac{0.37}{0.30} ; L=1.24\text{m} , \text{ para el diseño asumiremos } L=1.25\text{m}$$

### **Ancho de la pantalla**

Para calcular el ancho de la pantalla es imprescindible conocer el número total de agujeros(orificios) y el diámetro que permitirán que la cámara húmeda reciba el agua de la zona de afloramiento. Para determinar el tamaño del diámetro de la tubería de entrada (D), aplique las siguientes fórmulas.

$$Q_{max} = V \times A \times C_d$$

Despejando tenemos

$$A = 0.60 \times 0.75 \times 0.80 = 0.0016 \text{ m}^2$$

$$D_c = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.0016}{\pi}} \times \frac{100}{2.54} (\text{pulg}) = 1.75603 \text{ pulg}$$

Asumimos un diámetro comercial  $D_a = 1.00$  pulg = 0.0254m

### Numero de orificios

Se sugiere utilizar diámetros (D) que sean menores o iguales a 2", para el caso de diámetros mayores, el número de agujeros (orificios) es:

$$NA = \frac{\text{Área del diametro calculado}}{\text{Área del diametro asumido}} + 1$$

$$NA = \left(\frac{Dc}{Da}\right)^2 + 1 = \left(\frac{1.75603}{1}\right)^2 + 1 = 4.083$$

Redondeando el valor, el número total de agujeros (orificios) de la pantalla será 5, solo se considera un solo nivel de orificio.

Finalmente, el ancho de la pantalla (b) se calcula de la siguiente expresión:

$$b = 2(6D) + Nx D + 3D(NA - 1)$$

$$b = 2(6 \times 0.0254) + 5 \times 0.0254 + 3 \times 0.0254(5 - 1) = 0.74m$$

Redondeando asumimos el ancho de la pantalla  $b=0.80$  m

### Altura de la cámara húmeda

Se debe considerar que la altura mínima permitiendo la sedimentación de la arena, asumiendo  $A=0.10$  m

Tomando la mitad del diám. de la canastilla de salida, suponemos

$$B=1 \text{ pulg} = 2.5 \text{ cm}$$

La diferencia de altura mínima entre el nivel de agua en la cámara húmeda y el nivel de agua en la cámara de afloramiento en un momento dado (mínimo 5 cm).

Se tomará el valor de  $D=0.10$  cm

El borde libre (se recomienda mínimo 30 cm)

Se tomará el valor de  $E= 40.00$  cm

Utilizando la siguiente ecuación, se puede determinar altura de toda la cámara húmeda en su totalidad.

$$H_t = A + B + H + D + E$$

La siguiente expresión puede utilizarse para determinar la carga necesaria que debe estar presente en la tubería para que el caudal de salida de la captación pueda fluir a través de ella:

$$H = 1.56 \frac{V^2}{2g} = 1.56 \frac{Qmd^2}{2gA^2} = 1.56 \frac{0.0005^2}{2 \times 9.81 \times 0.001^2}$$

donde  $H = 0.07742\text{m}$ , es la carga requerida

finalmente

$$H_t = 0.10 + 0.025 + 0.30 + 0.10 + 0.40 = 0.93\text{m}$$

Asumiremos una altura  $H_t = 1.00\text{ m}$

### **Canastilla**

El dimensionamiento se realiza con las consideraciones siguientes:

Se sabe que:

$$D_{\text{canastilla}} = 2 \times D_a = 2 \times 1$$

Por lo tanto

$$D_{\text{canastilla}} = 2 \text{ pulg}$$

Se sugiere que la longitud de la canastilla esté entre  $3D_a$  y  $6D_a$

$$3 \text{ pulg} = 7.62\text{cm}$$

$$6 \text{ pulg} = 15.2\text{cm}$$

Por lo tanto, asumimos  $L_{\text{canastilla}} = 15\text{cm}$

Se recomienda ancho ranura = 5mm y largo ranura = 7mm

Entonces

$$A_r = 35 \text{ mm}^2 = 0.000350 \text{ m}^2$$

Hallando el área total de ranuras  $A_{total}$

$$A_{total} = 2A_o$$

$$A_o = \text{área sección transversal de la tubería de salida } A_o = 0.0005067 \text{ m}^2$$

Entonces

$$A_{total} = 0.0010134 \text{ m}^2$$

El número de ranuras se determina con la siguiente expresión:

$$N^{\circ} \text{ ranuras} = \frac{\text{Área total de ranuras}}{\text{Área de ranuras}} + 1$$

$$N^{\circ} \text{ ranuras} = \frac{0.0010134}{0.000350} + 1$$

$$N^{\circ} \text{ ranuras} = 28 \text{ ranuras}$$

### **Tubería de rebose**

Se utiliza la fórmula de Hazen y Williams a fin de determinar el diámetro del tubo de rebose (para C-150), considerando pendientes de 1 y 1.5%

$$D = \frac{0.71 Q^{0.38}}{S^{0.21}}$$

Considerando una pendiente de 1.5%

Se tiene

$$Dl = 1.537 \text{ pulg}$$

Asumimos un diámetro comercial  $Dl = 1.5 \text{ pulg}$

Con los datos obtenidos luego de realizar los cálculos hidráulicos de la captación La Ruda, se procedió elaborar el plano hidráulico de la captación La Ruda del Caserío Cedro, el cual se encuentra en el Anexo B.

### 3.3.4. Cálculo de la línea de conducción

A continuación, se presenta el esquema de la línea de conducción del Caserío Cedro.

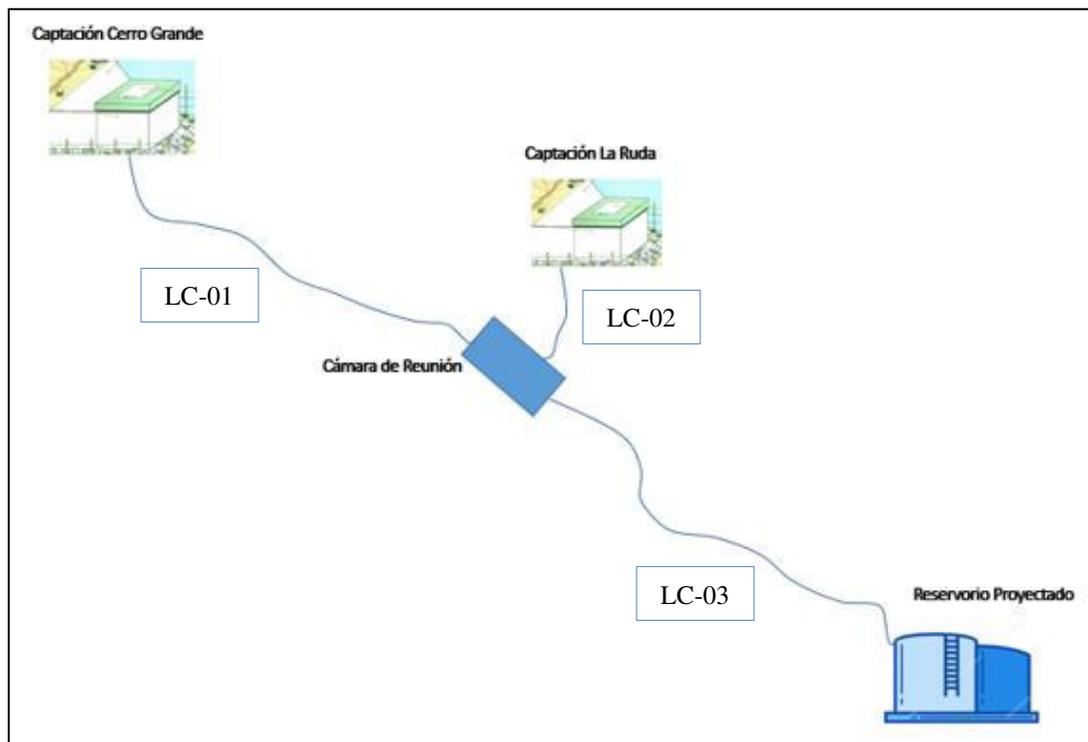


Figura 15. Esquema de la línea de conducción del Caserío Cedro.  
Fuente Autoría propia

#### Tramo LC-01: Captación Cerro Grande – cámara de reunión de caudales (CRC)

Tenemos la ubicación de la captación Cerro Grande y la ubicación de la cámara de recogida con coordenadas y cota:

Captación Cerro Grande:

Este: 667642.00

Norte: 9371278.00

Cota: 2734.66

Cámara de reunión de caudales:

Este: 669840.50

Norte: 9370972.00

Cota: 2640.54

La distancia total que se extiende la LC-01 es 3845 m.

A continuación, procedemos a calcular la presión dinámica y estática que llegara a la cámara de reunión de caudales.

### **Presión dinámica en cámara reunión de caudales**

Aplicando Bernoulli en Cerro Grande (captación) y cámara de reunión de caudales

$$\frac{P_1}{\delta} + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_f = \frac{P_2}{\delta} + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + H \quad ; \text{ teniendo en cuenta que el agua está en reposo}$$

la  $V_1$  y  $V_2$  serán cero; Como las presiones en los puntos 1 y 2 son iguales a la presión atmosférica, por lo tanto, se eliminan.

Entonces:

$$h_1 + h_f = h_2 + H$$

$$h_1 - h_2 = H - h_f$$

Donde  $H = 2734.66 - 2640.54$

**La presión estática** está dada por:  $P_s = 94.12$  (m)

Es presión que la tubería soporta cuando está en reposo el agua.

Esto nos lleva a la conclusión de que será necesaria instalar 1 cámara rompe presión “CRP TIPO-6”, garantizando que el agua se suministra a una presión estática adecuada no superior a 50mca.

La cámara rompe presión estará ubicada en la siguiente progresiva:

CRP 001; 3+003 y con una longitud de  $L=3003.00\text{m}$

**La presión dinámica** está dada por:  $P_D=94.12- h_f$  (m)

Es la presión que la tubería soporta cuando está en movimiento el agua.

Determinar el  $h_f$ :

Se determinará mediante el método de Fair-Whipple

Se procederá a calcular con los siguientes datos:  $Q_{md}=0.30$  l/s,  $L=3003.00\text{m}$  y para tuberías de PVC,  $C=150$ ,

El cálculo se derivará de la ecuación para dos posibles diámetros de 1, 1 ½ pulgada

$$H_f = 676,745 \left[ \frac{Q^{1.751}}{D^{4.753}} \right] * L$$

Para 1 pulgada  $\rightarrow$  29.40 mm diámetro interno

$$H_f = 676,745 \left[ \frac{(0.3*60)^{1.751}}{(29.4)^{4.753}} \right] * 3003 \quad ; \quad h_f = 33.64 \text{ m}$$

De la ecuación de continuidad  $Q=VA \rightarrow V= 0.44$  l/s

Para 1 ½ pulgada  $\rightarrow$  38 mm diámetro interno

$$H_f = 676,745 \left[ \frac{(0.3*60)^{1.751}}{(38)^{4.753}} \right] * 3003 \quad ; \quad h_f = 9.94 \text{ m}$$

De la ecuación de continuidad  $Q=VA \rightarrow V= 0.26$  l/s

El diámetro para la línea de conducción tramo LC-01 captación Cerro Grande – CRP 001 será de 1 ½ pulgada

Calculo de línea de conducción para el tramo LC-01

*Tabla 9. Cálculo de línea de conducción del tramo LC-01 captación Cerro Grande - cámara reunión de caudales*

Línea	Formula	Tramo	Qmd (lit./s)	DN (mm.)	Diam. Int. (mm.)	V (m/s)	L (m)	hf (m)	NVA (m.s.n.m.)	ZRP (m.s.n.m.)	P/Y (m.c.a.)
<b>LC-01</b>	Fair Whipple	CAP -01 A CRP 01	0.30	33.00	29.40	0.44	3003.00	33.64	2734.66	2687.09	13.93
	Fair Whipple	CRP 01 A CRC	0.30	33.00	29.40	0.44	842.00	9.43	2687.09	2640.54	37.12
<b>LC-01</b>	Fair Whipple	CAP -01 A CRP 01	0.30	48.00	38.00	0.26	3003.00	9.94	2734.66	2687.09	37.63
	Fair Whipple	CRP 01 A CRC	0.30	48.00	38.00	0.26	842.00	2.79	2687.09	2640.54	43.76

Fuente: Elaboración propia

Para la línea de conducción en el tramo LC-01, se sugiere que la velocidad mínima no sea inferior a 0,60 m/s. en la tabla 9 se puede apreciar que las velocidades no cumplen con los valores de la RM N° 192-2018-VIVIENDA, debido a que el caudal es muy pequeño para lograr dichas velocidades, sin embargo, en tramos largos y en los puntos bajos se consideraran las válvulas de purga, con el propósito de solucionar la posible sedimentación en estos tramos y efectuar la limpieza periódica de las tuberías.

El diámetro para la línea de conducción del tramo LC-01 captación Cerro Grande – cámara reunión de caudales será de 1 ½ pulgada reflejados en la tabla 9.

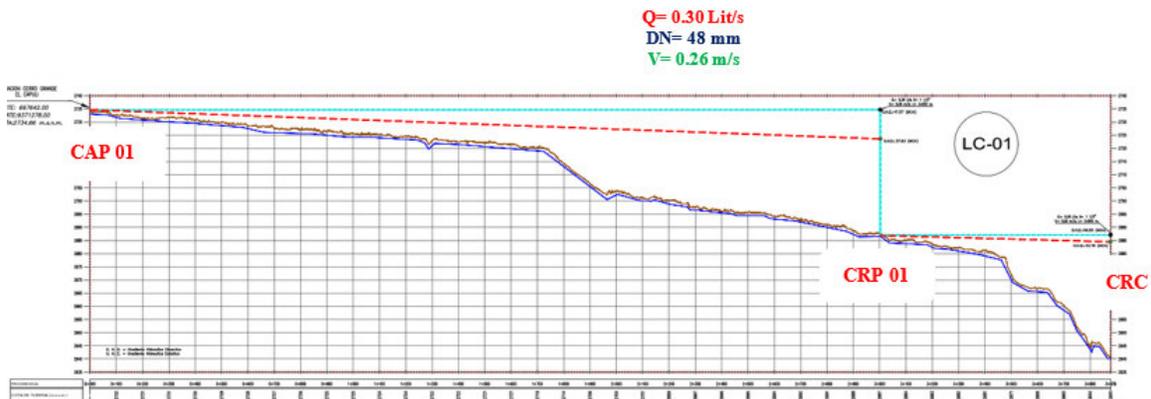


Figura 16. Perfil de línea de gradiente hidráulico del tramo LC-01 captación Cerro Grande – Cámara reunión de caudales.

Fuente elaboración propia

Con los datos obtenidos luego de realizar los cálculos hidráulicos de la línea de conducción del tramo LC - 01, se procedió elaborar el plano de la gradiente hidráulica de la línea de conducción del tramo LC - 01, el cual se encuentra en el Anexo C.

### Tramo LC-02: Captación La Ruda – cámara de reunión de caudales

Tenemos la ubicación de la captación La Ruda y la cámara de reunión de caudales con coordenadas y cota:

Captación La Ruda:

Este: 66978.50

Norte: 9371030.00

Cota: 2644.44

Cámara de reunión de caudales:

Este: 669840.50

Norte: 9370972.00

Cota: 2640.54

La distancia total que se extiende la LC-02 es 82 m.

A continuación, procedemos a calcular la presión dinámica y estática que llegara a la cámara de reunión de caudales.

### **Presión dinámica en cámara reunión de caudales**

Aplicando Bernoulli en La Ruda y cámara de reunión de caudales

$$\frac{P_1}{\delta} + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_f = \frac{P_2}{\delta} + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + H \quad ; \text{ tenemos en consideración que el agua está en}$$

reposo la  $V_1$  y  $V_2$  es 0; Como las presiones en los puntos 1 y 2 son iguales a la presión atmosférica, por lo tanto, se eliminan.

Entonces:

$$h_1 + h_f = h_2 + H$$

$$h_1 - h_2 = H - h_f$$

Donde  $H = 2644.44 - 2640.54$

**La presión estática** está dada por:  $P_s = 3.90$  (m)

Es la presión soportada por la tubería cuándo se encuentra en reposo el agua.

**La presión dinámica** está dada por:  $P_D = 3.90 - h_f$  (m)

Es la presión soportada por la tubería cuándo se encuentra en movimiento el agua.

Determinar el  $h_f$ :

Se determinará mediante el método de Fair-Whipple

Se procederá a calcular con los siguientes datos:  $Q_{md} = 0.19$  l/s,  $L = 82$  m y para tuberías de PVC,  $C = 150$ ,

El cálculo se hará utilizando la ecuación como punto de partida para un diámetro de 1 pulgada

$$H_f = 676,745 \left[ \frac{Q^{1.751}}{D^{4.753}} \right] * L$$

Para 1 pulgada  $\rightarrow$  29.40 mm diámetro interno

$$H_f = 676,745 \left[ \frac{(0.3*60)^{1.751}}{(29.4)^{4.753}} \right] * 82 \quad ; hf= 0.42 \text{ m}$$

De la ecuación de continuidad  $Q=VA \rightarrow V= 0.28 \text{ l/s}$

El diámetro(D) para la línea de conducción del tramo LC-02 captación la ruda – cámara reunión de caudales será de 1 pulgada

Calculo de la línea de conducción para el tramo LC-02

*Tabla 10. Cálculo de línea de conducción del tramo LC-02 captación La Ruda - cámara reunión de caudales*

Línea	Formula	Tramo	Qmd (lit./s)	DN (mm)	Diam. Int. (mm.)	V (m/s)	L (m)	hf (m)	NVA (m.s.n.m.)	ZRP (m.s.n.m.)	P/Y (m.c.a.)
LC-02	Fair Whipple	CAP -02 A CRC	0.19	33.00	29.40	0.28	82.00	0.42	2644.44	2640.54	3.48

Fuente: Elaboración propia

Para la línea de conducción en el tramo LC-02, se sugiere que la Velocidad mínima no sea inferior 0.60 m/s. en la tabla 10 se puede apreciar que las velocidades no cumplen con los valores de la RM N° 192-2018-VIVIENDA, debido a que el caudal es muy pequeño para lograr dichas velocidades, sin embargo, en tramos largos y en los puntos bajos se consideraran las válvulas de purga, con la finalidad de solucionar la posible sedimentación en estos tramos y efectuar la limpieza periódica de las tuberías.

El diámetro para la línea de conducción del tramo LC-02 captación La Ruda – cámara reunión de caudales será de 1 pulgada como se muestra en la tabla 10.

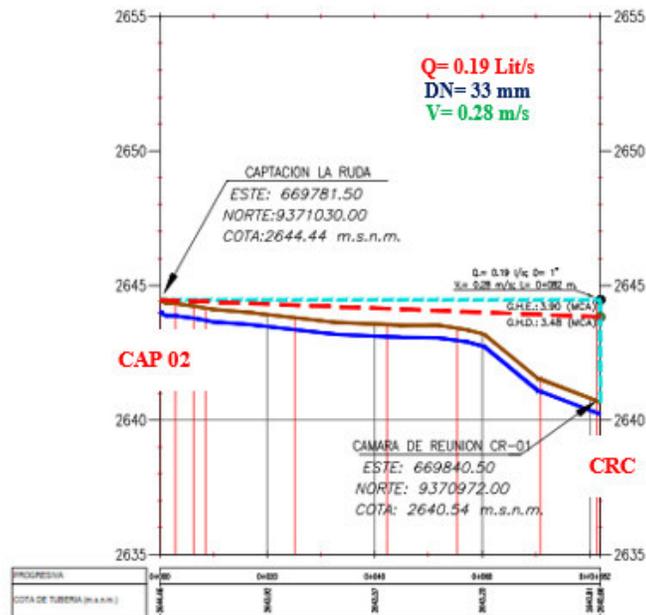


Figura 17. Perfil de línea de gradiente hidráulico del tramo LC-02 captación La Ruda – Cámara reunión de caudales.  
Fuente autoría propia

Con los datos obtenidos luego de realizar los cálculos hidráulicos de la línea de conducción del tramo LC-02, se procedió elaborar el plano de la gradiente hidráulica de la línea de conducción del tramo LC-02, el cual se encuentra en el Anexo D.

### Tramo LC-03: Cámara de reunión de caudales – reservorio apoyado

Tenemos la ubicación de la cámara de reunión de caudales y el reservorio apoyado con coordenadas y cota:

Cámara de reunión de caudales:

Este: 669840.50

Norte: 9370972.00

Cota: 2640.54

Reservorio apoyado:

Este: 672224.86

Norte: 9370566.90

Cota: 2453.60

La distancia total que se extiende la L.C.- 03 es 2.966 metros.

A continuación, procedemos a calcular la presión dinámica y estática que llegara al reservorio

### **Presión dinámica en el reservorio**

Aplicando Bernoulli en la cámara de reunión de caudales y el reservorio

$$\frac{P_2}{\delta} + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_f = \frac{P_3}{\delta} + h_3 + \frac{V_3^2}{2g} + H \quad ; \text{ Teniendo que el agua está en reposo la } V_2 \text{ y } V_3$$

serán cero; como las presiones en los puntos 2 y 3 son iguales a la presión atmosférica, por lo tanto, se eliminan.

Entonces:

$$h_2 + h_f = h_3 + H$$

$$h_2 - h_3 = H - h_f$$

Donde  $H = 2640.54 - 2453.60$

**La presión estática** está dada por:  $P_s = 186.94$  (m)

Es presión que la tubería soporta cuando el agua está en reposo.

Esto nos lleva a la conclusión de que será necesaria la instalación de 3 cámaras rompe presión “CRP TIPO-6”, para garantizar que el agua tenga una presión estática no superior a 50mca.

La cámara rompe presión estarán ubicadas en:

Cámara de reunión de caudales; 0+000 y con una longitud de  $L = 532.20$ m

CRP 002; 0+532.20 y con una longitud de  $L = 345$ m

CRP 003; 0+877 y con una longitud de  $L = 1658.80$ m

CRP 004; 2+536 y con una longitud de L=430m

Para realizar el cálculo de la presión estática, presión dinámica, velocidad, hf, en cada tramo en la que está ubicado las cámaras rompe presión, comprendidas entre la cámara de reunión de caudal y el reservorio proyectado, obteniendo los siguientes resultados:

Determinar la línea de conducción para el tramo LC-03

*Tabla 11. Cálculo de línea de conducción del tramo LC-03 cámara reunión de caudales-reservorio apoyado proyectado.*

Línea	Formula	Tramo	Qmd (lit./s)	DN (mm)	Diam. Int. (mm.)	V (m/s)	L (m)	hf (m)	NVA (m.s.n.m.)	ZRP (m.s.n.m.)	P/Y (m.c.a.)
<b>LC-03</b>	Fair Whipple	CRP A CRP 02	0.49	48.00	38.00	0.43	532.20	4.20	2640.02	2590.12	46.22
	Fair Whipple	CRP 02 A CRP 03	0.49	48.00	38.00	0.43	345.00	2.72	2589.2	2539.5	47.78
	Fair Whipple	CRP 03 A CRP 04	0.49	48.00	38.00	0.43	1658.80	13.10	2538.7	2488.8	37.60
	Fair Whipple	CRP 04 A RAP	0.49	48.00	38.00	0.43	430.00	3.40	2488.8	2453.6	31.80

Fuente: Elaboración propia

Para la línea de conducción en el tramo LC-03, la velocidad mínima no sea inferior a 0.60 m/s. en la tabla 11 se puede apreciar que las velocidades no cumplen con los valores de la RM N° 192-2018-VIVIENDA, debido a que el caudal es muy pequeño para lograr dichas velocidades, sin embargo, en tramos largos y en los puntos bajos se consideraran las válvulas de purga, con la finalidad de solucionar la posible sedimentación en estos tramos y efectuar la limpieza periódica de las tuberías.

El diámetro para la línea de conducción del tramo LC-03 cámara reunión de caudales – reservorio apoyado proyectado será de 1 ½ pulgada, como se muestra en la tabla 11.

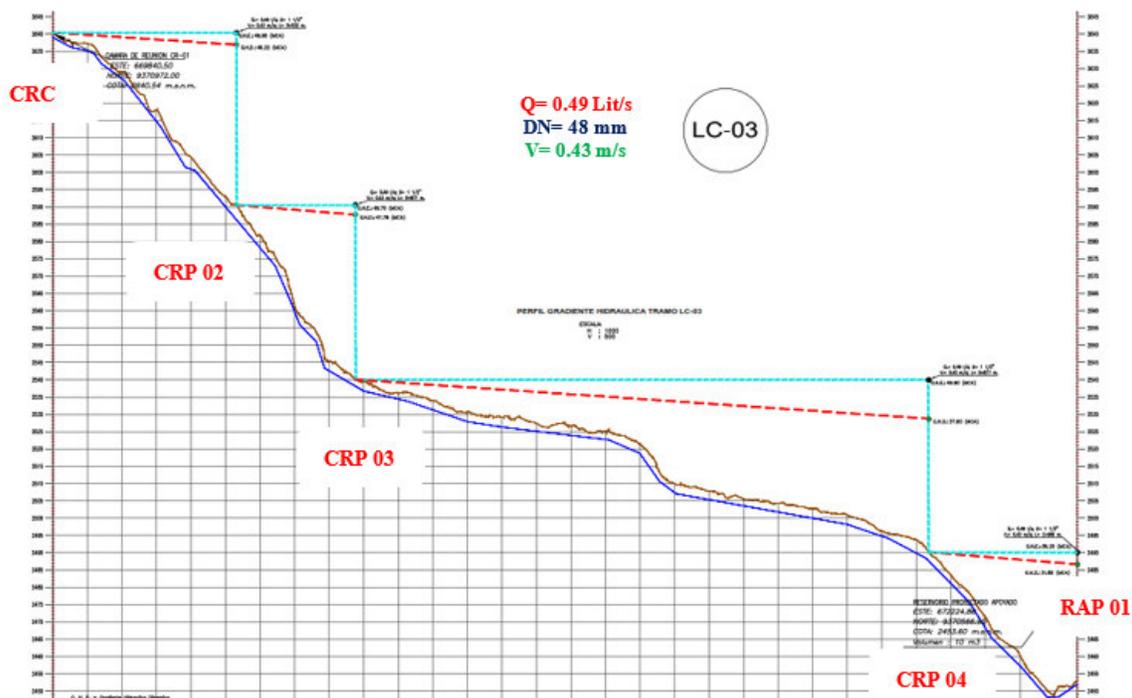


Figura 18. Perfil de línea de gradiente hidráulico del tramo LC-03 Cámara reunión de caudales – reservorio apoyado proyectado.  
Fuente elaboración propia

Con los datos obtenidos luego de realizar los cálculos hidráulicos de la línea de conducción del tramo LC-03, se procedió elaborar el plano de la gradiente hidráulica de la línea de conducción del tramo LC-03, el cual se encuentra en el Anexo D.

### 3.3.5. Cálculo de la cámara rompe presión tipo 6

Tenemos como dato  $Q_{md}=0.49$  l/s, la velocidad de la línea conducción es  $0.43$  m/s con diámetro de tubería de  $1\frac{1}{2}$ "

$$H = 1.56 \frac{V^2}{2g} = 1.56 \frac{0.43^2}{2g} \quad H=0.015m = 2cm$$

Para procesos constructivos  $H_{min}=0.35m$ , asumimos  $H= 0.40$  m

Luego:

A: Atura mínima=  $0.10m$

BL: Borde libre=  $0.40m$

Ht: Altura total de la cámara rompe presión

$$H_t = A + H + B_L$$

$$H_t = 0.10 + 0.40 + 0.40$$

$$H_t = 0.90 \text{ m}$$

Para facilitar el proceso constructivo, consideraremos una sección interna de 0.60x0.60 m

Entonces el volumen de la CRP es:

$$\text{Vol} = 0.14 \text{ m}^3$$

$$\text{Altura de carga (H)} \times \text{Longitud} \times \text{Ancho} = 0.40 \times 0.60 \times 0.60$$

### 3.3.6. Cálculo del reservorio apoyado

Actualmente el Caserío Cedro cuenta con un reservorio circular apoyado de 9m<sup>3</sup>, el cual fue construido en el año 1999. Este reservorio debe ser abandonado pues según RM N° 192-2018-VIVIENDA, cumplió su vida útil.

Para al cálculo de la capacidad del reservorio tenemos como dato  $Q_{md} = 0.49 \text{ l/s}$  según RM N° 192-2018-VIVIENDA, Vol. de regulación 25 por ciento del  $Q_p$  consumo total

$$V_{regulacion} = \frac{25\% \times Q_p \times 86400}{1000} = \frac{0.25 \times 0.381 \times 86400}{1000} = 8.23 \text{ m}^3$$

A partir de estas consideraciones se proyectará un nuevo reservorio con capacidad de 10m<sup>3</sup> para el Caserío Cedro.

### 3.3.7. Cálculo de redes de distribución

Para el cálculo de las redes de distribución se realizará en las hojas Excel. Como se ha descrito en el capítulo 2, el cálculo se realizará utilizando el enfoque de red de ramificación, suponiendo que el caudal de cada grifo es superior a 0,10 l/s (regulación).

Las consideraciones relativas a la línea de aducción y a la red de distribución son las siguientes:

No mayor a 10 lotes tubería PVC de 1”

No mayor a 3 lotes tubería PVC de 3/4”

En línea de aducción tubería de PVC de 1 1/2”

Para las cámaras rompe presión en las redes de distribución se debe tener en cuenta cada una de ellas tiene una presión estática que no supera los 50 mca. Material de las tuberías de PVC de clase 10, según indica la RM N° 192-2018-VIVIENDA.

Vel. Min. 0,6 m/s.

Vel. Max. 3,0 m/s

A continuación, se muestran los datos iniciales tales como la ubicación topográfica de cada nodo, demanda en los nodos.

*Tabla 12. Datos de cálculo para redes de distribución del caserío Cedro.*

<b>NODO</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>DEMANDA (l/s)</b>
N-01	672,439.81	9,370,387.17	0.0049
N-02	672,426.79	9,370,407.46	0.0049
N-03	672,484.47	9,370,444.31	0.0151
N-04	672,427.12	9,370,406.94	0.0073
N-05	672,526.00	9,370,470.84	0.0190
N-06	672,451.96	9,370,494.52	0.0090
N-07	672,586.39	9,370,375.48	0.0200
N-08	672,337.27	9,370,309.37	0.0114
N-09	672,447.44	9,370,491.86	0.0122
N-10	672,406.12	9,370,393.53	0.0124
N-11	672,528.93	9,370,544.20	0.0127
N-12	672,445.11	9,370,378.92	0.0132
N-13	672,376.62	9,370,455.73	0.0135
N-14	672,393.03	9,370,460.06	0.0148
N-15	672,544.76	9,370,349.15	0.0250
N-16	672,493.96	9,370,521.74	0.0153
N-17	672,617.56	9,370,325.96	0.0171
N-18	672,662.23	9,370,355.06	0.0276
N-19	672,424.25	9,370,365.53	0.0177
N-20	672,916.09	9,370,074.02	0.0179
N-21	672,364.83	9,370,327.40	0.0181
N-22	672,695.02	9,370,376.43	0.0190
N-23	672,576.92	9,370,299.48	0.0194
N-24	672,860.09	9,370,058.28	0.0223
N-25	672,496.63	9,370,423.46	0.0233
N-26	672,624.35	9,370,399.50	0.0245
N-27	672,563.71	9,370,494.93	0.0261
N-28	672,407.42	9,370,262.27	0.0290
N-29	672,740.40	9,370,240.96	0.0297

N-30	672,449.48	9,370,672.31	0.0300
N-31	672,487.47	9,370,312.91	0.0331
N-32	672,834.36	9,370,041.15	0.0374
N-33	672,531.40	9,370,545.78	0.0431
N-34	672,543.44	9,370,807.97	0.0498
N-35	672,758.92	9,370,200.79	0.0604
REP-01	672,225.95	9,370,564.61	0.7565

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar los cálculos se obtiene un total de 35 nudos, con tuberías de diámetros: En la línea de aducción 1 ½ pulg, redes de distribución cerrada de 1 pulg y redes de distribución abierta de ¾ pulg y para evitar presiones estáticas mayores de 50mca se calculó 2 cámaras rompe presión tipo 7 dentro de las redes de distribución del caserío Cedro.

Tabla 13. Cálculo de redes de distribución del caserío Cedro.

TRAMOS		COORDENADAS DE Ni		COORDENADAS DE Nf		LONGITUD (m)	CAUDAL EN TUBERIA (l/s)	Ø DOMINAL	Ø INTERNO (mm)	VELOCIDAD (m/s)
NODO INICIAL	NODO FINAL	X	Y	X	Y					
N-02	N-04	672427	9370407	672427	9370407	0.62	0.203	1"	29.4	0.299
N-11	N-33	672529	9370544	672531	9370546	2.93	0.110	1"	29.4	0.162
N-09	N-06	672447	9370492	672452	9370495	5.24	0.531	1"	29.4	0.782
N-01	N-12	672440	9370387	672445	9370379	9.81	0.104	1"	29.4	0.153
N-04	N-01	672427	9370407	672440	9370387	23.49	0.109	1"	29.4	0.160
N-12	N-19	672445	9370379	672424	9370366	24.79	0.012	1"	29.4	0.018
N-04	N-10	672427	9370407	672406	9370394	24.92	0.087	1"	29.4	0.128
N-10	N-19	672406	9370394	672424	9370366	33.36	0.074	1"	29.4	0.110
N-16	N-11	672494	9370522	672529	9370544	41.56	0.153	1"	29.4	0.225
N-23	N-17	672577	9370299	672618	9370326	48.51	0.053	1"	29.4	0.078
N-03	N-05	672484	9370444	672526	9370471	49.28	0.094	1"	29.4	0.138
N-06	N-16	672452	9370495	672494	9370522	50.05	0.270	1"	29.4	0.397
N-26	N-18	672624	9370400	672662	9370355	58.39	0.108	1"	29.4	0.159
N-07	N-17	672586	9370375	672618	9370326	58.51	0.071	1"	29.4	0.104
N-15	N-23	672545	9370349	672577	9370299	59.17	0.072	1"	29.4	0.107
N-06	N-03	672452	9370495	672484	9370444	59.82	0.252	1"	29.4	0.372
N-16	N-05	672494	9370522	672526	9370471	60.14	0.102	1"	29.4	0.150
N-33	N-27	672531	9370546	672564	9370495	60.25	0.017	1"	29.4	0.025
N-14	N-02	672393	9370460	672427	9370407	62.50	0.185	1"	29.4	0.273
N-09	N-14	672447	9370492	672393	9370460	63.02	0.213	1"	29.4	0.314
N-01	N-25	672440	9370387	672497	9370423	67.42	0.000	1"	29.4	0.000

N-31	N-15	672487	9370313	672545	9370349	67.79	0.056	1"	29.4	0.082
N-19	N-21	672424	9370366	672365	9370327	70.60	0.069	1"	29.4	0.101
N-21	N-28	672365	9370327	672407	9370262	77.82	0.039	1"	29.4	0.058
N-12	N-31	672445	9370379	672487	9370313	78.43	0.079	1"	29.4	0.116
N-28	N-31	672407	9370262	672487	9370313	94.72	0.010	1"	29.4	0.015
N-27	N-26	672564	9370495	672624	9370400	113.07	0.078	1"	29.4	0.115
REP-01	N-09	672226	9370565	672447	9370492	233.13	0.757	1 1/2"	43.4	0.511
N-14	N-13	672393	9370460	672377	9370456	16.97	0.014	3/4"	22.9	0.033
N-24	N-32	672860	9370058	672834	9370041	30.91	0.037	3/4"	22.9	0.091
N-21	N-08	672365	9370327	672337	9370309	32.93	0.011	3/4"	22.9	0.028
N-18	N-22	672662	9370355	672695	9370376	39.14	0.019	3/4"	22.9	0.046
N-29	N-35	672740	9370241	672759	9370201	44.23	0.138	3/4"	22.9	0.335
N-24	N-20	672860	9370058	672916	9370074	58.17	0.018	3/4"	22.9	0.043
N-11	N-30	672529	9370544	672449	9370672	150.75	0.030	3/4"	22.9	0.073
N-35	N-24	672759	9370201	672860	9370058	174.77	0.078	3/4"	22.9	0.189
N-33	PRV-1	672531	9370546	672537	9370550	7.19	0.050	3/4"	22.9	0.121
PRV-1	N-34	672537	9370550	672543	9370808	258.29	0.050	3/4"	22.9	0.121
PRV-4	N-29	672663	9370354	672740	9370241	136.74	0.168	3/4"	22.9	0.407
N-05	N-27	672526	9370471	672564	9370495	44.75	0.087	1"	29.4	0.128
N-05	N-07	672526	9370471	672586	9370375	112.87	0.089	1"	29.4	0.131
N-07	N-26	672586	9370375	672624	9370400	44.92	0.054	1"	29.4	0.080
N-17	N-18	672618	9370326	672662	9370355	53.31	0.106	1"	29.4	0.157
N-18	PRV-4	672662	9370355	672663	9370354	1.57	0.168	3/4"	22.9	0.407
N-25	N-15	672497	9370423	672545	9370349	88.54	0.097	1"	29.4	0.143
N-15	N-07	672545	9370349	672586	9370375	49.26	0.056	1"	29.4	0.082
N-03	N-25	672484	9370444	672497	9370423	24.14	0.121	1"	29.4	0.178
N-03	N-02	672484	9370444	672427	9370407	68.45	0.023	1"	29.4	0.034

Fuente: Elaboración propia

La velocidad mínima no debe ser inferior a 0.60m/s. en la tabla 13 se puede apreciar que las velocidades no cumplen con los valores de RM N° 192-2018-VIVIENDA. Debido a que el caudal es muy pequeño para lograr dichas velocidades, sin embargo, las presiones en los nodos son adecuadas ya que son inferiores a 50mca, tal como se aprecia en la tabla 14.

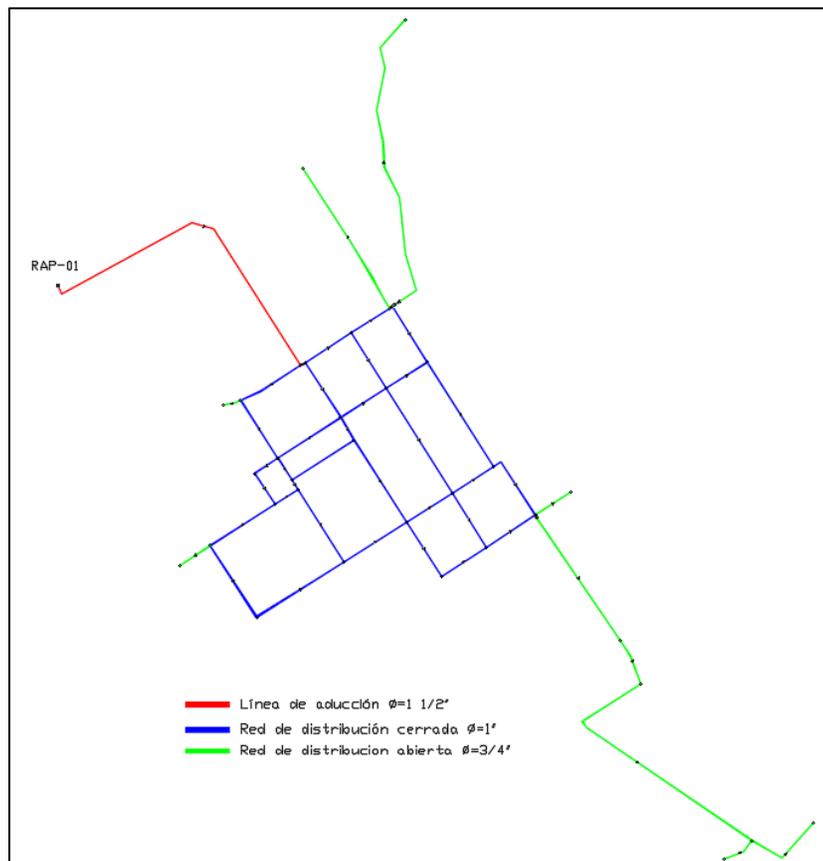
Tabla 14. Presión en los nodos de las redes de distribución del caserío Cedro.

NODO	ELEVACION (m)	DEMANDA (l/s)	GRADIENTE HIDRAULICA (m)	PRESION (mca)
N-01	2,411.85	0.0049	2,450.53	38.60
N-02	2,410.27	0.0049	2,450.56	40.21

N-03	2,411.67	0.0151	2,450.57	38.82
N-04	2,410.33	0.0073	2,450.56	40.15
N-05	2,409.42	0.0190	2,450.52	41.02
N-06	2,408.05	0.0090	2,450.94	42.80
N-07	2,413.14	0.0200	2,450.41	37.20
N-08	2,408.00	0.0114	2,450.47	42.39
N-09	2,408.32	0.0122	2,451.07	42.66
N-10	2,409.00	0.0124	2,450.54	41.45
N-11	2,405.45	0.0127	2,450.48	44.94
N-12	2,412.24	0.0132	2,450.52	38.20
N-13	2,411.12	0.0135	2,450.78	39.58
N-14	2,410.24	0.0148	2,450.78	40.46
N-15	2,414.08	0.0250	2,450.43	36.28
N-16	2,406.66	0.0153	2,450.59	43.84
N-17	2,406.28	0.0171	2,450.38	44.01
N-18	2,406.63	0.0276	2,450.31	43.60
N-19	2,411.34	0.0177	2,450.51	39.09
N-20	2,357.02	0.0179	2,404.20	47.09
N-21	2,409.30	0.0181	2,450.48	41.10
N-22	2,404.10	0.0190	2,450.30	46.11
N-23	2,405.48	0.0194	2,450.40	44.83
N-24	2,364.58	0.0223	2,404.22	39.56
N-25	2,413.12	0.0233	2,450.53	37.33
N-26	2,410.01	0.0245	2,450.40	40.30
N-27	2,406.29	0.0261	2,450.48	44.10
N-28	2,409.35	0.0290	2,450.46	41.03
N-29	2,394.84	0.0297	2,405.12	10.26
N-30	2,417.68	0.0300	2,450.42	32.68
N-31	2,411.10	0.0331	2,450.46	39.28
N-32	2,366.07	0.0374	2,404.20	38.05
N-33	2,405.33	0.0431	2,450.48	45.05
N-34	2,376.96	0.0498	2,404.33	27.32
N-35	2,391.43	0.0604	2,404.82	13.36

---

Fuente: Elaboración propia



*Figura 19. Esquema de Tipos de Red de Distribución del Caserío Cedro.  
Fuente elaboración propia*

Luego de completar los cálculos hidráulicos de redes de distribución puede apreciar un esquema de los tipos de red de distribución del Caserío Cedro, donde la línea de color rojo representa a la línea de aducción con diámetro de  $1\ 1/2''$ , la línea de color azul representa la red de distribución cerrada con  $1''$  de diámetro y la línea de color verde representa la red de distribución abierta con diámetro de  $3/4''$ . Tal como se aprecia en la figura 19. Para mayor detalle se adjunta un plano de redes de distribución del caserío Cedro el cual se encuentra en el Anexo E.

## CAPITULO 4 – RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Resultados y Discusión

#### De la metodología

La determinación de tasa de crecimiento basado en 0.74% por ser de acorde con la zona de estudio, actualmente el Caserío Cedro cuenta 321 habitantes y con 97 viviendas

La densidad poblacional es 3.31 (hab/viv).

Se obtiene como demanda el caudal promedio de 0.38 lit/seg, que es la suma de caudales doméstico, estatales y sociales.

A continuación, se presenta de forma resumida los cálculos hidráulicos de la captación La Ruda

Gasto Max. Diario:	0.50 l/s
--------------------	----------

#### Determinación del ancho de pantalla:

Ancho de la pantalla:	0.80 m
-----------------------	--------

Número de agujeros (orificios):	5 orificios
---------------------------------	-------------

Diámetro Tub. Ingreso (orificios):	1.0 pulg
------------------------------------	----------

\*Se trabajará con 1.50m\*

#### Cálculo de la distancia entre la cámara húmeda y el punto de afloramiento:

L= 1.237920489 m	*Se trabajará con 1.25m*
------------------	--------------------------

#### Altura de la cámara húmeda:

Ht= 1.00 m

Tubería de salida= 1.00 plg

### Dimensionamiento de la Canastilla:

Longitud de la Canastilla	15.0	cm
Diámetro de la Canastilla	2	pulg
Número de ranuras:	28	ranuras

### Cálculo de Rebose y Limpieza:

Tubo de Limpieza	1.5	pulg
Tubo de Rebose	1.5	pulg

### Cálculo de la línea de conducción:

Resultados de la línea de conducción de los tramos: LC-01, LC-02 y LC-03

Tabla 15. Resultados de la línea de conducción del caserío Cedro.

Línea	Tramo	Qmd (lit./s)	DN (mm)	Diam. Int. (mm.)	V (m/s)	L (m)	hf (m)	NVA (m.s.n.m.)	ZRP (m.s.n.m.)	P/Y (m.c.a.)
<b>LC -01</b>	CAP-01 A CRP 01	0.30	48.00	38.00	0.26	3003.00	9.94	2734.66	2687.09	<b>37.63</b>
	CRP 01 A CRC	0.30	48.00	38.00	0.26	842.00	2.79	2687.09	2640.54	<b>43.76</b>
<b>LC-02</b>	CAP-02 A CRC	0.19	33.00	29.40	0.28	82.00	0.42	2644.44	2640.54	<b>3.48</b>
	CRC A CRP 02	0.49	48.00	38.00	0.43	532.20	4.20	2640.02	2590.12	<b>46.22</b>
<b>LC-03</b>	CRP 02 A CRP 03	0.49	48.00	38.00	0.43	345.00	2.72	2589.2	2539.5	<b>47.78</b>
	CRP 03 A CRP 04	0.49	48.00	38.00	0.43	1658.80	13.10	2538.7	2488.8	<b>37.60</b>
	CRP 04 A RAP	0.49	48.00	38.00	0.43	430.00	3.40	2488.8	2453.6	<b>31.80</b>

Fuente: Elaboración propia

Para la línea de conducción en los 3 tramos (LC-01, LC-02 y LC-03), se sugiere que la velocidad mínima no sea inferior a 0.60 m/s. en la tabla 15 se puede apreciar que las velocidades no cumplen con los valores de la RM N° 192-2018-VIVIENDA, debido a

que el caudal es muy pequeño para lograr dichas velocidades, sin embargo, en tramos largos y en los puntos bajos se consideraran las válvulas de purga, con el propósito de solucionar la posible sedimentación en estos tramos y efectuar la limpieza periódica de las tuberías.

En el tramo LC-01 captación Cerro Grande – cámara de reunión de caudales se obtuvo diámetro de la línea de conducción de 1 ½ pulg.

En el tramo LC-02 captación la ruda – cámara de reunión de caudales se obtuvo diámetro de la línea de conducción de 1 pulg.

En el tramo de la cámara de reunión de caudales – reservorio se obtuvo diámetro del conductor de 1 ½ pulg. Y también 3 cámaras rompe presión, con la finalidad de no superar los 50mca a la llegada del reservorio.

### **Cálculo de la cámara rompe presión tipo 6**

Se sabe que,  $Q_{md}=0.49$  l/s, Línea de conducción se desplaza a una velocidad determinada de 0.43 con diámetro de tubería de 1 ½”

$$H = 1.56 \frac{v^2}{2g} = 1.56 \frac{0.43^2}{2g} \quad H=0.015m = 2cm$$

Para procesos constructivos  $H_{min}=0.35m$ , asumimos  $H= 0.40$  m

Luego:

A: Atura mínima= 0.10m

BL: Borde libre= 0.40m

Ht: Altura total de la cámara rompe presión

$$Ht=0.90 \text{ m}$$

$$Ht=0.10+0.40+0.40$$

$$H_t = A + H + B_L$$

Para facilitar el proceso constructivo, consideraremos una sección interna de 0.60x0.60 m,

### **Cálculo del reservorio apoyado**

Actualmente el Caserío Cedro cuenta con un reservorio circular apoyado de 9m<sup>3</sup>, el cual fue construido en el año 1999. Este reservorio debe ser abandonado pues según RM N° 192-2018-VIVIENDA, cumplió su vida útil.

Para al cálculo de la capacidad del reservorio según RM N° 192-2018-VIVIENDA, tenemos como dato  $Q_{md} = 0.49$  l/s, vol. de regulación 25 por ciento del  $Q_p$  consumo total.

$$V_{regulacion} = 8.23 \text{ m}^3$$

A partir de estas consideraciones se proyectará un nuevo reservorio con capacidad de 10m<sup>3</sup> para el Caserío Cedro.

### **De los cálculos realizados de las redes de distribución**

De los cálculos realizados de las redes de distribución los resultados:

Se sugiere que la velocidad mínima no sea inferior a 0.60m/s. las velocidades no cumplen con los valores de la RM N° 192-2018-VIVIENDA, debido a que el caudal es muy pequeño para lograr dichas velocidades, sin embargo, las presiones son adecuadas ya que la presión estática no ha superado los 50 mca, protegiendo a los accesorios de daños por sobrepresión.

Con tuberías de diámetros: en redes de distribución cerrada de 1 pulg, la línea de aducción 1 ½ pulg y redes de distribución abierta de ¾ pulg y para evitar presiones estáticas elevadas se determinó 2 cámaras rompe presión T7 dentro de los sistemas de distribución del Caserío Cedro.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se determinó la proyección de la población al año 20, obteniendo como resultado la población futura de 372 habitantes del Caserío Cedro
- Se determinó la demanda de agua potable, obteniendo como resultado el caudal promedio de 0.38 lit/seg para el Caserío Cedro.
- Se realizó los análisis hidráulicos de las estructuras de la red de agua potable y otros componentes del Caserío Cedro se obtuvo los siguientes resultados:
  - Se determinó los cálculos hidráulicos de la captación de manantial tipo ladera (captación La Ruda), considerando un caudal máximo diario de 0.50 lit/seg, que está compuesta por una cámara húmeda de dimensiones 1.30m x 1.40m y cámara seca de dimensiones 1.00mx0.90m.
  - Se determinó el cálculo hidráulico de la línea de conducción del tramo LC-01: captación Cerro Grande – cámara reunión de caudales; se obtuvo el diámetro de la línea de conducción de 1 ½ pulgada con longitud L=3845.00m.
  - Se determinó el cálculo hidráulico de la línea de conducción del tramo LC-02: captación la ruda – cámara reunión de caudales; se obtuvo el diámetro de la línea de conducción de 1 pulgada con longitud L=82.00m.
  - Se determinó el cálculo hidráulico con respecto a la línea de conducción del tramo LC-03: cámara reunión de caudales – reservorio; se obtuvo el diámetro de la línea de transmisión de 1 1/2 pulgada y 3 cámaras rompe presión tipo 6 con una longitud de línea de conducción de L= 2966.00 m.

- Se determinó el cálculo hidráulico de cámara rompe presión tipo 6, con una sección interna de  $0.60 \times 0.60$  m y una altura de carga (H)= 0.40 y altura total de  $H_t=0.90$  m.
- Se determinó el cálculo hidráulico del reservorio, se determinó un volumen de regulación  $V_{reg}=8.23$  m<sup>3</sup>, actualmente el Caserío Cedro cuenta con un reservorio circular apoyado de 9m<sup>3</sup>, este reservorio será abandonado pues según RM N° 192-2018-VIVIENDA, cumplió su vida útil. En consecuencia, se proyectará un nuevo reservorio con capacidad de 10m<sup>3</sup>.
- Se determinó el cálculo hidráulico de redes de distribución, a través de hojas Excel, donde la velocidad mínima no debe ser inferior de 0.60m/s. pero las velocidades no cumplen con los valores de la RM N° 192-2018-VIVIENDA, debido a que el caudal es muy pequeño para lograr dichas velocidades, sin embargo, las presiones son adecuadas ya que la presión estática no ha superado los 50 mca que indica la norma, esto protege a los accesorios de daños por sobrepresión. Diámetros de las tuberías en las redes de distribución fueron los siguientes: en la línea de aducción 1 ½ pulg, redes de distribución cerrada de 1 pulg y redes de distribución abierta de ¾ pulg y para evitar presiones estáticas elevadas se determinó 2 cámaras rompe presión (tipo 7) dentro de los sistemas de distribución del Caserío Cedro
- Luego de determinar los diseños hidráulicos de redes de distribución, capacidad del reservorio proyectado, línea de conducción y captación la ruda, se mejorará la

calidad de vida de la población del Caserío Cedro, suministrando agua potable con caudales y presiones adecuadas.

- Se recomienda a la JASS del Caserío Cedro realizar talleres de concientización a toda la población que requiere el tratamiento y mantenimiento respectivo del sistema de agua potable: captación, tuberías, cámaras rompe presión, reservorio apoyado, a fin de desarrollar el sistema sea sostenible y beneficioso para su finalidad.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Agüero, R. (1997). Agua Potable para Poblaciones Rurales. Lima, Perú: Asociación de Servicios Educativos Rurales.

Organización panamericana de la Salud, (2004). Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales.

Organización panamericana de la Salud, (2004). Guía para el diseño y construcción de reservorios apoyados.

Rocha, A. (2012). Hidráulica de tuberías y canales.

Resolución Ministerial N° 192-2018 – Vivienda. Lima 16 de mayo del 2018

Vierendel, 1997. Abastecimiento de Agua y Alcantarillado

## **ANEXOS**

**Anexo A.** Panel fotográfico

**Anexo B.** Plano hidráulico de la Captación La Ruda del Caserío Cedro

**Anexo C.** Planos de la Gradiente Hidráulica de la línea de conducción Tramo LC-01

**Anexo D.** Planos de la Gradiente Hidráulica de la línea de conducción Tramo LC-02 Y LC-03

**Anexo E.** Planos de redes de Distribución del Caserío Cedro

**Anexo A. Panel fotográfico**



*Figura 20. Captación existente tipo ladera la ruda.  
Fuente elaboración propia*

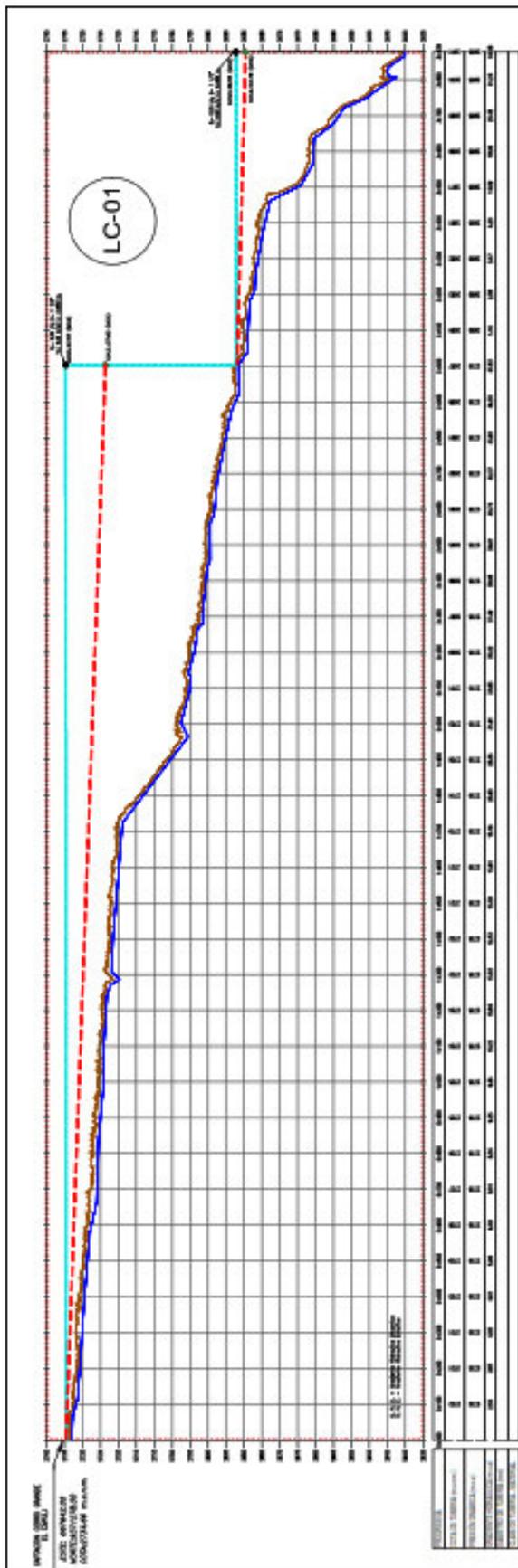


*Figura 21. Línea de conducción expuesta a la intemperie.  
Fuente elaboración propia*

**Anexo B. Plano hidráulico de la Captación La Ruda del Caserío Cedro**



**Anexo C. Planos de la Gradiente Hidráulica de la línea de conducción Tramo  
LC-01**



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS	
ESCUELA PROFESIONAL REGIONAL MATEMATICA DE PIURCHI	INFORME DE CONDUCCION
INGENIERO CIVIL: CALVO MARCHESI PAUL ROBERTO	
MATERIA: MECANICA DE FLUIDOS	
FECHA: 15/05/2023	
LIMA	DIAS: 03/20
	SECCION: LC-01

**Anexo D. Planos de la Gradiente Hidráulica de la línea de conducción Tramo  
LC-02 Y LC-03**



**Anexo E. Planos de redes de Distribución del Caserío Cedro**

