



**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Ampliación del sistema de abastecimiento de agua  
para el desarrollo sostenible del centro poblado  
de Ccaccamarca-distrito de Ocos-Ayacucho

**TESIS**

Para optar el título profesional de Ingeniero(a) Civil

**AUTORES**

Chanhualla Mavila, Jose Gabriel  
ORCID: 0000-0002-1938-277X

De La Torre Castilla, Steffe Kimberly  
ORCID: 0000-0002-5735-1632

**ASESOR**

López Silva, Maiquel  
ORCID: 0000-0002-0946-6160

**Lima, Perú**

**2022**

## **Metadatos Complementarios**

### **Datos del autor(es)**

De La Torre Castilla, Steffe Kimberly

DNI: 76309830

Chanhualla Mavila, Jose Gabriel

DNI: 77060793

### **Datos de asesor**

López Silva, Maiquel

DNI: 002946058

### **Datos del jurado**

JURADO 1

Pereyra Salardi, Enriqueta

DNI: 06743824

ORCID: 0000-0003-2527-3665

JURADO 2

Carmenates Hernandez, Dayma Sadami

DNI: 002944620

ORCID: 0000-0001-5482-7562

JURADO 3

Gárate Cáceres, Francisco Héctor

DNI: 07640930

ORCID: 0000-0003-0413-3399

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres, abuelos y hermana y amigos quienes me brindaron consejos, apoyo y conocimientos a lo largo de mis cinco años de estudio.

(Chanhualla Mavila, Jose Gabriel)

Dedico esta tesis a mi mamá Lourdes, a mi abuelito Pastor, que en paz descansa, a mi abuelita Zenobia y a mi hermana Brenda por haberme forjado como persona que soy en la actualidad. A mi papá Amador, quien me acompañó en mi formación como profesional. Y en conjunto con el resto de mi familia y con mis seres queridos fueron un soporte perfecto para poder concluir este proceso.

(De La Torre Castilla, Steffe Kimberly)

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra alma mater, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera; y a todas personas que de alguna manera nos apoyaron en el desarrollo de la tesis, entre ellos docentes y familiares y amigos.

(Chanhualla Jose y De la Torre Kimberly)

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	iii
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción y formulación del problema general y específico. ....	1
1.1.1. Descripción del problema .....	1
1.2. Objetivos general y específico.....	3
1.2.1. Objetivo General.....	3
1.2.2. Objetivo específico. ....	3
1.3. Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática.....	3
1.3.1. Delimitación Temporal: .....	3
1.3.2. Delimitación Espacial: .....	4
1.3.3. Delimitación Temática.....	5
1.4. Justificación e importancia .....	5
1.4.1. Justificación .....	5
1.4.2. Importancia .....	6
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
2.1. Antecedentes del estudio de investigación .....	7
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	9
2.2. Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio .....	10
2.2.1. Importancia de los sistemas de abastecimiento de agua potable .....	10
2.2.2. Demanda proyectada de agua .....	12
2.2.3. Cámara de captación .....	16
2.2.4. Cámara rompe presión .....	21
2.2.5. Línea de conducción .....	28
2.2.6. Reservorio .....	31
2.2.7. Línea de aducción .....	33
2.2.8. Red de distribución .....	38
2.2.9. Software para modelamiento hidráulico .....	42
2.3. Definición de términos básicos.....	43
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS.....</b>	<b>45</b>

3.1. Hipótesis .....	45
3.1.1. Hipótesis principal .....	45
3.1.2. Hipótesis secundarias .....	45
3.2. Variables .....	45
3.2.1. Definición conceptual de las variables .....	45
3.2.2. Operacionalización de las variables .....	46
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>47</b>
4.1. Tipo y nivel.....	47
4.2. Diseño de investigación.....	47
4.3. Población y muestra.....	48
4.3.1. Población.....	48
4.3.2. Muestra .....	48
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	49
4.4.1. Técnicas .....	49
4.4.2. Instrumentos.....	49
4.4.3. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos .....	49
4.4.4. Procedimientos para la recolección de datos .....	50
4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....	51
<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>52</b>
5.1. Topografía.....	52
5.2. Población Futura .....	54
5.3. Dotación de Agua .....	55
5.4. Caudal de diseño.....	56
5.5. Trazado del sistema de agua potable .....	59
5.5.1. Trazado de la línea de conducción.....	59
5.5.2. Trazado de la red de distribución.....	60
5.6. Diseño hidráulico de los elementos del SAP.....	62
5.6.1. Aforo de agua.....	62
5.6.2. Sistema de captación de la ladera .....	62
5.6.3. Diseño hidráulico de la línea de conducción .....	70
5.6.4. Diseño hidráulico del reservorio .....	72
5.6.5. Diseño estructural del reservorio .....	76
5.6.6. Diseño hidráulico de la línea de aducción .....	77

5.6.7. Diseño hidráulico de la línea de distribución.....	79
5.7. Conexión domiciliaria .....	80
5.8. Resumen de elementos que integran el sistema de agua potable.....	80
5.9. Sistema de agua potable mediante software WaterGEMS .....	82
5.9.1. Primera Propuesta .....	82
5.9.2. Propuesta de mejora .....	89
5.10. Análisis de resultados .....	99
5.11. Contrastación de hipótesis .....	105
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>107</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>114</b>
Anexo 1: Cronograma de actividades .....	114
Anexo 2: Presupuesto (Asignación de recursos) .....	115
Anexo 3: Matriz de Operacionalización de variables .....	116
Anexo 4: Matriz de Consistencia.....	117
Anexo 5: Topografía del centro poblado .....	118
Anexo 6: Autorización de la municipalidad .....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Ubicación del centro poblado Ccaccamarca.....	4
Figura N°2: Determinación de ancho de pantalla.....	18
Figura N°3: Calculo de la cámara húmeda.....	19
Figura N°4: Canastilla.....	20
Figura N°5: Caja Rompe Presión.....	22
Figura N°6: Línea de conducción.....	28
Figura N°7: Línea de conducción.....	29
Figura N°8: Reservorio.....	32
Figura N°9: Línea gradiente hidráulica de la aducción a presión.....	34
Figura N°10: Calculo de la línea de gradiente (LGH).....	37
Figura N°11: Redes de distribución.....	38
Figura N°12: Topografía del centro poblado de Ccaccamarca.....	52
Figura N°13: Topografía del centro poblado de Ccaccamarca.....	53
Figura N°14: Topografía del centro poblado de Ccaccamarca.....	53
Figura N°15: Crecimiento poblacional.....	55
Figura N°16: Trazado de la línea de conducción.....	59
Figura N°17: Perfil longitudinal de la línea de conducción.....	60
Figura N°18: Trazado de la red de distribución del centro poblado de Ccaccamarca....	61
Figura N°19: Trazado de la red de distribución del centro poblado de ccaccamarca....	61
Figura N°21: Distancia entre afloramiento y cámara húmeda.....	64
Figura N°20: Ancho de pantalla y número de orificios.....	65
Figura N°22: Cámara húmeda.....	65
Figura N°23: Altura total de cámara húmeda.....	67
Figura N°24: Representación de la canastilla.....	67
Figura N°25: Dimensiones de canastilla.....	69
Figura N°26: Dimensión de tubería de limpieza y rebose.....	70
Figura N°27: Dimensiones del reservorio apoyado.....	74
Figura N°29: Dimensiones del reservorio apoyado.....	77
Figura N°30: Sección longitudinal para línea de aducción.....	79
Figura N°31: Línea de conducción y distribución en WaterGEMS.....	83
Figura N°32: Red de distribución en WaterGEMS.....	83
Figura N°33: Red de distribución junto a las curvas de nivel en WaterGEMS.....	84

Figura N°34: Inicio de la red de conducción en WaterGEMS .....	84
Figura N°35: Inicio de la red de distribución en WaterGEMS.....	85
Figura N°36: Tramo de la red de distribución .....	85
Figura N°37: Pantallazo del software para el cálculo del modelado .....	86
Figura N°38: Sistema de agua potable del centro poblado de Ccaccamarca.....	91
Figura N°39: Línea de conducción del centro poblado de Ccaccamarca .....	92
Figura N°40: Perfil de la línea de conducción del centro poblado de Ccaccamarca .....	92
Figura N°41: Curvas de nivel en red de distribución.....	93
Figura N°42: línea de conducción .....	93
Figura N°43: Tramo de la línea de conducción .....	94
Figura N°44: Último tramo de la línea de conducción .....	95
Figura N°45: Tramo de la red de distribución .....	95
Figura N°46: Tramo de la red de distribución donde se ubica la caja rompe presión tipo VII.....	96
Figura N°47: Pantalla de software para el cálculo del modelado.....	96
Figura N°48: Topografía del centro poblado de Ccaccamarca.....	118
Figura N°49: Carta de autorización de la municipalidad.....	119

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Periodos de diseño de infraestructura sanitaria.....	13
Tabla N°2: Dotación de agua según opción tecnológica y región (l/hab.d) .....	14
Tabla N°3: Dotación de agua según opción tecnológica y región (l/hab.d) .....	15
Tabla N°3: Estadística de la población de Ccaccamarca .....	54
Tabla N°4: Análisis de la demanda.....	55
Tabla N°5: Aforo de ojo de agua “Hatunrumi” .....	62
Tabla N°6: Resultados del caudal de oferta (aforo) y demanda (Qmd).....	62
Tabla N°7: Ficha técnica PAVCO tuberías agua fría para clase 10 .....	81
Tabla N°8: Ficha técnica PAVCO tuberías agua fría para clase 10 .....	81
Tabla N°9: Caudales unitarios .....	82
Tabla N°10: Tabla de resultados para cada nodo .....	86
Tabla N°11: Tabla de resultados para cada tubería .....	88
Tabla N°12: Tabla de resultados para CRP tipo VII .....	89
Tabla N°13: Caudales unitarios .....	89
Tabla N°13: Demanda para el software .....	90
Tabla N°14: Tabla de resultados para cada nodo .....	97
Tabla N°15: Tabla de resultados para cada tubería .....	98
Tabla N°16: Tabla para cámara rompe presión tipo VII para red de distribución.....	99
Tabla N°24: Comparación de resultados para velocidad en línea de conducción .....	102
Tabla N°25: Comparación de resultados para velocidad para red de distribución .....	103
Tabla N°26: Comparación de resultados para presiones en nodos .....	104
Tabla N° 27: Cronograma de actividades .....	114
Tabla N° 29: Matriz de Operacionalización de variables. ....	116
Tabla N° 30: Matriz de consistencia.....	117

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal realizar la ampliación del sistema de abastecimiento de agua para el desarrollo sostenible del centro poblado de Ccaccamarca - distrito de Ocros – Ayacucho. La metodología empleada fue de tipo aplicada con un nivel descriptivo – explicativo, la presente investigación fue no experimental con diseño transversal. Es por ello que se caracterizó la topografía y así se ubicó la fuente de abastecimiento, Luego se determinó el caudal de diseño del centro poblado y finalmente se propuso un diseño de ampliación con los componentes hidráulicos del sistema de abastecimiento de agua potable donde se utilizó los softwares WATERGEMS, AUTOCAD , CIVIL 3D 2019 y hojas de cálculo contrastando con las normas técnicas peruanas OS.010 (2006) Y OS.050 (2006).

Los principales resultados fueron que el estudio topográfico es accidentado e irregular, la captación se ubicó en el ojo del agua del centro poblado de Ccaccamarca a una cota de 3210 m.s.n.m., la línea de conducción tiene una pendiente entre 60% a 70%. El reservorio se ubicó estratégicamente a una cota de 3140 m.s.n.m. La red de distribución oscila entre las cotas 3105 m.s.n.m. hasta los 3020 m.s.n.m. El caudal de diseño fue de 1.85 l/s. En efecto la línea de conducción, red de distribución y tramos secundarios, el diámetro fue de 57 mm (2”), 29.4 mm (1”) y 22.90 mm (3/4”), para una longitud de 749.18 metros (L.C) y 3832.89 metros (R.D) respectivamente. Las presiones del sistema fluctuaron entre 5 a 50 m.c.a. y respecto a las velocidades están parcialmente dentro de un rango de 0.60 a 1.49 m/s, Se colocó 1 cámara rompe presión de tipo VII para la red de distribución, las mismas cumplen con lo establecido en la norma OS.010, Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para sistemas de saneamiento en el Ámbito Rural. Se concluye que el sistema mejora la eficiencia hidráulica en comparación al sistema existente.

Palabras clave: modelo de periodo extendido, cámara rompe presión, hidráulica aplicada, red hidráulica, WATERGEMS.

## **ABSTRACT**

The main objective of this research was to carry out the expansion of the water supply system for the sustainable development of the town center of Ccaccamarca - district of Ocos - Ayacucho. The methodology used was of an applied type with a descriptive - explanatory level, the present investigation was non-experimental with a transversal design. That is why the topography was characterized and thus the supply source was located, then the design flow of the populated center was determined and finally an expansion design was proposed with the hydraulic components of the drinking water supply system where the WATERGEMS, AUTOCAD, CIVIL 3D 2019 software and spreadsheets contrasting with the Peruvian technical standards OS.010 (2006) and OS.050 (2006).

The main results were that the topographic study is rugged and irregular, the catchment was located in the eye of the water of the town center of ccaccamarca at an elevation of 3210 meters above sea level, the conduction line has a slope between 60% to 70%. The reservoir was strategically located at an elevation of 3,140 meters above sea level. The distribution network ranges between 3105 m.a.s.l. up to 3020 m.a.s.l. The design flow was 1.85 l/s. In effect, the conduction line, distribution network and secondary sections, the diameter was 57 mm (2"), 29.4 mm (1") and 22.90 mm (3/4"), for a length of 749.18 meters (L.C). and 3832.89 meters (R.D) respectively. In this regard, the pressures and velocities of the system fluctuated between 5 to 50 m.c.a. and 0.60 to 1.49 m/s, 1 type VII pressure break chamber was placed for the distribution network, they comply with the provisions of standard OS.010, Technical Design Standard: Technological Options for sanitation systems in the Rural. It is concluded that the system improves hydraulic efficiency compared to the existing system.

Keywords: extended period model, pressure break chamber, applied hydraulics, hydraulic network, WATERGEMS.

## INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) levantó la información del diagnóstico de saneamiento rural en 1 859 localidades rurales de Ayacucho que cuentan con sistema de agua potable para consumo humano. Respecto al diagnóstico el estado físico y operativo de las infraestructuras; arrojó, que el 32,0% de los centros poblados con sistemas se encuentran funcionando y en buen estado, el 52,8% funcionan con algunas limitaciones y el 15,2% se encuentran colapsadas. Donde el centro poblado de ccaccamarca se encuentra con algunas limitaciones debido a que la población se ha incrementado. El principal objetivo de la presente investigación busca realizar una ampliación del sistema de abastecimiento de agua potable para el desarrollo sostenible, cumpliendo con los estándares permitidos según las normas vigentes. La tesis consta de V capítulos las cuales serán descritas según el desarrollo de la investigación.

En capítulo I aborda la formulación del problema, como también el objetivo general y los objetivos específicos, así mismo las delimitaciones, justificaciones e importancia de la presente investigación.

En el capítulo II se presenta los antecedentes nacionales como también internacionales, posteriormente las bases teóricas que desarrolla la estructura teórica y científica que sustenta la investigación y finalmente la definición de términos básicos.

En el capítulo III se plantea la hipótesis principal y secundarias, posteriormente la definición conceptual y operacionalización de las variables.

En el capítulo IV se presenta el tipo y nivel, diseño, población y muestra del estudio de la investigación, posteriormente las técnicas e instrumentos de recolección de datos y finalmente las técnicas para el procesamiento y análisis de la información.

En el capítulo V se realiza la presentación y análisis de resultados de la investigación, detallando la topografía del centro poblado, la población proyectada, dotación y caudales con la cual se realizará el diseño, con estos datos se realiza la modelación de dos propuestas para el sistema de agua potable, la cual se escoge la propuesta que brinde mejor eficiencia hidráulica, para posteriormente analizar los resultados obtenidos, y así poder realizar las conclusiones y recomendaciones correspondientes. Por último, se presenta las referencias bibliográficas.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### 1.1. Descripción y formulación del problema general y específico.

#### 1.1.1. Descripción del problema

El agua es un elemento vital para la supervivencia de la humanidad, es el epicentro para el desarrollo sostenible y fundamental para el desarrollo socioeconómico. El agua además forma parte determinante de la habituación al calentamiento global, y es un decisivo parentesco entre la sociedad y el medio ambiente (Organización de las Naciones Unidas, 2014).

Aproximadamente unos 2 200 millones de personas carecen de acceso a servicios de agua potable gestionados de forma segura. Más de la mitad de la población, 4 200 millones de personas, carecen de servicios de saneamiento gestionados de forma segura, 297 000 niños menores de cinco años mueren cada año debido a enfermedades diarreicas causadas por las malas condiciones sanitarias o agua no potable (Organización Mundial de la Salud/Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia 2019).

La Organización de las Naciones Unidas lleva mucho tiempo enfrentando una crisis mundial de escaso suministro de agua y la demanda global no es suficiente para satisfacer las necesidades de las personas, el comercio y la agricultura. Es por ello que, en julio del 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció el derecho de todos los seres humanos a tener acceso a una suficiente cantidad de agua para el uso personal y doméstico (ONU, 2014).

El agua contaminada y la falta de saneamiento básico han dificultado la erradicación de la pobreza extrema y las enfermedades en los países más pobres. Perú se encuentra dentro de los 20 países más ricos en agua, sin embargo, según Instituto Nacional de Estadística e Informática (2020), sostiene que el 90,8% de la población accedió a agua mediante red pública (dentro de la vivienda, fuera de la vivienda, pero dentro del edificio y pilón de uso público). Al formularse la pregunta sobre la potabilidad del agua el 68,2% (22 millones 180 mil personas), informó que el agua que consume es

potable, mientras que el 22,6% informó consumir agua no potable, el cual representa 7 millones 355 mil personas.

Según el Plan regional de saneamiento de Ayacucho 2018-2021. A nivel Urbano la prestación de los servicios de abastecimiento en las ciudades de Huamanga y Huanta, es responsabilidad de la empresa de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Ayacucho S.A – SEDA Ayacucho, que atiende al 62% de la población de la región. SEDA Ayacucho tiene registrado 59 240 conexiones domiciliarias (50257 en Huamanga y 8 983 en Huanta), de las cuales 55 320 se encuentran activas. Asimismo, alrededor de 113 municipalidades menores, administran los servicios de saneamiento, albergando cerca del 38 % de la población total. A nivel, la Dirección Regional de Vivienda, Construcción y Saneamiento (DRVCS) en coordinación con el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) levantó la información del diagnóstico de saneamiento rural en 1 859 localidades rurales que cuentan con sistema de agua para consumo humano, concluyéndose que: el 5 % de los sistemas por gravedad con planta de tratamiento, el 89% por gravedad sin planta de tratamiento y 5% otros (sistemas no convencionales, no cuentan con todos los componentes exigidos por las normas emitidas por el MVCS). Respecto al estado físico y operativo de la infraestructura; el diagnóstico arrojó, que el 32,0% de los centros poblados con sistemas se encuentran funcionando y en buen estado, el 52,8% funcionan con algunas limitaciones y el 15,2% se encuentran colapsadas.

En el caso del Centro Poblado de Ccaccamarca, La creciente densificación y expansión de las comunidades, han provocado que la infraestructura de saneamiento de agua potable existente no se abastezca, han constituido zonas críticas a lo largo de la Comunidad, produciendo incremento en las atenciones de casos de enfermedades gástricas y epidérmicas atentando con la salud pública. Las redes del Sistema de agua son mayores a 20 años de antigüedad aproximadamente, el crecimiento poblacional acelerado y cambios de costumbres en la población, han ocasionado el déficit del servicio de agua potable y letrinas.

En las zonas de la ciudad donde se ha establecido la población inmigrante, la densidad poblacional se ha incrementado considerablemente, lo que ha ocasionado las demandas en la red de distribución y evacuación que en los momentos de máxima demanda colapsan el servicio debido a que existe redes de agua potable deteriorados, esto género que existan filtraciones a lo largo de la línea que viene de la captación existente que también está deteriorado, lo cual ocasiona la reducción del caudal de ingreso al reservorio y por ende origina cortes de servicio en varias viviendas.

Frente a la coyuntura se asume que, al realizar un proyecto de ampliación se garantizará la demanda presente y futura, y como consecuencia se tendrá un servicio más eficiente.

## 1.2. Objetivos general y específico

### 1.2.1. Objetivo General.

Realizar la ampliación del sistema de abastecimiento de agua para el desarrollo sostenible del centro poblado de Ccaccamarca- distrito de Ocros- Ayacucho.

### 1.2.2. Objetivo específico.

Caracterizar la topografía del centro poblado de Ccaccamarca.

Determinar el caudal de diseño para el sistema de abastecimiento de agua del centro poblado de Ccaccamarca.

Proponer un diseño de ampliación, con los componentes hidráulicos del sistema de abastecimiento de agua potable.

## 1.3. Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática

### 1.3.1. Delimitación Temporal:

La investigación se realizará durante un periodo de 6 meses, puesto que se cuentan con todos los datos necesarios para desarrollar el proyecto. (Ver cronograma de actividades, Anexo 1)

### 1.3.2. Delimitación Espacial:

Como se muestra en la Figura N°1 El Centro Poblado de Ccaccamarca, se encuentra ubicado en la jurisdicción del distrito de Ocos provincia de Huamanga, cuya ubicación geográfica tiene las siguientes características:

Departamento/Región: Ayacucho

Provincia: Huamanga

Distrito: Ocos

La investigación se encuentra localizado en el distrito de Ocos limitada por:

- Por el Norte: Límite con cerro Tintaypampa.
- Por el Sur: Limita con el distrito de Concepción.
- Por el Este: Limita con el centro poblado de Chumbes
- Por el Oeste: Limita con la comunidad de Sachabamba.

Y tiene las siguientes coordenadas geográficas, por el este con 612980.949m, por el norte con 8512800.95 m y una Altura de 3037 m.s.n.m.

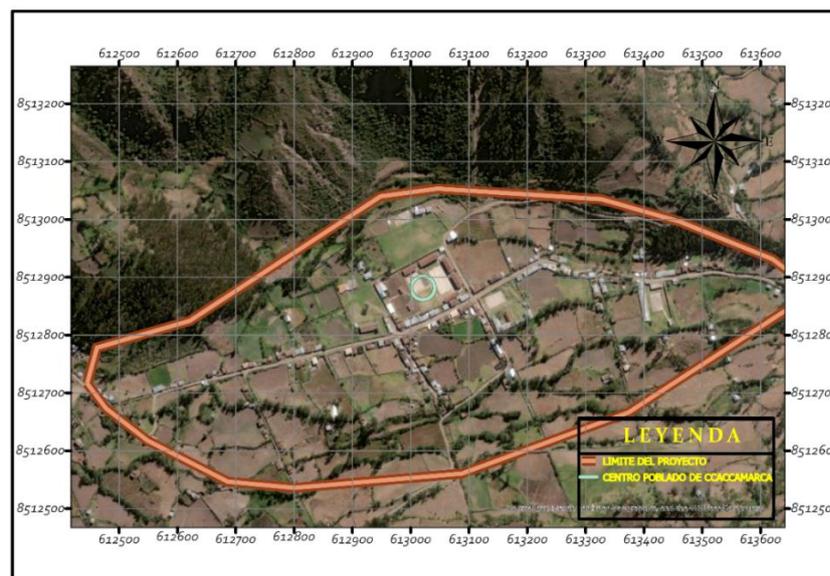


Figura N° 1: Ubicación del centro poblado Ccaccamarca  
Fuente: Tomada en ArcGIS Pro.

### 1.3.3. Delimitación Temática

Ampliación del sistema de abastecimiento de agua para el desarrollo sostenible del centro poblado de Ccaccamarca- distrito de Ocros-Ayacucho, esta investigación será de la especialidad de hidráulica.

## 1.4. Justificación e importancia

### 1.4.1. Justificación

#### Justificación práctica

La investigación contempla la ampliación del servicio de agua potable en el centro poblado de Ccaccamarca-distrito de Ocros-Ayacucho en donde mediante el resultado de esta investigación se va a poder cubrir la demanda presente y futura, la cual mejorará la red hidráulica ya que se cambiará las tuberías existentes con tuberías nuevas de PVC de clase 10 la cual soportará presiones hasta los 70 m.c.a. según la Norma y como resultado se tendrá una red optimizado. Para el cual se brindará una serie de planos de los distintos elementos como lo son la cámara de captación de ladera, reservorio, líneas de conducción, aducción y distribución, que componen el sistema de ampliación del servicio de agua potable. Por ello, se realizará el modelamiento del sistema propuesto en el programa WaterGEMS. Se señalará los puntos en donde se encontrará ubicada la cámara de captación, el reservorio líneas de conducción, aducción y distribución, que componen el sistema de ampliación del servicio de agua potable.

#### Justificación social

El sistema de abastecimiento de agua potable en la Comunidad del Centro Poblado de Ccaccamarca, del distrito de Ocros; actualmente es deficitario; ellos vienen consumiendo agua entubada de mala calidad sin tratamiento y en algunos sectores en las partes altas de la zona no se tiene este servicio por la falta de presión del agua que no llega a las alturas de esta zona. La investigación pretende dar un aporte significativo social al centro poblado de Ccaccamarca-distrito de Ocros-Ayacucho, de las 164 viviendas aproximadamente 150 tienen una conexión domiciliaria, pero la cobertura no les abastece en su totalidad debido que el diseño ha sido en 1992 con una población de aquel año y las redes y conexiones presentan roturas, fuga y

desgaste del agua, lo cual se recomienda un nuevo diseño de ampliación. En esta investigación beneficiará a 160 familias, 3 instituciones educativas, 1 puesto de salud. 4 Iglesias y 1 local comunal del centro poblado, un equivalente a 558 personas que van a mejorar sus condiciones de vida en cuanto a disminución de las enfermedades de origen hídrico, podrán generar mayor limpieza en sus viviendas, aseo personal, etc. Se anulará también el tiempo de desplazamiento de largos tramos ya que no caminarán kilómetros porque llegará el agua potable directamente a su vivienda las 24 horas del día sin interrupciones.

#### 1.4.2. Importancia

La investigación pretende dar un aporte significativo ya que actualmente es el sistema de agua potable es deficitario; ellos vienen consumiendo agua entubada de mala calidad sin tratamiento y en algunos sectores en las partes altas de la zona no se tiene este servicio por la falta de presión del agua que no llega a las alturas de esta zona. Con esta investigación se pretende dar solución a este problema mediante una propuesta de diseño de ampliación del servicio de agua potable con el programa WaterGEMS que permitirá cubrir la demanda presente y futura. Garantizando una mejor calidad de vida y un servicio permanente del consumo de agua. Asimismo, se busca que el agua abastezca continuamente a todos los habitantes del centro poblado.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio de investigación

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Chacón (2021) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil titulada “Análisis del funcionamiento del programa de agua potable rural (APR) ante problemas de abastecimiento y ausencia de saneamiento en la zona sur de Chile: caso del APR Bahía Mansa” Esta investigación tiene como principal objetivo analizar el funcionamiento del sistema de APR Bahía Mansa y proponer medidas de adaptación ante problemas de abastecimiento de agua potable y ausencia de saneamiento. Dentro de las principales implicancias de la escasez en comunidades rurales, se destaca la disminución de la disponibilidad hídrica y el empeoramiento de calidad del agua las fuentes de abastecimiento, siendo el uso de camiones aljibes una alternativa que a lo largo de los años ha generado una precarización de las condiciones de acceso al agua, haciéndola insostenible. Este trabajo concluye en dar respuesta a las principales dificultades planteadas por el comité APR en torno a la disminución de caudales y problemas de calidad del agua en periodo estival. Logra analizar el funcionamiento del sistema de APR Bahía Mansa levantando información respecto a la administración del comité, la infraestructura actual de producción y distribución de agua potable, cantidad y calidad de agua del río Tranallaguin y estero Sin Nombre, demanda y tipos de usos de agua.

Gómez (2017) en su tesis para optar el título profesional de Magister en Medio Ambiente y Desarrollo titulada “Abastecimiento de Agua Potable en comunidades rurales en el Chocó Biogeográfico Aplicación de Tecnologías no Convencionales” El objetivo principal fue evaluar las tecnologías no convencionales de membranas y disponibilidad de agua de lluvia como método de potabilización en las comunidades rurales del Chocó. En el presente trabajo, se evalúa la idoneidad de las tecnologías no convencionales de agua para comunidades rurales, empleando como fuente de abastecimiento el agua lluvia, evaluando la confiabilidad de suministro de agua a partir de esta fuente, las tecnologías evaluadas hacen referente a

las membranas de ultrafiltración y ósmosis inversa a baja presión. Las ventajas de estas tecnologías en comparación con el tratamiento convencional del agua son que, en principio, eliminan las bacterias, los protozoos y los virus del agua sin el uso frecuente de productos químicos. Los casos de estudio que se evalúan son en comunidades rurales del Departamento del Chocó; el cual es uno de los departamentos con mayor pobreza extrema y tasa de mortalidad infantil en Colombia. Se concluye que existen muchos sistemas que cumplen con varios criterios, pero no todos los criterios al mismo tiempo. Los sistemas de membranas descentralizados especialmente la ósmosis inversa y ultrafiltración, demostraron en el análisis de alternativas ser una posible solución eficaz.

Escolero, Kralisch S., Martínez S., Perevochtchikova M. (2016) en su artículo de investigación titulada “Diagnóstico y análisis de los factores que influyen en la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable a la Ciudad de México, México” El objetivo principal de esta investigación se enfoca en realizar un diagnóstico de las fuentes de abastecimiento de agua potable que abastecen a la mega ciudad de México y analizar los factores que inciden en su vulnerabilidad; para ello se analizan tanto factores que están directamente relacionados con la infraestructura hidráulica, los aspectos jurídico-administrativos y sociales, como otros que son de relevante importancia para la sostenibilidad de las fuentes. La metodología de la investigación se llevó a cabo mediante un taller de expertos con el fin de conocer y evaluar los factores que inciden en la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento a la CDMX desde la perspectiva práctica-operativa. Se determinó que los factores que más influyen son los relacionados con la disponibilidad presente y futura del agua, los conflictos sociales y políticos, los hundimientos del terreno por extracción intensiva de agua subterránea, la transferencia intersectorial del agua, y el deterioro ambiental de las áreas de captación de agua superficial y de recarga de los acuíferos. Se concluye que la alta vulnerabilidad por la degradación ambiental que presentan las fuentes de abastecimiento de origen superficial obliga a reevaluar los proyectos de importación de agua y que la protección de las partes altas de las cuencas debe ser considerada

como uno de los temas prioritarios para la protección ambiental y civil, el cuidado de las zonas de recarga y la conservación del clima local.

#### 2.1.2. Antecedentes nacionales

Calero (2019) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil titulada “Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en el distrito de Santa Rosa de Alto Yanajanca, provincia de Marañón, departamento de Huánuco – Perú, 2019”. Universidad Nacional de Piura, Piura. El objetivo principal fue diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable para el distrito de Santa Rosa de Alto Yanajanca, Provincia de Marañón, departamento de Huánuco – Perú. Esta tesis trabajo con una metodología aplicada con un nivel analítico y descriptivo. En esta tesis de investigación se diseñó una captación para aducir un caudal máximo diario de 3.24 l/s, el cual es inferior al caudal de la fuente 5.84 l/s. El tipo de Captación es de Ladera, línea de conducción propuesta con tubería PVC, reservorio apoyado de concreto armado, línea de aducción y red de distribución. El autor llega a la conclusión de que el tipo de diseño que fue propuesta es eficiente para dotar agua a la población de Santa Rosa de Alto Yanajanca, siendo este sistema de abastecimiento de agua por gravedad. En tanto la morfología del terreno satisface desniveles descendentes con respecto a la red de distribución, para la correcta fluidez del agua a dotar. Finalmente llegamos a la conclusión que el diseño es importante para que la dotación de agua sea eficiente para la población.

Barboza y Rivera (2019) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil titulada “Mejoramiento, ampliación del servicio de agua potable y creación del servicio de saneamiento básico de los Caseríos Alto Milagro y Alto San José, distrito de San Ignacio, provincia de San Ignacio – Cajamarca. – 2017”. Universidad Señor de Sipán, Chiclayo. El objetivo principal fue diseñar el sistema de agua potable y saneamiento básico a los caseríos Alto Milagro y Alto San José, distrito de San Ignacio – Cajamarca. Esta tesis trabajo con un tipo de investigación cuantitativa y con un diseño casi experimental. El principal resultado fue que la línea de conducción de agua se definió a través de una red de tuberías, y se proyectó una Planta De Tratamiento de Agua Potable, de acuerdo al Análisis Físico y Bacteriológico

del Agua que presenta alto porcentaje de bacterias y no se puede tratar solo con la cloración si no con un Filtro Lento; de modo tal, que el sistema pueda abastecer de agua potable a todas las viviendas contabilizadas. El autor llego a la conclusión de que el balance demanda oferta determina que la fuente es capaz de abastecer el volumen demandado de agua a lo largo del proyecto ( $Q_m > Q_d$ ). Finalmente llegamos a la conclusión que para presentar una propuesta viable debemos de realizar estudio Físico – Químico y Bacteriológico de agua para ver si cumple con los estándares de calidad ambiental.

Silva (2019) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil titulada “Abastecimiento de agua y saneamiento en la comunidad nativa Palma Real del distrito de Tambopata - Tambopata – región de Madre de Dios, 2019.” Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho-Perú. El objetivo principal de esta tesis fue determinar la relación entre el abastecimiento de agua y saneamiento en la comunidad nativa Palma Real del distrito de Tambopata - Provincia de Tambopata - Departamento Madre de Dios, 2019. El diseño de esta tesis fue no experimental con un nivel correlacional de tipo cualitativo, En esta tesis de investigación se diseñó una línea de impulsión y las redes de distribución del agua para cada una de las viviendas que están ubicadas en el sector hasta los lugares más alejados. El autor llega a la conclusión de que las redes de distribución del abastecimiento de agua se relacionan con el saneamiento en la población de Palma Real de Tambopata en la región Madre de Dios, 2019. Finalmente podemos concluir que le suministro del agua se relaciona con su purificación de la población.

## 2.2. Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio

### 2.2.1. Importancia de los sistemas de abastecimiento de agua potable

Según el Instituto nacional de estadística e informática (2020) afirma:

El agua es una necesidad fundamental de la humanidad. Según Naciones Unidas cada persona en la tierra requiere al menos 20 a 50 litros de agua potable limpia y segura al día para beber, cocinar y simplemente mantenerse limpios. A su vez, la Organización Mundial de la Salud (OMS) considera

que los sistemas de distribución deben lograr que el agua apta para consumo humano esté disponible para que las personas no tengan que desplazarse más de un kilómetro desde el sitio donde utilizarán el agua. (p.05)

Según Cabezas (2018) en su investigación con el artículo Enfermedades infecciosas relacionadas con el agua en el Perú. Afirma:

El crecimiento de la población mundial ha incrementado la demanda de agua, por otro lado, el cambio climático nos muestra que las fuentes de agua que antes eran seguras actualmente ya no lo son. Existen desigualdades entre las zonas urbanas y rurales, así el 96% de la población mundial urbana utiliza fuentes de agua potable frente al 84% de la población rural, mientras que el 82% de la población urbana frente al 51% de la población rural utiliza instalaciones de saneamiento. En el Perú el 80,4% de viviendas se provee de agua por red pública. En el área urbana, este servicio cubre 83,2%; mientras que en el área rural el 71,3% de las viviendas cuenta con servicio higiénico conectado a red pública. Todo lo anterior condiciona la presencia de enfermedades infecciosas relacionadas con el agua como las diarreas, malaria, dengue, leptospirosis, hepatitis virales A y E. En el mundo las diarreas son la tercera causa de muerte entre menores de cinco años y más de 340 000 niños menores de cinco años mueren por enfermedades diarreicas. Una de las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) es la relacionada al acceso universal al agua potable, saneamiento e higiene, lo que no puede lograrse sin prestar la debida atención a las desigualdades en el acceso observadas entre diferentes grupos, evitando las consecuencias de estas deficiencias tanto en nuestro país como en el mundo.

Según el boletín Formas de acceso al agua y saneamiento básico, Lima, marzo (2018) afirma:

A enero del 2018, el Servicio de Agua Potable y Saneamiento Básico en el Perú En el año móvil noviembre 2017-octubre 2018, el 90,2% (28 millones 898 mil 294) de la población del país accede a agua para consumo humano proveniente de red pública, (dentro de la vivienda, fuera de la vivienda, pero dentro del edificio o pilón de uso público). En comparación a similar año móvil del 2017, el indicador se mantiene igual. Según área de residencia, el

95,0% de la población del área urbana accede a este servicio, en tanto en el área rural el 73,4%. En el año móvil de análisis, el 90,2% de las personas tiene acceso a agua por red pública, de los cuales el 84,8% tiene acceso a agua por red pública dentro de la vivienda, el 4,0% tiene acceso fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación y el 1,5% tiene acceso por pilón de uso público. Según área de residencia, en el año móvil de referencia, el 95,0% de la población del área urbana tiene este servicio: el 88,8% lo tiene dentro de la vivienda, el 4,9% fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación y el 1,3% por pilón de uso público. En el área rural, el 73,4% de la población tiene acceso a agua por red pública: el 70,4% dentro de la vivienda, el 0,9% fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación y el 2,1% por pilón de uso público.

#### 2.2.2. Demanda proyectada de agua

Según la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018) afirma para la proyección del agua se utiliza 4 criterios de diseño las cuales son:

##### a. Período de diseño

El período de diseño se determina considerando los siguientes factores:

- Vida útil de las estructuras y equipos.
- Vulnerabilidad de la infraestructura sanitaria
- Crecimiento poblacional.
- Economía de escala

Como año cero del proyecto se considera la fecha de inicio de la recolección de

Información e inicio del proyecto, los períodos de diseño máximos para los sistemas de saneamiento deben ser los siguientes:

Tabla N°1:  
Periodos de diseño de infraestructura sanitaria

ESTRUCTURA	PERIODO DE DISEÑO
Fuente de abastecimiento	20 años
Obra de captación	20 años
Pozos	20 años
Planta de tratamiento de agua para consumo humano (PTAP)	20 años
Reservorio	20 años
Líneas de conducción, aducción, impulsión y distribución	20 años
Estación de bombeo	20 años
Equipos de bombeo	10 años
Unidad Básica de Saneamiento (arrastre hidráulico, compostera y para zona inundable)	10 años
Unidad Básica de Saneamiento (hoyo seco ventilado)	5 años

Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018).

b. Población de diseño

Para estimar la población futura o de diseño, se debe aplicar el método aritmético, según la siguiente fórmula:

$$P_d = P_i \times \left(1 + \frac{r \times t}{100}\right)$$

Dónde:

Pi: Población inicial (habitantes)

Pd: Población futura o de diseño (habitantes)

r: Tasa de crecimiento anual (%)

t: Período de diseño (años)

Es importante indicar:

- La tasa de crecimiento anual debe corresponder a los períodos intercensales, de la localidad específica.
- En caso de no existir, se debe adoptar la tasa de otra población con características similares, o en su defecto, la tasa de crecimiento distrital rural.
- En caso, la tasa de crecimiento anual presente un valor negativo, se debe adoptar una población de diseño, similar a la actual ( $r = 0$ ), caso contrario, se debe solicitar opinión al INEI.

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

#### c. Dotación

La dotación es la cantidad de agua que satisface las necesidades diarias de consumo de cada integrante de una vivienda, su selección depende del tipo de opción tecnológica para la disposición sanitaria de excretas sea seleccionada y aprobada bajo los criterios establecidos, las dotaciones de agua según la opción tecnológica para la disposición sanitaria de excretas y la región en la cual se implemente son:

Tabla N° 2:  
Dotación de agua según opción tecnológica y región (l/hab.d)

Región	dotación según tipo de opción tecnológica (l/hab.d)	
	Sin arrastre hidráulico (compostera y hoyo seco ventilado)	Con arrastre hidráulico (tanque séptico mejorado)
Costa	60	90
Sierra	50	80
Selva	70	100

Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018)

Para el caso de piletas públicas se asume 30 l/hab.d. Para las instituciones educativas en zona rural debe emplearse la siguiente dotación:

Tabla N° 3:  
Dotación de agua según opción tecnológica y región (l/hab.d)

DESCRIPCION	DOTACION (l/alumno.d)
Educación primaria e inferior (sin residencia)	20
Educación secundaria y superior (sin residencia)	25
Educación en general (con residencia)	50

Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018)

d. Variaciones de consumo

d.1. Consumo máximo diario ( $Q_{md}$ )

Se debe considerar un valor de 1,3 del consumo promedio diario anual,  $Q_p$

de este modo:

$$Q_p = \frac{Dot \times P_d}{86400}$$

$$Q_{md} = 1.3 \times Q_p$$

Donde:

$Q_p$ : Caudal promedio diario anual en l/s

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

Dot: Dotación en l/hab. d

$P_d$ : Población de diseño en habitantes (hab)

d.2. Consumo máximo horario ( $Q_{mh}$ )

Se debe considerar un valor de 2,0 del consumo promedio diario anual,  $Q_p$

de este modo:

$$Q_p = \frac{Dot \times P_d}{86400}$$

$$Q_{md} = 2 \times Q_p$$

Dónde:

$Q_p$ : Caudal promedio diario anual en l/s

$Q_{mh}$ : Caudal máximo horario en l/s

$Dot$ : Dotación en l/hab. d

$P_d$ : Población de diseño en habitantes (hab).

### 2.2.3. Cámara de captación

Según Agüero (2004), cuando la fuente de agua es un manantial de ladera y concentrado, la captación constara de tres partes: la primera, corresponde a la protección del afloramiento; la segunda, a una cámara húmeda que sirve para regular el gasto a utilizarse; y la tercera, a una cámara seca que sirve para proteger la válvula de control. El compartimiento de protección de la fuente consta de una losa de concreto que cubre toda la extensión o área adyacente al afloramiento de modo que no exista contacto con el ambiente exterior, quedando así sellado para evitar la contaminación. Junto a la pared de la cámara existe una cantidad de material granular clasificado, que tiene por finalidad evitar el socavamiento del área adyacente a la cámara y de aquietamiento de algún material en suspensión. La cámara húmeda tiene un accesorio (canastilla) de salida y un cono de rebose que sirve para eliminar el exceso de producción de la fuente. (Pag.37).

Según la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018) afirma que para el diseño de la cámara de captación de un manantial de ladera se tiene los siguientes criterios de diseño.

#### - Criterios de Diseño

Para el dimensionamiento de la captación es necesario conocer el caudal máximo de la fuente, de modo que el diámetro de los orificios de entrada a la cámara húmeda sea suficiente para captar este caudal o gasto. Conocido el gasto, se puede diseñar la distancia entre el afloramiento y la cámara, el

ancho de la pantalla, el área de orificio y la altura de la cámara húmeda sobre la base de una velocidad de entrada no muy alta (se recomienda  $\leq 0,6$  m/s) y al coeficiente de contracción de los orificios. (Norma Técnica de Diseño: (P. 61)

- Determinación del ancho de la pantalla

Para determinar el ancho de la pantalla es necesario conocer el diámetro y el número de orificios que permitirán fluir el agua desde la zona de afloramiento hacia la cámara húmeda. Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018) (P. 62)

$$Q_{max} = V_2 \times C_d \times A$$

$$A = \frac{Q_{max}}{V_2 \times C_d}$$

Qmax: gasto máximo de la fuente (l/s)

Cd: coeficiente de descarga (valores entre 0.6 a 0.8)

g: aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

H: carga sobre el centro del orificio (valor entre 0.40m a 0.50m)

- Cálculo de la velocidad de paso teórica (m/s):

$$V_{2t} = C_d \times \sqrt{2gH}$$

Velocidad de paso asumida:  $v_2 = 0.60$  m/s (el valor máximo es 0.60m/s, en la entrada a la tubería)

Por otro lado:

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

Dónde:

D: diámetro de la tubería de ingreso (m)

- Cálculo del número de orificios en la pantalla:

$$N_{ORIF} = \frac{\text{Area del diametro teorico}}{\text{Area del diametro asumido}} + 1$$

$$N_{ORIF} = \left(\frac{Dt}{Da}\right)^2 + 1$$

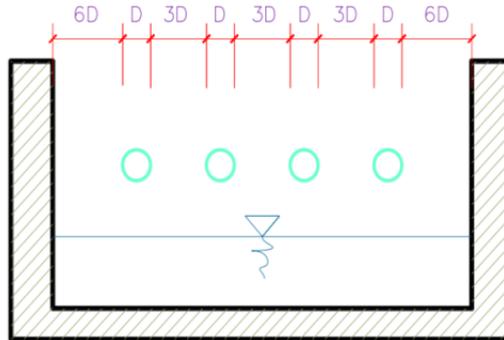


Figura N° 2: Determinación de ancho de pantalla

Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018)

Conocido el número de orificios y el diámetro de la tubería de entrada se calcula el ancho de la pantalla (b), mediante la siguiente ecuación:

$$b = 2 \times (6D) + N_{ORIF} \times D + 3D \times (N_{ORIF} - 1)$$

- Cálculo de la distancia entre el punto de afloramiento y la cámara húmeda

$$H_f = H - h_o$$

Dónde:

H: carga sobre el centro del orificio (m)

h<sub>o</sub>: pérdida de carga en el orificio (m)

H<sub>f</sub>: pérdida de carga afloramiento en la captación (m)

Determinamos la distancia entre el afloramiento y la captación:

$$L = \frac{H_f}{0.30}$$

Dónde:

L: distancia afloramiento – captación (m)

- Cálculo de la altura de la cámara

Para determinar la altura total de la cámara húmeda ( $H_t$ ), se considera los elementos identificados que se muestran en la siguiente figura: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018) (P.63)

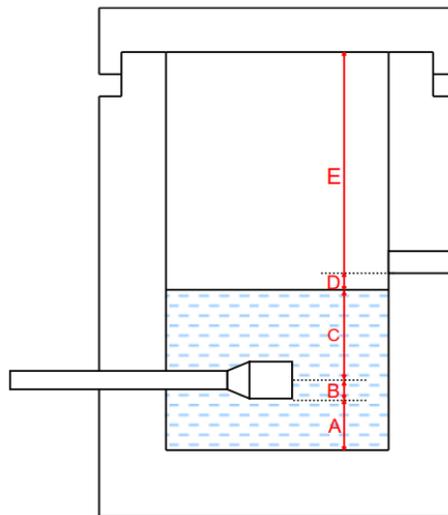


Figura N° 3: Cálculo de la cámara húmeda

Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018)

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

Dónde:

A: altura mínima para permitir la sedimentación de arenas, se considera una altura mínima de 10 cm

B: se considera la mitad del diámetro de la canastilla de salida.

D: desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua de afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda (mínimo de 5 cm).

E: borde libre (se recomienda mínimo 30 cm).

C: altura de agua para que el gasto de salida de la captación pueda fluir por la tubería de conducción (se recomienda una altura mínima de 30 cm).

$$C = 1.56 \frac{V^2}{2g} = 1.56 \frac{Q_{md}^2}{2g \times A^2}$$

Dónde:

$Q_{md}$ : caudal máximo diario ( $m^3/s$ )

A: área de la tubería de salida ( $m^2$ )

- Dimensionamiento de la canastilla

Para el dimensionamiento de la canastilla, se considera que el diámetro de la canastilla debe ser dos veces el diámetro de la tubería de salida a la línea de conducción (DC); que el área total de ranuras ( $A_t$ ) debe ser el doble del área de la tubería de la línea de conducción ( $A_C$ ) y que la longitud de la canastilla ( $L$ ) sea mayor a  $3DC$  y menor de  $6DC$ . Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018) (P.64)

$$H_f = H - h_o$$

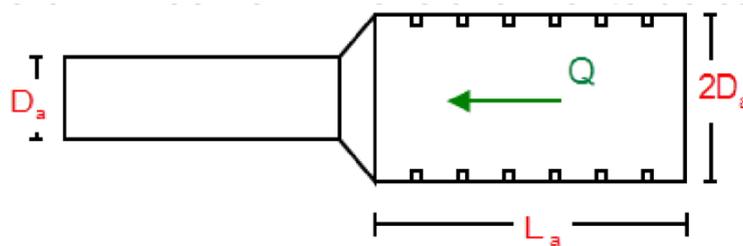


Figura N° 4: Canastilla

Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018)

#### Diámetro de la Canastilla

El diámetro de la canastilla debe ser dos veces el diámetro de la línea de conducción

#### Longitud de la Canastilla

Se recomienda que la longitud de la canastilla sea mayor a  $3D_a$  y menor que  $6D_a$ :

$$3D_a < L_a < 6D_a$$

Debemos determinar el área total de las ranuras ( $A_{TOTAL}$ ):

$$A_{TOTAL} = 2A$$

El valor de  $A_{total}$  debe ser menor que el 50% del área lateral de la granada ( $A_g$ )

$$A_g = 0,5 \times D_g \times L$$

Determinar el número de ranuras:

$$N^{\circ}_{ranuras} = \frac{Area\ total\ de\ ranura}{Area\ de\ ranura}$$

Dimensionamiento de la tubería de rebose y limpia

En la tubería de rebose y de limpia se recomienda pendientes de 1 a 1,5%

Cálculo de la tubería de rebose y limpia tienen el mismo diámetro:

$$D_r = \frac{0.71 \times Q^{0.38}}{h_f^{0.21}}$$

Tubería de rebose

Dónde:

Q<sub>max</sub>: gasto máximo de la fuente (l/s)

h<sub>f</sub>: pérdida de carga unitaria en (m/m) - (valor recomendado: 0.015 m/m)

D<sub>r</sub>: diámetro de la tubería de rebose (pulg)

#### 2.2.4. Cámara rompe presión

Cámara rompe presión para líneas de conducción

Según la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018) Afirma:

“La diferencia de nivel entre la captación y uno o más puntos en la línea de conducción, genera presiones superiores a la presión máxima que puede soportar la tubería a instalar. Es en estos casos, que se sugiere la instalación de cámaras rompe-presión cada 50 m de desnivel. Para ello para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018) (P. 82)., se recomienda:” Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas

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

- La altura de la cámara rompe presión se calcula mediante la suma de tres conceptos: Altura mínima de salida, mínimo 10 cm, Resguardo a borde libre, mínimo 40 cm, Carga de agua requerida, calculada aplicando la ecuación de Bernoulli para que el caudal de salida pueda fluir.
- La tubería de entrada a la cámara estará por encima de nivel del agua.
- La tubería de salida debe incluir una canastilla de salida, que impida la entrada de objetos en la tubería.
- La cámara dispondrá de un aliviadero o rebose.
- El cierre de la cámara rompe presión será estanco y removible, para facilitar las operaciones de mantenimiento.

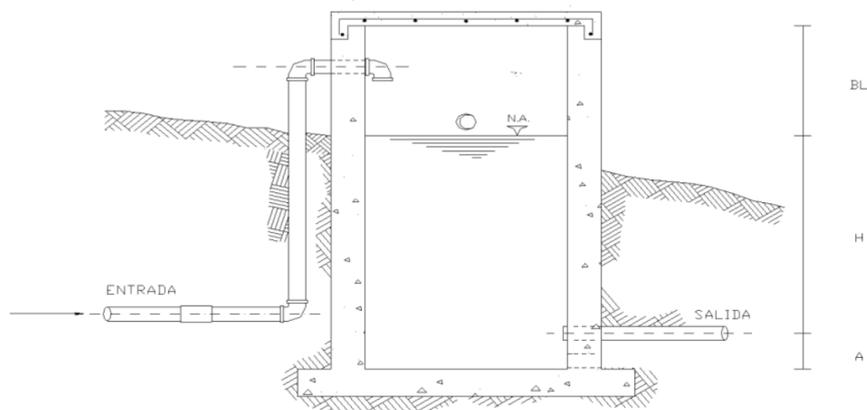


Figura N° 5: Caja Rompe Presión  
Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018)

Cálculo de la Cámara Rompe Presión Del gráfico:

A: altura mínima (0.10 m)

H: altura de carga requerida para que el caudal de salida pueda fluir

BL: borde libre (0.40 m)

Ht: altura total de la Cámara Rompe Presión

$$Ht = A + H + BL$$

Para el cálculo de carga requerida

$$H = 1.56 \times \frac{V^2}{2g}$$

Con menor caudal se necesitan menor dimensión de la cámara rompe presión, por lo tanto, la sección de la base debe dar facilidad del proceso constructivo y por la instalación de accesorios, por lo que se debe considerar una sección interna de 0,60 x 0,60 m. Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018) (P.82)

- Cálculo de la Canastilla

Se recomienda que el diámetro de la canastilla sea 2 veces el diámetro de la tubería de salida.

$$D_c = 2D$$

La longitud de la canastilla (L) debe ser mayor 3D y menor que

$$6D \quad 3D < L < 6D$$

Área de ranuras:

$$A_s = \frac{\pi D s^2}{4}$$

Área de At no debe ser mayor al 50% del área lateral de la granada (Ag)

$$A_g = 0.5 \times D_g \times L$$

El número de ranuras resulta:

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

- Rebose

La tubería de rebose se calcula mediante la ecuación de Hazen y Williams (C= 150)

$$D = 4.63 \times \frac{Q_{md}^{0.38}}{C^{0.38} \times S^{0.21}}$$

Dónde:

D: diámetro (pulg)

Qmd: caudal máximo diario (l/s)

S: pérdida de carga unitaria (m/m)

## Cámara rompe presión para líneas de distribución

Según la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018) Afirma:

- En caso exista un fuerte desnivel entre el reservorio y algunos sectores o puntos de la red de distribución, pueden generarse presiones superiores a la presión máxima que puede soportar la tubería. Es por ello que se sugiere la instalación de cámaras rompe presión (CRP) cada 50 m de desnivel. (P.130).
- Se recomienda una sección interior mínima de 0,60 x 0,60 m, tanto por facilidad constructiva como para permitir el alojamiento de los elementos. (P. 130).
- La altura de la cámara se calculará mediante la suma de tres conceptos: - Altura mínima de salida, mínimo 10 cm. - Resguardo a borde libre, mínimo 40 cm. - Carga de agua requerida, calculada aplicando la ecuación de Bernoulli para que el caudal de salida pueda fluir. (P.130).
- La tubería de entrada a la cámara estará por encima de nivel del agua y debe preverse de un flotador o regulador de nivel de aguas para el cierre automático una vez que se encuentre llena la cámara y para periodos de ausencia de flujo. (P.130).
- La tubería de salida dispondrá de una canastilla de salida, que impida la entrada de objetos en la tubería. (P.130).
- La cámara debe incluir un aliviadero o rebose. (P.130).
- El cierre de la cámara debe ser estanco y removible, para facilitar las operaciones de mantenimiento. (P. 130).
- Cálculo de la altura de la Cámara Rompe Presión ( $H_t$ )

$$H_t = A + H + BL$$

$$H = 1.56 \times \frac{Q_{mh}^2}{2g \times A^2}$$

Dónde:

$g$  : aceleración de la gravedad (9,81 m/s<sup>2</sup> )

A: altura hasta la canastilla (se recomienda como mínimo 10 cm)

BL: borde libre (se recomienda 40 cm)

Qmh: caudal máximo horario (l/s)

$$A_o = \pi \frac{D_c^2}{4}$$

Dónde:

Dc: diámetro de la tubería de salida a la red de distribución (pulg)

Ao: área de la tubería de salida a la red de distribución (m<sup>2</sup>)

- Dimensionamiento de la sección de la base de la cámara rompe presión
- El tiempo de descarga por el orificio; el orificio es el diámetro calculado de la red de distribución que descarga una altura de agua desde el nivel de la tubería de rebose hasta el nivel de la altura del orificio.
- El volumen de almacenamiento máximo de la CRP es calculado multiplicando el valor del área de la base por la altura total de agua (m<sup>3</sup>)
- Cálculo de la altura total de agua almacenado en la CRP hasta la tubería de rebose (Ht)

$$H_t = A + H$$

Dónde:

A: altura de la canastilla (cm)

H: altura de agua para facilitar el paso de todo el caudal a la línea de conducción (cm)

Ht: altura total de agua almacenado en la CRP hasta el nivel de la tubería de rebose (cm)

- Cálculo del tiempo de descarga a la red de distribución, es el tiempo que se demora en descargar la altura H

$$t = \frac{2A_b \times H^{0.5}}{C_d \times A_o \times \sqrt{2g}}$$

Dónde:

H: altura de agua para facilitar el paso de todo el caudal a la línea de conducción (cm)

Cd: coeficiente de distribución o de descarga de orificios circulares (0,8)

Ao: área del orificio de salida (área de la tubería de la línea de conducción)

g: aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )

Ab: área de la sección interna de la base  $m^2$

$$A_b = a \times b$$

Dónde:

a: lado de la sección interna de la base (m)

b: lado de la sección interna de la base (m)

- Cálculo del volumen

$$V_{max} = A_b \times H$$

$$V_{max} = L \times A \times H$$

- Dimensionamiento de la canastilla

Debe considerarse lo siguiente:

$$D_{canastilla} = 2 \times A_c$$

$$A_o = \pi \frac{D_c^2}{4}$$

Dónde:

Dcanastilla: diámetro de la canastilla (pulg)

Dc: diámetro de la tubería de salida a la red de distribución (pulg)

Ldiseño: longitud de diseño de la canastilla (cm), 3Dc y 6Dc (cm)

$$A_t = 2 \times A_c$$

$$A_c = \pi \times \frac{D_c^2}{4}$$

Dónde:

At: área total de las ranuras (m<sup>2</sup>)

Ac: área de la tubería de salida a la línea de distribución (m<sup>2</sup>)

$$A_r = AR \times LR$$

Dónde:

Ar: área de la ranura (mm<sup>2</sup>)

AR: ancho de la ranura (mm)

LR: largo de la ranura (mm)

$$A_g = 0.5\pi \times D_c \times L_{diseño}$$

Dónde:

Ag: área lateral de la canastilla (m<sup>2</sup>)

NR: número de ranuras de la canastilla (und)

- Cálculo del diámetro de tubería del cono de rebose y limpieza

El rebose se instala directamente a la tubería de limpia que realizar la limpieza y evacuación del agua de la cámara húmeda. La tubería de rebose y limpia tienen el mismo diámetro y se calcula mediante la siguiente ecuación: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018) (P. 132).

$$D = 0.71 \times \frac{Q_{mh}^{0.38}}{h_f^{0.21}}$$

Dónde:

D: diámetro del tubo de rebose y limpia (pulg)

$Q_{mh}$ : caudal de la salida de la red de distribución (caudal máximo horario)  
(l/s)

$h_f$ : pérdida de carga unitaria (m/m)

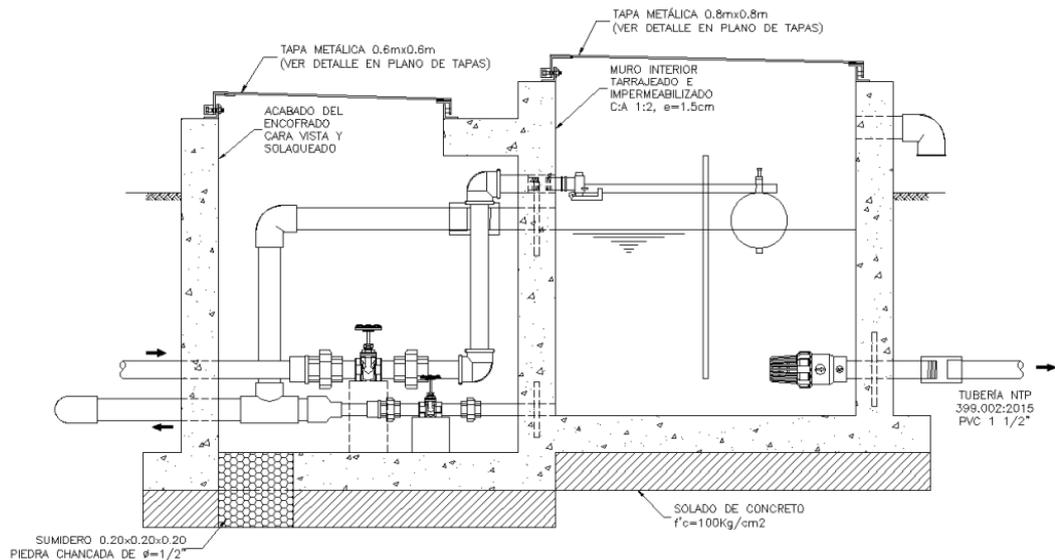


Figura N°6: Línea de conducción

Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018)

### 2.2.5. Línea de conducción

Según SIAPA (2014) Afirma:

La línea de conducción es la parte del sistema que transporta el agua desde el sitio de la captación ya sea por medio de bombeo y/o rebombeo, o a gravedad, hasta un tanque de regulación, Planta potabilizadora o un crucero predeterminado de la red. También se considera como parte de la línea de conducción al conjunto de conductos, estructuras de operación y especiales y cruceros. (p.10)

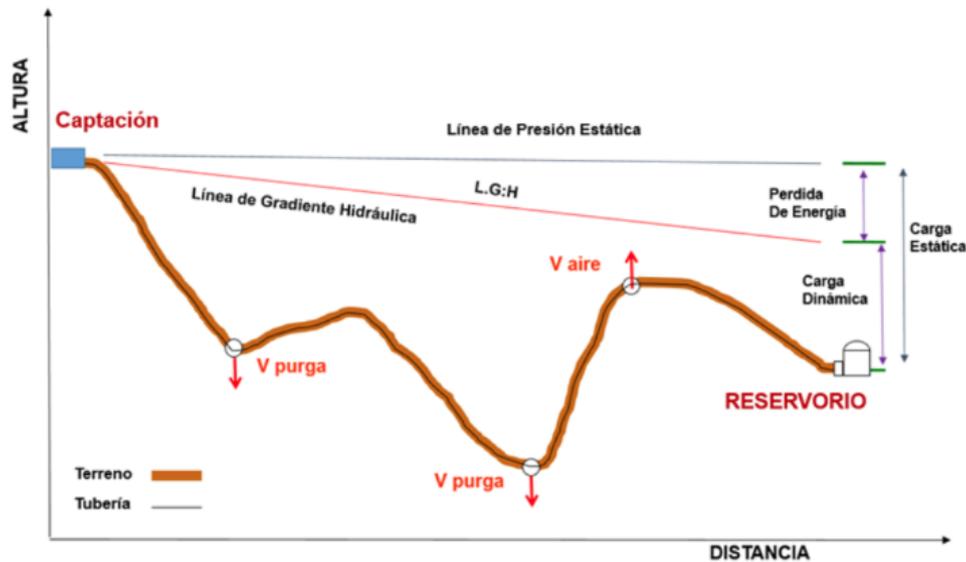


Figura N° 7: Línea de conducción  
Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural (2018).

a) Caudales de diseño

“La Línea de Conducción debe tener la capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo diario (Qmd), si el suministro fuera discontinuo, se debe diseñar para el caudal máximo horario (Qmh).” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, p.76)

b) Velocidades Admisibles

“Para la línea de conducción se debe cumplir lo siguiente: La velocidad mínima no debe ser inferior a 0,60 m/s y La velocidad máxima admisible debe ser de 3 m/s, pudiendo alcanzar los 5 m/s si se justifica razonadamente.” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, p.76)

c) Criterios de diseño

“Para las tuberías que trabajan sin presión o como canal, se aplicará la fórmula de Manning, con los coeficientes de rugosidad en función del material de la tubería.” (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, 2018, p.76).

$$v = \frac{1}{n} * R_h^{2/3} * i^{1/2}$$

Dónde:

V: velocidad del fluido en m/s

n: coeficiente de rugosidad en función del tipo de material

- Hierro fundido dúctil 0,015
- Cloruro de polivinilo (PVC) 0,010
- Polietileno de Alta Densidad (PEAD) 0,010

R<sub>h</sub>: radio hidráulico

i: pendiente en tanto por uno

Calculo de diámetro de la tubería:

Hazen-Williams: Para tuberías con un diámetro mayor a 50mm

$$H_f = 10.674 * [Q^{1.852} / (C^{1.852} * D^{4.86})] * l$$

Dónde:

H<sub>f</sub>: pérdida de carga continua, en m.

Q: Caudal en m<sup>3</sup>/s

D: diámetro interior en m

C: Coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

- Acero sin costura C=120
- Acero soldado en espiral C=100
- Hierro fundido dúctil con revestimiento C=140
- Hierro galvanizado C=100
- Polietileno C=140
- PVC C=150

L: Longitud del tramo, en m.

Fair – Whipple: Para tuberías con un diámetro menor a 50mm.

$$H_f = 676,745 * [Q^{1.751} / D^{4.753}] * L$$

Dónde:

H<sub>f</sub>: pérdida de carga continua, en m.

Q: Caudal en l/min

D: diámetro interior en mm

Calculo de la línea de gradiente hidráulica:

Ecuación de Bernoulli:

$$Z_1 + P_1/\gamma + V_1^2/2 * g = Z_2 + P_2/\gamma + V_2^2/2 * g + H_f$$

Dónde:

Z: cota altimétrica respecto a un nivel de referencia en m

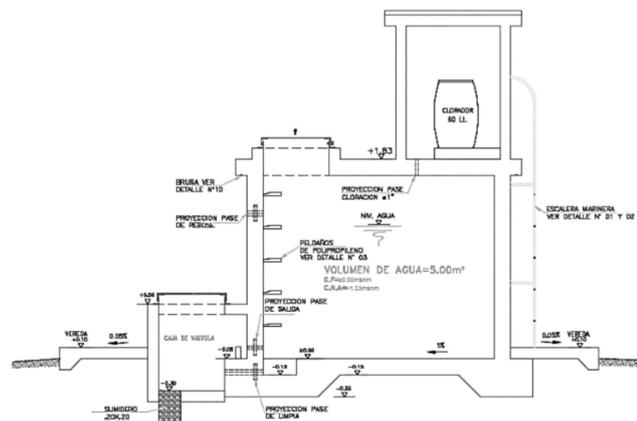
P/γ: Altura de carga de presión (m), P es la presión y γ el peso específico del fluido

V: Velocidad del fluido en m/s

H<sub>f</sub>: Pérdida de carga, incluyendo tanto las pérdidas lineales (o longitudinales) como las locales.

## 2.2.6. Reservorio

Los reservorios deben estar lo más cerca posible de la población y en un nivel topográfico que asegure la presión mínima en el punto más desfavorable del sistema.



*Figura N°8: Reservorio.*

Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural (2018).

Aspectos generales:

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018):

El reservorio se debe diseñar para que funcione exclusivamente como reservorio de cabecera. El reservorio se debe ubicar lo más próximo a la población, en la medida de lo posible, y se debe ubicar en una cota topográfica que garantice la presión mínima en el punto más desfavorable del sistema. (p.115)

Criterios de diseño:

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018):

El volumen de almacenamiento debe ser del 25% de la demanda diaria promedio anual ( $Q_p$ ), siempre que el suministro de agua de la fuente sea continuo. Si el suministro es discontinuo, la capacidad debe ser como mínimo del 30% de  $Q_p$ . (p.115)

Aplicar los siguientes criterios según la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018):

- El reservorio debe de tener una tubería de entrada, tubería de salida, tubería de rebose y también una tubería de limpia, todas estas tuberías deben de ser independientes y estar provistas de los dispositivos de interrupción necesarios.
- El reservorio debe de tener tubería de rebose que debe de estar conectada a la tubería de limpia, para que pueda descargar el exceso de caudal en cualquier momento, debe de tener la capacidad para evacuar el máximo caudal entrante.
- El reservorio debe de tener instalado un bypass, con dispositivo de interrupción, este bypass debe de estar conectado a la tubería de entrada y salida, el bypass no debe de estar conectado por periodos largos, porque el agua que se suministra no está clorada.

- La losa de fondo del reservorio debe de estar ubicado a una cota mayor a la tubería de limpia, y esta losa debe de tener una pendiente del 1% hacia la tubería de limpia.
- Se debe garantizar la absoluta estanqueidad del reservorio.
- El tanque de almacenamiento debe estar programado para ser cerrado. Para entrar al tanque y entrar a la cámara de la válvula debe tener una puerta o cubierta que se pueda cerrar con llave.
- Las tuberías de ventilación del tanque deben reducirse en tamaño para impedir el acceso de humanos y animales y debe protegerse con redes que Interfieran con la introducción de sustancias en el tanque.
- El perímetro del reservorio debe estar protegido con una cerca metálica de altura mínima 2,20m, con puertas con cerradura.

#### 2.2.7. Línea de aducción

La línea de aducción indica que, “transporta el agua desde el reservorio de almacenamiento hasta el inicio de la red de distribución.” (Agüero, 1997, p.8).

Consideración para el trazado de la línea de aducción según la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018):

- Deben evitarse pendientes superiores al 30% para evitar altas velocidades y al 0,50%, para facilitar la implementación y el mantenimiento.
- Con el Trazado se debe buscar el camino más corto, siempre que esto no implique sobre-excavación u otros aspectos. Evitará partes de difícil acceso, así como zona vulnerable.
- En partes de terreno irregular, la pendiente de trazo ascendente, el trazo descendente puede ser más fuerte, refiriéndolos siempre dirección del flujo de agua.
- Evite cruzar terrenos privados o invadidos para evitar problemas durante construcción, operación y mantenimiento del sistema.
- Mantener la distancia de seguridad con los rellenos sanitarios, la costa, llanuras aluviales, altos niveles freáticos, cementerios y otros servicios.

- Usar las zonas que sigan o mantengan una distancia corta de caminos existentes o el terreno permita la creación de caminos para su implementación, operación y mantenimiento.
- Evitar áreas propensas a fenómenos naturales y artificiales.
- Teniendo en cuenta la ubicación de las canteras para los préstamos y las áreas para la disposición del material sobrante, producto del proceso de excavación.
- Establecer puntos de instalación, válvulas y accesorios, o accesorios especiales que requieren cuidado, supervisión y operación.

Diseño de la línea de aducción:

a) Caudal de diseño

“La Línea de Aducción tendrá capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo horario (Qmh).” (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, 2018, p.124).

b) Carga estática y dinámica

“La carga estática máxima aceptable será de 50 m y la carga dinámica mínima será de 1 m. (Qmh).” (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, 2018, p.124).

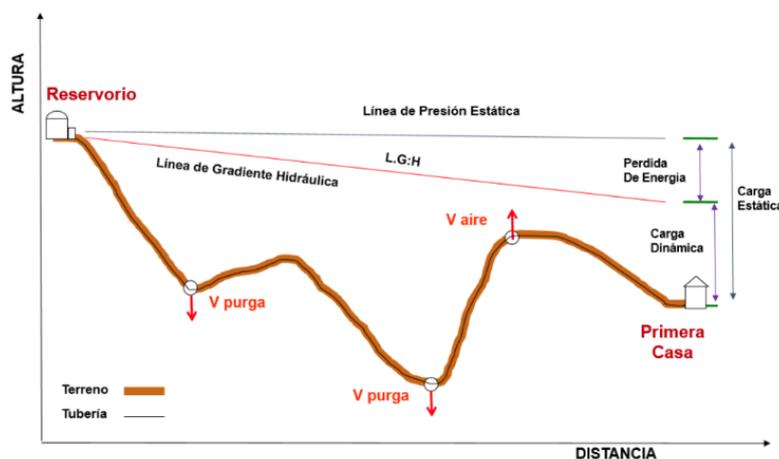


Figura N° 9: Línea gradiente hidráulica de la aducción a presión.

Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural (2018).

c) Diámetros

“El diámetro se diseñará para velocidades mínima de 0,6 m/s y máxima de 3,0 m/s. El diámetro mínimo de la línea de aducción es de 25 mm (1”) para el caso de sistemas rurales.” (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, 2018, p.125).

d) Dimensionamiento

Se tendrán en cuenta las siguientes condiciones para el dimensionamiento de la tubería:

- La línea gradiente hidráulica (L.G.H.)

“La línea gradiente hidráulica estará siempre por encima del terreno. En los puntos críticos se podrá cambiar el diámetro para mejorar la pendiente.” (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, 2018, p.125).

- Pérdida de carga unitaria (hf)

Se consideran:

Ecuaciones de Hazen y Williams: Diámetros > 2”

Ecuaciones de Fair Whipple: Diámetros < 2”

Para calcular el diámetro de la tubería se utilizará las siguientes formulas:

Hazen-Williams: Para calcular tuberías con un diámetro mayor a 50mm

$$H_f = 10.674 * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.86}} * l$$

Dónde:

Hf: pérdida de carga continua (m)

Q: caudal en (m<sup>3</sup>/s)

D: diámetro interior en m (ID)

C: coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

- Acero sin costura C=120

- Acero soldado en espiral C=100

- Hierro fundido dúctil con revestimiento C=140

- Hierro galvanizado C=100
- Polietileno C=140
- PVC C=150

L: longitud del tramo (m)

Fair-Whipple: Para calcular tuberías con un diámetro igual o menor a 50mm.

$$H_f = 676,745 * \frac{Q^{1,751}}{D^{4,753} * L}$$

Dónde:

H<sub>f</sub>: pérdida de carga continua (m)

Q: caudal en (l/min)

D: diámetro interior (mm)

L: longitud (m)

Salvo circunstancias excepcionales que deban justificarse, la velocidad de circulación del caudal de agua especificado para el caudal de diseño debe cumplir las siguientes condiciones:

- La velocidad mínima no será menor de 0,60 m/s.
- La velocidad máxima admisible será de 3 m/s, pudiendo alcanzar los 5 m/s si se justifica razonadamente.

Presión

“En la línea de aducción, la presión representa la cantidad de energía gravitacional contenida en el agua.” (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, 2018, p.126).

Se usará la ecuación de Bernoulli para el cálculo de la línea de gradiente hidráulica (LGH):

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

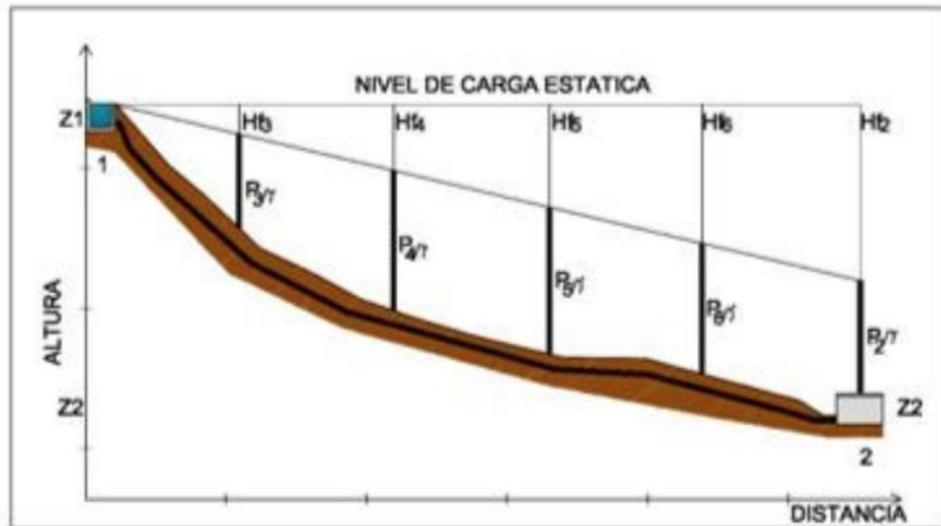


Figura N° 10: Cálculo de la línea de gradiente (LGH)  
Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural (2018).

Dónde:

Z: cota altimétrica respecto a un nivel de referencia en m.

$P/\gamma$ : altura de carga de presión, en m, P es la presión y  $\gamma$  el peso específico del fluido.

V: velocidad del fluido en m/s.

$H_f$ , pérdida de carga de 1 a 2, incluyendo tanto las pérdidas lineales (o longitudinales) como las locales.

Las pérdidas de carga localizada  $\Delta H_i$  en las piezas especiales y en las válvulas, serán calculadas con la siguiente expresión:

$$\Delta H_i = K_i * \frac{V^2}{2g}$$

Dónde:

$\Delta H_i$ : pérdida de carga localizada en las piezas especiales y en las válvulas (m)

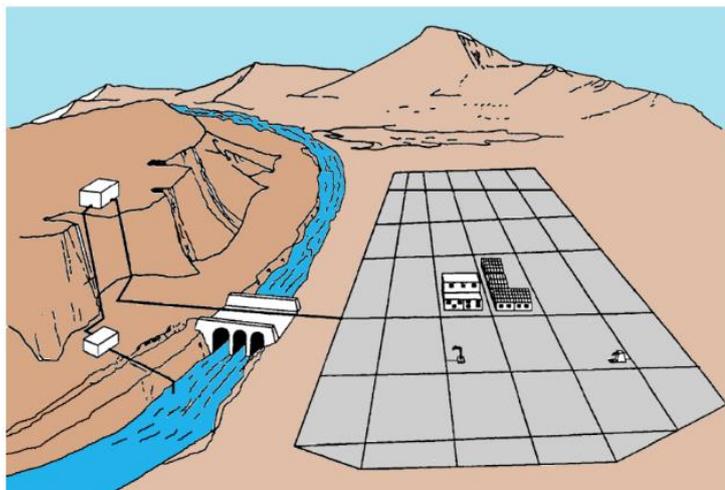
$K_i$ : coeficiente que depende del tipo de pieza especial o válvula (ver Tabla).

V: máxima velocidad de paso del agua a través de la pieza especial o de la válvula (m/s)

g: aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

#### 2.2.8. Red de distribución

“El sistema de distribución consiste en una red de tuberías subterráneas que tiene por objeto entregar el agua hasta la entrada de los predios de los usuarios. Este sistema se forma con dos partes principales: Instalaciones del servicio público e Instalaciones particulares” (SIAPA, 2014, p.36).



*Figura N°11:* Redes de distribución

Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural (2018).

Aspectos Generales:

Según la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018) para la red de distribución se debe cumplir lo siguiente:

- Las redes de distribución se deben diseñar para el caudal máximo horario (Q<sub>mh</sub>).
- Los diámetros mínimos de las tuberías principales para redes cerradas deben ser de 25 mm (1”), y en redes abiertas, se admite un diámetro de 20 mm (3/4”) para ramales.
- En los cruces de tuberías no se debe permitir la instalación de accesorios en forma de cruz y se deben realizar siempre mediante piezas en tee de modo que forme el tramo recto la tubería de mayor diámetro. Los diámetros de los

accesorios en tee, siempre que existan comercialmente, se debe corresponder con los de las tuberías que unen, de forma que no sea necesario intercalar reducciones.

- La red de tuberías de abastecimiento de agua para consumo humano debe ubicarse siempre en una cota superior sobre otras redes que pudieran existir de aguas grises. (p.127)

Velocidades admisibles:

Para la red de distribución se debe cumplir lo siguiente:

“La velocidad mínima no debe ser menor de 0,60 m/s. En ningún caso puede ser inferior a 0,30 m/s y La velocidad máxima admisible debe ser de 3 m/s.” (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, 2018, p.127).

Trazado:

Es preferible poner la ruta de la red en la propiedad pública en cualquier momento Se debe evitar terrenos débiles.

Materiales:

El material de las tuberías que componen la red de distribución debe ser de PVC y compatible Con accesorios preinstalados para conexiones.

Presiones de servicio:

Se debe de cumplir que la presión mínima de un servicio en cualquier punto de la Red de distribución no debe de ser inferior a 5 m.c.a. y la presión estativa no debe de ser superior a 60 m.c.a.

Criterios de diseño:

- Redes malladas: Estas redes consisten en tubos interconectados que forman circuitos cerrados.  
Para determinar los caudales en este tipo de redes (circuitos cerrados) se aplicará el método de la densidad poblacional, se distribuirá el caudal total entre los nudos proyectados (i).

$$Q_i = Q_p * P_i$$

Dónde:

Qi: Caudal en el nudo “i” en l/s.

Qp: Caudal unitario poblacional en l/s.hab.

$$Q_p = \frac{Q_t}{P_t}$$

Dónde:

Qt: Caudal máximo horario en l/s.

Pt: Población total del proyecto en hab.

Pi: Población de área de influencia del nudo “i” en hab.

Se puede utilizar el método de Hardy Cross para el análisis hidráulico de la red de distribución.

- Redes ramificadas: Consiste en tuberías que se ramifican desde una línea principal; aplica para sistemas con menos de 30 conexiones domiciliarias.

En este tipo de redes se determina el caudal por ramal a partir del método de probabilidad.

El caudal por ramal es:

$$Q_{ramal} = K * \sum Q_g$$

Dónde:

Qramal: Caudal de cada ramal en l/s.

K: Coeficiente de simultaneidad, entre 0,2 y 1.

$$K = \frac{1}{\sqrt{(x - 1)}}$$

Dónde:

x: número total de grifos en el área que abastece cada ramal.

Qg: Caudal por grifo (l/s) > 0,10 l/s.

Otros métodos de diseño:

Para redes malladas o para redes ramificadas con más de 30 conexiones:

- Método de las áreas

Según la Organización Panamericana de la salud (2005) consiste en:

Calcular el caudal en cada nudo considerando su área de influencia, este método es recomendable en localidades con densidad poblacional uniforme.

El caudal en el nudo será:

$$Q_i = Q_u * A_i$$

Donde el caudal unitario de superficie se calcula por:

$$Q_u = Q_t / A_t$$

Dónde:

$Q_u$ : Caudal unitario superficial (L/s/Ha)

$Q_i$ : Caudal en el nudo “i” (L/s)

$Q_t$ : Caudal máximo horario del proyecto (L/s)

$A_i$ : Área de influencia del nudo “i” (Ha)

$A_t$ : Superficie total del proyecto (Ha)

- Método de la Longitud Unitaria

Según OPS (2005) afirma:

Por este método se calcula el caudal unitario, dividiendo el caudal máximo horario entre la longitud total de la red.

El caudal por tramo será:

$$Q_i = q * L_i$$

Dónde:

$$q = Q_{mh} / L_t$$

Dónde:

$q$ : Caudal unitario por metro lineal de tubería (L/s/m)

$Q_i$ : Caudal en el tramo “i” (L/s)

$Q_{mh}$ : Caudal máximo horario (L/s)

$L_t$ : Longitud total de tubería del proyecto (m)

$L_i$ : Longitud del tramo “i” (m)

- Método de repartición media

Según OPS (2005) afirma:

Que consiste en la determinación de los caudales en cada tramo del sistema, repartiéndolos en partes iguales a los nudos de sus extremos. Por tanto, el caudal en un nudo, será la suma de los caudales de los tramos medios adyacentes. El caudal de cada tramo puede ser calculado por el método de longitud unitaria.

- Método de Números de familias

Según OPS (2005) afirma:

Que por este método se calcula un caudal unitario, dividiendo el caudal máximo horario entre el número total de familias de la población.

El caudal en el nudo será.

$$Q_n = q_u * N_m$$

Dónde:

$$q_u = Q_{mh}/N_f$$

$q_u$ : Caudal unitario (L/s/fam)

$Q_n$ : Caudal en el nudo “n” (L/s)

$Q_{mh}$ : Caudal máximo horario (L/s)

$N_f$ : Número total de familias

$N_{fn}$ : Número de familias en el área de influencia del nudo “n”

#### 2.2.9. Software para modelamiento hidráulico

WaterGEMS es el software de Bentley que hace posible la simulación y, sobre todo, el diseño de sistemas de distribución de agua estáticos y dinámicos. Además, permite el análisis de la calidad del agua, los costos energéticos y la calibración del modelo. (De la cruz, 2020).

Según Bentley Institute (2012) WaterGEMS sirve para:

- Dimensionar bombas.
- Simular sistemas de distribución en horas pico o por varias horas, días.
- Analizar costos de energía,
- Analizar calidad de agua.
- Dimensionar Tanques Hidroneumáticos.
- Calibrar y detectar fugas.
- Analizar vulnerabilidad del sistema.
- Vaciado unidireccional.
- Demandas dependientes de presión.
- Trabaja en: ArcGIS, Stand Alone, MicroStation, AutoCAD.

### 2.3. Definición de términos básicos

- Sistema de agua potable: Es un sistema que permite que el agua procedente de fuentes naturales, ya sea subterránea, superficial o pluvial, llegue al punto de consumo en la cantidad y calidad requerida.
- Topografía: Es la ciencia que estudia todos los principios y procesos cuyo fin es la representación visual de la Tierra en sus formas y detalles; Tanto naturales como artificiales.
- Calidad de agua: Las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas del agua la hacen apta para el consumo humano sin comprometer la salud, incluyendo su apariencia, sabor y olor.
- Dotación de agua: Es el consumo promedio de agua por habitante e incluye todos los tipos de consumo diario promedio anual, incluidas las pérdidas físicas en el sistema.
- Cámara de captación: Están ubicadas en cabeceras y tienen como objetivo crear las condiciones favorables para desviar el caudal a petición de la población.
- Cámara rompe presión: Son estructuras pequeñas, cuya función principal es disminuir la presión hidrostática a cero o a la atmósfera local, crear un nuevo nivel de agua y crear una zona de presión dentro de los límites operativos de la tubería.
- Red de conducción: Traslada el agua desde la fuente de captación hasta el reservorio.
- Válvula de aire: Son estructuras que evitan la acumulación de aire en los puntos altos lo cual provoca la reducción del área de flujo del agua.
- Válvula de purga: Son estructuras que evitan la acumulación de los sedimentos en los puntos bajos de la línea de conducción con topografía accidentada.
- Válvula de control: Es una válvula que se utiliza para controlar el flujo de un líquido, actúa como un orificio para una sección que cambia continuamente, que modifica la pérdida de carga. Esto permite el control del caudal.
- Reservorio: Son depósitos de almacenamiento, almacenan el exceso de agua cuando el caudal de consumo es inferior al de impulsión y aseguran la diferencia entre ambos cuando el caudal de consumo es superior. Por lo tanto, la capacidad requerida se denominará capacidad especificada o capacidad mínima.
- Línea de Aducción: Traslada el agua desde el almacenamiento (reservorio) hasta el comienzo de la red de distribución.

- Red de distribución: Traslada el agua a los diferentes sectores de la población por medio de tuberías.

## CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

### 3.1. Hipótesis

#### 3.1.1. Hipótesis principal

Un adecuado estudio técnico en base a un levantamiento topográfico, una estimación de población futura y cálculo de parámetros de diseño para la red de agua potable mediante la modelación del software WATERGEMS permitirá distribuir de manera sostenible los recursos hídricos en el centro poblado de Ccaccamarca.

#### 3.1.2. Hipótesis secundarias

- El centro poblado de Ccaccamarca tiene una topografía accidentada e irregular, con una pendiente para la línea de conducción entre 60 y 70%, tiene valles interandinos, laderas pronunciadas y en las partes más altas cuentan con pequeñas llanuras. El proyecto está ubicado entre los 3020 m.s.n.m. a 3210 m.s.n.m.
- El posible caudal de diseño para el sistema de abastecimiento de agua del centro poblado de Caccamarca será de 1.85 l/s.
- La propuesta será en función de la modelación dinámica y de periodo extendido a partir del software WATERGEMS, que permita distribuir de manera sostenible los recursos hídricos de tal manera que abastecerá las 24 horas el poblado de Ccaccamarca con estricto cumplimiento de la norma.

### 3.2. Variables

#### 3.2.1. Definición conceptual de las variables

##### a) Variable independiente

Arias (2012) manifiesta que son las causas que originan y justifican los cambios en la variable dependiente. Por lo tanto, en la investigación presente se define como variable independiente la ampliación del sistema de abastecimiento de agua.

##### b) Variable dependiente

Arias (2012) manifiesta que son variables que se modifican por acción de la variable independiente. Constituyen los efectos o consecuencias que se

miden y dan origen a los resultados de la investigación. Por lo tanto, en la investigación presente se define como variable dependiente el desarrollo sostenible del centro poblado de Ccaccamarca.

### 3.2.2. Operacionalización de las variables

Arias (2012) Es el “proceso mediante el cual se transforma la variable de conceptos abstractos a términos concretos, observables y medibles, es decir, dimensiones e indicadores.” (p. 62).

Ver matriz de Operacionalización de Variables, Anexo 3.

## CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1. Tipo y nivel

Para Murillo (2008), La investigación aplicada se denomina “investigación práctica o empírica”, y su carácter está dirigido a aplicar o utilizar los conocimientos adquiridos, mientras que otros conocimientos se adquieren, después de realizar u organizar la práctica basada en la investigación. Por lo tanto la investigación fue de tipo aplicada.

Borja (2012) refiere:

Plantea que una forma confiable para conocer la realidad es a través de la recolección y análisis de datos, con lo que se podría contestar las preguntas de la investigación y probar las hipótesis. Este tipo de investigación confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población. (p. 11). Por lo tanto, se identificó que la investigación tuvo un enfoque cuantitativo, que permite examinar los datos de manera científica y en forma numérica.

Borja (2012) refiere:

Investigan y determinan las propiedades y características más representativas de los objetos de estudio como personas, viviendas, concreto armado, probetas o cualquier otro fenómeno que se quiera estudiar. (p. 13)

Borja (2012) afirma:

Van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre variables. Buscan las causas que originan ciertos fenómenos físicos o sociales. Su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o porqué se relaciona entre dos o más variables. Por lo tanto la presente investigación fue de nivel descriptivo - explicativo.

### 4.2. Diseño de investigación

Hernández, Fernández y Baptista (2014) sostienen que, Se puede definir como una búsqueda realizada sin manipulación intencional de variables. En otras palabras, estos son estudios en los que no cambiamos intencionalmente las

variables independientes para ver su efecto en otras variables. El experimento consiste en observar los fenómenos tal como ocurren en su entorno natural,

Hernández, Fernández y Baptista (2014) afirma: “Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como “tomar una fotografía” de algo que sucede.” (p. 154). La presente investigación fue no experimental con diseño transversal.

#### 4.3. Población y muestra

##### 4.3.1. Población

Según Borja (2012) afirma: “Desde un punto de vista estadístico, se denomina población o Universo al conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio” (p.30).

La población para la investigación fueron todos los sistemas de abastecimiento de agua de los centros poblados del distrito de Ocros.

##### 4.3.2. Muestra

Según Borja (2012) afirma:

La muestra de estudio es un subgrupo representativo de la población, sobre la cual se habrán de recolectar datos. El investigador se deberá interesar que los resultados encontrados en la muestra logren generalizarse o extrapolarse a la Población o Universo. La muestra debe ser estadísticamente representativa. (p. 31)

La muestra para la investigación fue el sistema de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Ccaccamarca. Las cuales se componen por un sistema por gravedad, líneas de conducción, reservorio con caseta de cloración, válvulas de control y purga, cámara rompe presión tipo VII (CRP-VII) y redes de distribución.

La muestra se seleccionó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia.

#### 4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

##### 4.4.1. Técnicas

La principal técnica utilizada fue la observación directa, ya que se realizó visitas en campo, para realizar el empadronamiento de las familias beneficiarias y contabilizar cuantas viviendas serán beneficiarias así también se ubicó la caja de captación, la línea de conducción, el reservorio, la línea de aducción y las obras de arte en mal estado y deteriorados.

##### 4.4.2. Instrumentos

Los instrumentos que se plantean en la siguiente investigación son los que se señalan a continuación:

- Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural.
- Norma OS.010 – Captación y conducción de agua para consumo humano 2006
- Norma OS.030 - Almacenamiento de agua para consumo humano 2006
- Norma OS.050 – Redes de distribución de agua para consumo humano 2006
- Norma OS.100 - Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria 2006
- Norma IS.010 – Instalaciones sanitarias para edificaciones
- Expediente Técnico del proyecto “Ampliación y mejoramiento de servicios de agua potable y creación de los servicios de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en el centro poblado de Ccaccamarca y sus anexos, distrito de Ocros - huamanga - Ayacucho”.
- Curso de capacitación Diseño y elaboración de proyectos de abastecimiento de agua potable “SANITARY ENGINEER S.A.C”.
- Autodesk AutoCad 2020.1.1
- Software Microsoft Excel 2019 MSO (16.0.14131.20326)
- Software WATERGEMS
- Google Earth Pro 7.3.3.7786

##### 4.4.3. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Los instrumentos vienen a ser válidos y confiables ya que se recopiló datos in situ así también las informaciones de los estudios se encuentran basados

en el expediente del proyecto: “Ampliación y mejoramiento de servicios de agua potable y creación de los servicios de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en el centro poblado de Ccaccamarca y sus anexos, distrito de Ocos - huamanga - Ayacucho”. Se realiza el diseño propuesto con el software WATERGEMS que poseen certificados internacionalmente, siendo esta la base de validez, ya que se analizara que las variables existentes cumplan con todos los parámetros de diseño de la Norma Técnica de Abastecimiento de agua potable para un óptimo diseño de la red.

#### 4.4.4. Procedimientos para la recolección de datos

Procedimiento 1: Se recopiló información sobre el levantamiento topográfico, tales como el tipo de relieve, pendiente, coordenadas UTM, cotas de la fuente de agua y de la ubicación del centro poblado de Ccaccamarca, todas estas del expediente técnico del proyecto “Ampliación y mejoramiento de servicios de agua potable y creación de los servicios de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en el centro poblado de Ccaccamarca y sus anexos, distrito de Ocos - huamanga - Ayacucho”.

Procedimiento 2: El tipo de sistema de abastecimiento de agua potable fue por gravedad sin tratamiento debido a que la fuente de captación fue de tipo manantial y está ubicado a una cota de 3210 m.s.n.m. la cual es superior respecto de la ubicación de la población que se encuentra a una cota de 3055 m.s.n.m. Para estimar la población futura o de diseño se aplicó el método aritmético debido a que el proyecto es rural según norma técnica. Seguidamente se hará el cálculo de la dotación, teniendo la dotación y la población futura procedemos a calcular los caudales de diseño los cuales son el caudal máximo diario ( $Q_{md}$ ) en el cual se considerará un coeficiente  $K_1$  y el caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ ) en el cual se considerará un coeficiente  $K_2$  debido a que es una localidad rural.

Procedimiento 3: Para mejorar el sistema de agua potable existente en la zonade estudio, se propuso un diseño mejorado que se adecue a la realidad de la zona rural. Se hicieron los estudios hidráulicos y cálculos necesarios para las líneas y estructuras, con ello garantizar el abastecimiento continuo a

cada vivienda, así optimizamos la nueva red diseñada, evitando filtraciones o fugas

#### 4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

La técnica para el procesamiento de información Se basó fundamentalmente en los modelos matemáticos WaterGEMS y su interpretación de los resultados.

Para caracterizar la topografía se ha desarrollado el levantamiento topográfico con las coordenadas obtenidas del expediente técnico: “Ampliación y mejoramiento de servicios de agua potable y creación de los servicios de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en el centro poblado de Ccaccamarca y sus anexos, distrito de Ocos - huamanga - Ayacucho”, se procede a importar los puntos al CIVIL 3D-2019 para poder obtener una representación gráfica del terreno con las curvas de nivel definidas y poder realizar el trazo de la red mejorada de agua sobre el plano.

Se ubicó el reservorio estratégicamente a una cota de 3144 m.s.n.m. cumpliendo con la presión estática de la primera vivienda 15 m.c.a. Seguidamente realizado el trazado de la línea de conducción se procede a analizar el perfil longitudinal para verificar el análisis estático del sistema, se procede también a ubicar la válvula de purga en el punto más bajo y la válvula de aire en el punto más alto. Finalmente se realizó el trazado de la línea de distribución, ubicando la cámara rompe presión con criterio para que pueda cumplir con las presiones menores a 50m.c.a. Finalmente se importa los trazos, válvulas, CRP tipo 7 y la topografía al software WATERGEMS para realizar el modelamiento numérico de nuestra red con el objetivo de obtener datos de velocidades en las tuberías, presiones en cada punto, entre otros datos necesarios, si en caso no se tendría un sistema adecuado se propondrá una mejora para la eficiencia hidráulica de la red existente de agua potable.

## CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1. Topografía

En la imagen N°12 se presenta la topografía accidentada e irregular del centro poblado de Ccaccamarca, entre las coordenadas E 611800 - N 8513000 y E 612400 – N8513000 a una escala de 1/2500, donde se realizará la captación, línea de conducción y reservorio. La cota de la captación está situada en 3210 m.s.n.m con una pendiente entre 60% a 70% para la línea de conducción.

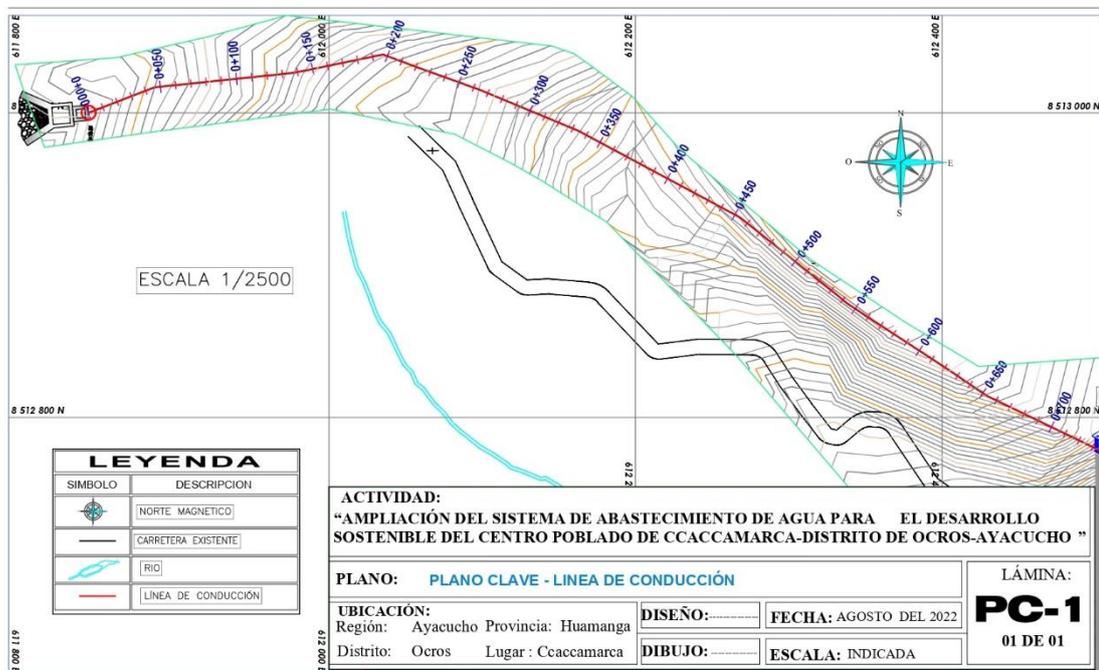


Figura N°12: Topografía del centro poblado de Ccaccamarca  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 13 se presenta la topográfica donde se ubicará la línea de aducción así como también la caja rompe presión tipo 7 en puntos estratégicos. La cota en donde empezara la línea de aducción está ubicada en 3140 m.s.n.m. a una escala de 1/2500.

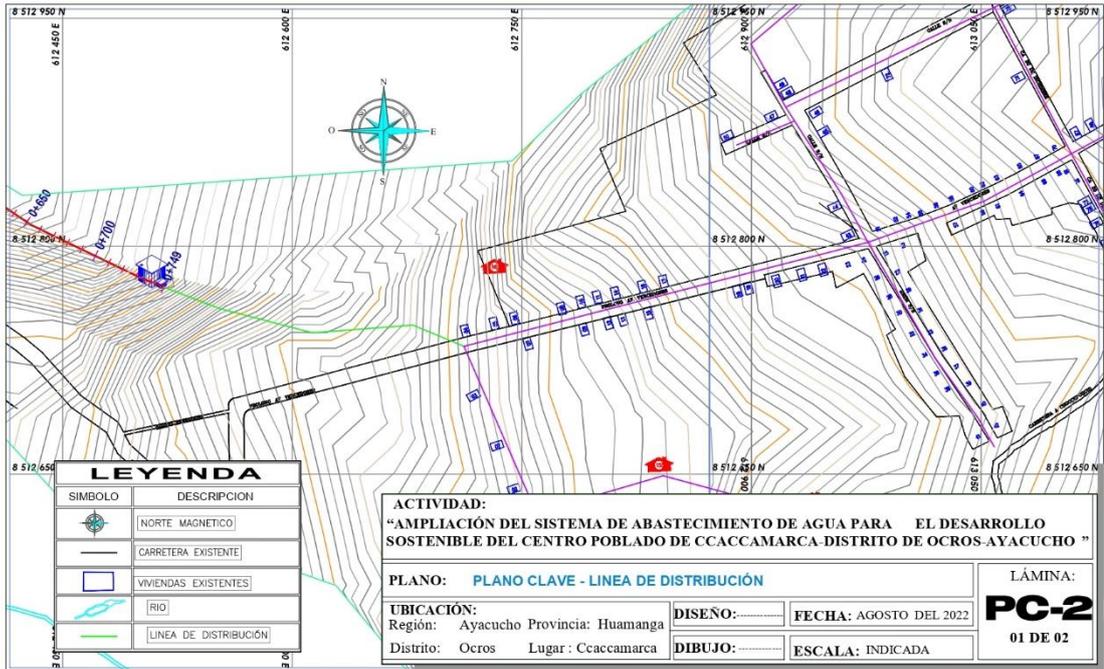


Figura N°13: Topografía del centro poblado de Ccaccamarca  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 14 se presenta la topografía accidentada con una pendiente entre 40% a 50% del Centro poblado de Ccaccamarca en donde se desarrolla los sistemas de distribución de agua potable que oscila desde los 3105 m.s.n.m. hasta los 3020 m.s.n.m. Entre las coordenadas E 612600 - N 8512800 y E 613500 N 852800 a una escala de 1/2500.

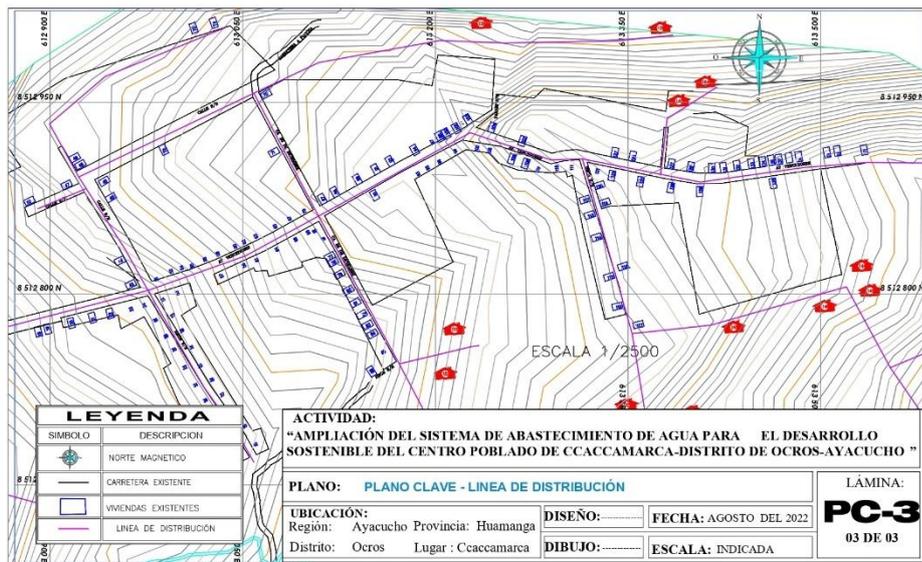


Figura N°14: Topografía del centro poblado de Ccaccamarca.  
Fuente: Elaboración propia

## 5.2. Población Futura

La población futura o población de diseño debe estimarse utilizando el método aritmético de acuerdo a la Norma Técnica de Diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural (2018).

Tabla N°3:  
Estadística de la población de Ccaccamarca

Centro Poblado	N° Familias	I.E.	Puesto de salud	N° Conexiones	Densidad Poblacional	Población actual
Ccaccamarca	160	3	1	164	3.40	558

Fuente: Elaboración propia

Se realizó una encuesta in situ en el Centro Poblado de Ccaccamarca para contabilizar la población actual. Se recopiló el dato de la tasa de crecimiento promedio anual del INEI para el periodo 2007-2017 en la provincia de Huamanga y distrito de Ocros 0.15 %.

Según la recomendación de los criterios de la Norma Técnica de Diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural (2018). El periodo de diseño máximo para todos los componentes del SAP es de 20 años. La población futura se calculó mediante la fórmula del método aritmético:

$$P_f = 558 * \left(1 + \frac{0.15 * 20}{100}\right)$$

$$P_f = 575 \text{ Hab.}$$

Se obtuvo una población futura de 575 Hab. para el centro Poblado de Ccaccamarca, ubicado en el distrito de Ocros.

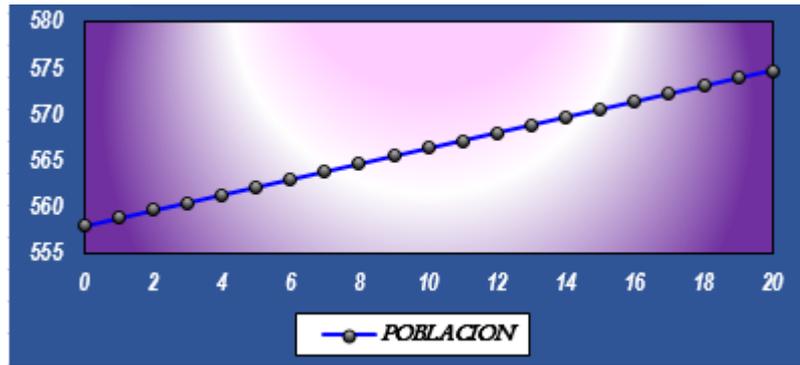


Figura N°15: Crecimiento poblacional  
Fuente: Elaboración propia

### 5.3. Dotación de Agua

Se presenta la tabla N°4 la cual muestra los valores del consumo de agua doméstico en las regiones de la costa, sierra y selva dependiendo del sistema de disposición de excretas utilizado ya sea con letrinas con o sin arrastre hidráulico.

Tabla N°4:  
Análisis de la demanda

Región Geográfica	Consumo de agua doméstico, dependiendo del sistema de disposición de excretas utilizado	
	Letrinas sin arrastre hidráulico	Letrinas con arrastre hidráulico
Costa	50 a 60 l/hab/d	90 l/hab/d
Sierra	40 a 50 l/hab/d	80 l/hab/d
Selva	60 a 70 l/hab/d	100 l/hab/d

Fuente: Norma técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural.

Según la tabla recomendada por la Norma técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, se optó por criterio que la dotación sea 80 l/hab/d ya que se encuentra en la sierra y tiene letrinas existentes con arrastre hidráulico.

Como contamos con tres instituciones educativas (Inicial, primaria y secundaria) en nuestro Centro Poblado, según la Norma Técnica I.S.010 (2006) en el artículo 6° correspondiente a dotaciones, indica que la dotación de agua para educación inicial y primaria será de 20 l/alumnos.d, para la

educación secundaria será de 25 l/alumno.d; También se cuenta con 4 iglesias con una dotación de 3 l/Ast.d, un local comunal con una dotación de 6 l/m<sup>2</sup>.d y un centro de salud con una dotación de 600 l/cam.d, las dotaciones de agua fueron indicadas según la RNE IS .010.

#### 5.4. Caudal de diseño

Considerando las limitaciones para determinar las variaciones de consumo en las condiciones actuales, se adoptarán las siguientes variaciones diarias y horarias proporcionadas por el Programa Nacional de Saneamiento Rural (PRONASAR) del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2004) para poblaciones de hasta 2000 habitantes; Por tanto, se plantea que el máximo anual de la demanda diaria (K1) será de 1.30 y el máximo anual de la demanda horaria (K2) será de 2.00.

##### a) Caudal promedio anual (Qp)

Consumo doméstico:

Se reemplaza los datos de dotación doméstica y población de diseño en la ecuación del caudal promedio anual en l/s y se obtiene para el consumo doméstico:

$$Q_p = \frac{80 \times 575}{86400}$$

$$Q_p = 0.532 \text{ l/s}$$

Consumo de instituciones educativas:

Se tiene una dotación de 20 l/alumnos.d para las instituciones educativas inicial y primaria, teniendo 43 alumnos y 3 docentes en inicial, 92 alumnos y 6 docentes en primaria; 25 l/alumnos.d para secundaria con 82 alumnos y 8 docentes, se considera 6 horas de consumo, de acuerdo a la Estadística del Ministerio de Educación sobre la calidad de la educación durante 2020 (ESCALE), sustituyendo los valores en la ecuación.

Tenemos para el consumo de la I.E. Inicial:

$$Q_p = \frac{20 \times 46}{86400 \times 24} \times 6$$

$$Q_p = 0.00266 \text{ l/s}$$

Tenemos para el consumo de la I.E. Primaria:

$$Q_p = \frac{20 \times 98}{86400 \times 24} \times 6$$

$$Q_p = 0.00567 \text{ l/s}$$

Tenemos para el consumo de la I.E. Secundaria:

$$Q_p = \frac{25 \times 90}{86400 \times 24} \times 6$$

$$Q_p = 0.00651 \text{ l/s}$$

Consumo de Iglesias:

Teniendo una dotación de 3 l/Asit.d para las 4 iglesias y un número de 20 asientos para cada una, tendríamos un total de 80 asientos y con un consumo de 3 horas, reemplazando los valores en la ecuación, tenemos:

$$Q_p = \frac{3 \times 80}{86400 \times 24} \times 3$$

$$Q_p = 0.00035 \text{ l/s}$$

Consumo de oficinas:

Teniendo una dotación de 6 l/m<sup>2</sup>.d para un local comunal con un área de 161.1 m<sup>2</sup> y con un consumo de 8 horas, reemplazando los valores, tenemos:

$$Q_p = \frac{6 \times 161.1}{86400 \times 24} \times 8$$

$$Q_p = 0.00373 \text{ l/s}$$

Consumo de centro de salud:

Teniendo una dotación de 600 l/cam.d para un centro de salud con un número de 3 camas y un consumo de 24 horas, reemplazando los valores, tenemos:

$$Q_p = \frac{600 \times 3}{86400}$$

$$Q_p = 0.02083 \text{ l/s}$$

Sumando todos los caudales de consumo educativo, iglesias, oficina y centro de salud que tendremos, se tiene:

$$Q_p = 0.00266 + 0.00567 + 0.00651 + 0.00035 + 0.00373 + 0.02083 \text{ l/s}$$

$$Q_p = 0.03975 \text{ l/s}$$

Sumando todos los caudales promedios obtenidos, tenemos un total anual de 0.03975 l/s.

b) Caudal máximo diario (Qmd)

Para el caudal máximo diario (Qmd) se considera un valor (K1) de 1.30 del consumo doméstico promedio diario anual. Ya que se tiene un caudal promedio anual no doméstico se le adiciona sin considerar el (K1), de este modo tenemos:

$$Qmd = (0.532 \times 1.3) + 0.03975$$

$$Qmd = 0.73135 \text{ l/s}$$

Se obtuvo un caudal máximo diario de 0.73135 l/s.

c) Caudal máximo horario (Qmh)

Para el caudal máximo horario (Qmh) se considera un valor (K2) de 2.0 del consumo doméstico promedio diario anual, Asimismo se le adiciona el caudal promedio anual no doméstico sin considerar el k2, de este modo tenemos:

$$Qmh = (0.532 \times 2.00) + 0.03975$$

$$Q_{mh} = 1.1037 \text{ l/s}$$

Se obtuvo un caudal máximo horario de 1.1037 l/s.

## 5.5. Trazado del sistema de agua potable

### 5.5.1. Trazado de la línea de conducción

En la figura N°16 se muestra la captación está ubicada en las coordenadas E 611843.16 y N 8513000.08 a una altura de 3210 m.s.n.m en la cual se observa la línea de conducción (línea color rojo) con una longitud horizontal total de 749.19 m metros.

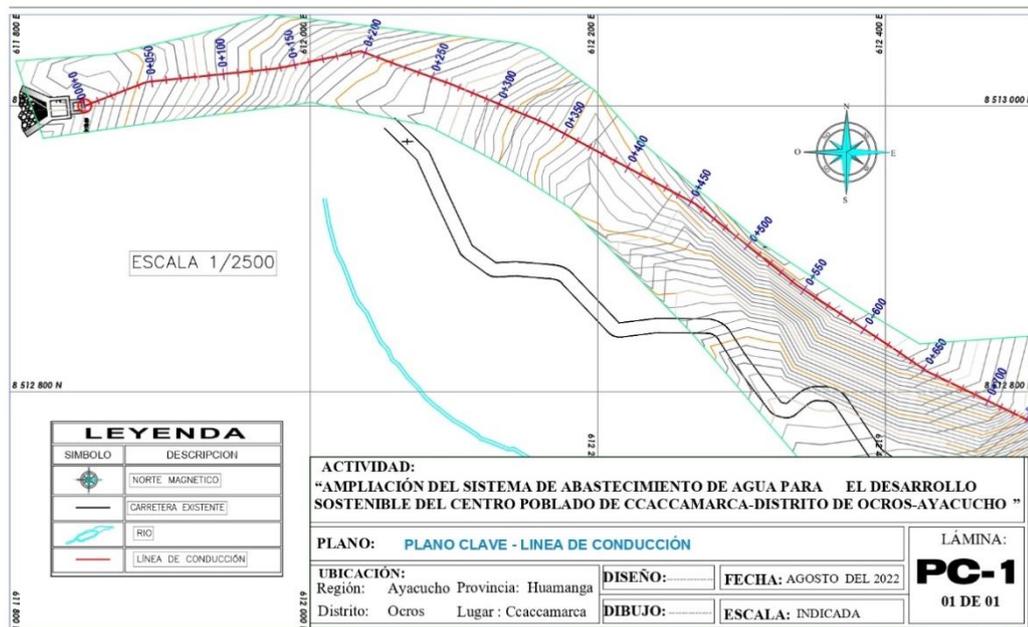


Figura N°16: Trazado de la línea de conducción.  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 17 se muestra el perfil longitudinal de un pequeño tramo de la línea de conducción llegando al reservorio que comprende un total de los primeros 749.19 metros, también indica datos como progresivas, cotas, altura de corte y pendiente.

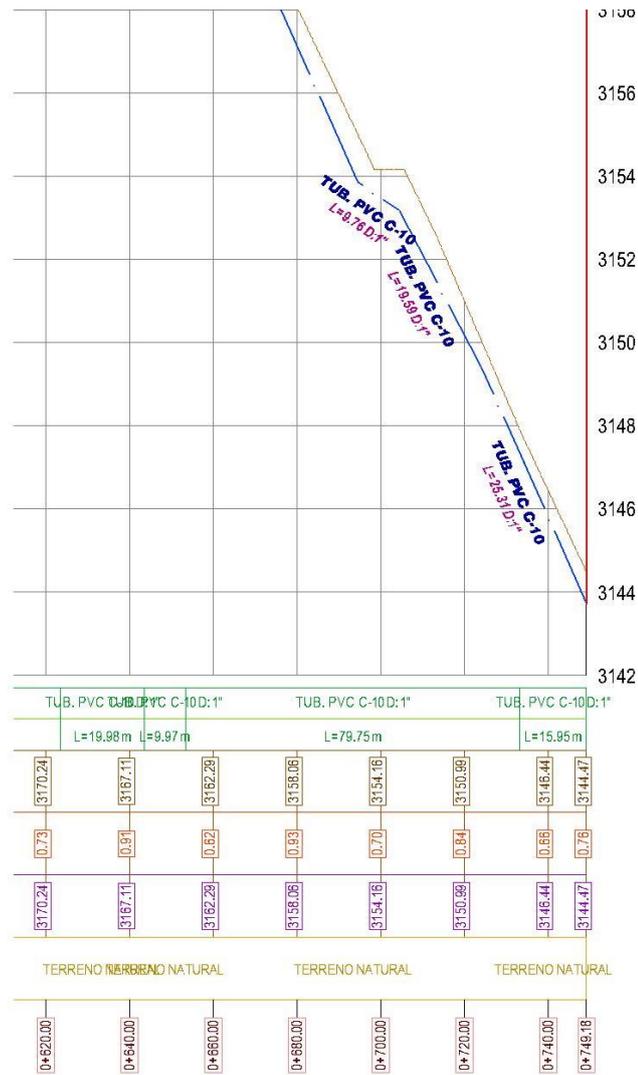


Figura N°17: Perfil longitudinal de la línea de conducción  
Fuente: Elaboración propia

### 5.5.2. Trazado de la red de distribución

En la figura N° 18 se observa la ubicación del reservorio entre las coordenadas E 612516.023 y N 8512773.196 a una cota de 3144.00 m.s.n.m, el trazado de la línea de aducción (línea de color verde) con una longitud de 203.861m y distribución (línea color morado).

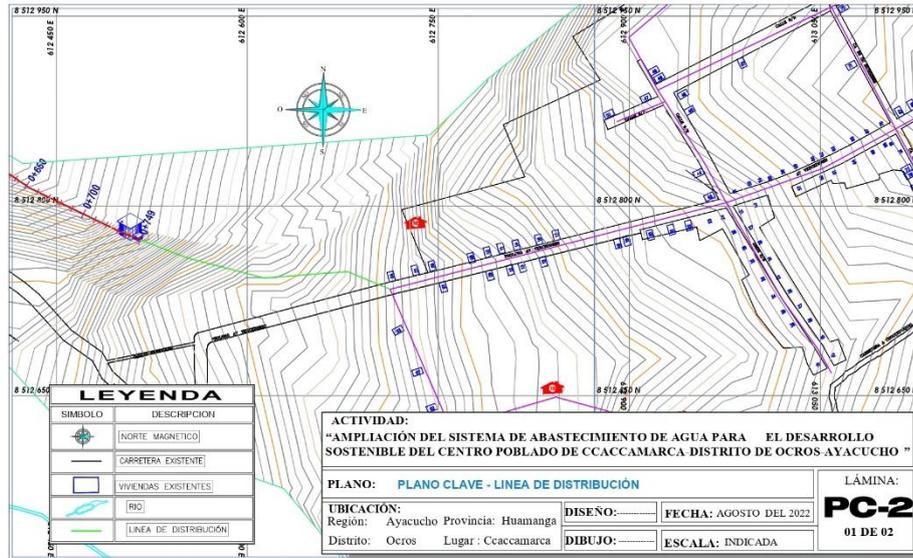


Figura N°18: Trazado de la red de distribución del centro poblado de Ccaccamarca.  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 19 se muestra el trazado de la línea de distribución con cada domicilio beneficiado en el centro poblado de Ccaccamarca que está entre las coordenadas E 566900 - E 567200 y N 8544400 - N 8544700.

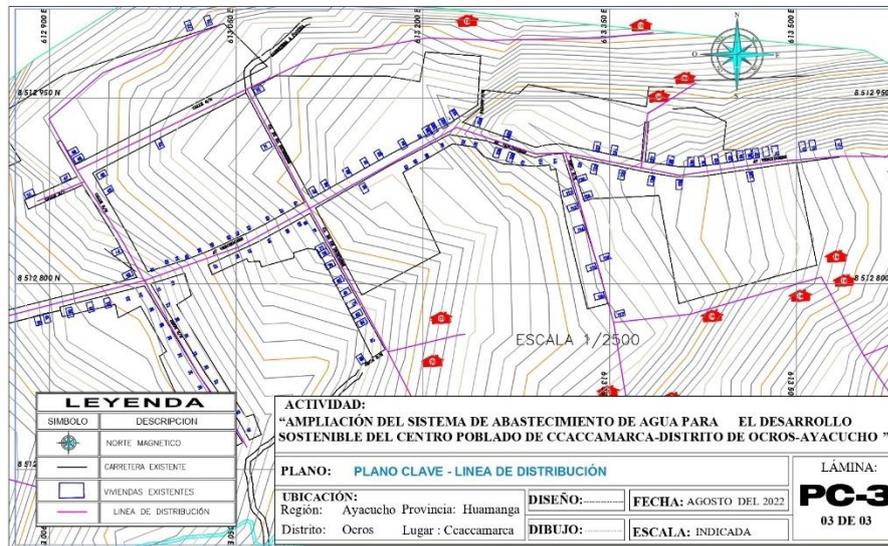


Figura N°19: Trazado de la red de distribución del centro poblado de ccaccamarca  
Fuente: Elaboración propia

## 5.6. Diseño hidráulico de los elementos del SAP.

### 5.6.1. Aforo de agua

Se propone el ojo de agua denominado “Hatunrumi” como posible fuente para abastecimiento del agua. Se calculó el caudal de aforo mediante el método volumétrico.

Tabla N°5:  
Aforo de ojo de agua “Hatunrumi”

Item	Volumen (l)	Tiempo (s)	Caudal de aforo (l/s)
1	4	2	2.00
2	4	2.3	1.74
3	4	2.2	1.82
Caudal promedio			1.85

Fuente: Expediente técnico (2018)

Caudal promedio de aforo = 1.85 l/s

Tabla N°6:  
Resultados del caudal de oferta (aforo) y demanda (Qmd)

Fuente agua	Oferta (época de estiaje (l/s))	Demanda (Qmd (l/s))
Ojo de agua "Hatunrumi"	1.74	0.73135

Fuente: Expediente técnico (2018)

El caudal que ofrece la fuente de agua es superior al caudal máximo diario por lo tanto cumple para satisfacer a la población.

### 5.6.2. Sistema de captación de la ladera

#### a) Cálculo de la distancia entre el afloramiento y la cámara húmeda

Para determinar la distancia entre el punto de afloramiento y cámara húmeda se consideró una carga sobre el centro del orificio H igual a 0.40 m (Valores entre 0.40 – 0.50m), coeficiente de descarga “Cd”

igual a 0.80 (valores entre 0.6 a 0.8) y la gravedad de 9.81 m/s<sup>2</sup> se realizó el diseño siguiendo el procedimiento especificado.

Se procede primero a calcular la velocidad de paso o salida asumida mediante la siguiente ecuación:

$$V_2 = Cd * \sqrt{2gH}$$

Dónde:

Cd: Coeficiente de descarga

g: gravedad m/s<sup>2</sup>

H: Carga sobre el centro del orificio

Reemplazando los valores en la ecuación:

$$V_2 = 0.8 * \sqrt{2(9.81)(0.4)}$$

$$V_2 = 2.24 \text{ m/s}$$

Se recomienda valores menores o iguales a 0.6 m/s por lo tanto se considera una velocidad de paso igual a 0.6 m/s.

Seguidamente se calcula la pérdida de carga en el orificio mediante la siguiente ecuación:

$$h_0 = \frac{V_2^2}{C_d^2 * 2g}$$

Reemplazando los datos requeridos se tiene un:  $h_0 = 0.03 \text{ m}$

Reemplazando valores en la fórmula para determinar la pérdida de carga de afloramiento:  $H_f = H - h_0 = 0.37 \text{ m}$

Finalmente determinamos la distancia entre el punto de afloramiento y la cámara húmeda según la siguiente fórmula:

$$L = H_f / 0.30$$

Reemplazando valores en la fórmula:  $L = 0.37 / 0.30$  se tiene una distancia entre el punto de afloramiento y la cámara húmeda de 1.25m.

En la figura 21 se observa el punto de afloramiento “o” y los puntos 1 y 2 de la cámara húmeda en la que obtuvimos con los cálculos realizados una distancia entre el punto de afloramiento hasta la cámara húmeda de 1.25m.

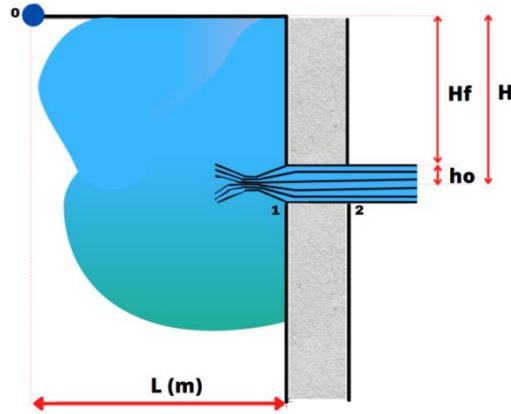


Figura N°21: Distancia entre afloramiento y cámara húmeda  
Fuente: Elaboración propia

b) Determinación del ancho de pantalla

Para determinar el ancho de la pantalla se requiere conocer el diámetro y el número de orificios que permitirá fluir el agua de manera óptima desde el afloramiento hacia la cámara húmeda la cual se determinará según el procedimiento siguiente.

Área requerida para descarga (A):

$$A = \frac{0.002}{0.6 \times 0.8}$$

$$A = 0.0042 \text{ m}^2$$

Además, calculamos el diámetro:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0.0042}{\pi}}$$

Diámetro de la tubería de entrada:  $D_c = 0.0728 \text{ m}$

$$D_c = 2.90 \text{ pulg}$$

Se asumió un diámetro comercial:  $D_a = 2.00 \text{ pulg}$  (se recomienda diámetros  $\leq 2''$ )

Se determinó el número de orificios en la pantalla:

$$\text{Norif} = \left(\frac{2.90}{2.00}\right)^2 + 1$$

$$\text{Norif} = 4 \text{ orificios}$$

Teniendo el número de orificios y el diámetro de la tubería de entrada se calculó el ancho de la pantalla (b).

$$b = (2 \times 6 (2.00)) + (4 \times 2.00) + (3(2.00) \times (4-1))$$

$$b = 50 \text{ pulg} = 1.30 \text{ m}$$

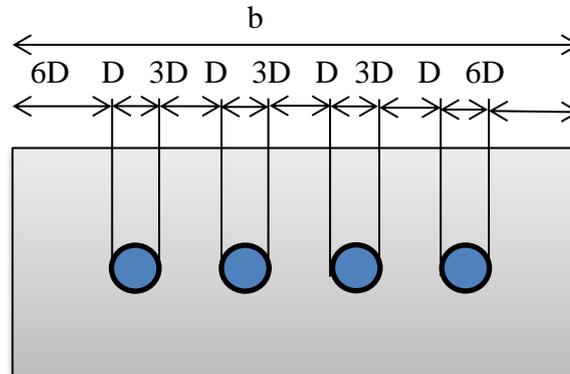


Figura N°20: Ancho de pantalla y número de orificios

Fuente: Elaboración propia

c) Altura de la cámara húmeda

Se calculará la altura de la cámara húmeda según consideraciones y formulas especificadas en el proceso de cálculo.

En la figura 22 se puede apreciar una representación de las alturas mínimas consideradas dentro de la cámara húmeda con una pequeña justificación de cada valor considerado.

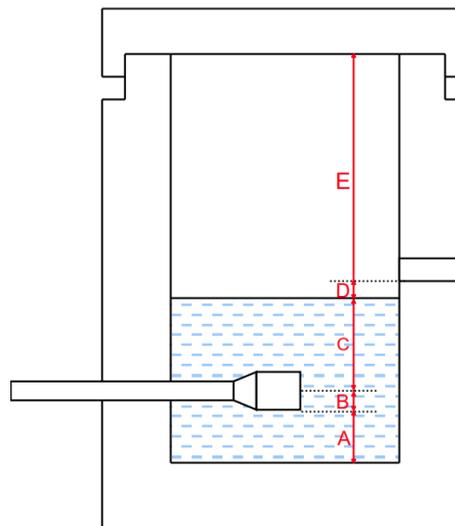


Figura N° 22: Cámara húmeda

Fuente: Programa nacional de saneamiento rural (2016)

Dónde:

A: Se considera una altura mínima de 10cm que permite la sedimentación. A= 10 cm

B: Diámetro de salida. B= 0.025 m

D: N. Ingreso - N. agua (mínima 5cm). D= 0.10 m

E: Borde libre (se recomienda de 10 a 30cm). E= 0.40 m

C: Altura de agua para que el gasto de salida de la captación pueda fluir por la tubería de conducción se recomienda una altura mínima de 30cm.

$$C = 1.56 * \frac{V^2}{2g}$$

Dónde:

V= Velocidad de salida = 3.65 m/s

Reemplazando valores en la fórmula de C:

$$C = 1.06 \text{ m}$$

Resumen de los datos hallados:

A= 0.10 m

B= 0.025 m

C= 1.06 m

D= 0.10 m

E= 0.40 m

La altura total será:  $H_t=A+B+C+D+E$

Reemplazando valores:  $H_t=0.10+0.025+1.06+0.10+0.40$

El valor de la altura total es:  $H_t=1.595 \text{ m} \cong 2.00 \text{ m}$

Altura total asumida:  $H_t=2.00$  m

En la figura 23 se muestra la pantalla de la cámara húmeda acotada, para esta se obtuvo una altura de 1.00 metro según los cálculos realizados.

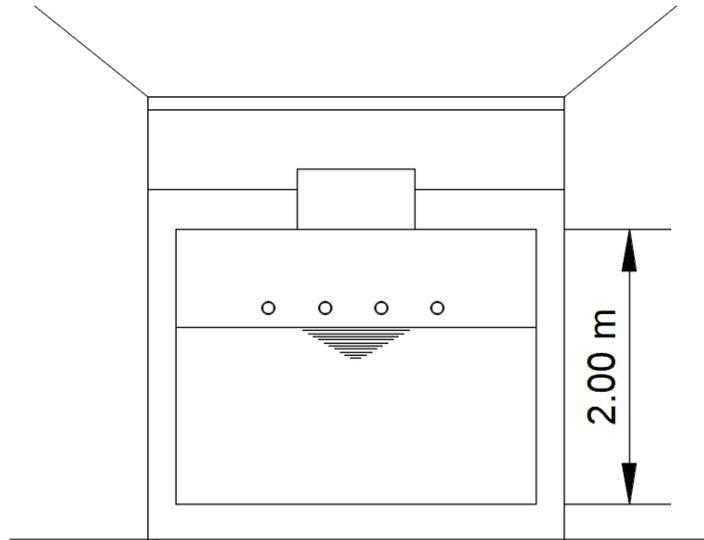


Figura N°23: Altura total de cámara húmeda

Fuente: Elaboración propia

d) Dimensionamiento de la canastilla

Se realizará el cálculo del diámetro, longitud y número de ranuras para la canastilla, en la figura 24 se muestra una representación de esta, acotando las partes que serán halladas.

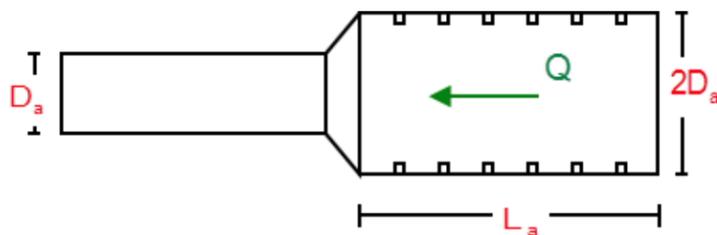


Figura N°24: Representación de la canastilla

Fuente: Programa nacional de saneamiento rural

Siendo el  $D_a= 0.025$  m

El diámetro de la canastilla debe ser 2 veces el diámetro de la línea de conducción:

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

$$D_{\text{canastilla}} = 2 \times 0.025 \text{ m}$$

$$D_{\text{canastilla}} = 0.051 \text{ m}$$

Se recomienda que la longitud de la canastilla sea mayor a  $3D_a$  y menor que  $6D_a$ :

$$L = 3 \times 0.025 \times 100 = 7.62 \text{ cm}$$

$$L = 6 \times 0.025 \times 100 = 15.24 \text{ cm}$$

$$7.62 \text{ cm} < L < 15.24 \text{ cm}$$

Se asume un valor de:  $L = 11 \text{ cm}$

Siendo las medidas de las ranuras:

Ancho de la ranura = 5 mm (medida recomendada)

Largo de la ranura = 7 mm (medida recomendada)

El área de la ranura:

$$A_r = \text{Ancho} \times \text{Largo}$$

$$A_r = 5 \times 7$$

$$A_r = 35 \text{ mm}^2 = 0.000035 \text{ m}^2$$

Debemos determinar el área total de las ranuras:

$$A_{\text{total}} = 2 \times A$$

Siendo el área de la sección de la tubería de salida:

$$A = \frac{\pi \times 0.025^2}{4}$$

$$A = 0.00051 \text{ m}^2$$

Reemplazando valores el área total de las ranuras es:

$$A_{\text{total}} = 2 \times 0.00051 = 0.0010 \text{ m}^2$$

Conocidos los valores, hallaremos el número de ranuras:

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

Reemplazando valores:

$$\text{N}^\circ \text{ ranuras} = \frac{0.001}{0.000035}$$

El número de ranuras es:

$$\text{N}^\circ \text{ ranuras} = 29 \text{ Und}$$

En la figura 25 se muestra la canastilla dentro de la cámara húmeda acotada con los valores hallados previamente para una mejor representación, teniendo como diámetro de canastilla un valor de 0.051 m y la longitud 0.11 metros, podemos observar que representando con el numeral 1 está la canastilla de bronce, con el 2 la unión universal, con el 3 la brida rompe agua.

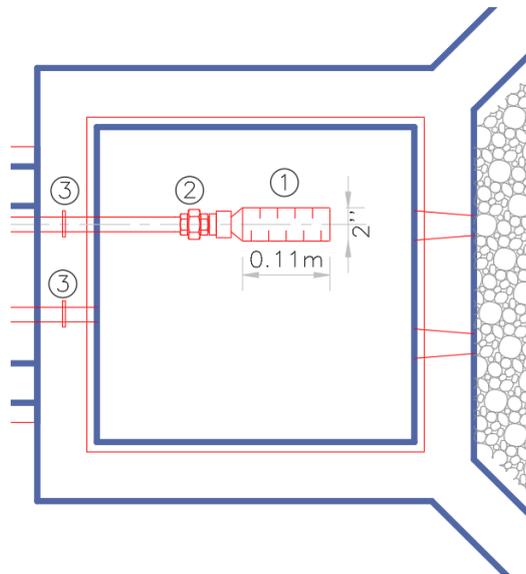


Figura N°25: Dimensiones de canastilla  
Fuente: Elaboración propia

e) Cálculo de tubería de rebose y limpia

Se realizará el cálculo para hallar el diámetro de la tubería de rebose y limpieza, para ello se seguirá el procedimiento establecido y con las fórmulas proporcionadas. Ambas tuberías cuentan con el mismo diámetro y se calculan mediante la siguiente ecuación:

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

Dónde:

Gasto máximo de la fuente:  $Q_{max} = 2.00$  l/s

Perdida de carga unitaria:  $h_f = 1.50$  % (valor recomendado)

Reemplazando los valores en la fórmula:

$$D = \frac{0.71 * 2.00^{0.38}}{0.015^{0.21}}$$

$$D = 2.00 \text{ pulg}$$

Cono de rebose:

$$D_{cono \text{ reb.}} = 2 * D$$

$$D_{cono \text{ reb.}} = 4.00 \text{ pulg}$$

En la figura 26 se muestra la caja de válvulas, en ella podemos observar 2 válvulas compuerta, adaptadores, uniones universales y los niples; también podemos observar la tubería de salida del sistema de agua potable y la tubería de limpieza y rebose, según los cálculos realizados tenemos un diámetro de tubería de limpieza y rebose de 2.

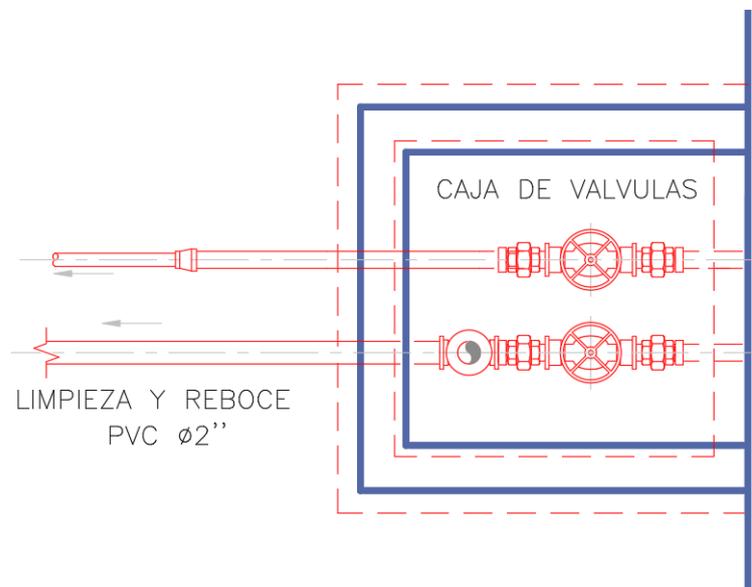


Figura N°26: Dimensión de tubería de limpieza y rebose  
Fuente: Elaboración propia

### 5.6.3. Diseño hidráulico de la línea de conducción

#### a) Primer tramo

Para el diseño necesitaremos los siguientes datos:

- Cota de cámara de captación: 3210 m
- Cota de reservorio proyectada: 3144 m
- Caudal máximo diario (Qmd): 1.85 l/s
- Longitud total del tramo (L): 749.18 m

La carga disponible:  $H = \text{Cota inicio} - \text{Cota descarga}$

$$H = 3210 - 3144$$

$$H = 66 \text{ m}$$

Diámetro:  $\varnothing = 1''$  (diámetro mínimo para el caso de sistemas rurales según la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

Dimensionamiento de la tubería:

Cálculo de gradiente hidráulica (L.G.H.)

Se cuenta con la siguiente fórmula:  $S = \frac{H}{L}$

$$S = \frac{66}{749.18}$$

$$S = 0.088 \text{ m/m}$$

Hallamos el diámetro teórico:

$$D = \left( \frac{Q}{0.2785 * C * S^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$$

Siendo:

Q: Caudal en  $\text{m}^3/\text{s}$

C: coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

- PVC (C=150)

S: gradiente hidráulico, en m/m.

Reemplazando valores en la fórmula:

$$D = \left( \frac{\frac{1.85}{1000}}{0.2785 * 150 * 0.088^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$$

$$D = 0.036417 \text{ m}$$

$$D = 36.417 \text{ mm} \approx 43.40 \text{ mm}$$

Hallamos la pérdida de carga unitaria  $hf_1$  (m):

Se trabajará con la ecuación de Hazen y Williams con las que los fabricantes de nuestro país elaboran las tuberías menores a 2 pulg, se trabajara con la siguiente ecuación:

$$s = \left( \frac{\frac{1.85}{1000}}{0.2785 * 150 * 0.0434^{2.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}}$$

$$h_{fi} = 0.03745 \text{ m}$$

Perdida de carga tramo Hf1 (m):

$$h_{f1} = s * L$$

$$h_{f1} = 0.03745 * 749.18 = 28.06 \text{ m}$$

Cota piezométrica:

$$\text{Inicial} = 3210 \text{ msnm}$$

$$\text{Final} = 3210 - 28.06 = 3181.9432 \text{ msnm}$$

$$\text{Presión final} = 3181.9432 - 3144.00 = 37.94 \text{ m}$$

Al realizar el cálculo para cada tramo comprendido entre la captación y el reservorio, se ha obtenido un diámetro para el tramo de 1 1/2”, con lo cual se diría que el diámetro para nuestra línea de conducción será el de 1 1/2”, pero según la norma OS.010 de “Captación y conducción de agua para consumo humano” y por recomendación del ingeniero asesor y su experiencia en el área, se usará tuberías de clase 10 igual o inferior a 7.5 de un diámetro de tubería de 81.40 mm (3”), debido a que está en presencia de una zona rural y el desnivel que existe en la elevación entre la captación y reservorio, además la pérdida de carga disminuye.

#### 5.6.4. Diseño hidráulico del reservorio

##### a) Volumen de almacenamiento

En zonas rurales como lo es nuestra zona de estudio:

Para el volumen de almacenamiento por regulación (Se considera 25% de la demanda diaria promedio anual).

$$V_r = 0.25 \times Q_p \times \frac{86400}{1000}$$

Dónde:

El caudal promedio anual:  $Q_p = 1.85 \text{ l/s}$

Reemplazando valores en la fórmula:

$$V_r = 0.25 \times 1.85 \times \frac{86400}{1000}$$

El volumen de regulación es:  $V_r = 39.96 \text{ m}^3$

Volumen de reserva:

$$V_{res} = Q_{md} * T$$

Dónde:

Tiempo de reserva  $2 \text{ hrs} < T < 4 \text{ hr}$

$$V_{res} = 5.27$$

Según la norma OS.100, para habilitaciones urbanas en poblaciones menores de 10,000 habitantes, no se considera obligatoria demanda contra incendio. Adicional, por ello se considera:

El volumen total de almacenamiento será:  $V_{alm} = V_{reg} + V_{res}$

Reemplazando valores en la fórmula:  $V_{alm} = 45.00 \text{ m}^3$

#### b) Dimensionamiento

Se asume un ancho interno:  $a = 3.00 \text{ m}$

Se asume un largo interno:  $I = 5.00 \text{ m}$

La altura útil del agua se obtendrá como:

$$h = \frac{45 \text{ m}^3}{3 \times 5 \text{ m}^2}$$

$$h = 3 \text{ m}$$

Relación del ancho de la base y la altura:

$$j = \frac{a}{h}$$

$$j = \frac{3.00}{2.00}$$

$$j = 1.50$$

Como nuestro valor hallado se encuentra entre 0.50 y 3.00 esta OK.

Borde libre recomendado:  $BL = 0.30 \text{ m}$

Altura total interna:  $H = h + BL$

$$H = 3.00 + 0.30$$

$$H = 3.30 \text{ m}$$

En la figura 27 se muestra el reservorio acotado en base a los resultados previamente hallados, se observa una base de 3.00 m, una

altura útil de agua de 2.00 m, además de un borde libre de 0.30 m, haciendo una altura total del reservorio de 2.30 m.

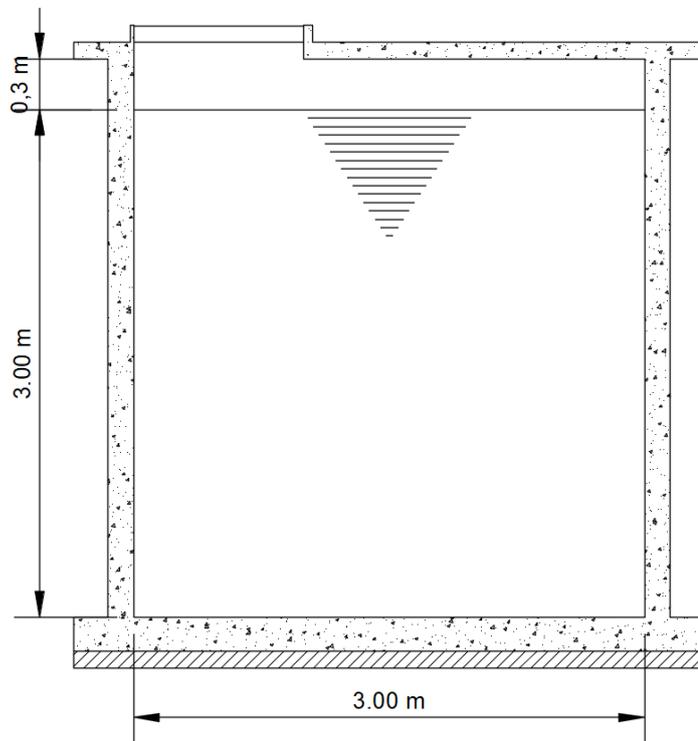


Figura N°27: Dimensiones del reservorio apoyado  
Fuente: Elaboración propia

Tiempo de almacenamiento ( $T_a$ ):

Convertimos las unidades del caudal máximo diario:

$$Q_{md} = 1.85 \frac{l}{s} \times \frac{1 m^3 \times 3600s}{1000 l \times 1h}$$

$$Q_{md} = 6.66 m^3/h$$

$$T_a = \frac{45 m^3}{6.66 m^3/h}$$

$$T_a = 6.77 h$$

c) Diseño de tuberías de ingreso

Como nuestro diámetro de la línea de conducción hallado para todo el tramo es de 3", entonces, el diámetro de la tubería de ingreso al reservorio es de 3".

d) Diseño de tuberías de salida

Está definida por el diámetro de la línea de aducción hallada, entonces, el diámetro de la tubería de salida del reservorio es de 2”.

e) Diseño de tuberías de limpieza y rebose

Según la norma I.S. 010 en el artículo 8°, nos indica que el diámetro del tubo de rebose no deberá ser menor de 6” para una capacidad del depósito mayor de 30000 litros, es decir mayor a 30 metros cúbicos, en nuestro caso es de 45 metros cúbicos.

f) Dimensionamiento de la canastilla

Para este dimensionamiento, contamos con los siguientes datos:

- Diámetro interno de tubería de salida: Como nuestra tubería es de 2”, el diámetro interno de esta es  $D_{cs} = 57 \text{ mm}$
- La longitud de la canastilla: Se adopta que sea 5 veces el diámetro de salida  $c = 5$
- Área de ranura de con diámetro de 7mm:  $A_r = 38.48 \text{ mm}^2$

Hallamos la longitud de la canastilla:

$$L_c = D_{cs} \times c$$

$$L_c = 57 \times 5$$

$$L_c = 285 \text{ mm} = 0.285 \text{ m} = 0.3 \text{ m}$$

Hallamos el diámetro de la canastilla:

$$D_c = 2 \times D_{cs}$$

$$D_c = 2 \times 57$$

$$D_c = 114 \text{ mm} = 0.114 \text{ m}$$

Hallamos la longitud de circunferencia canastilla:

$$P_c = \pi \times D_c$$

$$P_c = \pi \times 114 \text{ m} = 358.15 \text{ m} = 0.360 \text{ m}$$

Hallamos el número de ranuras en el diámetro de la canastilla, espaciados 15mm:

$$N_r = \frac{P_c}{15}$$

$$N_r = \frac{358.14}{15}$$

$$N_r = 24 \text{ ranuras}$$

Hallamos el área total de ranuras:

$$A_t = 2 \times \pi \times \frac{D_{cs}^2}{4}$$

$$A_t = 2 \times \pi \times \frac{D_{sc}^2}{4}$$

$$A_t = 5103.517 \text{ mm}^2$$

Hallamos el número total de ranuras:

$$R = \frac{A_t}{A_r}$$

$$R = \frac{5103.517}{38.48}$$

$$R = 133 \text{ ranuras}$$

#### 5.6.5. Diseño estructural del reservorio

##### a) Espesor para los muros

Según la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018; nos indica que para un adecuado comportamiento la norma ACI 350-06 de Diseño sísmico de estructuras de hormigón que contienen líquido, recomienda un espesor mínimo para el muro de 15 a 20 cm (para conseguir por lo menos 5cm de recubrimiento) y que haya una separación máxima de 30 cm en el refuerzo.

Debido a esto, para nuestro diseño consideramos un espesor de:

$$e_m = 15 \text{ cm}$$

##### b) Espesor de losa de fondo

Se considera un espesor de losa de fondo de 20 cm y un solado de 10cm, debiendo ser esta altura no menor a 30 cm según la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018. Entonces consideramos:

$$z = 10 \text{ cm}$$

$$e_f = 20 \text{ cm}$$

Tenemos una altura total de cimentación:

$$h_c = z + e_f$$

$$h_c = 10 + 20 \text{ cm}$$

$$h_c = 30 \text{ cm}$$

##### c) Espesor de losa de techo

Se considera un espesor para la losa de techo de 10cm, que consideramos suficiente para la estructura y el volumen que contendrá, entonces:

$$e_t=10 \text{ cm}$$

d) Alero de losa de fondo

Se considera un alero de 20 cm en ambos extremos para la losa de fondo del reservorio.

En la figura 28 se muestra el reservorio acotado según los cálculos hallados para los espesores de muro y así poder tener una mejor representación gráfica.

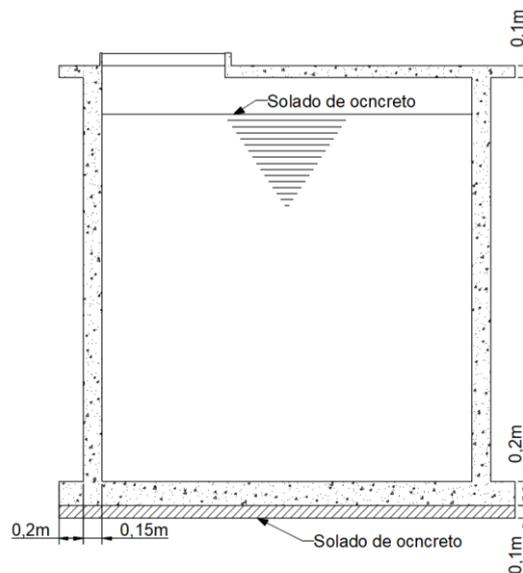


Figura N°29: Dimensiones del reservorio apoyado  
Fuente: Elaboración propia

5.6.6. Diseño hidráulico de la línea de aducción

a) Primer tramo:

Para el diseño necesitaremos los siguientes datos:

- Cota de reservorio proyectado: 3144 m
- Cota del primer domicilio: 3103 m
- Caudal máximo horario (Q<sub>mh</sub>): 1.85 l/s
- Longitud del tramo (L): 203.861 m

La carga disponible:  $H = \text{Cota inicio} - \text{Cota descarga}$

$$H = 3144 - 3103$$

$$H=41 \text{ m}$$

Diámetro:  $\emptyset = 1''$  (diámetro mínimo para el caso de sistemas rurales según la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

Dimensionamiento de la tubería:

Cálculo de gradiente hidráulica (L.G.H.)

Se cuenta con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{H}{L}$$

$$S = \frac{41}{203.861}$$

$$S = 0.201 \text{ m/m}$$

Hallamos el diámetro teórico:

$$D = \left( \frac{Q}{0.2785 * C * S^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$$

Siendo:

Q: Caudal en  $\text{m}^3/\text{s}$

C: coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

- PVC (C=150)

S: gradiente hidráulico, en m/m.

Reemplazando valores en la fórmula:

$$D = \left( \frac{\frac{1.1037}{1000}}{0.2785 * 150 * 0.201^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$$

$$D = 0.03074 \text{ m}$$

$$D = 30.74 \text{ mm} \approx 57 \text{ mm}$$

Hallamos la pérdida de carga unitaria  $hf_1$  (m):

Se trabajará con la ecuación de Hazen y Williams con las que los fabricantes de nuestro país elaboran las tuberías menores a 2 pulg, se trabajara con la siguiente ecuación:

$$s = \left( \frac{\frac{1}{1000}}{0.2785 * 150 * 0.0434^{2.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}}$$

$$h_{f1} = 0.009928 \text{ m}$$

Perdida de carga tramo  $H_{f1}$  (m):

$$h_{f1} = s * L$$

$$h_{f1} = 0.01198 * 203.861 = 2.0239 \text{ m}$$

Condición:

$$H > \sum H_f$$

$$38.56 > 2.0239 \text{ Ok}$$

En la figura 30 se muestra la sección longitudinal para el diámetro de tubería de aducción hallada previamente, la cual comprende el tramo desde el reservorio hasta el primer nodo, desde el cual se empezará con la distribución hacia los domicilios, para lo cual se calculó un diámetro de 57 mm (2").

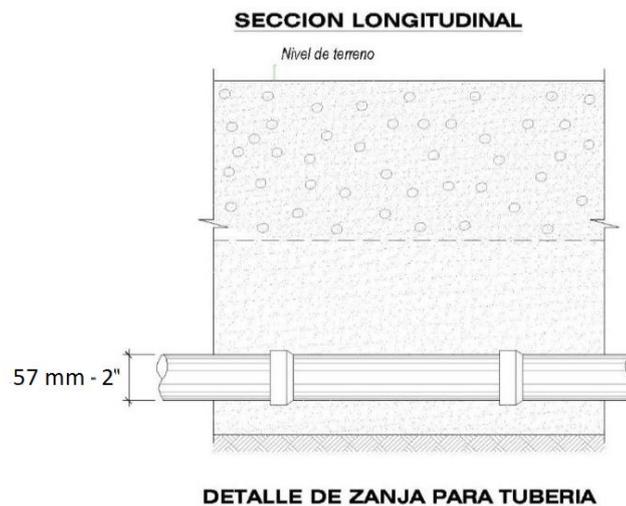


Figura N°30: Sección longitudinal para línea de aducción  
Fuente: Elaboración propia

#### 5.6.7. Diseño hidráulico de la línea de distribución

Para el diseño necesitaremos los siguientes datos:

- Caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ ): 1.85 l/s
- Longitud total del tramo ( $L$ ): 3629.026 m

El rango de velocidad recomendada será:

$$0.60 \text{ m/s} < V < 3.00 \text{ m/s}$$

Los diámetros mínimos de las tuberías según la Norma OS.050 de “Redes de distribución de agua para consumo humano” es de 81.4 mm (3”) para uso de vivienda y en casos excepcionales se usarán tuberías de 57 mm (2”) de diámetro, pero por recomendación del ingeniero asesor y su experiencia en el área, se usará tuberías de clase igual o inferior a 7.5 con un diámetro para los ramales principales de 29.4 mm (1”) y para los sub-ramales de 22.9 mm (3/4”),

#### 5.7. Conexión domiciliaria

La conexión domiciliaria será con tuberías de 1/2” y se conectará a la unidad básica de saneamiento (UBS) de cada beneficiario para que mediante esta estructura tengan el acceso al agua potable.

#### 5.8. Resumen de elementos que integran el sistema de agua potable

En la tabla N°7, se muestra la ficha técnica para tuberías de agua fría a presión de la empresa PAVCO, esta nos muestra los diámetros más comerciales y para diferentes clases existentes.

Tabla N°7:  
Ficha técnica PAVCO tuberías agua fría para clase 10

Diámetro Exterior		Longitud Total (metros)	Clase 10 108 PSI (10 bar)	
Nominal (Pulg)	Real (mm)		Espesor (mm)	Peso (kg/tubo)
1/2"	21	5	-	-
3/4"	26.5	5	-	-
1"	33	5	-	-
1 1/4"	42	5	1.8	1.758
1 1/2"	48	5	1.8	2.02
2"	60	5	2.2	3.088
2 1/2"	73	5	2.6	4.444
3"	88.5	5	3.2	6.625
4"	114	5	4.1	10.944
6"	168	5	6.1	23.995
8"	219	5	-	-

Fuente: PAVCO (2018)

En la tabla N°8, se muestra el resumen de todos los componentes que conforman el sistema de agua potable del centro poblado, en ella se observa las unidades y cantidades que fue proyectada para cada una, además se calculó número de tuberías a hallar para cada línea según la longitud proyectada.

Tabla N°8:  
Ficha técnica PAVCO tuberías agua fría para clase 10

Sistema de agua potable del centro poblado Ccaccamarca			
Ord.	Descripción	Und.	Cant.
a.	Sistema de captación de ladera	glb	1
b.	Línea de conducción	m	749.18
c.	Número de tuberías C7.5 - Ø57 mm (2") x 5.00 m	und	150
d.	Valvula de aire	und	1
e.	Reservorio apoyado 45.00 m <sup>3</sup>	glb	1
f.	Red de distribución	m	3832.89
g.	Número de tuberías C7.5 - Ø29.4 mm (1") x 5.00 m	und	237

h.	Número de tuberías C7.5 - Ø22.9 mm (3/4") x 5.00 m	und	608
i.	Camara rompe presión VII	und	1
j.	Válvula de control	und	11
k.	Válvula de purga	und	1

Fuente: Elaboración propia

## 5.9. Sistema de agua potable mediante software WaterGEMS

### 5.9.1. Primera Propuesta

#### a) Demanda por caudales unitarios

En la tabla N°9, se muestra las demandas unitarias halladas para cada conexión domiciliaria y no domiciliaria en base al caudal máximo horario, demanda total de 1.105 L/s, esta demanda es colocada en el software WaterGEMS para el modelamiento del sistema de agua potable del centro poblado de Ccaccamarca.

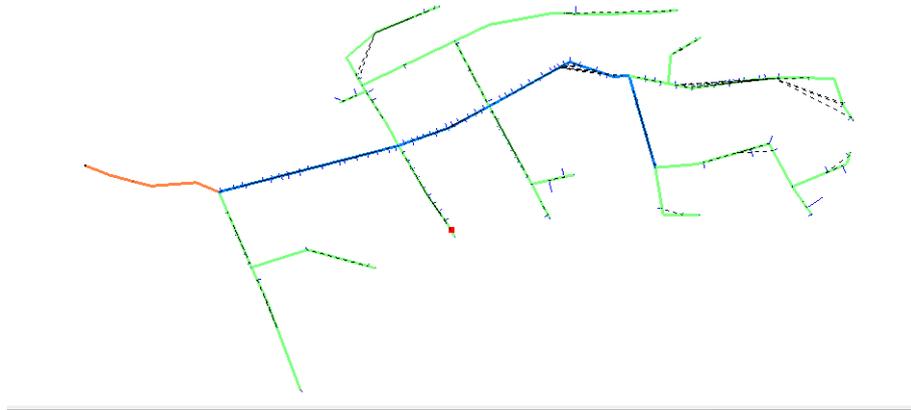
Tabla N°9:  
Caudales unitarios

Línea de distribución	
Caudales unitarios	Demanda (L/s)
Jardín inicial	0.002662037
Iglesia evangélica 1	0.000086806
Iglesia evangélica 2	0.000086806
Iglesia Católica 1	0.000086806
Iglesia Católica 2	0.000086806
Centro de salud	0.020833333
Viviendas	0.006489837
Secundaria	0.006510417
Escuela Primaria	0.005671296
Local comunal	0.003729167
<b>Total</b>	<b>0.046243310</b>

Fuente: Elaboración propia

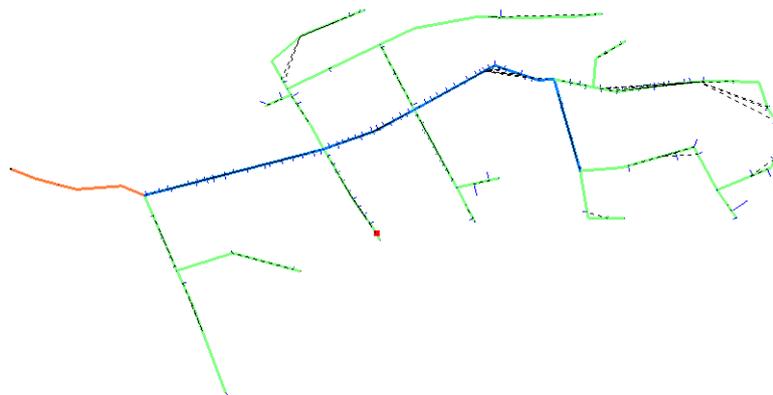
b) Modelación

En la Figura N°31, se muestra el modelado final que se realizó en el software WaterGEMS se observa la red de aducción (línea color naranja) y la red de distribución primaria (línea de color azul) y secundaria (línea de color verde).



*Figura N°31:* Línea de conducción y distribución en WaterGEMS  
Fuente: Software WaterGEMS(2022)

En la Figura N°33, se muestra la red de distribución completa modelada con un diámetro de 57mm la red de aducción (línea de color naranja), diámetro de 29.4 mm la red principal (línea color azul) y 22.9 mm la red secundaria (línea color verde) en el software WaterGEMS.



*Figura N°32:* Red de distribución en WaterGEMS  
Fuente: Software WaterGEMS (2022)

En la Figura N°34, se muestra la red de distribución completa modelada con un diámetro de 29.4 mm (línea color azul) y 22.9 mm (línea color verde) en el software WaterGEMS junto a las curvas de nivel con una equidistancia de 2 metro del centro poblado de Ccaccamarca.

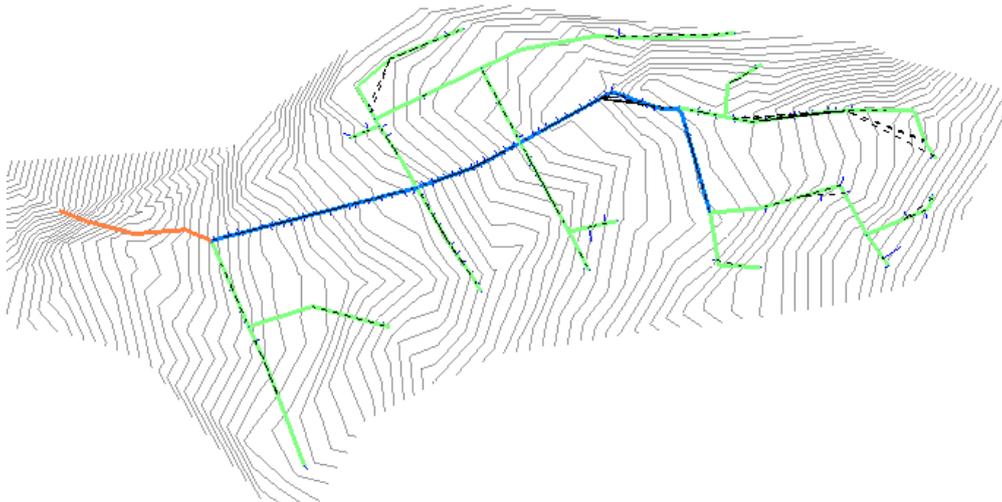


Figura N°33: Red de distribución junto a las curvas de nivel en WaterGEMS.  
Fuente: Software WaterGEMS (2022)

En la Figura N° 35, se observa el tramo de la línea de conducción en el cual observamos la captación junto a su información como cota, también se ve los resultados de velocidad, caudal y diámetro, ya obtenido para esta tubería en el software WaterGEMS.

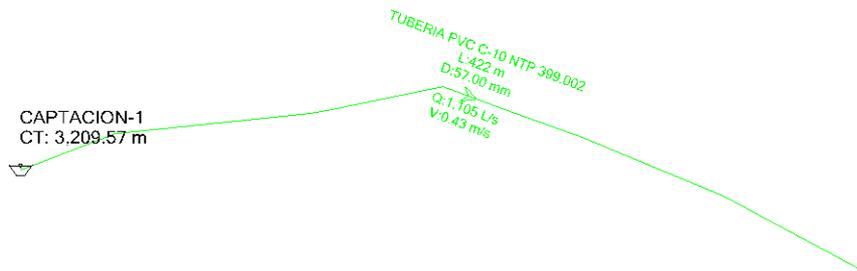


Figura N°34: Inicio de la red de conducción en WaterGEMS  
Fuente: Software WaterGEMS (2022)

En la Figura N°36, se muestra el primer tramo de la red de distribución en el cual observamos el primero nodo junto a su información cota y presión a la que llega el agua, también se ve los resultados de velocidad, ya obtenidos para las tuberías, hallados en el software WaterGEMS.

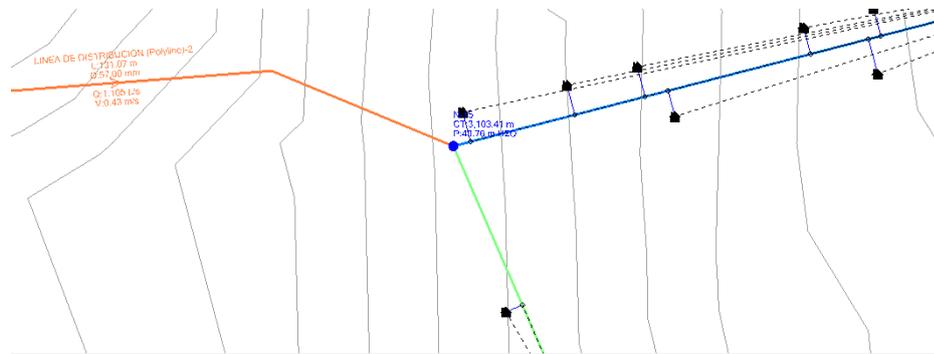


Figura N°35: Inicio de la red de distribución en WaterGEMS  
Fuente: Software WaterGEMS (2022)

En la Figura N°37, se observa un tramo de la red de distribución en el cual se encuentra la cámara rompe presión tipo VII junto a su información como cota, presión de llegada y presión de salida, también se ve los resultados de velocidad, ya obtenidos para las tuberías y las presiones en los nodos “J”, hallados en el software WaterGEMS.

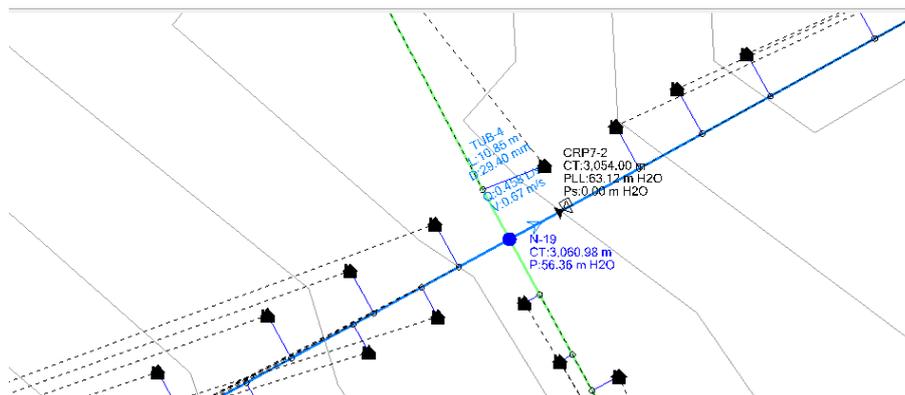


Figura N°36: Tramo de la red de distribución  
Fuente: Software WaterGEMS (2022)

En la Figura N°38, se muestra la pestaña del resumen de cálculos del software WaterGEMS, lo cual se observa que no sale ningún mensaje

de error o advertencia, finalmente se concluye que se hizo un correcto modelado para todo el sistema de agua potable.

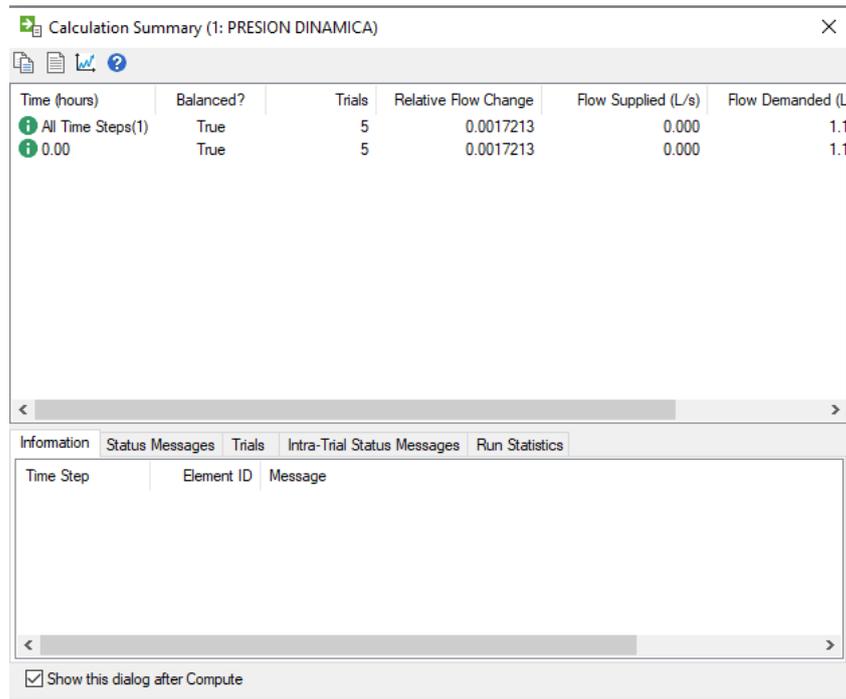


Figura N°37: Pantallazo del software para el cálculo del modelado  
Fuente: Software WaterGEMS (2022)

### c) Resultados

En la Tabla N°10, se muestra los resultados del “JUCTION TABLE” obtenido del modelado en el software WaterGEMS, en el que se observa para cada nodo los resultados como la presión.

Tabla N°10:  
Tabla de resultados para cada nodo

Nodo	Elev. (m)	Q (L/s)	G. H.(m)	P (m H2O)
N-1	3,039.16	0.33	3,049.90	10.72
N-2	3,037.28	0.013	3,049.84	12.53
N-3	3,035.32	0.036	3,049.85	14.49
N-4	3,034.44	0.032	3,049.80	15.33
N-5	3,030.35	0	3,049.80	19.42
N-6	3,120.88	0	3,144.75	23.83
N-7	3,015.46	0.023	3,049.59	34.06

N-8	3,014.85	0	3,049.85	34.93
N-9	3,011.58	0.006	3,049.59	37.93
N-10	3,010.94	0.016	3,049.58	38.55
N-11	3,103.41	0.032	3,144.25	40.76
N-12	3,097.96	0.013	3,144.21	46.16
N-13	3,072.73	0.01	3,119.08	46.26
N-14	3,071.77	0.318	3,120.35	48.49
N-15	3,095.00	0.006	3,144.21	49.11
N-16	3,072.45	0.03	3,119.08	46.54
N-17	3,071.42	0.058	3,120.13	48.61
N-18	3,099.03	0.006	3,144.21	45.09
N-19	3,072.91	0	3,118.99	45.98
N-20	3,070.32	0.017	3,118.99	48.57
N-21	3,068.20	0	3,117.89	49.59
N-22	3,067.98	0.084	3,117.46	49.38
N-23	3,069.28	0.039	3,117.89	48.52
N-24	3,068.75	0.026	3,117.40	48.55
N-25	3,068.21	0	3,117.40	49.09
N-26	3,068.35	0.006	3,117.40	48.95

Fuente: Software WaterGEMS (2022)

En la Tabla N°11, se muestra los resultados del “PIPE TABLE” obtenido mediante el software WaterGEMS, en el que se observa para cada tubería el caudal y la velocidad. Las velocidades no cumplen el rango establecido en el proyecto, producto del escaso caudal que brinda la fuente de agua para lograr cumplir las velocidades mínimas según norma.

Tabla N°11:  
Tabla de resultados para cada tubería

Etiqueta	L (m)	Nodo de inicio	Nodo final	D (mm)	H-W Coef.	Q (L/s)	V (m/s)
TUB-1	313.35	N-3	N-8	22.9	150	0	0
TUB-2	205.17	N-20	N-19	22.9	150	0.001	0
TUB-3	333.25	N-23	N-21	22.9	150	0.001	0
TUB-4	124.28	N-4	N-5	22.9	150	0.001	0
TUB-5	56.85	N-24	N-25	22.9	150	0.001	0
TUB-6	63.82	N-24	N-26	22.9	150	0.006	0.02
TUB-7	189.67	N-12	N-15	22.9	150	0.006	0.02
TUB-8	195.1	N-12	N-18	22.9	150	0.006	0.02
TUB-9	49.82	N-7	N-9	22.9	150	0.006	0.02
TUB-10	40.83	N-13	N-16	22.9	150	0.01	0.03
TUB-11	93.1	N-3	N-2	22.9	150	0.013	0.03
TUB-12	104.98	N-7	N-10	22.9	150	0.016	0.04
TUB-13	121.21	N-11	N-12	22.9	150	0.026	0.06
TUB-14	131.08	N-22	N-24	22.9	150	0.033	0.08
TUB-15	243.54	N-4	N-7	22.9	150	0.045	0.11
TUB-16	140.85	N-1	N-4	29.4	150	0.078	0.12
TUB-17	58.82	N-1	N-3	22.9	150	0.049	0.12
TUB-18	158.13	N-14	N-17	22.9	150	0.058	0.14
TUB-19	108.77	N-22	N-23	22.9	150	0.102	0.25
TUB-20	151.46	N-23	N-20	22.9	150	0.142	0.34
TUB-21	10.45	N-16	N-20	22.9	150	0.159	0.39
TUB-22	129.9	N-6	N-11	57	150	1.105	0.43
TUB-23	73.96	RESERV-1	N-6	57	150	1.105	0.43
TUB-24	93.48	N-16	N-14	22.9	150	0.199	0.48
TUB-25	8.3	N-22	CRP7-2	29.4	150	0.457	0.67
TUB-26	217.58	CRP7-2	N-1	29.4	150	0.458	0.67
TUB-27	145.82	N-14	N-22	29.4	150	0.471	0.69
TUB-28	273	N-14	N-11	29.4	150	1.047	1.54

Fuente: Software WaterGEMS (2022)

En la Tabla N°12 se muestra el “PRV TABLE” obtenido mediante el software WaterGEMS, en el que figura para cada cámara rompe presión tipo VII su elevación, diámetro y los resultados obtenidos, tales como, caudal, grado hidráulico, y sus pérdidas.

Tabla N°12:  
Tabla de resultados para CRP tipo VII

Etiqueta	Elevación (m)	D (mm)	G.H. (m)	P (Inicial) (m H2O)	Q (L/s)	G.H. (de) (m)	G.H. (para) (m)	Headloss (m)
CRP7-1	3,054.00	29.4	0	0	0.46	3,117.16	3054	63.16

Fuente: Software WaterGEMS (2021)

### 5.9.2. Propuesta de mejora

#### a) Demanda por caudales unitarios

En la tabla N°13, se muestra las demandas unitarias halladas para cada conexión domiciliaria y no domiciliaria en base al caudal máximo horario, esta demanda es colocada en el software WaterGEMS para el modelamiento del sistema de agua potable del centro poblado de Ccaccamarca.

Tabla N°13:  
Caudales unitarios

Línea de distribución	
Caudales unitarios	Demanda (L/s)
Jardín inicial	0.002662037
Iglesia evangélica 1	0.000086806
Iglesia evangélica 2	0.000086806
Iglesia Católica 1	0.000086806
Iglesia Católica 2	0.000086806
Centro de salud	0.020833333
Viviendas	0.006489837
Secundaria	0.006510417
Escuela Primaria	0.005671296
Local comunal	0.003729167
<b>Total</b>	<b>0.046243310</b>

Fuente: Elaboración propia

b) Demanda para cada nodo

En la tabla N°13, se muestra las demandas añadidas en algunos nodos con el objetivo de aumentar el caudal, esta demanda es añadida ya que en algunos tramos de tuberías se obtiene velocidades muy bajas y en algunos casos velocidades de 0.00 m/s. Finalmente se obtiene una demanda final de 1.835 l/s lo cual cumple, ya que es menor a la demanda de oferta. Estos caudales se colocan en el software WaterGEMS para el modelamiento del sistema de agua potable del centro poblado de Ccaccamarca.

Tabla N°13:  
Demanda para el software

Nodos	Demand (Base) (L/s)
N-1	0.1
N-2	0.18
N-3	0
N-4	0
N-5	0
N-6	0
N-7	0
N-8	0
N-9	0
N-10	0.1
N-11	0
N-12	0.05
N-13	0
N-14	0
N-15	0.1
N-16	0.2
N-17	0
N-18	0
N-19	0
N-20	0

N-21	0
N-22	0
N-23	0
N-24	0
N-25	0
N-26	0
<b>TOTAL</b>	<b>0.73</b>

Fuente: Elaboración propia

a) Modelación

En la Figura N°38, se muestra el modelado que se hizo en el software WaterGEMS de la red de conducción (línea color amarillo), línea de aducción (color naranja) y la red de distribución (línea color azul y verde)

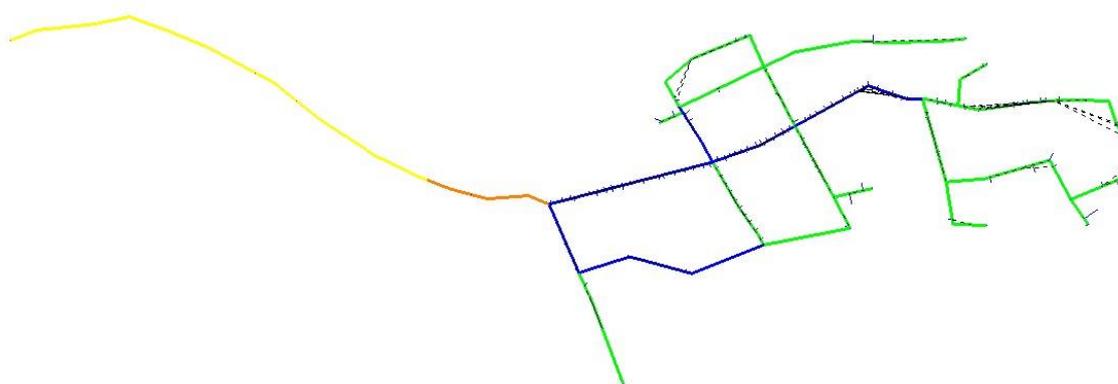


Figura N°38: Sistema de agua potable del centro poblado de Ccaccamarca  
Fuente: Software WaterGEMS (2022)

En la Figura N°39, se muestra la línea de conducción completa modelada con un tubería de PCV C-10 de diámetro de 57.00 mm en el software WaterGEMS.

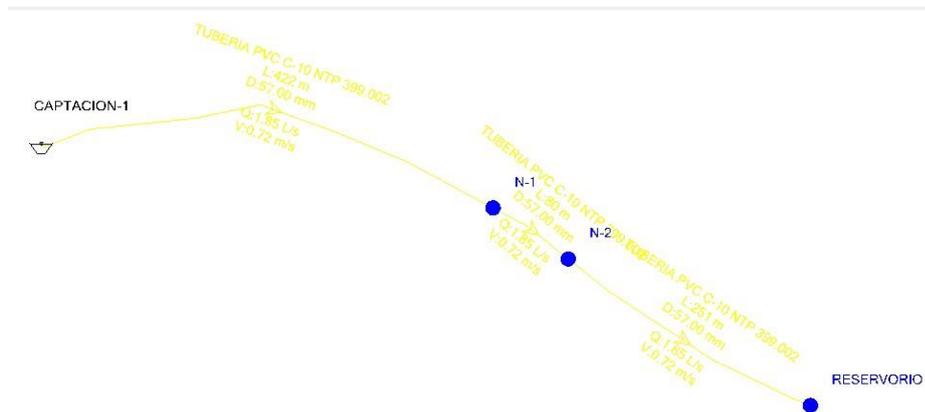


Figura N°39: Línea de conducción del centro poblado de Ccaccamarca  
 Fuente: Software WaterGEMS (2022)

En la Figura N°40, se muestra el perfil de la línea conducción, donde se observa que la línea de gradiente hidráulico está por encima del reservorio, quiere decir que se tiene una pérdida de carga mínima y llega con una buena presión al reservorio de 57 m.c.a. Se observa también el N1 donde se ubica la válvula de purga y el N2 donde se ubica la válvula de aire, los cuales son los puntos más bajos y más altos de la red de conducción.

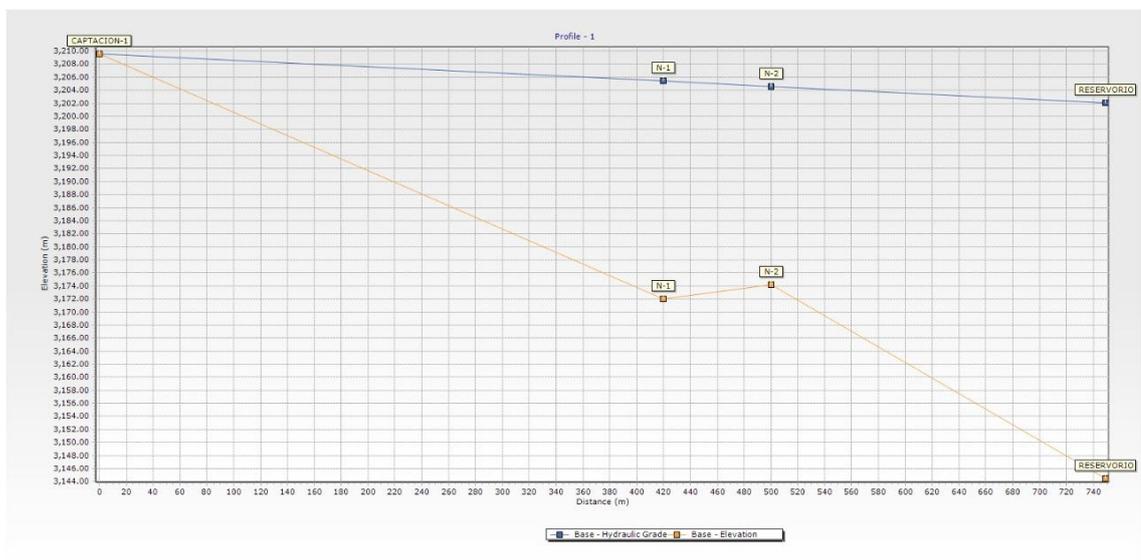


Figura N°40: Perfil de la línea de conducción del centro poblado de Ccaccamarca  
 Fuente: Software WaterGEMS (2019)

En la Figura N°41, se muestra las curvas de nivel separadas a una equidistancia de 2m y la red de distribución completa modelada en el WaterGEMS con un diámetro de 29.40 mm la red principal (línea

color azul) y 22.90 mm la red secundaria (línea color verde) del centro poblado de Ccaccamarca.

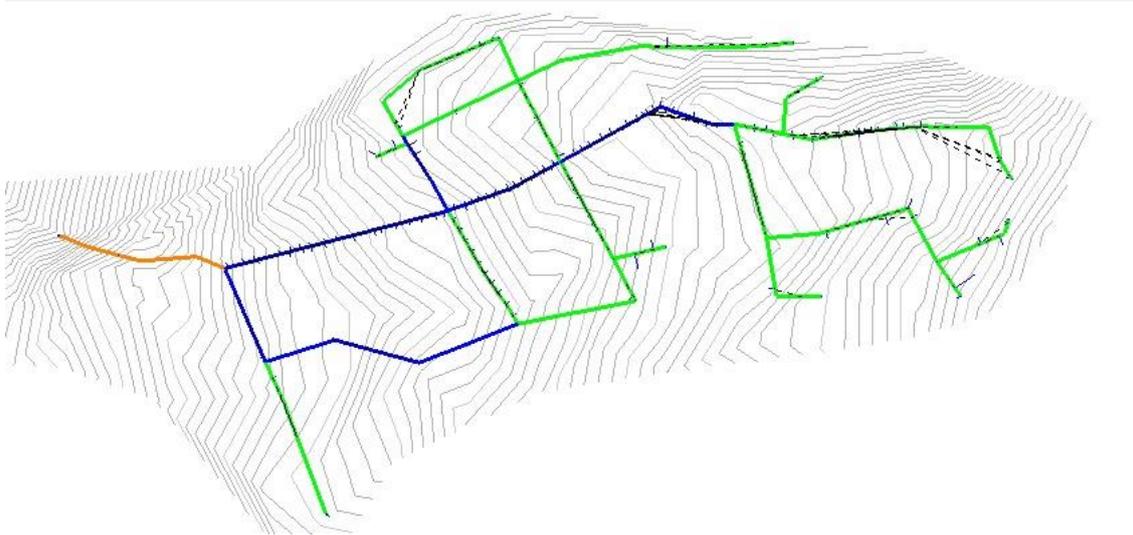


Figura N°41: Curvas de nivel en red de distribución  
Fuente: Software WaterGEMS (2022)

En la Figura N°42, se observa la captación y la línea de conducción junto a su información como coordenadas y cota, también se ve los resultados de velocidad, ya obtenido para esta tubería en el software WaterGEMS.

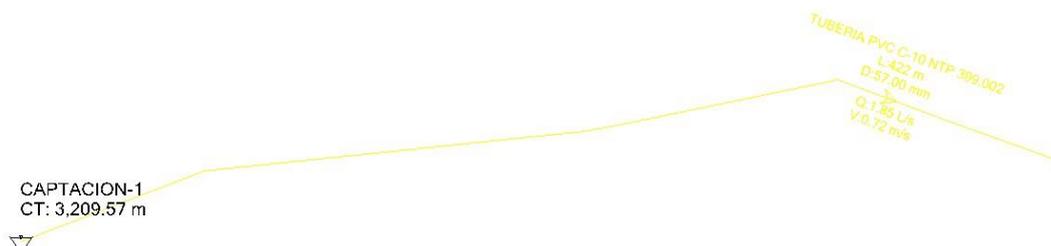


Figura N°42: línea de conducción  
Fuente: Software WaterGEMS (2022)

En la figura N°43, se observa un tramo de la línea de conducción en el cual observamos la válvula de purga y aire como también se ve los resultados de velocidad, ya obtenido para la tubería comprendida entre estas 2 válvulas en el software WaterGEMS



Figura N°43: Tramo de la línea de conducción  
Fuente: Software WaterGEMS (2022)

En la Figura N°44, se observa el último tramo de la línea de conducción en el cual se observa la cota en la que se encuentra y presión con la cual llega al reservorio, también se observa los resultados de velocidad y caudal, ya obtenido para la tubería PVC – C-10 en el software WaterGEMS.

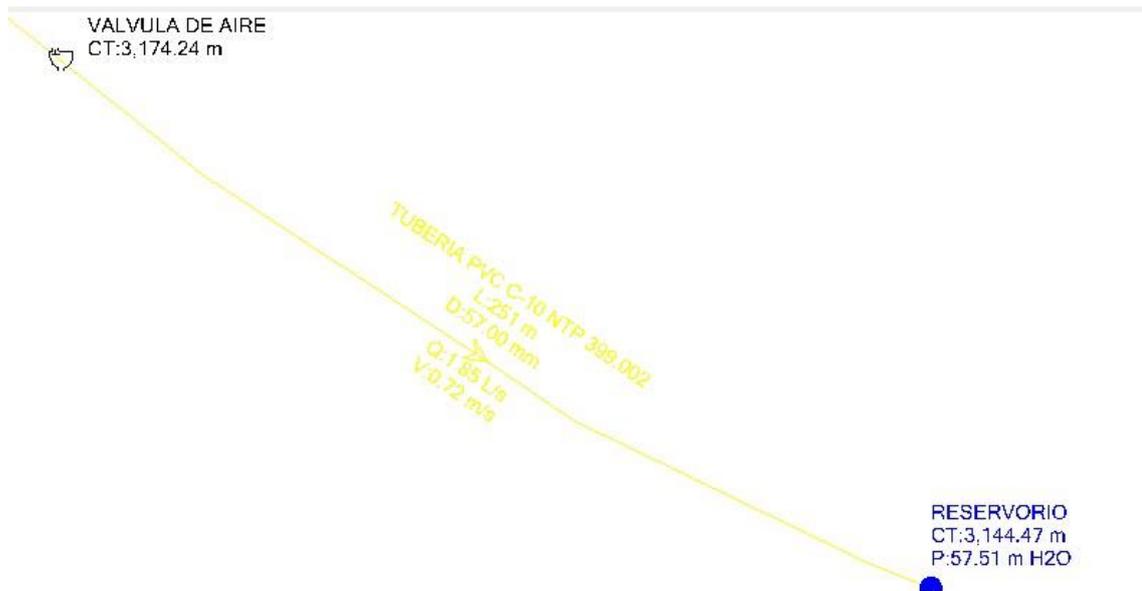


Figura N°44: Último tramo de la línea de conducción  
 Fuente: Software WaterGEMS (2021)

En la Figura N°45, se muestra un tramo de la red de distribución en el cual observamos 2 nodos con información como demanda, longitud, velocidad, diámetro en las tuberías, hallados en el software WaterGEMS.

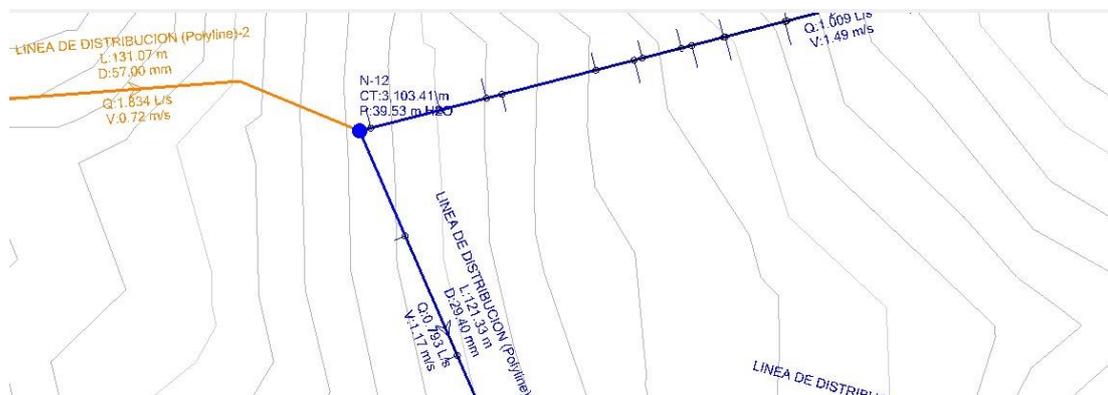


Figura N°45: Tramo de la red de distribución  
 Fuente: Software WaterGEMS (2022)

En la Figura N°46, se muestra un tramo de la red de distribución en el cual observamos la cámara rompe presión tipo VII, junto a ello su información como cota de terreno, presión en los nodos, caudal y velocidad en las tuberías, hallados en el software WaterGEMS.

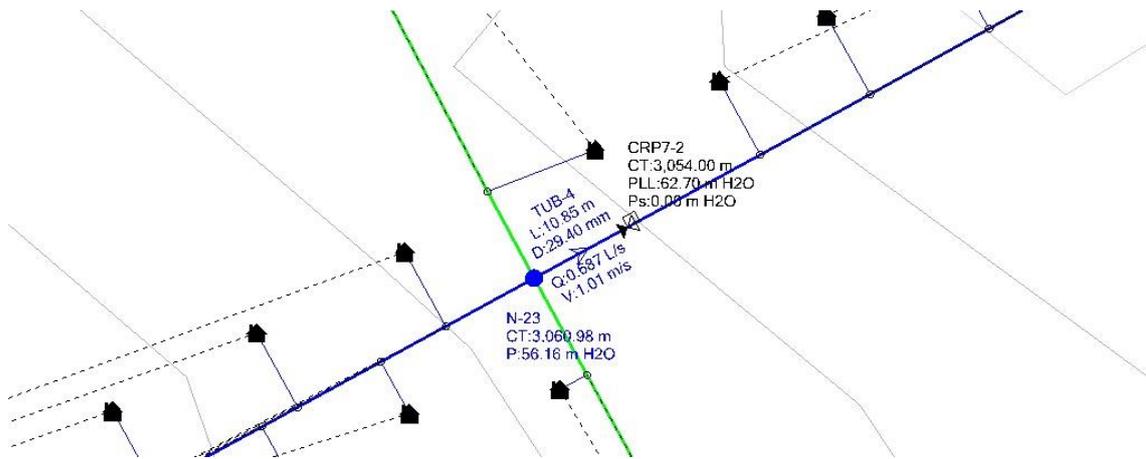


Figura N°46: Tramo de la red de distribución donde se ubica la caja rompe presión tipo VII  
 Fuente: Software WaterGEMS (2022)

En la Figura N°47, se observa la ventana del resumen de cálculos sin ningún error o advertencia en el software WaterGEMS, con lo cual se concluye que se hizo un correcto modelado para todo el sistema de agua potable.

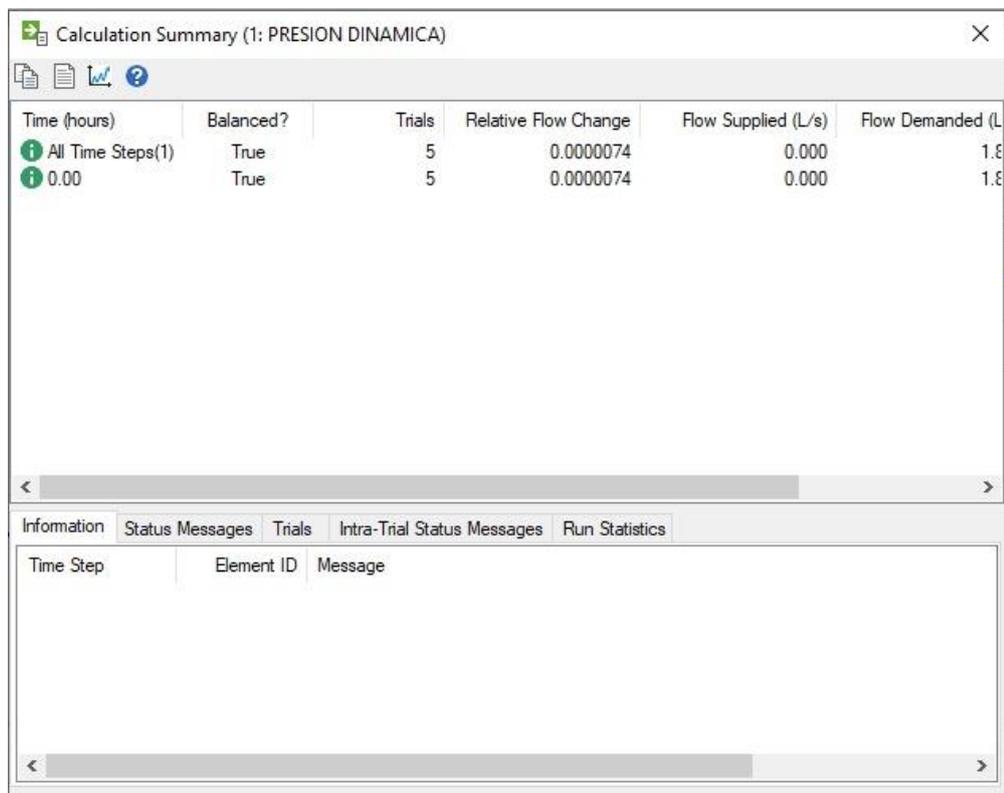


Figura N°47: Pantalla de software para el cálculo del modelado  
 Fuente: Software WaterGEMS (2022)

b) Resultados

En la Tabla N°14, se observa el resultado de la tabla “JUNCTION TABLE” obtenido mediante el software WaterGEMS, en el que figura para cada nodo los resultados como el nodo, grado hidráulico, elevación, demanda y la presión.

Tabla N°14:  
Tabla de resultados para cada nodo

Nodo	Elev. (m)	Q (L/s)	G. H. (m)	P (m H2O)
N-1	3,035.32	0.036	3,044.47	9.12
N-2	3,034.44	0.032	3,044.02	9.56
N-3	3,034.28	0.013	3,044.46	10.16
N-4	3,030.35	0.05	3,043.89	13.51
N-5	3,029.16	0.33	3,045.27	16.07
N-6	3,014.85	0.15	3,041.94	27.04
N-7	3,015.46	0.023	3,043.47	27.95
N-8	3,011.58	0.036	3,043.36	31.71
N-9	3,010.94	0.016	3,043.46	32.45
N-10	3,097.96	0.013	3,136.70	38.66
N-11	3,072.73	0.11	3,118.30	45.48
N-12	3,089.03	0.106	3,135.87	46.74
N-13	3,071.77	0.318	3,120.71	48.84
N-14	3,070.00	0.03	3,119.01	48.91
N-15	3,080.00	0.006	3,129.37	49.27
N-16	3,070.00	0.05	3,116.23	46.14
N-17	3,069.00	0.12	3,117.57	48.47
N-18	3,071.00	0.026	3,118.61	47.51
N-19	3,075.00	0.058	3,124.64	49.54
N-20	3,076.00	0.1	3,119.64	43.55
N-21	3,074.00	0.084	3,117.27	43.18
N-22	3,069.00	0.039	3,117.56	48.47
N-23	3,072.00	0.036	3,118.46	46.37
N-24	3,074.00	0.017	3,118.91	44.82

Fuente: Software WaterGEMS (2021)

En la Tabla N°15, se muestra el “PIPE TABLE” obtenido mediante el software WaterGEMS, en el que figura para cada tubería los resultados como el coeficiente de Hazen-Williams, el caudal y la velocidad. Las velocidades no cumplen el rango establecido en el proyecto, producto del escaso caudal que brinda la fuente de agua para lograr cumplir las velocidades mínimas según norma.

Tabla N°15:  
Tabla de resultados para cada tubería

Etiqueta	L (m)	Nodo de inicio	Nodo final	D (mm)	H-W Coef.	Q (L/s)	V (m/s)
TUB-1	93.1	N-1	N-3	22.9	150	0.013	0.03
TUB-2	55.91	N-17	N-22	22.9	150	0.014	0.03
TUB-3	104.98	N-7	N-9	22.9	150	0.016	0.04
TUB-4	124.28	N-2	N-4	22.9	150	0.05	0.12
TUB-5	63.82	N-18	N-23	17.4	150	0.036	0.15
TUB-6	49.82	N-7	N-8	17.4	150	0.036	0.15
TUB-7	243.54	N-2	N-7	22.9	150	0.075	0.18
TUB-8	108.77	N-21	N-22	22.9	150	0.083	0.2
TUB-9	333.25	N-22	N-16	17.4	150	0.05	0.21
TUB-10	195.1	N-10	N-12	22.9	150	0.106	0.26
TUB-11	205.17	N-24	N-17	22.9	150	0.134	0.33
TUB-12	313.35	N-1	N-6	22.9	150	0.15	0.36
TUB-13	140.85	N-5	N-2	22.9	150	0.158	0.38
TUB-14	151.46	N-22	N-24	22.9	150	0.158	0.38
TUB-15	131.08	N-21	N-18	22.9	150	0.17	0.61
TUB-16	10.45	N-14	N-24	29.4	150	0.309	0.62
TUB-17	40.83	N-11	N-14	17.4	150	0.11	0.63
TUB-18	58.82	N-5	N-1	22.9	150	0.199	0.64
TUB-19	56.85	N-18	N-20	22.9	150	0.233	0.65
TUB-20	93.48	N-14	N-13	29.4	150	0.449	0.66
TUB-21	158.13	N-13	N-19	22.9	150	0.276	0.67
TUB-22	145.82	N-13	N-21	29.4	150	0.517	0.76
TUB-23	141.92	N-19	N-20	22.9	150	0.333	0.81

TUB-24	125.33	N-19	N-15	29.4	150	0.667	0.98
TUB-25	189.67	N-10	N-15	29.4	150	0.674	0.99
TUB-26	217.58	CRP7-2	N-5	29.4	150	0.687	1.01
TUB-27	8.3	N-21	CRP7-2	29.4	150	0.687	1.01
TUB-28	121.21	N-12	N-10	29.4	150	0.793	1.17
TUB-29	273	N-13	N-12	29.4	150	1.008	1.49

Fuente: Software WaterGEMS (2021)

En la tabla N°16, se muestra el “PRV TABLE” obtenido mediante el software WaterGEMS, en el que figura los resultados obtenidos para cada cámara rompe presión tipo VII, tales como, elevación, diámetro, caudal, grado hidráulico y sus pérdidas.

Tabla N°16:

Tabla para cámara rompe presión tipo VII para red de distribución

Etiqueta	Elevacion (m)	D (mm)	G.H. (m)	P (Inicial) (m H2O)	Q (L/s)	G.H. (de) (m)	G.H. (para) (m)	Headloss (m)
CRP7-2	3,054.00	29.4	0	0	0.687	3,116.41	3,054.00	62.41

Fuente: Software WaterGEMS (2021)

#### 5.10. Análisis de resultados

La topografía del centro poblado de Ccaccamarca es accidentado e irregular, tiene valles interandinos, laderas con pendientes pronunciadas que llega hasta el Río Pampas, en las partes más altas cuenta con pequeñas llanuras y la producción es variada en pequeñas escalas, la captación está ubicada en una cota de 3210 m.s.n.m., con una pendiente fuerte para la línea de conducción entre 60% a 70%; La cota donde empieza la línea de aducción es de 3144 m.s.n.m; La red de distribución oscila entre las cotas 3103 m.s.n.m hasta los 3020 n.s.n.m, presenta una topografía accidentada con una pendiente entre 40% a 50% esto es un indicativo de que la topografía de nuestro terreno no necesariamente es adecuada para el trazado de un sistema de agua potable, ya que los desniveles junto a las pendientes con las que se cuentan, hace que se tengan que proyectar un mayor número de elementos para el sistema, tales como, cámara rompe presión y válvulas.

Para el año 2022, la población beneficiada es de 160 familias, quiere decir un total 558 habitantes y para el año 2042 (horizonte del proyecto) con una tasa de crecimiento promedio anual de 0.15 % para el distrito de Ocros según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), se halló una población futura de 575 habitantes mediante el método aritmético.

La dotación de agua para la población del centro poblado es considerada según la guía para la formulación de proyectos de inversión exitosas del Ministerio de Economía y Finanzas (2011) de 80 l/hab/d, para la región geográfica sierra en donde el sistema de disposición de excretas es de letrinas con arrastre hidráulico. Como contamos con tres instituciones educativas (Inicial, primaria y secundaria) en nuestro centro poblado, según la Norma Técnica I.S 0.10 de “Instalaciones sanitarias para edificaciones” (2006) artículo 6° correspondiente a dotaciones, indica que la dotación de agua para educación inicial y primaria será de 20 l/alumno.d, para la educación secundaria será de 25 l/alumno.d; también se cuenta con Iglesias con una dotación de 3 l/Ast.d, un local comunal con una dotación de 6 l/m<sup>3</sup> y un centro de salud con una dotación de 600 l/cam.d, las dotaciones de agua fueron indicadas según la RNE IS .010.

Los caudales de diseño a utilizar fueron determinados mediante el cálculo de un caudal promedio anual (Qp) para la dotación de 80l/hab/d y población futura de 575 habitantes, el cual fue de 0.532 l/s, mientras que para la institución educativa de nivel inicial y primaria que cuenta con una dotación de 20 l/alumnos/d teniendo 43 alumnos y 3 docentes en inicial, 92 alumnos y 6 docentes en primaria; Y se tiene una dotación de 25 l/alumno.d. Para la institución educativa secundaria con 82 alumnos y 8 docentes, se considera 6 horas de consumo, según la Estadística de la Calidad Educativa (ESCALE) del Ministerio de Educación durante el 2020, con ello se obtuvo un consumo para la institución educativa inicial de 0.00266 l/s, primaria de 0.00567 y secundaria de 0.00651 l/s. Para las 4 iglesias se obtuvo un consumo de 0.00035 l/. El local comunal obtuvo un consumo de 0.00373 l/s y el centro de salud un consumo de 0.02083 l/s; Sumando todos los caudales de consumo se tiene un caudal promedio anual de 0.03975 l/s. Así mismo, el caudal máximo diario (Qmd) obtenido es de 0.73135 l/s y el máximo horario (Qmh) de 1.1037 l/s. La línea de conducción diseñada para el sistema de agua potable da inicio en la cota 3210 m.s.n.m con una longitud horizontal de tramo de tubería de 749.18 metros y una carga desde la captación al reservorio de 37.94 metros,

debido a ello, no se necesitó cámaras rompe presión (CRP) a lo largo de todo este tramo.

La línea de aducción trazada para el sistema de agua potable da inicio en la cota en donde se ubica el reservorio proyectado 3144 m.s.n.m, con una longitud horizontal de tramo de tubería de 203.861 m.

La línea de distribución trazada para el sistema de agua potable da inicio en la cota en donde se ubica el reservorio proyectado 3103 m.s.n.m, con una longitud horizontal de tramo de tubería de 3629.026 metros.

La fuente de abastecimiento del centro poblado de Ccaccamarca es captada del ojo de agua “Hatumrumi”, el que, mediante el método volumétrico, que consiste en llenar un recipiente con una capacidad conocida y medir el tiempo de su llenado, se logró obtener del promedio de 4 ensayos realizados un caudal de aforo de 1.85 l/s, siendo este caudal suficiente para abastecer el caudal máximo diario (Qmd) según lo demostrado.

El diseño hidráulico de captación de ladera se obtuvo del numeral 5 de la Norma Técnica de Diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural (2018) siendo los valores obtenidos tomados en cuenta según las consideraciones y formulas específicas brindadas por la misma, inicialmente el ancho de pantalla mediante la determinación de número de orificios siendo este de 4 con medida de 2 pulgadas cada uno, logrando obtener el ancho de pantalla de 1.30 metros. Se obtuvo también la distancia entre el punto de afloramiento y la cámara húmeda siendo este valor obtenido con los cálculos de 1.25 metros. Además, se determinó la altura de la cámara húmeda y el dimensionamiento de la canastilla, siendo la altura calculada de 2.00 metros y la canastilla diseñada de 133 ranuras con un diámetro de canastilla de 4 pulgadas y una longitud de 0.30 metros. Así mismo, se calculó el diámetro de la tubería de rebose y limpieza de 4 pulgadas.

El diseño hidráulico de la línea de conducción se determinó desde la captación de manantial hasta el reservorio proyectado, con los cálculos se ha obtenido un diámetro de 1 1/2” pero según la norma OS.010 de “Captación y conducción de agua para consumo humano” (2006) se tendría que usar tuberías de clase igual o inferior a 7.5 de un diámetro de tubería de 81.40 mm (3”), pero por recomendación del ingeniero asesor y su experiencia en el área se usó un diámetro de tubería de 57mm - 2” , debido al

desnivel que existe en la elevación entre la captación y reservorio. Finalmente se cumple con los parámetros mínimos de diseño de velocidad y presión en la tubería proyectada.

Para el diseño hidráulico del reservorio, se determinó el volumen de almacenamiento que según la Norma OS.100 de “Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria” (2006) existen restricciones con respecto a los volúmenes adicionales a considerar por ello el volumen de reservorio asumido es de 45 metros cúbicos, valor necesario para el dimensionamiento en donde se observa una base de 3 por 5 metros cuadrados, una altura de agua de 3.00 metros, un borde libre de 0.30 metros y una altura total del reservorio de 3.30 metros. Se obtuvo un tiempo de almacenamiento de 6.66 horas. Además, el diámetro de la tubería de ingreso al reservorio es de 2 pulgadas misma medida obtenida de la línea de conducción, el diámetro de la tubería de salida es de 2 pulgada, diámetro de la tubería de limpieza de 6 pulgadas, así como la canastilla con una longitud de 11 cm y un total de ranuras de 29. Así mismo, se considera un espesor de losa de fondo de 20 centímetros, un solado de 10 centímetros y un espesor de muros de 15 centímetros para un adecuado comportamiento en estructuras que contienen líquido según la norma ACI 350.06.

a) Línea de conducción

En la tabla N°25, se muestra los resultados de la velocidad en las tuberías de la línea de conducción, se concluye que en este tramo todas las velocidades están dentro del rango permisible según la Norma OS.010 de Captación y conducción de agua para consumo humano (2006).

Tabla N°24:  
Comparación de resultados para velocidad en línea de conducción

ETIQUETA	D(mm)	V(m/s)	RANGO PERMISIBLE	CONCLUSION
TUBERIA 1 PVC C-10 NTP				
399.002	57	0.72	0.6 - 3.00 m/s	cumple
TUBERIA 2 PVC C-10 NTP				
399.002	57	0.72	0.6 - 3.00 m/s	cumple
TUBERIA 3 PVC C-10 NTP				
399.002	57	0.72	0.6 - 3.00 m/s	cumple

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla N°24, para las tuberías pertenecientes a la línea de conducción, las velocidades se encuentran dentro del rango permisible, es decir, cumplen con la Norma OS.010 (2006).

b) Red de distribución

En la red de distribución se tuvo que aumentar la demanda en los nodos y sectorizar algunos tramos para que pueda cumplirse con los parámetros mínimos de diseño en las velocidades y presiones. En la tabla N°25, se muestra los resultados para las velocidades que se encuentran en las tuberías de la red de distribución, se concluye que hay velocidades, las cuales no están dentro del rango permisible, Pero mejora gran parte de las tuberías las cuales si cumplen con los rangos permisibles, según la Norma OS.050 de Captación y conducción de agua para consumo humano (2006).

Tabla N°25:  
Comparación de resultados para velocidad para red de distribución

Nodo de inicio	Nodo final	D (mm)	H-W Coef.	Q (L/s)	V (m/s)	CONCLUSION
N-1	N-3	22.9	150	0.013	0.03	no cumple
N-17	N-22	22.9	150	0.014	0.03	no cumple
N-7	N-9	22.9	150	0.016	0.04	no cumple
N-2	N-4	22.9	150	0.05	0.12	no cumple
N-18	N-23	17.4	150	0.036	0.15	no cumple
N-7	N-8	17.4	150	0.036	0.15	no cumple
N-2	N-7	22.9	150	0.075	0.18	no cumple
N-21	N-22	22.9	150	0.083	0.2	no cumple
N-22	N-16	17.4	150	0.05	0.21	no cumple
N-10	N-12	22.9	150	0.106	0.26	no cumple
N-24	N-17	22.9	150	0.134	0.33	no cumple
N-1	N-6	22.9	150	0.15	0.36	no cumple
N-5	N-2	22.9	150	0.158	0.38	no cumple
N-22	N-24	22.9	150	0.158	0.38	no cumple
N-21	N-18	22.9	150	0.17	0.61	Cumple
N-14	N-24	29.4	150	0.309	0.62	Cumple
N-11	N-14	17.4	150	0.11	0.63	Cumple
N-5	N-1	22.9	150	0.199	0.64	Cumple

N-18	N-20	22.9	150	0.233	0.65	Cumple
N-14	N-13	29.4	150	0.449	0.66	Cumple
N-13	N-19	22.9	150	0.276	0.67	Cumple
N-13	N-21	29.4	150	0.517	0.76	Cumple
N-19	N-20	22.9	150	0.333	0.81	Cumple
N-19	N-15	29.4	150	0.667	0.98	Cumple
N-10	N-15	29.4	150	0.674	0.99	Cumple
CRP7-2	N-5	29.4	150	0.687	1.01	Cumple
N-21	CRP7-2	29.4	150	0.687	1.01	Cumple
N-12	N-10	29.4	150	0.793	1.17	Cumple
N-13	N-12	29.4	150	1.008	1.49	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla N°25, para todas las tuberías pertenecientes a la red de distribución, las velocidades mejoraron en su mayoría, para los tramos en los cuales la velocidad no cumple, se recomienda unir el tramo con otro que pueda suministrarle mayor caudal, o en caso contrario aumentar la demanda del caudal, también disminuir el diámetro de dichas tuberías, para que así estas velocidades puedan aumentar y cumplir con los valores mínimos que recomienda la Norma OS.050 (2006) y el ingeniero asesor.

c) Presiones en el sistema de agua potable

En la tabla N°26, se muestra la comparación de resultados para las presiones que se encuentran en las tuberías de todo el sistema de agua potable propuesto, se concluye que las presiones cumplen ya que están dentro del rango permisible, según la Norma OS.050 de Captación y conducción de agua para consumo humano (2006).

Tabla N°26:  
Comparación de resultados para presiones en nodos

Nodo	P (m H2O)	RANGO PERMISIBLE	CONCLUSION
N-1	9.12	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-2	9.56	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-3	10.16	5 - 50 m.c.a	CUMPLE

N-4	13.51	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-5	16.07	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-6	27.04	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-7	27.95	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-8	31.71	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-9	32.45	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-10	38.66	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-11	45.48	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-12	46.74	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-13	48.84	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-14	48.91	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-15	49.27	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-16	46.14	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-17	48.47	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-18	47.51	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-19	49.54	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-20	43.55	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-21	43.18	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-22	48.47	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-23	46.37	5 - 50 m.c.a	CUMPLE
N-24	44.82	5 - 50 m.c.a	CUMPLE

---

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla N°26, para todos los nodos del sistema de agua potable las tuberías de PVC- C10 las presiones cumplen ya que son menores a 70m.c. a lo cual cumplen con los valores mínimos que recomienda la Norma OS.050 (2006) y el ingeniero asesor.

#### 5.11. Contrastación de hipótesis

##### a) Hipótesis general:

Un adecuado estudio técnico en base a un levantamiento topográfico, una estimación de población futura y cálculo de parámetros de diseño para la red de agua potable mediante la modelación del software WATERGEMS permitirá distribuir de manera sostenible los recursos hídricos en el centro poblado de Ccaccamarca.

Se pudo demostrar la hipótesis general de la investigación mediante la modelación en el software WATERGEMS, brindando como resultado un óptimo diseño para el sistema de agua potable del centro poblado de Ccaccamarca que permite mejorar el servicio de agua potable, desde la captación del ojo de agua hasta la última vivienda beneficiaria ubicada en la zona, con excepción de algunos tramos en los cuales no se logra cumplir con el rango permisible de velocidades según norma. Por tanto, la hipótesis se demostró parcialmente. No se ha demostrado el cumplimiento total de la hipótesis planteada.

b) Hipótesis específica 1:

El centro poblado de Ccaccamarca tiene una topografía accidentada e irregular, con una pendiente para la línea de conducción entre 60 y 70%, tiene valles interandinos, laderas pronunciadas y en las partes más altas cuentan con pequeñas llanuras. El proyecto está ubicado entre los 3020 m.s.n.m. a 3210 m.s.n.m.

Al caracterizar la topografía del centro poblado de Ccaccamarca se concluye que la topografía es accidentada e irregular, la cota donde se ubica la captación es de 3210 m.s.n.m., la pendiente de la línea de conducción esta entre los 60% y 70%, la topografía tiene valles interandinos, laderas pronunciadas y en las partes más altas cuentan con pequeñas llanuras, y el proyecto está ubicado entre los 3020 m.s.n.m hasta los 3210 m.s.n.m. Por tanto, se ha demostrado el cumplimiento total de la hipótesis planteada.

c) Hipótesis específica 2:

El posible Caudal de diseño para el sistema de abastecimiento de agua del centro poblado de Ccaccamarca será de 1.85 l/s.

Se tomó en cuenta instituciones educativas, Iglesias, local comunal y centro de salud y se obtuvo un caudal máximo diario de 0.73135 l/s y un caudal máximo horario de 1.1037 l/s. Sin embargo, para dichas condiciones el SAP no cumple las velocidades de la norma, en tal sentido se incrementó el caudal máximo diario y el caudal máximo horario a 1.85 l/s lo cual cumple parcialmente los parámetros hidráulicos de velocidades del sistema. Se demostró el cumplimiento de la hipótesis planteada.

d) Hipótesis específica 3:

La propuesta será en función de la modelación dinámica y de periodo extendido a partir del software WATERGEMS, que permita distribuir de manera sostenible los recursos hídricos de tal manera que abastecerá las 24 horas el poblado de Ccaccamarca con estricto cumplimiento de la norma.

A partir de la modelación del sistema de agua potable del centro poblado en el software WATERGEMS, se identifica la mejor propuesta que cumpla con todos los requerimientos de la Norma OS.010 (2006) y la Norma OS.050 (2006) para el diseño de la red, logrando distribuir de manera sostenible los recursos hídricos de tal manera que abastecerá las 24 horas. Por tanto, la hipótesis se demostró parcialmente. No se ha demostrado el cumplimiento total de la hipótesis planteada.

## **CONCLUSIONES**

1. Se caracterizó la topografía del centro poblado de Ccaccamarca como accidentada e irregular. La cota donde se ubica la captación es de 3210 m.s.n.m., el espacio

donde se desarrolla la línea de conducción esta ente 3210 m a 3144 m con una pendiente entre los 60% y 70%; la línea de aducción se desarrolla entre los 3144 m a 3103 m y la red de distribución oscila entre los 3103 m a 3020 m con una pendiente de 40% a 50%, se concluye que la topografía de nuestro terreno no necesariamente es adecuada para el trazo de un sistema de agua potable, debido a que los desniveles junto a las pendientes que se cuentan, hace que se tengan que proyectar un mayor número de elementos para el sistema, tales como, cámara rompe presión y válvulas.

2. Se realizó el aforo a la fuente de abastecimiento que proporcionó un caudal promedio anual de 1.85. El caudal caudal máximo diario de 0.73135 l/s y un caudal máximo horario de 1.1037 l/s. Pero, fue necesario aumentar el caudal máximo diario y el caudal máximo horario a 1.85 l/s para mejorar el parámetro de velocidad en la red de tuberías.
3. Se realizó dos propuestas, de la cual fue seleccionada la segunda como la mejor propuesta mediante el uso del software WaterGEMS, el cual posibilitó la modelación del sistema de agua potable del centro poblado de Ccaccamarca, usando tuberías de clase 10 con un diámetro para la línea de conducción de 57 mm (2") y para las redes de distribución en los ramales principales un diámetro de 29.4 mm (1") y en los secundarios un diámetro de 22.90 mm (3/4"). Dando como resultados en el software presiones entre los 5 a 50 m.c.a las cuales están dentro del rango permisible según Norma OS.050 (2006); Se obtuvo una velocidad en la línea de conducción de 0.72 m/s, la cual es aceptable ya que se encuentran dentro del rango permisible según Norma OS.010 (2006); respecto a las velocidades obtenidas en las tuberías de la red de distribución, están parcialmente dentro de un rango permisible de 0.60 a 1.49 m/s según Norma OS.050 (2006). Se concluye que la propuesta de mejora que se presentó, el cual suministró un caudal de 1.85 l/s más a la red aumentando una demanda mejoró los valores de velocidades y presiones en comparación a la primera propuesta, esto quiere decir que se mejora la eficiencia hidráulica del sistema de agua potable y este es más óptimo en comparación al sistema existente del centro poblado; aun así, se tiene tramos para los cuales se planteara recomendaciones a seguir para mejorar estos valores y ponerlos dentro del rango permisible según las normas indicadas.



## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda para los tramos en los cuales las tuberías tienen una velocidad muy baja, suministrarle mayor caudal, también disminuir el diámetro de dichas tuberías sin que sea inferior al mínimo requerido por norma, para que así estas velocidades puedan elevarse; estas recomendaciones se dan para poder cumplir con el rango de valores que nos indica la norma OS.050 (2006) y el ingeniero asesor.
2. Para el tema constructivo de nuestro sistema de agua potable, se recomienda que en las zanjas que se excaven para la instalación de tuberías, sigan las especificaciones indicadas, como la excavación de zanja en los tramos que pasa por la carretera debe ser mínimo 1m y en los demás tramos mínimo a 0.60m, también la correcta colocación de la cama de apoyo con material zarandeado, correctas uniones e instalación de las tuberías.
3. Se recomienda que se realice estrictamente la prueba hidráulica y la desinfección por tramos, para evitar problemas posteriores de fugas o filtraciones por malas conexiones.
4. Se recomienda las curvas de nivel tengan una equidistancia de 1m para ser más precisos en la topografía y posteriormente en el trazado de la línea de conducción, aducción y distribución.
5. Se recomienda para futuras investigaciones, tomar como base el mejoramiento del sistema de agua potable realizado mediante el software WaterGEMS y de acuerdo a las conclusiones realizadas poder mejorar y optimizar futuros proyectos de agua potable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agüero, R. (1997). *Agua Potable para Poblaciones Rurales*. Asociación Servicios Educativos Rurales (SER) Lima – Perú
- Arias, f. (2012). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica*. Editorial Episteme, C.A.
- Barboza, J, Rivera, M. (2019). *Mejoramiento, ampliación del servicio de agua potable y creación del servicio de saneamiento básico de los caseríos Alto Milagro y Alto San José, distrito de san Ignacio, provincia de san Ignacio– Cajamarca*. Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú.
- Bentley Institute (2012). *WaterCAD/GEMS V8i, Curso de Modelación y Diseño de Sistemas de Distribución, Intermedio (sistema métrico)*. Obtenido de <https://bit.ly/3cDw2wt>.
- Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo, Perú.
- Calero, C. (2019). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en el distrito de santa rosa de Alto Yanajanca, provincia de Marañón, departamento de Huánuco – Perú, 2019* (tesis pregrado). Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.
- De La Cruz, R. (2020). *Watergems frente al diseño convencional de redes de agua para la ciudad de Querecotill*. Piura, Perú.
- García, C. (2015) *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable de la localidad de Totutla, Veracruz*. (tesis de posgrado). Universidad Nacional Autónoma de México
- Gobierno regional de Ayacucho. (2018). *Plan regional de saneamiento de Ayacucho 2018–2021*. Recuperado de <http://direccionsaneamiento.vivienda.gob.pe/Planes%20Regionales%20de%20saneamiento/PRS%20AYACUCHO.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*.

México D.F., México. Interamericana editores.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). *Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento*. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Ayacucho compendio estadístico 2017 (1491)*. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). *Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento*. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe>

Lan, J. (2011). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la Aldea Captzín Chiquito, Municipio de San Mateo Ixtatán, Huehuetenango*. (tesis pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala.

López, R. (2009) “*Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para las comunidades Santa Fe y Capachal, Píritu, Estado Anzoátegui*” (tesis pregrado). Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui.

Ministerio de Salud (1994). *Abastecimiento de agua y saneamiento para poblaciones rurales y urbano-marginales*. Recuperado de <http://bvs.minsa.gob.pe/>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural*. Recuperado de <https://www.gob.pe/>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2014). *Compendio normativo de saneamiento*. Recuperado de <http://www3.vivienda.gob.pe>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). *Diagnóstico de la situación de brechas de infraestructura o de acceso a servicios públicos del sector vivienda, construcción y saneamiento*. Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe>

Murillo, W. (2008). *La investigación científica*. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos15/invest-científica/investcientífica.shtm>.

Naciones Unidas. (2019). *Más de 2000 millones de personas no tienen acceso a agua potable ni saneamiento básico*. Recuperado de <https://news.un.org/>

- Oblitas, L. (2010). *Servicios de agua potable y saneamiento en el Perú: beneficios potenciales y determinantes de éxito*. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019*. Recuperado de <https://www.acnur.org/>.
- Organización Mundial de la Salud. (2009). *Medición del cloro residual en el agua*. Recuperado de <http://www.disaster-info.net/>.
- Organización Mundial de la Salud (2019). *Un nuevo informe sobre las desigualdades en el acceso al agua, el saneamiento y la higiene también revela que en más de la mitad del mundo no hay acceso a servicios seguros de saneamiento*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news/item/18-06-2019-1-in-3-people-globally-do-not-have-access-to-safe-drinking-water-%E2%80%93-93-unicef-who>.
- Organización Panamericana de la Salud. (2004). *Guía para el diseño y construcción de reservorios apoyados*. Recuperado de <https://www.paho.org/es/peru>
- Oxfam. (s.f.). *Entre 7 y 8 millones de peruanos no tienen acceso a agua potable*. Recuperado de <https://peru.oxfam.org/>
- Quispe, D. (13 de marzo de 2020). *Más de 7 millones de peruanos sin agua potable. La República*. Recuperado de <https://larepublica.pe>
- Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (2014). *Lineamientos Técnicos para Factibilidades*. Recuperado de <https://www.siapa.gob.mx/transparencia/criterios-y-lineamientos-tecnicos-para-factibilidades-en-la-zmg>
- Silva, E. (2019). *Abastecimiento de agua y saneamiento en la comunidad nativa Palma Real del distrito de Tambopata - Tambopata – región de Madre de Dios, 2019*. Huacho, Perú.
- Vargas, Z. (2009). *La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica*. Revista Educación (2009).

## ANEXOS

### Anexo 1: Cronograma de actividades

Tabla N° 27:  
Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE LA INVESTIGACIÓN																																				
ACTIVIDADES		MAYO			JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
		2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
CAPITULO 1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA																																			
CAPITULO 2	MARCO TEORICO																																			
CAPITULO 3	SISTEMA DE HIPOTESIS Y VARIABLES																																			
CAPITULO 4	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN																																			
CAPITULO 5	PRESENTACION Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACION CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES RESUMEN/INTRODUCCIÓN REVISIÓN DE BORRADOR DE TESIS LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES EMPASTADO DE TESIS SUSTENTACIÓN DE TESIS																																			

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Presupuesto (Asignación de recursos)

Tabla N° 28:

Presupuesto

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
01.00	RECURSOS HUMANOS					
01.01	Metodología	PERSONA	2.00	3000.00	6000.00	
01.02	Especialista	PERSONA	2.00	3000.00	6000.00	12000.00
02.00	SERVICIOS					
02.01	Impresiones, ploteos	Unid.	100.00	0.30	30	
02.02	Movilidad a campo	Glb	8.00	30.00	240.00	
02.03	Acceso a internet (60GB)	Fb	60.00	7.84	470.40	740.00
03.00	RECURSOS FISICOS					
03.01	Lapicero	Unid	4.00	1.00	4.00	
03.02	Papel (medio paquete)	Glb	0.50	12.00	6.00	
03.03	Refrigerio en campo	Glb	4.00	6.00	24.00	
03.04	Otros materiales	Glb	1.00	20.00	20.00	54.000
<b>TOTAL DE PRESUPUESTO</b>						<b>S./ 12794.40</b>

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3: Matriz de Operacionalización de variables.

Tabla N°29: Matriz de Operacionalización de variables.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TEM
Ampliación del sistema de abastecimiento de agua.	Según Gestión de Agua y Saneamiento Sostenible (2018) Los sistemas de abastecimiento de agua son aquellos que permiten que llegue el agua desde las fuentes naturales, sean subterráneas, superficiales o agua de lluvia, hasta el punto de consumo, con la cantidad y calidad requerida.	Sistema de agua potable	* Captación * Línea de conducción * Línea de aducción * Red de distribución * Almacenamiento * Cámara rompe presión	* Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural. * Norma OS.010 – Captación y conducción de agua para consumo humano 2006 * Norma OS.030 - Almacenamiento de agua para consumo humano 2006 * Norma OS.050 – Redes de distribución de agua para consumo humano 2006	Métodos de cálculo de redes de distribución
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ITEM
Desarrollo sostenible del centro poblado de Ccaccamarca.	Satisfacer las necesidades de la población que está conformada por 177 habitantes ubicada en el distrito de Ocros- Ayacucho.	Cálculo de la población futura	* Población futura	* Norma OS.100 - Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria 2006 * Norma IS.010 – Instalaciones sanitarias para edificaciones * Expediente Técnico del proyecto * Expediente Técnico del proyecto * Autodesk AutoCad 2020.1.1 * Software Microsoft Excel 2019 MSO (16.0.14131.20326) * Software WaterCAD 10.02.03.06 * Google Earth Pro 7.3.3.7786	Métodos de cálculo de población futura

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 4: Matriz de Consistencia

Tabla N°30:

### Matriz de consistencia.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	TECNICAS E INSTRUMENTOS
¿Cómo realizar la ampliación del sistema de abastecimiento de agua para el desarrollo sostenible del centro poblado de Ccaccamarca-distrito de Ocos-Ayacucho?	Realizar la ampliación del sistema de abastecimiento de agua para el desarrollo sostenible del centro poblado de Ccaccamarca-distrito de Ocos-Ayacucho.	Un adecuado estudio técnico en base a un levantamiento topográfico, una estimación de población futura y cálculo de parámetros de diseño para la red de agua potable mediante la modelación del software WATERGEMS permitirá distribuir de manera sostenible los recursos hídricos en el centro poblado de ccaccamarca.	* Cámara de captación * Línea de conducción * Reservorio * Línea de aducción * Red de distribución	* Dimensionamiento del reservorio * Capacidad en m3 del reservorio * Diámetro de la tubería de la línea de conducción, aducción y red de distribución. *Velocidades *Presiones *Volúmenes *Longitudes	Técnicas: Se realizó el empadronamiento de beneficiarios del centro poblado de Ccaccamarca, para conocer la cantidad de familias que serán beneficiarias. Instrumentos: *Expediente Técnico del proyecto “Ampliación y mejoramiento de servicios de agua potable y creación de los servicios de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en el centro poblado de Ccaccamarca y sus anexos, distrito de Ocos - huamanga Ayacucho”. *Google Earth Pro 7.3.3.7786 *Software WaterCAD 10.02.03.06 * Software Microsoft Excel 2019 MSO (16.0.14131.20326) *Autodesk AutoCad 2020.1.1
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS			
PE1: ¿Cuál es la caracterización topográfica del centro poblado de Ccaccamarca? PE2: ¿Cuál es el caudal de diseño del centro poblado de Ccaccamarca? PE3: ¿Cómo proponer un diseño de ampliación del servicio de agua potable en el centro poblado de Ccaccamarca?	OE1: Caracterizar la topografía del centro poblado de Ccaccamarca. OE2: Determinar el caudal de diseño para el sistema de abastecimiento de agua del centro poblado de Ccaccamarca. OE3: Proponer un diseño de ampliación, con los componentes hidráulicos del sistema de abastecimiento de agua potable.	HE1: El centro poblado de Ccaccamarca tiene una topografía accidentada e irregular, con una pendiente para la línea de conducción entre 60 y 70%, tiene valles interandinos, laderas pronunciadas, en las partes más altas cuentan con pequeñas llanuras, el proyecto está ubicado entre los 3020 m.s.n.m. a 3210 m.s.n.m. HE2: El posible caudal de diseño para el sistema de abastecimiento de agua del centro poblado de Ccaccamarca será de 1.85 l/s. HE3: - La propuesta será en función de la modelación dinámica y de periodo extendido a partir del software WATERGEMS, que permita distribuir de manera sostenible los recursos hídricos de tal manera que abastecerá las 24 horas el poblado de Ccaccamarca con estricto cumplimiento de la norma.			

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5: Topografía del centro poblado

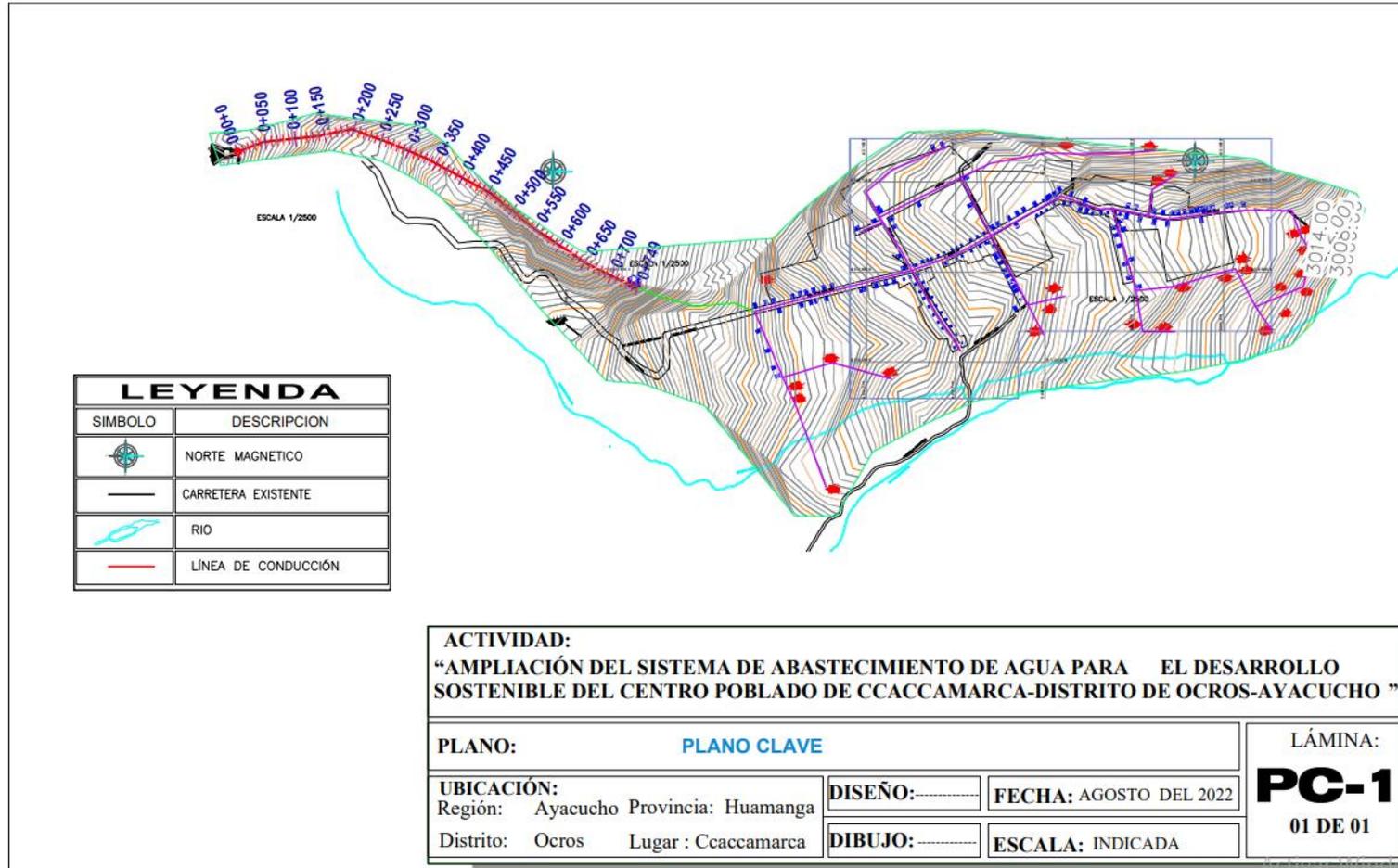


Figura N°48: Topografía del centro poblado de Ccaccamarca.  
 Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Autorización de la municipalidad



**MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCROS**  
**PROVINCIA HUAMANGA – AYACUCHO.**

"Tierra Natal del Mcal. Andrés A. Cáceres Dorregaray (Brujo de los Andes)"  
"Creada por Ley N° 8501 del 15 de Julio de 1936"



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

**CARTA N° 228- 2022-MDO-GM-GFC/GI**

AL: KIMBERLY, DE LA TORRE CASTILLA

JOSE, CHANHUALLA MAVILA

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN PARA TESIS DE INVESTIGACIÓN

REFERENCIA: a) CARTA N°228- 2022-MDO-GM-GFC/GI

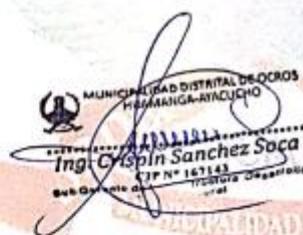
FECHA: Ocros, 10 de mayo del 2022

De mi especial consideración:

Previo cordial saludo es grato dirigirme a Usted, con el fin de saludarlo, así mismo remitirle el documento de la referencia (a) según la CARTA N°228 - 2022-MDO-GM-GFC/GI, elaborado por el Ing. CRISPIN SANCHEZ SOCA, quien da su opinión autorizando de uso de información para Tesis de investigación relacionada al proyecto, por lo se adjunta el documento de la referencia con 2 folios en digital.

Sin otro particular me suscribo a usted, reiterándole las muestras de mi especial consideración y estima persona.

Atentamente,

  
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCROS  
PROVINCIA HUAMANGA - AYACUCHO  
Ing. Crispin Sanchez Soca  
CIP N° 167143  
Sub Gerente de Gestión  
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCROS

C.c.

Archivo

Oficina Principal: Plaza principal S/N - Ocros

RUC N° 20143671446  
Telf: 927046522

Figura N°49: Carta de autorización de la municipalidad  
Fuente: Municipalidad Distrital de Ocros (2022)