

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



TESIS

**“EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO
PARA LA GESTIÓN DE LA DEMANDA POBLACIONAL EN LA LOCALIDAD DE
YAGÉN - CORTEGANA, CELENDÍN, CAJAMARCA, 2025”**

para optar el título profesional de

INGENIERO SANITARIO

Autor:

Bach. CASTAÑEDA PASTOR OXANA JHULEYSI

Asesor:

Dr. Ing. MÉNDEZ CRUZ GASPAR VIRILO

CAJAMARCA – PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: **OXANA JHULEYSI CASTAÑEDA PASTOR**

DNI: **76244384**

Escuela Profesional: **Ingeniería Sanitaria**

2. Asesor: **Gaspar Virilo Méndez Cruz**

Facultad: **Ingeniería**

3. Grado académico o título profesional

☐ Bachiller

☒ Título profesional

☐ Segunda especialidad

☐ Maestro

☐ Doctor

4. Tipo de Investigación:

☒ Tesis

☐ Trabajo de investigación

☐ Trabajo de suficiencia profesional

☐ Trabajo académico

5. Título de Trabajo de Investigación:

EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA LA GESTIÓN DE LA DEMANDA POBLACIONAL EN LA LOCALIDAD DE YAGÉN - CORTEGANA, CELENDÍN, CAJAMARCA, 2025

6. Fecha de evaluación: **24/02/2026**

7. Software antiplagio:

☒ TURNITIN

☐ URKUND (OURIGINAL) (*)

8. Porcentaje de Informe de Similitud: **18 %**

9. Código Documento: Oid: **3117:560493637**

10. Resultado de la Evaluación de Similitud:

☒ APROBADO

☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: Cajamarca, 24 de febrero de 2026



FIRMA DEL ASESOR

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz

DNI: 26631950



Firmado digitalmente por:
BAZAN DIAZ Laura Sofia
FAU 20148258801 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 24/02/2026 22:42:07-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

ACTA N° 0121-2026

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Art. 035 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, da a conocer que, a los **doce días del mes de marzo de 2026**, siendo las diez horas (10:00 a.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A – Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Cajamarca, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Vocal : Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez.
Secretario : M.Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada **EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA LA GESTIÓN DE LA DEMANDA POBLACIONAL EN LA LOCALIDAD DE YAGÉN – CORTEGANA, CELENDÍN, CAJAMARCA, 2025**, presentado por la Bachiller en Ingeniería Sanitaria **OXANA JHULEYSI CASTAÑEDA PASTOR**, asesorada por el Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante, debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : 06 PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : 12 PTS.
EVALUACIÓN FINAL : 18 PTS. Dieciocho (En letras)

En consecuencia, se lo declara Aprobado con el calificativo de Dieciocho (18) acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 11.00 horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Presidente

Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez.
Vocal

M.Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez.
Secretario

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Asesor

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento al Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz por su acompañamiento académico y por la orientación metodológica brindada, la cual contribuyó de manera fundamental al desarrollo de la presente investigación.

Manifiesto también mi gratitud al Dr. Ing. Agustín Emerson Medina Chávez director de mi Escuela de ingeniería sanitaria, por los conocimientos impartidos y por la orientación proporcionada durante mi formación universitaria.

Asimismo, agradezco el respaldo brindado por mi familia, cuyo acompañamiento permitió la continuidad de mi formación y la culminación de este trabajo de investigación.

DEDICATORIA

Con todo mi cariño:

A mis padres, Esperanza Pastor y Manuel Castañeda, por constituir una guía permanente en mi vida y por brindarme la claridad y el impulso necesarios para avanzar con firmeza.

A mis tíos Edith Araujo y Josué Pastor, mis segundos padres, por su dedicación y constante presencia han ejercido un papel fundamental en mi crecimiento personal y académico.

A mis hermanos Beiner, Adriano, Manuel y Alexander, por su compañía incondicional y por ser una fuente continua de fortaleza, aliento y equilibrio.

A mis primos Jhazmin, Jhandi y Ken Zam Pastor, su cariño y respaldo han sido esenciales en mi formación personal y académica.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.....	I
DEDICATORIA	II
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLA.....	IX
ÍNDICE DE ECUACIONES	XII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	XIV
RESUMEN	XV
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Formulación del Problema.....	1
1.3. Justificación de la Investigación	2
1.4. Delimitación y Alcance de la Investigación	2
1.5. Limitaciones	3
1.6. Objetivos de la Investigación	3
1.6.1. Objetivo General	3
1.6.2. Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Antecedentes Teóricos.....	4
2.1.1. Nivel Internacional	4
2.1.2. Nivel Nacional	5
2.1.3. Nivel Local.....	5
2.2. Bases Teóricas.....	6
2.2.1. Agua para Consumo Humano	6
2.2.2. Métodos de Aforo para la Determinación de la Oferta de Agua	7
2.2.3. Sistema de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano.....	7
2.2.4. Parámetros de Diseño de Sistema de Agua para Consumo Humano	8
2.2.5. Evaluación Hidráulica de Sistemas de Abastecimiento de Agua.....	14

2.2.6. Dimensionamiento Hidráulico de los Componentes del Sistema de Agua para Consumo Humano	15
2.2.7. Modelo de simulación Hidráulica de la red de agua para consumo humano.	37
2.2.8. Metodología del Sistema de Información Regional en Agua y Saneamiento (SIRAS).....	41
2.2.9. Calidad del Agua para Consumo Humano	42
2.2.10. Gestión de la Demanda de Agua para Consumo Humano.....	43
2.2.11. Operación y Mantenimiento de un Sistema de Agua.....	43
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	45
3.1. Materiales.....	45
3.1.1. Materiales y Equipo de Campo	45
3.1.2. Equipos de gabinete y Software.....	45
3.2. Época de Estudio.....	45
3.3. Metodología del Trabajo	45
3.3.1. Tipo, Nivel y Diseño de Investigación.....	45
3.3.2. Población	45
3.3.3. Muestra	45
3.3.4. Unidad de Análisis	46
3.3.5. Técnicas de Recolección de Datos	46
3.3.6. Instrumentos de Recolección de Datos.....	46
3.4. Procedimiento del Trabajo.....	46
3.4.1. Primera Etapa Preliminar de Gabinete.....	46
3.4.2. Segunda Etapa – Trabajo de Campo	47
3.4.3. Tercera Etapa de Gabinete Final - Procesamiento y Análisis de Datos.....	49
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	54
4.1. Caracterización de la Localidad de Yagén	54
4.1.1. Ubicación Política y Geográfica de la Zona de Estudio	54
4.1.2. Clima	54
4.1.3. Topografía	54
4.1.4. Población de Yagén	56

4.1.5. Nivel Socioeconómico	56
4.1.6. Vivienda.....	56
4.1.7. Actividad Económicas.....	57
4.1.8. Organización Social.....	58
4.1.9. Infraestructura Básica Existente y Acceso a Servicios.	59
4.1.10. Rutas de Acceso a la Localidad de Yagén	62
4.1.11. Antecedentes Históricos del Sistema de Agua de la Localidad de Yagén	64
4.2. Reconocimiento y Descripción de la Infraestructura Existente.	64
4.2.1. Sistema de Agua para Consumo Humano Alto Pingullo.....	64
4.2.2. Sistema de Agua para Consumo Humano Ojo de Agua.....	73
4.2.3. Sistema de Agua para Consumo Humano La Guabilla	83
4.3. Estimación los Caudales de Oferta	94
4.3.1. Captación del Manantial Alto Pingullo	94
4.3.2. Captación del Manantial Ojo de Agua	95
4.3.3. Captación del manantial La Guabilla.....	95
4.3.4. Captación del Manantial Chahuarpata	95
4.4. Determinación la demanda actual de agua para consumo humano: promedio, máximo diario y horario.....	96
4.4.1. Caudales de Demanda Actual del Sistema Alto Pingullo.....	96
4.4.2. Caudales de Demanda Actual del Sistema Ojo de Agua.....	98
4.4.3. Caudales de Demanda Actual del Sistema La Guabilla	100
4.5. Evaluación Hidráulica de los Sistemas de Agua de la Localidad de Yagén ...	102
4.5.1. Sistema de Alto Pingullo	102
4.5.2. Sistema Ojo de Agua	113
4.5.3. Sistema La Guabilla.....	125
4.5.4. Evaluación de Calidad del Agua de los Sistemas de Yagén	140
4.6. Evaluación según la metodología SIRAS	142
4.6.1. Sistema Alto Pingullo	143
4.6.2. Sistema Ojo de Agua	146
4.6.3. Sistema La Guabilla.....	149

4.7. Evaluación de la operación y mantenimiento de los sistemas de agua consumo humano en la localidad en estudio.	152
4.8. Propuesta de mejoramiento	153
4.8.1. Alto Pingullo	153
4.8.2. Ojo de agua.....	155
4.8.3. La Guabilla	157
4.9. Discusión de resultados.....	159
4.9.1. Discusión de los Caudales de Oferta y Demanda	160
4.9.2. Evaluación Hidráulica	161
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	164
5.1. Conclusiones.....	164
5.2. Recomendaciones	166
BIBLIOGRÁFICAS.....	167
LINKOGRAFÍA.....	168
ANEXOS.....	170
PANEL FOTOGRÁFICO	194
PLANOS	199

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación gráfica de variaciones diarias de consumo.....	13
Figura 2. Variaciones horarias de consumo.....	14
Figura 3. Captación de manantial de ladera	16
Figura 4. Ancho de pantalla de la cámara húmeda de una captación	20
Figura 5. Cámara húmeda de una captación del sistema de agua	21
Figura 6. Línea de Conducción del sistema de agua para consumo	23
Figura 7. Perfil de reservorio de agua para consumo humano	27
Figura 8. Cámara de válvulas del reservorio	30
Figura 9. Medidor de caudal de sistema de estudio	31
Figura 10. Cámara rompe presión tipo 7	36
Figura 11. Válvula de control usadas en la red de distribución	37
Figura 12. Diagrama de un modelo hidráulico de flujo permanente.....	38
Figura 13. Diagrama de un modelo hidráulico de flujo no permanente.....	39
Figura 14. Ubicación de la localidad de Yagén, distrito de Cortegana, provincia de Celendín, Cajamarca	54
Figura 15. Localidad de Yagén.....	56
Figura 16. Construcción de una vivienda en la localidad de Yagén	57
Figura 17. Ganadería de Yagén	57
Figura 18. Trabajo comunitario de la trocha carrozable de Yagén	58
Figura 19. Instituciones Públicas de la localidad de Yagén	60
Figura 20. Uso de acémilas como medio de transporte a Yagén.....	62
Figura 21. Rutas de acceso a la localidad de Yagén.....	62
Figura 22. Componentes de la captación de la fuente Alto Pingullo	66
Figura 23. Línea de conducción expuesta Alto Pingullo	67
Figura 24. Reservorio de sistema de agua Alto Pingullo	68
Figura 25. Competentes y accesorios del reservorio Alto Pingullo	68
Figura 26. Medidor de caudal Alto Pingullo.....	69
Figura 27. Sistema de desinfección Alto Pingullo	70
Figura 28. CRP 7 de la red de distribución del sistema Alto Pingullo.....	72
Figura 29. Válvula de control en la red de distribución del sistema de agua Alto Pingullo	73
Figura 30. Captación de la fuente Ojo de Agua	75
Figura 31. Reservorio del sistema de agua Ojo de Agua	76
Figura 32. Sistema de Desinfección en Reservorio del Sistema de Agua Ojo de Agua...	77
Figura 33. Medidor de caudal en la salida del reservorio de Ojo de Agua.....	78

Figura 34. Red de distribución expuesta en el sistema de agua Ojo de Agua.....	80
Figura 35. CRP 7 de la red de distribución del sistema de agua Ojo de Agua	81
Figura 36. Válvulas de control de la red de distribución Ojo de Agua.....	82
Figura 37. Válvulas de control de la red de distribución Ojo de Agua	82
Figura 38 . Pase aéreo de la red de distribución del sistema de agua del Ojo de Agua ..	83
Figura 39. Captaciones de las fuentes del sistema de agua La Guabilla	85
Figura 40. Componentes de la captación de la fuente La Guabilla.....	86
Figura 41. Componentes de la cámara húmeda en la captación Chahuarpata.....	86
Figura 42. Línea de Conducción Chahuarpata	87
Figura 43. Reservorio del sistema de agua La Guabilla.....	88
Figura 44. Elementos de reservorio de agua La Guabilla	89
Figura 45. Medidor de caudal La Guabilla	90
Figura 46. Sistema de desinfección La Guabilla.....	91
Figura 47. Tubería expuesta en la red de distribución La Guabilla	92
Figura 48. CRP 7 de la red de distribución La Guabilla.....	93
Figura 49. Válvulas de control de la red de distribución del Sistema La Guabilla	94
Figura 50. Variación de caudales ofertados de los tres sistemas	96
Figura 51. Dimensiones de la cámara húmeda de la captación Alto Pingullo	103
Figura 52. Diagrama de masas del reservorio Alto Pingullo.....	108
Figura 53. Reservorio Alto Pingullo	109
Figura 54. Cámara húmeda de la captación Ojo de Agua.....	116
Figura 55. Diagrama de masas del reservorio Ojo de Agua.....	119
Figura 56. Reservorio Ojo de Agua	120
Figura 57. Captación La Guabilla.....	127
Figura 58. Captación Chahuarpata	129
Figura 60. Diagrama de masas del reservorio La Guabilla	134
Figura 59. Reservorio La Guabilla.....	135
Figura 61. Resultados del screening parasitológico del puesto de salud Yagén	142

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Periodo de diseño de infraestructura sanitaria.....	8
Tabla 2. Dotación de agua según opción tecnológica y región.	9
Tabla 3. Dotación de agua para centro educativos en zona rural.	9
Tabla 4. Caudales de diseño para estructuras de agua potable.	12
Tabla 5. Coeficiente de Hazen y Williams	25
Tabla 6. Coeficientes de Rugosidad “ε”	35
Tabla 7. Índices de Sostenibilidad	42
Tabla 8. Límites máximos permisibles de parámetros organolépticos en agua para consumo humano	42
Tabla 9. Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos en agua de consumo humano	43
Tabla 10. Instituciones Educativas de la localidad de Yagén	59
Tabla 11. Rutas vehiculares de la localidad de Yagén	62
Tabla 12. Descripción del estado de la captación de la fuente Alto Pingullo	65
Tabla 13. Descripción del estado de la línea de conducción Alto Pingullo.....	66
Tabla 14. Descripción del reconocimiento del reservorio Alto Pingullo	67
Tabla 15. Descripción del estado del medidor de caudal Alto Pingullo	69
Tabla 16. Descripción del sistema de desinfección Alto Pingullo	70
Tabla 17. Descripción de la línea aducción Alto Pingullo.....	71
Tabla 18. Descripción de la red de distribución de Alto Pingullo	71
Tabla 19. Descripción de la CRP 7, Alto Pingullo	71
Tabla 20. Descripción de la válvula de control de la red de distribución de Alto Pingullo.	72
Tabla 21. Descripción de la captación del manantial Ojo de Agua.....	74
Tabla 22. Descripción de la línea de conducción del sistema Ojo de Agua	75
Tabla 23. Descripción del reservorio Ojo de Agua	76
Tabla 24. Descripción del Sistema de desinfección Ojo de Agua.....	77
Tabla 25. Descripción del medidor de caudal Ojo de Agua	78
Tabla 26. Características de la aducción Ojo de Agua	79
Tabla 27. Red de distribución de sistema de agua Ojo de Agua	79
Tabla 28. Descripción de la CRP 7 de la red de distribución.....	80
Tabla 29. Descripción de la Válvulas de control de la red de distribución Ojo de Agua ...	81
Tabla 30. Descripción de pases aéreos en la red de distribución de Ojo de Agua	83
Tabla 31. Descripción de las captaciones del sistema La Guabilla	84
Tabla 32. Descripción de la línea de conducción La Guabilla.	87
Tabla 33. Descripción del reservorio La Guabilla.....	88

Tabla 34. Descripción del medidor de caudal – La Guabilla.....	89
Tabla 35. Descripción del sistema de desinfección	90
Tabla 36. Características de la tubería de aducción La Guabilla	91
Tabla 37. Descripción de la red de distribución La Guabilla	92
Tabla 38. Descripción de la CRP 7 en la red de distribución La Guabilla	92
Tabla 39. Válvulas de control de la red de distribución de agua La Guabilla.....	93
Tabla 40. Caudales de aforos promedios en la captación del manantial Alto Pingullo	95
Tabla 41. Caudales de aforos promedios en la captación del manantial Ojo de Agua	95
Tabla 42. Caudales de aforos promedios en la captación del manantial La Guabilla.....	95
Tabla 43. Caudales de aforos promedios en la captación Chahuarpata.....	95
Tabla 44. Registro de consumos horarios del sistema Alto Pingullo en m ³ /h.....	96
Tabla 45. Registro de consumos del sistema de Ojo de Agua en m ³ /h.....	98
Tabla 46. Registro de consumos del sistema de agua La Guabilla en m ³ /h	100
Tabla 47. Datos para el cálculo de volumen de regulación del reservorio Alto Pingullo .	107
Tabla 48. Puntos de monitoreo de presiones en la red de distribución Alto Pingullo.....	111
Tabla 49. Comparación de presiones de control y simuladas en la red de distribución Alto Pingullo	111
Tabla 50. Reportes de caudales y velocidades de la red de distribución Alto Pingullo ..	112
Tabla 51. Factor de fricción de Darcy del sistema Alto Pingullo	113
Tabla 52. Datos para el cálculo de volumen de regulación del reservorio Ojo de Agua .	118
Tabla 53. Puntos de monitoreo de presiones en la red de distribución Ojo de Agua.....	121
Tabla 54. Comparación de presiones de control y simuladas en la red de distribución Ojo de Agua	122
Tabla 55. Reportes de caudales y velocidades de la red de distribución Ojo de Agua ..	123
Tabla 56. Coeficiente de fricción de Darcy del sistema Ojo de Agua	124
Tabla 57. Datos del cálculo de volumen de regulación del reservorio La Guabilla	133
Tabla 58. Presiones de los puntos de control red de distribución La Guabilla.....	137
Tabla 59. Comparación de presiones de los puntos de monitoreo y los simulados	137
Tabla 60. Caudales y velocidades modeladas de la red de distribución La Guabilla	138
Tabla 61. Coeficiente de fricción de Darcy para el sistema La Guabilla	139
Tabla 62. Propuesta de Mejora para el Sistema Alto Pingullo	153
Tabla 63. Costos y presupuestos Alto Pingullo	154
Tabla 64. Propuesta de mejora para el sistema Ojo De Agua.....	155
Tabla 65. Costos de propuesta de mejora para el sistema Ojo de agua.....	156
Tabla 66. Propuesta de mejora para el sistema La Guabilla	157
Tabla 67. Costos y Presupuestos La Guabilla	158
Tabla 68. Resumen de Caudales de demanda en los sistemas.....	160

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Caudal de aforo volumétrico	7
Ecuación 2. Dotación real.....	10
Ecuación 3. Caudal medio.....	10
Ecuación 4. Caudal máximo diario	11
Ecuación 5. Caudal máximo horario	11
Ecuación 6. Coeficiente de variación diaria	13
Ecuación 7. Coeficiente de variación horaria	14
Ecuación 8. Capacidad de volumen de almacenamiento.....	17
Ecuación 9. Volumen real de la cámara húmeda	17
Ecuación 10. Área requerida de ingreso a la captación	18
Ecuación 11. Diámetro de tubería de ingreso	18
Ecuación 12. Número de orificios en la pantalla de ingreso.....	19
Ecuación 13. Ancho de pantalla	19
Ecuación 14. Altura total de la cámara húmeda	20
Ecuación 15. Altura total de la cámara húmeda	21
Ecuación 16. Diámetro de canastilla	22
Ecuación 17. Diámetro máximo de conducción	24
Ecuación 18. Diámetro mínimo de conducción.....	24
Ecuación 19. velocidad de flujo	24
Ecuación 20. Ecuación de Hazen y Williams	25
Ecuación 21. Cota piezométrica.....	26
Ecuación 22. Carga dinámica.....	26
Ecuación 23. Volumen útil según norma	27
Ecuación 24. Volumen de regulación diagrama masa.....	27
Ecuación 25. Altura útil del reservorio	28
Ecuación 26. Área de sección transversal para un reservorio circular	28
Ecuación 27. Área de sección transversal para un reservorio cuadrado	28
Ecuación 28. Volúmenes de reservorio.....	29
Ecuación 29. Diámetro máximo de la aducción	31
Ecuación 30. Diámetro mínimo de la aducción.....	31
Ecuación 31. Velocidad de flujo en la aducción	32
Ecuación 32. Ecuación de Número de Reynolds.....	33
Ecuación 33. Ecuación Darcy – Weisbach en forma de velocidad	34
Ecuación 34. Swamee–Jain factor de fricción de Darcy.....	34
Ecuación 35. Índice de sostenibilidad	42

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Levantamiento topográfico del sistema Alto Pingullo.....	194
Fotografía 2. Levantamiento topográfico del sistema La Guabilla	194
Fotografía 3. Toma de cuestionario en la JASS Ojo de Agua	195
Fotografía 4. Inspección de reservorio La Guabilla.	195
Fotografía 5. Preparación de manómetros para instalación en campo.....	196
Fotografía 6. Equipo de instalación de manómetros	196
Fotografía 7. Medición de presiones en vivienda Alto Pingullo	197
Fotografía 8. Aforo de agua en la captación del manantial Alto Pingullo	197
Fotografía 9. Recolección de muestra de agua en la fuente La Guabilla	198
Fotografía 10. Reunión con miembros de la JASS Ojo de Agua.....	198

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la localidad de Yagén, distrito de Cortegana, provincia de Celendín, dicha localidad cuenta con tres sistemas independientes de agua para consumo humano denominados: Alto Pingullo, Ojo de Agua y La Guabilla, cada una administrada por su Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS). La problemática se centra en la antigüedad de la infraestructura, la falta de evaluaciones hidráulicas integrales y la limitada información técnica sobre su desempeño, lo que dificulta la adecuada toma de decisiones para garantizar la continuidad y calidad del servicio. El objetivo fue evaluar hidráulicamente los sistemas durante el año 2025, analizando su comportamiento frente a la demanda poblacional actual. La metodología incluyó aforos en periodo lluvioso y seco, estimación de demandas, inspección de componentes hidráulicos, modelación mediante el software WaterCAD y aplicación de cuestionarios sobre operación y mantenimiento. Los resultados evidenciaron que Alto Pingullo y Ojo de Agua presentan una relación oferta - demanda favorable, con caudales disponibles de 0.942 L/s y 1.069 L/s respectivamente, que son superiores a sus demandas máximas diarias; sin embargo el sistema La Guabilla muestra un déficit, ya que la suma de los caudales aforados es de 0.565 L/s, que es inferior a su demanda máxima diaria de 0.903 L/s. Asimismo, se identificaron captaciones con deficiencias físicas, líneas de conducción sobredimensionadas, reservorios con volúmenes de regulación inferiores a los criterios normativos para el caso de La Guabilla y redes de distribución con diámetros y presiones fuera de los rangos recomendados. Finalmente se concluye que, aunque los sistemas pueden operar en el corto plazo, requieren intervenciones técnicas y fortalecimiento de la gestión para asegurar su sostenibilidad.

Palabras clave: evaluación hidráulica, agua para consumo humano, oferta, demanda, caudal, captación, reservorio, red de distribución, WaterCAD.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

El planeta enfrenta desequilibrios considerables debido a los efectos del cambio climático, lo que ha intensificado los problemas relacionados con el suministro de agua de consumo humano. En Sudamérica, y específicamente “En Perú, la desigualdad de acceso al agua es de más de 17% entre zonas urbanas y rurales, solo el 78% del área rural dispone del servicio, haciendo que su acceso y calidad sea limitada”(Nuñez Zelaya, 2022).

En el registro de la base de datos del Sistema de Diagnóstico sobre Abastecimiento de Agua y Saneamiento en el Ámbito Rural (DATASS) del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), se tiene que en la localidad de Yagén el 17.78 % de la población no cuenta con cobertura al servicio de agua para consumo humano, sin embargo es preciso indicar que esta base de datos, no cuenta con información referente a la calidad del servicio y el estado de los sistemas de abastecimiento, lo que hace que esta investigación, juegue un rol primordial para el planteamiento de nuevas soluciones, que permitan la mejora de la gestión para la demanda poblacional.

En ese contexto, el presente estudio se desarrolló en la localidad de Yagén – distrito de Cortegana, provincia de Celendín, donde actualmente cuenta con el servicio de agua para consumo humano, dirigido por las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS). Dispone de 3 sistemas de agua que funcionan de forma independiente y presentan una antigüedad de más de 15 años; Sin embargo, los usuarios enfrentan múltiples preocupaciones por el servicio que reciben, especialmente con rupturas de la red, cobertura insuficiente, color no transparente del agua en época de lluvia, enfermedades diarreicas de origen hídrico en la población y el acceso limitado a viviendas de algunas áreas.

Para abordar estos inconvenientes, se ha optado por realizar la evaluación hidráulica del sistema que permita identificar las causas de las deficiencias existentes y realizar la gestión de la demanda por medio de soluciones técnicas, que permitan mejorar la continuidad, la calidad y eficiencia de los servicios en esta localidad.

1.2. Formulación del Problema

¿Cuál es el estado de funcionamiento hidráulico del sistema de agua de consumo humano de la localidad de Yagén Cortegana, Celendín, Cajamarca, 2025?

1.3. Justificación de la Investigación

Los sistemas de agua para consumo humano de localidad de Yagén, enfrentan problemas significativos, expresados en deficiencias del diseño de componentes, funcionamiento, operación y mantenimiento; estas limitaciones afectan la continuidad, cobertura y calidad del agua suministrada a la población, generando riesgos para la salud y el bienestar de los locales.

Para ello es necesario, conocer el estado de funcionamiento hidráulico real de los sistemas de abastecimiento de agua en la localidad, así como su capacidad para satisfacer la demanda de la población. La falta de información técnica y actualizada impide una gestión eficiente y la planificación de mejoras sostenibles; en este sentido, la evaluación hidráulica permitirá conocer las principales deficiencias físicas y operativas que afectan la eficiencia del servicio.

El estudio tiene como propósito evaluar hidráulicamente los sistemas de agua para el consumo humano de la localidad mencionada, empleado como base la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural del MVCS. A partir de los resultados de la evaluación desarrollada, buscó proponer alternativas de mejora que garanticen un servicio, continuo, eficiente y de calidad, adaptado a las variaciones estacionales de caudal y a las necesidades reales de la población, que serán de utilidad para las JASS, las municipalidades locales y otras entidades del sector saneamiento, al proporcionar herramientas técnicas y metodológicas para mejorar la operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable. Asimismo, beneficiará directamente a la población de Yagén, al contribuir a mejorar el funcionamiento del servicio y reducir los riesgos asociados a enfermedades de origen hídrico.

1.4. Delimitación y Alcance de la Investigación

El estudio se llevó a cabo en la localidad de Yagén, distrito de Cortegana, provincia de Celendín, y se enfocó en el funcionamiento hidráulico de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano existentes en la localidad. La gestión de la demanda poblacional se abordó mediante la identificación de las limitaciones de dichos sistemas frente a la demanda actual, a partir de ello realizamos la propuesta técnica orientada a mejorar la distribución de agua segura a la población.

El alcance de la investigación se restringe al planteamiento de propuestas de mejora a nivel técnico, sin contemplar la ejecución de intervenciones ni el análisis estructural de

componentes, así como tampoco aspectos administrativos, económicos, tarifarios, institucionales o de tratamiento del agua potable.

1.5. Limitaciones

Las limitaciones que se presentaron en el desarrollo de este proyecto fueron:

- La municipalidad no cuenta con los expedientes técnicos de los sistemas de agua para consumo humano de la localidad de Yagén.
- Viviendas sin micromedidores y accesos.

1.6. Objetivos de la Investigación

1.6.1. *Objetivo General*

- Evaluar hidráulicamente el sistema de agua de consumo humano de la localidad de Yagén, Cortegana, Celendín, Cajamarca, 2025.

1.6.2. *Objetivos Específicos*

- Caracterizar la localidad de Yagén
- Describir el estado actual de los tres sistemas que abastecen de agua para consumo humano.
- Estimar la oferta y demanda actual de los sistemas de agua para consumo humano, considerando los caudales promedio, máximo diario y máximo horario.
- Evaluar cada componente de los sistemas de agua de consumo humano de acuerdo a la normativa vigente.
- Evaluar la actual operación y mantenimiento de los sistemas de agua consumo humano en la localidad en estudio.
- Gestionar la demanda de agua de consumo humano, por medio de propuestas para la mejora de los sistemas de agua para consumo humano.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos

2.1.1. Nivel Internacional

Portilla y Quilachamín (2021), llevaron a cabo la evaluación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua para consumo de la población La Concepción, Mira-Carchi, con el fin de identificar las causas de su funcionamiento ineficiente y proponer mejoras técnicas. El estudio fue de carácter descriptivo y empleó observación directa, encuestas, mediciones en campo y registro de estructuras hidráulicas como instrumentos. La muestra incluyó la captación “Quebrada Oscura”, la línea de conducción, cámaras rompe presión, planta de tratamiento, desinfección, reservorios y sistemas de desinfección. Los resultados mostraron fallas estructurales como fugas, deterioro de tuberías, reboses en la cámara rompe presión y ausencia de regulación de caudal. Las encuestas mostraron un servicio intermitente, pese a que el caudal 6.45 L/s adjudicado a la planta, sí cumplía con lo establecido para la comunidad. Se concluyó que el sistema requiere mantenimiento integral, modernización de equipos y mejoras en la regulación hidráulica, recomendando además alternativas de desinfección y acciones de renovación de infraestructura para asegurar la calidad y continuidad del servicio.

Belachew et al. (2021), desarrollaron la evaluación integral del desempeño hidráulico del sistema de distribución de agua de la ciudad de Asella (Etiopía), a raíz del incremento poblacional y la creciente presión sobre la infraestructura existente. El estudio identificó deficiencias asociadas a la cobertura, cantidad suministrada, velocidad de conducción y presiones en la red. Utilizando el software Bentley WaterGEMS v8i, simulaban el comportamiento del sistema bajo condiciones de demanda pico y mínima, encontrando que una proporción significativa de los nodos operaba con presiones por debajo de los 15 m.c.a., especialmente durante las horas de mayor consumo. La mayoría de tuberías registró velocidades inferiores a 0.6 m/s, lo que evidencia insuficiencias en la capacidad hidráulica del sistema. Los resultados demostraron que el 47.08% de los nodos presentaban presiones críticas durante el pico de demanda y que la velocidad del flujo se ubicaba fuera del rango recomendado en más del 79% de las conducciones. Este análisis aportó evidencia relevante sobre la necesidad de modernizar y optimizar la red para mejorar su eficiencia y garantizar un suministro adecuado, constituyéndose en un referente metodológico para la evaluación de sistemas de agua en contextos urbanos y rurales de características similares.

2.1.2. Nivel Nacional

Meneses (2021), evaluó el sistema de agua potable del Asentamiento Humano (AA.HH). Manuel Scorza I en Pucusana para determinar las causas de las deficiencias hidráulicas y proponer mejoras en su funcionamiento. La metodología consistió en un estudio aplicado, cualitativo, transversal y de nivel descriptivo- explicativo. La muestra abarcó la totalidad de la línea de conducción y las redes de distribución existentes. Se utilizaron como instrumentos la observación directa, entrevistas a usuarios y operadores, fichas técnicas y la modelación hidráulica en WaterCad V8i. Los resultados mostraron pérdidas en la conducción, presiones inferiores a los valores normados y velocidades por debajo de lo permitido, vinculados al desgaste de tuberías, ausencia de regulación y variaciones horarias de demanda. El modelamiento permitió identificar tramos críticos, validar diámetros y simular alternativas de optimización. Se propusieron diámetros adecuados y rangos de velocidad entre 0.6 y 3.0 m/s para mejorar el desempeño del sistema. El estudio concluyó que la evaluación hidráulica y la simulación computacional son esenciales para diagnosticar fallas y asegurar un abastecimiento eficiente y continuo para la población.

Vargas (2022), analiza el sistema hidráulico de agua potable en la localidad 23 de Mayo, distrito de Buenos Aires, San Martín, a fin de diagnosticar las deficiencias actuales y proponer un diseño mejorado para garantizar un abastecimiento eficaz. La metodología fue aplicada y cuantitativa con simulación hidráulica, incluyó como muestra elementos del sistema: captación, línea de conducción, reservorio, aducción, redes de distribución y conexiones domiciliarias, usando encuestas poblacionales, toma de datos topográficos y modelación en WaterCAD V8i. Los resultados mostraron que la infraestructura existente no satisface de forma continua la demanda, con caudales insuficientes, presión inadecuada y una distribución desigual que limita el acceso al agua para muchos usuarios. Mediante la simulación hidráulica, se logró definir un caudal de diseño óptimo y proponer ajustes en diámetros de tuberías, ubicación de reservorios y regulación de presión que mejorarían significativamente el rendimiento del sistema. Concluye que es imprescindible aplicar un rediseño hidráulico combinado con un control adecuado para la captación y distribución, con el fin de asegurar un servicio de agua potable continuo, seguro y equitativo para toda la población.

2.1.3. Nivel Local

Sánchez (2023), evaluó el sistema de distribución de agua potable del distrito de Jorge Chávez, considerando su funcionalidad hidráulica, infraestructura y satisfacción de los usuarios, identificó las deficiencias y propuso mejoras. La metodología incluyó un diseño descriptivo no experimental, diagnóstico del estado de la infraestructura, modelamiento

hidráulico con WaterCAD y análisis de operación y mantenimiento. Determino caudales y presiones conforme al MVCS, recopilando datos en campo durante 61 días. Los resultados indicaron; presiones mínimas en el 15% de la red y velocidades inadecuadas entre 0.13 m/s y 1.83 m/s, aunque el reservorio de 15 m³ está en buen estado, se detectaron altos niveles de desperdicio debido a fugas y conexiones deterioradas. Se concluyó que el sistema es insuficiente en funcionalidad hidráulica, pero cuenta con una infraestructura adecuada. Sobre ello recomienda optimizar la gestión operativa y calibrar micromedidores para mejorar la eficiencia y sostenibilidad del servicio.

Yupanqui (2024), desarrolló la evaluación del sistema de agua potable del caserío El Guayo, en Contumazá, para analizar su estado físico, desempeño hidráulico y operación. Aplicó una metodología descriptiva con enfoque cualitativo–cuantitativo, considerando los componentes del sistema y sus 93 conexiones. Identificó que la captación Peña Caída tiene un tiempo de retención de 115.92 s, insuficiente para una decantación adecuada. La línea de conducción es de PVC C10 de 1 ½" y 1711.11 m, con dos pases aéreos deteriorados. El reservorio de 10 m³ posee una caseta de cloración inoperativa. Se calcularon los coeficientes de variación y caudales caudales de demanda. Aunque la oferta supera la demanda, el sistema presenta fallas en captación, reservorio y presiones, evidenciando la necesidad de mejorar la infraestructura y la operación.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Agua para Consumo Humano

El agua de consumo humano definida por la Organización Mundial de la Salud (2011), como aquella que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume a lo largo de toda una vida, teniendo en cuenta las vulnerabilidades diferentes que se pueden presentar en distintas etapas de la vida, el agua de consumo humano se requiere para todos los usos domésticos habituales, incluida el agua para beber, la preparación de alimentos e higiene personal (p.2). En este sentido, la OMS enfatiza que el acceso a agua salubre y segura es esencial para la salud pública.

Por su parte, el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado por el Ministerio de Salud (MINSA) del Perú mediante Decreto Supremo N.º 031-2010-SA (2010), define que es el agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal (p.5).

2.2.2. Métodos de Aforo para la Determinación de la Oferta de Agua

Para Lozano-Parra (2018), la oferta de agua corresponde a la disponibilidad hídrica de fuentes naturales como ríos, lagos, lagunas, manantiales y acuíferos. La medición de esta disponibilidad, junto con la extracción, uso y distribución del recurso, proporciona información clave para la toma de decisiones relacionadas con el abastecimiento y la salud humana (p.5).

La Comisión Nacional del Agua de México (CONAGUA, 2015) señala que cuantificar el agua de las fuentes permite determinar la población que puede ser abastecida. El aforo es la medición del volumen de agua en un tiempo dado y puede realizarse mediante distintos métodos; en zonas rurales, los más empleados son el volumétrico (hasta 10 L/s) y el de velocidad-área (mayores a 10 L/s) (p.30).

2.2.2.1. Método Volumétrico.

El método volumétrico consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido con el flujo de agua captada.

Ecuación 1. Caudal de aforo volumétrico

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q : caudal aforado (L/s)

V : volumen captado conocido (L)

t : tiempo de llenado (segundos)

2.2.3. Sistema de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano

Son sistemas donde la fuente de abastecimiento de agua es de buena calidad y no requiere tratamiento complementario previo a su distribución, salvo la cloración; adicionalmente, no requieren ningún tipo de bombeo para que el agua llegue hasta los usuarios. Las fuentes de abastecimiento son aguas subterráneas o subálveas (Barrios et al., 2009).

2.2.4. Parámetros de Diseño de Sistema de Agua para Consumo Humano

2.2.4.1. Periodo de Diseño de Infraestructura.

Agüero (1997), sostiene que el periodo de diseño puede definirse como el tiempo en cual un sistema será 100% eficiente, ya sea por capacidad en la conducción del gasto deseado o por la existencia física de las instalaciones (p.19).

Según MVCS (2018) los periodos de diseño de la infraestructura sanitaria se muestran en la **Tabla 1** y se determina considerando los siguientes factores:

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

Tabla 1

Periodo de diseño de infraestructura sanitaria

Estructura	Periodo de Diseño (años)
Fuente de abastecimiento	20
Obra de captación	20
PTAP	20
Reservorio	20
Línea de conducción, aducción, impulsión y distribución	20

2.2.4.2. Demanda poblacional de Agua.

La demanda poblacional de agua potable se define como el volumen de agua requerido para satisfacer las necesidades domésticas de la población abastecida durante un periodo determinado. Este parámetro constituye la base para el dimensionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua, ya que permite establecer los caudales de diseño en los componentes de captación, conducción, almacenamiento y distribución.

En sistemas de abastecimiento que se encuentran en operación, la demanda puede estimarse a partir del volumen de agua efectivamente suministrado a la red de distribución. Dicho volumen corresponde al caudal que egresa del reservorio hacia la población y representa el consumo global del sistema durante el periodo de evaluación, integrando tanto el uso doméstico como las pérdidas operativas presentes en la infraestructura. (Agüero, 1997).

El análisis de la demanda de consumo de agua de la población es esencial para el diseño de los sistemas de agua potable. Esta información resulta fundamental en el contexto del presente estudio, ya que permite evaluar los componentes existentes del sistema, identificando las necesidades que deben ser satisfechas por las infraestructuras actuales (Rodríguez, 2010).

A. Demanda de Dotaciones.

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 en el Capítulo IV del MVCS (2018).

En la **Tabla 2** contiene las dotaciones de agua según la opción tecnológica para la disposición sanitaria de excretas y la región en la cual se implemente para las zonas rurales.

Tabla 2

Dotación de agua según opción tecnológica y región.

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

Para el caso de piletas públicas se asume 30 L/hab/d, en la **Tabla 3** se asignan las dotaciones para las instituciones educativas en zonas rurales.

Tabla 3

Dotación de agua para centro educativos en zona rural.

Descripción	Dotación (L/alumno/d)
Educación primaria e inferior (sin residencia)	60
Educación secundaria y superior (sin residencia)	50
Educación en general (con residencia)	70

La determinación de la dotación real en un sistema de agua para consumo humano se realiza a partir del caudal medio suministrado a la población y el número de habitantes abastecidos.

Ecuación 2. Dotación real

$$Dot \left(\frac{l}{Hab} \cdot día \right) = \frac{Q_m \times 86400}{P(Hab)}$$

Donde:

Dot: dotación real per cápita (*L/hab·día*)

Q_m: caudal medio del sistema (*L/s*)

P: población abastecida (*Hab*)

B. Caudal Medio.

Es la cantidad promedio de agua requerida para satisfacer las necesidades de una población en un día típico. Es el caudal que se debe obtener anualmente de las fuentes de abastecimiento y se determina con base en la dotación (CONAGUA, 2015).

El caudal medio del sistema se determina a partir del promedio de los caudales horarios registrados durante el periodo de medición, considerando la totalidad de registros obtenidos en el tiempo de estudio.

Ecuación 3. Caudal medio

$$Q_m = \frac{\sum Q}{n}$$

Donde:

$\sum Q$: sumatoria de caudales horarios

n: el número total de registros

C. Caudal Máximo Diario y Horario.

Para CONAGUA (2015), los caudales máximo diario y máximo horario, son los requeridos para satisfacer las necesidades de la población en un día de máximo consumo, y a la hora de máximo consumo en un año tipo, respectivamente.

Se estiman, de manera convencional, a partir del caudal medio mediante la aplicación de coeficientes de variación establecidos en la normativa de diseño y se expresan como:

Ecuación 4. Caudal máximo diario

$$Q_{md} = K_1 \times Q_m$$

Ecuación 5. Caudal máximo horario

$$Q_{md} = K_1 \times Q_m$$

Donde:

Q_{md} : caudal máximo diario L/s

Q_{mh} : caudal máximo horario L/s

K_1 : coeficiente de variación máximo diario

K_2 : coeficiente de variación máximo horario

Q_m : caudal medio diario L/s

Pero también estos parámetros se determinan a partir de los registros de medición del sistema, identificando el día de mayor consumo y, dentro de este, la hora en la que se alcanza el valor máximo registrado.

2.2.4.3. Caudales de Diseño para Estructuras de Agua para Consumo Humano.

La **Tabla 4** muestra los caudales utilizados para el diseño de las estructuras en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano.

Tabla 4

Caudales de diseño para estructuras de agua potable.

Tipo de Estructura	Diseño con Caudal Máximo Diario	Diseño con Caudal Máximo Horario
Obra de captación	x	
Línea de conducción	x	
Tanque de regulación	x	
Línea de alimentación a la red		x
Red de distribución		x

2.2.4.4. Variación de Consumo de Agua.

El consumo de agua presenta variaciones a lo largo del año respecto al promedio diario, influenciadas por factores como el tipo y tamaño de la comunidad, las condiciones económicas y sociales, el clima y las características de la vivienda (Agüero, 1997). Asimismo, los hábitos culturales y la infraestructura disponible condicionan el acceso y uso del recurso, generando variabilidad en el consumo diario ONU - Habitat (2021).

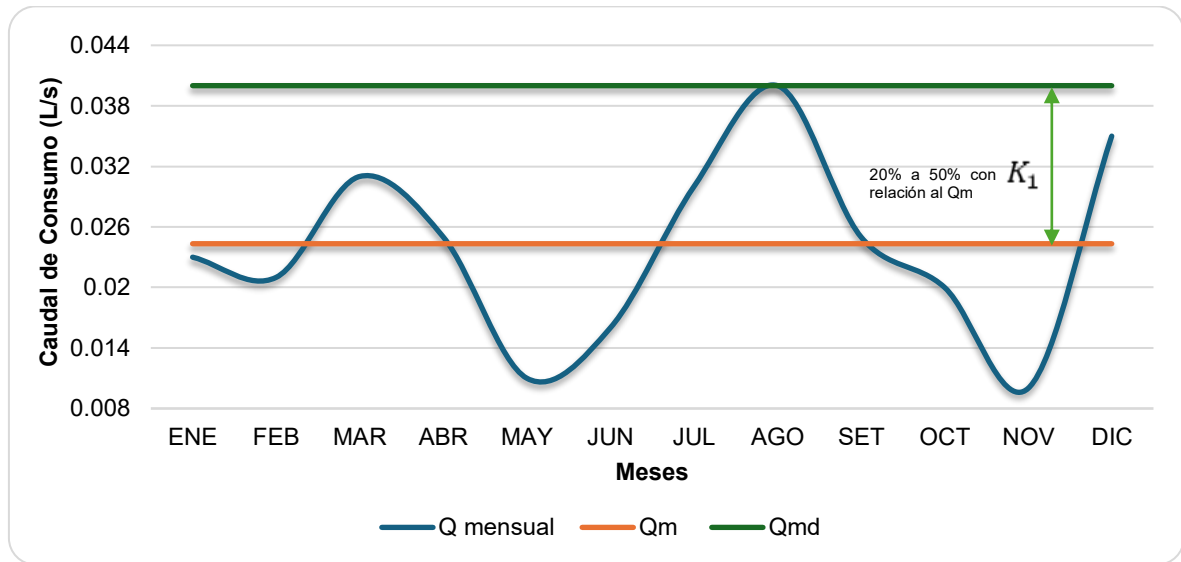
El MVCS (2018) señala que se debe considerar un valor de 1.3 para la variación diaria y 2.0 para la variación horario del consumo promedio diario anual (p.31).

A. Variación Diaria.

La variación diaria se expresa como un coeficiente del gasto medio anual y depende de la temperatura y distribución de las lluvias en la región y le llamamos coeficiente de variación diaria, cuyo valor se obtiene estadísticamente, como se ve en la **Figura 1** el eje de las “x” se anotan los meses del año y el eje de las “y” se colocan las demandas o consumos. El k_1 deberá estar entre el 20% y 50% con relación al gasto medio diario (Rodríguez, 2010).

Figura 1

Representación gráfica de variaciones diarias de consumo



El coeficiente de variación diaria se determina, mediante la división del caudal máximo diario entre el caudal medio.

Ecuación 6. Coeficiente de variación diaria

$$K_1 = \frac{Q_{md}}{Q_m}$$

Donde:

K_1 : coeficiente de variación diaria

Q_{md} : caudal máximo diario (L/s)

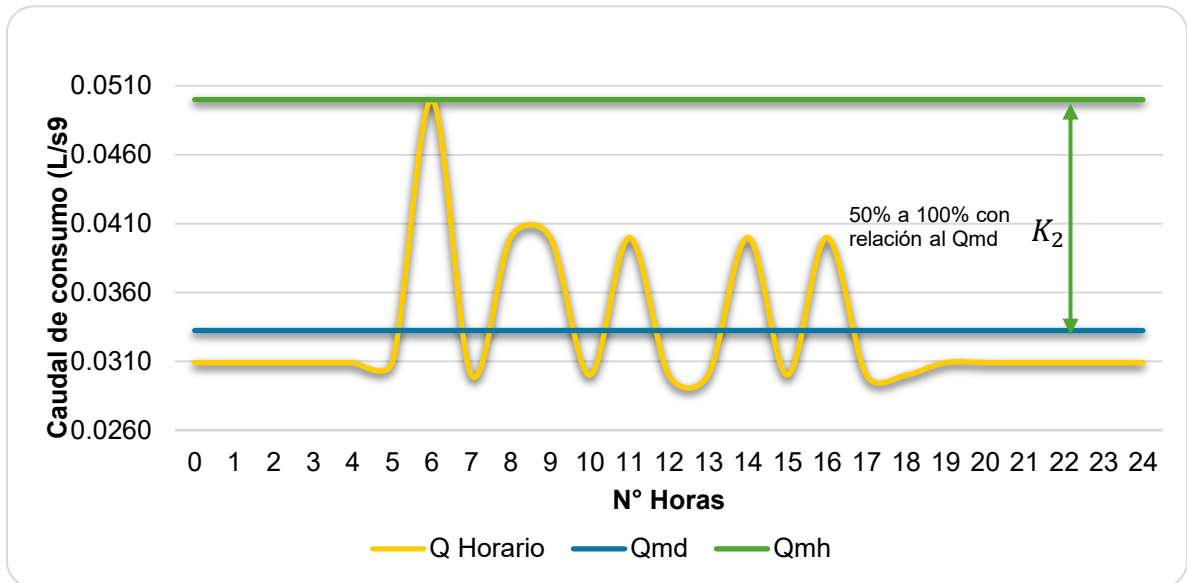
Q_m : caudal medio diario del total de registros (L/s)

B. Variación Horaria.

Observando la **Figura 2** las variaciones horarias con respecto al gasto máximo diario, el cual no es consumido por la población en forma constante durante las 24 horas del día, pero determinados lapsos serán mayores o menor que el gasto máximo diario. Para poder satisfacer las demandas máximas durante el día, se debe incrementar el valor del gasto máximo diario de un coeficiente que cubra esas demandas máximas horarias. Debe estar de 50% al 100% con relación el caudal máximo diario (Rodríguez, 2010).

Figura 2

Variaciones horarias de consumo



El coeficiente de variación horaria se determina, mediante la división del caudal máximo horario entre el caudal medio.

Ecuación 7. Coeficiente de variación horaria

$$K_2 = \frac{Q_{mh}}{Q_m}$$

Donde:

K_2 : coeficiente de variación horaria

Q_{mh} : caudal máximo horario (L/s)

Q_m : caudal medio diario del mismo día (L/s)

2.2.5. Evaluación Hidráulica de Sistemas de Abastecimiento de Agua

Es un proceso técnico mediante el cual se analizan y describen los componentes hidráulicos de un sistema de abastecimiento (captación, conducción, almacenamiento, aducción y distribución), considerando su estado y capacidad para cubrir la demanda de la población, para determinar si el sistema opera bajo los parámetros de diseño y normativa

vigente, lo que también se incluye la verificación de parámetros de campo como los caudales, consumos y presiones.

En este sentido, la norma técnica nacional establece que los sistemas rurales deben ser dimensionados y evaluados conforme a dotaciones, caudales máximo diario y horario, pérdidas de carga y presiones mínimas y máximas permitidas (MVCS, 2018). Lo que permite comparar el desempeño operativo de los sistemas con el diseño teórico y generar propuestas de mejora para optimizar la eficiencia hidráulica.

Según Meneses (2021), esta evaluación debe basarse en información real de campo y modelaciones hidráulicas que representen el comportamiento del sistema.

2.2.6. Dimensionamiento Hidráulico de los Componentes del Sistema de Agua para Consumo Humano

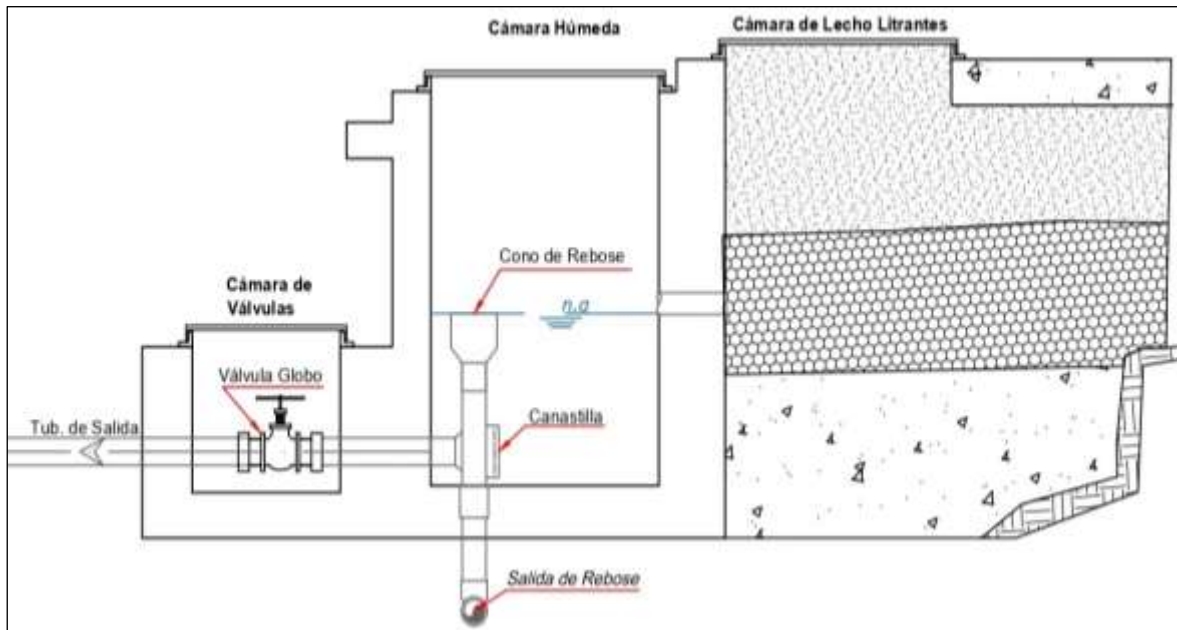
2.2.6.1. Captación de Ladera.

Agüero (1997), cuando la fuente de agua es un manantial de ladera y concentrado la captación constará de tres partes, la primera, corresponde a protección del afloramiento; la segunda, a una cámara húmeda que sirve para regular gasto a utilizarse y la tercera, a una cámara seca que sirve para proteger a válvula de control.

Los componentes de la captación de ladera se muestran en la **Figura 3**, donde se identifican los elementos que la conforman.

Figura 3

Captación de manantial de ladera



El MVCS (2018), considera los siguientes criterios para la captación de ladera:

A. Componentes Principales de una Captación.

Se considera que el diseño de las captaciones de manantiales debe tener los siguientes componentes:

- **Cámara de protección.** Para las captaciones de fondo y ladera es muy importante no perturbar el flujo de agua que emerge de la vertiente. La cámara de protección debe tener dimensiones y formas, tales que, se adapten a la localización de las vertientes y permitan captar el agua necesaria para el proyecto, esta se divide en tres; cámara de lecho filtrante, cámara húmeda y cámara de válvulas.
- **Tuberías y accesorios.** El material de las tuberías y accesorios deben ser inertes al contacto con el agua natural. Los diámetros se deben calcular en función al caudal máximo diario. En el diseño de las estructuras de captación, deben preverse válvulas, accesorios, tubería de limpieza, rebose y tapa de inspección con todas las protecciones sanitarias correspondientes. Al inicio de la tubería de conducción se debe instalar su correspondiente canastilla.
- **Protección perimetral.** La zona de captación debe estar adecuadamente protegida para evitar la contaminación de las aguas. Debe tener canales de drenaje en la parte

superior y alrededor de la captación para evitar la contaminación por las aguas superficiales.

B. 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.

C. Volumen de regulación de la cámara húmeda

Para la cámara húmeda se debe considerar un tiempo de retención de 3 minutos y 5 minutos, con base en el caudal máximo diario (Q_{md}), determinando el volumen necesario de la cámara húmeda.

Ecuación 8. Capacidad de volumen de almacenamiento

$$V = Q \times t$$

Donde:

V : volumen (m^3)

Q_{md} : caudal máximo diario (L/s)

t : tiempo (s)

Mientras que, para el volumen útil real de cámara húmeda, consideramos al ancho, largo de la cámara y la altura a la que se encuentra el rebose.

Ecuación 9. Volumen real de la cámara húmeda

$$V = A \times L \times H_{rebose}$$

Donde:

V : volumen (m^3)

A : Ancho tomado en campo (m)

L : Largo tomado en campo (m)

H_{rebose} : Altura de rebose tomando en campo (m)

D. 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.

- Para el área requerida, se tiene que, $Q_{max} = V_2 \times C_d \times A$, de donde despejaremos el área:

Ecuación 10. Área requerida de ingreso a la captación

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

Donde:

A : área requerida de ingreso (m^2)

Q_{max} : Caudal máximo de la fuente (L/s)

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

V_2 : velocidad de paso asumida (el valor máximo es 0,60m/s, en la entrada a la tubería)

- Diámetro de tubería de ingreso:

Ecuación 11. Diámetro de tubería de ingreso

$$D_t = \sqrt{\frac{A4}{\pi}}$$

Donde:

A : área requerida de ingreso (m^2)

D_t : diámetro teórico de la tubería de ingreso (m)

Teniendo el diámetro calculado, se asume uno diámetro comercial D_a

- Cálculo del número de orificios en la pantalla

Ecuación 12. Número de orificios en la pantalla de ingreso

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

Donde:

N_{ORIF} : Número de orificios en la pantalla de ingreso

D_t : Diámetro teórico de la tubería de ingreso (m)

D_a : Diámetro asumido de la tubería de ingreso (m)

- Ancho de pantalla, como se puede observar en la **Figura 4**, conocido el número de orificios y el diámetro de la tubería de entrada, se calcula:

Ecuación 13. Ancho de pantalla

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

Donde:

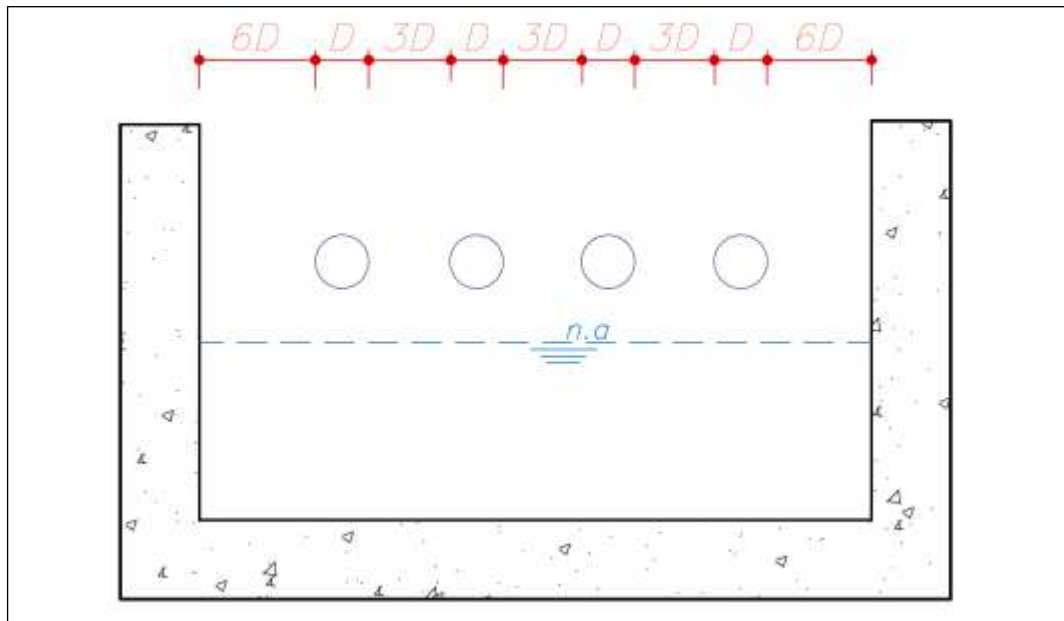
b : ancho de pantalla (m)

D : diámetro (m)

N_{ORIF} : Numero de orificios en la pantalla de ingreso (adimensional)

Figura 4

Ancho de pantalla de la cámara húmeda de una captación



E. Cálculo de la altura de la cámara

La **Figura 5** presenta los elementos necesarios para determinar la altura total de la cámara húmeda.

Ecuación 14. *Altura total de la cámara húmeda*

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

Donde:

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) y se calcula mediante la formula:

Ecuación 15. *Altura de agua de gasto*

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

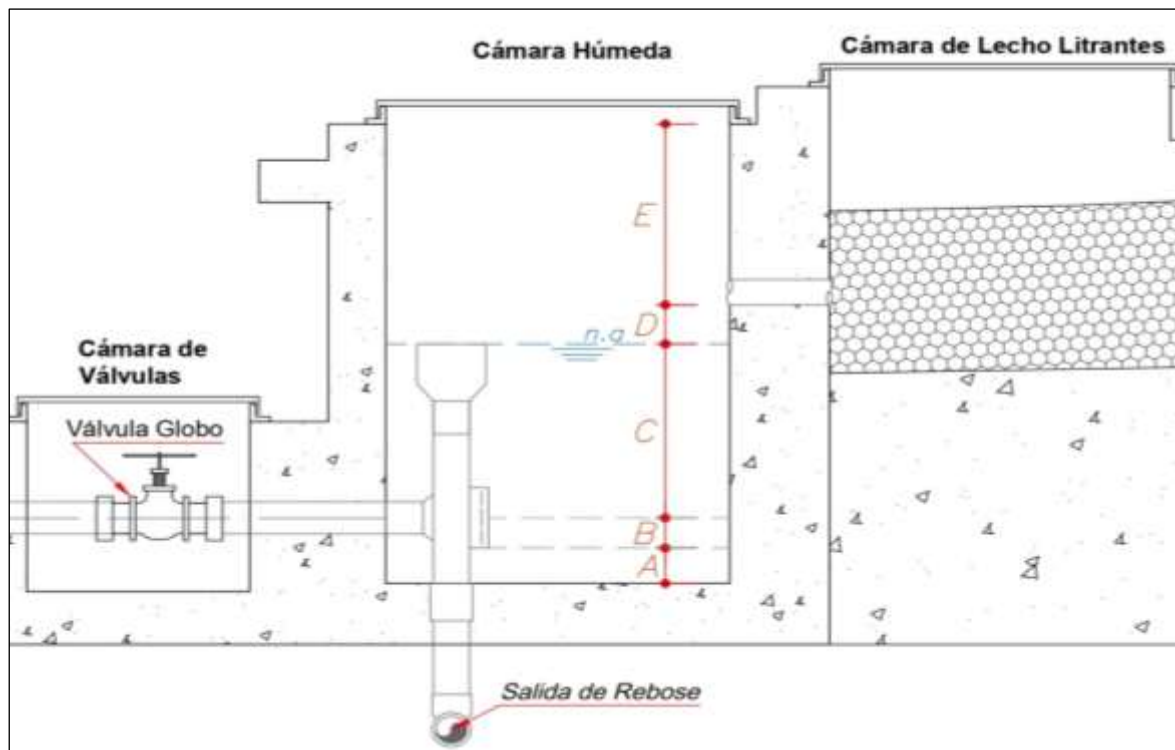
Donde:

Q_{md} : caudal máximo diario (m³/s)

A : área de la tubería de salida (m²)

Figura 5

Cámara húmeda de una captación del sistema de agua



F. Dimensionamiento de la Canastilla.

El dimensionamiento se considera que el diámetro de la canastilla debe ser dos veces el diámetro de la tubería de salida a la línea de conducción (MVCS, 2018).

Ecuación 16. Diámetro de canastilla

$$D_c = 2 \times D$$

Donde:

D_c : diámetro de canastilla (pulg)

D : diámetro de conducción (pulg)

2.2.6.2. Línea de Conducción.

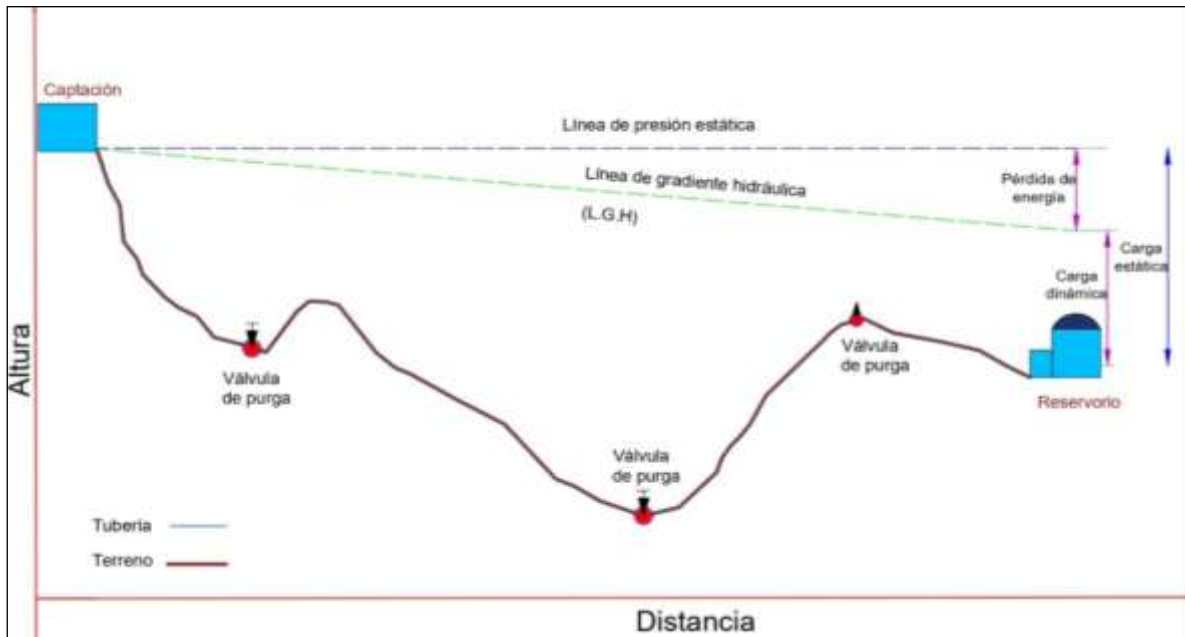
Para García (2009), es la línea de tubería que transporta el agua desde la captación hasta el punto de entrega, que usualmente es el reservorio de regulación.

Línea de condición es la estructura que permite conducir el agua desde la captación hasta la siguiente estructura, que puede ser un reservorio o planta de tratamiento de agua potable (p.37.)

Este componente se diseña con el caudal máximo diario de agua; tal como se representa en la **Figura 6** debe considerar: anclajes, válvulas de purga, válvulas de aire, cámaras rompe presión, cruces aéreos, sifones. El material por emplear debe ser PVC; sin embargo, bajo condiciones expuestas, es necesario que la tubería sea de otro material resistente (MVCS, 2018).

Figura 6

Línea de Conducción del sistema de agua para consumo



La norma MVCS (2018), considera los caudales de diseño, velocidades admisibles y pérdidas de carga para el diseño de la línea de conducción.

A. Caudales de Diseño.

La Línea de Conducción debe tener la capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo diario (Q_{md}), si el suministro fuera discontinuo, se debe diseñar para el caudal máximo horario (Q_{mh})

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
- La velocidad máxima admisible debe ser de 3 m/s, pudiendo alcanzar los 5 m/s si se justifica razonadamente.
- Diámetros máximo y mínimo que puede tener la línea de conducción, considerando las velocidades recomendadas por la norma técnica.

Ecuación 17. Diámetro máximo de conducción

$$D_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{md}}{\pi \times v_{min}}}$$

Ecuación 18. Diámetro mínimo de conducción

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{md}}{\pi \times v_{m\acute{a}x}}}$$

Donde:

$D_{m\acute{a}x}$: diámetro máximo (m)

D_{min} : diámetro mínimo (m)

Q_{md} : caudal máximo diario (m^3/s)

v_{min} : velocidad mínima (0.6 m/s)

$v_{m\acute{a}x}$: velocidad máxima (3 m/s)

- Verificación de velocidad de flujo

Ecuación 19. velocidad de flujo

$$v = \frac{Q_{md}}{A}$$

Donde:

Q_{md} : caudal máximo diario (m^3/s)

A : área (m^2)

C. Pérdida de Carga

La pérdida de carga representa la energía requerida para superar las resistencias al flujo del agua entre dos puntos de una tubería. Estas pérdidas se clasifican en dos tipos: por fricción, que se originan por el roce del agua con las paredes internas de la tubería, y las locales, que se generan por elementos como codos, válvulas o cambios de dirección.

Su determinación es fundamental para el dimensionamiento hidráulico de líneas de aducción y conducción en sistemas de abastecimiento de agua, para diámetros mayores a 2" o ≥ 50 mm tenemos:

Ecuación 20. Ecuación de Hazen y Williams

$$H_f = 10.674 \times \left[\frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} \times D^{4.86}} \right] \times L$$

Donde:

H_f : pérdida de carga continua (m)

Q : caudal (m^3/s)

D : diámetro (m)

C : Coeficiente de Hazen y Williams es adimensional, véase la **Tabla 5**.

L : longitud de tubería (m)

Tabla 5

Coeficiente de Hazen y Williams

Material	Coeficiente de Hazen y Williams
Acero sin costura	120
Acero soldado en espiral	100
Hierro fundido dúctil con revestimiento	140
Hierro galvanizado	100
Polietileno	140
PVC	150

A. Carga Disponible.

La carga disponible viene representada por la diferencia de elevación entre la obra de captación y el reservorio.

- Cota Piezométrica: representa la altura total de energía disponible del agua en un punto específico del sistema. Se obtiene restando a la cota inicial (captación) y las pérdidas de carga acumuladas a lo largo del tramo analizado. Su determinación se expresa de la siguiente manera:

Ecuación 21. Cota piezométrica

$$C_p = Cota_i - Hf_{Tramo}$$

Donde:

C_p : cota piezométrica (m. s. n. m.)

Hf : pérdida de carga continua del tramo (m)

$Cota_i$: cota inicial - captación (m. s. n. m.)

- Carga Dinámica o Presión en el Reservorio: La diferencia entre las cotas de trabajo nos dará la presión con la que llega el caudal al reservorio.

Ecuación 22. Carga dinámica

$$C_r = C_p - C_f$$

Donde:

C_r : carga dinámica o presión en el reservorio (m)

C_p : cota piezométrica (m. s. n. m.)

C_f : cota del reservorio (m. s. n. m.)

2.2.6.3. Reservorio de Almacenamiento.

Es una estructura que sirve, por un lado, para almacenar el agua y abastecer a la población, y por otro, para mantener una presión adecuada en las redes y dar un buen servicio. En la **Figura 7** el reservorio de almacenamiento consta de dos partes la primera, el depósito de almacenamiento; y la segunda, la cámara de válvulas donde se encuentran las válvulas de control de entrada, salida del agua, de limpia y rebose, y la de by pass; complementados con el sistema de cloración y el medidor de caudal, que son protegidos con el cerco perimétrico. La importancia del reservorio radica en garantizar el funcionamiento hidráulico del sistema y el mantenimiento de un servicio eficiente, en función a las necesidades de agua proyectadas y el rendimiento admisible de la fuente. (Agüero, 2004).

A. Capacidad del Reservorio.

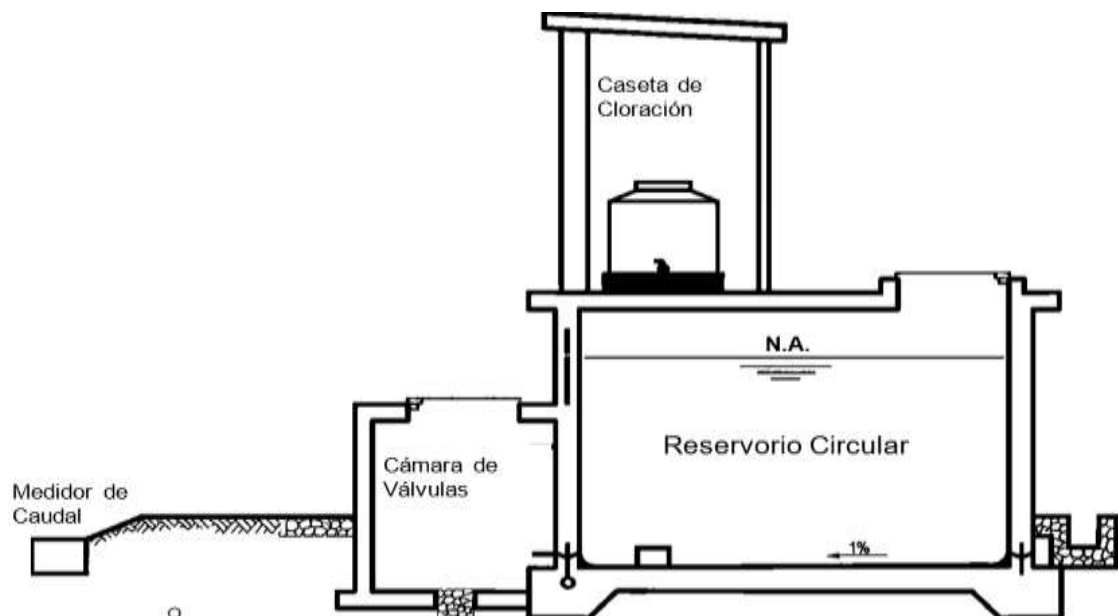
El MVSC (2018), indica que el volumen de almacenamiento debe ser del 25% de la demanda diaria promedio anual (Q_m), siempre que el suministro de agua de la fuente sea continuo. (p.115).

Ecuación 23. Volumen útil según norma

$$V = 25\% * Q_m$$

Figura 7

Perfil de reservorio de agua para consumo humano



Agüero (2004), menciona que para el cálculo del volumen de almacenamiento se utilizan métodos gráficos y analíticos. Los primeros se basan en la determinación de la “curva de masa” o de “consumo integral”, considerando los consumos acumulados; para los métodos analíticos, se debe disponer de los datos de consumo por horas y del caudal disponible de la fuente, que por lo general es equivalente al consumo promedio diario (p.8).

Ecuación 24. Volumen de regulación diagrama masa

$$V_{Regulación} = V_{Exceso} - V_{Defecto}$$

Donde:

$V_{Regulación}$: Volumen útil o de regulación (m^3)

V_{Exceso} : volumen de exceso (m^3)

$V_{Defecto}$: Volumen de defecto (m^3)

Volumen de regulación, mediante diferencia del consumo acumulado y la oferta acumula, siendo necesario identificar el volumen excedente y el volumen de defecto con mayores valores.

B. Alturas del Reservoirio

Se identifican las alturas y el tipo de sección que conforman el reservorio:

- Altura mínima operativa: H_o
- Borde libre: BL
- La altura total: H_{total}
- Altura útil o de regulación: H_u

Ecuación 25. *Altura útil del reservorio*

$$H_u = H_{total} - H_o - BL$$

Ecuación 26. *Área de sección transversal para un reservorio circular*

$$A = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2$$

Ecuación 27. *Área de sección transversal para un reservorio cuadrado*

$$A = L^2$$

Donde:

A : área de sección transversal del reservorio

D : diámetro del reservorio

L : Lado del reservorio

C. Volúmenes en relación a las alturas del reservorio

La capacidad de almacenamiento disponible dentro del componente y se encuentra directamente asociado a las alturas hidráulicas que la conforman.

Ecuación 28. Volúmenes de reservorio

$$V = A \cdot H$$

Donde:

A : área de sección transversal (m^2)

V : volumen correspondiente a la altura considerada (m^3), el cual puede ser:

- volumen total (V_{total}),
- volumen útil o de regulación (V_u),
- volumen mínimo operativo o muerto (V_o),
- volumen de borde libre (V_{BL});

H : altura asociada al volumen calculado (m), pudiendo ser:

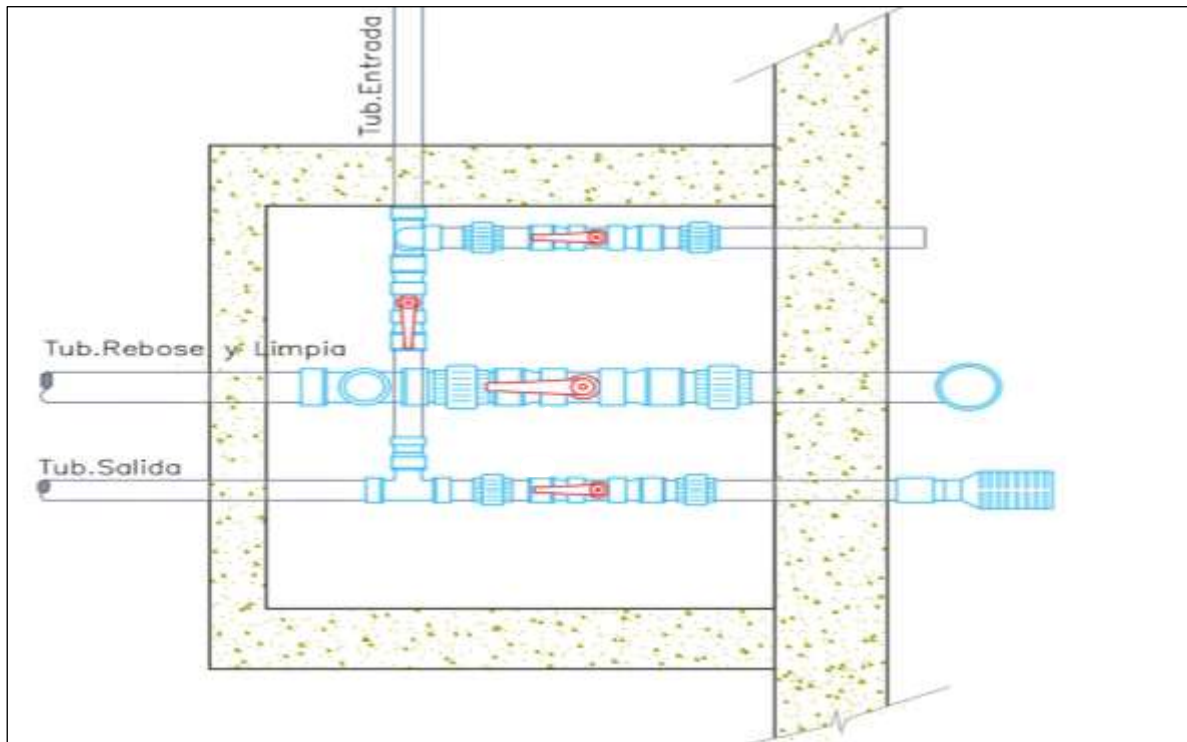
- altura total (H_{total}),
- altura útil o de regulación (H_u),
- altura mínima operativa (H_o),
- borde libre (BL).

D. Cámara de Válvulas.

Es un elemento esencial para garantizar el adecuado funcionamiento de los sistemas de agua potable. Su importancia radica tal como muestra la **Figura 8**, en albergar los dispositivos que permiten controlar el ingreso, almacenamiento y distribución del agua hacia la red. Al igual que el reservorio, se construye en concreto armado y debe contar con una tapa metálica para evitar manipulaciones no autorizadas.

Figura 8

Cámara de válvulas del reservorio



2.2.6.4. Sistema de Desinfección.

Es un sistema que sirve para eliminar cualquier agente patógeno que se haya trasladado el agua desde su captación hasta su almacenamiento en el reservorio, esto sistema permite garantizar un agua de mejor calidad y más segura que permita la inocuidad de las personas que lo consumen. En el caso de los sistemas rurales los sistemas se utiliza desinfectantes compuestos derivados del cloro, como, por ejemplo: Hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2$; Hipoclorito de sodio (NaClO) ; Dióxido de cloro (ClO_2) .

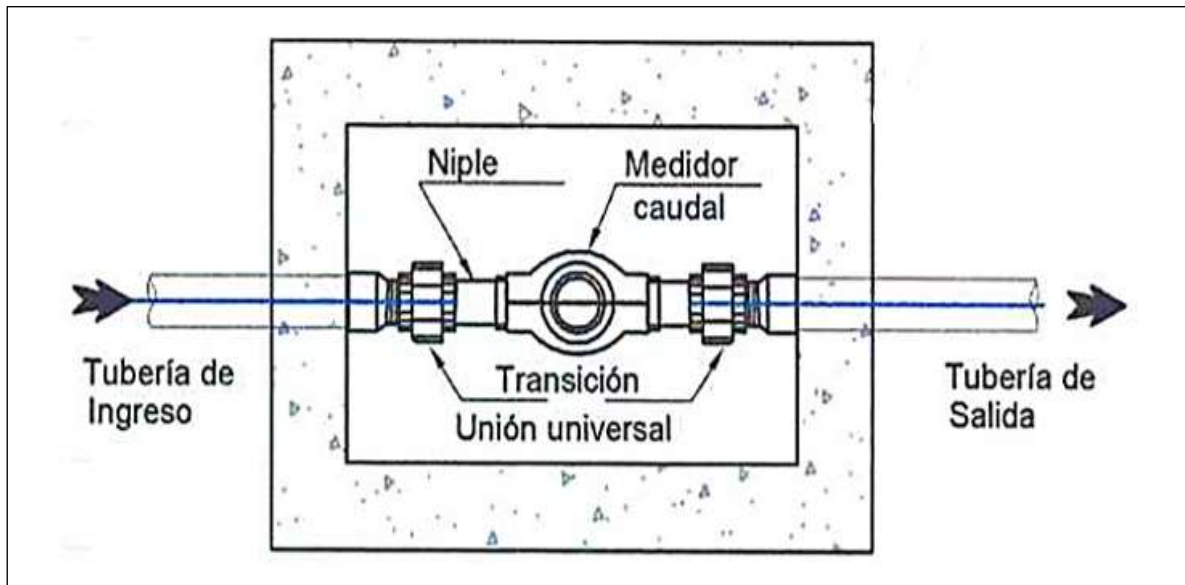
2.2.6.5. Medidor de Caudal.

Un medidor de caudal es un instrumento utilizado para medir el caudal o gasto volumétrico de un fluido y suele instalarse en línea con la tubería que lo transporta, como se muestra en la **Figura 10**. Este dispositivo se integra mediante adaptadores universales y niples, lo que facilita su acoplamiento al sistema de conducción.

En la norma internacional **ISO 4006:1991**, Un medidor de caudal se define como un “dispositivo destinado a medir, indicar o registrar el caudal de un fluido en una línea de conducción” (ISO, 1991).

Figura 9

Medidor de caudal de sistema de estudio



2.2.6.6. Línea de aducción.

La Línea de Aducción tendrá capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo horario (Q_{mh}). La carga estática máxima aceptable será de 50 m y la carga dinámica mínima será de 1 m. 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 (MVCS, 2018).

A. Verificación de Diámetros

Los diámetros máximo y mínimo que puede tener la línea de conducción, considerando las velocidades recomendadas por la norma técnica.

Ecuación 29. Diámetro máximo de la aducción

$$D_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{mh}}{\pi \times V_{m\acute{i}n}}}$$

Ecuación 30. Diámetro mínimo de la aducción

$$D_{m\acute{i}n} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{mh}}{\pi \times V_{m\acute{a}x}}}$$

Donde:

D_{min} : Diámetro mínimo (m)

Q_{mh} : Caudal Máximo Horario m^3/s

V_{min} : Velocidad mínima (0.6 m/s)

$V_{máx}$: Velocidad máxima (3 m/s)

B. Velocidad de flujo:

La velocidad debe encontrarse dentro del rango recomendado por el MVCS (0.6 a 3.0 m/s) para evitar sedimentaciones o pérdidas excesivas de carga.

Ecuación 31. Velocidad de flujo en la aducción

$$v = \frac{Q_{mh}}{A}$$

Donde:

v : Velocidad de flujo (m/s)

Q_{mh} : Caudal máximo horario (m^3/s)

A : Área interna de la tubería (m^2)

2.2.6.7. Red de Distribución.

La red de distribución según Agüero (1997), es el conjunto de tuberías de diferentes diámetros, válvulas, grifos y demás accesorios cuyo origen está en el punto de entrada al pueblo (final de la línea de aducción) y que se desarrolla por todas las calles de la población. Las presiones deben satisfacer las condiciones máximas y mínimas para las diferentes situaciones de análisis que puedan ocurrir. En tal sentido, la red debe mantener presiones de servicio mínimas, que sean capaces de llevar agua a las viviendas (p.93).

Es un componente del sistema de agua potable, el mismo que permite llevar el agua hasta cada vivienda a través de tuberías, accesorios y conexiones domiciliarias (MVCS, 2018).

A. Aspectos Generales.

- Las redes de distribución se deben diseñar para el caudal máximo horario (Q_{mh}).
- Los diámetros mínimos de las tuberías principales para en redes abiertas, se admite un diámetro de 20 mm ($\frac{3}{4}$ ") para ramales.
- La red de tuberías de agua para consumo humano debe ubicarse siempre en una cota superior sobre otras redes que pudieran existir de aguas grises (MVCS, 2018).

B. Velocidades Admisibles.

- La velocidad mínima no debe ser menor de 0,60 m/s. En ningún caso puede ser inferior a 0,30 m/s.
- La velocidad máxima admisible debe ser de 3 m/s.

C. Presiones de Servicio.

La presión mínima de servicio en cualquier punto de la red o línea de alimentación de agua no debe ser menor de 5 m.c.a. y la presión estática no debe ser mayor de 50 m.c.a.

D. Régimen de Flujo y Pérdidas de Carga en Tuberías.

El comportamiento del agua dentro de las tuberías depende de la velocidad de circulación, el diámetro y las propiedades del fluido. Para identificar el tipo de flujo se utiliza los rangos del número de Reynolds (Re) para flujo en tuberías:

- Flujo laminar: $Re < 2000$
- Zona de transición: $2000 \leq Re \leq 4000$
- Flujo turbulento: $Re > 4000$

Se expresa como:

Ecuación 32. Ecuación de Número de Reynolds

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Donde:

Re : número de Reynolds (Adimensional)

ρ : densidad del agua (a 20 °C es aproximadamente 998.207 kg/m³)

v : velocidad del fluido (m/s)

D : diámetro de tubería(m)

μ : viscosidad del agua (viscosidad dinámica del agua $\approx 1.002 \times 10^{-3}$ Pa·s o kg/(m·s))

Las pérdidas de energía que se producen por fricción a lo largo de la tubería pueden estimarse mediante la ecuación de Darcy–Weisbach

Ecuación 33. Ecuación Darcy – Weisbach en forma de velocidad

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

h_f : pérdida de carga por fricción (m)

f : factor de fricción de Darcy (adimensional)

L : longitud de la tubería (m)

D : diámetro interno de la tubería (m)

v : velocidad media del flujo (m/s)

g : aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

Para determinar el factor de fricción de Darcy, mediante la formula explícita de Swamee–Jain, equivalente a Colebrook–White.

Ecuación 34. Swamee–Jain factor de fricción de Darcy

$$f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Donde:

f : factor de fricción de Darcy (adimensional)

ε : rugosidad absoluta de la tubería (m)

D : diámetro interno de la tubería (m)

Re : número de Reynolds (adimensional)

En la **Tabla 6.** presentados coeficientes de rugosidad absoluta para material usados.

Tabla 6*Coeficientes de Rugosidad “ ε ”*

Material	Rugosidad absoluta ε (mm)
Plástico (PE, PVC) nuevo	0.0015
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0.01
Tubos estirados de acero	0.0024
Tubos de latón o cobre	0.0015
Fundición revestida de cemento	0.0024
Fundición con revestimiento bituminoso	0.0024
Fundición centrífuga	0.003

A. Tipos de Redes.

Los tipos de redes de distribución en Agüero (1997), se tiene según la forma de los circuitos, existen dos tipos de sistemas de distribución: el sistema abierto o de ramales abiertos y el sistema de circuito cerrado, conocido como malla, parrilla, entre otros (p.94).

En el caso de la presente investigación se identificó que se cuenta con redes de agua del tipo ramificada, en tal sentido a continuación abordaremos este tipo de redes.

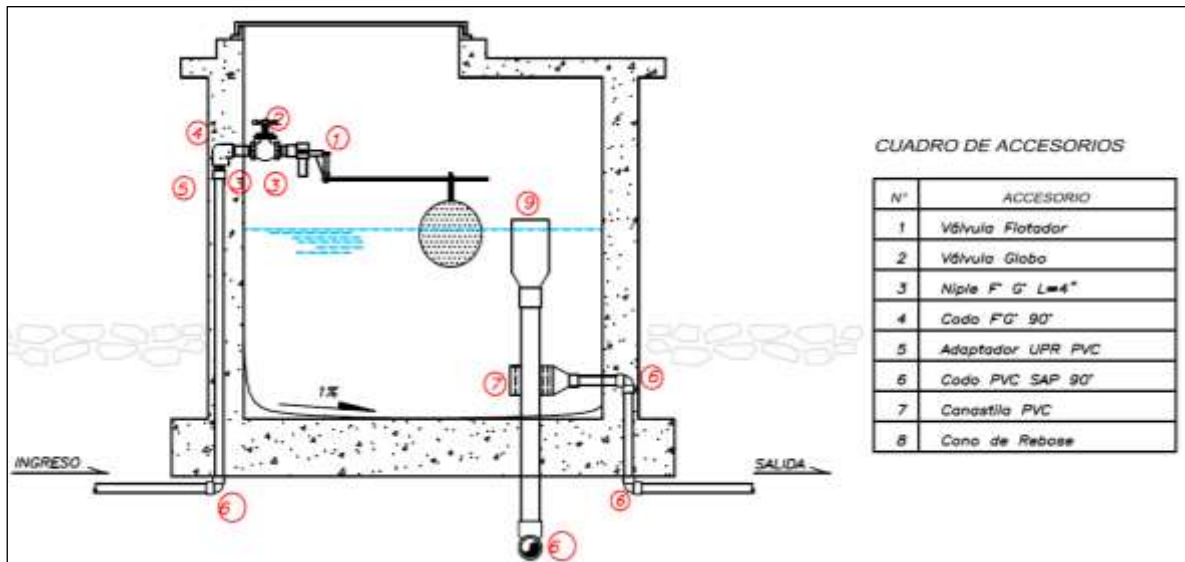
Redes Ramificadas: son redes de distribución que están constituidas por un ramal matriz y una serie de ramificaciones. Es utilizado cuando la topografía dificulta o no permite la interconexión entre ramales y cuando las poblaciones tienen un desarrollo lineal, generalmente a lo largo de un río o camino (MVCS, 2018).

2.2.6.8. Cámara Rompe Presión para Redes de Distribución.

Suárez (2016), menciona que son estructuras pequeñas, su función principal es de reducir la presión hidrostática a cero u a la atmosfera local, generando un nuevo nivel de agua y creándose una zona de presión dentro de los límites de trabajo de las tuberías.

Figura 10

Cámara rompe presión tipo 7



La norma de MVCS (2018), menciona:

- Se sugiere la instalación de cámaras rompe presión (CRP) cada 50 m de desnivel.
- 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.
- 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.
- La tubería de salida dispondrá de una canastilla de salida, que impida la entrada de objetos en la tubería.

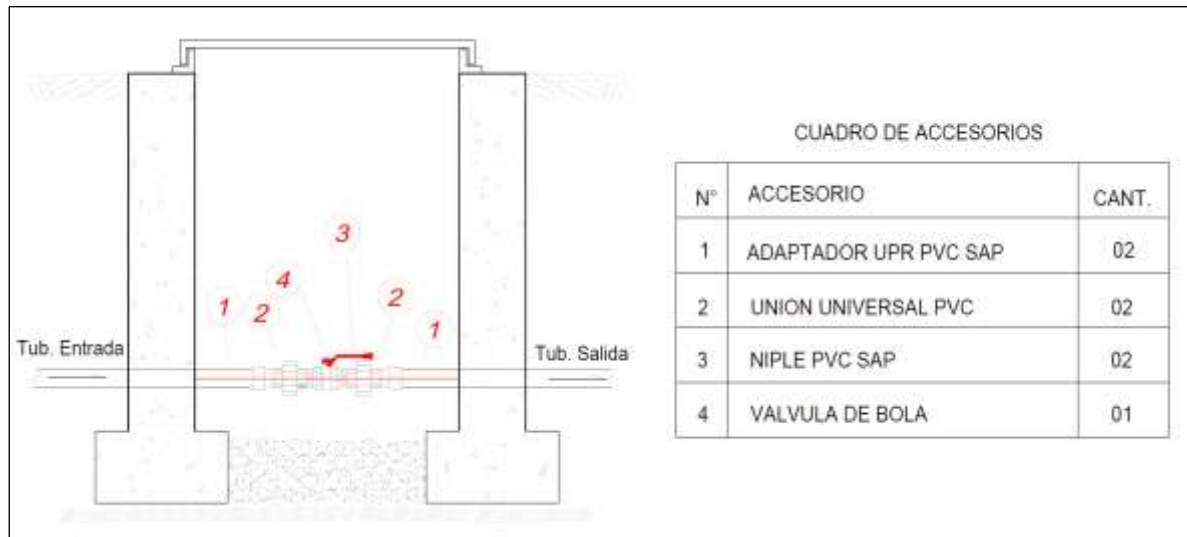
2.2.6.9.Válvulas de Control

La ubicación y cantidad de válvulas de control se determinan con la finalidad de poder aislar un tramo o parte de la red en caso de reparaciones o ampliaciones. En poblaciones concentradas deben proveerse de una válvula de ingreso a la red y en los puntos donde exista un ramal de derivación importante.

Se recomienda una sección interior mínima de 0,60 x 0,60 m, tanto por facilidad constructiva como para permitir el alojamiento de los elementos. El cierre de la cámara será estanco y removible, para facilitar las operaciones de mantenimiento (MVCS, 2018).

Figura 11

Válvula de control usadas en la red de distribución



2.2.7. Modelo de simulación Hidráulica de la red de agua para consumo humano

CONAGUA (2007), en el manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento - modelación hidráulica y de calidad del agua en redes de agua potable, menciona que los modelos de simulación actualmente son sistemas completos de fácil manejo permitiendo a usuarios de diferentes niveles, analizar y mostrar los parámetros hidráulicos y de calidad del agua dentro de un sistema de distribución de agua potable. Tomando en cuenta el desarrollo en los últimos años que han experimentado los modelos de simulación, es posible realizar una clasificación de acuerdo al objetivo o criterios que se establezcan (p.10).

2.2.7.1. Información Requerida para la Modelación Hidráulica.

CONAGUA (2007) señala que, de forma general, un programa o software comercial sobre modelación hidráulica en redes de distribución requiere al menos los datos siguientes:

- Tuberías (tramos de la red): diámetro, longitud, coeficientes de pérdidas de carga por fricción.
- Válvulas (abiertas, cerradas o semicerradas y en qué grado).
- Conexiones entre las tuberías (topología de la red).
- Nodos: elevación, demanda de agua
- Tanques: nivel de agua (se considera constante en un análisis de flujo permanente)

- Bombas: curvas gasto - carga, nivel de succión, pérdidas de cargas menores (p.12).

2.2.7.2. Tipos de modelos hidráulicos aplicados a redes de agua

De acuerdo con el *Manual de Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Agua Potable* de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), los modelos hidráulicos pueden clasificarse, según su enfoque temporal, en modelos estáticos y modelos de período extendido.

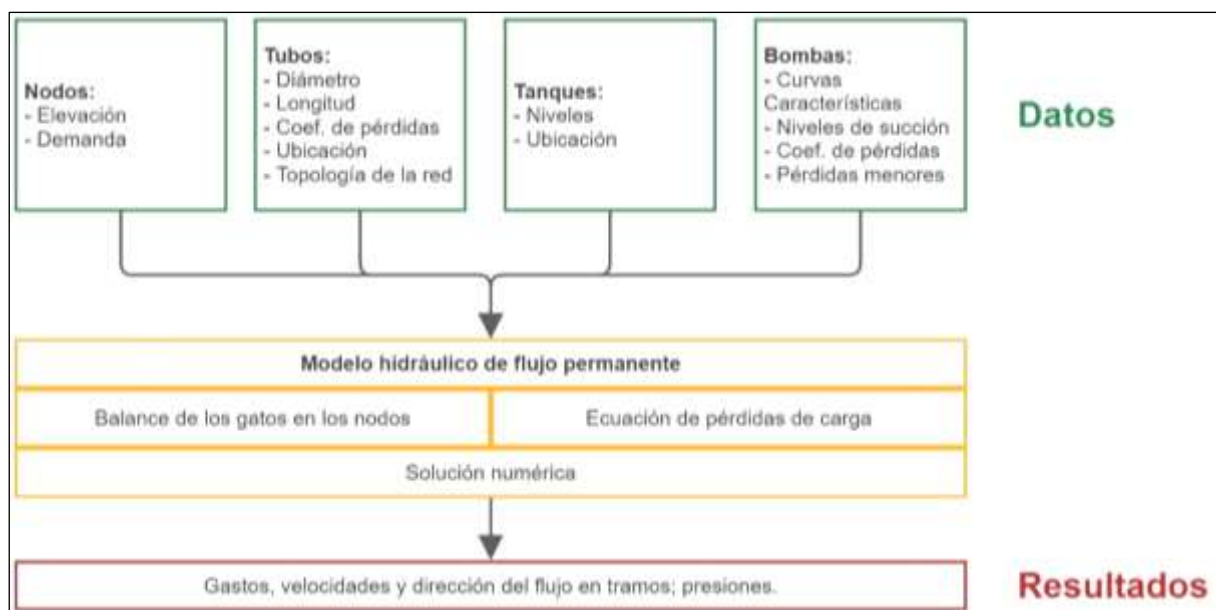
El tiempo es una variable fundamental en la modelación de redes de agua potable. Existen dos tipos de modelación: estáticos y dinámicos.

A. *Estáticos o de flujo permanente*

CONAGUA (2007), menciona que este tipo de modelos se supone que los caudales demandados e inyectados permanecen constantes, no existen variaciones en la operación en la red, y el nivel en los tanques es fijo. Este tipo de modelos se emplean frecuentemente para analizar el comportamiento de la red con los caudales máximos horarios, y así someterlas a las condiciones más desfavorables (p.11).

Figura 12

Diagrama de un modelo hidráulico de flujo permanente



B. Dinámicos o flujo no permanente

En los modelos de tipo dinámico, se permite la variación temporal de caudales demandados e inyectados, condiciones operativas de la red y de los niveles en los tanques. Esto es considerado bajo ciertas restricciones, simular la evolución temporal de la red, en un intervalo determinado.

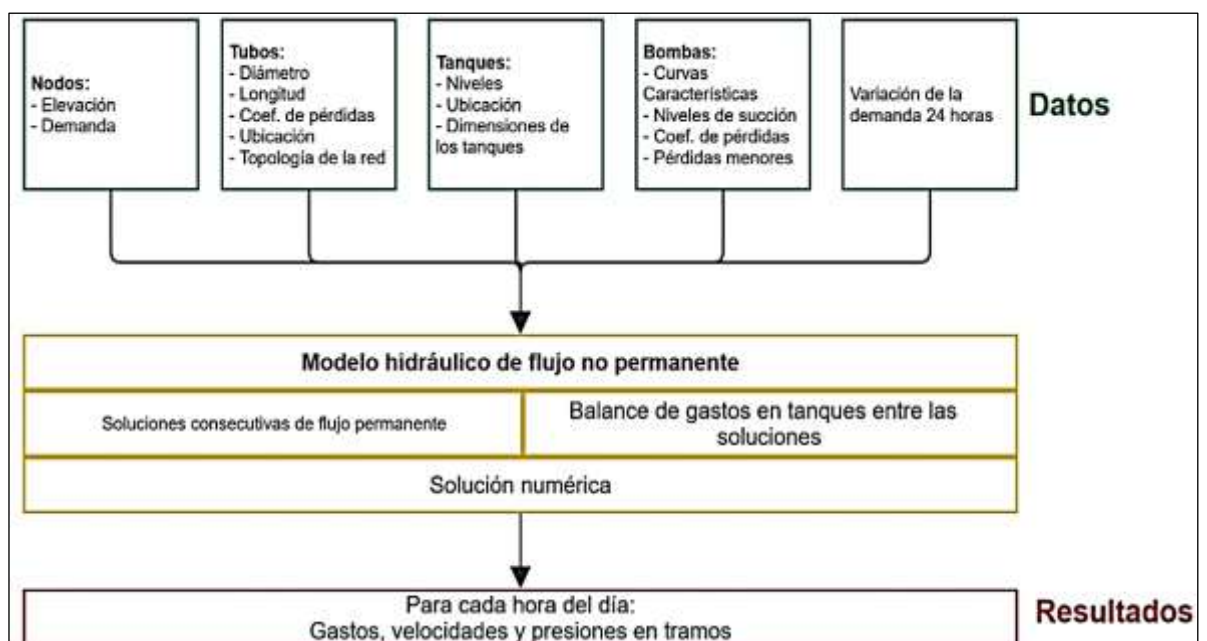
B.1.No Inerciales

CONAGUA (2007) describe el modelo de período extendido como una sucesión de estados permanentes bajo condiciones de frontera variables en el tiempo, lo que le confiere carácter cuasi dinámico; este enfoque es conocido como simulación en período extendido (EPS). Se aplica cuando las variaciones de velocidad en las tuberías son lentas y se desprecia la energía asociada a la aceleración o desaceleración del flujo (p.14).

El modelo hidráulico de período extendido permite simular el comportamiento del sistema durante un intervalo, usualmente de 24 horas, considerando la variación horaria de la demanda, la operación de reservorios y las condiciones de funcionamiento. La **Figura 14** muestra el ingreso de datos, el procesamiento y los resultados de la simulación.

Figura 13

Diagrama de un modelo hidráulico de flujo no permanente



2.2.7.3. Software de modelación hidráulica en WaterCAD

WaterCAD es un software desarrollado por Bentley System para el modelado y análisis de redes de distribución de agua a presión, como los sistemas municipales de abastecimiento de agua. Permite realizar simulaciones en estado estacionario y de período extendido en redes de presión que incluyen bombas, tanques, válvulas de control y otros componentes. (Bentley Systems)

A. Selección de la Ecuación hidráulica: Darcy-Weisbach

WaterCAD permite el uso de distintas ecuaciones hidráulicas, entre ellas Hazen-Williams y Darcy-Weisbach. En el presente estudio se optó por emplear la ecuación de Darcy-Weisbach, debido a que la red de distribución del sistema de agua potable está conformada mayoritariamente por tuberías de diámetro menor a 2 pulgadas.

Lyle Streeter et al. (1998), indica que la ecuación de Darcy-Weisbach se fundamenta en principios físicos de la mecánica de fluidos y considera explícitamente el régimen de flujo mediante el número de Reynolds, así como la rugosidad relativa del material de la tubería, lo que les confiere mayor rigor físico frente a ecuaciones de este carácter (p.86)

Considerando lo anterior usaremos la **Ecuación 33. Darcy – Weisbach en función a la velocidad** en la construcción del modelo.

2.2.7.4. Calibración del Modelo Hidráulico.

En CONAGUA (2007) la calibración del modelo hidráulico es el proceso mediante el cual se ajustan los parámetros del modelo hasta lograr una concordancia aceptable entre los valores simulados y los datos medidos en campo. Este proceso es indispensable para asegurar que el modelo represente adecuadamente las condiciones reales de operación del sistema (p.48).

A. Toma de Presiones para la Calibración del Modelo.

En CONAGUA (2007), la comparación del modelo hidráulico con la condición real requiere la medición de parámetros en campo, especialmente la presión. Estas mediciones constituyen la base para la calibración del modelo y se realizan en puntos representativos de la red, como nodos críticos, extremos de línea y zonas con variación topográfica. Como referencia, se recomienda medir presiones en al menos el 20 % de los nodos o en las viviendas más cercanas a la red (p.48).

2.2.7.5. Validación del Modelo Hidráulico

La validación del modelo se realiza aplicando el criterio propuesto por Bourguett Ortiz & Ochoa Alejo (2001), quienes señalan que una diferencia porcentual de hasta $\pm 20\%$ entre las presiones medidas y simuladas puede considerarse aceptable para la validación de modelos hidráulicos de redes de agua potable. El cumplimiento de este criterio permite confirmar que el modelo representa adecuadamente las condiciones reales de operación del sistema analizado.

2.2.8. Metodología del Sistema de Información Regional en Agua y Saneamiento (SIRAS)

El Sistema de Información Regional en Agua y Saneamiento (SIRAS) constituye una metodología orientada a la elaboración de diagnósticos integrales de los servicios de agua y saneamiento en el ámbito rural. Esta metodología fue validada en la Región Cajamarca en el año 2003, mediante su aplicación en seis distritos, incorporando las condiciones sociales, culturales y económicas propias de los sistemas rurales de abastecimiento.

El diagnóstico distrital en agua y saneamiento desarrollado bajo el enfoque SIRAS permite establecer la línea base de la situación de los servicios, identificando su estado funcional, condiciones de gestión y nivel de sostenibilidad. La evaluación se realiza mediante el uso de formatos estandarizados de campo, los cuales recogen información técnica, operativa y organizativa del sistema.

Los formatos aplicados en la metodología SIRAS se orientan a la valoración de los tres factores que componen el índice de sostenibilidad:

- **Formato de Estado del Sistema (ES):** registra las condiciones físicas y operativas de los componentes del servicio (captación, conducción, reservorio y red de distribución).
- **Formato de Gestión (G):** recoge información sobre la organización comunal, administración del servicio, tarifas y participación de los usuarios.
- **Formato de Operación y Mantenimiento (OyM):** evalúa las prácticas de operación, mantenimiento preventivo y correctivo, así como la disponibilidad de herramientas e insumos.

A partir de los puntajes obtenidos se determina el índice de sostenibilidad mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 35. Índice de sostenibilidad

$$\text{Índice de Sostenibilidad} = \frac{(ES \times 2) + G + OyM}{4}$$

Con el rango de clasificación, brindara el estado, la cualificación, según tenemos:

Tabla 7

Índices de Sostenibilidad

Estado	Cualificación de sostenibilidad	Rango de Clasificación	
Bueno	Sostenible	3.51-4.00	
Regular	Medianamente sostenible	3.50-2.51	
Malo	No sostenible	2.50-1.51	
Muy malo	Colapsado	1.50-1.00	

2.2.9. Calidad del Agua para Consumo Humano

En Perú, la calidad del agua para consumo humano está regulada por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), a través del reglamento de la calidad del agua para consumo humano aprobado mediante DS N° 031-2010-SA, en la **Tabla 7** se detallan los Límites Máximos Permisibles (LMP) de los parámetros, con la finalidad de que sea considerada apta para consumo humano a continuación se detallan los parámetros más importantes:

Tabla 8

Límites máximos permisibles de parámetros organolépticos en agua para consumo humano

Parámetros	Unidad De Medida	LMP
Turbiedad	UNT	5
pH	valor de pH	6,5 a 8,5
Conductividad eléctrica	µmho/cm	1500
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000
Cloruros	mg Cl /L	250
Sulfatos	mg SO ₄ /L	250
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	500
Hierro	mg Fe /L	0,3
Manganeso	mg Mn /L	0,4
Aluminio	mg Al /L	0,2
Zinc	mg Zn /L	3

Tabla 9

Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos en agua de consumo humano

Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos		
Parámetros	Unidad de Medida	LMP
Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0
Bacterias Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL a 44,5 °C	0

2.2.10. Gestión de la Demanda de Agua para Consumo Humano

La gestión de la demanda es una ciencia aún poco consolidada en el mundo, al menos en su faceta de componente estable de una estrategia de gestión hídrica, lo que invita a una revisión de los métodos empleados para valorar la suficiencia de recursos para atender las necesidades y asegurar resultados robustos y factibles. La estrecha relación entre la planificación y la operación de los sistemas hídricos y la necesidad de afrontar, en sus dimensionamientos y en la definición de su explotación, la aparición de episodios de sequía (Cubillo, 2013).

La gestión sostenible de los recursos hídricos constituye un reto con implicaciones técnicas y políticas que revisten dificultades para las sociedades, por lo que, para ser eficaces, los sistemas de conocimiento que apoyan las decisiones sobre la gestión y el desarrollo de los recursos hídricos deben vincular los conocimientos basados en la investigación y la experiencia con las prácticas en un amplio abanico de retos (Domínguez et al., 2019).

2.2.11. Operación y Mantenimiento de un Sistema de Agua.

Agüero Pittman (2004), describe los procedimientos para la operación y mantenimiento para los componentes del sistema de agua para consumo humano.

2.2.11.1. La operación de un Sistema de Agua.

Es un conjunto de acciones que se efectúan para poner en funcionamiento a todos los componentes o partes de un sistema de agua potable.

2.2.11.2. El mantenimiento de un Sistema de Agua.

Se realiza con la finalidad de prevenir o corregir daños que se produzcan en las instalaciones. Son acciones permanentes que se realizan con la finalidad de conservar un adecuado estado de funcionamiento de los componentes o partes del sistema.

A. *Mantenimiento Preventivo.*

Es el que se efectúa con una frecuencia determinada con la finalidad de evitar problemas en el funcionamiento de los sistemas.

B. *Mantenimiento Correctivo.*

Consiste en las acciones que se efectúa para reparar daños causados por acciones extrañas o imprevistas, o deterioros normales del uso. De la buena operación y mantenimiento de un sistema de agua potable depende que el agua que consumamos sea de buena calidad, y que tengamos un servicio continuo y en la cantidad necesaria. Además, permitirá garantizar la vida útil del sistema y disminuir los gastos de reparaciones (p.4).

2.2.11.3.Responsable de la Operación y Mantenimiento

Agüero Pittman (2004) señala que la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) o entidad responsable de la operación y mantenimiento del sistema. El operador u operadora designado(a) por la JAAS o entidad responsable, es la persona calificada o responsable de la adecuada operación y mantenimiento de las instalaciones del sistema de agua potable. El operador u operadora debe cumplir y hacer cumplir todas las funciones y responsabilidades establecidas en los estatutos y reglamentos que se refieren al operador y al usuario. A continuación, algunas de las responsabilidades:

- Operar y mantener adecuadamente el servicio. Inspeccionar periódicamente cada componente del sistema.
- Responder ante la JASS o entidad responsable sobre el estado general del sistema.
- Llevar el registro y control de la operación y mantenimiento, haciendo un reporte mensual a la JASS o entidad responsable.
- Informar a la JASS o entidad responsable sobre las necesidades de adquisición de materiales, herramientas, repuestos e insumos para el buen funcionamiento del sistema (p.5).

La administración eficiente de los sistemas de agua potable en áreas rurales peruanas es esencial para garantizar la sostenibilidad y calidad del servicio. El Programa Nacional de Saneamiento Rural (PNSR) ha desarrollado módulos informativos y herramientas dirigidas a las JASS para fortalecer sus capacidades en la gestión de estos sistemas.

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. *Materiales y Equipo de Campo*

- Libreta de apuntes
- Balde graduado de 20 litros
- GPS diferencial
- Manómetros
- Flexómetro o wincha

3.1.2. *Equipos de gabinete y Software*

- Google Earth
- Microsoft 365
- AutoCAD Civil 3D 2022
- WaterCAD

3.2. Época de Estudio

Esta investigación tiene un tiempo de ejecución que comprende desde el mes de marzo al mes de octubre del año 2025.

3.3. Metodología del Trabajo

3.3.1. *Tipo, Nivel y Diseño de Investigación*

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto, al integrar el análisis de información cuantitativa y cualitativa. Asimismo, corresponde a una investigación de tipo aplicada, de nivel descriptivo–explicativo y con diseño no experimental de corte transversal.

3.3.2. *Población*

La población de estudio está constituida por los tres sistemas de agua para consumo humano de la localidad de Yagén, así como por la totalidad de conexiones domiciliarias asociadas a cada sistema.

3.3.3. *Muestra*

La muestra para la evaluación hidráulica de los sistemas de agua para consumo humano está constituida por los tres sistemas existentes.

La medición de presiones se realizó mediante un muestreo no probabilístico intencional, considerando la autorización de las viviendas, la accesibilidad y la cercanía a la red de distribución del modelo hidráulico, a fin de validar la simulación de presiones en WaterCAD.

3.3.4. Unidad de Análisis

La unidad de análisis estuvo constituida por los componentes del sistema de agua para consumo humano de la localidad de Yagén, distrito de Cortegana, provincia de Celendín.

3.3.5. Técnicas de Recolección de Datos

Para la obtención de la información necesaria en la investigación se emplearon las técnicas de observación directa, medición in situ y encuesta. La observación directa permitió evaluar las condiciones físicas, operativas y sanitarias de los componentes del sistema de abastecimiento de agua. Por su parte, la medición in situ se utilizó para determinar parámetros hidráulicos relevantes del sistema, tales como caudales, presiones y consumos. Finalmente, se aplicó la técnica de encuesta, dirigida a miembros de las juntas, con el propósito de recopilar información relacionada con la operación, mantenimiento y gestión del servicio de abastecimiento de agua.

3.3.6. Instrumentos de Recolección de Datos

Para el registro y sistematización de la información obtenida durante el trabajo de campo se emplearon diversos instrumentos. Se utilizó libreta de campo y fichas de observación para registrar las condiciones físicas y sanitarias de los componentes del sistema de abastecimiento de agua. Asimismo, se emplearon equipos de medición, como manómetro para la determinación de presiones y cronómetro con recipiente volumétrico para la estimación de caudales mediante el método volumétrico. Finalmente, se aplicó un cuestionario estructurado del Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural (SIRAS), adaptado para recopilar información sobre la operación y mantenimiento del sistema.

3.4. Procedimiento del Trabajo.

3.4.1. Primera Etapa Preliminar de Gabinete

En esta primera etapa, se desarrolló el planeamiento estratégico que permita la ejecución ordenada y eficiente del trabajo de investigación, para ello se hizo lo siguiente:

- Permisos y coordinaciones previas con las JASS y el alcalde delegado ver **Anexos 1, 2, 3 y 4.**
- Recolección y revisión de información técnica que nos proporcione el alcalde o las JASS
- Reconocimiento del área de estudio
- Planificación del trabajo de campo

3.4.2. Segunda Etapa – Trabajo de Campo

Esta etapa comprende la ejecución de actividades de caracterización de la localidad y del sistema física, hidráulica del sistema de agua potable en la localidad de Yagén, para obtener información real y actualizada importante para la investigación.

3.4.2.1. Levantamiento Topográfico.

Se llevo a cabo el levantamiento topográfico de las fuentes de captación, líneas de conducción, reservorios, línea aducción y redes de distribución, con el uso de un equipo con sistema de posicionamiento global diferencial (DGPS), obteniendo datos de altimetría, pendientes, perfiles longitudinales y transversales, además de la ubicación exacta de componentes hidráulicos.

3.4.2.2. Caracterización de la localidad de Yagén.

Previo al reconocimiento y evaluación del sistema de agua, se realizó la caracterización de la localidad de Yagén, considerando aspectos geográficos, demográficos, socioeconómicos y organizativos, con base en información secundaria, entrevistas a autoridades locales y observación de campo.

3.4.2.3. Reconocimiento y Evaluación del Sistema de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano.

Se llevo a cabo la inspección física y el estado de los componentes de los sistemas, a fin de recolectar las dimensiones, diámetros y demás información necesaria para cálculos.

- **Captación:** se inspeccionó las estructuras de captación registrando dimensiones físicas (longitud, ancho y altura de cámaras), estado de válvulas, dispositivos de control y condiciones sanitarias, verificando además la existencia de sedimentación, filtraciones o daños estructurales.

- **Línea de conducción:** se recorrió toda la conducción identificando pérdidas visibles, defectos estructurales, funcionamiento de válvulas de aire y purga, tipos y diámetros de tuberías instaladas.
- **Reservorio:** se evaluó la tipología, materiales, dimensiones (largo, ancho y altura), volumen total y útil, condiciones de salubridad, accesorios y estado del sistema de desinfección (cloración).
- **Línea de aducción:** se verificó el tramo entre captación y reservorio, revisando pérdidas, fugas, estado físico de tuberías, anclajes y válvulas.
- **Red de distribución:** se realiza el recorrido integral de la red para identificar tipo y diámetro de tuberías, ubicación y condición de válvulas de control, cámaras rompe presión tipo 7 y posibles fugas o daños estructurales.
- **Conexiones domiciliarias:** se seleccionó puntos representativos cercanos a los nodos del modelo hidráulico, para medir presiones mediante manómetros, comparando los resultados reales con los valores de diseño, lo que permite determinar la eficiencia del sistema y la calidad del servicio de abastecimiento.

3.4.2.4. Medición de Caudales de Oferta.

Se efectuó la medición de caudales en época de estiaje y de lluvias mediante aforos volumétricos repetitivos (mínimo tres mediciones por fuente en cada temporada) en las captaciones, a fin de determinar la variabilidad estacional del recurso hídrico disponible. Para las captaciones de Alto Pingullo, Ojo de Agua y Chahuarpata se realizó en los orificios de salida a la cámara húmeda, la captación de La Guabilla realizó en el reservorio se realizó en los llorones y también en el reservorio, por existencia de una gran cantidad de jugas.

Se tomó muestras para análisis fisicoquímicos y microbiológicos en laboratorio de agua de SEDACAJ.

3.4.2.5. Demanda de Agua.

Se realizó las mediciones por medio de lecturas en los medidores instalados a la salida de los reservorios, para esto se dio lectura a partir de las 6:00 a. m. hasta las 7:00 p. m., durante periodos de 15 días continuos.

3.4.2.6. Evaluación de la Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Agua Consumo Humano en la Localidad en Estudio.

Se aplicó el cuestionario del **Anexo 5**, de estructura adaptada del Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, a los miembros de la Juntas.

3.4.3. Tercera Etapa de Gabinete Final - Procesamiento y Análisis de Datos.

En esta etapa se procedió al procesamiento, análisis e interpretación de los datos recolectados.

Se sistematizó los datos topográficos, hidráulicos y de operación mediante softwares especializados (AutoCAD Civil 3D, WaterCAD, Microsoft office), obteniendo los datos y planos

3.4.3.1. Estimación de Caudales de Oferta de Agua.

Determinamos el caudal de aforo volumétrico de cada fuente con la **Ecuación 1.36**

3.4.3.2. Determinación de Consumos de Agua y Coeficientes de Variación.

A partir de los datos de las lecturas recolectados se determinó:

A. Cálculo del Caudal Medio Diario (Q_m).

Se aplicó la **Ecuación 3**. Caudal medio y la **Ecuación 2**. Dotación real.

B. Cálculo del Caudal Máximo Diario (Q_{md}) y del Coeficiente de Variación Diaria (K_1).

- Se identifica del día de mayor caudal diario registrado durante los 15 días de monitoreo, siendo este el caudal máximo diario (Q_{md}) medido directamente.
- Se calculó el K_1 empleando la **Ecuación 6**. Coeficiente de variación diaria.

C. Cálculo del Caudal Máximo Horario (Q_{mh}) y del Coeficiente De Variación Horaria (K_2).

- Teniendo en cuenta el día de mayor consumo, identificamos la hora de mayor consumo, siendo este el caudal máximo horario (Q_{mh}), correspondiente a la hora de mayor volumen de agua consumido en el sistema.

- Se determinó el K_2 , con la **Ecuación 7**. Coeficiente de variación horaria.

3.4.3.3. Evaluación del Sistema de Agua para Consumo Humano.

A partir de los datos de campo, se evaluó el diseño y su dimensionamiento de los componentes del sistema de agua para consumo, tomando en cuenta la norma actual.

A. *Captación.*

- **Volumen de la cámara húmeda:** se determinó aplicando la **Ecuación 8** de capacidad de almacenamiento, obteniéndose el requerimiento normativo. Dicho valor fue contrastado con el volumen real medido en campo mediante la **Ecuación 9**, a fin de comprobar si la capacidad existente satisface las condiciones de almacenamiento requeridas para la operación.
- **Área requerida de ingreso a la captación:** se aplicó la **Ecuación 10**.
- **Diámetro de la tubería de ingreso:** mediante la **Ecuación 11**, y adoptando el diámetro comercial correspondiente (D_a).
- **Número de orificios de la pantalla:** aplicando la **Ecuación 12**.
- **Ancho de la pantalla:** con la **Ecuación 13**.
- **Altura total de la cámara húmeda:** tomando en consideración la **Ecuación 14**.
- **Diámetro de Canastilla (D_c):** A través de la **Ecuación 16**.

B. *Línea de conducción.*

En esta parte del sistema se evaluó si las características hidráulicas y geométricas de la línea de conducción son las adecuadas.

- **Verificación de diámetros:** se calculan los diámetros máximo y mínimo con las **Ecuaciones 17 y 18**.
- **Velocidad de flujo:** Con la **Ecuación 19**. debe encontrarse dentro del rango recomendado por el MVCS (0.6 a 3.0 m/s) para evitar sedimentaciones o pérdidas excesivas de carga.
- **Pérdidas de Carga:** para ello usaremos **Ecuación 20**. Ecuación de Hazen – Williams.

Diversos estudios recientes demuestran que, aunque el PVC mantiene una rugosidad interna baja, con el paso del tiempo la presencia de sedimentos, incrustaciones y cambios operativos pueden incrementar la rugosidad funcional, en Rahman et al. (2019) justificando una reducción del coeficiente Hazen-Williams para

tuberías de PVC se estimó entre 130 y 140 cuando tienen una antigüedad de 20 años.

Teniendo en cuenta las tuberías tienen una antigüedad de 10 años o más, este coeficiente se ajusta a un valor de 140 (adimensional) para reflejar el cambio en condiciones de fricción interna.

- **Cargas disponibles:** determinamos con la **Ecuación 21**. Cota piezométrica, con la **Ecuación 22**. Carga dinámica al reservorio.

C. Reservorio.

La capacidad útil del reservorio:

- Se determinó con la **Ecuación 23**. Volumen útil según norma.
- Con la **Ecuación 24**. Volumen de regulación diagrama masas.
- Se identifican la geometría del reservorio y sus alturas características, a partir de las cuales se calcula la altura útil con la **Ecuación 25**. El área se determina según la forma de la sección, aplicando la **Ecuación 26** para reservorio circular o la **Ecuación 27** para reservorio cuadrado.
- Se determina los volúmenes asociados a las distintas alturas, aplicando la **Ecuación 28**.

D. Línea de aducción.

Se evaluaron las características hidráulicas y geométricas de la línea de aducción empleando el caudal máximo horario (Qmh).

- **Verificación de diámetros:** el diámetro mínimo y máximo de la tubería de aducción se verificó mediante las **Ecuaciones 29 y 30**.
- **Velocidad de flujo:** la velocidad en la aducción se calculó aplicando la **Ecuación 31**, verificándose que el valor obtenido se encuentre dentro del rango recomendado por el MVCS (0,6–3,0 m/s).

E. Red de distribución.

El comportamiento hidráulico de la red de distribución se evaluó mediante simulación en el software WaterCAD, incorporando la geometría del sistema y las condiciones de demanda para el caudal máximo horario.

- La verificación se realizó conforme a los criterios del MVCS (2018), comprobándose que la presión mínima de servicio no sea menor de 5 m.c.a., que la presión estática no supere 50 m.c.a. y que las velocidades se mantengan dentro del rango recomendado para tuberías de distribución.
- En la modelación se adoptó la ecuación de Darcy–Weisbach para el cálculo de pérdidas de carga, ingresándose en el programa una rugosidad absoluta de $\varepsilon = 0,003$ mm para las tuberías del sistema.
- A partir de los resultados hidráulicos obtenidos en la simulación (caudal, velocidad y diámetro), se realizó la verificación manual del régimen de flujo y del coeficiente de fricción.
- El número de Reynolds se determinó mediante la **Ecuación 32** y el factor de fricción de Darcy mediante la **Ecuación 34 (Swamee–Jain)**, utilizando los valores de velocidad y diámetro reportados por el modelo.
- Esto para contrastar el factor de fricción calculado manualmente y el utilizado internamente por el modelo hidráulico.

F. Elaboración del modelo hidráulico.

La elaboración del modelo hidráulico del sistema de agua para consumo humano de la localidad de Yagén se basó en el levantamiento de información en campo y su posterior implementación en el software WaterCAD. El procedimiento consideró la definición de puntos de monitoreo de presión en cada red, la verificación de diámetros de tuberías y el registro de caudales de salida de los reservorios.

En la red Alto Pingullo se establecieron 11 puntos de control, en Ojo de Agua se midieron presiones en 16 puntos y en el sistema La Guabilla, se tomó 18 puntos de control, en el día y hora de mayor consumo. Con esta información se construyeron modelos en WaterCAD bajo condición estática y se compararon las presiones simuladas con las medidas en campo. La validación se realizó mediante el criterio de Bourguett Ortiz y Ochoa Alejo (2001), que establece diferencias $\leq \pm 20$ % entre valores medidos y simulados.

Siguiendo recomendaciones del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), se definieron diez puntos de monitoreo con registros simultáneos de presión en distintos horarios, relacionados con el llenado y vaciado del reservorio y las variaciones de caudal.

G. *Aplicación del Formato de la metodología SIRAS.*

Para ello, se registró la información recopilada tanto en campo como en gabinete, asignándose los puntajes correspondientes a cada variable determinante en el factor de estado de sistema y a los factores gestión del servicio, operación y mantenimiento.

Para luego aplicar la fórmula de la **Ecuación 35**. Índice de sostenibilidad, con este valor clasificarlo según la **Tabla 9**.

H. *Calidad de agua para consumo humano.*

Se comparó los resultados entregados por el laboratorio, en función al Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA).

3.4.3.4. Evaluación de la Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Agua Consumo Humano en la Localidad en Estudio.

Posteriormente a la recolección de información mediante el cuestionario del Anexo 5, se realizó el análisis y la estimación de los costos de operación y mantenimiento de cada sistema. Estos resultados, junto con la evaluación hidráulica, sirvieron de base para la formulación de la propuesta de mejora.

3.4.3.5. Propuesta técnica de mejora.

Basado en la evaluación hidráulica, operación y mantenimiento, se formuló alternativas de solución para mejorar el servicio de abastecimiento. Para cada sistema se estimaron los costos asociados a las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo propuestas.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Caracterización de la Localidad de Yagén

4.1.1. Ubicación Política y Geográfica de la Zona de Estudio

Como se muestra en la **Figura 14**, la localidad de Yagén se encuentra políticamente ubicada en:

- Departamento: Cajamarca
- Provincia : Celendín
- Distrito : Cortegana
- Localidad : Yagén
- Ubigeo de la localidad: 0603030022

Desde el punto de vista geográfico localiza en las coordenadas UTM zona 17M de la Localidad de Yagén respecto a su plaza.

- Este: 803341.37 m
- Norte: 9279520.19 m
- Altura: 2507.12 m.s.n.m

4.1.2. Clima

La localidad de Yagén presenta un clima templado de montaña, con lluvias estacionales concentradas entre los meses de noviembre a abril. Durante el periodo seco, comprendido entre mayo y septiembre, predominan días despejados y vientos fríos característicos de la sierra norte. La temperatura varía entre condiciones templadas en horas diurnas y descensos térmicos nocturnos.

4.1.3. Topografía

La zona de estudio se emplaza en un terreno de relieve irregular, con presencia de laderas y pendientes características de la región. El asentamiento poblacional se distribuye siguiendo la forma natural del terreno y las vías existentes, generando diferencias de nivel dentro del área habitada.

Figura 14.

Ubicación de la localidad de Yagén, distrito de Cortegana, provincia de Celendín, Cajamarca

UBICACIÓN DE LA LOCALIDAD DE YAGÉN

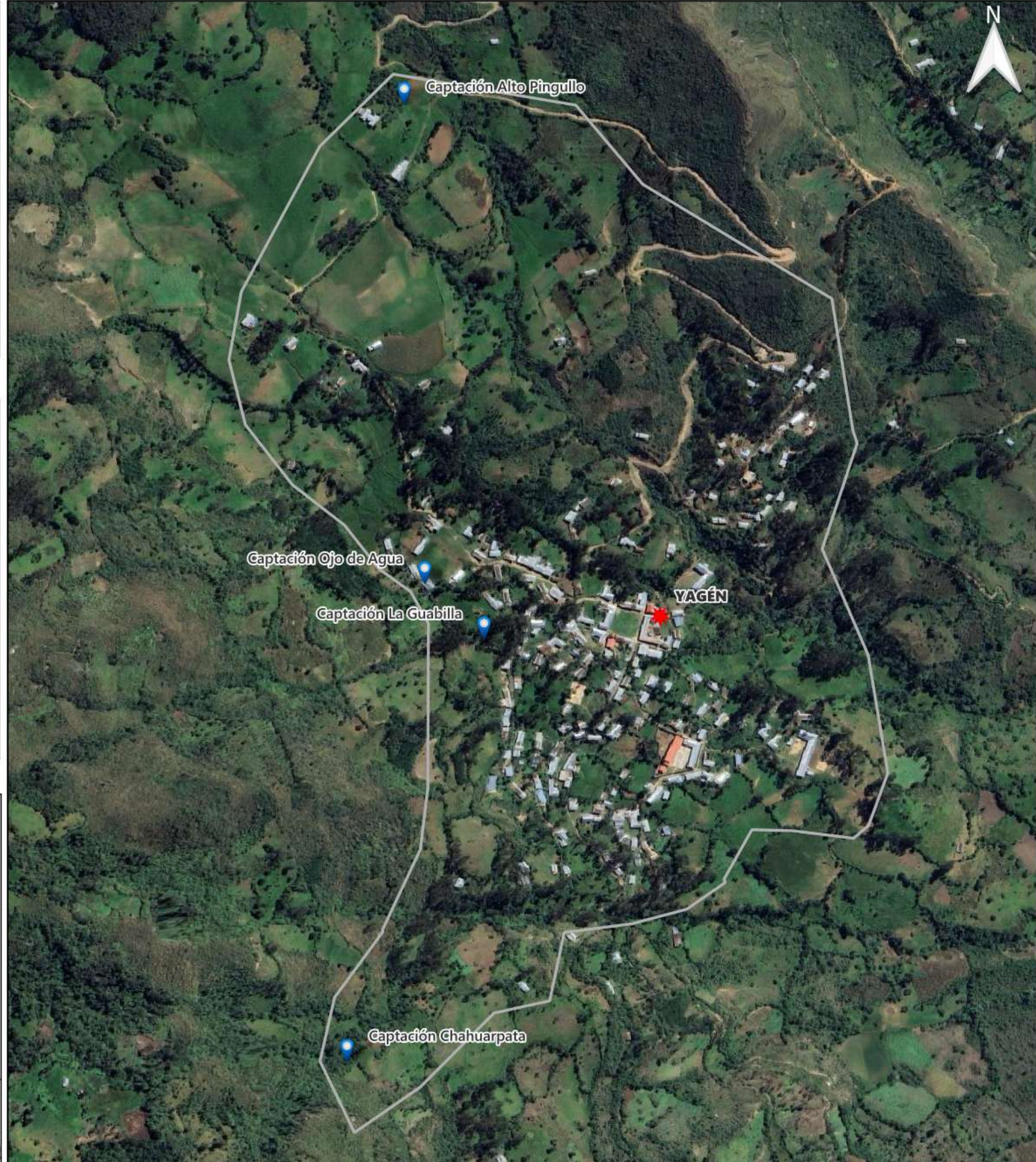
UBICACIÓN REGIONAL



UBICACIÓN PROVINCIAL



UBICACIÓN DISTRITAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA SANITARIA

TESIS:

EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA LA GESTIÓN DE LA DEMANDA POBLACIONAL EN LA LOCALIDAD DE YAGÉN - CORTEGANA, CELENDÍN, CAJAMARCA, 2025.

TESISTA:

Bach. OXANA JHULEYSI CASTAÑEDA PASTOR

UBICACIÓN POLÍTICA

LOCALIDAD : YAGÉN
DISTRITO : CORTEGANA
PROVINCIA : CELENDÍN
DEPARTAMENTO : CAJAMARCA

ESC: 1:5000

AÑO: 2025

U-01

SISTEMA DE COORDENADAS

PROYECCIÓN: UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM)
AÑO: 1985
ZONA: 17S
WGS 84 / UTM Zone 17S (EPSG:32717)

CAPTACIÓN	COORDENADAS
ALTO PINGULLO	E: 803028.85 m - N: 9280256.69 m
OJO DE AGUA	E: 803057.48 m - N: 9279578.19 m
LA GUABILLA	E: 803140.89 m - N: 9279501.70 m
CHAHUARPATA	E: 802947.72 m - N: 9278902.33 m

LEYENDA

- Yagén
- Captaciones de agua
- Delimitación de la Localidad de Yagén

Elaborado en QGIS

4.1.4. Población de Yagén

Yagén presenta un crecimiento poblacional sostenido en las últimas décadas. De acuerdo con los Censos Nacionales del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), en el año 1993 la población fue de 492 habitantes, incrementándose 652 habitantes en el año 2007 y alcanzando 781 habitantes en el año 2017, y una densidad poblacional de 5 Hab/vivienda. Según el registro municipal, la población para el 2025 es de 978 habitantes.

Figura 15

Localidad de Yagén



4.1.5. Nivel Socioeconómico

El nivel socioeconómico predominante de la población es bajo, acorde con las características rurales de la zona. Asimismo, el distrito de Cortegana, al cual pertenece la localidad de Yagén se ubica entre los veinte distritos con mayores niveles de pobreza del país, según el Mapa de Pobreza Monetaria Provincial y Distrital del Perú 2018 del INEI. En dicho mapa, el distrito forma parte del Grupo Robusto 3, lo que evidencia una elevada incidencia de pobreza monetaria.

4.1.6. Vivienda

Las viviendas están construidas en su totalidad de tierra llamado tapial, con techo de calamina o de teja artesanal.

Figura 16

Construcción de una vivienda en la localidad de Yagén



4.1.7. Actividad Económicas

La economía local se sustenta principalmente en la agricultura, con cultivos de maíz, trigo, cebada, frejol, papa, yuca y frutales en zonas de valle. De manera asociada se desarrolla la crianza de ovinos, bovinos, equinos y animales menores como gallinas, patos y cuyes.

Figura 17

Ganadería de Yagén



4.1.8. Organización Social

Yagén cuenta con las siguientes autoridades y representantes comunales.

4.1.5.1. Autoridades locales.

- **Alcalde delegado:** Sr. Pedro Chávez Marín
- **Teniente:** Sr. Liter Human Vásquez

4.1.5.2. Organizaciones Comunales (JASS / Comité de Agua).

El sistema de agua para consumo humano es administrado por Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) u organizaciones comunales, según el sector:

- **Sector Alto Pingullo**
presidente: Sr. Exequiel Davila Julca
- **Sector Ojo de Agua**
Representante: Sr. Juan Rojas Julca
- **Sector La Gallera**
Representante: Sr. Rubén Micha García

Figura 18

Trabajo comunitario de la trocha carrozable de Yagén



4.1.9. Infraestructura Básica Existente y Acceso a Servicios.

La infraestructura básica existente en la localidad permite el acceso a servicios esenciales que contribuyen al desarrollo de sus actividades cotidianas. A continuación, se describen los principales servicios disponibles en la localidad.

4.1.6.1. Agua.

La localidad cuenta con tres sistemas de agua para consumo humano, los cuales se brindan a la población mediante fuentes y redes de distribución independientes, administradas a nivel comunal.

4.1.6.2. Disposición de Excretas.

El centro poblado dispone de un sistema de alcantarillado sanitario y desagüe, cuyas aguas residuales son conducidas hacia una planta de tratamiento, donde se realiza el tratamiento primario antes de su disposición final.

4.1.6.3. Educación.

La comunidad cuenta con servicios educativos públicos que cubren los niveles de educación inicial, primaria y secundaria.

Tabla 10

Instituciones Educativas de la localidad de Yagén

Código I.E.	Cod Modular	Nombre de la I. E.	Nivel	N° Alumnos
20078219	0771790	N° 249 Yagén	Inicial - Jardín	59
23069830	0389585	N° 82449 Yagén	Primaria	105
20048360	0772004	Agropecuaria Yagén	Secundaria	107

4.1.6.4. Salud.

Dispone de un Puesto de Salud de categoría I-1, el cual brinda atención básica a la población, encargándose de la atención primaria y acciones preventivas.

Estos espacios son utilizados para actividades administrativas, reuniones comunales y coordinación de acciones colectivas.

4.1.6.5. Servicio de Electricidad.

La población cuenta con servicio de energía eléctrica, el cual es suministrado por la empresa concesionaria Hidrandina.

4.1.6.6. Telefonía e Internet.

En la localidad se dispone de servicio de telefonía móvil, brindado por dos operadores, así como acceso a internet inalámbrico, con cobertura variable según la ubicación.

4.1.6.7. Religión.

La población de Yagén practica diversas creencias religiosas, contando con dos instituciones religiosas que desarrollan actividades espirituales y comunitarias:

- Iglesia Católica
- Iglesia Adventista del Séptimo Día Administración.

4.1.6.8. Administración.

En la localidad se cuenta con infraestructura destinada a la gestión administrativa y a la organización comunal, entre las que se encuentran:

- Municipalidad del Centro Poblado de Yagén
- Casa Comunal del barrio “La Gallera”
- Casa Comunal del barrio “Ojo de Agua”

Figura 19

Instituciones Públicas de la localidad de Yagén

INSTITUCIONES PÚBLICAS DE LA LOCALIDAD DE YAGÉN

I.E. INICIAL N° 072 "YAGÉN"



I.E. PRIMARIA N° 82449 "YAGÉN"



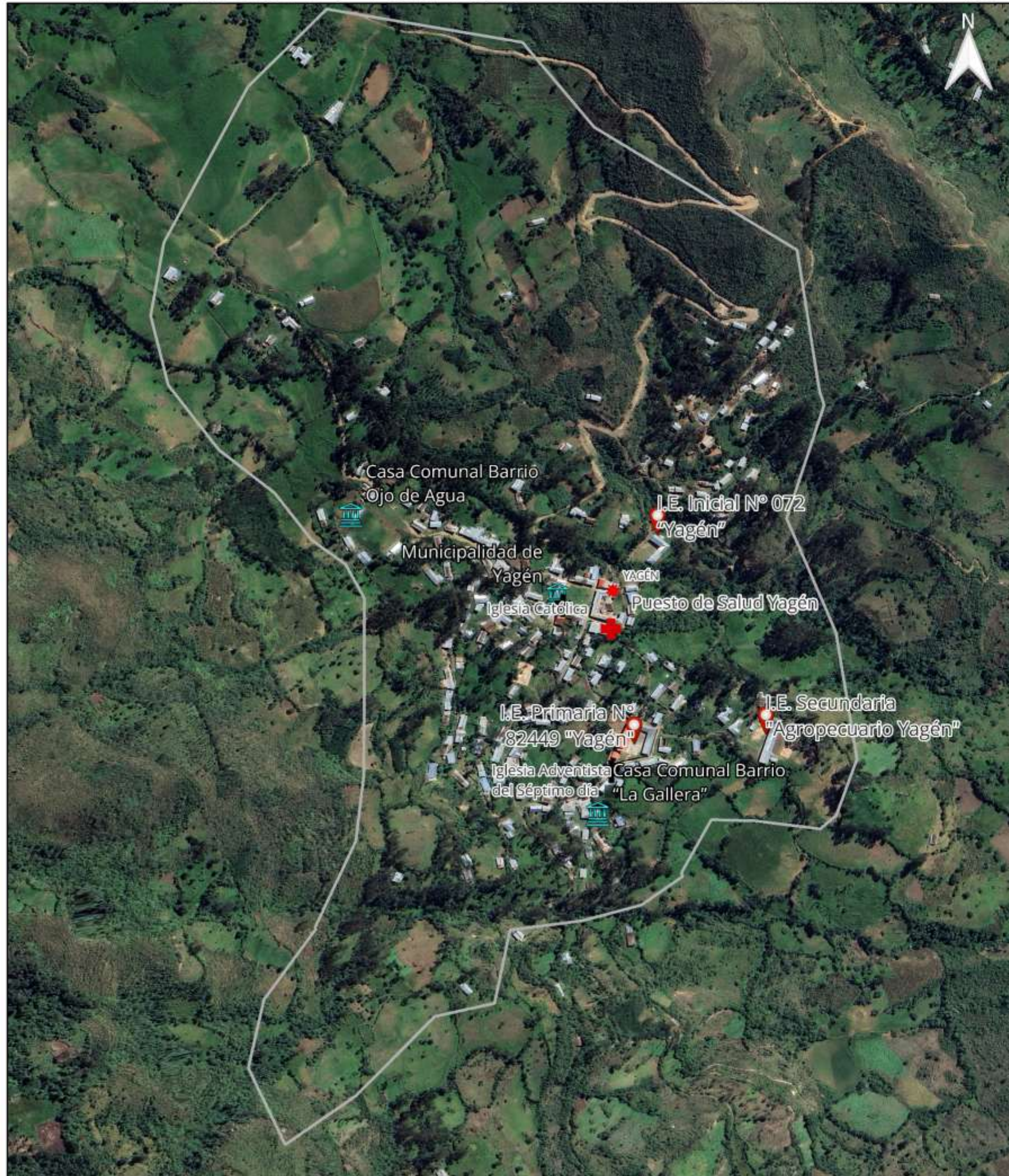
I.E. SECUNDARIA "AGROPECUARIO YAGÉN"



MUNICIPALIDAD LOCAL DE YAGÉN



IGLESIA CATÓLICA Y PLAZA DE YAGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA SANITARIA

TESIS:

EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA LA GESTIÓN DE LA DEMANDA POBLACIONAL EN LA LOCALIDAD DE YAGÉN - CORTEGANA, CELENDÍN, CAJAMARCA, 2025.

TESISTA:

Bach. OXANA JHULEYSI CASTAÑEDA PASTOR

UBICACIÓN POLÍTICA

LOCALIDAD	: YAGÉN
DISTRITO	: CORTEGANA
PROVINCIA	: CELENDÍN
DEPARTAMENTO	: CAJAMARCA

ESC: 1:5000

AÑO: 2025

U-02

SISTEMA DE COORDENADAS

PROYECCIÓN: UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM)
AÑO: 1985
ZONA: 17S
WGS 84 / UTM Zone 17S (EPSG:32717)

LEYENDA

-  Instituciones Educativas
-  Instituciones Administrativas
-  Instituciones Religiosas
-  Yagén
-  Delimitación de la Localidad de Yagén

Elaborado en QGIS

4.1.10. Rutas de Acceso a la Localidad de Yagén

Se puede ver en la **Figura 21**, Durante la época de lluvias, el tramo Llanguat–Yagén presenta restricciones significativas debido a deslizamientos de terreno, lo que ocasiona la interrupción del tránsito vehicular en determinados sectores. En estas circunstancias, el acceso a la localidad se realiza de manera peatonal o mediante el uso de acémilas de carga, incrementándose considerablemente el tiempo de desplazamiento.

Figura 20

Uso de acémilas como medio de transporte a Yagén



El acceso a la localidad de Yagén se realiza por vía terrestre. Los tiempos de viaje consignados corresponden a condiciones normales de transitabilidad vehicular de la **Tabla 11**.

Tabla 11

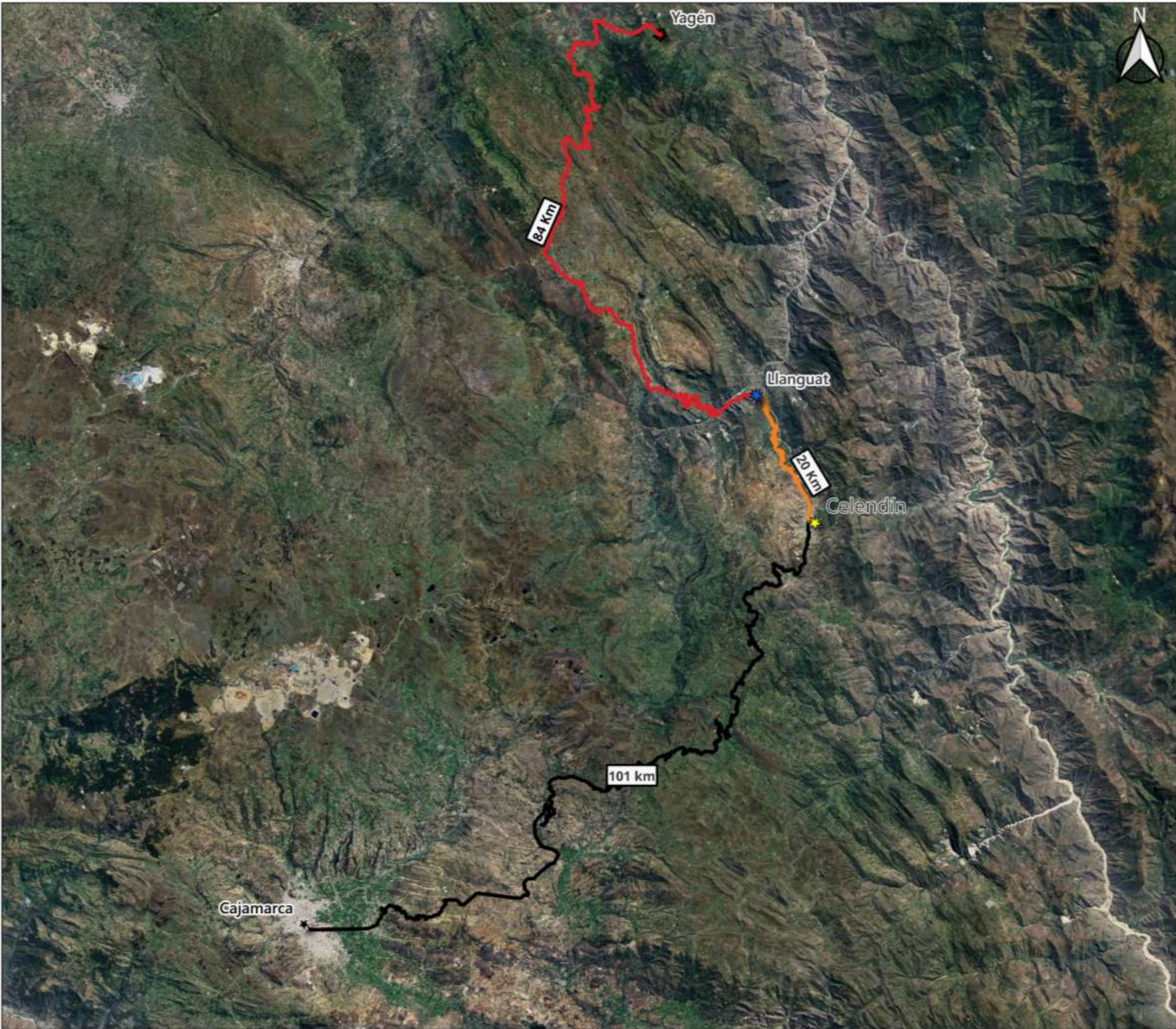
Rutas vehiculares de la localidad de Yagén

Tramo	Distancia (km)	Tiempo de viaje	Ruta/ código de vía	Tipo de Vía
Cajamarca - Celendín	101	02 horas 15 min	PE-08 B	Carretera asfaltada
Celendín - Llanguat	20	50 min	CA-109	Carretera afirmada
Llanguat – Yagén	84	04 horas 20 min	-	Trocha carrozable

Figura 21

Rutas de acceso a la localidad de Yagén

RUTAS DE ACCESO A LA LOCALIDAD DE YAGÉN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA SANITARIA

TESIS:
EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE
AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA LA
GESTIÓN DE LA DEMANDA POBLACIONAL
EN LA LOCALIDAD DE YAGÉN - CORTEGANA,
CELENDÍN, CAJAMARCA, 2025

TESISTA:
Bach. OXANA JHULEYSI CASTAÑEDA PASTOR

LOCALIDAD : YAGÉN
DISTRITO : CORTEGANA
PROVINCIA : CELENDÍN
DEPARTAMENTO : CAJAMARCA

ESC: 1:300000

AÑO: 2025

A-03

SISTEMA DE COORDENADAS
PROYECCIÓN: UNIVERSAL TRANSVERSAL DE
MERCATOR (UTM)
AÑO: 1985
ZONA: 17S
WGS 84 / UTM Zone 17S (EPSG:32717)

CUADRO DE RUTAS DE ACCESO

Tramo	Distancia (km)	Tiempo apro.	Tipo de vía
Cajamarca - Celendín	101	02 horas 15 min	Carretera asfaltada
Celendín- Llanguat	20	50 min	Carretera afirmada
Llanguat - Yagén	84	4 horas 20 min	Trocha Carrozable

LEYENDA

- * Cajamarca
- ★ Celendín
- ★ Llanguat
- ★ Yagén
- Ruta Cajamarca - Celendín
- Ruta Celendín - Llanguat
- Ruta Llanguat - Yagén

Elaborado en QGIS

4.1.11. Antecedentes Históricos del Sistema de Agua de la Localidad de Yagén

En el año 1989, se construyó el sistema de agua para consumo, con piletas publicas financiado por par la parroquia de Bambamarca, en el año 1992 por acuerdo de autoridades y comunidad los ciudadanos que tenían las posibilidades económicas podrías realizar su conexión domiciliaria, pero era muy dificultoso por el transporte hasta la zona.

Luego en el año de 1995, con el proyecto de Saneamiento De Agua Potable y Letrinización a las zonas más pobres, la localidad de Yagén fue beneficiada con 90 instalaciones. En la actualidad por diversas gestiones hechas años anteriores frente la municipalidad distrital y provincial cuenta con tres (03) sistemas de agua para consumo humano Ojo de Agua, La Guabilla y Alto Pingullo, con un total de 195 conexiones de agua.

4.2. Reconocimiento y Descripción de la Infraestructura Existente.

La localidad de Yagén actualmente es abastecido por tres (03) sistemas de agua para consumo humano: Alto Pingullo, Ojo de Agua y La Guabilla, su administración con sus respectivas JASS. Estos sistemas conforman el total de infraestructura que brindan el servicio de agua para consumo humano en esta comunidad, operando de forma independiente cada uno.

La cantidad de usuarios correspondientes a cada sistema de abastecimiento se detalla en el **Anexo 6**.

4.2.1. Sistema de Agua para Consumo Humano Alto Pingullo

Este sistema abastece a la zona alta de la localidad y presenta usuarios geográficamente dispersos. Entró en funcionamiento en 2010, como parte del proyecto de ampliación del servicio de agua de Yagén. Según el padrón proporcionado por la JASS, cuenta con 23 usuarios registrados: 22 viviendas y una casa multiusos (**Anexo 6**).

El sistema está conformado por captación, línea de conducción, medidor de caudal, reservorio, sistema de cloración, línea de aducción y red de distribución. Esta última incluye una cámara rompe presión (CRP-7) y una válvula de control tipo globo, información verificada en campo (**Anexo 7**). A continuación, se describe cada componente.

4.2.1.1. Captación.

En la **Tabla 12** tenemos los datos recogidos en campo, del estado situacional de la captación de la fuente Alto Pingullo.

Tabla 12

Descripción del estado de la captación de la fuente Alto Pingullo

Tipo de fuente	Manantial subterráneo tipo ladera difuso
Coordenadas UTM	Este: 803028.85 m – Norte: 9280256.69 m
Altitud	2633.81 m. s. n. m.
Tipo de captación	Ladera
Material construcción	Concreto armado
Estado operativo	Activo – Deficiente
Componentes principales	- Cámara de lecho filtrante - Cámara húmeda - Cámara de válvulas - Cerco perimétrico
Cámara de lecho filtrante	La estructura del sello de protección y aleros son de concreto. No cuenta con zanja de coronación al rededor, lo que permite ingreso de aguas de lluvia. Se observa pérdida del material filtrante y acumulación de sedimentos.
Cámara húmeda	- Dimensiones: 0.70 m de largo × 0.70 m de ancho de pantalla × 0.81 m de altura. - Tapa metálica 0.60 × 0.60 m - El ancho de la pantalla contiene dos orificios de entrada de 2" diámetro, salida de 1", rebose de 2" y canastilla de 1 ½" con reducción a 1"
Cámara de válvulas	- Dimensiones: 0.51 × 0.40 m - Tapa metálica 0.40 × 0.40 m - Contiene válvula tipo globo PVC de 1", con ampliación de 1" a 2"
Área perimetral	Cercada con postes de concreto armado y alambre de púas, incluye puerta de acceso. Área total: 12 m ²
Deficiencias observadas	- Aleros ineficientes en época de lluvias (desbordes) - Falta de zanja de coronación - Rebose sin cono de salida, ubicado 28 cm sobre los llorones (retorno de caudal) - Acumulación de sedimentos en cámaras

Figura 22

Componentes de la captación de la fuente Alto Pingullo



4.2.1.2. Línea de Conducción.

Tabla 13

Descripción del estado de la línea de conducción Alto Pingullo

Inicio	Captación Alto Pingullo
Fin	Reservorio Alto Pingullo
Díámetro	2" conforme a la información validada en el Anexo 7 .
Material y Clase	PVC C-10
Longitud	37.905 metros
Estado operativo	Activo
Deficiencias observadas	Se evidencia en la Figura 17 , un tramo de tubería expuesta al inicio de la conducción, lo que puede ocasionar rupturas, fugas o daños por impacto externo.

Figura 23

Línea de conducción expuesta Alto Pingullo



4.2.1.3. Reservorio.

Construido sobre el terreno de natural, su funcionamiento es sin manipulación de válvulas, manteniendo un flujo continuo en el día. Se describe en la **Tabla 14**.

Tabla 14

Descripción del reconocimiento del reservorio Alto Pingullo

Coordenadas UTM	Este: 803063.402 m – Norte: 9280245.92 m
Altitud	2528. 17 m.s.n.m.
Forma y capacidad	Como se ve en la Figura 18 la forma es circular, de una capacidad total de 9 m ³ y volumen útil de 7 m ³ de almacenamiento.
Material predominante	Concreto armado
Estado operativo	Activo – Deficiente
Tuberías	- Tubería de ingreso: PVC C-10 de 2" de diámetro, a una altura 1.65 m - Tubería de salida: PVC C-10 de 2" de diámetro, conectada a canastilla de reducción de 4" a 2", a una altura de 0.10m - Tubería de limpia y rebose: PVC C-10 de 2" de diámetro, con salida y dado de protección. El rebose tiene 1.65 m de altura.
Tapa	Metálica de 0.60 × 0.60 m, asegura el cierre superior.
Cámara de válvulas	Espacio destinado al alojamiento de válvulas de ingreso, salida y limpieza, protegido con tapa metálica de 0.60 × 0.60 m.
Cerco perimétrico	De postes de concreto armado y alambre de púas; área total de 20 m ² .
Escalera de acceso	Metálica movable, permite inspección y limpieza.

Deficiencias observadas	Se observo una fuga en la tubería de salida dentro de la cámara de válvulas y acumulación de sedimentos en el interior del reservorio.
--------------------------------	--

Figura 24

Reservorio de sistema de agua Alto Pingullo



Figura 25

Competentes y accesorios del reservorio Alto Pingullo



A. Medidor de Caudal.

El medidor de caudal de este sistema presenta las caracterizadas según **Tabla 15**.

Tabla 15
Descripción del estado del medidor de caudal Alto Pingullo

Ubicación	Entra al reservorio Alto Pingullo
Marca	Multi Jet Threaded Water Meter Class C/R160 LXSG-65E
Fecha de instalación	Diciembre de 2024
Diámetro	2" fabricado en plástico, latón, hierro y acero inoxidable, información validada en el Anexo 7 .
Caja de protección	0.60 × 0.30 m, de concreto armado, con tapa metálica.
Estado operativo	Inactivo - deficiente
Deficiencias observadas	La ubicación del medidor no es adecuada, ya que debería instalarse en la salida del reservorio para obtener una medición más precisa del caudal distribuido. La caja presenta filtraciones de agua y acumulación de sedimentos, lo que causó el atoro del equipo y su retiro temporal

Figura 26
Medidor de caudal Alto Pingullo



B. Sistema de Desinfección.

El sistema de cloración y desinfección presenta falta de accesorios, la **Tabla 16** muestra las características que observaos en la vista de campo.

Tabla 16

Descripción del sistema de desinfección Alto Pingullo

Tipo de sistema	Hipoclorador de goteo de carga constante de doble recipiente
Tipo de desinfectante	Hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) granulado
Componentes principales	- Tanque de polietileno (solución madre) de 600 L de capacidad. - Recipiente regulador de carga de 60 L. - Conexiones de salida y dosificación de cloro hacia el reservorio.
Tipo de dosificación	Goteo continuo por gravedad
Estado operativo	Inactivo – Deficiente
Deficiencias observadas	El sistema no se encuentra operativo por oposición de algunos usuarios y falta de coordinación en las recargas del sistema véase el Anexo 8 . Se observó la tubería de alimentación expuesta y la válvula de boya dañada.

Figura 27

Sistema de desinfección Alto Pingullo



4.2.1.4. Línea de aducción.

El sector de Alto Pingullo, cuenta con una línea de aducción que va desde el reservorio hasta el inicio de la ramificación. La información del diámetro esta validada en el **Anexo 7**.

Tabla 17*Descripción de la línea aducción Alto Pingullo*

Inicio	Fin	Diámetro	Longitud	Material	Clase	Estado Operativo
Reservorio Alto Pingullo	Inicio de ramales	2"	121.473 m	PVC	10	Activo

4.2.1.5. Red de Distribución

La red de distribución del sector se encuentra diferenciada por dos ramales principales a partir de fin de la línea de aducción. La información del diámetro esta validada en el **Anexo 7**. Las observaciones que se realizó en campo se describen en la **Tabla 18** teniendo en cuenta, el diámetro, longitud, material y clase, estos dos últimos según lo que menciona el presidente de la Junta y las corroboraciones hechas en campo.

Tabla 18*Descripción de la red de distribución de Alto Pingullo*

Diámetro	Longitud	Material	Clase	Estado Operativo	Deficiencias Observadas
2"	719.40 m	PVC	10	Activo	Se identificó conexiones clandestinas usadas para otros fines.
¾"	915.15 m	PVC	10	Activo	
½"	312.16 m	PVC	10	Activo	

También cuenta con una CRP 7 en ramal de 2", y en ramal de ¾ una válvula de control.

A. Cámara Rompe Presión Tipo 7 (CRP 7).**Tabla 19** *Descripción de la CRP 7, Alto Pingullo*

Código	CRP7 AP-1
Coordenadas UTM	Este: 802985.54 m – Norte: 9279778.30 m
Altitud	2576.92 m. s. n. m.
Material construcción	Concreto armado
Estado operativo	Activo
Dimensiones	0.58 m de ancho × 0.85 m de largo × 0.73m de altura
Elementos	- Válvula flotadora de ¾" para regulación del caudal de ingreso. - Válvula de control de ¾" para manejo de flujo. - Canastilla de 1" adaptada a 2" en la salida. - Tapa metálica superior de 0.60 m × 0.60 m. - Tubería de limpia y rebose de 2" a una altura 0.7m, removible
Deficiencias observadas	La tubería de rebose no tiene cono

Figura 28

CRP 7 de la red de distribución del sistema Alto Pingullo



B. Válvulas de Control.

En el presente sistema se identificó una válvula de control en la red de distribución, cuyas características se muestran en la **Tabla 20**.

Tabla 20

Descripción de la válvula de control de la red de distribución de Alto Pingullo

Coordenadas UTM	Este: 803134.241 m – Norte: 9280086.072 m
Altitud	2604.024 m. s. n. m.
Estado operativo	Activo
Caja de protección	0.40 m de ancho × 0.85 m de largo, de concreto armado, con tapa mismo material
Diámetro	¾" tipo globo
Material y clase	PVC C-10
Estado Operativo	Activo

Figura 29

Válvula de control en la red de distribución del sistema de agua Alto Pingullo



4.2.2. Sistema de Agua para Consumo Humano Ojo de Agua

Este abastece a la parte media de la localidad, con dos ramales principales. Fue el primer sistema de agua que tuvo la localidad, fue construido en año 1989. Según el registro de padrón de usuarios que otorgó el presidente de la JASS, se cuenta con 80 usuarios activos, incluyendo el Puesto de Salud, la Municipalidad y el Jardín de Niños ver **Anexo 6**.

Cuenta con los siguientes componentes: captación, línea de conducción, línea de aducción, reservorio, sistema de cloración, y red de distribución; así mismo cuenta con un a CRP-7, y cinco válvulas de control, cuyos diámetros han sido validados y se detallan en el **Anexo 9**. Seguidamente, se presenta la descripción de cada componente.

4.2.2.1. Captación.

Se detalla en la **Tabla 21**, el estado actual de la captación de la fuente de Ojo de Agua, teniendo en cuenta sus principales componentes observados en campo.

Tabla 21*Descripción de la captación del manantial Ojo de Agua*

Tipo de fuente	Manantial subterráneo tipo ladera concentrado.
Coordenadas UTM	Este: 803057.477 m – Norte: 9279578.191 m
Altitud	2540.851 m s. n. m.
Tipo de captación	Ladera
Material de construcción	Concreto armado
Estado operativo	Activo – Deficiente
Componentes principales	- Cámara de lecho filtrante - Cámara húmeda - Cámara de válvulas - Cerco perimétrico
Cámara de lecho filtrante	Tiene aleros de concreto y con una inclinación de 45°, sello de protección, sin material filtrante.
Cámara húmeda	- Dimensiones: 0.57m de largo × 0.57m de ancho de pantalla × 0.90 m de altura. - Tapa metálica de 0.60 × 0.60 m. - Cuenta con ancho de pantalla de 0.57 m, donde alberga tres orificios de entrada de 1 ½", salida de 2", y canastilla de 4" con reducción a 2". - Rebose de 2" con una altura de 0.48m
Cámara de válvulas	- Dimensiones: 0.51 × 0.40 m. - Tapa metálica 0.40 × 0.40 m. - Contiene válvula tipo compuerta de bronce PVC de 2" y accesorios de adaptación.
Área perimetral	- Cerca de paredes de ladrillo de cemento, techo de calamina y una puerta de madera. - Área total: 12 m².
Deficiencias observadas	- Presenta desbordes en épocas de lluvia - Rebose sin cono de salida, ubicado sobre los llorones (retorno de caudal). - Presencia de raíces cámara húmeda - Filtraciones en la cámara de válvulas

Figura 30

Captación de la fuente Ojo de Agua



4.2.2.2. Línea de conducción.

Tabla 22

Descripción de la línea de conducción del sistema Ojo de Agua

Inicio	Captación Ojo de Agua
Fin	Reservorio Ojo de Agua
Diámetro	2" conforme al Anexo 9.
Material y Clase	PVC C-10
Longitud	81.210 m
Estado operativo	Activo
Deficiencias	No encontramos deficiencias en la visita.

4.2.2.3. Reservorio.

El reservorio existente corresponde al primero construido en la localidad, en 1989. Con posterioridad se planteó la construcción de una nueva estructura; no obstante, por dificultades administrativas, el proyecto no se concretó. Ante ello, la Municipalidad ejecutó trabajos de mantenimiento correctivo para prolongar su vida útil y mejorar sus condiciones de operación.

Tabla 23

Descripción del reservorio Ojo de Agua

Coordenadas UTM	Este: 803128.15 m – Norte: 9279599.94 m
Altitud	2533.402 m.s.n.m.
Forma y capacidad	Forma cuadrada, de una capacidad de 20 m ³ de almacenamiento.
Material predominante	Concreto armado
Estado operativo	Activo
Tuberías	- Tubería de ingreso: PVC C-10 de 2" de diámetro, a una altura 1.70 m, con válvula flotadora de 1 ½" - Tubería de salida: PVC C-10 de 2" de diámetro, conectada a canastilla de reducción de 4" a 2". - Tubería de limpia y rebose: PVC C-10 de 2" de diámetro, con salida y dado de protección. El rebose tiene 1.68 m de altura.
Tapa	Metálica de 0.60 × 0.60 m, asegura el cierre superior.
Cámara de válvulas	Espacio destinado al alojamiento de válvulas de ingreso, salida y limpieza, protegido con tapa metálica de 0.60 × 0.60 m.
Cerco perimétrico	De postes de concreto armado y alambre de púas; área total de 100 m ² y puerta de ingreso.
Escalera de acceso	Metálica movable, permite inspección y limpieza.
Deficiencias observadas	Se una gran cantidad de sedimentos, filtraciones en la caja de válvulas. En este punto es preciso indicar que dicho reservorio ha cumplido su vida útil de diseño ya que fue construido en el año aproximadamente de 1989, cumpliéndose así 35 años de funcionamiento.

Construido debajo el terreno de natural, mantiene un flujo continuo en las 24 horas.

Figura 31

Reservorio del sistema de agua Ojo de Agua



A. Sistema de desinfección.

El sistema de cloración se encuentra relativamente nuevo, pero con falta de algunos accesorios.

Tabla 24

Descripción del Sistema de desinfección Ojo de Agua

Fecha de Instalación	05 de diciembre del 2024
Tipo de sistema	Hipoclorador de goteo de carga constante de doble recipiente
Tipo de desinfectante	Hipoclorito de calcio (Ca (ClO) ₂) granulado
Componentes principales	- Tanque de polietileno (solución madre) de 600 L de capacidad. - Recipiente regulador de carga de 60 L. - Conexiones de salida y dosificación de cloro hacia el reservorio
Tipo de dosificación	Goteo continuo por gravedad
Estado operativo	Inactivo
Deficiencias observadas	El sistema no se encuentra operativo por oposición de algunos usuarios y falta de coordinación en las recargas del sistema véase el Anexo 10 .

Figura 32

Sistema de Desinfección en Reservorio del Sistema de Agua Ojo de Agua



B. Medidor de caudal.

Tabla 25

Descripción del medidor de caudal Ojo de Agua

Ubicación	Entra al reservorio Alto Pingullo
Marca	Multi Jet Threaded Water Meter Class C/R160 LXSG-E
Fecha de instalación	17 de enero del 2025.
Diámetro	2" conforme al Anexo 9 .
Caja de protección	0.60 × 0.30 m, de concreto armado, con tapa metálica.
Estado operativo	Activo
Deficiencias observadas	se ha podido detectar que actualmente existen algunas filtraciones en la caja de protección.

Figura 33

Medidor de caudal en la salida del reservorio de Ojo de Agua



4.2.2.4. Línea de Aducción.

El sistema del Ojo de Agua, cuenta con una línea de aducción que va desde el reservorio hasta el inicio de la ramificación. La información del diámetro esta validada en el **Anexo 9**. No evidenciamos deficiencias durante la visita.

Tabla 26*Características de la aducción Ojo de Agua*

Inicio	Fin	Diámetro	Longitud	Material	Clase	Estado Operativo
Reservorio Ojo de Agua	Inicio de ramal	2"	22.617 m	PVC	10	Activo

4.2.2.5. Red de distribución.

La red de distribución del sector se encuentra diferenciada por tres ramales principales a partir de fin de la línea de aducción, un ramal de 2" de diámetro y una de 1", y el ramal de $\frac{3}{4}$ ", validado en el **Anexo 9**. Cuyas características se muestran a continuación.

Tabla 27*Red de distribución de sistema de agua Ojo de Agua*

Diámetro	Longitud	Material	Clase	Estado Operativo	Deficiencias Observadas
2"	1024.87 m	PVC	10	Activo	Se encontró un ramal de $\frac{1}{2}$ " por lo que no cumple la norma y tuberías expuestas
1"	222.80 m	PVC	10	Activo	
$\frac{3}{4}$ "	1032.73 m	PVC	10	Activo	
$\frac{1}{2}$ "	138.15 m	PVC	10	Activo	

Figura 34

Red de distribución expuesta en el sistema de agua Ojo de Agua



A. Cámara rompe presión.

Tabla 28

Descripción de la CRP 7 de la red de distribución

Coordenadas UTM	Este: 803254.08 m – Norte: 9279563.33 m
Altitud	2506.54 m. s. n. m.
Material construcción	Concreto armado
Estado operativo	Activo
Dimensiones	0.68 m de ancho 0.90 m de largo × 0.85m de altura
Elementos	- Válvula flotadora de 1" para regulación del caudal de ingreso. - Válvula de control para de 1". - Canastilla de 4" a 2" en la salida. - Tapa metálica superior de 0.60 m × 0.60 m. - Tubería de limpia y rebose removible de 2" a una altura 0.8 m, con cono.
Deficiencias observadas	No se observó ninguna deficiencia

Figura 35

CRP 7 de la red de distribución del sistema de agua Ojo de Agua



B. Válvulas de Control.

En el sistema se ha identificado un total de cinco (05) válvulas de control tipo globo instaladas en la red de distribución. Se encuentran dentro de cajas de protección de concreto armado, con dimensiones de 0.60 x 0.60m, con tapa metálica de cierre, esta información esta validado con el **Anexo 9**.

Tabla 29

Descripción de la Válvulas de control de la red de distribución Ojo de Agua

N° de Válvula	Coordenadas UTM		Diámetro	Material	Clase	Estado Operativo
	Este (m)	Norte (m)				
VAL.C. - 1	803168.722	9279606.420	2"	PVC	10	Activo
VAL.C. - 2	803436.524	9279422.130	2"	PVC	10	Activo -deficiente
VAL.C. - 3	803374.632	9279765.667	1"	PVC	10	Activo -deficiente
VAL.C. - 4	803435.789	9279811.238	3/4"	PVC	10	Activo
VAL.C. - 5	803497.276	9279862.718	3/4"	PVC	10	Activo -deficiente

Deficiencias observadas: las que están en estado deficiente presentas filtración de agua en sus cajas y falta de volante para la manipulación.

Figura 36

Válvulas de control de la red de distribución Ojo de Agua



Figura 37

Válvulas de control de la red de distribución Ojo de Agua



C. Pases Aéreos.

Este sistema cuenta con dos (02) los pases aéreos existentes en la red de distribución, sus características son los siguientes.

Tabla 30

Descripción de pases aéreos en la red de distribución de Ojo de Agua

Pase Aéreo	Coordenadas UTM		Diámetro	Longitud	Material	Clase	Estado operativo
	Este (m)	Norte (m)					
1	803176.403	9279698.034	2"	11.00 m	PVC	10	Activo
2	803313.614	9279764.847	2"	4.60 m	PVC	10	Activo

Deficiencias Observada: se ha podido identificar que estos pases aéreos, están llenos de maleza, debido a la falta de mantenimiento, así mismo cuenta con muros que se encuentran erosionados y los cables están desgastados.

Figura 38

Pase aéreo de la red de distribución del sistema de agua del Ojo de Agua



4.2.3. Sistema de Agua para Consumo Humano La Guabilla

Este sistema abastece a la parte baja de la localidad, donde se concreta la mayor cantidad de población, fue construido en año 2012 y es administrado por la JASS “La Gallera”

Según el registro de padrón de usuarios proporcionado por la junta, se cuenta con 92 usuarios, dentro de los cuales se tienen a la institución educativa primaria y secundaria, la iglesia adventista y la casa multiusos del sector, ver **Anexo 6**.

El sistema está conformado por: dos captaciones, dos líneas de conducción, un reservorio, un sistema de cloración, un medidor de caudal, una línea de aducción y la red de distribución. Asimismo, el sistema incluye una cámara rompe presión (CRP-7) y válvulas de control. La validación de esta información se presenta en el **Anexo 11**. Los detalles de cada componente se describen en los apartados siguientes.

4.2.3.1. Captaciones.

El sistema de agua La Guabilla se abastece de dos fuentes. La primera, denominada captación de la fuente del mismo nombre, fue construida como parte del diseño original del sistema. La segunda, captación de la fuente Chahuarpata, implementada en 2014 para ampliar el suministro, mejorar la continuidad y cobertura del servicio.

Tabla 31

Descripción de las captaciones del sistema La Guabilla

Nombre de la fuente	La Guabilla	Chahuarpata
Tipo de fuente	Manantial subterráneo tipo ladera difuso.	Manantial subterráneo tipo ladera difuso.
Coordenadas UTM	E: 803140.89 m N: 9279501.70 m	E: 802947.72 m N: 9278902.33 m
Altitud	2528.453 m. s. n. m.	2644.19 m. s. n. m.
Tipo de captación	Ladera	Ladera
Material	Concreto armado	Concreto armado
Estado operativo	Activo – Deficiente	Activo – Deficiente
Componentes principales	- Cámara de lecho filtrante - Cámara húmeda - Cámara de válvulas - Cerco perimétrico	- Cámara de lecho filtrante - Cámara húmeda - Cámara de válvulas - Cerco perimétrico
Cámara de lecho filtrante	Cámara de lecho filtrante con aleros de 1.35 m, construidos de concreto, sello de protección, sin material filtrante y acumulación de sedimentos.	Cámara de lecho filtrante con aleros de 1.85 m, sello de protección y sin material filtrante.

Cámara húmeda	- Dimensiones: 0.57 m de largo × 0.57 m de ancho de pantalla × 0.87 m de altura. - Tapa metálica de 0.60 × 0.60 m - El ancho de pantalla alberga a cuatro orificios de entrada de 1 ½", canastilla de 4" a 2" a la salida - Rebose de 2" a una altura de 0.44 m, con cono 4"	- Dimensiones: 2.08 m de largo × 1.22 m de ancho de pantalla × 1.76 m de altura. - Tapa metálica de 0.60 × 0.60 m. - En el ancho de la pantalla se ubican tres orificios de entrada de 2", canastilla de 4" a 2" a la salida. - Rebose de 2" a una altura de 0.90 m, con cono de 4"
Cámara de válvulas	- Dimensiones: 0.40 × 0.48 m. - Tapa metálica 0.40 × 0.40 m. - Contiene válvula tipo compuerta de bronce de 2" y sus accesorios.	- Dimensiones: 0.40 × 0.50 m. - Tapa metálica 0.40 × 0.40 m. - Contiene válvula tipo globo de PVC de 2" y sus accesorios
Área perimetral	De postes de concreto armado y alambre de púas, área total 22.71 m ²	De postes de madera y alambre de púas, área total 32.45 m ²
Deficiencias observadas	- Presenta desbordes en épocas de lluvia. - Presencia de raíces cámara húmeda y sedimentos. - Filtraciones en la cámara de válvulas.	- Presenta desbordes en épocas de lluvia. - La cámara húmeda carece de material filtrante. - Presencia de gran cantidad de sedimentos.

Figura 39

Captaciones de las fuentes del sistema de agua La Guabilla



Figura 40

Componentes de la captación de la fuente La Guabilla



Figura 41

Componentes de la cámara húmeda en la captación Chahuarpata



4.2.3.2. Línea de Conducción.

El sistema cuenta con dos líneas de conducción de las respectivas captaciones, ver **Anexo 11**.

Tabla 32

Descripción de la línea de conducción La Guabilla.

Inicio	Fin	Diámetro	Longitud	Material	Clase	Estado
Captación “La Guabilla”	Reservorio La Guabilla	2”	18.18	PVC	10	Activo
Captación Chahuarpata	Reservorio La Guabilla	2”	651.87	PVC	10	Activo

Deficiencias Observadas: La línea de conducción de Guabilla no presenta daños, mientras que la línea de conducción Chahuarpata, cuenta con varios problemas desde rupturas, exposición de tuberías y falta de accesorios.

Figura 42

Línea de Conducción Chahuarpata



4.2.3.3. Reservorio.

Está construido de concreto armado a ras de terreno natural y fue construido en el año 2012, para almacenar el agua que proviene de la captación, antes de la distribución. Su funcionamiento es automático, no se realiza apertura ni cierre manual de válvulas.

Figura 43

Reservorio del sistema de agua La Guabilla



Tabla 33

Descripción del reservorio La Guabilla.

Coordenadas UTM	Este: 803151.74 m – Norte: 9279493.75 m
Altitud	2523.84 m.s.n.m.
Forma y capacidad	En la Figura 40 , forma circular, de una capacidad total de 12 m3 de almacenamiento.
Material predominante	Concreto armado
Estado operativo	Activo
Tuberías	Tubería de ingreso La Guabilla: PVC C-10 de 2" de diámetro a 1,80 m Tubería de ingreso Chahuarpata: PVC C-10 de 1" de diámetro a 1,90 m Tubería de salida: PVC C-10 de 2" de diámetro, conectada a canastilla de 4" con reducción 2". Tubería de limpia y rebose: PVC C-10 de 2" de diámetro, con salida y dado de protección. El rebose tiene 1.80 m de altura.
Tapa	Metálica de 0.60 × 0.60 m, asegura el cierre superior.
Cámara de válvulas	Espacio destinado al alojamiento de válvulas de ingreso, salida y limpieza, protegido con tapa metálica de 0.60 × 0.60 m.
Cerco perimétrico	De postes de concreto armado y alambre de púas; área total de 17.80 m² y puerta de ingreso.
Escalera de acceso	Metálica movable, permite inspección y limpieza.
Deficiencias observadas	Gran cantidad de sedimentos, filtraciones en la caja de válvulas, la tubería de ingreso Chahuarpata presenta rupturas a la entrada.

Figura 44
 Elementos de reservorio de agua La Guabilla



A. Medidor de caudal.

Tabla 34
 Descripción del medidor de caudal – La Guabilla

Ubicación	Salida del reservorio LA GUABILLA
Marca	Multi Jet Threaded Water Meter Class C/R160 LXSG-E
Fecha de instalación	17 de enero del 2025
Diámetro	2" ver Anexo 11.
Caja de protección	0.60 × 0.30 m, de concreto armado, con tapa metálica.
Estado operativo	Activo
Deficiencias observadas	La caja presenta filtraciones de agua, lo que causa el deterioro del equipo

Figura 45

Medidor de caudal La Guabilla



B. Sistema de Desinfección.

A continuación, en la **Tabla 35**, se detalla las características de sistema de desinfección.

Tabla 35

Descripción del sistema de desinfección

Tipo de sistema	Hipoclorador de goteo de carga constante de doble recipiente
Tipo de desinfectante	de Hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) granulado
Componentes principales	- Tanque de polietileno (solución madre) de 600 L de capacidad. - Recipiente regulador de carga de 60 L. - Conexiones de salida y dosificación de cloro hacia el reservorio
Tipo de dosificación	Goteo continuo por gravedad
Estado operativo	Inactivo – Deficiente
Deficiencias observadas	El sistema no se encuentra operativo por oposición de algunos usuarios y falta de coordinación en las recargas del sistema véase el Anexo 12 . Se observó la tubería de alimentación expuesta y la válvula de boya dañada.

Figura 46
Sistema de desinfección La Guabilla



4.2.3.4. Línea de Aducción.

El sistema del La Guabilla, cuenta con una línea de aducción que va desde el reservorio hasta el inicio de la ramificación. No evidenciamos deficiencias durante la visita.

Tabla 36.
Características de la tubería de aducción La Guabilla

Inicio	Fin	Diámetro	Longitud	Material	Clase	Estado Operativo
Reservorio Ojo de Agua	Inicio de ramal	2"	22.617 m	PVC	10	Activo

4.2.3.5. Red de distribución.

La red de distribución se encuentra diferenciada por dos ramales principales a partir de fin de la línea de aducción, la información esta validada en el **Anexo 11**, sus características se describen en la **Tabla 37**.

Tabla 37

Descripción de la red de distribución La Guabilla

Diámetro	Longitud	Material	Clase	Estado Operativo	Deficiencias observadas
2"	697.191 m	PVC	10	Activo	Existe tuberías expuestas.
1"	498.115 m	PVC	10	Activo	
3/4"	547.738 m	PVC	10	Activo	
1/2"	160.37 m	PVC	10	Activo	

Figura 47

Tubería expuesta en la red de distribución La Guabilla



A. Cámara Rompe Presión.

Tabla 38

Descripción de la CRP 7 en la red de distribución La Guabilla

Código en el plano	CRP7 LG-1
Coordenadas UTM	Este: 803291.36 m– Norte: 9279478.44 m
Altitud	2494.85 m. s. n. m.
Material construcción	Concreto armado
Estado operativo	Activo
Dimensiones	0,68 m de ancho 0,78 m de largo × 0,85m de altura

Elementos	- Válvula flotadora de 1" para regulación del caudal de ingreso. - Válvula de control para de 1". - Canastilla de 4" a 2" en la salida. - Tapa metálica superior de 0,60 m × 0,60 m. - Tubería de limpia y rebose removible de 2" a una altura 0,8 m, con cono.
Deficiencias observadas	Ninguna, está en buen estado

Figura 48

CRP 7 de la red de distribución La Guabilla



B. Válvulas de Control.

En la **Tabla 38**, se muestran la válvula existente dentro de la red de distribución, se validan en **Anexo 11**.

Tabla 39

Válvulas de control de la red de distribución de agua La Guabilla

N° Válvulas	Coordenadas		Diámetro	Material	Clase	Estado
	Este (m)	Norte (m)				
VAL C. LA-1	803189.572	9279489.783	2"	PVC	10	Activo
VAL C. LA-2	803181.973	9279480.414	2"	PVC	10	Activo
VAL C. LA-3	803336.549	9279431.147	2"	PVC	10	Activo
VAL C. LA-4	803420.977	9279363.706	2"	PVC	10	Activo - Deficiente
VAL C. LA-5	803560.686	9279334.473	¾"	PVC	10	Activo

VAL C. LA-6	803288.202	9279248.898	1"	PVC	10	Activo
VAL C. LA-7	803359.883	9279260.275	1"	PVC	10	Activo
VAL C. LA-8	803308.137	9279189.991	1"	PVC	10	Activo - Deficiente

Deficiencias observadas: las que están en estado deficiente presentan filtración de agua en sus cajas y falta de volante para la manipulación.

Figura 49

Válvulas de control de la red de distribución del Sistema La Guabilla



4.3. Estimación los Caudales de Oferta

La medición de caudal se realizó por el método de llenado de recipiente, controlando el tiempo necesario para alcanzar un volumen previamente conocido. El cálculo del caudal se efectuó según la **Ecuación 1**. Caudal de aforo volumétrico.

4.3.1. Captación del Manantial Alto Pingullo

Los aforos realizados en la estructura de captación del manantial Alto Pingullo se detallan completos en el **Anexo 13**. A continuación, en la **Tabla 40** se muestran los caudales aforados promedio obtenidos en los dos períodos lluvioso y seco.

Tabla 40*Caudales de aforos promedios en la captación del manantial Alto Pingullo*

Período	Caudal (L/s)	Caudal (m ³ /h)
Lluvioso	1.269	4.568
Seco	0.942	3.384

4.3.2. Captación del Manantial Ojo de Agua

La información completa de los aforos realizados en la captación del manantial Ojo de Agua se consigna en el **Anexo 14**. La **Tabla 41** muestra los valores promedio de caudal derivados de estas mediciones.

Tabla 41*Caudales de aforos promedios en la captación del manantial Ojo de Agua*

Periodo	Caudal (L/s)	Caudal (m ³ /h)
Lluvioso	2.073	7.462
Seco	1.069	3.848

4.3.3. Captación del manantial La Guabilla

Los registros de aforo de la captación del manantial La Guabilla se presentan íntegramente en el **Anexo 15**. En la **Tabla 42** se consignan los caudales promedio determinados a partir de mediciones.

Tabla 42*Caudales de aforos promedios en la captación del manantial La Guabilla*

Periodo	Caudal (L/s)	(Caudal m ³ /h)
Lluvioso	1.638	5.895
Seco	0.401	1.443

4.3.4. Captación del Manantial Chahuarpata

Los aforos de a la captación Chahuarpata se detallan completos en el **Anexo 16**. A continuación, se muestran los caudales aforados promedio obtenidos para los dos periodos de evaluación.

Tabla 43*Caudales de aforos promedios en la captación Chahuarpata*

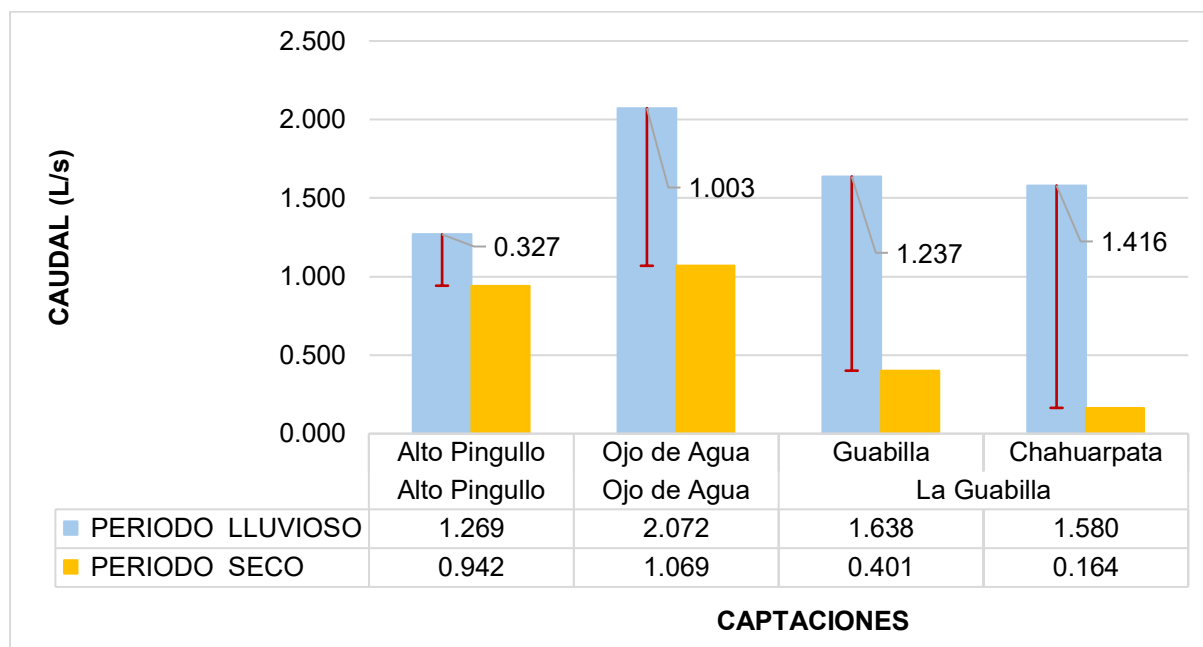
Periodo	Caudal (l/s)	Caudal (m ³ /h)
---------	--------------	----------------------------

Lluvioso	1.580	5.688
Seco	0.164	0.590

A continuación, en la **Figura 50**, se presenta un resumen de las variaciones de caudales aforados de los sistemas en estudio, para los periodos lluvia y seco.

Figura 50

Variación de caudales ofertados de los tres sistemas



4.4. Determinación la demanda actual de agua para consumo humano: promedio, máximo diario y horario

A continuación, se presenta el registro de las lecturas obtenidas, los tres sistemas de estudios de la localidad de Yagén.

4.4.1. Caudales de Demanda Actual del Sistema Alto Pingullo

Para determinar los caudales consumo del sistema, se analizaron los registros horarios de caudal desde la 6:00 am hasta las 6:00 p.m. comprendido entre el 06 y el 20 de julio de 2025.

Tabla 44

Registro de consumos horarios del sistema Alto Pingullo en m³/h

Fecha	06/07/2025 - 20/07/2025														
Día N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Hora/ Día	D	L	M	Mié	Jue	V	S	D	L	M	Mié	Jue	V	S	D
00:00	3.00	2.64	2.73	3.00	2.91	2.82	3.27	3.09	2.73	2.55	2.91	2.64	2.45	2.82	3.09
01:00	3.00	2.64	2.73	3.00	2.91	2.82	3.27	3.09	2.73	2.55	2.91	2.64	2.45	2.82	3.09
02:00	3.00	2.64	2.73	3.00	2.91	2.82	3.27	3.09	2.73	2.55	2.91	2.64	2.45	2.82	3.09
03:00	3.00	2.64	2.73	3.00	2.91	2.82	3.27	3.09	2.73	2.55	2.91	2.64	2.45	2.82	3.09
04:00	3.00	2.64	2.73	3.00	2.91	2.82	3.27	3.09	2.73	2.55	2.91	2.64	2.45	2.82	3.09
05:00	3.00	2.64	2.73	3.00	2.91	2.82	3.27	3.09	2.73	2.55	2.91	2.64	2.45	2.82	3.09
06:00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00	2.00	4.00	5.00	4.00	4.00	4.00	3.00	4.00	2.00	4.00
07:00	2.00	4.00	2.00	3.00	2.00	4.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	4.00	4.00
08:00	3.00	2.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	3.00
09:00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00
10:00	4.00	3.00	4.00	3.00	4.00	4.00	4.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.00	3.00	4.00
11:00	4.00	2.00	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
12:00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
13:00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00
14:00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
15:00	4.00	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	4.00	3.00	4.00	3.00	4.00	3.00	4.00	3.00	4.00
16:00	2.00	3.00	4.00	3.00	4.00	4.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.00	3.00
17:00	3.00	2.00	2.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00	2.00	3.00	3.00
18:00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00
19:00	3.00	2.64	2.73	3.00	2.91	2.82	3.27	3.09	2.73	2.55	2.91	2.64	2.45	2.82	3.09
20:00	3.00	2.64	2.73	3.00	2.91	2.82	3.27	3.09	2.73	2.55	2.91	2.64	2.45	2.82	3.09
21:00	3.00	2.64	2.73	3.00	2.91	2.82	3.27	3.09	2.73	2.55	2.91	2.64	2.45	2.82	3.09
22:00	3.00	2.64	2.73	3.00	2.91	2.82	3.27	3.09	2.73	2.55	2.91	2.64	2.45	2.82	3.09
23:00	3.00	2.64	2.73	3.00	2.91	2.82	3.27	3.09	2.73	2.55	2.91	2.64	2.45	2.82	3.09
Sum (m³/día)	72.00	65.00	67.00	72.00	70.00	70.00	77.00	80.00	75.00	72.00	74.00	69.00	66.00	70.00	78.00
Qmh (m³/h)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	5.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Prom (m³/h)	3.00	2.71	2.79	3.00	2.92	2.92	3.21	3.33	3.13	3.00	3.08	2.88	2.75	2.92	3.25

4.4.1.1. Caudal promedio del sistema (Qm).

El caudal promedio del sistema se obtuvo con la **Ecuación 3**.

$$Q_m = \frac{\sum Q}{n} = \frac{1077.00 \text{ m}^3/\text{h}}{360} = 2.99 \text{ m}^3/\text{h} = 0.83 \text{ L/s}$$

Para determinar la dotación, tomaremos la **Ecuación 2**.

$$Dot \left(\frac{L}{\text{día}} \right) = \frac{Q_m \times 86400}{P(Hab)} = \frac{0.83 \text{ L/s} \times 86400}{23 \times 5 \text{ Hab}} = 623.58 \frac{L}{\text{día}} / Hab$$

4.4.1.2. Caudal Máximo Diario (Q_{md}).

Del registro de los caudales de consumo del sistema de Alto Pingullo durante 15 días, lo cual buscaremos el día de mayor consumo.

$$Q_{md} = \frac{80 \text{ m}^3/\text{día}}{24h} = 3.33 \text{ m}^3/h = 0.93 \text{ L/s}$$

4.4.1.3. Coeficiente de Variación Diaria (K_1).

El coeficiente de variación diaria se calculó según la **Ecuación 6**.

$$K_1 = \frac{Q_{md}}{Q_m} = \frac{0.93 \text{ L/s}}{0.83 \text{ L/s}} = 1.11$$

4.4.1.4. Caudal Máximo Horario (Q_{mh}).

Teniendo identificado el día de mayor consumo, buscamos dentro de este la hora con mayor consumo.

$$Q_{mh} = 5 \text{ m}^3/h = 1.39 \text{ L/s}$$

4.4.1.5. Coeficiente de Variación Horaria (K_2).

El coeficiente de variación horaria se evaluó conforme a la **Ecuación 7**.

$$K_2 = \frac{Q_{mh}}{Q_m} = \frac{1.39 \text{ L/s}}{0.83 \text{ L/s}} = 1.67$$

4.4.2. Caudales de Demanda Actual del Sistema Ojo de Agua

Para determinar los caudales consumo del sistema Ojo de Agua. se analizaron los registros horarios de caudal desde la 6:00 am hasta las 6:00 p.m. comprendido entre el 06 y el 20 de julio de 2025.

Tabla 45

Registro de consumos del sistema de Ojo de Agua en m³/h

Fecha 06/072025 - 20/07/2025															
Día N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Día / Hora	D	L	M	Mié	Jue	V	S	D	L	M	Mié	Jue	V	S	D
00:00	1.45	1.27	3.09	1.45	2.64	0.91	0.82	1.00	1.27	2.27	2.36	3.18	1.91	1.36	1.09
01:00	1.45	1.27	3.09	1.45	2.64	0.91	0.82	1.00	1.27	2.27	2.36	3.18	1.91	1.36	1.09
02:00	1.45	1.27	3.09	1.45	2.64	0.91	0.82	1.00	1.27	2.27	2.36	3.18	1.91	1.36	1.09
03:00	1.45	1.27	3.09	1.45	2.64	0.91	0.82	1.00	1.27	2.27	2.36	3.18	1.91	1.36	1.09
04:00	1.45	1.27	3.09	1.45	2.64	0.91	0.82	1.00	1.27	2.27	2.36	3.18	1.91	1.36	1.09
05:00	1.45	1.27	3.09	1.45	2.64	0.91	0.82	1.00	1.27	2.27	2.36	3.18	1.91	1.36	1.09

06/07/2025 - 20/07/2025															
Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Día N°	D	L	M	Mié	Jue	V	S	D	L	M	Mié	Jue	V	S	D
Día / Hora	D	L	M	Mié	Jue	V	S	D	L	M	Mié	Jue	V	S	D
06:00	4.00	4.00	4.00	5.00	4.00	4.00	6.00	5.00	4.00	4.00	4.00	3.00	4.00	5.00	5.00
07:00	5.00	4.00	5.00	3.00	4.00	3.00	6.00	3.00	4.00	5.00	4.00	4.00	3.00	4.00	4.00
08:00	4.00	3.00	4.00	2.00	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	4.00	2.00	6.00	3.00	3.00	4.00
09:00	5.00	2.00	3.00	3.00	2.00	3.00	5.00	4.00	2.00	3.00	2.00	5.00	3.00	4.00	4.00
10:00	3.00	2.00	4.00	4.00	2.00	5.00	6.00	5.00	2.00	4.00	3.00	3.00	5.00	6.00	5.00
11:00	5.00	3.00	5.00	4.00	3.00	5.00	5.00	6.00	3.00	5.00	5.00	4.00	3.00	5.00	6.00
12:00	5.00	3.00	4.00	4.00	3.00	4.00	5.00	5.00	3.00	4.00	5.00	3.00	3.00	3.00	5.00
13:00	5.00	4.00	3.00	5.00	3.00	3.00	6.00	4.00	4.00	3.00	4.00	4.00	6.00	6.00	4.00
14:00	4.00	2.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	5.00	2.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	5.00
15:00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00	2.00	3.00	4.00	3.00	3.00	2.00	2.00	4.00	4.00	4.00
16:00	2.00	3.00	3.00	6.00	4.00	4.00	5.00	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00	4.00	3.00	4.00
17:00	2.00	2.00	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.00	2.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00
18:00	2.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00	5.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00
19:00	1.45	1.27	3.09	1.45	2.64	0.91	0.82	1.00	1.27	2.27	2.36	3.18	1.91	1.36	1.09
20:00	1.45	1.27	3.09	1.45	2.64	0.91	0.82	1.00	1.27	2.27	2.36	3.18	1.91	1.36	1.09
21:00	1.45	1.27	3.09	1.45	2.64	0.91	0.82	1.00	1.27	2.27	2.36	3.18	1.91	1.36	1.09
22:00	1.45	1.27	3.09	1.45	2.64	0.91	0.82	1.00	1.27	2.27	2.36	3.18	1.91	1.36	1.09
23:00	1.45	1.27	3.09	1.45	2.64	0.91	0.82	1.00	1.27	2.27	2.36	3.18	1.91	1.36	1.09
Sum (m³/día)	65.0	52.0	80.0	66.0	70.0	57.0	73.0	64.0	52.0	72.0	67.0	81.0	69.0	68.0	67.0
Qmh (m³/h)	5.00	4.00	5.00	6.00	4.00	5.00	6.00	6.00	4.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Prom (m³/h)	2.71	2.17	3.33	2.75	2.92	2.38	3.04	2.67	2.17	3.00	2.79	3.38	2.88	2.83	2.79

4.4.2.1. Caudal promedio del sistema (Qm).

Caudal medio diario se obtuvo empleando la **Ecuación 3** a los registros de consumo del periodo de monitorio.

$$Q_m = \frac{\sum Q}{n} = \frac{1003.00 \text{ m}^3/\text{h}}{360} = 2.79 \text{ m}^3/\text{h} = 0.77 \text{ L/s}$$

A partir de este valor se determinó la dotación mediante la **Ecuación 2**:

$$Dot = \frac{Q_m \times 86400}{P(Hab)} = \frac{0.77 \text{ L/s} \times 86400}{80 \times 5 \text{ Hab}} = 166.32 \frac{\text{L}}{\text{día}}/\text{Hab}$$

4.4.2.2. Caudal Máximo Diario (Q_{md}).

Del registro de consumos correspondientes a 15 días de monitoreo se identificó el mayor volumen diario, equivalente a 81 m³/día. Expresado en unidades horarias:

$$Q_{md} = \frac{81 \text{ m}^3/\text{día}}{24h} = 3.38 \text{ m}^3/h = 0.94 \text{ L/s}$$

4.4.2.3. Coeficiente de Variación Diaria (K_1).

El coeficiente de variación diaria se determinó mediante la **Ecuación 6**.

$$K_1 = \frac{Q_{md}}{Q_m} = \frac{0.94 \text{ L/s}}{0.77 \text{ L/s}} = 1.21$$

4.4.2.4. Caudal Máximo Horario (Q_{mh}).

Dentro del día de mayor consumo se identificó la hora de mayor demanda, registrándose:

$$Q_{mh} = 6 \text{ m}^3/h = 1.67 \text{ L/s}$$

4.4.2.5. Coeficiente de Variación Horaria (K_2).

Para el cálculo del coeficiente de variación horaria se utilizó la **Ecuación 7**.

$$K_2 = \frac{Q_{mh}}{Q_m} = \frac{1.67 \text{ L/s}}{0.77 \text{ L/s}} = 2.15$$

4.4.3. Caudales de Demanda Actual del Sistema La Guabilla

Se analizaron los registros horarios de caudal con fecha de 06 y el 20 de julio de 2025.

Tabla 46

Registro de consumos del sistema de agua La Guabilla en m³/h

Fecha		06/07/2025 - 20/07/2025													
Día N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Hora /Día	D	L	M	Mié	Jue	V	S	D	L	M	Mié	Jue	V	S	D
00:00	2.91	2.18	2.18	2.55	2.45	2.64	2.82	2.55	2.45	2.27	2.36	2.27	1.91	2.45	2.27
01:00	2.91	2.18	2.18	2.55	2.45	2.64	2.82	2.55	2.45	2.27	2.36	2.27	1.91	2.45	2.27
02:00	2.91	2.18	2.18	2.55	2.45	2.64	2.82	2.55	2.45	2.27	2.36	2.27	1.91	2.45	2.27
03:00	2.91	2.18	2.18	2.55	2.45	2.64	2.82	2.55	2.45	2.27	2.36	2.27	1.91	2.45	2.27
04:00	2.91	2.18	2.18	2.55	2.45	2.64	2.82	2.55	2.45	2.27	2.36	2.27	1.91	2.45	2.27
05:00	2.91	2.18	2.18	2.55	2.45	2.64	2.82	2.55	2.45	2.27	2.36	2.27	1.91	2.45	2.27
06:00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.00	3.00	3.00	5.00	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	4.00
07:00	3.00	3.00	3.00	4.00	5.00	3.00	3.00	4.00	4.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00	2.00
08:00	5.00	5.00	3.00	3.00	3.00	5.00	4.00	4.00	4.00	5.00	3.00	3.00	4.00	5.00	3.00

Fecha		06/07/2025 - 20/07/2025														
Día N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Hora /Día	D	L	M	Mié	Jue	V	S	D	L	M	Mié	Jue	V	S	D	
09:00	3.00	3.00	2.00	3.00	2.00	5.00	5.00	7.00	3.00	2.00	4.00	3.00	3.00	3.00	4.00	
10:00	5.00	4.00	3.00	4.00	3.00	4.00	6.00	5.00	5.00	4.00	5.00	5.00	5.00	4.00	6.00	
11:00	6.00	4.00	4.00	3.00	3.00	4.00	4.00	3.00	3.00	2.00	3.00	4.00	3.00	5.00	6.00	
12:00	5.00	3.00	3.00	4.00	4.00	3.00	4.00	4.00	4.00	3.00	3.00	4.00	4.00	2.00	5.00	
13:00	3.00	4.00	4.00	3.00	3.00	3.00	5.00	3.00	3.00	4.00	4.00	3.00	3.00	4.00	2.00	
14:00	3.00	3.00	3.00	3.00	5.00	5.00	3.00	3.00	3.00	1.00	3.00	5.00	3.00	4.00	4.00	
15:00	4.00	3.00	2.00	3.00	3.00	4.00	2.00	2.00	3.00	5.00	3.00	4.00	2.00	4.00	4.00	
16:00	3.00	4.00	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	4.00	2.00	4.00	4.00	3.00	6.00	2.00	3.00	
17:00	2.00	2.00	2.00	2.00	4.00	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	5.00	
18:00	3.00	3.00	5.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00	4.00	
19:00	2.91	2.18	2.18	2.55	2.45	2.64	2.82	2.55	2.45	2.27	2.36	2.27	1.91	2.45	2.27	
20:00	2.91	2.18	2.18	2.55	2.45	2.64	2.82	2.55	2.45	2.27	2.36	2.27	1.91	2.45	2.27	
21:00	2.91	2.18	2.18	2.55	2.45	2.64	2.82	2.55	2.45	2.27	2.36	2.27	1.91	2.45	2.27	
22:00	2.91	2.18	2.18	2.55	2.45	2.64	2.82	2.55	2.45	2.27	2.36	2.27	1.91	2.45	2.27	
23:00	2.91	2.18	2.18	2.55	2.45	2.64	2.82	2.55	2.45	2.27	2.36	2.27	1.91	2.45	2.27	
Sum (m³/día)	81.00	69.00	65.00	70.00	71.00	76.00	78.00	77.00	72.00	67.00	71.00	72.00	66.00	74.00	77.00	
Qmh (m³/h)	6.00	5.00	5.00	4.00	5.00	5.00	6.00	7.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	5.00	6.00	
Prom (m³/h)	3.38	2.88	2.71	2.92	2.96	3.17	3.25	3.21	3.00	2.79	2.96	3.00	2.75	3.08	3.21	

4.4.3.1. Caudal promedio del sistema (Qm)

El caudal medio se obtuvo a partir de los registros del periodo de monitoreo aplicando la **Ecuación 3**, resultando:

$$Q_m = \frac{\sum Q}{n} = 3.38 \frac{m^3}{h} = 0.94 L/s$$

Se determinó la dotación mediante la **Ecuación 2**:

$$Dot = \frac{Q_m \times 86400}{P(Hab)} = \frac{0.94 L/s \times 86400}{92 \times 5 Hab} = 176.56 \frac{L}{día/Hab}$$

4.4.3.2. Caudal Máximo Diario (Q_{md}).

Del registro de consumos de 15 días se identificó el mayor volumen diario (78 m³/día), equivalente a:

$$Q_{md} = \frac{78 m^3/día}{24h} = 3.25 m^3/h = 0.90 L/s$$

4.4.3.3. Coeficiente de Variación Diaria (K_1).

El coeficiente de variación diaria se obtuvo con la **Ecuación 6**:

$$K_1 = \frac{Q_{md}}{Q_m} = \frac{0.90 \text{ L/s}}{0.83 \text{ L/s}} = 1.08$$

4.4.3.4. Caudal Máximo Horario (Q_{mh}).

En el día de mayor consumo se identificó la hora de máxima demanda, registrándose:

$$Q_{mh} = 6 \text{ m}^3/h = 1.67 \text{ L/s}$$

4.4.3.5. Coeficiente de Variación Horaria (K_2).

El coeficiente de variación horaria se determinó según la **Ecuación 7**:

$$K_2 = \frac{Q_{mh}}{Q_m} = \frac{1.67 \text{ L/s}}{0.83 \text{ L/s}} = 1.99$$

4.5. Evaluación Hidráulica de los Sistemas de Agua de la Localidad de Yagén

Se realizó la evaluación de los tres sistemas de agua para consumo humano de la localidad de estudio, teniendo en cuenta la Resolución Ministerial N°192-2018-VIVIENDA, Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rurales

4.5.1. Sistema de Alto Pingullo

Se tomo las dimensiones tomadas en campo para poder evaluar los componentes del sistema de Alto Pingullo.

4.5.1.1. Captación.

Consideramos el volumen de regulación, el ancho de la pantalla de la cámara húmeda y el dimensionamiento de la canastilla.

A. Volumen Regulación de la Cámara húmeda.

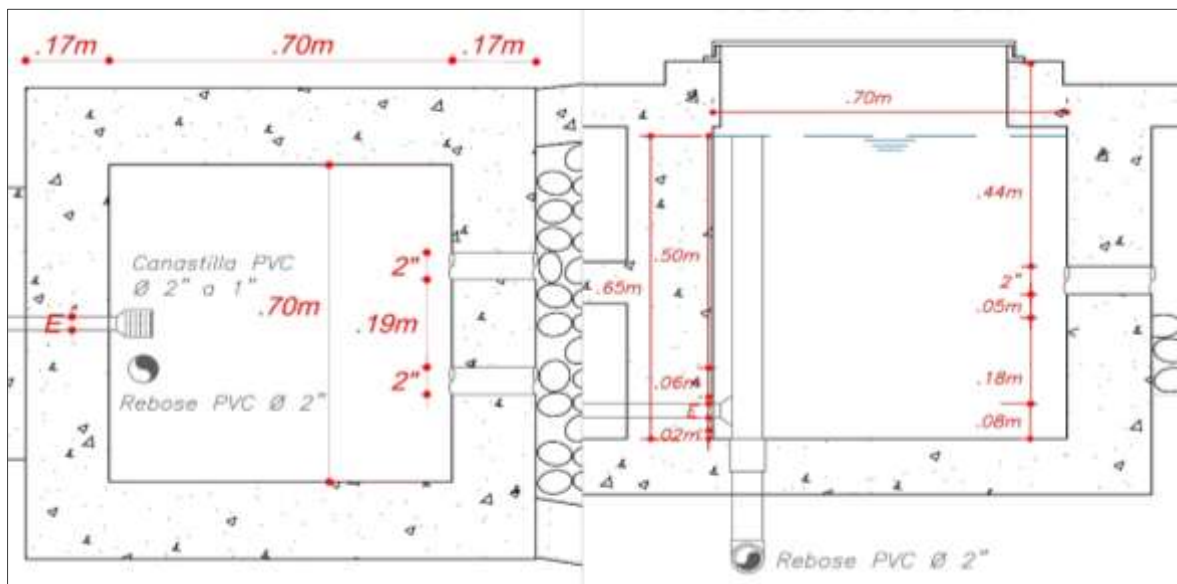
El volumen normativo se estimó en función del caudal máximo diario $Q_{md} = 0.926 \text{ L/s}$, aplicando la **Ecuación 8**, considerando tiempos de retención de 3 y 5 minutos:

$$V_{t=3min} = 0.926 \text{ L/s} \times 3 \times 60 \text{ s} = 166.68 \text{ L}$$

$$V_{t=5min} = 0.926 \text{ L/s} \times 5 \times 60 \text{ s} = 277.80 \text{ L}$$

Figura 51

Dimensiones de la cámara húmeda de la captación Alto Pingullo



El volumen existente, reemplazando las dimensiones medidas en campo en la **Ecuación 9**, es:

$$V_c = 0.70 \text{ m} \times 0.70 \text{ m} \times 0.50 \text{ m} = 0.245 \text{ m}^3 = 245 \text{ L}$$

El valor obtenido se encuentra dentro del intervalo normativo calculado, por lo que la capacidad de la cámara húmeda resulta suficiente.

B. Ancho de Pantalla.

- El área hidráulica necesaria se obtuvo mediante la **Ecuación 10**, empleando el caudal máximo de la fuente $Q_{max} = 0.00127 \text{ m}^3/\text{s}$ y la velocidad adoptada $v_2 = 0.60 \text{ m/s}$:

$$A = \frac{0.00127 m^3/s}{0.60 m/s \times 0.70} = 0.003 m^2$$

- El diámetro teórico se determinó mediante la **Ecuación 11**:

$$D_t = \sqrt{\frac{0.003 m^2 \times 4}{\pi}} = 0.062 m = 6.20 cm = 2 \frac{1}{2}''$$

- Se adoptó el diámetro comercial inmediato inferior:

$$D_a = 0.0542 m = 5.42 cm = 2''$$

- Número de orificios, para determinarlo se utiliza la **Ecuación 12**:

$$N_{orif} = \left(\frac{0.062}{0.0542} \right)^2 + 1 = 2.31 \cong 3 \text{ orificios}$$

La inspección de campo evidenció la presencia de dos orificios de entrada a la cámara húmeda, cantidad menor a la requerida por el cálculo hidráulico.

- Ancho pantalla, teniendo en consideración la **Ecuación 13**.

$$b = 2(6 \times 0.0542 m) + 2 \times 0.0542 m + 2 \times 0.0542 m(2 - 1) = 1.00 m$$

El ancho existente medido es 0.70 m, inferior al valor calculado, lo que indica diferencia respecto al dimensionamiento requerido.

C. Altura total de la cámara húmeda.

De acuerdo con la disposición de los orificios y el nivel de rebose observados en campo, y considerando la **Ecuación 14**, se verificó que el nivel de rebose se ubica por encima de los orificios de entrada a la cámara húmeda de la captación, condición que modifica el comportamiento hidráulico previsto.

D. Dimensiones de la Canastilla

Diámetro de la Canastilla, para ello tomaremos en consideración **Ecuación 16**:

$$D_{canastilla} = 2 \times D_a = 2 \times 2'' = 4''$$

En campo se midió un diámetro de 2", por lo que el elemento instalado no cumple con el valor requerido, además que se tiene una reducción a la válvula de control de 1"

E. Tubería de Limpia y Rebose.

Se verificó que la tubería de rebose es de 2". Los orificios de entrada a la cámara húmeda se ubican a 0.31 m del fondo de la cámara y el nivel de rebose a 0.65 m, quedando por encima de los orificios. Esta disposición favorece el retorno parcial del flujo hacia la cámara de filtros, lo que incrementa el desgaste de los elementos filtrantes.

4.5.1.2. Línea de Conducción.

Según los datos recopilados en campo y teniendo en cuenta los valores requeridos según la norma.

- Caudal máximo diario: 0.926 l/s = 0.000926 m³/s
- Material de tubería: Clase 10
- Coeficiente de Hazen Willians: 140
- Presión Mínima: 5 m.c.a.
- Presión Máxima: 50 m.c.a.
- Velocidad Mínima: 0.60 m/s
- Velocidad Máxima: 3.00 m/s
- Diámetro comercial: 2.00"
- Longitud: 37.90 m

A. Verificación de los Diámetros Máximo y Mínimo de la Tubería.

Los diámetros límite se determinaron mediante las **Ecuaciones 17 y 18**, para velocidades de 0.60 y 3.00 m/s:

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4 \times 0.000926 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 3.0 \text{ m/s}}} = 0.0444\text{m} = 4.44 \text{ cm} = 1.75''$$

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \times 0.000926 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 0.6 \text{ m/s}}} = 0.0199\text{m} = 1.99 \text{ cm} = 0.78''$$

El intervalo hidráulico resultante se encuentra entre 0.78" y 1.75". El diámetro instalado de 2" es mayor al rango calculado, lo que implica una sobredimensión respecto a las condiciones de velocidad adoptadas.

B. Verificación de la Velocidad de Flujo.

La velocidad en la conducción se estimó con la **Ecuación 19**, usando el diámetro real de 2":

$$v = \frac{4 \times 0.000926 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 0.0542 \text{ m}^2} = 0.40 \text{ m/s}$$

Este resultado es inferior al mínimo recomendado por el MVCS (0.60 m/s), por lo que la conducción opera con velocidad baja.

C. Pérdidas de Carga por Tramo.

La pérdida de carga por fricción en el tramo se obtuvo mediante la **Ecuación 20** (Hazen–Williams) con $C = 140$:

$$H_{f_{\text{Tramo}}} = 10.674 \times \frac{0.0009^{1.852}}{140^{1.852} \times 0.0542^{4.871}} \times 37.90 \text{ m} = 0.15 \text{ m}$$

No consideraremos las pérdidas locales, porque no se tiene los datos exactos de la cantidad y el tipo de accesorios.

D. Cargas disponibles.

- Cota piezométrica aplicando la **Ecuación 21**:

$$C_p = 2633.81 \text{ m} - 0.152 \text{ m} = 2633.66 \text{ m}$$

- Carga dinámica o presión de entrada al reservorio mediante la **Ecuación 22**:

$$C_r = 2633.66 \text{ m} - 2628.17 \text{ m} = 5.49 \text{ m.c.a.}$$

La carga disponible en la llegada al reservorio supera el mínimo requerido (5 m.c.a.), por lo que la condición de presión resulta suficiente.

4.5.1.3. Reservorio.

A. Volumen de Regulación según criterio normativo.

Según el MVCS nos indica que el volumen útil se puede calcular con la **Ecuación 23.**, considerando las 24 horas de aporte del día.

$$V = 0.25 \times 2.992 \frac{m^3}{h} \times 24 h = 17.95 m^3 \cong 18.00 m^3$$

B. Cálculo del Volumen de Regulación por el Diagrama de Masas.

Tabla 47

Datos para el cálculo de volumen de regulación del reservorio Alto Pingullo

N°	Hora	Consumo			Oferta		Diferencias
		%	Parcial	Acumulado	Parcial (Q Aforo)	Acumulado	
1	00:00	3.959	2.842	2.842	3.384	3.38	-0.54
2	01:00	3.959	2.842	5.685	3.384	6.77	-1.08
3	02:00	3.959	2.842	8.527	3.384	10.15	-1.62
4	03:00	3.959	2.842	11.370	3.384	13.54	-2.17
5	04:00	3.959	2.842	14.212	3.384	16.92	-2.71
6	05:00	3.959	2.842	17.055	3.384	20.30	-3.25
7	06:00	4.828	3.467	20.521	3.384	23.69	-3.17
8	07:00	4.085	2.933	23.455	3.384	27.07	-3.62
9	08:00	4.271	3.067	26.521	3.384	30.46	-3.93
10	09:00	4.457	3.200	29.721	3.384	33.84	-4.12
11	10:00	5.107	3.667	33.388	3.384	37.22	-3.84
12	11:00	4.457	3.200	36.588	3.384	40.61	-4.02
13	12:00	4.178	3.000	39.588	3.384	43.99	-4.40
14	13:00	4.271	3.067	42.655	3.384	47.38	-4.72
15	14:00	3.993	2.867	45.521	3.384	50.76	-5.24
16	15:00	4.828	3.467	48.988	3.384	54.14	-5.16
17	16:00	4.921	3.533	52.521	3.384	57.53	-5.01
18	17:00	3.714	2.667	55.188	3.384	60.91	-5.72
19	18:00	3.343	2.400	57.588	3.384	64.30	-6.71
20	19:00	3.959	2.842	60.430	3.384	67.68	-7.25
21	20:00	3.959	2.842	63.273	3.384	71.06	-7.79
22	21:00	3.959	2.842	66.115	3.384	74.45	-8.33
23	22:00	3.959	2.842	68.958	3.384	77.83	-8.87
24	23:00	3.959	2.842	71.800	3.384	81.22	-9.42
Total		100.000	71.800		81.216		

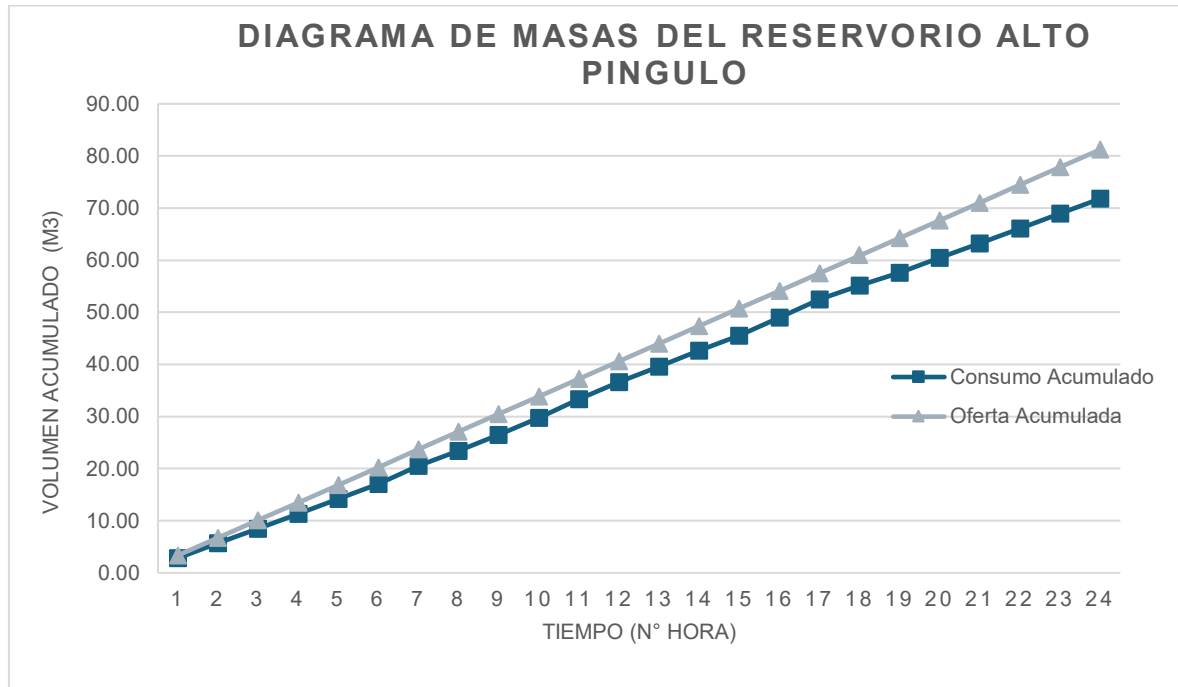
Identificamos los máximos de la curva de masas tanto positivos y negativos respecto a la línea de producción.

Para volumen de regulación tenemos en cuenta la **Ecuación 24:**

$$Vol_{regulacion} = 0 - (-9.42) = 9.42 \text{ m}^3 \text{ de superávit diario}$$

Figura 52

Diagrama de masas del reservorio Alto Pingullo.



Durante la inspección se observó rebose frecuente del reservorio, lo que indica que el caudal aforado de la fuente supera la demanda del sistema en gran parte del día. Esta condición coincide con el diagrama de masas, evidenciando operación cercana al nivel máximo y descarga continua por el rebose.

C. **Volumen del Reservorio Según Dimensiones de Campo.**

A partir de la geometría del reservorio circular y de las alturas características medidas en campo (altura total 1.92 m, altura mínima operativa 0.27 m y borde libre 0.15 m), la altura útil se determinó mediante la **Ecuación 25**:

$$H_u = 1.92m - 0.27m - 0.15m = 1.50 \text{ m}$$

El área de la sección transversal se obtuvo aplicando la **Ecuación 26** para sección circular:

$$A = \pi \left(\frac{2.45m}{2} \right)^2 = 4.71 \text{ m}^2$$

Con el área y las alturas características se calcularon los volúmenes asociados mediante la **Ecuación 28**:

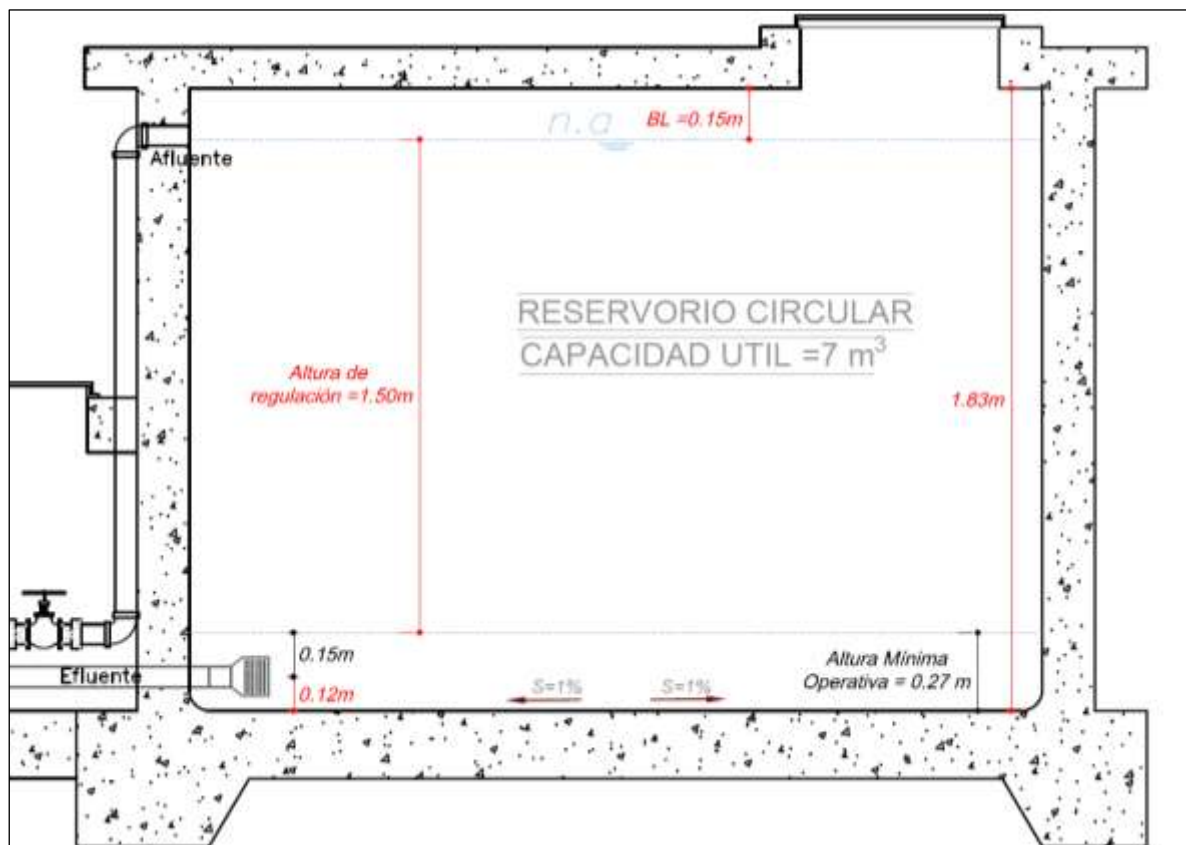
$$V_{total} = 4.71 \text{ m}^2 \times 1.92 \text{ m} = 9.05 \text{ m}^3 \cong 9 \text{ m}^3$$

$$V_u = 4.71 \text{ m}^2 \times 1.5 \text{ m} = 7.07 \text{ m}^3 \cong 7 \text{ m}^3$$

$$V_o = 4.71 \text{ m}^2 \times 0.27 \text{ m} = 1.27 \text{ m}^3 \cong 1 \text{ m}^3$$

Figura 53

Reservorio Alto Pingullo



El volumen útil existente es 7.00 m³ es inferior tanto al volumen normativo de 18.0 m³, como al volumen de regulación del diagrama de masas de 9.42 m³. No obstante, la diferencia respecto al requerimiento real es moderada, lo que explica que el sistema opere con rebose frecuente y sin interrupciones, debido a que el caudal de la fuente supera la demanda media.

4.5.1.4. Línea de Aducción.

El análisis de la línea de aducción se realizó empleando el caudal máximo horario del sistema ($Q_{mh} = 1.39 \text{ L/s}$).

A. Verificación de Diámetros.

Los diámetros límite se determinaron mediante las **Ecuaciones 29 y 30**, considerando velocidades de 0.60 y 3.00 m/s:

$$D_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00139 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 0.6 \text{ m/s}}} = 0.0543 \text{ m} = 5.43 \text{ cm} = 2.14''$$

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00139 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 3.00 \text{ m/s}}} = 0.0248 \text{ m} = 2.48 \text{ cm} = 0.97''$$

El intervalo del diámetro admisible se encuentra entre 0.97" y 2.14". La inspección de campo evidenció un diámetro instalado de 2", valor que se ubica dentro del rango calculado, por lo que el diámetro de la aducción resulta adecuado.

B. Velocidad de flujo.

La velocidad en la conducción se estimó mediante la **Ecuación 31**, usando el diámetro real de 2":

$$v == \frac{4 \times 0.00139 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 0.0542 \text{ m}^2} = 0.602 \text{ m/s}$$

Este valor se encuentra dentro del rango recomendado por el MVCS (0.6–3.0 m/s), cumpliendo la condición de velocidad mínima requerida para el funcionamiento hidráulico de la aducción.

4.5.1.5. Red de Distribución.

La red de distribución del sistema Alto Pingullo corresponde a una red abierta.

A. Puntos de Control de Presión.

Existen 20 puntos de intersección en la red de distribución de los cuales, se tomaron 11 puntos de control. Los resultados obtenidos tal como se muestra en **Tabla 47**, fueron las presiones registradas en campo.

Tabla 48

Puntos de monitoreo de presiones en la red de distribución Alto Pingullo

N°	Puntos de Control	Presión Medida (m,c,a,)	Condición
1	V-1	11.22	Aceptable
2	V-2	22.95	Aceptable
3	V-3	24.74	Aceptable
4	V-5	20.55	Aceptable
5	V-8	8.76	Aceptable
6	V-11	22.50	Aceptable
7	V-14	26.04	Aceptable
8	V-16	39.14	Aceptable
9	V-20	30.48	Aceptable
10	V-22	52.02	No Aceptable
11	V-23	64.97	No Aceptable

B. Modelo de simulación hidráulica en WaterCAD.

El modelado hidráulico facilita la simulación del flujo y las presiones dentro de la red de distribución, brindando datos fundamentales para su análisis, ver **Plano 01**.

Tabla 49

Comparación de presiones de control y simuladas en la red de distribución Alto Pingullo

N°	Punto de Control	Presión Medida (m.c.a.)	Presión Simulada (m.c.a.)	Diferencia Porcentual (%)	Condición Presión
1	V1	11.22	9.64	14.08	Aceptable
2	V2	22.95	26.44	15.21	Aceptable
3	V3	24.74	24.84	0.42	Aceptable
4	V5	20.55	17.67	14.03	Aceptable
5	V8	8.76	10.28	17.35	Aceptable
6	V11	22.50	26.80	19.11	Aceptable
7	V14	26.04	27.98	7.45	Aceptable
8	V16	39.14	34.14	12.77	Aceptable
9	V20	30.48	32.17	5.54	Aceptable
10	V22	52.02	48.28	7.19	No Aceptable
11	V23	64.97	59.57	8.32	No Aceptable

La comparación entre las presiones medidas en campo y las presiones simuladas **Tabla 49**, evidencia que los 11 puntos de control evaluados presentan diferencias porcentuales dentro de rangos aceptables, lo que indica una adecuada correspondencia entre el modelo hidráulico y las condiciones reales de operación del sistema. Las menores diferencias se observan en los puntos V3 y V20, donde las presiones simuladas reproducen con mayor precisión los valores medidos. En contraste, los puntos V22 y V23 presentan presiones elevadas que superan los límites recomendados, motivo por el cual fueron clasificados como no aceptables.

Tabla 50

Reportes de caudales y velocidades de la red de distribución Alto Pingullo

Etiqueta	Punto Inicio	Punto Final	Diámetro (pulg)	Material	Longitud (m)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Presión Inicial (m.c.a.)	Presión Final (m.c.a.)
TUB-9	P1	P14	3/4	PVC	84.71	0.12	0.42	6.76	22.47
TUB-19	P1	P16	2	PVC	223.6	1.27	0.63	6.76	7.08
TUB-13	P14	P8	3/4	PVC	60.68	0.12	0.42	22.47	41.39
TUB-11	P8	P12	3/4	PVC	193.94	0.09	0.32	41.39	53.63
TUB-8	P12	P13	3/4	PVC	70.6	0.03	0.11	53.63	58.94
TUB-19	P1	P16	2	PVC	223.6	1.27	0.63	6.76	7.08
TUB-20	P16	P20	2	PVC	63.61	1.09	0.54	7.08	14.55
TUB-21	P20	P17	2	PVC	81.04	1.00	0.49	14.55	24.16
TUB-3	P17	P18	1/2	PVC	161.15	0.06	0.48	24.16	13.56
TUB-18	P17	CRP7-1	2	PVC	111.17	0.85	0.42	24.16	47.4
TUB-16	CRP7-1	P6	2	PVC	36.76	0.85	0.42	0	6.61
TUB-17	P6	P10	2	PVC	81.74	0.79	0.39	6.61	26.88
TUB-2	P6	P7	1/2	PVC	40.38	0.03	0.24	6.61	9.68
TUB-7	P10	P11	3/4	PVC	73.59	0.42	1.48	26.88	25.97
TUB-10	P10	P15	3/4	PVC	118.73	0.12	0.42	26.88	34.31
TUB-5	P11	P9	1/2	PVC	63.85	0.06	0.48	25.97	33.09
TUB-14	P11	P2	3/4	PVC	29.36	0.18	0.64	25.97	27.66
TUB-1	P2	P4	1/2	PVC	18.86	0.03	0.24	27.66	29.7
TUB-6	P2	P3	3/4	PVC	17.17	0.06	0.21	27.66	32.62
TUB-4	P5	P20	1/2	PVC	27.91	0.03	0.24	9.01	14.55
TUB-12	P16	P19	3/4	PVC	266.37	0.09	0.32	7.08	49.92

En cuanto a la **Tabla 50**, los reportes de caudales y velocidades, la simulación muestra que las tuberías secundarias de 1/2" y 3/4" conducen caudales bajos a grandes distancias, generando velocidades por debajo de la mínima normada, mientras que las tuberías principales de 2" concentran mayores caudales con velocidades dentro del rango establecido por la norma del MVCS. Este comportamiento es coherente con la jerarquía

de la red y la demanda actual del sistema. Las presiones aumentan progresivamente hacia los tramos ubicados a menor cota, reflejando la influencia directa de la topografía.

Tabla 51

Factor de fricción de Darcy del sistema Alto Pingullo

Etiqueta	Punto Inicio	Punto Final	Diámetro (pulg)	Velocidad (m/s)	Reynolds	Régimen	ε (mm)	f Darcy del Sistema
TUB-9	P1	P14	3/4	0.42	8820	Turbulento	0.003	0.0321
TUB-19	P1	P16	2	0.63	33075	Turbulento	0.003	0.0231
TUB-13	P14	P8	3/4	0.42	8820	Turbulento	0.003	0.0321
TUB-11	P8	P12	3/4	0.32	6720	Turbulento	0.003	0.0340
TUB-8	P12	P13	3/4	0.11	2310	Transición	0.003	0.0468
TUB-20	P16	P20	2	0.54	28350	Turbulento	0.003	0.0241
TUB-12	P16	P19	3/4	0.32	6720	Turbulento	0.003	0.0340
TUB-21	P20	P17	2	0.49	25725	Turbulento	0.003	0.0249
TUB-4	P5	P20	1/2	0.24	3792	Transición	0.003	0.0412
TUB-3	P17	P18	1/2	0.48	7584	Turbulento	0.003	0.0332
TUB-18	P17	CRP7-1	2	0.42	22050	Turbulento	0.003	0.0264
TUB-16	CRP7-1	P6	2	0.42	22050	Turbulento	0.003	0.0264
TUB-17	P6	P10	2	0.39	20475	Turbulento	0.003	0.0268
TUB-2	P6	P7	1/2	0.24	3792	Transición	0.003	0.0412
TUB-7	P10	P11	3/4	1.48	31080	Turbulento	0.003	0.0238
TUB-10	P10	P15	3/4	0.42	8820	Turbulento	0.003	0.0321
TUB-5	P11	P9	1/2	0.48	7584	Turbulento	0.003	0.0332
TUB-14	P11	P2	3/4	0.64	13440	Turbulento	0.003	0.0289
TUB-1	P2	P4	1/2	0.24	3792	Transición	0.003	0.0412
TUB-6	P2	P3	3/4	0.21	4410	Turbulento	0.003	0.0389
TUB-15	RES-1	P1	2	0.69	36225	Turbulento	0.003	0.0219

En la **Tabla 51**, el factor de fricción de Darcy en la red varía entre 0.0231 y 0.0468. Los valores más altos se observan en tuberías de menor diámetro y con flujo en transición, mientras que, en los tramos de mayor diámetro, con régimen turbulento desarrollado, el coeficiente disminuye y se mantiene cercano a 0.0231 - 0.0340. Este comportamiento es consistente con la relación entre número de Reynolds, rugosidad y diámetro en tuberías de PVC.

4.5.2. Sistema Ojo de Agua

Consideraremos las dimensiones y datos tomados en campo para poder evaluar los componentes del sistema de Ojo de Agua.

4.5.2.1. Captación.

Para la evaluación de la captación se tomó en cuenta el volumen de regulación de la cámara húmeda, el ancho de la pantalla, y el dimensionamiento de la canastilla.

A. Volumen de Regulación.

El volumen normativo se estimó en función del caudal máximo diario, aplicando la **Ecuación 8**, considerando tiempos de retención de 3 y 5 minutos:

$$V_{t=3 \text{ min}} = 0.938 \text{ L/s} \times 3 \times 60 \text{ s} = 168.84 \text{ L}$$

$$V_{t=5 \text{ min}} = 0.926 \text{ L/s} \times 5 \times 60 \text{ s} = 281.40 \text{ L}$$

El volumen existente, determinado con las dimensiones medidas en campo y la **Ecuación 9**, es:

$$V_c = 0.57 \text{ m} \times 0.57 \text{ m} \times 0.29 \text{ m} = 0.0842 \text{ m}^3 = 94.22 \text{ L}$$

El valor del volumen real se encuentra por debajo del rango mínimo calculado, por lo cual la capacidad de la cámara húmeda es insuficiente.

B. Ancho de Pantalla.

- El área necesaria para la descarga se obtuvo mediante la **Ecuación 10**, empleando el caudal máximo de la fuente $Q_{max} = 2.11 \frac{\text{L}}{\text{s}} = 0.00211 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ y la velocidad adoptada $v_2 = 0.60 \text{ m/s}$:

$$A = \frac{0.00207 \text{ m}^3/\text{s}}{0.60 \text{ m/s} \times 0.70} = 0.0049 \text{ m}^2$$

- El diámetro teórico se determinó mediante la **Ecuación 11**:

$$D_t = \sqrt{\frac{0.0049 \text{ m}^2 \times 4}{\pi}} = 0.0792 \text{ m} = 7.92 \text{ cm} = 3''$$

- Se adoptó el diámetro comercial:

$$D_a = 0.0542 \text{ m} = 5.42 \text{ cm} = 2''$$

- Número de orificios, para determinarlo se utiliza la **Ecuación 12**:

$$N_{orif} = \left(\frac{0.0799m}{0.0542m} \right)^2 + 1 = 3.47 \cong 4 \text{ orificios}$$

La inspección de campo evidenció la presencia de dos orificios de entrada a la cámara húmeda, cantidad menor a la requerida por el cálculo según la norma.

- Ancho pantalla, teniendo en consideración la **Ecuación 13**.

$$b = 2(6 \times 0.0542m) + 2 \times 0.0542m + 2 \times 0.0542m(2 - 1) = 1.00 \text{ m}$$

De acuerdo con el dimensionamiento, el diámetro teórico de 3" para los orificios de entrada; no obstante, por estandarización se adopta 2". En campo se constató que los orificios existentes son de 1 ½". Asimismo, el diseño requiere cuatro orificios, pero la captación presenta solo tres en una pantalla de 0,57 m de ancho, valores inferiores a lo previsto.

C. Altura total de la cámara húmeda.

Con base en la disposición de los orificios y en el nivel de rebose verificado en campo, se elaboró la representación de la captación. En ella se aprecia que la altura de carga supera la cota de los orificios de entrada (véase **Figura 54**), condición que no satisface las alturas recomendadas según la **Ecuación 14**.

D. Dimensiones de la Canastilla.

Se tiene en consideración **Ecuación 16**:

$$D_{canastilla} = 2 \times D_a = 2 \times 2" = 4"$$

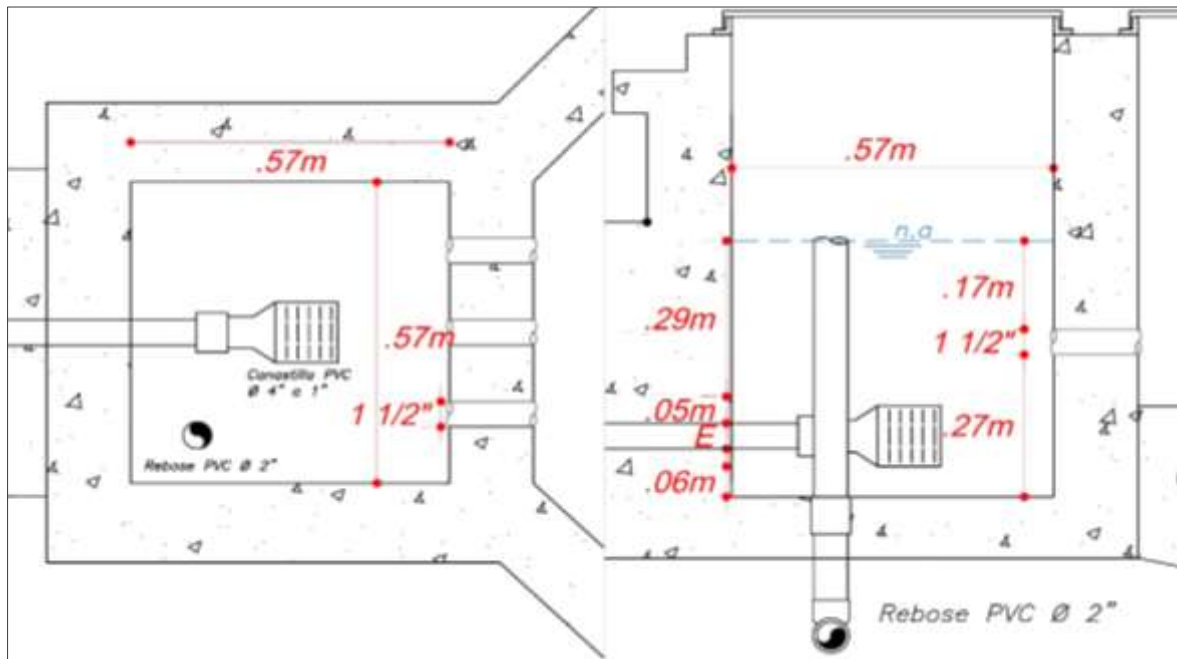
La canastilla que se tiene en campo en este sistema es de 4", este diámetro sí cumple el dimensionamiento

E. Tubería de Limpia y Rebose.

La tubería de rebose es de 2", por otro lado, de acuerdo con las dimensiones registradas en campo, los orificios llorones se encuentran a 0.27 m del fondo de la cámara húmeda, mientras que el nivel de rebose se localiza a 0.48 m, estando con encima de los orificios o llorones. Esta condición ocasiona el retorno parcial de caudal hacia a la cámara de filtros, generando un mayor desgaste a los elementos filtrantes.

Figura 54

Cámara húmeda de la captación Ojo de Agua



4.5.2.2. Línea de Conducción.

Según los datos recopilados en campo y teniendo en cuenta los valores requeridos según la norma.

- Caudal máximo diario: 0.938 L/s = 0.000938 m³/s
- Material de tubería: Clase 10
- Coeficiente de Hazen Willians: 140
- Presión Mínima: 5 m.c.a.
- Presión Máxima: 50 m.c.a.
- Velocidad Mínima: 0.60 m/s
- Velocidad Máxima: 3.00 m/s
- Diámetro comercial: 2.00"
- Longitud: 81.21 m

A. Verificación de los Diámetros Máximo y Mínimo de la Tubería.

Se determinaron con las **Ecuaciones 17 y 18**, con velocidades de 0.60 y 3.00 m/s:

$$D_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{4 \times 0.000938 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 0.6 \text{ m/s}}} = 0.0446 \text{ m} = 4.46 \text{ cm} = 1.76''$$

$$D_{mim} = \sqrt{\frac{4 \times 0.000938 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 3.00 \text{ m/s}}} = 0.0199\text{m} = 1.99 \text{ cm} = 0.78''$$

El intervalo de diámetros resultantes para la tubería de conducción está comprendido entre 1.76" y 0.78", En la inspección de campo se identificó que el diámetro instalado es de 2", superando de dicho rango.

B. Verificación de la Velocidad de Flujo.

Para determinar la velocidad de flujo en la línea de conducción Ojo de Agua, se tiene en cuenta la **Ecuación 19**:

$$v = \frac{4 \times 0.000938 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 0.0542\text{m}^2} = 0.41 \text{ m/s}$$

La velocidad del flujo, se encuentra por debajo del rango establecido por la norma del MVCS que estable de 0.6 m/s.

C. Perdidas de Carga por Tramo.

La pérdida de carga unitaria en la tubería de la línea de conducción con se calculan con la **Ecuación 19**. con C = 140

$$Hf_{Tramo} = 10.674 \times \frac{0.0009^{1.852}}{140^{1.852} \times 0.0542^{4.871}} \times 81.21\text{m} = 0.33\text{m}$$

No se consideró las perdidas locales, porque se dispone de los datos exactos de la cantidad y el tipo de accesorios.

D. Cargas disponibles.

Cota Piezométrica, con la **Ecuación 21**:

$$C_p = 2539.421 \text{ m} - 0.333\text{m} = 2539.08 \text{ m}$$

Carga Dinámica o Presión en el Reservorio mediante el **Ecuación 21**.

$$C_r = 2639.421\text{m} - 2533.40\text{m} = 5.69 \text{ m. c. a.}$$

La presión de entrada al reservorio, supera la mínima requerida (5 m.c.a.)

4.5.2.3. Reservorio.

A. Volumen de Regulación Según Criterio Normativo.

Según el MVCS nos indica que el volumen útil del reservorio debe ser el 25% del caudal medio diario, para lo cual se debe utilizar la siguiente **Ecuación 23**, considerando las 24 horas de aporte del día.

$$V = 0.25 \times 2.786 \frac{m^3}{h} \times 24 h = 16.716 m^3 \cong 17.00 m^3$$

B. Cálculo del Volumen de Regulación por el Diagrama de Masas.

Tabla 52

Datos para el cálculo de volumen de regulación del reservorio Ojo de Agua

N°	Hora	Consumo			Oferta		
		%	Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
1	00:00	2.601	1.739	1.739	3.777	3.777	-2.037
2	01:00	2.601	1.739	3.479	3.848	7.625	-4.146
3	02:00	2.601	1.739	5.218	3.848	11.473	-6.254
4	03:00	2.601	1.739	6.958	3.848	15.321	-8.363
5	04:00	2.601	1.739	8.697	3.848	19.169	-10.472
6	05:00	2.601	1.739	10.436	3.848	23.017	-12.580
7	06:00	6.481	4.333	14.770	3.848	26.865	-12.095
8	07:00	6.082	4.067	18.836	3.848	30.713	-11.876
9	08:00	5.085	3.400	22.236	3.848	34.561	-12.324
10	09:00	4.985	3.333	25.570	3.848	38.409	-12.839
11	10:00	5.882	3.933	29.503	3.848	42.257	-12.754
12	11:00	6.680	4.467	33.970	3.848	46.105	-12.135
13	12:00	5.882	3.933	37.903	3.848	49.953	-12.050
14	13:00	6.381	4.267	42.170	3.848	53.801	-11.631
15	14:00	5.184	3.467	45.636	3.848	57.649	-12.012
16	15:00	4.686	3.133	48.770	3.848	61.497	-12.727
17	16:00	5.184	3.467	52.236	3.848	65.345	-13.108
18	17:00	4.487	3.000	55.236	3.848	69.193	-13.956
19	18:00	4.387	2.933	58.170	3.848	73.041	-14.871
20	19:00	2.601	1.739	59.909	3.848	76.889	-16.980
21	20:00	2.601	1.739	61.648	3.848	80.737	-19.088
22	21:00	2.601	1.739	63.388	3.848	84.585	-21.197
23	22:00	2.601	1.739	65.127	3.848	88.433	-23.305
24	23:00	2.601	1.739	66.867	3.848	92.281	-25.414
Total		100.000	66.867		92.281		

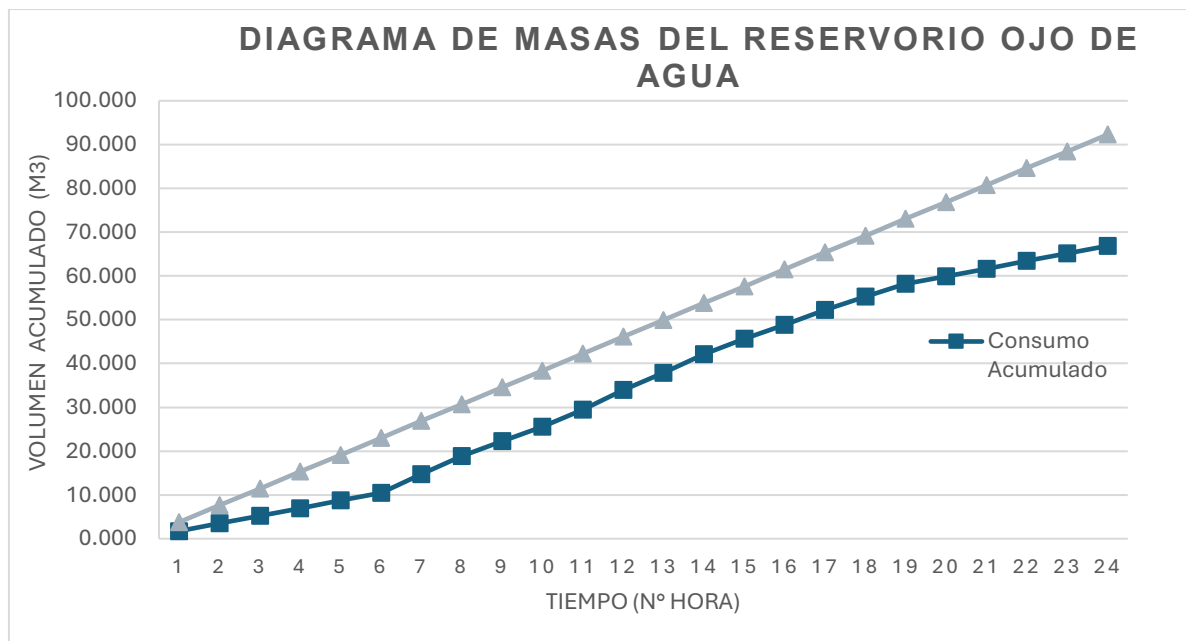
Identificamos los máximos de la curva de masas tanto positivos y negativos respecto a la línea de producción.

- Volumen de regulación, mediante la **Ecuación 24**:

$$Vol_{regulacion} = 0 - (-25.414) = 25.414 \text{ m}^3 \text{ de superávit diario}$$

Figura 55

Diagrama de masas del reservorio Ojo de Agua



C. Volumen del Reservorio con Dimensiones de Campo.

A partir de la geometría del reservorio circular y de las alturas características medidas en campo (altura total 1.80 m, altura mínima operativa 0.27 m y borde libre 0.15 m), la altura útil se determinó mediante la **Ecuación 25**:

$$H_u = 1.80m - 0.27m - 0.15m = 1.38m$$

El área de la sección transversal se obtuvo aplicando la **Ecuación 26** para sección cuadrada:

$$A = L^2 = (3.30m)^2 = 10.89 \text{ m}^2$$

Con el área y las alturas características se calcularon los volúmenes asociados mediante la **Ecuación 28**:

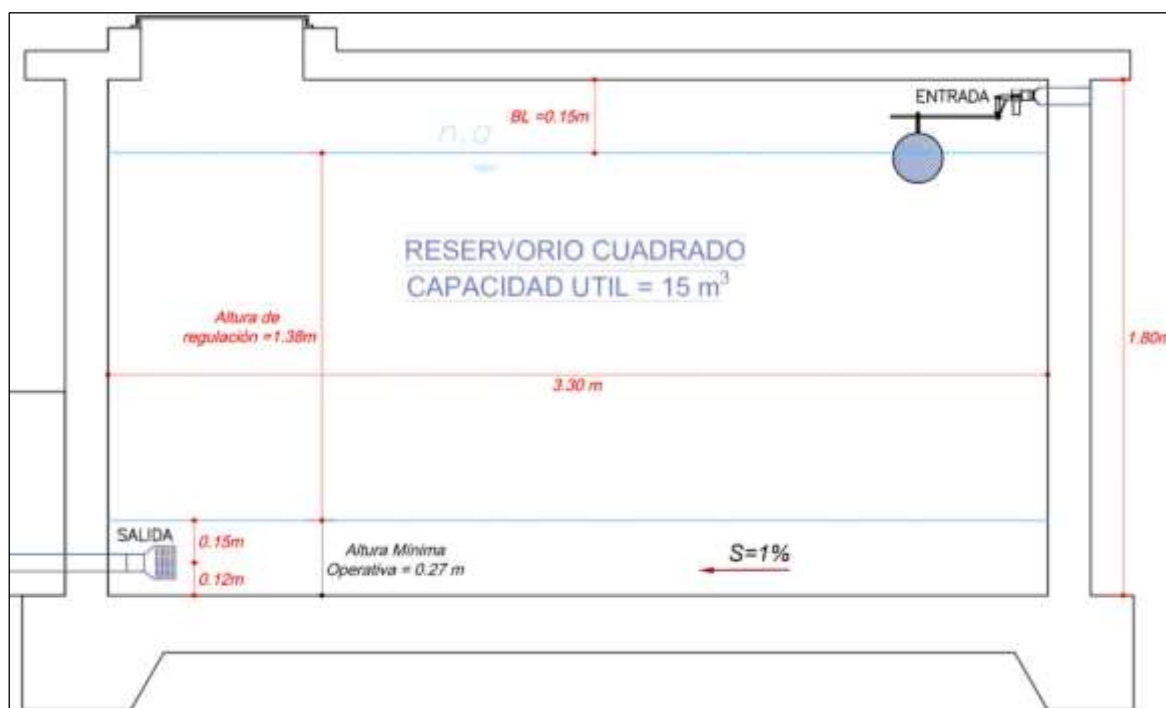
$$V_{total} = 10.89 \text{ m}^2 \times 1.80 \text{ m} = 19.60 \text{ m}^3 \cong 20 \text{ m}^3$$

$$V_u = 10.89 \text{ m}^2 \times 1.38 \text{ m} = 15.03 \text{ m}^3 \cong 15 \text{ m}^3$$

$$V_o = 10.89 \text{ m}^2 \times 0.27 \text{ m} = 2.94 \text{ m}^3 \cong 3 \text{ m}^3$$

Figura 56

Reservorio Ojo de Agua



El reservorio dispone de 15 m³ útiles (hasta la cota de rebose), valor inferior al requerido: 17 m³ según MVCS y 25,41 m³ por diagrama de masas. El rebose observado en campo confirma que el superávit de oferta no puede almacenarse, evidenciando déficit de regulación.

4.5.2.4. Línea de aducción.

El análisis de la línea de aducción se realizó empleando el caudal máximo horario del sistema ($Q_{mh} = 1.39 \text{ L/s}$).

A. Verificación de Diámetros.

Los diámetros límite se determinaron mediante las **Ecuaciones 29 y 30**, considerando velocidades de 0.60 y 3.00 m/s:

$$D_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00167 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 0.6 \text{ m/s}}} = 0.0595 \text{ m} = 5.95 \text{ cm} = 2.34''$$

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00167 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 3.00 \text{ m/s}}} = 0.0266 \text{ m} = 2.66 \text{ cm} = 1.05''$$

En la línea de aducción del sistema de agua Ojo de Agua, el diámetro verificado en campo es de 2'', valor que se encuentra dentro del rango mínimo y máximo establecidos por el cálculo.

B. Velocidad de Flujo.

Para determinar la velocidad de flujo en la línea de aducción Ojo de Agua **Ecuación 31**, usando el diámetro real de 2'':

$$V = \frac{4 \times .00167 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 0.0542 \text{ m}^2} = 0.724 \text{ m/s}$$

La velocidad de flujo está dentro de la velocidad mínima establecida por la norma.

4.5.2.5. Red de Distribución.

A. Puntos de Control de Presión.

Existen 107 puntos muertos en la red de distribución de los cuales, se tomaron 18 puntos de control en domicilios. Se muestra en **Tabla 53**, las presiones registradas en campo.

Tabla 53

Puntos de monitoreo de presiones en la red de distribución Ojo de Agua

Nº	Punto de Control	Presión Medida (m.c.a.)	Condición de Presión
1	V1	8.50	Aceptable
2	V5	12.80	Aceptable
3	V9	11.40	Aceptable
4	V14	23.20	Aceptable
5	V17	6.10	Aceptable
6	V22	10.70	Aceptable
7	V23	5.80	Aceptable
8	V31	26.90	Aceptable
9	V38	26.20	Aceptable
10	V40	23.30	Aceptable
11	V50	52.70	No Aceptable
12	V55	22.30	Aceptable
13	V60	12.60	Aceptable

N°	Punto de Control	Presión Medida (m.c.a.)	Condición de Presión
14	V63	51.80	No Aceptable
15	V70	32.60	Aceptable
16	V78	25.40	Aceptable

B. Modelo de simulación hidráulica en WaterCAD

El modelado hidráulico de la red de distribución Ojo de Agua, la cual es tipo ramificada o abierta, facilita la simulación del flujo y las presiones dentro de la red de distribución, ver **Plano 2**.

Tabla 54

Comparación de presiones de control y simuladas en la red de distribución Ojo de Agua

N°	Puntos de Control	Presión Medida (m.c.a.)	Presión Simulada (m.c.a.)	Diferencia Porcentual (%)	Condición de Presión
1	V1	8.50	7.94	6.59	Aceptable
2	V5	12.80	13.18	2.97	Aceptable
3	V9	11.40	10.37	9.04	Aceptable
4	V14	23.20	20.58	11.29	Aceptable
5	V17	6.10	5.23	14.26	Aceptable
6	V22	10.70	9.37	12.43	Aceptable
7	V23	5.80	6.75	16.38	Aceptable
8	V31	26.90	22.32	17.03	Aceptable
9	V38	26.20	25.55	2.48	Aceptable
10	V40	23.30	26.84	15.19	Aceptable
11	V50	52.70	50.60	3.98	No Aceptable
12	V55	22.30	25.63	14.93	Aceptable
13	V60	12.60	14.57	15.63	Aceptable
14	V63	51.80	59.84	15.52	No Aceptable
15	V70	32.60	35.99	10.40	Aceptable
16	V78	25.40	20.28	20.12	Aceptable

El modelo hidráulico de la red de distribución Ojo de Agua permitió evaluar presiones, caudales y velocidades bajo las condiciones actuales de operación. La comparación entre las presiones medidas en campo y las simuladas (**Tabla 54**) muestra concordancia en la mayoría de los puntos de control, dentro de rangos aceptables para sistemas rurales.

Las viviendas V50 y V63 constituyen excepciones, al presentar presiones simuladas mayores que las observadas. Lo que induce niveles de presión por encima del rango recomendado.

Tabla 55*Reportes de caudales y velocidades de la red de distribución Ojo de Agua*

Etiqueta	Punto Inicio	Punto Final	Diámetro (pulg)	Material	Longitud (m)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Presión Inicial (m.c.a.)	Presión Final (m.c.a.)
TUB-20	P1	P39	2	PVC	20.78	1.472	0.73	6.22	7.36
TUB-11	P1	P29	1	PVC	34.61	0.188	0.37	6.22	10.8
TUB-1	P2	P3	1/2	PVC	12.11	0.01	0.08	23.81	23.56
TUB-36	P2	P38	2	PVC	178.96	0.083	0.04	23.81	62.21
TUB-13	P4	P5	1/2	PVC	19.28	0.01	0.08	39.97	42.36
TUB-34	P4	P28	1/2	PVC	13.36	0.021	0.16	39.97	42.59
TUB-2	P6	P7	1/2	PVC	19.97	0.042	0.33	26.17	29.14
TUB-10	P6	P25	3/4	PVC	76.95	0.021	0.07	26.17	36.85
TUB-14	P8	P9	1	PVC	28.73	0.01	0.08	56.75	59.68
TUB-29	P8	P18	1	PVC	28.84	0.104	0.21	56.75	54.41
TUB-15	P10	P11	1/2	PVC	34.08	0.01	0.08	37.24	37.66
TUB-32	P10	P32	3/4	PVC	65.53	0.031	0.11	37.24	44.32
TUB-3	P12	P13	1/2	PVC	44.44	0.01	0.08	16.66	26.23
TUB-5	P12	P30	1/2	PVC	14.01	0.01	0.08	16.66	18.56
TUB-16	P14	P15	2	PVC	57.01	0.021	0.01	30.39	35.5
TUB-4	P16	P17	1/2	PVC	61.92	0.031	0.25	9.51	15.02
TUB-22	P16	P24	2	PVC	85.88	0.532	0.26	9.51	23.78
TUB-17	P18	P19	3/4	PVC	78.51	0.031	0.11	54.41	70.84
TUB-30	P18	P37	1	PVC	80.37	0.021	0.04	54.41	66.01
TUB-18	P20	P21	1/2	PVC	69.93	0.01	0.08	27.42	33.3
TUB-26	P20	P35	3/4	PVC	118.05	0.031	0.11	27.42	45.26
TUB-6	P22	P23	3/4	PVC	84.08	0.052	0.18	0.31	22.92
TUB-21	P22	P16	2	PVC	43.87	0.647	0.32	0.31	9.51
TUB-23	P24	P14	2	PVC	46.02	0.104	0.05	23.78	30.39
TUB-9	P24	P6	3/4	PVC	38.74	0.125	0.44	23.78	26.17
TUB-35	P24	P2	2	PVC	20.55	0.188	0.09	23.78	23.81
TUB-19	P26	P27	3/4	PVC	105.28	0.042	0.15	24.29	16.39
TUB-33	P26	P4	3/4	PVC	95.91	0.073	0.26	24.29	39.97
TUB-7	P29	P33	3/4	PVC	133.78	0.021	0.07	10.8	34.87
TUB-8	P29	P12	3/4	PVC	94.37	0.094	0.33	10.8	16.66
TUB-31	P31	P10	3/4	PVC	63.26	0.083	0.29	23.59	37.24
TUB-38	P31	P26	1	PVC	95.11	0.167	0.33	23.59	24.29
TUB-25	P34	P20	1	PVC	60.07	0.094	0.33	13.13	27.42
TUB-27	P34	P36	2	PVC	126.97	0.428	0.21	13.13	18.26
TUB-28	P36	P8	1	PVC	134.61	0.146	0.29	18.26	56.75
TUB-37	P36	P31	1	PVC	72	0.251	0.49	18.26	23.59
TUB-24	P39	P34	2	PVC	179.78	0.543	0.27	7.36	13.13
TUB-40	P39	P40	2	PVC	89.87	0.835	0.41	7.36	24.49
TUB-12	RES-1	P1	2	PVC	22.62	1.67	0.82	2	6.22
TUB-39	CRP7-1	P22	2	PVC	7.32	0.751	0.37	0	0.31
TUB-41	P40	CRP7-1	2	PVC	15.31	0.751	0.37	24.49	27.39

En cuanto a los caudales y velocidades modeladas mostrados en la **Tabla 55**, los resultados muestran valores bajo, coherentes con el carácter rural del sistema y las demandas actuales. Las velocidades se mantienen mayoritariamente por debajo de 0,6 m/s, incumpliendo la norma de MVCS, aunque en algunos tramos puede propiciar sedimentación si no se realizan labores periódicas de mantenimiento.

Tabla 56

Coeficiente de fricción de Darcy del sistema Ojo de Agua

Etiqueta	Inicio	Final	Diámetro (pulg)	Velocidad (m/s)	Reynolds	Régimen	ϵ (mm)	f Darcy del sistema
TUB-20	P1	P39	2	0.73	38325	Turbulento	0.003	0.0221
TUB-11	P1	P29	1	0.37	9842	Turbulento	0.003	0.0314
TUB-1	P2	P3	1/2	0.08	1264	Laminar	0.003	0.0506
TUB-36	P2	P38	2	0.04	2100	Transición	0.003	0.0498
TUB-13	P4	P5	1/2	0.08	1264	Laminar	0.003	0.0506
TUB-34	P4	P28	1/2	0.16	2528	Transición	0.003	0.0455
TUB-2	P6	P7	1/2	0.33	5214	Turbulento	0.003	0.0372
TUB-10	P6	P25	3/4	0.07	1470	Laminar	0.003	0.0435
TUB-14	P8	P9	1	0.08	2128	Transición	0.003	0.0491
TUB-29	P8	P18	1	0.21	5586	Turbulento	0.003	0.0358
TUB-15	P10	P11	1/2	0.08	1264	Laminar	0.003	0.0506
TUB-32	P10	P32	3/4	0.11	2310	Transición	0.003	0.0468
TUB-3	P12	P13	1/2	0.08	1264	Laminar	0.003	0.0506
TUB-5	P12	P30	1/2	0.08	1264	Laminar	0.003	0.0506
TUB-16	P14	P15	2	0.01	525	Laminar	0.003	0.1219
TUB-4	P16	P17	1/2	0.25	3950	Transición	0.003	0.0412
TUB-22	P16	P24	2	0.26	13650	Turbulento	0.003	0.0283
TUB-17	P18	P19	3/4	0.11	2310	Transición	0.003	0.0468
TUB-30	P18	P37	1	0.04	1064	Laminar	0.003	0.0602
TUB-18	P20	P21	1/2	0.08	1264	Laminar	0.003	0.0506
TUB-26	P20	P35	3/4	0.11	2310	Transición	0.003	0.0468
TUB-6	P22	P23	3/4	0.18	3780	Transición	0.003	0.0411
TUB-21	P22	P16	2	0.32	16800	Turbulento	0.003	0.0274
TUB-23	P24	P14	2	0.05	2625	Transición	0.003	0.0445
TUB-9	P24	P6	3/4	0.44	9240	Turbulento	0.003	0.0321
TUB-35	P24	P2	2	0.09	4725	Turbulento	0.003	0.0359
TUB-19	P26	P27	3/4	0.15	3150	Transición	0.003	0.0429
TUB-33	P26	P4	3/4	0.26	5460	Turbulento	0.003	0.0358
TUB-7	P29	P33	3/4	0.07	1470	Laminar	0.003	0.0435
TUB-8	P29	P12	3/4	0.33	6930	Turbulento	0.003	0.0340
TUB-31	P31	P10	3/4	0.29	6090	Turbulento	0.003	0.0347
TUB-38	P31	P26	1	0.33	8778	Turbulento	0.003	0.0319
TUB-25	P34	P20	1	0.33	8778	Turbulento	0.003	0.0319
TUB-27	P34	P36	2	0.21	11025	Turbulento	0.003	0.0297
TUB-28	P36	P8	1	0.29	7714	Turbulento	0.003	0.0331
TUB-37	P36	P31	1	0.49	13034	Turbulento	0.003	0.0290
TUB-24	P39	P34	2	0.27	14175	Turbulento	0.003	0.0281
TUB-40	P39	P40	2	0.41	21525	Turbulento	0.003	0.0264
TUB-12	RES-1	P1	2	0.82	43050	Turbulento	0.003	0.0219
TUB-39	CRP7-1	P22	2	0.37	19425	Turbulento	0.003	0.0268
TUB-41	P40	CRP7-1	2	0.37	19425	Turbulento	0.003	0.0268

En la red de distribución Ojo de agua **Tabla 56**, el factor de fricción de Darcy presenta valores entre 0.0221 y 0.0602. Los coeficientes más altos se concentran en tramos con velocidades muy bajas y un flujo es laminar o de transición. Por el contrario, en tuberías de

mayor diámetro y con régimen turbulento el coeficiente desciende. La variación observada es consistente con la influencia del régimen de flujo y la velocidad la de la red.

4.5.3. Sistema La Guabilla

Se adoptaron las dimensiones levantadas en campo para la evaluación de los componentes del sistema La Guabilla.

4.5.3.1. Captación La Guabilla.

A. Volumen de Regulación.

El volumen normativo se estimó en función del caudal máximo diario $Q_{md} = 0.56 \text{ L/s}$, esta captación provee el 60% del caudal medio diario, aplicando la **Ecuación 8**, considerando tiempos de retención de 3 y 5 minutos:

$$V_{t=3min} = 0.56 \text{ L/s} \times 3 \times 60 \text{ s} = 100.8 \text{ L}$$

$$V_{t=5min} = 0.56 \text{ L/s} \times 5 \times 60 \text{ s} = 168.00 \text{ L}$$

Para volumen real, reemplazando las dimensiones medidas en campo en la **Ecuación 9**, es:

$$V_c = 0.57 \text{ m} \times 0.57 \text{ m} \times 0.22 \text{ m} = 0.07148 \text{ m}^3 = 71.48 \text{ L}$$

En consecuencia, el volumen real de la cámara húmeda se sitúa por debajo del rango calculado conforme a la normativa (100.8–168.00 L), por lo que no cumple los criterios técnicos establecidos por el MVCS.

B. Ancho de Pantalla.

- El área requerida de ingreso se obtuvo mediante la **Ecuación 10**, empleando el caudal máximo de la fuente $Q_{max} = 1.64 \frac{\text{L}}{\text{s}} = 0.00164 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ y la velocidad adoptada $v_2 = 0.60 \text{ m/s}$ y el coeficiente de descarga $C_d = 0.7$.

$$A = \frac{0.00164 \text{ m}^3/\text{s}}{0.60 \text{ m/s} \times 0.70} = 0.0041 \text{ m}^2$$

- El diámetro teórico se determinó mediante la **Ecuación 11**:

$$D_t = \sqrt{\frac{0.0041m^2 \times 4}{\pi}} = 0.0705m = 7.05cm = 2.77'' \cong 3''$$

- Se adoptó el diámetro comercial

$$D_a = 0.0542 m = 5.42cm = 2''$$

- Numero de orificios, utilizando la **Ecuación 12**:

$$N_{Orif} = \left(\frac{2.845''}{2''} \right)^2 + 1 = 3.016 \cong 4 \text{ orificios}$$

- Ancho pantalla, teniendo en consideración la **Ecuación 13**.

$$b = 2(6 \times 0.0542) + 4 \times 0.0542 + 3 \times 4 \times 0.0542(3 - 1) = 1.40 m$$

El cálculo establece un diámetro teórico de 3" para los orificios de entrada, adoptándose 2" por estandarización. El número requerido de orificios (llorones) es cuatro. La verificación en campo confirma la cantidad prevista; no obstante, el diámetro instalado es menor al calculado y el ancho de la pantalla (0,57 m) también resulta inferior al cálculo.

C. Altura Total de la Cámara Húmeda.

No cumple con la altura mínima de sedimentación, ya que la altura disponible para gasto se ubica 3 cm por debajo de la altura del gasto de salida, ver la **Figura 57**.

D. Dimensiones de la Canastilla.

Para ello tomaremos en consideración **Ecuación 16**:

$$D_{canastilla} = 2 \times D_a = 2 \times 2'' = 4''$$

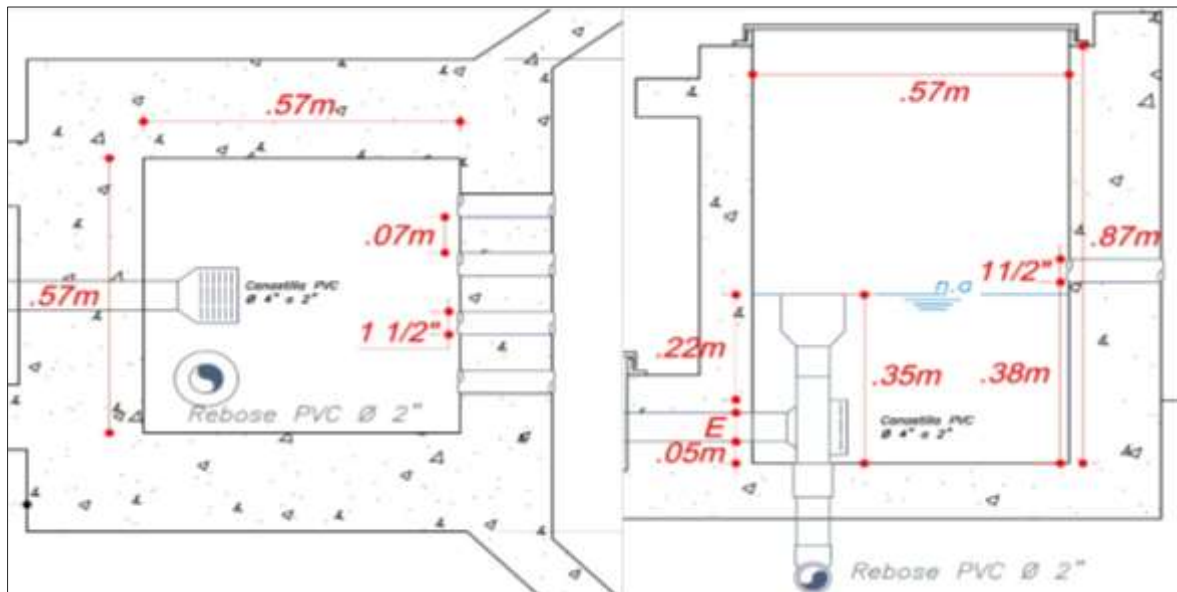
La canastilla que se tiene en campo en este sistema es de 4" porque si cumple el dimensionamiento

E. Tubería de Limpia y Rebose.

Tubería de limpia y rebose, la tubería de rebose es de 2", por otro lado, de acuerdo con las dimensiones registradas en campo, los orificios llorones se encuentran a 0.38 m del fondo de la cámara húmeda, mientras que el nivel de rebose se localiza a 0.35 m.

Figura 57

Captación La Guabilla



4.5.3.2. Captación Chahuarpata.

A. Volumen de regulación.

El volumen normativo se estimó en función del caudal máximo diario $Q_{md} = 0.94 \text{ L/s}$, en este caso consideramos el 40% de caudal medio diario al sistema, se aplicó la **Ecuación 8**, considerando tiempos de retención de 3 y 5 minutos:

$$V_{t=3 \text{ min}} = 0.38 \text{ L/s} \times 3 \times 60 \text{ s} = 68.40 \text{ L}$$

$$V_{t=5 \text{ min}} = 0.38 \text{ L/s} \times 5 \times 60 \text{ s} = 114.00 \text{ L}$$

El volumen de campo, reemplazando las dimensiones medidas en campo en la **Ecuación 9**, es:

$$V_c = 2.08 \text{ m} \times 1.22 \text{ m} \times 0.90 \text{ m} = 2.28384 \text{ m}^3 = 2283.84 \text{ L}$$

El volumen real de la cámara húmeda excede el rango calculado según lo establecido por la norma (68.40– 114.00 L), lo cual incumple con los criterios técnicos del MVCS.

B. Ancho de Pantalla.

- El área requerida para descarga se obtuvo mediante la **Ecuación 10**, empleando el caudal máximo de la fuente (Aforo) $Q_{max} = 1.723 \frac{l}{s} = 0.001.23 m^3/s$, coeficiente de descarga $C_d = 0.7$ (valores entre 0.6 a 0.8) Según la norma MVCS, se asume la velocidad $V_2 = 0.60 m/s$

$$A = \frac{0.00158 m^3/s}{0.60 m/s \times 0.70} = 0.0038 m^2$$

- El diámetro teórico se determinó mediante la **Ecuación 11**:

$$D_t = \sqrt{\frac{0.0038 m^2 \times 4}{\pi}} = 0.0692 m = 6.92 cm = 2.73''$$

- Se adoptó el diámetro comercial:

$$D_a = 0.0542 m = 5.42 cm = 2''$$

- El Número de orificios se calcula con la **Ecuación 12**:

$$N_{orif} = \left(\frac{2.728''}{2''} \right)^2 + 1 = 2.86 \cong 3 \text{ orificios}$$

- El ancho pantalla, teniendo en consideración la **Ecuación 13**.

$$b = 2(6 \times 0.0542 m) + 3 \times 0.0542 m + 3 \times 3 \times 0.0542 m(3 - 1) = 1.20 m$$

C. Altura Total de la Cámara Húmeda

La captación cumple con lo requerido en la normativa, teniendo en cuenta la **Ecuación 14**. Teniendo una altura total de 1.64 m, Tal como se muestra en la **Figura 58**.

D. Dimensiones de la Canastilla.

Diámetro de la Canastilla. para ello tomaremos en consideración **Ecuación 16**.

$$D_{canastilla} = 2 \times D_a = 2 \times 2'' = 4''$$

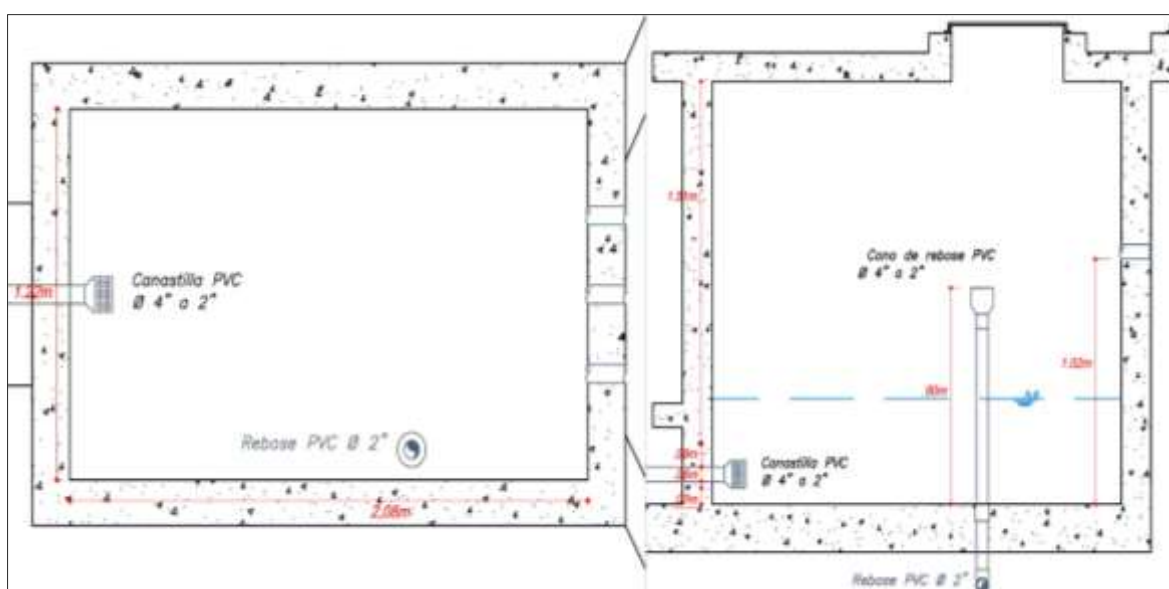
La canastilla que se tiene en campo en este sistema es de 4" porque si cumple el dimensionamiento.

E. Tubería de Limpia y Rebose.

La tubería de rebose es de 2". Según las mediciones de campo, los orificios llorones se ubican a 1,02 m sobre el fondo de la cámara húmeda, mientras que el nivel de rebose se sitúa a 0,90 m. Esto indica que los orificios quedan por encima de la cota de rebose.

Figura 58

Captación Chahuarpata



4.5.3.3. Línea de Conducción La Guabilla.

Según los datos recopilados en campo y teniendo en cuenta los valores requeridos según la norma.

$Q_{md} = 0.903 \text{ L/s}$ la tubería transporta el 60% de caudal máximo diario 0.54L/s

- Caudal máximo diario: 0.54 L/s = 0.00054 m³/s
- Material de tubería: Clase 10
- Coeficiente de Hazen Williams: 140
- Presión Mínima: 5 m.c.a.
- Presión Máxima: 50 m.c.a.
- Velocidad Mínima: 0.60 m/s
- Velocidad Máxima: 3.00 m/s

- Diámetro comercial: 2.00"
- Longitud: 18.18 m

A. Verificación de los diámetros máximo y mínimo de la tubería

Los diámetros límite se determinaron mediante las **Ecuaciones 17 y 18**, para velocidades de 0.60 y 3.00 m/s:

$$D_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00054 m^3/s}{\pi \times 0.6 m/s}} = 0.034m \times 3.4 cm = 1.33"$$

$$D_{mim} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00054 m^3/s}{\pi \times 3.00 m/s}} = 1.551m = 0.60"$$

Según el cálculo el intervalo de diámetros de la tubería está comprendido entre 1.33 y 0.60". En la inspección de campo se identificó que el diámetro instalado es de 2", lo cual está fuera dentro de dicho rango, y existe un sobredimensionamiento.

B. Verificación de la Velocidad de Flujo.

La velocidad en la conducción se estimó con la **Ecuación 19**, usando el diámetro real de 2":

$$v = \frac{4 \times 0.00054 m^3/s}{\pi \times 0.0542m^2} = 0.23 m/s$$

La velocidad del flujo, encuentra por debajo el rango mínimo establecido por la norma del MVCS

C. Perdidas de Carga por Tramo.

La pérdida de carga en la tubería de la línea de conducción se obtuvo con la **Ecuación 20**.

$$Hf_{Tramo} = 10.674 \times \frac{0.00054^{1.852}}{140^{1.852} \times 0.0542^{4.871}} \times 18.18m = 0.027m$$

No consideraremos las perdidas locales, porque no se tiene los datos exactos de la cantidad y el tipo de accesorios.

D. Cargas disponibles.

- Para la cota piezométrica aplicando la **Ecuación 21**:
2528.453 m. s. n. m.

$$C_p = 2528.45 \text{ m} - 0.027 \text{ m} = 2528.42 \text{ m}$$

- Para la determinación de la carga o presión en el reservorio mediante la **Ecuación 22**:

$$C_r = 2528.42 \text{ m} - 2523.84 \text{ m} = 5.12 \text{ m.c.a.}$$

Verificamos que la presión si cumple, con el rango mínimo aceptable.

4.5.3.4. Línea de Conducción Chahuarpata.

Según los datos recopilados en campo y teniendo en cuenta los valores según la norma, el $Q_{md} = 0.903 \text{ L/s}$ la tubería transporta el 40% de caudal máximo diario 0.361 L/s

- Caudal máximo diario: $0.361 \text{ L/s} = 0.000361 \text{ m}^3/\text{s}$
- Material de tubería: Clase 10
- Coeficiente de Hazen Willians: 140
- Presión Mínima: 5 m.c.a.
- Presión Máxima: 50 m.c.a.
- Velocidad Mínima: 0.60 m/s
- Velocidad Máxima: 3.00 m/s
- Diámetro comercial: $2.00''$
- Longitud: 651.87 m

A. Verificación de los diámetros máximo y mínimo de la tubería

Los diámetros límite se determinaron mediante las **Ecuaciones 17 y 18**, para velocidades de 0.60 y 3.00 m/s , consideramos que contribuye el 40% de caudal máximo horario $Q_{md} = 0.361 \text{ L/s}$

$$D_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{4 \times 0.000361 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi \times 0.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}} = 0.0277 \text{ m} = 2.77 \text{ cm} = 1.10''$$

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \times 0.000361 m^3/s}{\pi \times 3.00 m/s}} = 0.0124 m = 1.24 cm = 0.49''$$

Según el cálculo se obtuvo un intervalo de diámetros de la tubería está comprendido entre 1.10" y 0.49". En la inspección de campo se identificó que el diámetro instalado es de 2", lo cual está fuera dentro de dicho rango.

B. Verificación de la Velocidad de Flujo.

Para determinar la velocidad de flujo en la línea de conducción Chahuarpata es mediante la **Ecuación 19**.

$$v = \frac{4 \times 0.000361 m^3/s}{\pi \times 0.0542 m^2} = 0.16 m/s$$

La velocidad del flujo, no se encuentra por debajo del rango mínimo 0.6 m/s.

C. Perdidas de Carga.

La pérdida de carga unitaria en la tubería de la línea de conducción se utilizó la **Ec.16**.

$$Hf_{Tramo} = 10.674 \times \frac{0.000361^{1.852}}{140^{1.852} \times 0.0542^{4.871}} \times 651.87 m = 0.456 m$$

No consideraremos las perdidas locales, porque no se tiene los datos exactos de la cantidad y el tipo de accesorios.

D. Carga Disponible.

- Cota piezométrica aplicando la **Ecuación 21**:

$$C_p = 2656.751 m - 0.456 m = 2656.295 m$$

La carga o presión el reservorio, se calculó mediante la **Ecuación 22**

$$C_r = 2656.295 - 2522.45 = 133.85 m. c. a.$$

Verificamos que la presión excede el rango excede el rango máximo, tanto para una Clase 10 de tubería PVC y con la norma, nos dice que a mayor 50 m.c.a., se debe considerar una CRP tipo 6.

4.5.3.5. Reservorio.

A. Volumen de Regulación por criterio normativo.

Según el MVCS indica que el volumen útil se puede calcular con la **Ecuación 23.**, considerando las 24 horas de aporte del día.

$$V = 0.25 \times 3.002 \frac{m^3}{h} \times 24 h = 18.014 m^3 \cong 18.00 m^3$$

B. Volumen de Regulación por Diagrama de Masas.

Tabla 57

Datos del cálculo de volumen de regulación del reservorio La Guabilla

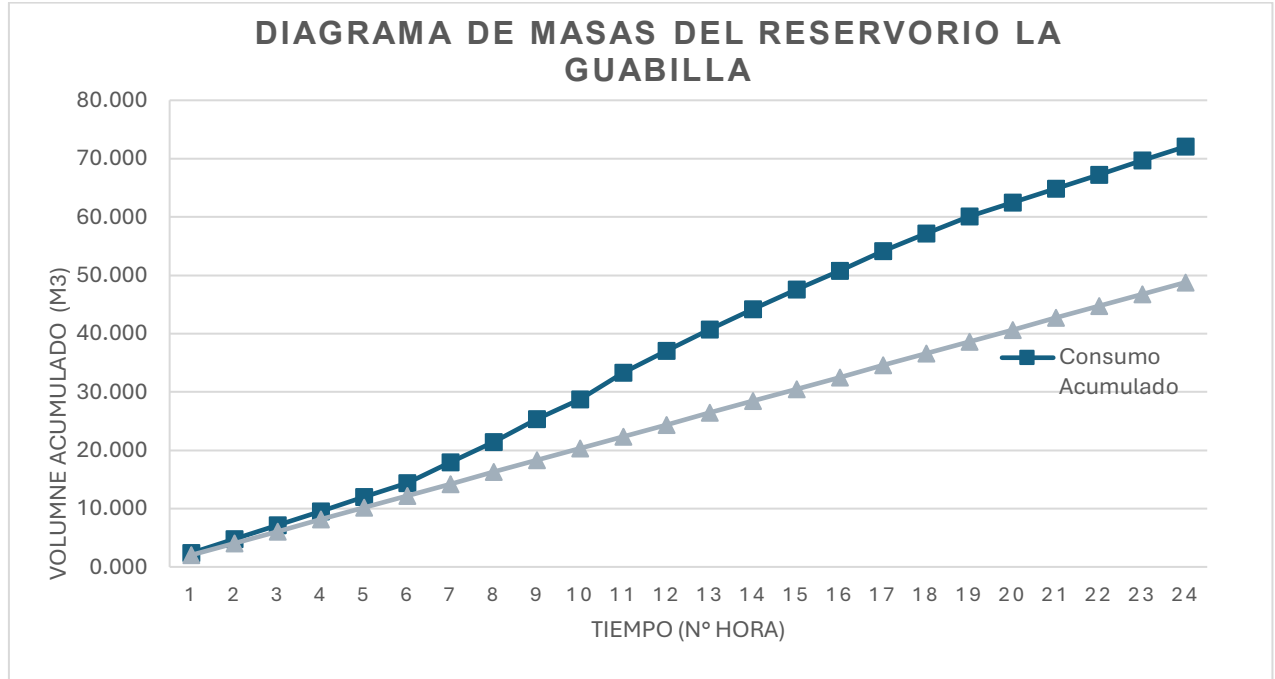
N°	HORA	Consumo			Oferta		
		%	Parcial	Acumulado	Parcial (Q aforado)	Acumulado	
1	00:00	3.322	2.394	2.394	2.033	2.033	0.361
2	01:00	3.322	2.394	4.788	2.033	4.066	0.722
3	02:00	3.322	2.394	7.182	2.033	6.099	1.083
4	03:00	3.322	2.394	9.576	2.033	8.132	1.444
5	04:00	3.322	2.394	11.970	2.033	10.165	1.805
6	05:00	3.322	2.394	14.364	2.033	12.198	2.166
7	06:00	4.995	3.600	17.964	2.033	14.231	3.733
8	07:00	4.810	3.467	21.430	2.033	16.264	5.166
9	08:00	5.458	3.933	25.364	2.033	18.297	7.067
10	09:00	4.718	3.400	28.764	2.033	20.330	8.434
11	10:00	6.290	4.533	33.297	2.033	22.363	10.934
12	11:00	5.273	3.800	37.097	2.033	24.396	12.701
13	12:00	5.088	3.667	40.764	2.033	26.429	14.335
14	13:00	4.718	3.400	44.164	2.033	28.462	15.702
15	14:00	4.718	3.400	47.564	2.033	30.495	17.069
16	15:00	4.440	3.200	50.764	2.033	32.528	18.236
17	16:00	4.718	3.400	54.164	2.033	34.561	19.603
18	17:00	4.255	3.067	57.230	2.033	36.594	20.636
19	18:00	3.978	2.867	60.097	2.033	38.627	21.470
20	19:00	3.322	2.394	62.491	2.033	40.660	21.831
21	20:00	3.322	2.394	64.885	2.033	42.693	22.192
22	21:00	3.322	2.394	67.279	2.033	44.726	22.553
23	22:00	3.322	2.394	69.673	2.033	46.759	22.914
24	23:00	3.322	2.394	72.067	2.033	48.792	23.275
Total		100.000	72.067		48.792		

Para volumen de regulación tenemos en cuenta la **Ecuación 24:**

$$Vol_{regulacion} = 23.28 - (-0) = 23.28m^3 \text{ de déficit}$$

Figura 59

Diagrama de masas del reservorio La Guabilla



C. Volumen del Reservorio según Dimensiones de Campo.

A partir de la geometría del reservorio circular y de las alturas características medidas en campo (altura total 1.92 m, altura mínima operativa 0.27 m y borde libre 0.15 m), la altura útil se determinó mediante la **Ecuación 25**:

$$H_u = 1.92m - 0.27m - 0.15m = 1.50 m$$

El área de la sección transversal se aplicó la **Ecuación 26** para sección circular:

$$A = \pi \left(\frac{2.45m}{2} \right)^2 = 4.71 m^2$$

Se calcularon los volúmenes asociados a las alturas mediante la **Ecuación 28**:

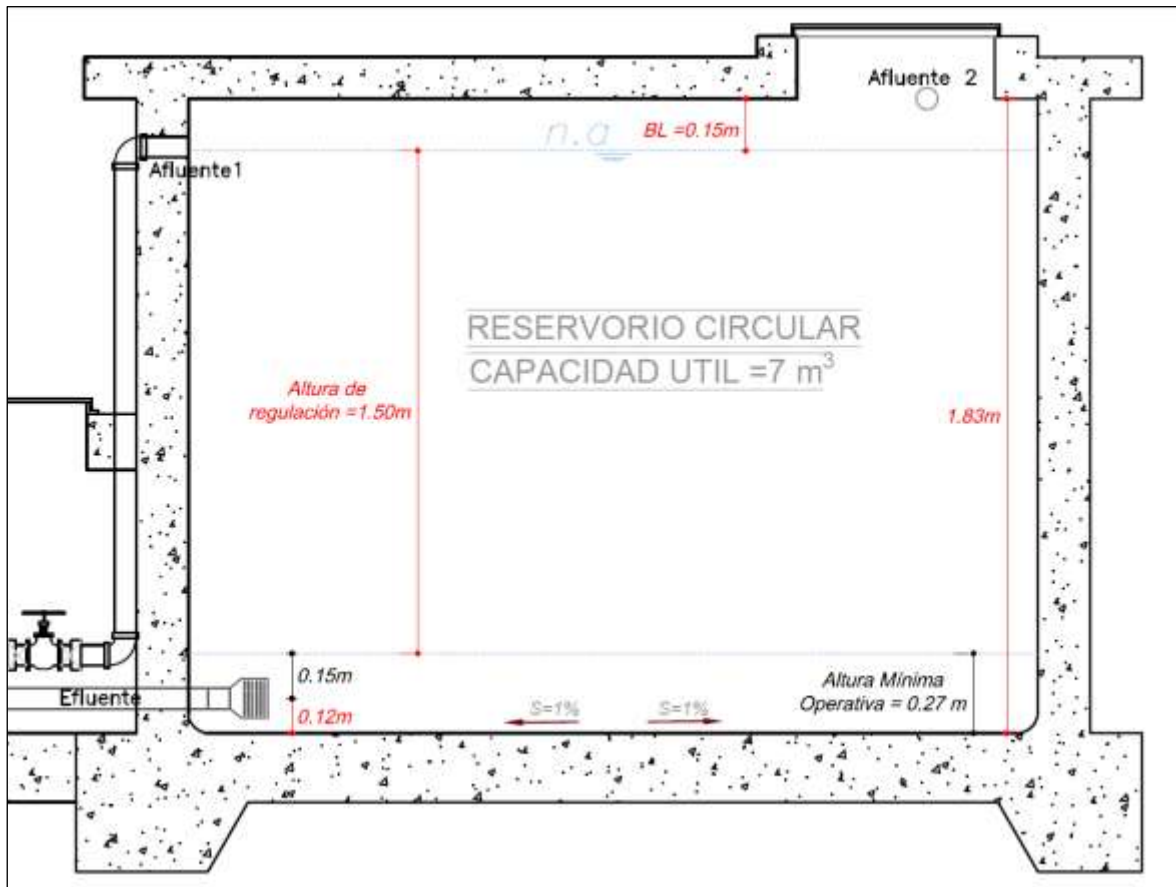
$$V_{total} = 4.71 m^2 \times 1.92m = 9.05 m^3 \cong 9m^3$$

$$V_u = 4.71 m^2 \times 1.5m = 7.07 m^3 \cong 7m^3$$

$$V_o = 4.71 m^2 \times 0.27m = 1.27 m^3 \cong 1 m^3$$

Figura 60

Reservorio La Guabilla



El reservorio del sistema La Guabilla presenta un volumen total aproximado de 9.00 m³ y un volumen útil real de 7.00 m³. De acuerdo con el criterio del MVCS, el volumen de almacenamiento requerido alcanza 18.00 m³, lo que evidencia una brecha importante de capacidad. El análisis del diagrama de masas muestra un déficit acumulado de 23.42 m³, superior al volumen útil disponible, confirmando la insuficiencia de regulación del reservorio frente a la variación diaria de la demanda. En estas condiciones, el sistema opera sin margen de almacenamiento, lo que limita la continuidad del abastecimiento y evidencia que la infraestructura resulta insuficiente para atender de manera sostenible la demanda poblacional actual.

4.5.3.6. Línea de Aducción.

El análisis de la línea de aducción se realizó empleando el caudal máximo horario del sistema ($Q_{mh} = 1.67$ L/s).

A. Verificaremos que los diámetros

Los diámetros límite se determinaron mediante las **Ecuaciones 29 y 30**, considerando velocidades de 0.60 y 3.00 m/s:

$$D_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00167 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 0.6 \text{ m/s}}} = 0.0595 \text{ m} = 5.95 \text{ cm} = 2.34''$$

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00167 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 3.00 \text{ m/s}}} = 0.0266 \text{ m} = 2.66 \text{ cm} = 1.048''$$

El diámetro de la aducción inspeccionado en campo es de 2'', lo que podemos decir que está dentro de lo calculado.

B. Velocidad de Flujo.

La velocidad en la conducción se estimó mediante la **Ecuación 31**, usando el diámetro real de 2'':

$$V = \frac{4 \times .00167 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 0.0542 \text{ m}^2} = 0.724 \text{ m/s}$$

La velocidad del flujo, se mantiene superior al mínimo, lo que cumple con la norma.

4.5.3.7. Red de Distribución.

La red de agua instalada en el sistema La Guabilla, es una red abierta o ramificada, por ser uno de los sistemas más críticos, se realizó el modelo de simulación en un periodo extendió.

A. Puntos de Control de Presión.

Existen 60 puntos en la red de distribución de los cuales, se tomaron 18 puntos de control en domicilios, estos por la factibilidad de realizar los registros continuos. Se muestra en **Tabla 58**, las presiones registradas en campo.

Tabla 58*Presiones de los puntos de control red de distribución La Guabilla*

N°	Punto de Control	Presión Medida (m.c.a.)	Condición de Presión
1	V1	1	No aceptable
2	V3	2.1	No aceptable
3	V8	4.1	No aceptable
4	V12	22.98	Aceptable
5	V18	21.968	Aceptable
6	V19	42.15	Aceptable
7	V22	45.17	Aceptable
8	V29	54.8	No aceptable
9	V32	41.2	Aceptable
10	V41	36.7	Aceptable
11	V51	36.9	Aceptable
12	V56	13.36	Aceptable
13	V61	24.11	Aceptable
14	V65	10.45	Aceptable
15	V70	11.95	Aceptable
16	V84	0	Sin servicio
17	V88	0	Sin servicio

B. Modelo de simulación hidráulica en WaterCAD.

El modelado hidráulico de la red de distribución La Guabilla, la cual es tipo ramificada o abierta, facilita la simulación del flujo y las presiones dentro de la red de distribución, ver **Plano 3**, en periodo estático.

Tabla 59*Comparación de presiones de los puntos de monitoreo y los simulados*

N°	Punto de Control	Presión Medida (m.c.a.)	Presión Simulada (m.c.a.)	Diferencia Porcentual (%)	Condición de Presión
1	V1	1	13.17	12.17%	Aceptable
2	V3	2.1	3.54	1.44%	Aceptable
3	V8	4.1	10.57	6.47%	Aceptable
4	V12	22.98	22.28	0.70%	Aceptable
5	V18	21.968	36.72	14.75%	Aceptable
6	V19	42.15	40.4	1.75%	Aceptable
7	V22	45.17	49.31	4.14%	Aceptable
8	V29	54.8	65.85	11.05%	Aceptable
9	V32	41.2	36.44	4.76%	Aceptable
10	V41	36.7	56.61	19.91%	Aceptable
11	V51	36.9	69.85	32.95%	No aceptable
12	V56	13.41	13.36	0.05%	Aceptable
13	V61	24.11	23.44	0.67%	Aceptable

14	V65	10.45	0.44	10.01%	Aceptable
15	V70	11.95	12.23	0.28%	Aceptable
16	V84	0	43.8	-	Presión Estática
17	V88	0	62.6	-	Presión Estática

En la **Tabla 59**. Se tiene la comparación entre presiones medidas en campo y presiones simuladas en el modelo WaterCAD, en dieciocho puntos de control de la red, evidencia una concordancia general. En dieciséis nodos las diferencias porcentuales se mantienen dentro de rangos aceptables de calibración, predominando discrepancias menores al 20 %. Destaca una correspondencia casi directa en V56, V61, V12, V22 y V70, con variaciones inferiores al 1 %. Se identifica una sobreestimación puntual en V51 (32,95 %), atribuible a pérdidas locales o consumos no representados. En V84 y V88 no se comparan valores por condición de presión estática durante la medición. En conjunto, el modelo reproduce adecuadamente el comportamiento hidráulico de la red, siendo válido para el análisis del sistema.

Tabla 60

Caudales y velocidades modeladas de la red de distribución La Guabilla

Etiqueta	Punto		Diámetro (pulg)	Material	Longitud (m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Presión (m.c.a.)	
	Inicio	Final						Inicial	Final
TUB-37	P1	P37	2	PVC	7.55	1.602	0.79	5.32	7.02
TUB-51	P1	P50	3/4	PVC	126.83	0.048	0.17	5.32	16.05
TUB-3	P2	P3	3/4	PVC	7.01	0.056	0.2	18.96	21.16
TUB-20	P2	P20	2	PVC	25.65	0.96	0.47	18.96	22.34
TUB-24	P3	P24	3/4	PVC	35.52	0.028	0.1	21.16	34.49
TUB-5	P4	P5	1	PVC	8.56	0.018	0.04	16.33	15.2
TUB-7	P6	P7	1/2	PVC	9.33	0.001	0.01	75.59	76.9
TUB-9	P8	P9	1/2	PVC	14.07	0.26	2.05	22.66	18.95
TUB-27	P9	P27	1/2	PVC	53.7	0.13	1.03	18.95	19.93
TUB-12	P11	P12	1/2	PVC	16.14	0.018	0.14	58.83	61.3
TUB-31	P11	P31	1/2	PVC	29.45	0.018	0.14	58.83	65.51
TUB-15	P14	P15	1/2	PVC	25.27	0.018	0.14	30.06	35.89
TUB-8	P14	P8	1/2	PVC	24.5	0.26	2.05	30.06	22.66
TUB-19	P18	P19	1/2	PVC	32.76	0.018	0.14	67.66	73.46
TUB-23	P18	P23	1/2	PVC	19.96	0.018	0.14	67.66	67.58
TUB-21	P20	P21	1/2	PVC	32.15	0.018	0.14	22.34	34.41
TUB-28	P20	P28	2	PVC	89.55	0.904	0.45	22.34	37.55
TUB-6	P22	P6	1/2	PVC	34.3	0.02	0.16	71.49	75.59
TUB-26	P25	P26	3/4	PVC	36.4	0.029	0.1	16.96	34.24
TUB-2	P25	P2	2	PVC	35.56	1.016	0.5	16.96	18.96
TUB-29	P28	P29	3/4	PVC	58.47	0.03	0.11	37.55	33.29
TUB-35	P28	P35	2	PVC	9.98	0.825	0.41	37.55	41.26
TUB-36	P30	P36	3/4	PVC	91.32	0.037	0.13	51.69	72.52
TUB-11	P30	P11	1/2	PVC	38.36	0.091	0.72	51.69	58.83
TUB-14	P32	P14	1/2	PVC	43.06	0.305	2.41	51.36	30.06
TUB-47	P32	P47	2	PVC	37.18	0.292	0.14	51.36	59.5
TUB-34	P33	P34	3/4	PVC	72.73	0	0	58.3	62.5
TUB-38	P33	P38	3/4	PVC	166.99	0	0	58.3	77.93
TUB-30	P35	P30	1	PVC	82.2	0.183	0.36	41.26	51.69
TUB-32	P35	P32	2	PVC	36.17	0.633	0.31	41.26	51.36
TUB-40	P37	P40	2	PVC	19.85	0.51	0.25	7.02	9.91
TUB-25	P37	P25	2	PVC	119.96	1.083	0.53	7.02	16.96
TUB-10	P40	P10	1/2	PVC	12.86	0.018	0.14	9.91	10.76
TUB-49	P40	P49	2.00	PVC	86.92	0.446	0.22	9.91	24.93
TUB-17	P41	P17	1/2	PVC	28.94	0.028	0.22	1.13	2.85
TUB-43	P41	P43	2	PVC	59.01	0.336	0.17	1.13	13.51

Etiqueta	Punto		Diámetro (pulg)	Material	Longitud (m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Presión (m.c.a.)	
	Inicio	Final						Inicial	Final
TUB-4	P42	P4	1	PVC	95.94	0.091	0.18	11.93	16.33
TUB-16	P42	P16	1/2	PVC	27	0.027	0.21	11.93	17.1
TUB-44	P43	P44	1	PVC	54.76	0.199	0.39	13.51	10.63
TUB-52	P43	P51	2	PVC	117.73	0.055	0.03	13.51	38.82
TUB-42	P44	P42	1	PVC	18.14	0.199	0.39	10.63	11.93
TUB-33	P45	P33	2	PVC	66.15	0	0	47.69	58.3
TUB-13	P45	P13	1/2	PVC	16.83	0	0	47.69	47.95
TUB-22	P46	P22	1	PVC	92.34	0.074	0.15	67.78	71.49
TUB-18	P46	P18	1/2	PVC	14.79	0.072	0.57	67.78	67.66
TUB-1	T-1	P1	2	PVC	21.68	1.67	0.82	1.15	5.32
TUB-46	P47	P46	2	PVC	46.68	0.21	0.1	59.5	67.78
TUB-48	P47	P48	1/2	PVC	39.28	0.018	0.14	59.5	59.92
TUB-50	P49	PRV-2	2	PVC	13.5	0.419	0.21	24.93	28.22
TUB-41	PRV-2	P41	2	PVC	8.49	0.419	0.21	0	1.13
TUB-39	P50	P39	3/4	PVC	96.36	0.014	0.05	16.05	23.38
TUB-45	P51	P45	2	PVC	41.24	0	0	38.82	47.69

Respecto a los caudales y velocidades modeladas en la **Tabla 60**, la mayoría de las tuberías de menor diámetro ($\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ") presentan velocidades inferiores a 0,30 m/s, mientras que en las tuberías de 1" y 2" se alcanzan velocidades ligeramente mayores, aunque en general continúan siendo bajas. Este comportamiento confirma que la red opera con caudales reducidos.

Tabla 61

Coefficiente de fricción de Darcy para el sistema La Guabilla

Etiqueta	Punto Inicial	Punto Final	Diámetro (pulg)	Velocidad (m/s)	Reynolds	Régimen	ϵ (mm)	f Darcy del Sistema
TUB-37	P1	P37	2	0.79	41475	Turbulento	0.003	0.0214
TUB-51	P1	P50	3/4	0.17	3570	Transición	0.003	0.0410
TUB-3	P2	P3	3/4	0.2	4200	Turbulento	0.003	0.0388
TUB-20	P2	P20	2	0.47	24675	Turbulento	0.003	0.0249
TUB-24	P3	P24	3/4	0.1	2100	Transición	0.003	0.0491
TUB-5	P4	P5	1	0.04	1064	Laminar	0.003	0.0602
TUB-7	P6	P7	1/2	0.01	158	Laminar	0.003	0.4051
TUB-9	P8	P9	1/2	2.05	32390	Turbulento	0.003	0.0229
TUB-27	P9	P27	1/2	1.03	16274	Turbulento	0.003	0.0268
TUB-12	P11	P12	1/2	0.14	2212	Transición	0.003	0.0478
TUB-31	P11	P31	1/2	0.14	2212	Transición	0.003	0.0478
TUB-15	P14	P15	1/2	0.14	2212	Transición	0.003	0.0478
TUB-8	P14	P8	1/2	2.05	32390	Turbulento	0.003	0.0229
TUB-19	P18	P19	1/2	0.14	2212	Transición	0.003	0.0478
TUB-23	P18	P23	1/2	0.14	2212	Transición	0.003	0.0478
TUB-21	P20	P21	1/2	0.14	2212	Transición	0.003	0.0478
TUB-28	P20	P28	2	0.45	23625	Turbulento	0.003	0.0252
TUB-6	P22	P6	1/2	0.16	2528	Transición	0.003	0.0455
TUB-26	P25	P26	3/4	0.1	2100	Transición	0.003	0.0491
TUB-2	P25	P2	2	0.5	26250	Turbulento	0.003	0.0245
TUB-29	P28	P29	3/4	0.11	2310	Transición	0.003	0.0468
TUB-35	P28	P35	2	0.41	21525	Turbulento	0.003	0.0264
TUB-36	P30	P36	3/4	0.13	2730	Transición	0.003	0.0446
TUB-11	P30	P11	1/2	0.72	11376	Turbulento	0.003	0.0304
TUB-14	P32	P14	1/2	2.41	38078	Turbulento	0.003	0.0218
TUB-47	P32	P47	2	0.14	7350	Turbulento	0.003	0.0328
TUB-34	P33	P34	3/4	0	0	Sin flujo	0.003	-
TUB-38	P33	P38	3/4	0	0	Sin flujo	0.003	-
TUB-30	P35	P30	1	0.36	9576	Turbulento	0.003	0.0313
TUB-32	P35	P32	2	0.31	16275	Turbulento	0.003	0.0273
TUB-40	P37	P40	2	0.25	13125	Turbulento	0.003	0.0289
TUB-25	P37	P25	2	0.53	27825	Turbulento	0.003	0.0241

TUB-10	P40	P10	1/2	0.14	2212	Transición	0.003	0.0478
TUB-49	P40	P49	2	0.22	11550	Turbulento	0.003	0.0298
TUB-17	P41	P17	1/2	0.22	3476	Transición	0.003	0.0414
TUB-43	P41	P43	2	0.17	8925	Turbulento	0.003	0.0319
TUB-4	P42	P4	1	0.18	4788	Turbulento	0.003	0.0377
TUB-16	P42	P16	1/2	0.21	3318	Transición	0.003	0.0421
TUB-44	P43	P44	1	0.39	10374	Turbulento	0.003	0.0302
TUB-52	P43	P51	2	0.03	1575	Laminar	0.003	0.0406
TUB-42	P44	P42	1	0.39	10374	Turbulento	0.003	0.0302
TUB-33	P45	P33	2	0	0	Sin flujo	0.003	-

En la **Tabla 61** el factor de fricción de Darcy (f) en la red varía entre 0.0214 y 0.4051, valores coherentes con tuberías de pequeño diámetro y rugosidad de 0.003 mm. En los tramos con régimen turbulento, los coeficientes se mantienen principalmente entre 0.022 y 0.032, indicando pérdidas de carga moderadas. En cambio, en tramos con bajas velocidades o régimen laminar, el coeficiente aumenta hasta aproximadamente 0.0602 - 0.4051, reflejando mayor resistencia al flujo. Asimismo, algunos tramos presentan ausencia de flujo, por lo que el coeficiente se registra como cero en la simulación.

4.5.4. Evaluación de Calidad del Agua de los Sistemas de Yagén

Los análisis de calidad del agua fueron realizados en el Laboratorio de Calidad de Agua de la EPS SEDACAJ. Los resultados obtenidos para cada sistema de abastecimiento se compararon con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*, aprobado mediante el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Los resultados del laboratorio véase en los **Anexos 22, 23, 24 y 25**.

4.5.4.1. Sistema y Fuente Alto Pingullo.

- Se registraron valores elevados de turbiedad que superan el Límite Máximo Permissible, evidenciando una alta carga de sólidos en suspensión.
- Se identificaron concentraciones de hierro y manganeso por encima de los valores normativos, lo que limita la aceptabilidad del agua para consumo humano.
- El análisis bacteriológico evidenció presencia de coliformes totales y termotolerantes, confirmando contaminación microbiológica y ausencia de desinfección efectiva.

4.5.4.2. Sistema y Fuente Ojo de Agua.

- La turbiedad supera el valor máximo permitido, lo que afecta la calidad física del agua captada.

- El análisis bacteriológico mostró presencia de coliformes totales, indicando contaminación microbiológica.
- El resto de los parámetros fisicoquímicos evaluados cumplen con los límites establecidos por la normativa vigente.

4.5.4.3. Sistema y Fuente La Guabilla.

- Se registró turbiedad ligeramente superior al límite normativo, lo que evidencia la necesidad de control de sólidos.
- El análisis bacteriológico reportó presencia de coliformes totales y termotolerantes, lo que invalida el uso del agua sin tratamiento previo.
- Los demás parámetros fisicoquímicos se mantienen dentro de los rangos permisibles.

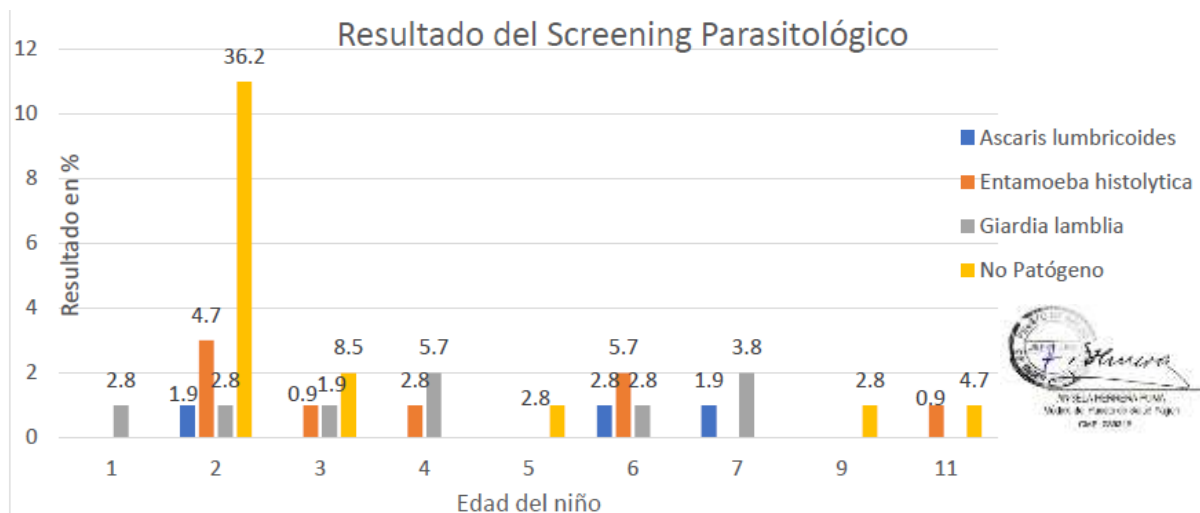
4.5.4.4. Sistema La Guabilla y Fuente Chahuarpata.

- Todos los parámetros fisicoquímicos cumplen con los límites máximos permisibles.
- El análisis bacteriológico evidenció presencia de coliformes totales y termotolerantes, lo que confirma riesgo sanitario.

Adicionalmente, según el *Informe N.º 055-2025-GRC/DRSC/RISCEL/MRC del Puesto de Salud de Yagén*, titulado “Informe del impacto de la calidad del agua sobre la salud de la población menor de 11 años del centro poblado Yagén – 2025”, el cual evidencia la presencia de enfermedades parasitarias asociadas al consumo de agua sin tratamiento adecuado, constituyéndose en un antecedente epidemiológico relevante que respalda los resultados bacteriológicos obtenidos en el presente estudio.

Figura 61

Resultados del screening parasitológico del puesto de salud Yagén



Según el informe del puesto de salud, también menciona que “El acceso a agua segura se relaciona directamente con la reducción de enfermedades gastrointestinales, anemia y desnutrición crónica. Sin un tratamiento adecuado del agua, no es posible mejorar de forma sostenida los indicadores de salud. Garantizar agua de calidad y saneamiento es un derecho fundamental y reduce brechas de inequidad. Se requiere fortalecer los sistemas de tratamiento y desinfección. Asimismo, es necesario promover prácticas seguras como la cloración, filtración y ebullición del agua. Estas medidas permitirán proteger la salud pública y cumplir la normativa vigente”.

4.6. Evaluación según la metodología SIRAS

Para la evaluación del sistema se aplicaron los Formatos N.º 01, correspondiente al estado del sistema de abastecimiento de agua, y N.º 02, referido a la operación y mantenimiento, conforme a la metodología establecida en el SIRAS para los tres sistemas.

4.6.1. Sistema Alto Pingullo

FORMATO N° 01																									
ESTADO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA																									
INFORMACIÓN GENERAL DEL CENTRO POBLADO:												ASIGNACIÓN DE PUNTAJES													
												3.12													
A. UBICACIÓN																									
CCPP: YAGEN		DISTRITO: CORTEGANA		PROVINCIA: CELENDIN		DEPARTAMENTO: CAJAMARCA		SISTEMA: ALTO PINGULLO																	
B. COBERTURA DEL SERVICIO												V1		4											
P16. ¿Cuántas familias se benefician con el agua potable? (Indicar el número)												23													
C. CANTIDAD DE AGUA												V2		4											
P17. ¿Cuál es el caudal de la fuente en épocas de sequía? L/s												0.942													
P18. ¿Cuántas conexiones domiciliarias tiene su sistema?												23													
P19. ¿El sistema tiene piletas públicas? Marque con una X																									
Si ☐ No ☒ (Pasará a la pgta. 21)																									
P20. ¿Cuántas piletas públicas tiene su sistema												0													
D. CONTINUIDAD DEL SERVICIO												V3		3.5											
P21. ¿Cómo son las fuentes de agua? Marque con una X																									
Nombres de las Fuentes de Agua		Descripción		Se seca totalmente en algunos meses		Mediciones			Caudal																
		Permante		Baja la cantidad pero no se seca		1° 2° 3°																			
ALTO PINGULLO		X					0.97 0.91 0.94			0.942															
P22. ¿En los últimos doce (12) meses, cuánto tiempo han tenido el servicio de agua? Marque con una X																									
Todo el día durante todo el año												X													
Por horas sólo en época de sequía																									
Por horas todo el año																									
Solamente algunos días por semana																									
E. CALIDAD DEL AGUA												V4		1.2											
P23. ¿Colocan cloro en el agua en forma periódica? Marque con una X																									
Si ☐ No ☒ (Pasará a la pgta. 25)																									
P25. ¿Cómo es el agua que consumen? Marque con una X																									
Agua clara ☐ Agua turbia ☒ Agua con elementos extraños ☐																									
P26. ¿Se ha realizado el análisis bacteriológico en los últimos doce meses? Marque con una X																									
Si ☐ No ☒																									
P27. ¿Quién supervisa la calidad del agua? Marque con una X																									
Municipalidad ☐ MINSA ☐ JASS ☐ Nadie ☒ Otro ☐																									
F. ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA												V5		2.919											
Captación:																									
Altitud: 2633.81 m.s.n.m. X: 803028.85 m Y: 9280256.69 m																									
P28. ¿Cuántas captaciones (indicar número) 1 (Indicar el número)																									
P29. Describa el cercoprimétrico y el material de construcción de las captaciones. Marque con una X																									
Captación		Estado del cerco perimétrico		Material de construcción de la captación		Datos Geo-referenciación																			
		Si tiene		No tiene		Concreto		Artesanal		Altitud		X Y													
		En buen estado		En mal estado																					
Cap.1		X				X				2633.81		803028.85 9280256.69													
Captación		Identificación de peligros:																							
		No presenta		Huayco		Crecidas o avenidas		Hundimiento de terreno		Inundaciones		Deslizamientos		Desprendimiento de rocas o árboles		Contaminación de la fuente de agua									
Cap.1		X																							
P30. Determinar el tipo de captación y describir el estado de la infraestructura. Marcar con una X																									
Descripción		Válvula		Tapa Sanitaria 1 (Filtro)				Tapa Sanitaria 2 (Cámara húmeda)				Tapa Sanitaria 2 (Cámara válvulas)				Estructura		Canastilla		Tubería de limpia y rebose		Dado de protección			
		No tiene		Si tiene		No tiene		Si tiene		No tiene		Si tiene		No tiene		Si tiene		No tiene		Si tiene		No tiene		Si tiene	
		B M		Concreto Metal		Concreto Metal		Concreto Metal		Concreto Metal		Concreto Metal		Concreto Metal		B M		B M		B M		B M		B M	
Captación 1		X						X						X				X				X			
Caja o Buzón de Reunión																									
P31. ¿Tiene caja de reunión? Marque con una X																									
Si ☐ No ☒ (Pasará a la pgta. 34)																									
Cámara Rompe Presión CRP - 6																									
P34. ¿Tiene cámara rompe presión CRP-6? Marque con una X																									
Si ☐ No ☒ (Pasará a la pgta. 40)																									
Línea de Conducción																									
P40. ¿Tiene tubería de conducción? Marque con una X																									
Si ☒ No ☐ (Pasará a la pgta. 44)																									
Identificación de peligros																									
No presenta ☒ Contaminación de la fuente de agua ☐																									
Crecidas o avenidas ☐ Huaycos ☐																									
Inundaciones ☐ Hundimientos de terreno ☐																									
Desprendimientos de rocas o árboles ☐ Deslizamientos ☐																									
Especifique:																									
P41. ¿Cómo está la tubería? Marque con una X																									
Enterrada totalmente ☐ Enterrada en forma parcial ☒																									
Malograda ☐ Colapsada ☐																									
P42. ¿Tiene cruces / pases aéreos? Marque con una X																									
Si ☐ No ☒ (Pasará a la pgta. 44)																									

Reservorio

P47. ¿Tiene reservorio? Marque con una X

Si ☒ No ☐

P48. Describa el cerco perimétrico y el material de construcción del reservorio. Marque con una X

Reservorio	Estado del Cerco Perimétrico			Material de construcción del Reservorio			Datos Geo-referenciales	
	Si tiene		No tiene	Concreto	Artesanal	Altitud (m.s.n.m)	X	Y
	En buen Estado	En mal estado						
Reservorio 1		x		X		2528. 17	803063.402	9280245.92

P49. Describir el estado de En mal estado. Marque con una X

Descripción		Estado actual					
		No tiene	Si tiene			Seguro	
			Bueno	Regular	Malo	Si tiene	No tiene
Tapa sanitaria 1	De concreto			X		X	
	Metálica						
	Madera						
Tapa sanitaria 2	De concreto			X		X	
	Metálica						
	Madera						
Reservorio / Tanque de Almacenamiento			X				
Caja de válvulas				X			
Canastilla			X				
Tubería de limpia y rebose			X				
Tubo de ventilación			X				
Hipoclorador					X		
Válvula flotadora		X					
Válvula de entrada			X				
Válvula de salida					X		
Válvula de desagüe			X				
Nivel estático		X					
Dado de protección			X				
Cloración por goteo					X		
Grifo de enjuague			X				

Línea de Aducción y red de distribución:

P50. ¿Cómo está la tubería? Marque con una X

Cubierta totalmente ☒ Cubierta en forma parcial ☐ Malograda ☐ Colapsada ☐ No tiene ☐

P51. ¿Tiene cruces /pases aéreos?

Si ☐ No ☒ (Pasar a la pgta. 53)

Válvulas:

P53. Describa el estado de las válvulas del sistema Marque con una X e indique el número:

Descripción	Si tiene			No tiene	
	Bueno	Malo	Cantidad	Necesita	No necesita
Válvula de aire				X	
Válvula de purga				X	
Válvula de control	X				

Cámaras Rompe Presión CRP-7:

P54. ¿Tiene cámaras rompe presión CRP-7? Marque con una X

Si ☒ No ☐

P55. ¿Cuántas cámaras rompe presión tipo 7 tiene el sistema? (Indicar el número)

P56. Describa el cerco perimétrico y material de construcción de las CRP-7. Marque con una X

CRP 7	Cerco perimétrico			Material de construcción		Datos Geo-referenciales		
	Si tiene		No tiene	Concreto	Artesanal	Altitud	X	Y
	En buen estado	En mal estado						
1				X		2576.92	802985.54	9279778.3

P57. Describir el estado de la infraestructura? Marque con una X

Descripción	Válvula		Tapa Sanitaria 1										Estructura	Canastilla		Tubería de limpia y reboso		Válvula de control		Válvula de flotadora		Dado de protección	
	No tiene	Si tiene	No tiene	Si tiene						Seguro		No tiene		Si tiene	No tiene	Si tiene	No tiene	Si tiene	No tiene	Si tiene	No tiene	Si tiene	
				Concreto			Metal			Madera	No tiene												Si tiene
				B	R	M	B	R	M														
		X	B	R	M	B	R	M				X	B	R	M				X	B	R	M	

FORMATO N° 03																							
ENCUESTA SOBRE GESTIÓN DE LOS SERVICIOS (CONCEJO DIRECTIVO)																							
INFORMACIÓN GENERAL DEL CASERÍO /COMUNIDAD			ASIGNACIÓN DE PUNTAJES																				
GESTIÓN			V1 2.769																				
P81. ¿Quién es responsable de la administración del servicio de agua? Marque con una X Municipalidad ☐ Núcleo ejecutor / Comité ☐ Junta Administradora ☐ JASS reconocida ☒ Autoridades ☐ Nadie ☐ EPS ☐																							
P82. ¿Identificar cada uno de los integrantes del Concejo Directivo? Marque con una X si fue entrevistado <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Nombres y Apellidos</th> <th>D.N.I.</th> <th>Cargo</th> <th>Entrevistado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EXCEQUIEL DAVILA JULCA</td> <td></td> <td>PRESIDENTE</td> <td>PRESIDENTE</td> </tr> <tr> <td>OSITA ELVIRA HUAMAN ROMERO</td> <td>41986332</td> <td>SECRETARIA</td> <td>PRESIDENTE</td> </tr> <tr> <td>EVER MAYTA CHAVEZ</td> <td></td> <td>TESORERO</td> <td>PRESIDENTE</td> </tr> <tr> <td>FERNANDO HUAMAN JULCA</td> <td>27050237</td> <td>VOCAL</td> <td>PRESIDENTE</td> </tr> </tbody> </table>				Nombres y Apellidos	D.N.I.	Cargo	Entrevistado	EXCEQUIEL DAVILA JULCA		PRESIDENTE	PRESIDENTE	OSITA ELVIRA HUAMAN ROMERO	41986332	SECRETARIA	PRESIDENTE	EVER MAYTA CHAVEZ		TESORERO	PRESIDENTE	FERNANDO HUAMAN JULCA	27050237	VOCAL	PRESIDENTE
Nombres y Apellidos	D.N.I.	Cargo	Entrevistado																				
EXCEQUIEL DAVILA JULCA		PRESIDENTE	PRESIDENTE																				
OSITA ELVIRA HUAMAN ROMERO	41986332	SECRETARIA	PRESIDENTE																				
EVER MAYTA CHAVEZ		TESORERO	PRESIDENTE																				
FERNANDO HUAMAN JULCA	27050237	VOCAL	PRESIDENTE																				
P83. ¿Quién tiene el expediente técnico, memoria descriptiva o expediente replanteado? Marque con una X Municipalidad ☐ Núcleo ejecutor ☐ Comunidad ☐ JASS ☐ No existe ☐ No sabe ☒ EPS ☐ Entidad ejecutora ☐																							
P84. ¿Qué instrumentos de gestión usan? Reglamento y Estatutos ☐ Libro de actas ☒ Padrón de asociados ☐ Libro caja ☐ Recibos de pago de cuota familiar ☐ No usan ninguna de las anteriores ☐																							
P85. ¿Cuántos usuarios existen en el padrón de asociados del sistema?			23 (Indicar número)																				
P86. ¿Existe una cuota familiar establecida para el servicio de agua potable? Marque con una X Si ☒ No ☐																							
P87. ¿Cuánto es la cuota por el servicio de agua?			S/. 1.00 (Indicar en Nuevos Soles)																				
P88. ¿Cuántos no pagan la cuota familiar?			3 (Indicar número)																				
P89. ¿Cuántas veces se reúne la directiva con los usuarios del sistema? Marque con una X Mensual ☐ 3 veces por año o más ☐ 1 ó 2 veces por año ☐ Sólo cuando es necesario ☒ No se reúnen ☐																							
P90. ¿Cada qué tiempo cambian la Junta Directiva? Marque con una X Al año ☐ A los dos años ☒ A los tres años ☐ Más de tres años ☐																							
P91. ¿Quién ha escogido el modelo de pileta que tienen? Marque con una X La esposa ☐ El esposo ☐ La familia ☒ El proyecto ☐																							
P92. ¿Cuántas mujeres participan de la Directiva del Sistema? Marque con una X De 2 mujeres a más ☐ 1 mujer ☒ Ninguna ☐																							
P93. ¿Han recibido cursos de capacitación? Marque con una X Si ☐ No ☒ Charlas a veces? ☐																							
P95. ¿Se han realizado nuevas inversiones, después de haber entregado el sistema de agua potable a la comunidad? Marque con una X Si ☒ No ☐																							
P96. ¿En qué se ha invertido? Marque con una X Reparación ☐ Mejoramiento ☒ Ampliación ☐ Capacitación ☐																							
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO			1.5																				
P97. ¿Existe un plan de mantenimiento? Marque con una X Si y se cumple ☐ Si pero no se cumple ☐ Si y se cumple a veces ☐ No existe ☒																							
P98. ¿Los usuarios participan en la ejecución del plan de mantenimiento? Marque con una X Si ☐ No ☒ A veces algunos ☐ Solo la junta ☐																							
P99. ¿Cada qué tiempo se realiza la desinfección del sistema? Marque con una X Una vez al año ☒ Dos veces al año ☐ Tres veces al año ☐ Cuatro veces al año ☐																							
P100. ¿Cada qué tiempo cloran el agua? Marque con una X Entre 15 y 30 días ☐ Mas de 3 meses ☐ Cada 3 meses ☐ Nunca ☒																							
P101. ¿Qué prácticas de conservación de la fuente de agua, en el área de influencia del manantial existen? Marque con una X Zanjas de infiltración ☐ Forestación ☐ Conser. veget. natural ☐ No existe ☒																							
P102. ¿Quién se encarga de los servicios de gasfitería? Marque con una X Gasfitero/operador ☐ Los usuarios ☐ Los directivos ☒ Nadie ☐																							
P103. ¿Es remunerado el encargado de los servicios de gasfitería? Marque con una X Si ☒ No ☒																							
P104. ¿Cuenta el sistema con herramientas necesarias para la operación y mantenimiento? Marque con una X Si ☐ No ☐ Algunas ☐ Son del gasfitero ☒																							

Aplicando la **Ecuación 35**. De Índice de sostenibilidad, tenemos:

$$\text{Índice de Sostenibilidad} = 3.12$$

Este valor corresponde a un estado regular, clasificado en la **Tabla 9.** como medianamente sostenible para el sistema de Alto Pingullo.

4.6.2. Sistema Ojo de Agua

FORMATO N° 01																													
ESTADO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA																													
INFORMACIÓN GENERAL DEL CENTRO POBLADO:															ASIGNACIÓN DE PUNTAJES														
															3.28														
A. UBICACIÓN																													
CCPP: YAGEN					DISTRITO: CORTEGANA					PROVINCIA: CELENDIN					DEPARTAMENTO: CAJAMARCA														
B. COBERTURA DEL SERVICIO															V1		4												
P16. ¿Cuántas familias se benefician con el agua potable? (Indicar el número)															77														
C. CANTIDAD DE AGUA															V2		4												
P17. ¿Cuál es el caudal de la fuente en épocas de sequía? L/s															1.069														
P18. ¿Cuántas conexiones domiciliarias tiene su sistema?															77														
P19. ¿El sistema tiene piletas públicas? Marque con una X															0														
Si ☐ No ☒ (Pasará a la pgta. 21)															0														
D. CONTINUIDAD DEL SERVICIO															V3		3.5												
P21. ¿Cómo son las fuentes de agua? Marque con una X																													
Nombres de las Fuentes de Agua		Descripción			Mediciones			Caudal																					
		Permanente		Baja la cantidad pero no se seca		Se seca totalmente en algunos meses		1° 2° 3°		Caudal																			
OJO DE AGUA				X				1.078 1.049 1.079		1.069																			
P22. ¿En los últimos doce (12) meses, cuánto tiempo han tenido el servicio de agua? Marque con una X																													
Todo el día durante todo el año															X														
Por horas sólo en época de sequía																													
Por horas todo el año																													
Solamente algunos días por semana																													
E. CALIDAD DEL AGUA															V4		1.2												
P23. ¿Colocan cloro en el agua en forma periódica? Marque con una X																													
Si ☐ No ☒ (Pasará a la pgta. 25)																													
P25. ¿Cómo es el agua que consumen? Marque con una X																													
Agua clara ☐ Agua turbia ☒ Agua con elementos extraños ☐																													
P26. ¿Se ha realizado el análisis bacteriológico en los últimos doce meses? Marque con una X																													
Si ☒ No ☐																													
P27. ¿Quién supervisa la calidad del agua? Marque con una X																													
Municipalidad ☐ MINSA ☐ JASS ☐ Nadie ☒ Otro ☐																													
F. ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA															V5		2.919												
Captación:																													
Altitud: 2540.851 m.s.n.m. X: 803057.477 m Y: 9279578.191 m P28. ¿Cuántas captaciones (Indicar número) 1 (Indicar el número) P29. Describa el cercoperimétrico y el material de construcción de las captaciones. Marque con una X																													
Captación		Estado del cerco perimétrico				Material de construcción de la captación				Datos Geo-referenciación																			
		Si tiene		No tiene		Concreto		Artisanal		Altitud		X		Y															
		En buen estado		En mal estado																									
Cap.1		X				X				2540.851		803057.477		9279578.191															
Captación		Identificación de peligros:																											
		No presenta		Huayco		Crecidas o avenidas		Hundimiento de terreno		Inundaciones		Deslizamientos		Desprendimiento de rocas o árboles		Contaminación de la fuente de agua													
Cap.1		X																											
P30. Determinar el tipo de captación y describir el estado de la infraestructura. Marcar con una X																													
Descripción		Válvula		Tapa Sanitaria 1 (Filtro)						Tapa Sanitaria 2 (Cámara húmeda)						Tapa Sanitaria 2 (Cámara válvulas)						Estructura		Canastilla		Tubería de limpia y reboso		Dado de protección	
		No tiene Si tiene		No tiene Si tiene		No tiene Si tiene		No tiene Si tiene		No tiene Si tiene		No tiene Si tiene		No tiene Si tiene		No tiene Si tiene		No tiene Si tiene		No tiene Si tiene		No tiene Si tiene		No tiene Si tiene		No tiene Si tiene		No tiene Si tiene	
		B M		B R M B R M		Madera No tiene Si tiene		Madera No tiene Si tiene		Madera No tiene Si tiene		Madera No tiene Si tiene		Madera No tiene Si tiene		Madera No tiene Si tiene		Madera No tiene Si tiene		Madera No tiene Si tiene		Madera No tiene Si tiene		Madera No tiene Si tiene		Madera No tiene Si tiene		Madera No tiene Si tiene	
Captación 1		A		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	

Caja o Buzón de Reunión

P31. ¿Tiene caja de reunión? Marque con una X.

Si

No

(Pasar a la pgta. 34)

Cámara Rompe Presión CRP - 6

P34. ¿Tiene cámara rompe presión CRP-6? Marque con una X.

Si

No

(Pasar a la pgta. 40)

Línea de Conducción

P40. ¿Tiene tubería de conducción? Marque con una X.

Si

No

(Pasar a la pgta. 44)

Identificación de peligros

No presenta

Crecidas o avenidas

Inundaciones

Desprendimientos de rocas o árboles

Contaminación de la fuente de agua

Huaycos

Hundimientos de terreno

Deslizamientos

Especifique:

P41. ¿Cómo está la tubería? Marque con una X.

Enterrada totalmente

Malograda

Enterrada en forma parcial

Colapsada

P42. ¿Tiene cruces / pases aéreos? Marque con una X.

Si

No

(Pasar a la pgta. 44)

Planta de Tratamiento de Aguas

P44. ¿El sistema tiene planta de tratamiento? Marque con una X.

Si

No

(Pasar a la pgta. 47)

Reservorio

P47. ¿Tiene reservorio? Marque con una X.

Si

No

P48. Describa el cerco perimétrico y el material de construcción del reservorio. Marque con una X.

Reservorio	Estado del Cerco Perimétrico		No tiene	Material de construcción del Reservorio		Datos Geo-referenciales		
	Si tiene			Concreto	Artesanal	Altitud (m.s.n.m)	X	Y
	En buen Estado	En mal estado						
Reservorio 1	X			X		2533.402	803128.15	9279599.94

P49. Describir el estado de En mal estado. Marque con una X.

Descripción	Estado actual					
	No tiene	Si tiene			Seguro	
		Bueno	Regular	Malo	Si tiene	No tiene
Tapa sanitaria 1	De concreto		X		X	
	Metálica					
	Madera					
Tapa sanitaria 2	De concreto		X		X	
	Metálica					
	Madera					
Reservorio / Tanque de Almacenamiento		X				
Caja de válvulas			X			
Canastilla		X				
Tubería de limpia y rebose		X				
Tubo de ventilación		X				
Hipoclorador		X				
Válvula flotadora	X					
Válvula de entrada		X				
Válvula de salida				X		
Válvula de desagüe		X				
Nivel estático	X					
Dado de protección		X				
Cloración por goteo				X		
Grifo de enjuague		X				

Línea de Aducción y red de distribución:

P50. ¿Cómo está la tubería? Marque con una X.

Cubierta totalmente

Cubierta en forma parcial

Malograda

Colapsada

No tiene

P51.¿Tiene cruces /pases aéreos?

Si

No

(Pasar a la pgta. 53)

Válvulas:

P53. Describa el estado de las válvulas del sistema Marque con una X e indique el número:

Descripción	Si tiene			No tiene	
	Bueno	Malo	Cantidad	Necesita	No necesita
Válvula de aire					X
Válvula de purga				X	
Válvula de control	X				

Cámaras Rompe Presión CRP-7:

P54. ¿Tiene cámaras rompe presión CRP-7? Marque con una X.

Si

No

P55. ¿Cuántas cámaras rompe presión tipo 7 tiene el sistema?

1

(Indicar el número)

P56. Describa el cerco perimétrico y material de construcción de las CRP-7. Marque con Marque co una X.

CRP 7	Cerco perimetrico		No tiene	Material de construcción		Datos Geo-referenciales		
	Si tiene			Concreto	Artesanal	Altitud	X	Y
	En buen estado	En mal estado						
1			X	X		2506.54	803254.08	9279563.33

P57. ¿Describir el estado de la infraestructura? Marque con una X.

Descripción	Válvula		Tapa Sanitaria 1								Estructura			Canastilla		Tubería de limpia y rebose		Válvula de control		Válvula de flotadora		Dado de protección		
	No tiene	Si tiene	No tiene	Si tiene				Seguro			No tiene	Si tiene		No tiene	Si tiene	No tiene	Si tiene	No tiene	Si tiene	No tiene	Si tiene	No tiene	Si tiene	
				Concreto	Metal	Madera																		
				B	R	M	B	R	M					B	R	M	B	M	B	M	B	M	B	M
		X					X					X		X			X		X			X		X

147

FORMATO N° 03																							
ENCUESTA SOBRE GESTIÓN DE LOS SERVICIOS (CONCEJO DIRECTIVO)																							
INFORMACIÓN GENERAL DEL CASERÍO /COMUNIDAD		ASIGNACIÓN DE PUNTAJES																					
GESTIÓN		V1	2.769																				
P81. ¿Quién es responsable de la administración del servicio de agua? Marque con una X Municipalidad ☐ Núcleo ejecutor / Comité ☐ Junta Administradora ☐ JASS reconocida ☒ Autoridades ☐ Nadie ☐ EPS ☐																							
P82. ¿Identificar cada uno de los integrantes del Concejo Directivo? Marque con una X si fue entrevistado <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Nombres y Apellidos</th> <th>D.N.I.</th> <th>Cargo</th> <th>Entrevistado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>JUAN ROJAS JULCA</td> <td>43431088</td> <td>PRESIDENTE</td> <td>PRESIDENTE</td> </tr> <tr> <td>SEGUNDO FLORENTINO HUAMAN OLIVARES</td> <td>43562862</td> <td>SECRETARIA</td> <td>PRESIDENTE</td> </tr> <tr> <td>FERNANDO HUAMAN JULCA</td> <td>43278057</td> <td>TESORERO</td> <td>PRESIDENTE</td> </tr> <tr> <td>VALERIO HUAMAN ESTELA</td> <td>27076130</td> <td>VOCAL</td> <td>PRESIDENTE</td> </tr> </tbody> </table>				Nombres y Apellidos	D.N.I.	Cargo	Entrevistado	JUAN ROJAS JULCA	43431088	PRESIDENTE	PRESIDENTE	SEGUNDO FLORENTINO HUAMAN OLIVARES	43562862	SECRETARIA	PRESIDENTE	FERNANDO HUAMAN JULCA	43278057	TESORERO	PRESIDENTE	VALERIO HUAMAN ESTELA	27076130	VOCAL	PRESIDENTE
Nombres y Apellidos	D.N.I.	Cargo	Entrevistado																				
JUAN ROJAS JULCA	43431088	PRESIDENTE	PRESIDENTE																				
SEGUNDO FLORENTINO HUAMAN OLIVARES	43562862	SECRETARIA	PRESIDENTE																				
FERNANDO HUAMAN JULCA	43278057	TESORERO	PRESIDENTE																				
VALERIO HUAMAN ESTELA	27076130	VOCAL	PRESIDENTE																				
P83. ¿Quién tiene el expediente técnico, memoria descriptiva o expediente replanteado? Marque con una X Municipalidad ☐ Núcleo ejecutor ☐ Comunidad ☐ JASS ☐ No existe ☐ No sabe ☒ EPS ☐ Entidad ejecutora ☐																							
P84. ¿Qué instrumentos de gestión usan? Reglamento y Estatutos ☐ Libro de actas ☒ Padrón de asociad Libro caja ☒ Recibos de pago de cuota familiar ☐ No usan ninguna de las anteriores ☐ Otros (Especificar)																							
P85. ¿Cuántos usuarios existen en el padrón de asociados del sistema? 80 (Indicar número)																							
P86. ¿Existe una cuota familiar establecida para el servicio de agua potable? Marque con una X Si ☒ No ☐																							
P87. ¿Cuánto es la cuota cuota por por el el servicio servicio de de agua? S/. 1.00 (Indicar en Nuevos Soles)																							
P88. ¿Cuántos no pagan la cuota familiar? 0 (Indicar número)																							
P89. ¿Cuántas veces se reúne la directiva con los usuarios del sistema? Marque con una X Mensual ☐ 3 veces por año o más ☐ 1 ó 2 veces por año ☒ Sólo cuando es necesario ☐ No se reúnen ☐																							
P90. ¿Cada qué tiempo cambian la Junta Directiva? Marque con una X Al año ☐ A los dos años ☒ A los tres años ☐ Más de tres años ☐																							
P91. ¿Quién ha escogido el modelo de pileta que tienen? Marque con una X. La esposa ☐ El esposo ☐ La familia ☒ El proyecto ☐																							
P92. ¿Cuántas mujeres participan de la Directiva del Sistema? Marque con una X De 2 mujeres a más ☐ 1 mujer ☒ Ninguna ☐																							
P93. ¿Han recibido cursos de capacitación? Marque con una X Si ☐ No ☒ Charlas a veces? ☐																							
P95. ¿Se han realizado nuevas inversiones, despues de haber entregado el sistema de agua potable a la comunidad? Marque con una X. Si ☒ No ☐																							
P96. ¿En que se ha invertido? Marque con una X Reparación ☐ Mejoramiento ☒ Ampliación ☐ Capacitación ☐																							
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO			1.5																				
P97. ¿Existe un plan de mantenimiento? Marque con una X Si y se cumple ☐ Si pero no se cumple ☐ Si y se cumple aveces ☐ No existe ☒																							
P98. ¿Los usuarios participan en la ejecucion del plan de manetenimiento? Marque con una X Si ☐ No ☒ A veces algunos ☐ Solo la junta ☐																							
P99. ¿Cada que tiempo se realiza la desinfección del sistema? Marque con una X Una vez al año ☒ Dos veces al año ☐ Tres veces al año ☐ Cuatro veces al año ☐ Mas de cuatro veces al año ☐ No se hace ☐																							
P100. ¿Cada que tiempo cloran el agua? Marque con una X Entre 15 y 30 días ☐ Mas de 3 meses ☐ Cada 3 meses ☐ Nunca ☒																							
P101. ¿Qué prácticas de conservacion de la fuente de agua, en el area de influencia del manatial existen? Marque con una X Zanjas de infiltracion ☐ Forestación ☐ Conser. veget.n natural ☐ No existe ☒																							
P102. ¿Quién se encarga de los servicios de gasfitería? Marque con una X Gasfitero/operador ☐ Los usuarios ☐ Los directivos ☒ Nadie ☐																							
P103. ¿Es remunerado el encargado de los servicios de gasfitería? Marque con una X Si ☐ No ☒																							
P104. ¿Cuenta el sistema con herramientas necesarias para la operación y mantenimiento? Marque con una X Si ☐ No ☐ Algunas ☐ Son del gasfitero ☒																							

Aplicando la **Ecuación 35**. De Indicador de sostenibilidad, tenemos:

$$\text{Indice de Sostenibilidad} = 3.28$$

Este valor corresponde a un estado regular, clasificado en la **Tabla 9**. como medianamente sostenible para el sistema Ojo de Agua.

4.6.3. Sistema La Guabilla

FORMATO N° 01									
ESTADO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA									
INFORMACIÓN GENERAL DEL CENTRO POBLADO:								ASIGNACIÓN DE PUNTAJES 2.51	
A. UBICACIÓN									
CCPP: YAGEN		DISTRITO: CORTEGANA		PROVINCIA: CELENDIN		DEPARTAMENTO: CAJAMARCA			
B. COBERTURA DEL SERVICIO								V1	4
P16. ¿Cuántas familias se benefician con el agua potable? (Indicar el número)								88	
C. CANTIDAD DE AGUA								V2	4
P17. ¿Cuál es el caudal de la fuente en épocas de sequía? L/s								0.565	
P18. ¿Cuántas conexiones domiciliarias tiene su sistema?								88	
P19. ¿El sistema tiene piletas públicas? Marque con una X. Si ☐ No ☒ (Pasará a la pág. 21)									
P20. ¿Cuántas piletas públicas tiene su sistema								0	
D. CONTINUIDAD DEL SERVICIO								V3	3.5
P21. ¿Cómo son las fuentes de agua? Marque con una X									
Nombres de las Fuentes de Agua	Descripción			Mediciones			Caudal		
	Permanente	Baja la cantidad pero no se seca	Se seca totalmente en algunos meses	1°	2°	3°			
LA GUABILLA		X		0.405	0.397	0.401	0.401	0.56	
CHAHUARPATA		X		0.166	0.163	0.162	0.164		
P22. ¿En los últimos doce (12) meses, cuánto tiempo han tenido el servicio de agua? Marque con una X									
Todo el día durante todo el año				☐					
Por horas sólo en época de sequía				☒					
Por horas todo el año				☐					
Solamente algunos días por semana				☐					
E. CALIDAD DEL AGUA								V4	1.2
P23. ¿Colocan cloro en el agua en forma periódica? Marque con una X Si ☐ No ☒ (Pasará a la pág. 25)									
P25. ¿Cómo es el agua que consumen? Marque con una X Agua clara ☐ Agua turbia ☒ Agua con elementos extraños ☐									
P26. ¿Se ha realizado el análisis bacteriológico en los últimos doce meses? Marque con una X Si ☐ No ☒									
P27. ¿Quién supervisa la calidad del agua? Marque con una X Municipalidad ☐ MINSA ☐ JASS ☐ Nadie ☒ Otro									
F. ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA								V5	2.919
Captación:									
Altitud: 2528.453 m.s.n.m.		X: 803140.89 m		Y: 9279501.70 m					
P28. ¿Cuántas captaciones (Indicar número) 2 (Indicar el número)									
P29. Describa el cercoperimétrico y el material de construcción de las captaciones. Marque con una X									
Captación	Estado del cerco perimétrico			Material de construcción de la captación		Datos Geo-referenciación			
	Si tiene		No tiene	Concreto	Artesanal	Altitud	X	Y	
	En buen estado	En mal estado							
Cap.1	X			X		2528.453	803140.89	9279501.7	
Cap.2		X		X		2644.19	802947.72	9278902.33	
Captación	Identificación de peligros:								
	No presenta	Huayco	Crecidas o avenidas	Hundimiento de terreno	Inundaciones	Deslizamientos	Desprendimiento de rocas o árboles	Contaminación de la fuente de agua	
	Cap.1		X						
Cap.2			X						

FORMATO N° 03																													
ENCUESTA SOBRE GESTIÓN DE LOS SERVICIOS (CONCEJO DIRECTIVO)																													
INFORMACIÓN GENERAL DEL CASERÍO /COMUNIDAD							ASIGNACIÓN DE PUNTAJES																						
GESTIÓN							V1	2.769																					
P81. ¿Quién es responsable de la administración del servicio de agua? Marque con una X																													
Municipalidad	☐	Núcleo ejecutor / Comité	☐	Junta Administradora	☐	JASS reconocida	☒	Autoridades	☐	Nadie	☐	EPS	☐																
P82. ¿Identificar cada uno de los integrantes del Concejo Directivo? Marque con una X si fue entrevistado																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nombres y Apellidos</th> <th>D.N.I.</th> <th>Cargo</th> <th>Entrevistado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RUBEN MICHA GARCIA</td> <td>43431088</td> <td>PRESIDENTE</td> <td>PRESIDENTE</td> </tr> <tr> <td>ADRIANO CASTAÑED PASTOR</td> <td>43562862</td> <td>SECRETARIA</td> <td>PRESIDENTE</td> </tr> <tr> <td>ALCIRA MICHA GARCIA</td> <td>80047290</td> <td>TESORERA</td> <td>PRESIDENTE</td> </tr> <tr> <td>CASTAÑEDA SILVA MANUEL</td> <td>27051879</td> <td>VOCAL</td> <td>PRESIDENTE</td> </tr> </tbody> </table>										Nombres y Apellidos	D.N.I.	Cargo	Entrevistado	RUBEN MICHA GARCIA	43431088	PRESIDENTE	PRESIDENTE	ADRIANO CASTAÑED PASTOR	43562862	SECRETARIA	PRESIDENTE	ALCIRA MICHA GARCIA	80047290	TESORERA	PRESIDENTE	CASTAÑEDA SILVA MANUEL	27051879	VOCAL	PRESIDENTE
Nombres y Apellidos	D.N.I.	Cargo	Entrevistado																										
RUBEN MICHA GARCIA	43431088	PRESIDENTE	PRESIDENTE																										
ADRIANO CASTAÑED PASTOR	43562862	SECRETARIA	PRESIDENTE																										
ALCIRA MICHA GARCIA	80047290	TESORERA	PRESIDENTE																										
CASTAÑEDA SILVA MANUEL	27051879	VOCAL	PRESIDENTE																										
P83. ¿Quién tiene el expediente técnico, memoria descriptiva o expediente replanteado? Marque con una X																													
Municipalidad	☐	Núcleo ejecutor	☐	Comunidad	☐	JASS	☐	No existe	☐	No sabe	☒	EPS	☐	Entidad ejecutora	☐														
P84. ¿Qué instrumentos de gestión usan?																													
Reglamento y Estatutos	☐	Libro de actas	☒	Padrón de asociad	☒	Libro caja	☒	Recibos de pago de cuota familiar	☐	No usan ninguna de las anteriores	☐																		
Otros (Especificar)																													
P85. ¿Cuántos usuarios existen en el padrón de asociados del sistema?										93	(Indicar número)																		
P86. ¿Existe una cuota familiar establecida para el servicio de agua potable? Marque con una X										Si ☒ No ☐																			
P87. ¿Cuánto es la cuota por el servicio de agua?										S/. 1.00	(Indicar en Nuevos Soles)																		
P88. ¿Cuántos no pagan la cuota familiar?										0	(Indicar número)																		
P89. ¿Cuántas veces se reúne la directiva con los usuarios del sistema? Marque con una X																													
Mensual	☐	3 veces por año o más	☐	1 ó 2 veces por año	☒	Sólo cuando es necesario	☐	No se reúnen	☐																				
P90. ¿Cada qué tiempo cambian la Junta Directiva? Marque con una X																													
Al año	☐	A los dos años	☒	A los tres años	☐	Más de tres años	☐																						
P91. ¿Quién ha escogido el modelo de piletta que tienen? Marque con una X																													
La esposa	☐	El esposo	☐	La familia	☒	El proyecto	☐																						
P92. ¿Cuántas mujeres participan de la Directiva del Sistema? Marque con una X																													
De 2 mujeres a más	☐	1 mujer	☒	Ninguna	☐																								
P93. ¿Han recibido cursos de capacitación? Marque con una X																													
Si ☐ No ☒										Charlas a veces? ☐																			
P95. ¿Se han realizado nuevas inversiones, después de haber entregado el sistema de agua potable a la comunidad? Marque con una X																													
Si ☒ No ☐																													
P96. ¿En que se ha invertido? Marque con una X																													
Reparación	☐	Mejoramiento	☒	Ampliación	☐	Capacitación	☐																						
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO										1.5																			
P97. ¿Existe un plan de mantenimiento? Marque con una X																													
Si y se cumple ☐ Si pero no se cumple ☐ Si y se cumple a veces ☐ No existe ☒																													
P98. ¿Los usuarios participan en la ejecución del plan de mantenimiento? Marque con una X																													
Si ☐ No ☒ A veces algunos ☐ Solo la junta ☐																													
P99. ¿Cada que tiempo se realiza la desinfección del sistema? Marque con una X																													
Una vez al año ☒ Dos veces al año ☐ Tres veces al año ☐ Cuatro veces al año ☐																													
Mas de cuatro veces al año ☐ No se hace ☐																													
P100. ¿Cada que tiempo cloran el agua? Marque con una X																													
Entre 15 y 30 días ☐ Mas de 3 meses ☐ Cada 3 meses ☐ Nunca ☒																													
P101. ¿Qué prácticas de conservación de la fuente de agua, en el área de influencia del manantial existen? Marque con una X																													
Zanjias de infiltracion ☐ Forestación ☐ Conser. veget.n natural ☐ No existe ☒																													
P102. ¿Quién se encarga de los servicios de gasfiteria? Marque con una X																													
Gasfitero/operador ☐ Los usuarios ☐ Los directivos ☒ Nadie ☐																													
P103. ¿Es remunerado el encargado de los servicios de gasfiteria? Marque con una X																													
Si ☐ No ☒																													
P104. ¿Cuenta el sistema con herramientas necesarias para la operación y mantenimiento? Marque con una X																													
Si ☐ No ☐ Algunas ☐ Son del gasfitero ☒																													

Aplicando la **Ecuación 35.** De Indice de sostenibilidad, tenemos:

$$\text{Indice de Sostenibilidad} = 2.51$$

Este valor corresponde a un estado malo, clasificado en la **Tabla 9**. cómo no sostenible para el sistema La Guabilla

4.7. Evaluación de la operación y mantenimiento de los sistemas de agua consumo humano en la localidad en estudio.

Del cuestionario aplicados **Anexo 5**, tenemos:

- Respecto a la operación las JASS de los sistemas de agua Alto Pingullo, La Guabilla y Ojo de Agua las actividades son realizadas por miembros de las JASS, ya que no cuentan con un operador formal.
- El sistema funciona sin manipular válvulas del reservorio o las de control diariamente, presentan pocas interrupciones del servicio y fugas frecuentes, tienen pocas herramientas para realizar sus actividades, la municipalidad brinda asistencia técnica esporádica. Solo cuando el servicio el presidente u otro miembro de la JASS realiza la visita al reservorio y la manipulación de algunas válvulas cuando se requiere.
- Realizan limpiezas una vez al año o cuando sea necesario, principalmente al reservorio y a la captación. las actividades de mantenimiento lo realizan la JASS con sus propios medios.
- Cuentan con una unidad de cloración, no está funcionamiento por oposición social. por falta de concientización y también por algunos accesorios no se encuentran en buen estado.
- Las actividades de limpieza y manteamiento no son programas. ya que se realizan cuando se requiere se realizan estas.
- El servicio es continuo todo el año para Alto Pingullo y Ojo de agua. varia el caudal, pero no llega afectar el suministro y continuidad del servicio en las viviendas, en época de lluvia existe quejas por el color del agua, la presión en las viviendas es buena.
- Se han identificado mal uso de agua especialmente en regadío.
- Para el sistema de La Guabilla el servicio no en continuo en el periodo seco, presentando mayores dificultades y quejas con los usuarios.
- Las cuotas familiares no cubren los costos totales de operación y mantenimiento. Además, la falta de capacitación técnica y apoyo municipal limita la sostenibilidad operativa.

4.8. Propuesta de mejoramiento

4.8.1. Alto Pingullo

Tabla 62

Propuesta de Mejora para el Sistema Alto Pingullo

Componente	Propuesta de mejoramiento	Acciones Específicas	Beneficio Esperado
captación	Mejoramiento correctivo y preventivo	- Limpieza interna y retiro de sedimentos de la cámara de lecho filtrante y la cámara húmeda. - Reposición de material filtrante fino. - Adecuación de la altura del tubo de rebose y accesorios - Implementar una zanja de coronación. - Desafección de estructura de capacitación	Mayor eficiencia de captación y reducción de turbiedad
Línea de conducción	Mejoramiento Preventivo y adecuación técnica	- Realizar mantenimiento preventivo y tapado de tuberías expuestas. - Optimización del diámetro la línea de conducción.	Menores pérdidas y mejor transporte del caudal
Reservorio	Mejoramiento correctivo y preventivo	- Limpieza del interior del reservorio y desinfección. - Implementación de cono de rebose y nivel estático. - Reparación de tubería de salida en la cámara de válvulas. - Instalación de sumidero y material filtrante en cámara de válvulas.	Almacenamiento seguro
Sistema de Cloración	Mejoramiento correctivo, preventivo y recuperación operativa	- Reposición de accesorios. - Capacitación y sensibilización a miembros de la JASS y a la población. - Dosificación manual periódica cada 15 días.	Mejor calidad de agua
Medidor de caudal	Mejoras preventivas de protección	- Reparación e impermeabilización de caja de protección. - Implementación de sumidero.	Mayor vida útil del equipo
Red de distribución	Mantenimiento correctivo	- Optimización de diámetros para mejorar presiones y caudales, ver plano (P-04) y Anexo 17. - Válvulas de purga (03) véase en el plano (P-04)	Estabilidad del suministro

Tabla 63

Costos y presupuestos Alto Pingullo

Presupuesto	1102003	MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMA DE AGUA PARA CONSUMO DE LA LOCALIDAD DE YAGÈN 2025			
Subpresupuest	001	MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMA DE AGUA PARA CONSUMO ALTO PINGULLO 2025			
Cliente					Costo al 02/02/2026
Lugar	CAJAMARCA - CELENDIN - CORTEGANA - YAGÈN				
Item	Descripción	Und.	Metradc	Precio S/.	Parcial S/.
01	SISTEMA ALTO PINGULLO				2,513.29
01.01	CAPTACIÓN				201.69
01.01.01	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				109.28
01.01.01.01	LIMPIEZA DEL INTERIOR DE LA CAPTACIÓN	glb	1.00	10.26	10.26
01.01.01.02	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MATERIAL FILTRANTE - GRAVA DE 1/2" a	m3	0.54	66.87	36.11
01.01.01.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MATERIAL FILTRANTE GRAVILLA	m3	0.35	50.82	17.79
01.01.01.04	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIA DE REBOSE TUB PVC SAP Ø2" ,	glb	1.00	45.12	45.12
01.01.02	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				92.41
01.01.02.01	DESINFECCIÓN DE ESTRUCTURA SANITARIA	glb	1.00	42.68	42.68
01.01.02.02	EXCAVACIÓN MANUAL DE TERRENO NORMAL PARA ZANJA DE	m3	0.97	51.27	49.73
01.02	LÍNEA DE CONDUCCIÓN				35.89
01.02.01	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				35.89
01.02.01.01	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE ZANJA EN TUBERIA EXPUESTA	m3	0.70	51.27	35.89
01.03	RESERVORIO				141.60
01.03.01	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				78.50
01.03.01.01	LIMPIEZA DEL INTERIOR DEL RESERVORIO	glb	1.00	10.26	10.26
01.03.01.03	REPARACIÓN DE TUB PVC SALIDA RESERVORIO	glb	1.00	25.12	25.12
01.03.01.04	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE INDICADOR NIVEL ESTATICO DEL	und	1.00	43.12	43.12
01.03.02	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				63.10
01.03.02.01	DESINFECCIÓN DE ESTRUCTURA SANITARIA	glb	1.00	42.68	42.68
01.03.02.02	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MATERIAL FILTRANTE PARA CÁMARA DE	m3	0.20	102.10	20.42
01.04	SISTEMA DE CLORACIÓN				991.96
01.04.01	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				178.84
01.04.01.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS PVC SAP Ø1/2"	glb	1.00	154.12	154.12
01.04.01.02	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO	glb	1.00	24.72	24.72
01.04.02	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				813.12
01.04.02.01	SUMINISTRO DE HIPOCLORITO DE CALCIO AL 70% , BALDE 45 KG	bld	1.00	813.12	813.12
01.05	MEDIDOR DE CAUDAL				92.15
01.05.01	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				64.03
01.05.01.01	REPARACION DE CAJA DE PROTECCIÓN DE MEDIDOR	und	1.00	39.22	39.22
01.05.01.02	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MATERIAL FILTRANTE PARA MEDIDOR	m3	0.10	66.87	6.69
01.05.01.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE DRENAJE (SUMIDERO) EN CAJA DE	und	1.00	18.12	18.12
01.05.02	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				28.12
01.05.02.01	IMPERMEABILIZACIÓN CAJA DE PROTECCIÓN	glb	1.00	28.12	28.12
01.06	RED DE DISTRIBUCIÓN				750.00
01.06.01	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				750.00
01.06.01.02	INSTALACIÓN DE VÁLVULA DE PURGA Ø 3/4"	und	3.00	250.00	750.00
1.07	OPERACIÓN DEL SISTEMA ALTO PINGULLO				300.00
01.07.01.	PAGO MENSUAL DE OPERADOR DEL SISTEMA ALTO PINGULLO	Pers	1.00	300.00	300.00
	Costo Directo				2,513.29

La propuesta de mejora del sistema Alto Pingullo comprende acciones de mantenimiento en sus componentes para corregir deficiencias operativas y de prevención. El presupuesto total asciende a S/ 2,513.29, con mayor participación del sistema de cloración y la red (Sin cambio de diámetros de tuberías existentes). Las intervenciones propuestas están acordes con las condiciones actuales del sistema evaluado.

4.8.2. Ojo de agua

Tabla 64

Propuesta de mejora para el sistema Ojo De Agua

Componente	Propuesta de mejoramiento	Acciones Específicas	Beneficio Esperado
captación	Mejoramiento correctivo y preventivo	- Limpieza y desinfección interna de la cámara de lecho filtrante y la cámara húmeda por el crecimiento de raíces. - Reposición de material filtrante fino. - Adecuación de la altura del tubo de rebose. - Zanja de coronación alrededor del muro de protección.	Recuperación de la eficiencia y reducción de raíces
Reservorio	Reforzamiento estructural y sanitario	- Reparación y rehabilitación total. ya que esta estructura ya cumplió su vida útil. - Limpieza y desinfección de reservorio. - Instalación de cono de rebose	Menor riesgo estructural y agua más segura
Sistema de cloración	Recuperación del sistema	- Limpieza de sistema y cambio de accesorios. - Capacitación y sensibilización a miembros de la JASS y a la población - Dosificación manual periódica cada 15 días	Mayor calidad del agua
Red de distribución	Mejoramiento correctivo y preventivo	- Protección de tuberías expuestas - Implementación de 02 cámaras rompe presión CRP-7, conforme a lo indicado en el Plano (P-05). - Instalación de 04 válvulas de purga ver plano (P-05) - Optimización de los diámetros de la red con el fin de mejorar las condiciones de presión, conforme al Anexo 18 y al Plano (P-05).	Asegurar la presión a las viviendas
Pases aéreos	Mejoramiento correctivo y preventivo	- Limpieza y desbroce de vegetación - Reposición y tensado de cables y abrazaderas - Reparación de muros	Recuperación de vida útil de pases aéreos
Válvulas de control	Mejoramiento preventivo	- Instalación de material filtrante y sumidero	Conservación de válvulas

Tabla 65

Costos de propuesta de mejora para el sistema Ojo de agua

Presupuesto	1102003	MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMA DE AGUA PARA CONSUMO DE LA LOCALIDAD DE YAGÉN 2025			
Subpresupuesto	001	MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMA DE AGUA PARA CONSUMO OJO DE AGUA 2025			
Cliente		Costo al #####			
Lugar	CAJAMARCA - CELENDIN - CORTEGANA - YAGÈN				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	SISTEMA OJO DE AGUA				4,023.10
01.01	CAPTACIÓN				201.69
01.01.01	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				109.28
01.01.01.01	LIMPIEZA DEL INTERIOR DE LA CAPTACIÓN	glb	1.00	10.26	10.26
01.01.01.02	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MATERIAL FILTRANTE - GRAVA DE ½" a ¾ "	m3	0.54	66.87	36.11
01.01.01.03	SUMINSTRO E INSTALACIÓN DE REBOSE TUB PVC SAP Ø2", H=0.30m	glb	1.00	45.12	45.12
01.01.01.04	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MATERIAL FILTRANTE GRAVILLA	m3	0.35	50.82	17.79
01.01.02	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				92.41
01.01.02.01	DESINFECCIÓN DE ESTRUCTURA SANITARIA	glb	1.00	42.68	42.68
01.01.02.02	EXCACIÓN MANUAL DE TERRENO NORMAL PARA ZANJA DE CORONACIÓN	m3	0.97	51.27	49.73
01.02	RESERVORIO				564.10
01.02.01	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				472.88
01.02.01.01	LIMPIEZA DEL INTERIOR DEL RESERVORIO	glb	1.00	10.26	10.26
01.02.01.02	REPARACIÓN ESTRCUTURAL DEL RESERVORIO	m2	3.00	131.46	394.38
01.02.01.03	SUMINISTRO E INSTLACIÓN DE CONO DE REBOSE	glb	1.00	25.12	25.12
01.02.01.04	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE NIVEL ESTATICO	und	1.00	43.12	43.12
01.02.02	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				91.22
01.02.02.01	DESINFECCIÓN DE ESTRUCTURA SANITARIA	glb	1.00	42.68	42.68
01.02.02.02	IMPERMEABILIZACIÓN DE RESERVORIO	glb	1.00	28.12	28.12
01.02.02.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MATERIAL FILTRANTE PARA CÁMARA DE VÁLVULAS	m3	0.20	102.10	20.42
01.03	SISTEMA DE CLORACIÓN				991.96
01.03.01	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				178.84
01.03.01.01	SUMINISTRO E INSTLACIÓN DE ACCESORIOS PVC SAP Ø1/2"	glb	1.00	154.12	154.12
01.03.01.02	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO	glb	1.00	24.72	24.72
01.03.02	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				813.12
01.03.02.01	SUMINISTRO DE HIPOCLORITO DE CALCIO AL 70% GLN 45 KG	gal	1.00	813.12	813.12
01.04	MEDIDOR DE CAUDAL				52.93
01.04.01	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				24.81
01.04.01.01	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MATERIAL FILTRANTE PARA MEDIDOR	m3	0.10	66.87	6.69
01.04.01.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SUMIDERO	und	1.00	18.12	18.12
01.04.02	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				28.12
01.04.02.01	IMPERMEABILIZACIÓN CAJA DE PROTECCIÓN	glb	1.00	28.12	28.12
01.05	RED DE DISTRIBUCIÓN				1,912.42
01.05.01	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				1,127.60
01.05.02	RELLENO Y PROTECCIÓN DE TUBERÍA EXPUESTA EN RED DE AGUA	glb	2.00	20.51	41.02
01.05.03	CONSTRUCCIÓN DE CÁMARA ROMPE PRESIÓN EN RED DE DISTRIBUCIÓN	glb	1.00	723.46	723.46
01.05.04	INSTALACIÓN DE VÁLVULA DE CONTROL	und	1.00	85.12	85.12
01.05.05	INSTALACIÓN DE VÁLVULA DE PURGA Ø ¾"	und	4.00	278.00	278.00
01.05.06	PASES AEREOS				698.90
01.05.06.01	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				493.90
01.05.06.01.01	REPOSICIÓN Y TENSADO DE CABLES DE PASE AÉREO	m	10.00	24.77	247.70
01.05.06.01.02	REPOSICIÓN DE ABRAZADERAS Y SOPORTES DE TUBERÍA EN PASE AÉREO	und	10.00	5.62	56.20
01.05.06.01.03	REPARACIÓN DE MUROS DE APOYO DE PASE AÉREO	glb	1.00	190.00	190.00
01.05.06.02	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				205.00
01.05.06.02.01	LIMPIEZA Y DESBROCE DE VEGETACIÓN EN PASE AÉREO DE TUBERÍA	m	10.00	8.00	80.00
01.05.06.02.02	PROTECCIÓN ANTICORROSIVA DE CABLES Y SOPORTES	m	10.00	12.50	125.00
01.05.07	VALVULAS DE CONTROL EN LA RED				85.92
01.05.07.01	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				38.12
01.05.07.01.01	CONSTRUCCIÓN DE DRENAJE EN CAJA DE VÁLVULA	und	1.00	38.12	38.12
01.05.07.02	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				47.80
01.05.07.02.01	LIMPIEZA DE CAJA DE VÁLVULAS	und	6.00	3.28	19.68
01.05.07.02.02	IMPERMEABILIZACIÓN CAJA DE PROTECCIÓN	glb	1.00	28.12	28.12
01.06	OPERACIÓN DEL SISTEMA OJO DE AGUA				300.00
01.06.01.	PAGO MENSUAL DE OPERADOR DEL SISTEMA ALTO PINGULLO	Pers	1.00	300.00	300.00
Costo Directo				4,023.10	
SON : CUATRO MIL VIENTITRES CON 10/100 NUEVOS SOLES					

La propuesta de mejora realizada para el sistema Ojo de Agua contempla intervenciones en la captación, reservorio, sistema de cloración y red de distribución (Sin

cambios de diámetros en la tubería), incorporando además acciones en pases aéreos y válvulas de control para corregir deficiencias estructurales y operativas identificadas. El presupuesto total asciende a S/ 4,023.10, concentrándose principalmente en la red de distribución y el sistema de cloración, que representan la mayor parte del costo. Las acciones planteadas guardan correspondencia con las condiciones observadas del sistema evaluado.

4.8.3. La Guabilla

Tabla 66.

Propuesta de mejora para el sistema La Guabilla

Componente	Propuesta de mejoramiento	Acciones Específicas	Beneficio Esperado
Captación para la Guabilla y Chahuarpata	Mejoramiento correctivo y preventivo	- Limpieza de la cámara de lecho filtrante y cámara húmeda. - Reposición del material filtrante fino. - Adecuación de la altura del tubo de rebose para asegurar el funcionamiento adecuado. - Construcción de una zanja de coronación alrededor del muro de protección. - Evaluación técnica para incorporar una nueva fuente de abastecimiento.	Mayor eficiencia de captación y continuidad en el suministro.
Línea de conducción Chauarpata	Mejoramiento correctivo y preventivo	- Instalación de 02 válvulas de aire en los tramos aproximados y 02 válvula de purga. - Implementación de 02 cámaras rompe presión ver plano (P-06). - Optimización de diámetro, ver plano (P-06) - Protección de tuberías expuestas y reparación de roturas en puntos vulnerables	Reducción de pérdidas y mayor confiabilidad en el transporte del caudal.
Reservorio	Mejoramiento correctivo y preventivo	- Limpieza interna y remoción de sedimentos acumulados. - Instalación de cono de rebose para evacuar excesos de forma segura. - Gestión para la construcción de un nuevo reservorio con mayor capacidad, ajustado a la demanda actual.	Almacenamiento más seguro y adecuado para garantizar la continuidad del servicio.
Sistema de Cloración	Reactivación funcional	- Limpieza del sistema de cloración y reposición de accesorios deteriorados. - Capacitación y sensibilización a la JASS y a la población sobre la cloración. - Dosificación manual de cloro cada 15 días. con registro permanente.	Mejor calidad sanitaria del agua distribuida.
Medidor de caudal	Mejoras preventivas de protección	- Impermeabilización de caja de protección. - Implementación de sumidero.	Mayor vida útil del equipo
Red de distribución	Mejoras hidráulicas puntuales	- Optimización de diámetros, ver Anexo 19 y Plano (P-07) - Implementación de 03 cámaras rompe presión tipo 7 - Implementación de 03 válvulas de purga, ver plano (P-07)	Asegurar la presión a las viviendas
Válvulas de control	Mejora preventiva	- Instalación de material filtrante y sumidero	Conservación de válvulas

Tabla 67

Costos y Presupuestos La Guabilla

Presupuesto	1102003	MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMA DE AGUA PARA CONSUMO DE LA LOCALIDAD DE YAGÈN 2025			
Subpresupuesto	001	MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMA DE AGUA PARA CONSUMO ALTO PINGULLO 2025			
Cliente	Castañeda Pastor, Oxana Jhuleysi				Costo al 12/02/2026
Lugar	CAJAMARCA - CELENDIN - CORTEGANA - YAGÈN				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
01	SISTEMA ALTO PINGULLO				5,869.88
01.01	CAPTACIÓN (01) - LA GUABILLA				219.59
01.01.01	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				133.33
01.01.01.01	LIMPIEZA DEL INTERIOR DE LA CAPTACIÓN	glb	1.00	10.26	10.26
01.01.01.02	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MATERIAL FILTRANTE - GRAVA DE ¾ A 1"	m3	0.45	66.87	30.09
01.01.01.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MATERIAL FILTRANTE GRAVILLA	m3	0.25	50.82	12.71
01.01.01.04	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE REBOSE TUB PVC SAP Ø2", H=0.20 m	glb	1.00	45.12	45.12
01.01.01.05	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MATERIAL FILTRANTE EN CAMARA DE VALVULAS	m3	0.25	68.12	17.03
01.01.01.06	SUMINISTRO E INSTLACIÓN DE SUMIDERO EN CAMARA DE VALVULAS	und	1.00	18.12	18.12
01.01.02	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				86.26
01.01.02.01	DESINFECCIÓN DE ESTRUCTURA SANITARIA	glb	1.00	42.68	42.68
01.01.02.02	EXCACIÓN MANUAL DE TERRENO NORMAL PARA ZANJA DE CORONACIÓN	m3	0.85	51.27	43.58
01.02	CAPTACIÓN (02) - CHAHUARPATA				482.21
01.02.01	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				138.92
01.02.01.01	LIMPIEZA DEL INTERIOR DE LA CAPTACIÓN	glb	1.00	10.26	10.26
01.02.01.02	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MATERIAL FILTRANTE - GRAVA DE ¾ A 1"	m3	0.70	66.87	46.81
01.02.01.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MATERIAL FILTRANTE GRAVILLA	m3	0.40	50.82	20.33
01.02.01.04	EXCACIÓN MANUAL DE TERRENO NORMAL PARA ZANJA DE CORONACIÓN	m3	1.20	51.27	61.52
01.02.02	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				343.29
01.02.02.01	DESINFECCIÓN DE ESTRUCTURA SANITARIA	glb	1.00	42.68	42.68
01.02.02.02	LIMPIEZA Y DESBROCE DE VEGETACIÓN EN LA CAPTACIÓN CHAHUARPATA	glb	1.00	99.60	99.60
01.02.02.03	REPOSICIÓN Y TENSADO DE ALAMBRES DE PUAS EN CERCO PERIMETRICO	glb	1.00	201.01	201.01
01.03	LÍNEA DE CONDUCCIÓN CHAHUARPATA				1,422.99
01.03.01	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				
01.03.02	CONSTRUCCIÓN DE CÁMARA ROMPE PRESIÓN EN RED DE DISTRIBUCIÓN	glb	2.00	361.73	723.46
01.03.03	REPARACIÓN DE TUB PVC SALIDA RESERVORIO	glb	4.00	25.12	100.48
01.03.04	INSTALACIÓN DE VÁLVULA DE PURGA Ø ¾"	und	2.00	102.75	224.99
01.03.05	INSTALACIÓN DE VÁLVULA DE AIRE Ø ¾"	und	2.00	156.27	312.53
01.04.01	RELLENO Y PROTECCIÓN DE TUBERÍA EXPUESTA EN RED DE AGUA	glb	3.00	20.51	61.53
01.04	RESERVORIO				211.51
01.04.02	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				91.92
01.04.02.01	LIMPIEZA DEL INTERIOR DEL RESERVORIO	glb	1.00	10.26	10.26
01.04.02.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE NIVEL ESTATICO	und	1.00	43.12	43.12
01.04.02.03	SUMINISTRO E INSTLACIÓN DE SUMIDERO	und	1.00	18.12	18.12
01.04.02.04	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MATERIAL FILTRANTE DE ½" a ¾"	m3	0.20	102.10	20.42
01.04.03	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				119.59
01.04.03.01	DESINFECCIÓN DE ESTRUCTURA SANITARIA	glb	1.00	42.68	42.68
01.04.03.02	EXCACIÓN MANUAL DE TERRENO NORMAL PARA ZANJA DE RESERVORIO	m3	1.50	51.27	76.91
01.05	SISTEMA DE CLORACIÓN				1,034.64
01.05.01	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				
01.05.01.01	SUMINISTRO E INSTLACIÓN DE ACCESORIOS PVC SAP Ø ½"	glb	1.00	154.12	154.12
01.05.01.02	DESINFECCIÓN DE ESTRUCTURA SANITARIA	glb	1.00	42.68	42.68
01.06.0	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO	glb	1.00	24.72	24.72
01.05.02	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				813.12
01.05.02.01	SUMINISTRO DE HIPOCLORITO DE CALCIO AL 70% GLN 45 KG	gal	1.00	813.12	813.12
01.06	MEDIDOR DE CAUDAL				52.93
01.06.01	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				
01.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MATERIAL FILTRANTE - GRAVA DE ¾ A 1"	m3	0.10	66.87	6.69
01.06.04	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SUMIDERO	und	1.00	18.12	18.12
01.06.06	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
01.06.05	IMPERMEABILIZACIÓN CAJA DE PROTECCIÓN	glb	1.00	28.12	28.12
01.07	RED DE DISTRIBUCIÓN				2,146.01
01.07.01	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				
01.07.02	CONSTRUCCIÓN DE CÁMARA ROMPE PRESIÓN EN RED DE DISTRIBUCIÓN	glb	3.00	241.15	723.46
01.07.03	RELLENO Y PROTECCIÓN DE TUBERÍA EXPUESTA EN RED DE AGUA	glb	5.00	20.51	102.55
01.07.04	INSTALACIÓN DE VÁLVULA DE PURGA Ø ¾"	und	3.00	149.99	449.98
01.07.06	VALVULAS DE CONTROL EN LA RED				244.96

01.07.06.01	MANTENIMIENTO CORRECTIVO				218.72
01.07.06.01.01	IMPERMEABILIZACIÓN DE ESTRUCTURA	m2	1.00	28.12	28.12
01.07.06.01.02	CONSTRUCCIÓN DE DRENAJE EN CAJA DE VÁLVULA	und	5.00	38.12	190.60
01.07.06.02	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				26.24
01.07.06.02.01	LIMPIEZA DE CAJA DE VÁLVULAS	und	8.00	3.28	26.24
1.08	OPERACIÓN DEL SISTEMA OJO DE AGUA				300.00
01.08.01.	PAGO MENSUAL DE OPERADOR DEL SISTEMA ALTO PINGULLO	Pers	1.00	300.00	300.00
	Costo Directo				5,869.88
	SON: CINCO MIL OCHOCIENTOS SESENTINUEVE Y 88/100 NUEVOS SOLES				

La propuesta de mejora del sistema La Guabilla considera intervenciones en las captaciones de La Guabilla y Chahuarpata, la línea de conducción, sin modificar el diámetro de está, el reservorio, el sistema de cloración y la red de distribución, orientadas a restituir condiciones hidráulicas y sanitarias del servicio. El presupuesto total asciende a S/ 5,869.88, con mayor participación de la red de distribución, la conducción Chahuarpata y el sistema de cloración, que concentran la mayor parte de la inversión. En menor proporción se incluyen trabajos en captaciones y reservorio. Las acciones propuestas responden a las limitaciones de oferta y a las deficiencias operativas identificadas en el sistema. Sin considerar la optimización de diámetros de la red de distribución ya estos demandarías de cortes del servicio largos y de un costo mayor.

4.9. Discusión de resultados

El objetivo general de la investigación fue evaluar hidráulicamente el sistema de agua de consumo humano de la localidad de Yagén. En este apartado se presenta una discusión de carácter general, que reúne los principales resultados vinculados con la descripción de la infraestructura existente, la estimación de los caudales de oferta en las captaciones y la demanda poblacional, el análisis de los coeficientes de variación registrados en los reservorios, la revisión del comportamiento hidráulico de la red de distribución y la identificación de las actividades de operación y mantenimiento realizadas en los tres sistemas evaluados.

Es importante señalar que, en los ítems siguientes, estos aspectos se desarrollan de manera más detallada, profundizando en la relación entre la oferta y la demanda de agua, así como en la evaluación hidráulica particular de cada sistema que conforma el abastecimiento de la localidad.

De acuerdo con los antecedentes locales de Yupanqui (2024) y Sánchez (2023), quienes realizaron estudios descriptivos apoyados en herramientas de campo, así como en software especializado como WaterCAD y AutoCAD 2024, los resultados obtenidos en Yagén muestran una tendencia similar. En los tres sistemas evaluados se evidencian presiones próximas a los límites normativos, velocidades hidráulicas no óptimas, uso inadecuado del

recurso para actividades ajenas al consumo humano y componentes con signos de deterioro, lo que se relaciona directamente con la ausencia de mantenimiento regular.

Estas condiciones reflejan la necesidad de fortalecer la gestión, operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento, así como de implementar acciones correctivas que garanticen un servicio continuo, eficiente y con parámetros de calidad acordes con las exigencias sanitarias vigentes. Ello permitirá asegurar un suministro de agua adecuado y confiable para la población de la localidad.

4.9.1. Discusión de los Caudales de Oferta y Demanda

Sistema Alto Pingullo: los aforos obtenidos en la **Tabla 38**, en periodo seco 0.942 L/s, supera ligeramente la demanda máxima diaria del sistema 0.926 L/s, lo que indica que la captación puede cubrir adecuadamente el consumo actual.

Sistema Ojo de Agua: los aforos obtenidos en la **Tabla 39**, en el periodo crítico es de 1.069 L/s, también es superior a la demanda máxima diaria 0.938 L/s, confirmando que la oferta hídrica es suficiente para cubrir el consumo de la población abastecida.

Los hallazgos de los sistemas Alto Pingullo y Ojo de agua coinciden con Vargas (2022). quien reporta que caudales similares permiten cubrir la demanda sin interrupciones. De igual forma, Portilla & Quilachamín (2021) señalan que, en contextos rurales, las limitaciones del servicio no suelen originarse en la cantidad de agua, sino en aspectos operativos o de gestión del sistema.

Sistema La Guabilla: la suma de los caudales aforados **Tabla 40 y 41**, de las dos capacitaciones es 0.565 L/s, es insuficiente frente a la demanda máxima diaria 0.903 L/s, lo que evidencia un déficit que limita la continuidad del servicio en periodo seco, para Yupanui (2024), señala que situaciones como esta requieren ajustar el diseño hidráulico para responder a los picos de consumo. Además, resalta la importancia de fortalecer la infraestructura para evitar caídas en el abastecimiento.

Tabla 68

Resumen de Caudales de demanda en los sistemas

SISTEMA	Qm (L/s)	Qmh (L/s)	Qmd (L/s)	K₁	K₂	N° Habitantes	Dotación (L/Hab/d)
Alto Pingullo	0.83	1.39	0.930	1.11	1.67	112	640.29
Ojo de Agua	0.77	1.67	0.940	1.21	2.15	401	165.91
La Guabilla	0.83	1.67	0.900	1.08	1.99	464	154.55

Sistema Alto Pingullo: muestra una relación oferta - demanda favorable: el caudal medio 0.83 L/s y el caudal máximo horario 1.39 L/s y la demanda máxima diaria 0.93 L/s, lo que garantiza un abastecimiento estable bajo las condiciones actuales. Su dotación 640.29 L/hab/d es la más alta entre los sistemas evaluados y supera ampliamente los valores recomendados por el MVCS (2018), lo cual puede estar relacionado con su baja población (110 habitantes) y con una mayor disponibilidad de agua por usuario. Los coeficientes de variación $K_1 = 1.11$; $K_2 = 1.67$ reflejan una variabilidad diaria y horaria moderada; aunque están por debajo de los valores recomendados para sistemas rurales, lo que describen un patrón de consumo estable pese al alto uso per cápita.

Sistema Ojo de Agua: La dotación es de 165.91 L/hab/día es notablemente menor que en Alto Pingullo, pero sigue estando por encima de los parámetros de referencia del MVCS, lo que resulta coherente con su población mayor (401 habitantes) y con una distribución más equilibrada del uso del agua. Su caudal máximo horario 1.67 L/s, es suficiente para cubrir la demanda máxima diaria 0.94 L/s. Los coeficientes de variación $K_1 = 1.21$; $K_2 = 2.15$, son los más altos entre los sistemas estudiados, lo que indica que es el sistema con mayor fluctuación tanto entre días como en las horas de mayor consumo, reflejando picos más marcados y una demanda menos homogénea.

Sistema La Guabilla: Este sistema presenta un caudal medio similar a los otros sistemas 0.83 L/s, pero su dotación 154.55 L/hab/d es la más baja, aunque igualmente superior a la referencia normativa. Esto se explica por su población mayor (464 habitantes), que produce una distribución más ajustada del recurso, el coeficiente $K_1 = 1.08$ es el más bajo, lo que indica una variación diaria más uniforme respecto a los otros sistemas. Sin embargo, el coeficiente $K_2 = 1.99$ evidencia picos horarios importantes. En campo se constató que durante la hora máxima horaria no todas las viviendas disponen de agua, lo que confirma que la demanda en ese periodo supera la capacidad instantánea de suministro, por lo que enfrenta restricciones en los momentos de mayor consumo horario.

Los resultados de los tres sistemas coinciden con los patrones descritos en estudios como Yupanqui (2024) y Sánchez (2023), lo que refuerza la confiabilidad de las mediciones y permite interpretar de manera comparativa el desempeño hidráulico de cada sistema según su relación entre oferta y demanda.

4.9.2. Evaluación Hidráulica

Sistema Alto Pingullo: La captación presenta problemas físicos como presencia de sedimentos y raíces, además de la falta de un material filtrante adecuado, lo que reduce su

eficiencia y facilita el ingreso de partículas a la conducción, de igual forma el rebose se encuentra por encima de los orificios de entrada, lo hace que retorne el caudal y reduce su eficiencia hidráulica, su volumen de regulación está dentro de los rangos aceptables se la norma para la cámara húmeda. En la línea de conducción, pese a estar sobredimensionada con tubería PVC de 2" C-10, las presiones de llegada al reservorio están por encima de los 5 m.c.a. El volumen útil del reservorio determinado mediante el diagrama de masas es de 9.42 m³, valor inferior al estimado bajo el criterio del 25 % del caudal medio, que asciende a 18 m³. Esta diferencia evidencia que el volumen de regulación requerido según el comportamiento real del sistema es menor al proyectado teóricamente. No obstante, el volumen útil verificado en campo es de 7 m³, manteniéndose también por debajo tanto del valor normativo como del obtenido en el análisis de masas, lo que refleja una capacidad de regulación limitada. A pesar de ello, considerando el superávit promedio entre oferta y demanda y el reducido número de usuarios, el sistema logra mantener un funcionamiento hidráulico estable en condiciones actuales. Para la línea de aducción esta fuera de los rangos calculados de velocidad y diámetros. En la red de distribución, las presiones varían entre 6.61 y 58.98 m.c.a., y aunque el valor máximo se acerca al límite superior recomendado, el modelo reproduce un comportamiento del sistema dentro del margen aceptable de precisión y mantiene un desempeño operativo aceptable, el índice de sostenibilidad de la metodología siras lo cualifica con medianamente sostenible, ya que existe deficiencias en la operación y el manteniendo

Sistema Ojo de Agua: En la captación, donde se observan sedimentos, falta de un material filtrante adecuado y un nivel de rebose que supera los orificios de entrada, lo que provoca retorno del caudal y disminuye la eficiencia de operación; además, la cámara húmeda dispone de un volumen de regulación menor al requerido. El volumen útil obtenido mediante el diagrama de masas es de 25.414 m³ y corresponde al superávit diario acumulado entre la oferta y la demanda. Este valor es superior al estimado según el criterio del 25 % del caudal medio, equivalente a 17 m³, lo que indica que el requerimiento real de regulación es mayor al proyectado bajo el enfoque normativo. Por su parte, el volumen físico del reservorio, de 20 m³, se encuentra por encima del valor teórico recomendado, pero resulta inferior al volumen de regulación evidenciado por el análisis de masas, lo que sugiere una capacidad limitada para almacenar la totalidad del excedente diario. Asimismo, considerando que el reservorio presenta una antigüedad superior a 20 años, se infiere que ha superado su vida útil de diseño, condición que podría influir en su desempeño estructural y operativo a largo plazo. La línea de conducción se encuentra sobredimensionada en relación con los caudales manejados, pero mantiene presiones de llegada mayores a 5 m.c.a., lo que asegura continuidad en el transporte. En la red de distribución, la presión mínima registrada 0.31 m.c.a., es insuficiente frente al valor recomendado, mientras que la presión máxima 70.87 m.c.a., sobrepasa el límite

aceptable, evidenciando zonas con servicio deficiente y otras expuestas a riesgos por sobrepresión, sobre todo, en los tramos más alejados del sistema.

Sistema La Guabilla: En este sistema, las captaciones presentan acumulación de sedimentos y ausencia de material filtrante adecuado, lo que reduce su eficiencia hidráulica y limita la disponibilidad efectiva del recurso, situación que se agrava al verificarse que la suma de caudales aportados por ambas fuentes resulta ajustada frente a los requerimientos del sistema. En la conducción Chahuarpata se registra una presión de llegada de 133.81 m.c.a., valor que supera la clase nominal de la tubería instalada y los rangos recomendados por la normativa técnica, condición que incrementa el riesgo de fallas estructurales y justifica la implementación de una cámara rompe presión para disipar energía. Asimismo, el volumen útil del reservorio verificado en campo es de 7 m³, inferior tanto al valor estimado mediante el criterio del 25 % del caudal medio, equivalente a 18 m³, como al volumen de regulación requerido según el diagrama de masas, que asciende a 23.28 m³ asociado a déficit acumulado, lo que evidencia una capacidad insuficiente para equilibrar oferta y demanda en periodos críticos; en consecuencia, se requiere ampliar la capacidad de almacenamiento o aplicar estrategias operativas como programación de llenado y distribución sectorizada. Finalmente, aunque en la red de distribución las presiones superan los 5 m.c.a., el uso predominante de tuberías de ½" no se ajusta a las recomendaciones técnicas del MVCS para garantizar mayor durabilidad y mejores condiciones hidráulicas en escenarios de máxima demanda.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se realizó la caracterización general de la localidad de Yagén para contextualizar el área de estudio.
- Se describió el estado actual de los sistemas de abastecimiento Alto Pingullo, Ojo de Agua y La Guabilla, identificándose deficiencias funcionales de sus componentes debido principalmente a la ausencia de mantenimiento preventivo y a intervenciones no planificadas, siendo el sistema La Guabilla el que presenta mayores limitaciones en su funcionamiento.
- El análisis de la demanda de agua permitió identificar diferencias en el comportamiento de consumo entre los sistemas evaluados. El sistema Alto Pingullo abastece a 112 habitantes y presenta una demanda máxima diaria de 0.930 L/s con una dotación estimada de 640.29 L/hab/d, la cual es cubierta por una oferta de 0.942 L/s. En el sistema Ojo de Agua, que atiende a 401 habitantes, la demanda máxima diaria alcanza 0.940 L/s con una dotación de 165.91 L/hab/d, mientras que su disponibilidad de agua es de 1.069 L/s. En contraste, el sistema La Guabilla, que abastece a 464 habitantes, registra una demanda máxima diaria de 0.900 L/s y una dotación de 154.55 L/hab/d; sin embargo, la oferta disponible es de 0.565 L/s, lo que evidencia un déficit en la provisión del servicio, especialmente durante el periodo seco. Asimismo, los coeficientes de variación evidencian mayor variabilidad horaria en Ojo de Agua ($K_2 = 2.15$) y una menor variación diaria en La Guabilla ($K_1 = 1.08$), reflejando diferencias en la dinámica de consumo entre los sistemas.
- La evaluación hidráulica mostró que Alto Pingullo y Ojo de Agua presentan condiciones operativas aceptables, aunque con deficiencias en captación y regulación; en contraste, La Guabilla evidencia mayores limitaciones, con sobrepresión en conducción (133.81 m.c.a.) y volumen de regulación insuficiente (7 m³ frente a 23.28 m³). Esta condición se refleja en los índices SIRAS obtenidos: Alto Pingullo (3.12 adimensional) y Ojo de Agua (3.28 adimensional), clasificados como medianamente sostenibles, y La Guabilla (2.51 adimensional), no sostenible. En conjunto, la menor sostenibilidad se vincula con restricciones hidráulicas y de almacenamiento del sistema. Asimismo, desde el punto de vista sanitario, se evidenció que actualmente no se realiza cloración del agua, teniendo en cuenta los resultados microbiológicos que muestran concentraciones elevadas de coliformes totales y coliformes termotolerantes, indicadores de contaminación microbiológica; además, durante la época de lluvias se incrementan los niveles de turbiedad en el agua captada

- La operación y mantenimiento presenta limitaciones por falta de planificación, registros, capacitación, herramientas y operador formal, lo que afecta el desempeño y la sostenibilidad de los sistemas.
- Se formularon propuestas de mejora con sustento técnico orientadas a la gestión de la demanda poblacional y a la optimización del funcionamiento hidráulico de los sistemas de abastecimiento. Mediante el modelamiento de las redes existentes se optimizaron los diámetros de las tuberías para lograr velocidades y presiones dentro de rangos adecuados de operación. En el sistema La Guabilla se propuso incrementar el caudal a 0.50 L/s y la construcción de un reservorio de mayor volumen, determinado mediante el diagrama de masas, a fin de cubrir la demanda actual e incorporar viviendas que aún no cuentan con conexión al servicio. Asimismo, las propuestas incluyen medidas para mejorar la calidad del agua mediante la implementación de cloración y el control de la turbiedad en épocas de lluvias. Finalmente, se realizó la determinación referencial de los costos de las mejoras propuestas, permitiendo evaluar su viabilidad técnica para fortalecer la sostenibilidad del sistema.

5.2. Recomendaciones

- Priorizar la implementación de medidas de mejora en el sistema La Guabilla, orientadas a incrementar la capacidad de regulación y disminuir las presiones en la conducción, en atención al déficit de oferta observado durante el periodo seco.
- Desarrollar intervenciones de rehabilitación en las captaciones de los tres sistemas, que comprendan limpieza periódica, reposición de material filtrante y adecuación de los niveles de rebose, con el propósito de recuperar la eficiencia hidráulica y limitar el ingreso de sedimentos.
- Solicitar asistencia técnica al área municipal competente y al puesto de salud de la localidad, a fin de fortalecer las prácticas de operación sanitaria y el control de la calidad del agua.
- Gestionar proyectos de ampliación de la infraestructura de abastecimiento que permitan atender la demanda actual y mejorar la continuidad del servicio.
- Reactivar y mantener el sistema de cloración en los tres abastecimientos mediante el reemplazo de accesorios y la dosificación periódica controlada, para asegurar condiciones sanitarias adecuadas del agua distribuida.
- Programar acciones preventivas de limpieza y desinfección de los componentes hidráulicos (captación, conducción, reservorio y red), incorporando registros operativos sistemáticos que faciliten el seguimiento del estado de la infraestructura.
- Realizar adecuaciones del diámetro de tubería en la línea de conducción y en las redes de distribución

BIBLIOGRÁFICAS

1. Agüero, R. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales: Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento*. Asociación Servicios Educativos Rurales.
2. Agüero, R. (2004). *Guía para el diseño y construcción de reservorios apoyados*.
3. Agüero Pittman, R. (2004). *Procedimientos para la operación y mantenimiento de captaciones y reservorios de almacenamiento*.
4. Barrios, C., Torres, R., Lampoglia, T., & Agüero, R. (2009). *Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades*.
5. Bourguett Ortiz, V. J., & Ochoa Alejo, L. H. (2001). *Reducción integral de pérdidas de agua potable* (Instituto Mexicano de e Tecnología del Agua., Ed.).
6. Comisión Nacional del Agua. (2015). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales para zonas rurales, periurbanas y desarrollos ecoturísticos*. CONAGUA.
7. Cubillo, F. (2013). *Gestión de la Demanda y Garantía de Abastecimiento*. 1–13.
8. Decreto Supremo N.º 031-2010-SA. (2010). *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano*. Ministerio de Salud del Perú.
9. Domínguez, R., León, M., Samaniego, J., Sunkel, O., & Sánchez, J. (2019). *Desarrollo sostenible, recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad: 70 años de pensamiento de la CEPAL*. CEPAL.
10. García, E. (2009). *Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales*.
11. Lozano-Parra, J. (2018). *Recursos hídricos: Disponibilidad, variabilidad y gestión*.
12. INEI. Instituto Nacional de estadística e informática. *Censos poblacionales*.
13. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma técnica de diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural* (Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA).
14. Organización Mundial de la Salud. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. OMS.

LINKOGRAFÍA

1. Agüero, R. (1997). Agua Potable para Poblaciones Rurales - Sistemas de abastecimiento por Gravedad sin Tratamiento (Asociación Servicio...).
<https://www.ircwash.org/sites/default/files/221-16989.pdf>
2. Barrios, C., Torres, R., Lampoglia, T., & Aguro, R. (2009). Guía de orientación en Saneamiento Básico para Alcaldías de Municipios Rurales y Pequeñas Comunidades (C. Barrios, Ed.).
https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/BARRIOS%20et%20al%202009%20Guia%20de%20orientacion%20alcaldes.pdf
3. Belachew, S., Shiferaw, T., Temam, D., & Habtamu Diriba. (2021). Evaluating Hydraulic Performance Of Water Supply Distribution Network: A Case of Asella Town, Ethiopia. International Journal of Advances in Engineering and Management (IJAEM), 3, 1418.
<https://doi.org/10.35629/5252-031014181433>
4. Bentley Systems. (s/f). Software de modelado hidráulico | Bentley Systems. Recuperado el 24 de noviembre de 2025, de <https://es-la.bentley.com/software/openflows-water/>
5. CONAGUA. (2007). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento - modelación hidráulica y de calidad del agua en redes de agua potable. www.cna.gob.mx
6. CONAGUA. (2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento - Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Zonas Rurales, Periurbanas y Desarrollos Ecoturísticos.
https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siarpuno/archivos/public/docs/manual_de_agua_potables_alcantarillado_y_saneamiento.pdf
7. Domínguez, R., León, M., Samaniego, J., Sunkel, O., & Sánchez, J. (2019). Desarrollo Sostenible Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad 70 años de pensamiento de la CEPAL. www.cepal.org/apps
8. Garcia, E. (2009). Manual de Proyectos de Agua Potable en Poblaciones Rurales.
https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/GARCIA%202009.%20Manual%20de%20proyectos%20de%20agua%20potable%20en%20poblaciones%20rurales.pdf
9. Lyle Streeter, V., Wylie, E. B., & Bedford, K. W. (1998). Fluid Mechanics. En Research Journal of Pharmaceutical Sciences ((9th ed.), Vol. 12, Número 2). WCB/McGraw Hill.
https://books.google.com/books/about/Fluid_Mechanics.html?hl=es&id=oJ5RAAAAMA_AJ
10. Meneses, K. O. (2021). Evaluación Hidráulica del Sistema de Agua Potable en el AA.HH Manuel Scorza I, Distrito de Pucusana, Provincia de Lima, Dpto. de Lima. 2019

[Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”].
<https://repositorio.unica.edu.pe/server/api/core/bitstreams/96326c4a-1355-4ed6-b327-a4caa41087a4/content>

11. Nuñez Zelaya, A. (2022, octubre 31). BID | Perú mejorará los servicios de agua y saneamiento rural con apoyo del BID. <https://www.iadb.org/es/noticias/peru-mejorara-los-servicios-de-agua-y-saneamiento-rural-con-apoyo-del-bid>

12. ONU - Habitat. (2021, marzo 21). Comprender las dimensiones del problema del agua. 22. <https://onu-habitat.org/index.php/comprender-las-dimensiones-del-problema-del-agua>

13. Organización Mundial de la Salud. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano. <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>

14. Portilla, S. V., & Quilachamín, K. A. (2021). Evaluación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua para consumo de la población La Concepción, Mira-Carchi [Escuela Politécnica Nacional].
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21909/3/CD%2011396.pdf>

15. Rahman, N. A., Muhammad, N. S., Abdullah, J., & Mohtar, W. H. M. W. (2019). Model Performance Indicator of Aging Pipes in a Domestic Water Supply Distribution Network. Water 2019, Vol. 11, Page 2378, 11(11), 2378. <https://doi.org/10.3390/W11112378>

16. Rodríguez, P. (2010). Variación de consumo - sistema de agua potable | CivilGeeks.com. <https://civilgeeks.com/2010/10/07/variacion-de-consumo-sistema-de-agua-potable/>

17. Sánchez, S. (2023). Evaluación Del Sistema De Distribución Del Distrito De Jorge Chavez Del Distrito, Provincia De Celendín, Departamento De Cajamarca - 2023 [Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://www.bing.com/search?pglt=931>

18. Suárez, J. (2016). CAMARAS ROMPE PRESION TIPO 6 Y 7 – CECAHIDRA. <https://cecahidra.com/camaras-rompe-presion-tipo-6-y-7/>

19. Vargas, A. M. (2022). Evaluación del sistema hidráulico para el mejoramiento de agua potable de la localidad 23 de Mayo - Buenos Aires, San Martín [Universidad Nacional de San Martín]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/item/c073f3c7-f973-4552-9b0e-215363d97d21>

20. Yupanqui Miranda, D. A. (2024). Evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable de la localidad del Guayo, Contumazá – Cajamarca 2023 [Universidad Nacional De Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/6357>

ANEXOS

Anexo 1. Permiso del alcalde del centro poblado Yagén.

RESPUESTA A SOLICITUD DE PERMISO PARA REALIZAR TESIS PROFESIONAL

Yagén, 09 de marzo de 2025

Señorita:
Oxana Jhuleysi Castañeda Pastor
Bachiller en Ingeniería Sanitaria

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarla cordialmente y, a la vez, dar respuesta a su solicitud de permiso para la realización de su tesis profesional titulada "Evaluación hidráulica del sistema de agua de consumo humano para la gestión de la demanda poblacional en la localidad de Yagén - Cortegana, Celendín, Cajamarca, 2025", presentada mediante documento escrito.

Asimismo, dejo constancia de que mi persona tiene conocimiento de la carrera profesional que usted ejerce y de la solicitud verbal realizada, mediante la cual manifesté la necesidad de considerar los múltiples problemas que actualmente se vienen presentando en el sistema de agua para consumo humano de la localidad de Yagén.

Al respecto, luego de evaluar su petición, se le otorga el permiso correspondiente para realizar las visitas técnicas necesarias junto con sus respectivas JASS a los sistemas de agua de consumo humano de la localidad de Yagén, siempre que dichas actividades no incluyan pruebas estructurales, ni generen afectación alguna a la infraestructura existente, ni al normal abastecimiento del servicio.

Sin otro particular, le reitero las facilidades necesarias para el adecuado desarrollo de su investigación y le deseo éxitos en la culminación de su tesis profesional.

Atentamente,

Manipulación del Centro Poblado Yagén

PEDRO CHÁVEZ HARÓN
ALCALDE

Anexo 2. Permiso de la JASS Alto Pingullo.

Yagén 07 de marzo del 2025

Señorita Ingeniera Sanitaria:
OXANA JHULEYSI CASTAÑEDA PASTOR

Por medio de la presente le hago llegar mi saludo cordial y fraterno a nombre de mi COMITÉ DE LA JASS. DEL BARRIO ALTO PINGULLO DEL CENTRO POBLADO YAGEN- CORTEGANA, el cual nos honra en representarlo.

Seguidamente darle contestación favorable a su solicitud de permiso para que haga sus tesis titulada "EVALUACION HIDRAULICA DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA LA GESTION DE LA DEMANDA POBLACIONAL EN EL CENTRO POBLADO YAGEN CORTEGANA" CELENDIN 2025, mas no realizar otras pruebas estructurales del bien común de la población

Sin otro particular me suscribo deseándole muchos éxitos en su carrera profesional.

Atentamente:


EXCEQUEL DAVILA JULCA
PRESIDENTE DE LA JASS
BARRIO ALTO PINGULLO- YAGEN


Anexo 3. Permiso de la JASS Ojo de Agua.

Yagén 07 de marzo del 2025

Señorita Ingeniera Sanitaria:

OXANA JHULEYSI CASTAÑEDA PASTOR

Por medio de la presente le hago llegar mi saludo cordial y fraterno a nombre de mi COMITÉ DE LA JASS. DEL BARRIO EL OJO DEL AGUA DEL CENTRO POBLADO YAGEN- CORTEGANA, el cual nos honra en representarlo.

Seguidamente darle contestación favorable a su solicitud de permiso para que haga sus tesis titulada "EVALUACION HIDRAULICA DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA LA GESTION DE LA DEMANDA POBLACIONAL EN EL CENTRO POBLADO YAGEN CORTEGANA" CELENDIN 2025, mas no realizar otras pruebas estructurales del bien común de la población

Sin otro particular me suscribo deseándole muchos éxitos en su carrera profesional.

Atentamente:


JUAN ROJAS JULCA
PRESIDENTE DE LA JASS
BARRIO EL OJO DEL AGUA- YAGEN



Anexo 4. Permiso de la JASS La Gallera.

Yagén 07 de marzo del 2025

Señorita Ingeniera Sanitaria:

OXANA JHULEYSI CASTAÑEDA PASTOR

Por medio de la presente le hago llegar mi saludo cordial y fraterno a nombre de mi COMITÉ DE LA JASS. DEL BARRIO LA GALLERA DEL CENTRO POBLADO YAGEN- CORTEGANA, el cual nos honra en representarlo.

Seguidamente darle contestación favorable a su solicitud de permiso para que haga sus tesis titulada "EVALUACION HIDRAULICA DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA LA GESTION DE LA DEMANDA POBLACIONAL EN EL CENTRO POBLADO YAGEN CORTEGANA" CELENDIN 2025, mas no realizar otras pruebas estructurales del bien común de la población

Sin otro particular me suscribo deseándole muchos éxitos en su carrera profesional.

Atentamente:


RUBÉN EDUAR MICHA GARCÍA
PRESIDENTE DE LA JASS
BARRIO LA GALLERA -YAGEN



Anexo 5. Cuestionario sobre operación y mantenimiento de sistemas de agua potable en zonas rurales



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



**CUESTIONARIO SOBRE OPERACIÓN,
MANTENIMIENTO Y CALIDAD DEL SERVICIO
DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE RURAL**

Objetivo del instrumento:

Este cuestionario tiene como finalidad recopilar información que permita evaluar las condiciones actuales de operación, mantenimiento y calidad del servicio del sistema de agua para consumo humano en su localidad. La información obtenida será utilizada exclusivamente con fines de investigación académica.

A. DATOS GENERALES

1. N° de DNI del encuestado: _____
2. Fecha de aplicación: ____ / ____ / ____
3. Nombre de la JASS: _____
4. Cargo o función del encuestado: _____
5. Año de construcción del sistema: _____
6. Número de conexiones domiciliarias: _____

B. OPERACIÓN DEL SISTEMA

1. ¿Quién realiza las actividades de operación y mantenimiento (O&M)?
☐ Miembros de la JASS
☐ Operador responsable
☐ La comunidad
2. ¿Existe un responsable formal de la O&M del sistema?
☐ Sí ☐ No
3. Si la respuesta es sí, indique el nivel de capacitación del operador:
☐ No recibió capacitación
☐ Esporádica
☐ Regular
4. ¿Se cuenta con un horario establecido para la distribución de agua?
☐ Sí ☐ No

5. ¿Existen válvulas de control o compuertas operativas en el sistema?
☐ Sí ☐ No
6. ¿Se registran las actividades de operación diaria o semanal?
☐ Sí ☐ No
7. ¿Se presentan interrupciones frecuentes en el servicio?
☐ Sí ☐ No

Motivo principal:

8. ¿Qué dificultades se presentan con mayor frecuencia durante la operación?
☐ Falta de herramientas
☐ Falta de capacitación
☐ Problemas técnicos
☐ Otros: _____
9. Frecuencia con la que se presentan roturas o fugas:
☐ Semanal ☐ Mensual ☐ Trimestral
☐ Otro: _____
10. En caso de roturas o fugas, ¿quién realiza la reparación?
☐ Operador ☐ Miembros de la JASS
☐ Comunidad
☐ Municipalidad ☐ Otros: _____
11. ¿La municipalidad brinda asistencia técnica para la operación del sistema?
☐ Sí ☐ No ☐ Esporádicamente

C. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

13. ¿Se realiza mantenimiento preventivo al sistema?
☐ Sí ☐ No
14. ¿Con qué frecuencia se realiza mantenimiento preventivo a la infraestructura?
☐ Mensual ☐ Trimestral ☐ Anual
☐ Solo ante fallas ☐ Otro: _____

Página 1 | 3



15. ¿Qué componentes se dan mantenimiento periódicamente?
- ☐ Captación
☐ Línea de conducción
☐ Reservorio
☐ Red de distribución
☐ Válvulas o cámaras de purga
16. ¿Se registran las actividades de mantenimiento realizadas?
- ☐ Sí ☐ No
17. ¿Quién financia las actividades de mantenimiento?
- ☐ JASS / Comité por medio de la cuota familiar
☐ Municipalidad
- ☐ Otros: _____
18. ¿El operador dispone de herramientas y materiales básicos para mantenimiento?
- ☐ Sí ☐ No
19. ¿Se reportan fugas o roturas con frecuencia?
- ☐ Sí ☐ No
20. ¿Se atienden oportunamente?
- ☐ Sí ☐ No

D. SISTEMA DE CLORACIÓN

19. ¿El sistema cuenta con unidad de cloración?
- ☐ Sí ☐ No
- Tipo: _____
20. ¿La unidad de cloración se encuentra actualmente en funcionamiento?
- ☐ Sí ☐ No ☐ No Aplica
- _____
21. ¿Cuál es el motivo principal por el que no se realiza la cloración del agua?
- ☐ Oposición de la población
☐ Falta de operador responsable
☐ Falta de insumos o equipos

- ☐ Desconocimiento del proceso
☐ Otro: _____
22. ¿Quién provee el cloro utilizado en el sistema?
- ☐ Municipalidad ☐ JASS ☐ Otros: _____
23. ¿El operador ha recibido capacitación sobre cloración y dosificación?
- ☐ Sí ☐ No
24. ¿La municipalidad o el puesto de salud realizan control de calidad del agua?
- ☐ Sí ☐ No ☐ Esporádicamente
25. ¿Se realiza la cloración del agua de forma regular?
- ☐ Diaria ☐ Esporádica ☐ No se realiza

E. LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DEL SISTEMA

26. ¿Se realiza limpieza y desinfección del sistema de forma programada?
- ☐ Sí ☐ No
- Frecuencia: _____
27. Frecuencia general de limpieza y desinfección de los componentes:
- ☐ Mensual ☐ Trimestral ☐ Anual ☐ Nunca ☐ Otro: _____
28. Componentes que se limpian y desinfectan:
- ☐ Captación ☐ Reservorio ☐ Red de distribución
29. ¿Se utiliza cloro u otro desinfectante en el proceso?
- ☐ Sí ☐ No
- Tipo y concentración: _____
30. ¿Quién realiza la limpieza y desinfección del sistema?
- ☐ Operador ☐ JASS ☐ Municipalidad
- ☐ Otro: _____



31. ¿Se cuenta con registros o actas de limpieza y desinfección?

☐ Sí ☐ No

F. CALIDAD DEL SERVICIO

32. ¿El servicio de agua es continuo durante todo el año?

☐ Sí ☐ No (varía según la época)

33. ¿Existen variaciones del caudal según la estación del año?

☐ Sí ☐ No

34. Durante la época de estiaje (verano), el servicio se brinda:

☐ 24 horas diarias ☐ Algunas horas al día
☐ Algunos días por semana

35. ¿Se han reportado quejas de los usuarios por color, olor o sabor del agua?

☐ Sí ☐ No

36. ¿el puesto de salud realiza vigilancia de la calidad del agua?

☐ Sí ☐ No

37. ¿Los usuarios perciben buena presión en las conexiones domiciliarias?

☐ Sí ☐ No

38. Ha identificado formas de mal uso del agua para consumo humano.

☐ Sí ☐ No

G. GESTIÓN Y CAPACITACIÓN

39. ¿La JASS o el operador cuentan con un plan documentado de operación y mantenimiento?

☐ Sí ☐ No

40. ¿La JASS o el operador han recibido capacitación reciente en O&M?

☐ Sí ☐ No

41. ¿La municipalidad brinda apoyo técnico o financiero al sistema?

☐ Sí ☐ No

42. En términos generales, ¿considera que el sistema funciona adecuadamente?

☐ Sí ☐ No

43. ¿Cómo se financian las actividades de O&M?

☐ Con el pago de la cuota familiar ☐ Con fondos municipales ☐ Otro: _____

44. ¿Se cobra una cuota familiar por el servicio de agua?

☐ Sí ☐ No

1. Frecuencia de cobro: _____

2. Monto mensual (S/): _____

45. ¿La cuota familiar cubre los costos de operación y mantenimiento?

☐ Sí ☐ No

Observaciones generales:

Abreviaturas:

- O&M: Operación y Mantenimiento
- JASS: Junta Administradora de Servicios de Saneamiento

Anexo 6. Cantidad usuarios del sistema de agua para consumo de la localidad de Yagén

CONSTANCIA DE CANTIDAD DE USUARIOS DEL SERVICIO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA LOCALIDAD DE YAGÉN

Las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) **Alto Pingullo, Ojo de Agua y La Gallera**, de la localidad de **Yagén**, distrito de **Cortegana**, provincia de **Celendin**, departamento de **Cajamarca**, en coordinación con la **Autoridad Municipal**, dejan constancia de lo siguiente:

Que, luego de la verificación de los padrones comunales y de los registros de los sistemas de agua para consumo humano, se ha determinado que el número actual de usuarios atendidos es el siguiente:

- **JASS y Sistema Alto Pingullo:** 23 usuarios, de los cuales 22 corresponden a familias y 1 a una casa multiservicios.
- **JASS y Sistema Ojo de Agua:** 80 usuarios, de los cuales 03 corresponden a instituciones públicas: puesto de salud, municipalidad y jardín de niños.
- **JASS La Gallera y Sistema La Guabilla:** 92 usuarios, de los cuales 04 corresponden a instituciones públicas: institución educativa primaria y secundaria, iglesia adventista y la casa multiusos "La Gallera".

La presente información ha sido validada conjuntamente por las tres Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) y la Autoridad Municipal, y corresponde a la población usuaria que actualmente hace uso del servicio de agua para consumo humano en la localidad de Yagén.

La presente constancia se emite a solicitud de la interesada, para los fines que estime convenientes, tales como estudios técnicos, proyectos de inversión, trámites administrativos y/o sustento académico.

Se expide la presente en la localidad de Yagén, a los 12 días del mes de marzo del año 2025.

Atentamente,


Excequier Davila Julca
Presidente de la JASS Alto Pingullo




Ruben Eduar Micha Garcia
Presidente de la JASS La Gallera




Juan Rojas Julca
Presidente de la JASS Ojo de Agua



Municipalidad del Centro Poblado Yagén

PEDRO CHAVEZ MARIN
ALCALDE

Anexo 7. Validación de información del sistema de agua para consumo humano Alto Pingullo

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE DIÁMETROS DE TUBERÍAS Y
COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO
ALTO PINGULLO**

La Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) **Alto Pingullo**, de la localidad de Yagén, distrito de Cortegana, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca, deja constancia de lo siguiente:

Que, en el marco de los trabajos de levantamiento de información realizados para el estudio titulado **“Evaluación hidráulica del sistema de agua de consumo humano para la gestión de la demanda poblacional en la localidad de Yagén – Cortegana, Celendín, Cajamarca, 2025”**, se llevó a cabo la verificación en campo de los diámetros de las tuberías y de los elementos hidráulicos complementarios, tales como medidor de caudal, cámara rompe presión y válvulas de control, existentes en los diferentes tramos del sistema.

Como resultado de dicha verificación, la JASS **avala y certifica que** los elementos del sistema de agua para consumo humano Alto Pingullo fue construido y puesto en operación en el año 2010 y presentan las siguientes características técnicas, las cuales se detallan:

Componentes del sistema	Diámetro en pulgadas	Material
Línea de conducción	2"	PVC C-10
Medidor de caudal	2"	-
Línea de aducción	2"	PVC C-10
Red de distribución	2", ¾" y ½"	PVC C-10
Válvula de control	¾"	PVC

Asimismo, se deja constancia de que los diámetros de las tuberías registrados durante el trabajo de campo coinciden con los consignados en los croquis del sistema, así como la ubicación y características de los medidores y válvulas, no evidenciándose discrepancias entre la información levantada en campo y la documentación gráfica realizada.

La presente constancia se emite para dejar constancia de la **validez** de la información recopilada en campo, la cual será utilizada como sustento técnico en la elaboración de la tesis profesional de la Bachiller **Oxana Jhuleysi Castañeda Pastor**.

Se expide la presente en la localidad de Yagén, a los 29 días del mes de mayo del año 2025.

Atentamente,


Excequiel Dávila Julca
Presidente de la JASS Alto Pingullo – Yagén

Municipalidad del Centro Poblado Yagén

PEDRO CHAVEZ MARIN
ALCALDE

CONSTANCIA SOBRE EL ESTADO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE CLORACIÓN DEL SISTEMA ALTO PINGULLO

La Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) ALTO PINGULLO de la localidad de Yagén, distrito de Cortegana, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca, en coordinación con la Autoridad Municipal, dejan constancia de lo siguiente:

Que, como parte de la evaluación del sistema de agua para consumo humano de la localidad de Yagén, se ha verificado que el **sistema de cloración instalados en el reservorio no se encuentra actualmente en funcionamiento.**

La situación descrita obedece principalmente a los siguientes factores:

- **Limitada capacitación técnica** de los miembros de la JASS en la operación, dosificación y control del proceso de cloración del agua y también la falta de un operador.
- **Oposición social por parte de un sector de la población usuaria**, relacionada con percepciones y desconocimiento sobre el uso del cloro en el tratamiento del agua para consumo humano.

Debido a lo señalado, los sistemas de cloración existentes no han sido puestos en operación de manera continua, lo cual ha limitado la adecuada desinfección del agua distribuida a la población.

La presente constancia se emite para dejar constancia del **estado actual de los sistemas de cloración**, y para que la información consignada **sea utilizada como sustento técnico en el desarrollo de la tesis de "Evaluación hidráulica del sistema de agua de consumo humano para la gestión de la demanda poblacional en la localidad de Yagén – Cortegana, Celendín, Cajamarca, 2025"**.

Se expide la presente en la localidad de Yagén, a los 30 días del mes de mayo del año 2025.

Atentamente,


Excequiel Dávila Julca
Presidente de la JASS Alto Pingullo – Yagén

Municipalidad del Centro Poblado Yagén

PEDRO CHÁVEZ MARÍN
ALCALDE

Anexo 9. Validación de información del sistema de agua para consumo humano Ojo de Agua

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE DIÁMETROS DE TUBERÍAS Y COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO OJO DE AGUA

La Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) Ojo de Agua, de la localidad de Yagén, distrito de Cortegana, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca, deja constancia de lo siguiente:

Que, en el marco de los trabajos de levantamiento de información realizados para la tesis **"Evaluación hidráulica del sistema de agua de consumo humano para la gestión de la demanda poblacional en la localidad de Yagén – Cortegana, Celendín, Cajamarca, 2025"**, se llevó a cabo la verificación en campo de los diámetros de las tuberías y de los elementos hidráulicos complementarios, tales como medidor de caudal, cámara rompe presión y válvulas de control, existentes en los diferentes tramos del sistema.

Como resultado de dicha verificación, la JASS **avala y certifica** que los elementos del sistema de agua para consumo humano Ojo de Agua fue construido y puesto en operación en el año 1989, recibió mantenimiento y ampliación en 2012, presentan las siguientes características técnicas, las cuales se detallan:

Componentes del sistema	Diámetro en pulgadas	Material
Línea de conducción	2"	PVC C-10
Medidor de caudal	2"	-
Línea de aducción	2"	PVC C-10
Red de distribución	2", 1", ¾" y ½"	PVC C-10
Válvula de control	2", 1" y ¾"	PVC

Asimismo, se deja constancia de que los diámetros de las tuberías registrados durante el trabajo de campo coinciden con los consignados en los croquis del sistema, así como la ubicación y características de los medidores y válvulas, no evidenciándose discrepancias entre la información levantada en campo y la documentación gráfica realizada por la tesista.

La presente constancia se emite para dejar constancia de la **validez** de la información recopilada en campo, la cual será utilizada como sustento técnico en la elaboración de la tesis profesional de la Bachiller **Oxana Jhuleysi Castañeda Pastor**.

Se expide la presente en la localidad de Yagén, a los 30 días del mes de mayo del año 2025.

Atentamente,


Juan Rojas Julca
Presidente de la JASS Ojo de Agua

Municipalidad del Centro Poblado Yagén


PEDRO CHAVIRA MANRIQUE
ALCALDE

Anexo 10. Estado de funcionamiento del sistema de desinfección Ojo de Agua

CONSTANCIA SOBRE EL ESTADO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE CLORACIÓN DEL SISTEMA OJO DE AGUA

La Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) **Ojo de Agua** de la localidad de Yagén, distrito de Cortegana, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca, en coordinación con la Autoridad Municipal, dejan constancia de lo siguiente:

Que, como parte de la evaluación del sistema de agua para consumo humano de la localidad de Yagén, se ha verificado que **el sistema de cloración instalados en el reservorio no se encuentra actualmente en funcionamiento.**

La situación descrita obedece principalmente a los siguientes factores:

- **Limitada capacitación técnica** de los miembros de la JASS en la operación, dosificación, control del proceso de cloración del agua y también la falta de la contratación de un operador.
- **Oposición social por parte de un sector de la población usuaria**, relacionada con percepciones y desconocimiento sobre el uso del cloro en el tratamiento del agua para consumo humano.

Debido a lo señalado, el sistema de cloración existentes en el sector Ojo de agua no han sido puesto en operación de manera continua, lo cual ha limitado la adecuada desinfección del agua distribuida a la población.

La presente constancia se emite para dejar constancia del estado actual de los sistemas de cloración, y para que la información consignada **sea utilizada como sustento técnico** en el desarrollo de la tesis de "Evaluación hidráulica del sistema de agua de consumo humano para la gestión de la demanda poblacional en la localidad de Yagén – Cortegana, Celendín, Cajamarca, 2025".

Se expide la presente en la localidad de Yagén, a los 30 días del mes de mayo del año 2025.

Atentamente,


Juan Rojas Julca
Presidente de la JASS Ojo de Agua



Municipalidad del Centro Poblado Yagén


PEDRO CHAVEZ MARIN
ALCALDE

Anexo 11. Validación de información del sistema de agua para consumo humano La Guabilla

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE DIÁMETROS DE TUBERÍAS Y
COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO LA
GUABILLA**

La Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) **La Gallera**, de la localidad de Yagén, distrito de Cortegana, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca, deja constancia de lo siguiente:

Que, en el marco de los trabajos de levantamiento de información realizados para la tesis **"Evaluación hidráulica del sistema de agua de consumo humano para la gestión de la demanda poblacional en la localidad de Yagén – Cortegana, Celendín, Cajamarca, 2025"**, se llevó a cabo la verificación en campo de los diámetros de las tuberías y de los elementos hidráulicos complementarios, tales como medidor de caudal, cámara rompe presión y válvulas de control, existentes en los diferentes tramos del sistema.

Como resultado de dicha verificación, la JASS **avala y certifica que** los elementos del sistema de agua para consumo humano La Guabilla fue en el año 2012, se realizó una ampliación en 2014, presentan las siguientes características técnicas, las cuales se detallan:

Componentes del sistema	Diámetro en pulgadas	Material
Línea de conducción	2"	PVC C-10
Medidor de caudal	2"	-
Línea de aducción	2"	PVC C-10
Red de distribución	2", 1", ¾" y ½"	PVC C-10
Válvula de control	2", 1" y ¾"	PVC

Asimismo, se deja constancia de que los diámetros de las tuberías registrados durante el trabajo de campo coinciden con los consignados en los croquis del sistema, así como la ubicación y características de los medidores y válvulas, no evidenciándose discrepancias entre la información levantada en campo y la documentación gráfica realizada por la tesista.

La presente constancia se emite para dejar constancia de la **validez** de la información recopilada en el levantamiento topográfico, la cual será utilizada como sustento técnico en la elaboración de la tesis profesional de la Bachiller **Oxana Jhuleysi Castañeda Pastor**.

Se expide la presente en la localidad de Yagén, a los 30 días del mes de mayo del año 2025.

Atentamente,


Rubén Eduar Micha García

Presidente de la JASS La Gallera



Municipalidad del Centro Poblado Yagén


PEDRO CHÁVEZ MARÍN
ALCALDE

CONSTANCIA SOBRE EL ESTADO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE CLORACIÓN DEL SISTEMA LA GUABILLA

La Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) La Gallera de la localidad de Yagén, distrito de Cortegana, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca, en coordinación con la Autoridad Municipal, dejan constancia de lo siguiente:

Que, como parte de la evaluación del sistema de agua para consumo humano de la localidad de Yagén, se ha verificado que el **sistema de cloración instalados en el reservorio no se encuentra actualmente en funcionamiento**.

La situación descrita obedece principalmente a los siguientes factores:

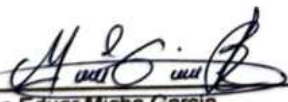
- **Limitada capacitación técnica** de los miembros de la JASS en la operación, dosificación, control del proceso de cloración del agua y también la falta de la contratación de un operador fijo, ya que el que realiza todas las actividades es el presidente de la JASS
- **Oposición social por parte de un sector de la población usuaria**, relacionada con percepciones y desconocimiento sobre el uso del cloro en el tratamiento del agua para consumo humano.

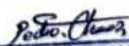
Debido a lo señalado, el sistema de cloración existentes en el sector Ojo de agua no han sido puesto en operación de manera continua, lo cual ha limitado la adecuada desinfección del agua distribuida a la población.

La presente constancia se emite para dejar constancia del estado actual de los sistemas de cloración, y para que la información consignada **sea utilizada como sustento técnico en el desarrollo de la tesis de "Evaluación hidráulica del sistema de agua de consumo humano para la gestión de la demanda poblacional en la localidad de Yagén – Cortegana, Celendín, Cajamarca, 2025"**.

Se expide la presente en la localidad de Yagén, a los 30 días del mes de mayo del año 2025.

Atentamente,


Ruben Eduar Michá García
Presidente de la JASS La Gallera

Municipalidad del Centro Poblado Yagén

PEDRO CHÁVEZ MARÍN
ALCALDE

Anexo 13. Aforos totales de la capacidad Alto Pingullo

Periodo	Fecha	N° Aforo	N° Repetición	Volumen (Litros)	Tiempo (seg)	Caudal (L/s)	Caudal Promedio (L/s)
Lluvioso	01/04/25	1	1°	25	19.24	1.299	1.298
			2°	25	19.27	1.297	
			3°	25	19.29	1.296	
	12/04/25	2	1°	25	20.06	1.246	1.245
			2°	25	20.11	1.243	
			3°	25	20.09	1.244	
	18/04/25	3	1°	25	19.79	1.263	1.264
			2°	25	19.81	1.262	
			3°	25	19.74	1.266	
Seco	25/08/25	1	1°	4	4.12	0.971	0.97
			2°	4	4.15	0.964	
			3°	4	4.12	0.971	
	29/08/25	2	1°	4	4.34	0.922	0.91
			2°	4	4.38	0.913	
			3°	4	4.41	0.907	
	03/09/25	3	1°	4	4.21	0.950	0.94
			2°	4	4.19	0.955	
			3°	4	4.32	0.926	

Anexo 14. Aforos Totales de la captación Ojo de Agua

Periodo	Fecha	N° Aforo	N° De Veces	Volumen (Litros)	Tiempo (seg)	Caudal (l/s)	Caudal Promedio (l/s)
Lluvioso	01/04/25	1	1°	25	12.02	2.080	2.033
			2°	25	12.81	1.952	
			3°	25	12.09	2.068	
	12/04/25	2	1°	25	11.84	2.111	2.111
			2°	25	11.82	2.115	
			3°	25	11.86	2.108	
	18/04/25	3	1°	25	12.05	2.075	2.074
			2°	25	12.02	2.080	
			3°	25	12.10	2.066	
Seco	25/08/25	1	1°	4	3.75	1.067	1.078
			2°	4	3.66	1.093	
			3°	4	3.72	1.075	
	29/08/25	2	1°	4	3.84	1.042	1.049
			2°	4	3.79	1.055	
			3°	4	3.81	1.050	
	03/09/25	3	1°	4	3.72	1.075	1.079
			2°	4	3.69	1.084	
			3°	4	3.71	1.078	

Anexo 15. Aforos totales captación La Guabilla

Periodo	Fecha	N° Aforo	N° De Veces	Volumen (Litros)	Tiempo (seg)	Caudal (l/s)	Caudal Promedio (l/s)
Lluvioso	01/04/25	1	1°	25	16.45	1.520	1.522
			2°	25	16.41	1.523	
			3°	25	16.43	1.522	
	12/04/25	2	1°	25	15.02	1.664	1.669
			2°	25	14.96	1.671	
			3°	25	14.97	1.670	
	18/04/25	3	1°	25	14.54	1.719	1.723
			2°	25	14.48	1.727	
			3°	25	14.52	1.722	
Seco	25/08/25	1	1°	4	9.85	0.406	0.405
			2°	4	9.87	0.405	
			3°	4	9.91	0.404	
	29/08/25	2	1°	4	10.09	0.396	0.397
			2°	4	10.11	0.396	
			3°	4	10.01	0.400	
	03/09/25	3	1°	4	9.99	0.400	0.401
			2°	4	10.00	0.400	
			3°	4	9.96	0.402	

Anexo 16. Aforos totales de la captación Chahuarpata

Periodo	Fecha	N° Aforo	N° De Veces	Volumen (Litros)	Tiempo (seg)	Caudal (l/s)	Caudal Promedio (l/s)
Lluvioso	01/04/25	1	1°	25	15.78	1.584	1.573
			2°	25	15.81	1.581	
			3°	25	16.09	1.554	
	12/04/25	2	1°	25	15.79	1.583	1.583
			2°	25	15.78	1.584	
			3°	25	15.81	1.581	
	18/04/25	3	1°	25	15.80	1.582	1.584
			2°	25	15.76	1.586	
			3°	25	15.79	1.583	
Seco	25/08/25	1	1°	4	23.98	0.167	0.166
			2°	4	24.08	0.166	
			3°	4	24.06	0.166	
	29/08/25	2	1°	4	24.48	0.163	0.163
			2°	4	24.51	0.163	
			3°	4	24.46	0.164	
	03/09/25	3	1°	4	24.61	0.163	0.162
			2°	4	24.78	0.161	
			3°	4	24.66	0.162	

Anexo 17. Presión con diámetros optimizados de la red “Alto Pingullo”

Etiqueta	Nodo de Inicio	Nodo Final	Diámetro (pulg)	Material	Longitud (m)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Presión Inicial (m.c.a.)	Presión Final (m.c.a.)	ε (mm)
TUB-22	P1	CV-1	1/2	PVC	86.25	0.12	0.95	6.76	14.19	0.003
TUB-14	P1	P16	2	PVC	223.60	1.27	0.63	6.76	7.08	0.003
TUB-3	P2	P3	3/4	PVC	17.17	0.06	0.21	27.66	32.62	0.003
TUB-4	P2	P4	1/2	PVC	18.86	0.03	0.24	27.66	29.70	0.003
TUB-20	P5	P20	1/2	PVC	27.91	-0.03	0.24	9.01	14.55	0.003
TUB-6	P6	P7	1/2	PVC	40.38	0.03	0.24	6.61	9.68	0.003
TUB-9	P6	P10	2	PVC	81.74	0.79	0.39	6.61	26.88	0.003
TUB-11	P8	P12	1/2	PVC	193.94	0.09	0.72	27.31	28.51	0.003
TUB-10	P10	P11	3/4	PVC	73.59	0.42	1.48	26.88	25.97	0.003
TUB-13	P10	P15	3/4	PVC	118.73	0.12	0.42	26.88	34.31	0.003
TUB-2	P11	P2	3/4	PVC	29.36	0.18	0.64	25.97	27.66	0.003
TUB-8	P11	P9	1/2	PVC	63.85	0.06	0.48	25.97	33.09	0.003
TUB-12	P12	P13	1/2	PVC	70.60	0.03	0.24	28.51	33.35	0.003
TUB-19	P16	P20	2	PVC	63.61	1.09	0.54	7.08	14.55	0.003
TUB-21	P16	P21	3/4	PVC	189.69	0.15	0.53	7.08	34.92	0.003
TUB-18	P17	CRP7-1	2.00	PVC	111.17	0.85	0.42	24.16	47.40	0.003
TUB-16	P17	P18	1/2	PVC	161.15	0.06	0.48	24.16	13.56	0.003
TUB-5	CRP7-1	P6	2	PVC	36.76	0.85	0.42	0.00	6.61	0.003
TUB-1	RES-1	P1	2	PVC	121.47	1.39	0.69	1.06	6.76	0.003
TUB-15	P20	P17	2	PVC	81.04	1.00	0.49	14.55	24.16	0.003
TUB-17	P21	P19	1/2	PVC	76.77	0.06	0.48	34.92	45.45	0.003
TUB-7	CV-1	P8	1/2	PVC	58.76	0.12	0.95	14.19	27.31	0.003

Anexo 18. Presiones con diámetros proyectados en viviendas “Alto Pingullo”

N° Vivienda	Diámetros reales		Diámetros Proyectados	
	Presión (m.c.a.)	Condición	Presión (m.c.a.)	Condición
V1	9.64	Aceptable	9.64	Aceptable
V2	26.44	Aceptable	26.44	Aceptable
V3	24.84	Aceptable	24.84	Aceptable
V4	17.19	Aceptable	17.19	Aceptable
V5	17.67	Aceptable	16.23	Aceptable
V6	32.63	Aceptable	29.79	Aceptable
V7	51.81	No Aceptable	47.54	Aceptable
V8	10.28	Aceptable	10.28	Aceptable
V9	24.83	Aceptable	24.83	Aceptable
V10	26.48	Aceptable	26.48	Aceptable
V11	26.8	Aceptable	26.8	Aceptable
V12	26.63	Aceptable	26.63	Aceptable
V13	34.3	Aceptable	34.3	Aceptable
V14	27.98	Aceptable	27.98	Aceptable
V15	31.76	Aceptable	31.76	Aceptable
V16	34.14	Aceptable	34.14	Aceptable
V17	31.47	Aceptable	31.47	Aceptable
V18	27.65	Aceptable	27.65	Aceptable
V19	34.61	Aceptable	34.61	Aceptable
V20	32.17	Aceptable	32.17	Aceptable
V21	33.3	Aceptable	33.3	Aceptable
V22	48.28	Aceptable	25.34	Aceptable
V23	59.57	No Aceptable	34.02	Aceptable

Anexo 19. Reportes de caudales y velocidades con diámetros proyectados en la red “Ojo de Agua”

Etiqueta	Nodo de Inicio	Nodo Final	Diámetro (pulg)	Material	Longitud (m)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Presión Inicial (m.c.a.)	Presión Final (m.c.a.)	ε (mm)
TUB-1	RES-1	P1	2	PVC	22.62	1.67	0.82	2.00	6.23	0.003
TUB-2	P24	P2	1	PVC	20.55	0.19	0.37	23.79	23.64	0.003
TUB-3	P2	P3	1/20	PVC	12.11	0.01	0.08	23.64	23.39	0.003
TUB-4	VC-6	P4	3/4	PVC	83.10	0.08	0.29	26.42	39.86	0.003
TUB-5	P4	P5	1/2	PVC	19.28	0.01	0.08	39.86	42.25	0.003
TUB-6	VC-2	P6	3/4	PVC	29.91	0.13	0.44	24.34	26.18	0.003
TUB-7	P6	P7	1/20	PVC	19.97	0.04	0.33	26.18	29.16	0.003
TUB-8	CRP 7-3	P8	3/4	PVC	115.53	0.17	0.59	0.00	33.42	0.003
TUB-9	P8	P9	1/2	PVC	28.73	0.01	0.08	33.42	36.35	0.003
TUB-10	VC-5	P10	3/4	PVC	51.81	0.08	0.29	26.10	37.29	0.003
TUB-11	P10	P11	1/2	PVC	34.08	0.01	0.08	37.29	37.70	0.003
TUB-12	P29	P12	1/2	PVC	94.37	0.09	0.74	9.92	10.12	0.003
TUB-13	P12	P13	1/2	PVC	44.44	0.01	0.08	10.12	19.69	0.003
TUB-14	VC-3	P14	1	PVC	43.69	0.17	0.33	24.11	30.06	0.003
TUB-15	P14	P15	1/2	PVC	57.01	0.02	0.16	30.06	34.98	0.003
TUB-16	P22	P16	2	PVC	43.73	0.65	0.32	0.31	9.52	0.003
TUB-17	P16	P17	1/2	PVC	61.92	0.03	0.25	9.52	15.03	0.003
TUB-18	P8	P18	3/4	PVC	28.84	0.10	0.37	33.42	30.81	0.003
TUB-19	P18	P19	1/2	PVC	78.51	0.03	0.25	30.81	46.64	0.003
TUB-20	VC-4	P20	3/4	PVC	52.81	0.10	0.37	14.86	27.32	0.003
TUB-21	P20	P21	1/2	PVC	69.93	0.01	0.08	27.32	33.20	0.003
TUB-22	CRP 7-1	P22	2	PVC	7.32	3/4	0.37	0.00	0.31	0.003
TUB-23	P22	P23	3/4	PVC	84.08	0.05	0.18	0.31	22.92	0.003
TUB-24	P16	P24	2	PVC	85.88	0.53	0.26	9.52	23.79	0.003
TUB-25	P6	P25	1/2	PVC	76.95	0.02	0.16	26.18	36.65	0.003
TUB-26	P31	P26	1	PVC	95.11	0.17	0.33	23.63	24.33	0.003
TUB-27	P26	P27	3/4	PVC	105.28	0.04	0.15	24.33	16.43	0.003
TUB-28	P4	P28	1/2	PVC	13.36	0.02	0.16	39.86	42.47	0.003
TUB-29	VC-7	P29	3/4	PVC	21.37	0.19	0.66	7.65	9.92	0.003
TUB-30	P12	P30	1/2	PVC	14.01	0.01	0.08	10.12	12.02	0.003
TUB-31	P36	P31	1	PVC	72.00	0.25	0.49	18.28	23.63	0.003
TUB-32	P10	P32	1/2	PVC	65.53	0.03	0.25	37.29	43.87	0.003

TUB-33	P29	P33	1/2	PVC	133.78	0.02	0.16	9.92	33.62	0.00 3
TUB-34	P39	P34	2	PVC	179.78	0.54	0.27	7.38	13.14	0.00 3
TUB-35	P20	P35	1/2	PVC	118.05	0.03	0.25	27.32	44.26	0.00 3
TUB-36	P34	P36	2	PVC	126.97	0.43	0.21	13.14	18.28	0.00 3
TUB-37	P18	P37	3/4	PVC	80.37	0.02	0.07	30.81	42.37	0.00 3
TUB-38	CRP 7- 2	P38	1	PVC	97.64	0.15	0.29	0.00	20.39	0.00 3
TUB-39	P1	P39	2	PVC	20.78	1.47	0.73	6.23	7.38	0.00 3
TUB-40	P40	CRP 7- 1	2	PVC	15.31	3/4	0.37	24.44	27.33	0.00 3
TUB-41	VC-1	P40	2	PVC	81.26	0.92	0.45	8.36	24.44	0.00 3
TUB-42	P2	CRP 7- 2	1	PVC	81.32	0.15	0.29	23.64	40.62	0.00 3
TUB-43	P36	CRP 7- 3	1	PVC	19.09	0.17	0.33	18.28	20.64	0.00 3
TUB-44	P39	VC-1	2	PVC	8.62	0.92	0.45	7.38	8.36	0.00 3
TUB-45	P24	VC-2	3/4	PVC	8.91	0.125	0.44	23.79	24.34	0.003
TUB-46	P24	VC-3	1	PVC	2.34	0.167	0.33	23.79	24.11	0.003
TUB-47	P34	VC-4	3/4	PVC	7.27	0.104	0.37	13.14	14.86	0.003
TUB-48	P31	VC-5	3/4	PVC	11.44	0.083	0.29	23.63	26.1	0.003
TUB-49	P26	VC-6	3/4	PVC	12.88	0.083	0.29	24.33	26.42	0.003
TUB-50	P1	VC-7	3/4	PVC	13.34	0.188	0.66	6.23	7.65	0.003

Anexo 20. Presión en viviendas con diámetros proyectados de la red “Ojo de Agua”

Elemento Asociado	N° Vivienda	Presión (m.c.a)	Condición	Elemento Asociado	N° Vivienda	Presión (m.c.a)	Condición
TUB-39	V1	7.94	Aceptable	TUB-14	V41	28.79	Aceptable
TUB-12	V2	6.12	Aceptable	TUB-14	V42	29.63	Aceptable
TUB-12	V3	13.38	Aceptable	TUB-15	V43	31.06	Aceptable
TUB-12	V4	14.89	Aceptable	TUB-15	V44	34.54	Aceptable
TUB-12	V5	8.2	Aceptable	TUB-14	V45	27.07	Aceptable
TUB-12	V6	12.93	Aceptable	TUB-3	V46	25	Aceptable
TUB-30	V7	12.99	Aceptable	TUB-42	V47	35.54	Aceptable
TUB-13	V8	20.69	Aceptable	TUB-38	V48	6.22	Aceptable
TUB-41	V9	10.34	Aceptable	TUB-38	V49	8.46	Aceptable
TUB-41	V10	15.32	Aceptable	TUB-38	V50	9.13	Aceptable
TUB-41	V11	17.97	Aceptable	TUB-38	V51	9.49	Aceptable
TUB-41	V12	18.38	Aceptable	TUB-38	V52	12.4	Aceptable
TUB-41	V13	22.26	Aceptable	TUB-38	V53	15.05	Aceptable
TUB-41	V14	20.51	Aceptable	TUB-38	V54	18.87	Aceptable
TUB-41	V15	22.25	Aceptable	TUB-20	V55	25.52	Aceptable
TUB-41	V16	26.12	Aceptable	TUB-21	V56	33.01	Aceptable
TUB-23	V17	5.23	Aceptable	TUB-35	V57	33.86	Aceptable
TUB-23	V18	17.92	Aceptable	TUB-35	V58	40.56	Aceptable
TUB-23	V19	19.59	Aceptable	TUB-35	V59	44.87	Aceptable
TUB-23	V20	23.71	Aceptable	TUB-36	V60	14.58	Aceptable
TUB-23	V21	9.37	Aceptable	TUB-8	V61	28.24	Aceptable

TUB-24	V22	12.63	Aceptable	TUB-8	V62	33.84	Aceptable
TUB-17	V23	6.75	Aceptable	TUB-9	V63	36.49	Aceptable
TUB-33	V24	28.77	Aceptable	TUB-19	V64	38.54	Aceptable
TUB-17	V25	7.3	Aceptable	TUB-19	V65	41.83	Aceptable
TUB-33	V26	34.48	Aceptable	TUB-19	V66	35.73	Aceptable
TUB-17	V27	15.41	Aceptable	TUB-37	V67	36.36	Aceptable
TUB-24	V28	16.32	Aceptable	TUB-37	V68	43.84	Aceptable
TUB-24	V29	18.16	Aceptable	TUB-11	V69	39.66	Aceptable
TUB-24	V30	20.45	Aceptable	TUB-32	V70	35.89	Aceptable
TUB-24	V31	22.32	Aceptable	TUB-32	V71	41.26	Aceptable
TUB-25	V32	26.25	Aceptable	TUB-32	V72	44.49	Aceptable
TUB-25	V33	38	Aceptable	TUB-5	V73	42.87	Aceptable
TUB-7	V34	27.83	Aceptable	TUB-28	V74	43.29	Aceptable
TUB-7	V35	29.51	Aceptable	TUB-28	V75	43.64	Aceptable
TUB-7	V36	26.84	Aceptable	TUB-4	V76	31.2	Aceptable
TUB-7	V37	28.53	Aceptable	TUB-27	V77	26.51	Aceptable
TUB-14	V38	25.52	Aceptable	TUB-27	V78	20.29	Aceptable
TUB-14	V39	25.85	Aceptable	TUB-27	V79	16.44	Aceptable
TUB-14	V40	26.69	Aceptable	TUB-27	V80	27.04	Aceptable

Anexo 21. Reportes de caudales y velocidades con diámetros proyectados en la red "La Guabilla"

REPORTES DE CAUDALES Y VELOCIDADES "LA GUABILLA"										
Etiqueta	Nodo de Inicio	Nodo Final	Diámetro (pulg)	Material	Longitud (m)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Presión Inicial (m.c.a.)	Presión Final (m.c.a.)	ε (mm)
TUB-37	P1	P37	2.00	PVC	7.55	1.583	0.78	5.32	7.02	0.003
TUB-51	P1	P50	0.75	PVC	126.83	0.058	0.20	5.32	15.83	0.003
TUB-3	P2	P3	0.75	PVC	7.01	0.056	0.20	19.27	21.46	0.003
TUB-20	P2	P20	2.00	PVC	25.65	0.774	0.38	19.27	22.69	0.003
TUB-24	P3	P24	0.75	PVC	35.52	0.028	0.10	21.46	34.79	0.003
TUB-5	P4	P5	1.00	PVC	8.56	0.018	0.04	16.26	15.14	0.003
TUB-7	P6	P7	0.50	PVC	9.33	0.018	0.14	30.49	31.78	0.003
TUB-9	P8	P9	0.75	PVC	14.07	0.040	0.14	13.23	15.58	0.003
TUB-27	P9	P27	0.75	PVC	53.70	0.020	0.07	15.58	23.32	0.003
TUB-12	P11	P12	0.50	PVC	16.14	0.018	0.14	9.88	12.34	0.003
TUB-31	P11	P31	0.50	PVC	29.45	0.018	0.14	9.88	16.56	0.003
TUB-15	P14	P15	0.50	PVC	25.27	0.018	0.14	10.14	15.98	0.003
TUB-8	P14	P8	0.75	PVC	24.50	0.040	0.14	10.14	13.23	0.003
TUB-19	P18	P19	0.50	PVC	32.76	0.018	0.14	23.55	29.35	0.003
TUB-23	P18	P23	0.50	PVC	19.96	0.018	0.14	23.55	23.48	0.003
TUB-21	P20	P21	0.50	PVC	32.15	0.018	0.14	22.69	34.76	0.003
TUB-28	P20	P28	2.00	PVC	89.55	0.719	0.35	22.69	38.05	0.003
TUB-6	P22	P6	0.50	PVC	34.30	0.054	0.43	27.23	30.49	0.003
TUB-26	P25	P26	0.75	PVC	36.40	0.029	0.10	17.20	34.48	0.003
TUB-2	P25	P2	2.00	PVC	35.56	0.830	0.41	17.20	19.27	0.003
TUB-29	P28	P29	0.75	PVC	58.47	0.030	0.11	38.05	33.79	0.003
TUB-35	P28	P35	2.00	PVC	9.98	0.640	0.32	38.05	41.78	0.003
TUB-36	P30	P36	0.75	PVC	91.32	0.037	0.13	2.74	23.56	0.003
TUB-11	P30	P11	0.50	PVC	38.36	0.091	0.72	2.74	9.88	0.003
TUB-14	P32	P14	0.75	PVC	43.06	0.085	0.30	7.26	10.14	0.003
TUB-47	P32	P47	2.00	PVC	37.18	0.326	0.16	7.26	15.40	0.003
TUB-34	P33	P34	0.75	PVC	72.73	0.027	0.10	18.97	23.11	0.003
TUB-38	P33	P38	0.75	PVC	166.99	0.020	0.07	18.97	38.49	0.003
TUB-52	P35	CRP-2	2.00	PVC	10.26	0.457	0.23	41.78	44.66	0.003

TUB-54	P35	CRP-4	1.00	PVC	63.84	0.183	0.36	41.78	49.47	0.003
TUB-40	P37	P40	2.00	PVC	19.85	0.677	0.33	7.02	9.88	0.003
TUB-25	P37	P25	2.00	PVC	119.96	0.897	0.44	7.02	17.20	0.003
TUB-10	P40	P10	0.50	PVC	12.86	0.018	0.14	9.88	10.74	0.003
TUB-49	P40	P49	2.00	PVC	86.92	0.613	0.30	9.88	24.81	0.003
TUB-17	P41	P17	0.50	PVC	28.94	0.028	0.22	1.13	2.84	0.003
TUB-43	P41	P43	2.00	PVC	59.01	0.503	0.25	1.13	13.44	0.003
TUB-4	P42	P4	1.00	PVC	95.94	0.091	0.18	11.87	16.26	0.003
TUB-16	P42	P16	0.50	PVC	27.00	0.027	0.21	11.87	17.04	0.003
TUB-44	P43	P44	1.00	PVC	54.76	0.199	0.39	13.44	10.57	0.003
TUB-53	P43	CRP-3	1.00	PVC	117.73	0.167	0.33	13.44	37.90	0.003
TUB-42	P44	P42	1.00	PVC	18.14	0.199	0.39	10.57	11.87	0.003
TUB-33	P45	P33	1.00	PVC	66.15	0.103	0.20	8.57	18.97	0.003
TUB-13	P45	P13	0.50	PVC	16.83	0.018	0.14	8.57	8.77	0.003
TUB-22	P46	P22	1.00	PVC	92.34	0.109	0.21	23.68	27.23	0.003
TUB-18	P46	P18	0.50	PVC	14.79	0.072	0.57	23.68	23.55	0.003
TUB-1	T-1	P1	2.00	PVC	21.68	1.670	0.82	1.15	5.32	0.003
TUB-46	P47	P46	2.00	PVC	46.68	0.245	0.12	15.40	23.68	0.003
TUB-48	P47	P48	0.50	PVC	39.28	0.018	0.14	15.40	15.82	0.003
TUB-50	P49	CRP-1	2.00	PVC	13.50	0.586	0.29	24.81	28.08	0.003
TUB-41	CRP-1	P41	2.00	PVC	8.49	0.586	0.29	0.00	1.13	0.003
TUB-39	P50	P39	0.75	PVC	96.36	0.014	0.05	15.83	23.16	0.003
TUB-32	CRP-2	P32	2.00	PVC	25.90	0.457	0.23	0.00	7.26	0.003
TUB-45	CRP-3	P45	1.00	PVC	41.24	0.167	0.33	0.00	8.57	0.003
TUB-30	CRP-4	P30	1.00	PVC	18.36	0.183	0.36	0.00	2.74	0.003

Anexo 22. Presiones en viviendas con diámetros proyectados “La Guabilla”

Elemento Asociado	N° Vivienda	Presión (m.c.a)	Condición	Elemento Asociado	N° Vivienda	Presión (m.c.a)	Condición
TUB-25	V1	13.27	Aceptable	TUB-23	V47	22.21	Aceptable
TUB-51	V2	5.5	Aceptable	TUB-23	V48	22.08	Aceptable
TUB-51	V3	5	Aceptable	TUB-22	V49	24.75	Aceptable
TUB-51	V4	5.57	Aceptable	TUB-22	V50	21.58	Aceptable
TUB-51	V5	7.39	Aceptable	TUB-22	V51	21.65	Aceptable
TUB-39	V6	21.02	Aceptable	TUB-22	V52	20.58	Aceptable
TUB-39	V7	21.22	Aceptable	TUB-6	V53	28.4	Aceptable
TUB-39	V8	10.34	Aceptable	TUB-6	V54	29.4	Aceptable
TUB-26	V9	22.68	Aceptable	TUB-7	V55	31.71	Aceptable
TUB-26	V10	32.2	Aceptable	TUB-7	V56	33.14	Aceptable
TUB-26	V11	34.34	Aceptable	TUB-10	V57	7.84	Aceptable
TUB-24	V12	22.6	Aceptable	TUB-10	V58	8.09	Aceptable
TUB-24	V13	33.84	Aceptable	TUB-49	V59	8.56	Aceptable
TUB-24	V14	35.61	Aceptable	TUB-49	V60	9.1	Aceptable
TUB-21	V15	27.01	Aceptable	TUB-49	V61	23.31	Aceptable
TUB-21	V16	34.38	Aceptable	TUB-17	V62	6.14	Aceptable
TUB-28	V17	33.93	Aceptable	TUB-17	V63	5.26	Aceptable
TUB-28	V18	37.2	Aceptable	TUB-43	V64	9.98	Aceptable
TUB-29	V19	40.89	Aceptable	TUB-43	V65	9.87	Aceptable
TUB-29	V20	38.77	Aceptable	TUB-16	V66	13.19	Aceptable
TUB-29	V21	35.05	Aceptable	TUB-16	V67	19.03	Aceptable
TUB-32	V22	5.22	Aceptable	TUB-16	V68	17.21	Aceptable
TUB-47	V23	5.67	Aceptable	TUB-4	V69	11.11	Aceptable

TUB-47	V24	5.15	Aceptable	TUB-4	V70	12.17	Aceptable
TUB-46	V25	8.07	Aceptable	TUB-4	V71	13.26	Aceptable
TUB-48	V26	17.31	Aceptable	TUB-4	V72	18.44	Aceptable
TUB-48	V27	17.53	Aceptable	TUB-4	V73	12.36	Aceptable
TUB-46	V28	19.2	Aceptable	TUB-4	V74	17.64	Aceptable
TUB-46	V29	21.74	Aceptable	TUB-5	V75	18.41	Aceptable
TUB-14	V30	12.6	Aceptable	TUB-5	V76	13.69	Aceptable
TUB-15	V31	23.76	Aceptable	TUB-43	V77	14.29	Aceptable
TUB-15	V32	16.05	Aceptable	TUB-53	V78	17.04	Aceptable
TUB-27	V33	15.68	Aceptable	TUB-53	V79	13.57	Aceptable
TUB-27	V34	35.68	Aceptable	TUB-53	V80	15.92	Aceptable
TUB-11	V35	5.43	Aceptable	TUB-53	V81	19.37	Aceptable
TUB-11	V36	5.81	Aceptable	TUB-53	V82	23.32	Aceptable
TUB-12	V37	22.2	Aceptable	TUB-53	V83	36.71	Aceptable
TUB-12	V38	21.71	Aceptable	TUB-45	V84	5.07	Aceptable
TUB-31	V39	26.73	Aceptable	TUB-13	V85	7.38	Aceptable
TUB-31	V40	22.38	Aceptable	TUB-13	V86	8.23	Aceptable
TUB-36	V41	7.64	Aceptable	TUB-33	V87	15.65	Aceptable
TUB-36	V42	5.65	Aceptable	TUB-34	V88	23.25	Aceptable
TUB-36	V43	12.99	Aceptable	TUB-34	V89	19.89	Aceptable
TUB-36	V44	23.58	Aceptable	TUB-34	V90	24	Aceptable
TUB-19	V45	25.26	Aceptable	TUB-38	V91	26.66	Aceptable
TUB-19	V46	29.54	Aceptable	TUB-38	V92	37.75	Aceptable

Anexo 23. Informe de análisis fisicoquímico y bacteriológico de la capación Alto Pingullo.



INFORME DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE AGUA

DATOS DE LA MUESTRA :

SOLICITANTE : CASTAÑEDA PASTOR OXANA JHULEYSI
 FUENTE : MANANTIAL - TIPO LADERA
 PUNTO DE MUESTREO : CAPTACION ALTO PINGULLO
 UBICACIÓN : CORTEGANA - YAGEN
 DISTRITO : CELENDIN
 PROVINCIA Y DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
 FECHA DE ANALISIS : 05 de setiembre del 2025

FECHA DE ANALISIS				10 de septiembre del 2020	
PARAMETRO	UNIDAD	M - 1	LMP		
		RESULTADO			
ANALISIS FISICOQUIMICO					
TURBIEDAD	UNT	128	5		
pH a 19.8 °C	-	6.53	6.5 a 8.5		
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	105	1500		
DUREZA TOTAL	mg/L	76	500		
CLORUROS	mg/L	6	250		
SULFATOS	mg/L	11	250		
NITRATOS	mg/L	3	50		
ALUMINIO	mg/L	0.127	0.2		
CROMO	mg/L	<0.001	0.05		
COBRE	mg/L	0.415	2.0		
HIERRO	mg/L	3.0	0.3		
MANGANESO	mg/L	0.5	0.4		
ZINC	mg/L	0.048	3.0		
ANALISIS BACTERIOLOGICO					
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL a 35°C	6	0		
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	UFC/100 mL a 44.5°C	4	0		

LMP = Límites Máximo Permitidos, dados por DS N° 031-2010-SA, para aguas de consumo humano

UNT = Unidad Nefelométrica de Turbiedad

UFC = Unidad Formadora de Colonias

MUESTRA:

M-1: muestreada y alcanzada al Laboratorio por el usuario.

COMENTARIO :

Los Resultados de la muestra se compara con los LMP dados por el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano, según D.S. N° 031-2010-SA.

De los parámetros fisicoquímicos evaluados; se evidencia que turbiedad, hierro y manganeso, exceden los LMP; los demás parámetros, cumplen con los LMP, dados en el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano.

Hay presencia de coliformes totales y termotolerantes. Se recomienda realizar la desinfección (clorar el agua), para remover los coliformes y hacerla apta para consumo humano.

Cajamarca, 10 de setiembre del 2025.


 Marco Tulio Nieto Centurión
 CONTROL DE CALIDAD
 EPS SEDACAJ S.A.

Anexo 24. Informe de análisis fisicoquímico y bacteriológico de la capación Ojo de Agua



**INFORME DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO
DE AGUA**

DATOS DE LA MUESTRA :

SOLICITANTE : CASTAÑEDA PASTOR OXANA JHULEYSI
FUENTE : MANANTIAL TIPO LADERA
PUNTO DE MUESTREO : CAPTACION OJO DE AGUA
UBICACIÓN : CORTEGANA - YAGEN
DISTRITO : CELENDIN
PROVINCIA Y DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
FECHA DE ANALISIS : 06 de setiembre del 2025

FECHA DE ANALISIS		LUGAR DE ENTREGA DEL ANALISIS	
PARAMETRO	UNIDAD	M - 1	LMP
		RESULTADO	
ANALISIS FISICOQUIMICO			
TURBIEDAD	UNT	56	5
pH $\pm$ 19.0 °C	—	7.25	6.5 a 8.5
CONDUCTIVIDAD	μ S/cm	308	1500
DUREZA TOTAL	mg/L	178	500
CLORUROS	mg/L	18	250
SULFATOS	mg/L	26	250
NITRATOS	mg/L	8	50
ALUMINIO	mg/L	0.037	0.2
CROMO	mg/L	<0.001	0.05
COBRE	mg/L	0.189	2.0
HIERRO	mg/L	0.174	0.3
MANGANESO	mg/L	0.4	0.4
ZINC	mg/L	0.097	3.0
ANALISIS BACTERIOLOGICO			
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL a 35°C	4	0
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	UFC/100 mL a 44.5°C	0	0

LMP = Límites Máximo Permitidos, dados por DS N° 031-2010-SA, para aguas de consumo humano.

UNT = Unidad Nefelométrica de Turbiedad

UFC = Unidades Formadora de Colonias

MUESTRA:

M-1: muestreada y alcanzada al Laboratorio por el usuario.

COMENTARIO :

Los Resultados de la muestra se compara con los LMP dados por el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano, según D.S. N° 031-2010-SA.

De los parámetros fisicoquímicos evaluados; se evidencia que la turbiedad excede el LMP. Los demás parámetros, cumplen con los LMP, dados en el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano.

Hay presencia de coliformes totales. Se recomienda realizar la desinfección (clorar el agua), para remover los coliformes y hacerla apta para consumo humano.



Ing. Marco Talin Nieto Centurión
CONTROL DE CALIDAD
EPS SEDACAJ S.A.

Cajamarca, 10 de setiembre del 2025.

Anexo 25. Informe de análisis fisicoquímico y bacteriológico de la capación La Guabilla



INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE AGUA

DATOS DE LA MUESTRA :

SOLICITANTE : CASTAÑEDA PASTOR OXANA JHULEYSI
 FUENTE : MANANTIAL TIPO LADERA
 PUNTO DE MUESTREO : CAPTACION GUABILLA
 UBICACIÓN : CORTEGANA - YAGEN
 DISTRITO : CELENDIN
 PROVINCIA Y DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
 FECHA DE ANALISIS : 05 de setiembre del 2025

FECHA DE ANALISIS		01 de setiembre del 2020	
PARAMETRO	UNIDAD	M - 1	LMP
		RESULTADO	
ANALISIS FISICOQUIMICO			
TURBIEDAD	UNT	6.51	5
pH a 19.7 °C	--	7.04	6.5 a 8.5
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	406	1500
DUREZA TOTAL	mg/L	248	500
CLORUROS	mg/L	14	250
SULFATOS	mg/L	14	250
NITRATOS	mg/L	6	50
ALUMINIO	mg/L	0.042	0.2
CROMO	mg/L	<0.001	0.05
COBRE	mg/L	0.071	2.0
HIERRO	mg/L	0.248	0.3
MANGANESO	mg/L	0.2	0.4
ZINC	mg/L	0.066	3.0
ANALISIS BACTERIOLOGICO			
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL a 35°C	5	0
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	UFC/100 mL a 44.5°C	1	0

LMP = Límites Máximo Permisibles, dados por DS N° 031-2010-SA, para aguas de consumo humano.

UNT = Unidad Nefelométrica de Turbiedad

UFC = Unidad Formadora de Colonias

MUESTRA:

M-1: muestreada y alcanzada al Laboratorio por el usuario.

COMENTARIO :

Los Resultados de la muestra se compara con los LMP dados por el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano, según D.S. N° 031-2010-SA.

De los parámetros fisicoquímicos evaluados, se evidencia que la turbiedad excede el LMP. Los demás parámetros, cumplen con los LMP, dados en el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano.

Hay presencia de coliformes totales y termotolerantes. Se recomienda realizar la desinfección (clorar el agua), para remover los coliformes y hacerla apta para consumo humano.



Ing° Marco Tulio Narro Centurión
 CONTROL DE CALIDAD
 EPS SEDACAJ S.A.

Cajamarca, 10 de setiembre del 2025.

Anexo 26. Informe de análisis fisicoquímico y bacteriológico de la capación Chahuarpata



INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE AGUA

DATOS DE LA MUESTRA :

SOLICITANTE : CASTAÑEDA PASTOR OXANA JHULEYSI
 FUENTE : AGUA SUBTERRANEA TIPO LADERA
 PUNTO DE MUESTREO : CAPTACION CHAUARPATA
 UBICACIÓN : CORTEGANA - YAGEN
 DISTRITO : CELENDIN
 PROVINCIA Y DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
 FECHA DE ANALISIS : 05 de setiembre del 2025

FECHA DE ANALISIS		15 de septiembre del 2023	
PARAMETRO	UNIDAD	M - 1	LMP
		RESULTADO	
ANALISIS FISICOQUIMICO			
TURBIDEDAD	UNT	1.87	5
pH, a 15.5 °C	--	6.58	6.5 a 8.5
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	134	1500
DUREZA TOTAL	mg/L	88	500
CLORUROS	mg/L	31	250
SULFATOS	mg/L	17	250
NITRATOS	mg/L	5	50
ALUMINIO	mg/L	0.132	0.2
CROMO	mg/L	<0.001	0.05
COBRE	mg/L	0.038	2.0
HIERRO	mg/L	0.111	0.3
MANGANESO	mg/L	0.3	0.4
ZINC	mg/L	0.055	3.0
ANALISIS BACTERIOLOGICO			
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL a 35°C	5	0
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	UFC/100 mL a 44.5°C	2	0

LMP = Límites Máximo Permitidos, dados por DS N° 031-2010-SA, para aguas de consumo humano.

UNT = Unidad Nefométrica de Turbiedad

UFC = Unidad Formadora de Colonias

MUESTRA:

M-1: muestreada y alcanzada al Laboratorio por el usuario.

COMENTARIO :

Los Resultados de la muestra se compara con los LMP dados por el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano, según D.S. N° 031-2010-SA.

De los parámetros fisicoquímicos evaluados, se evidencia que todos los parámetros, cumplen con los LMP, dados en el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano.

Hay presencia de coliformes totales y termotolerantes. Se recomienda realizar la desinfección (clorar el agua), para remover los coliformes y hacerla apta para consumo humano.



Ing. Marco Tulio Nieto Centurión
 CONTROL DE CALIDAD
 EPS SEDACAJ S.A.

Cajamarca, 10 de setiembre del 2025

PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1. Levantamiento topográfico del sistema Alto Pingullo



Fotografía 2. Levantamiento topográfico del sistema La Guabilla



Fotografía 3. Toma de cuestionario en la JASS Ojo de Agua



Fotografía 4. Inspección de reservorio La Guabilla.



Fotografía 5. Preparación de manómetros para instalación en campo



Fotografía 6. Equipo de instalación de manómetros



Fotografía 7. Medición de presiones en vivienda Alto Pingullo



Fotografía 8. Aforo de agua en la captación del manantial Alto Pingullo



Fotografía 9. *Recolección de muestra de agua en la fuente La Guabilla*



Fotografía 10. *Reunión con miembros de la JASS Ojo de Agua*



PLANOS

Plano 01: Modelamiento hidráulico - red de distribución “Alto Pingullo”

Plano 02: Modelamiento hidráulico - red de distribución “Ojo de Agua”

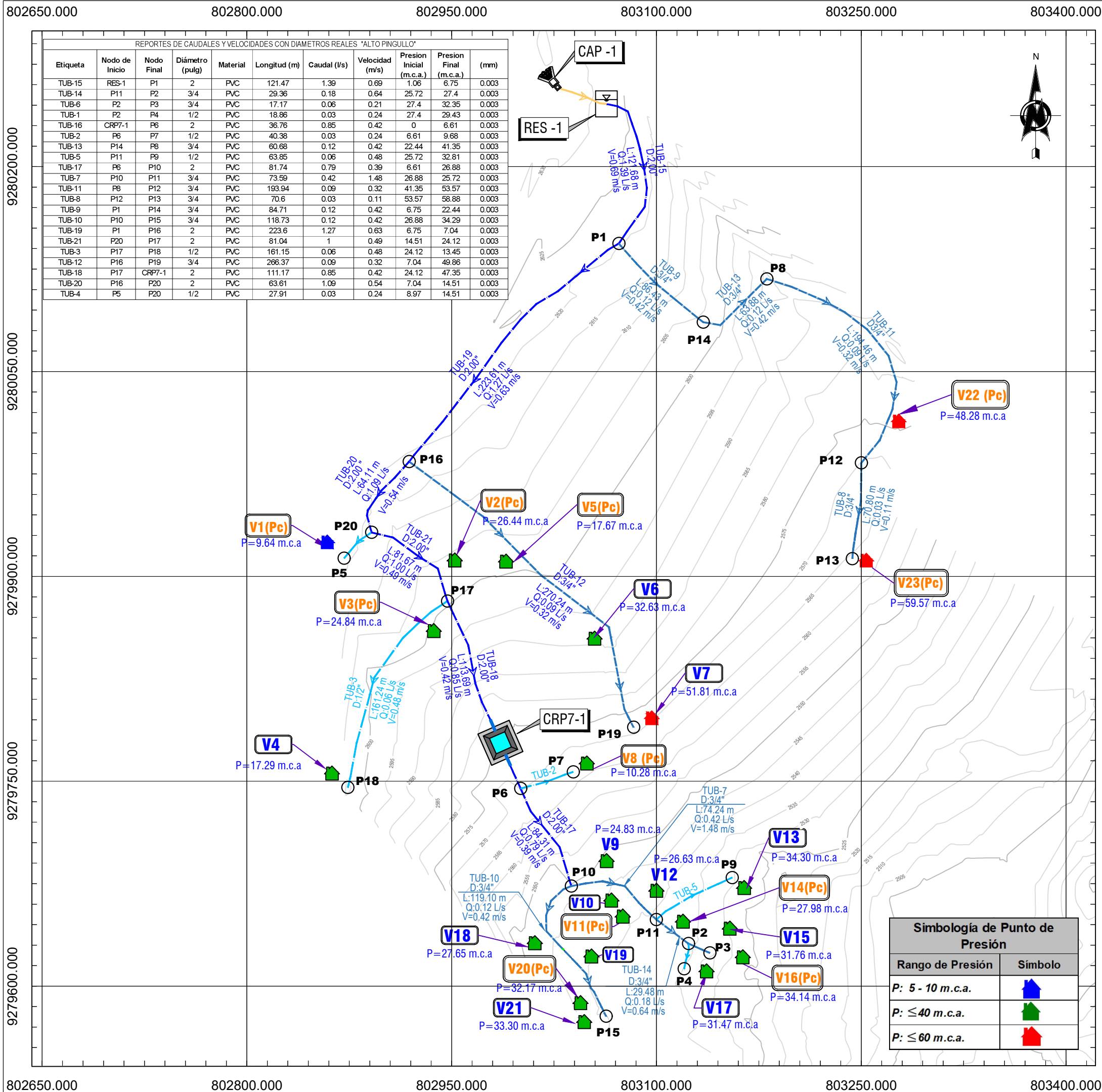
Plano 03: Modelamiento hidráulico - red de distribución “La Guabilla”

Plano 04: Optimización de diámetros de red de distribución “Alto Pingullo”

Plano 05: Optimización de diámetros de red de distribución “Ojo de Agua”

Plano 06: Propuesta de mejora en la conducción “Chahuarpata”

Plano 07: Optimización de diámetros de red de distribución “La Guabilla”



PUNTOS DE PRESIÓN SIMULADOS "ALTO PINGULLO"		
Elemento Asociado	Nº Usuario	Presión (m.c.a.)
TUB-4	V1	9.60
TUB-21	V2	26.40
TUB-3	V3	24.78
TUB-3	V4	17.09
TUB-12	V5	17.63
TUB-12	V6	32.58
TUB-12	V7	51.75
TUB-2	V8	10.28
TUB-7	V9	24.75
TUB-7	V10	26.33
TUB-7	V11	26.60
TUB-7	V12	26.42
TUB-5	V13	34.02
TUB-5	V14	27.72
TUB-6	V15	31.49
TUB-6	V16	33.87
TUB-1	V17	31.20
TUB-10	V18	27.64
TUB-10	V19	34.60
TUB-10	V20	32.15
TUB-10	V21	33.28
TUB-11	V22	48.23
TUB-8	V23	59.52

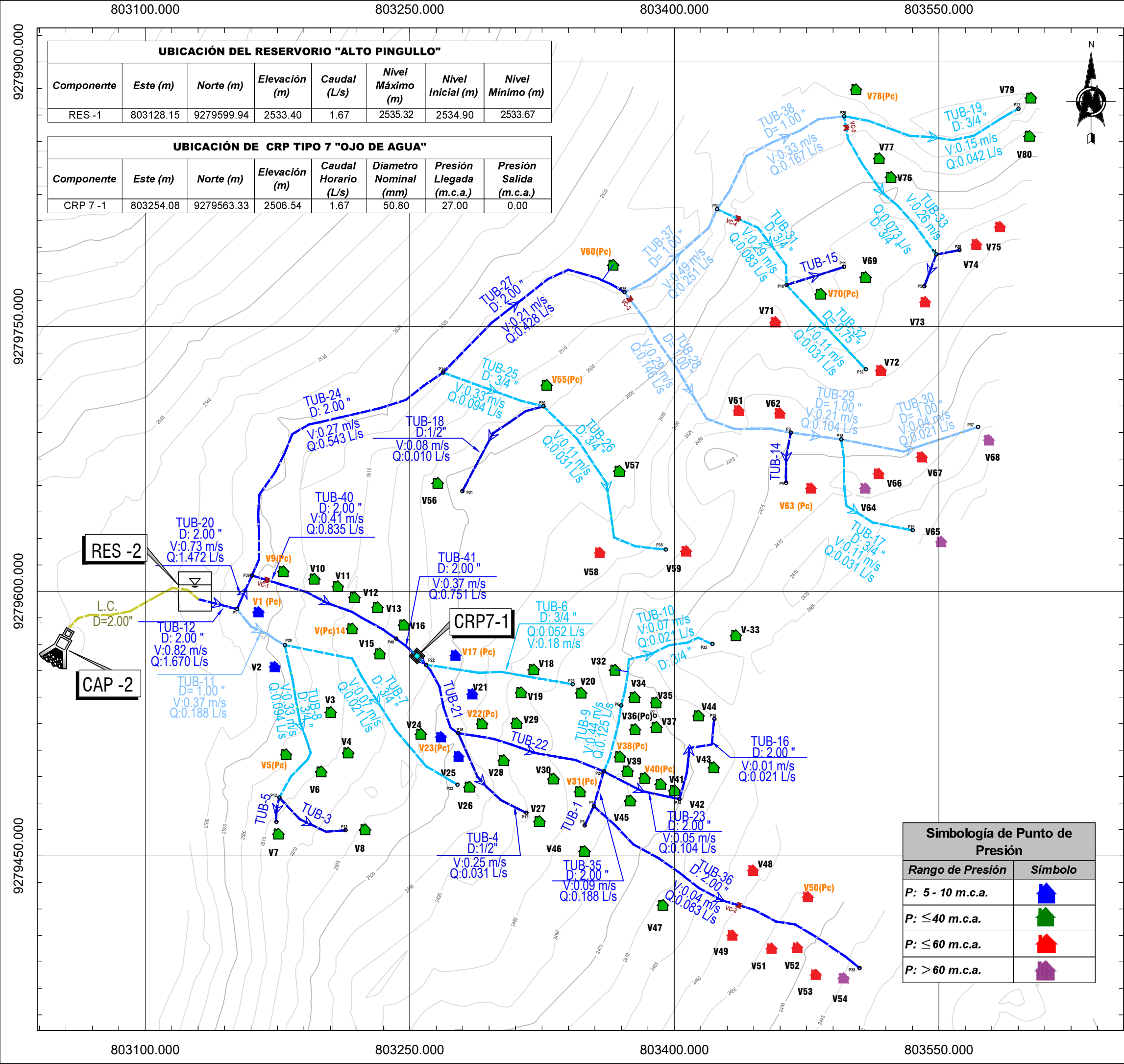
UBICACIÓN DE CAPTACIÓN DE LA FUENTE "ALTO PINGULLO"				
Componente	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)	Caudal (L/s)
CAP -1	803028.85	9280256.69	2633.81	0.942 (Sequía)

UBICACIÓN DEL RESERVORIO "ALTO PINGULLO"							
Componente	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)	Caudal (L/s)	Nivel Máximo (m)	Nivel Inicial (m)	Nivel Mínimo (m)
RES -1	803063.40	9280245.92	2628.17	1.39	2630.09	2629.67	2628.44

UBICACIÓN DE CRP TIPO 7 "ALTO PINGULLO"							
Componente	Este(m)	Norte (m)	Elevación (m)	Caudal Horario (L/s)	Díametro Nominal (mm)	Presión Llegada (m.c.a.)	Presión Salida (m.c.a.)
CRP 7 -1	802985.64	9279778.15	2576.92	1.39	50.80	47.40	0.00

LEYENDA DE TUBERÍAS			
Descripción	Condición	Longitud (m)	Simbología
TUB PVC C-10 DN: 1/2"	Existente	312.16	
TUB PVC C-10 DN: 3/4"	Existente	915.15	
TUB PVC C-10 DN: 2"	Existente	719.40	

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA
TESIS	: "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA LA GESTIÓN DE LA DEMANDA POBLACIONAL EN LA LOCALIDAD DE YAGÉN CORTEGANA, CELENDÍN, CAJAMARCA, 2025"
PLANO	: MODELAMIENTO HIDRÁULICO - RED DE DISTRIBUCIÓN "ALTO PINGULLO"
ASESOR : Dr. Ing. MÉNDEZ CRUZ GASPAR VIRILO	UBICACIÓN
TESISTA : Bach. CASTAÑEDA PASTOR OXANA JHULEYSI	LOCALIDAD : YAGÉN DISTRITO : CORTEGANA PROVINCIA : CELENDÍN DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
FECHA : Enero 2026	ESCALA : 1/2000
P-01	



PUNTOS DE PRESIÓN "OJO DE AGUA"					
N° Vivienda	Elemento Asociado	Presión (m.c.a.)	N° Vivienda	Elemento Asociado	Presión (m.c.a.)
V1	TUB-20	7.94	V41	TUB-23	29.04
V2	TUB-8	7.76	V42	TUB-23	29.92
V3	TUB-8	16.72	V43	TUB-16	31.45
V4	TUB-8	19.54	V44	TUB-16	35.04
V5	TUB-8	13.18	V45	TUB-23	27.27
V6	TUB-8	18.22	V46	TUB-1	25.17
V7	TUB-5	19.55	V47	TUB-36	36.09
V8	TUB-3	27.24	V48	TUB-36	43.54
V9	TUB-40	10.37	V49	TUB-36	45.84
V10	TUB-40	15.36	V50	TUB-36	50.60
V11	TUB-40	18.02	V51	TUB-36	50.99
V12	TUB-40	18.44	V52	TUB-36	54.03
V13	TUB-40	22.33	V53	TUB-36	56.76
V14	TUB-40	20.58	V54	TUB-36	60.67
V15	TUB-40	22.11	V55	TUB-25	25.63
V16	TUB-40	26.20	V56	TUB-18	33.13
V17	TUB-6	5.23	V57	TUB-26	34.35
V18	TUB-6	17.92	V58	TUB-26	41.34
V19	TUB-6	19.59	V59	TUB-26	45.85
V20	TUB-6	23.71	V60	TUB-27	14.57
V21	TUB-6	9.37	V61	TUB-28	51.10
V22	TUB-22	12.63	V62	TUB-28	55.52
V23	TUB-4	6.75	V63	TUB-14	59.84
V24	TUB-7	29.92	V64	TUB-17	62.38
V25	TUB-4	7.30	V65	TUB-17	72.02
V26	TUB-7	35.72	V66	TUB-17	59.51
V27	TUB-4	15.41	V67	TUB-30	59.99
V28	TUB-22	16.31	V68	TUB-30	67.49
V29	TUB-22	18.16	V69	TUB-15	39.65
V30	TUB-22	20.45	V70	TUB-32	35.99
V31	TUB-22	22.32	V71	TUB-32	41.46
V32	TUB-10	26.30	V72	TUB-32	44.95
V33	TUB-10	38.20	V73	TUB-13	43.02
V34	TUB-2	27.82	V74	TUB-34	43.44
V35	TUB-2	29.50	V75	TUB-34	43.79
V36	TUB-2	26.83	V76	TUB-33	31.27
V37	TUB-2	28.52	V77	TUB-19	26.50
V38	TUB-23	25.55	V78	TUB-19	20.28
V39	TUB-23	25.93	V79	TUB-19	16.43
V40	TUB-23	26.84	V80	TUB-19	27.02

UBICACIÓN DE CAPTACIÓN DE LA FUENTE "OJO DE AGUA"				
Componente	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)	Caudal (L/s)
CAP -2	803057.48	9279578.19	2540.85	1.07 (Sequia)

LEYENDA DE TUBERÍAS			
Descripción	Condición	Longitud (m)	Simbología
TUB PVC C-10 DN: 1/2"	Existente	317.83	— · — · — · —
TUB PVC C-10 DN: 3/4"	Existente	1014.53	— · — · — · —
TUB PVC C-10 DN: 1"	Existente	278.43	— · — · — · —
TUB PVC C-10 DN: 2"	Existente	1062.05	— · — · — · —
Longitud Total (m)		2672.84	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

TESIS : "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA LA GESTIÓN DE LA DEMANDA POBLACIONAL EN LA LOCALIDAD DE YAGÉN CORTEGANA, CELENDÍN, CAJAMARCA, 2025"

PLANO : MODELAMIENTO HIDRÁULICO - RED DE DISTRIBUCIÓN "OJO DE AGUA"

ASESOR : Dr. Ing. MÉNDEZ CRUZ GASPAR VIRILO

UBICACIÓN

PLANO Nro.

TESISTA : Bach. CASTAÑEDA PASTOR OXANA JHULEYSI

LOCALIDAD : YAGÉN

DISTRITO : CORTEGANA

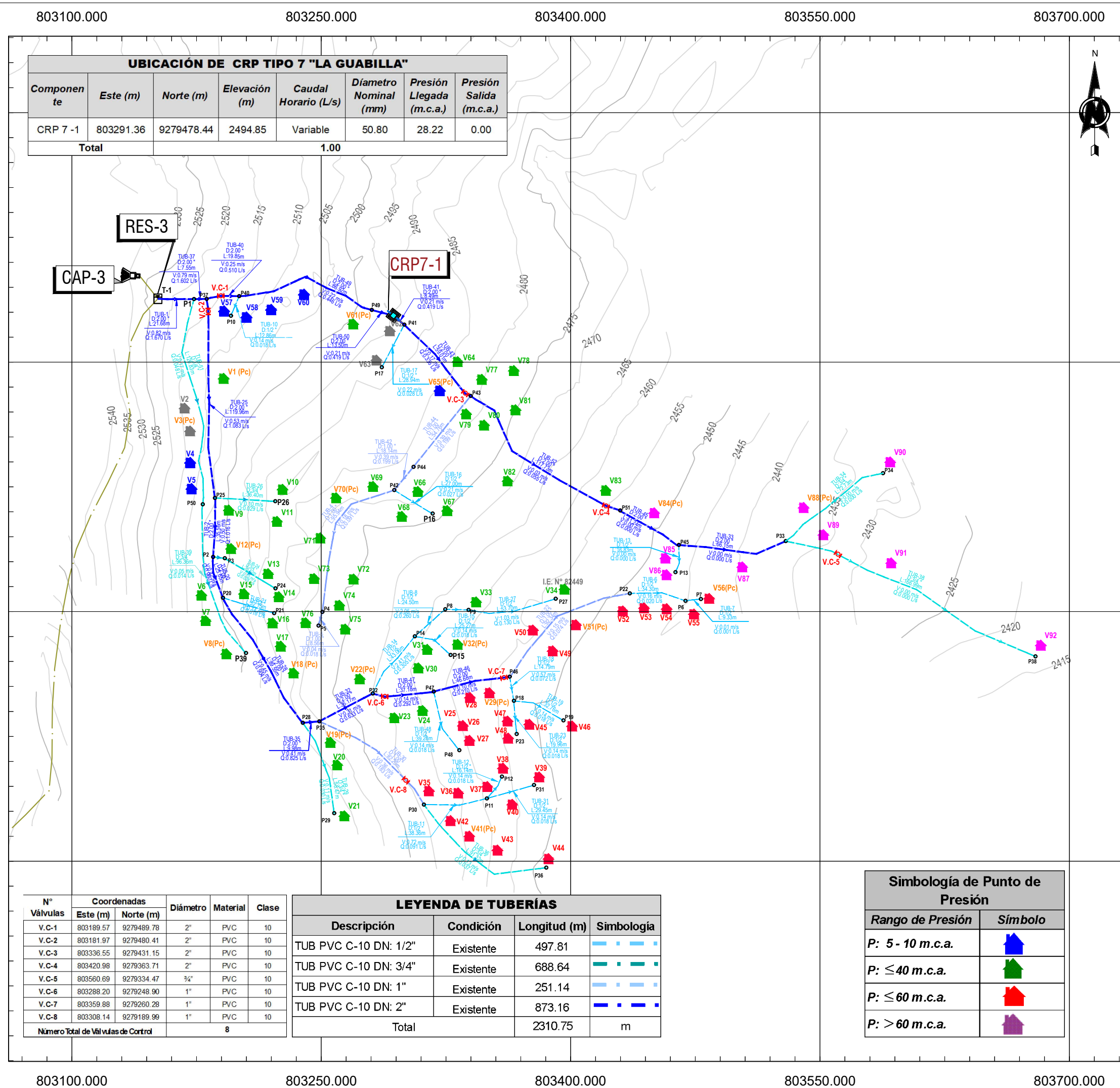
PROVINCIA : CELENDÍN

DEPARTAMENTO : CAJAMARCA

FECHA : Octubre 2025

ESCALA : 1/2500

P-02

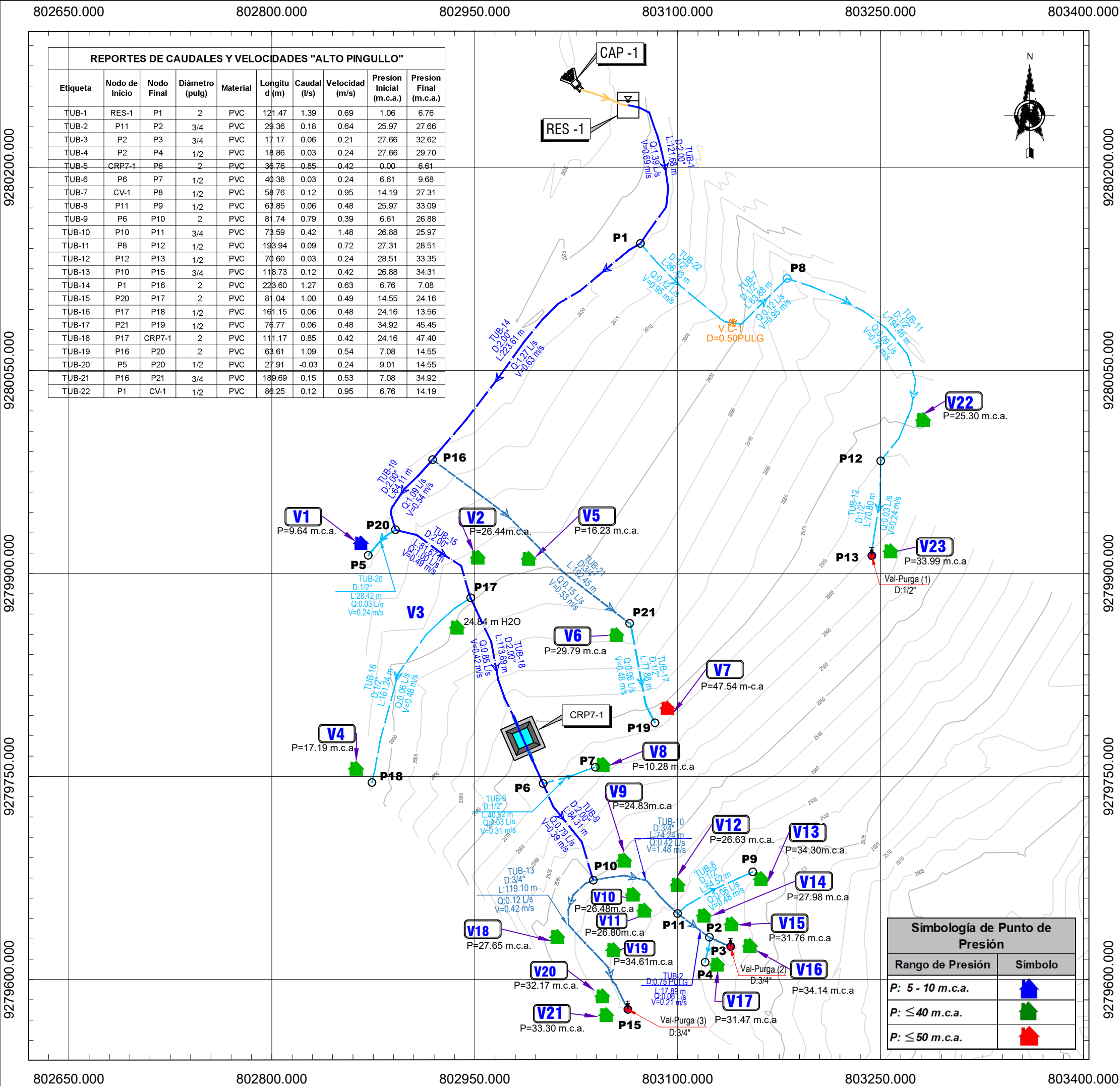


Elemento Asociado	Vivienda	Presión (m.c.a.)	Elemento Asociado	Vivienda	Presión (m.c.a.)
TUB-25	V1	13.17	TUB-23	V47	66.32
TUB-51	V2	4.08	TUB-23	V48	66.19
TUB-51	V3	3.54	TUB-22	V49	68.9
TUB-51	V4	5.75	TUB-22	V50	65.74
TUB-51	V5	7.59	TUB-22	V51	65.84
TUB-39	V6	21.24	TUB-22	V52	64.83
TUB-39	V7	21.44	TUB-6	V53	72.84
TUB-39	V8	10.57	TUB-6	V54	74.32
TUB-26	V9	22.44	TUB-7	V55	76.83
TUB-26	V10	31.96	TUB-7	V56	78.26
TUB-26	V11	34.1	TUB-10	V57	7.86
TUB-24	V12	22.29	TUB-10	V58	8.11
TUB-24	V13	33.54	TUB-49	V59	8.6
TUB-24	V14	35.3	TUB-49	V60	9.16
TUB-21	V15	26.66	TUB-49	V61	23.43
TUB-21	V16	34.03	TUB-17	V62	3.15
TUB-28	V17	33.5	TUB-17	V63	3.27
TUB-28	V18	36.75	TUB-43	V64	10.03
TUB-29	V19	40.39	TUB-43	V65	9.92
TUB-29	V20	38.27	TUB-16	V66	13.26
TUB-29	V21	34.55	TUB-16	V67	19.1
TUB-32	V22	48.32	TUB-16	V68	17.27
TUB-47	V23	49.76	TUB-4	V69	11.18
TUB-47	V24	49.25	TUB-4	V70	12.23
TUB-46	V25	52.17	TUB-4	V71	13.32
TUB-48	V26	61.41	TUB-4	V72	18.5
TUB-48	V27	61.63	TUB-4	V73	12.43
TUB-46	V28	63.3	TUB-4	V74	17.71
TUB-46	V29	65.85	TUB-5	V75	18.48
TUB-14	V30	41.87	TUB-5	V76	13.75
TUB-15	V31	43.68	TUB-43	V77	14.35
TUB-15	V32	35.97	TUB-52	V78	17.13
TUB-27	V33	18.48	TUB-52	V79	13.68
TUB-27	V34	32.68	TUB-52	V80	16.1
TUB-11	V35	52.99	TUB-52	V81	19.61
TUB-11	V36	54.76	TUB-52	V82	23.76
TUB-12	V37	71.15	TUB-52	V83	37.52
TUB-12	V38	70.66	TUB-45	V84	43.8
TUB-31	V39	75.69	TUB-13	V85	46.52
TUB-31	V40	71.33	TUB-13	V86	47.39
TUB-36	V41	56.6	TUB-33	V87	54.9
TUB-36	V42	53.86	TUB-34	V88	62.6
TUB-36	V43	61.95	TUB-34	V89	59.24
TUB-36	V44	72.53	TUB-34	V90	63.39
TUB-19	V45	69.36	TUB-38	V91	66.03
TUB-19	V46	73.64	TUB-38	V92	77.18

UBICACIÓN DE CAPTACIONES DEL SISTEMA "LA GUABILLA"				
Fuente	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)	Caudal (L/s)
CAP 3 (La Guabilla)	803140.89	9279501.70	2540.85	0.401 (Sequia)
CAP -3 (Chahuarpata)	802947.72	9278902.33	2644.19	0.164 (Sequia)
Total		2.00		

UBICACIÓN DEL RESERVORIO "LA GUABILLA"							
Componente	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)	Caudal (L/s)	Nivel Máximo (m)	Nivel Inicial (m)	Nivel Mínimo (m)
RES -3	803151.74	9279493.75	2523.84	Variable	2525.34	2522.84	2523.57
Total	1.00						

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA	
TESIS	: "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA LA GESTIÓN DE LA DEMANDA POBLACIONAL EN LA LOCALIDAD DE YAGÉN CORTEGANA, CELENDÍN, CAJAMARCA, 2025"	
PLANO	: MODELAMIENTO HIDRÁULICO - RED DE DISTRIBUCIÓN "LA GUABILLA"	
ASESOR : Dr. Ing. MÉNDEZ CRUZ GASPAR VIRILO	UBICACIÓN	PLANO Nro.
TESISTA : Bach. CASTAÑEDA PASTOR OXANA JHULEYSI	LOCALIDAD : YAGÉN DISTRITO : CORTEGANA PROVINCIA : CELENDÍN DEPARTAMENTO : CAJAMARCA	P-03
FECHA : Octubre 2025	ESCALA : 1/2000	



Elemento Asociado	N° Vivienda	Presion (m.c.a.)
TUB-20	V1	9.64
TUB-15	V2	26.44
TUB-16	V3	24.84
TUB-16	V4	17.19
TUB-21	V5	16.23
TUB-17	V6	29.79
TUB-17	V7	47.54
TUB-6	V8	10.28
TUB-10	V9	24.83
TUB-10	V10	26.48
TUB-10	V11	26.8
TUB-10	V12	26.63
TUB-8	V13	34.3
TUB-8	V14	27.98
TUB-3	V15	31.76
TUB-3	V16	34.14
TUB-4	V17	31.47
TUB-13	V18	27.65
TUB-13	V19	34.61
TUB-13	V20	32.17
TUB-13	V21	33.3
TUB-11	V22	25.34
TUB-12	V23	34.02

UBICACIÓN DE CAPTACIÓN DE LA FUENTE "ALTO PINGULLO"				
Componente	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)	Caudal (L/s)
CAP -1	803028.85	9280256.69	2633.81	0.942 (Sequia)

UBICACIÓN DEL RESERVORIO "ALTO PINGULLO"							
Componente	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)	Caudal (L/s)	Nivel Máximo	Nivel Inicial	Nivel Mínimo
RES -1	50.80	47.40	2628.17	1.39	2630.09	2629.67	2628.44

UBICACIÓN DE CRP TIPO 7 "ALTO PINGULLO"							
Componente	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)	Caudal Horario (L/s)	Diámetro Nominal (mm)	Presión Llegada (m.c.a.)	Presión Salida (m.c.a.)
CRP 7 -1	802985.64	9279778.15	2576.92	1.39	50.80	47.40	0.00

LEYENDA DE TUBERÍAS			
Descripción	Condición	Longitud (m)	Simbología
TUB PVC C-10 DN: 1/2"	-	798.86	
TUB PVC C-10 DN: 3/4"	-	428.54	
TUB PVC C-10 DN: 2"	Existente	719.40	

UBICACIÓN DE VÁLVULAS DE PURGA PROYECTADAS				
Descripción	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)	Diámetro (pulg)
Val-Purga (1)	803243.44	9279912.99	2564.49	1/2
Val-Purga (2)	803139.121	9279624.28	2532.00	3/4
Val-Purga (3)	803063.117	9279577.92	2540.13	3/4

OPTIMIZACIÓN DE DIÁMETROS EN LA RED				
Descripción	Tramo	Condición	Longitud (m)	Simbología
TUB PVC C-10 DN: 1/2"	P1-P13	Proyección	409.93	
TUB PVC C-10 DN: 1/2"	P21-P19	Proyección	76.77	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

TESIS : "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA LA GESTIÓN DE LA DEMANDA POBLACIONAL EN LA LOCALIDAD DE YAGÉN CORTEGANA, CELENDÍN, CAJAMARCA, 2025"

PLANO : MODELAMIENTO HIDRÁULICO PROYECTADO - RED DE DISTRIBUCIÓN "ALTO PINGULLO"

ASESOR : Dr. Ing. MÉNDEZ CRUZ GASPAR VIRILO

UBICACIÓN

PLANO Nro.

TESISTA : Bach. CASTAÑEDA PASTOR OXANA JHULEYSI

LOCALIDAD : YAGÉN

DISTRITO : CORTEGANA

PROVINCIA : CELENDÍN

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA : Enero 2026

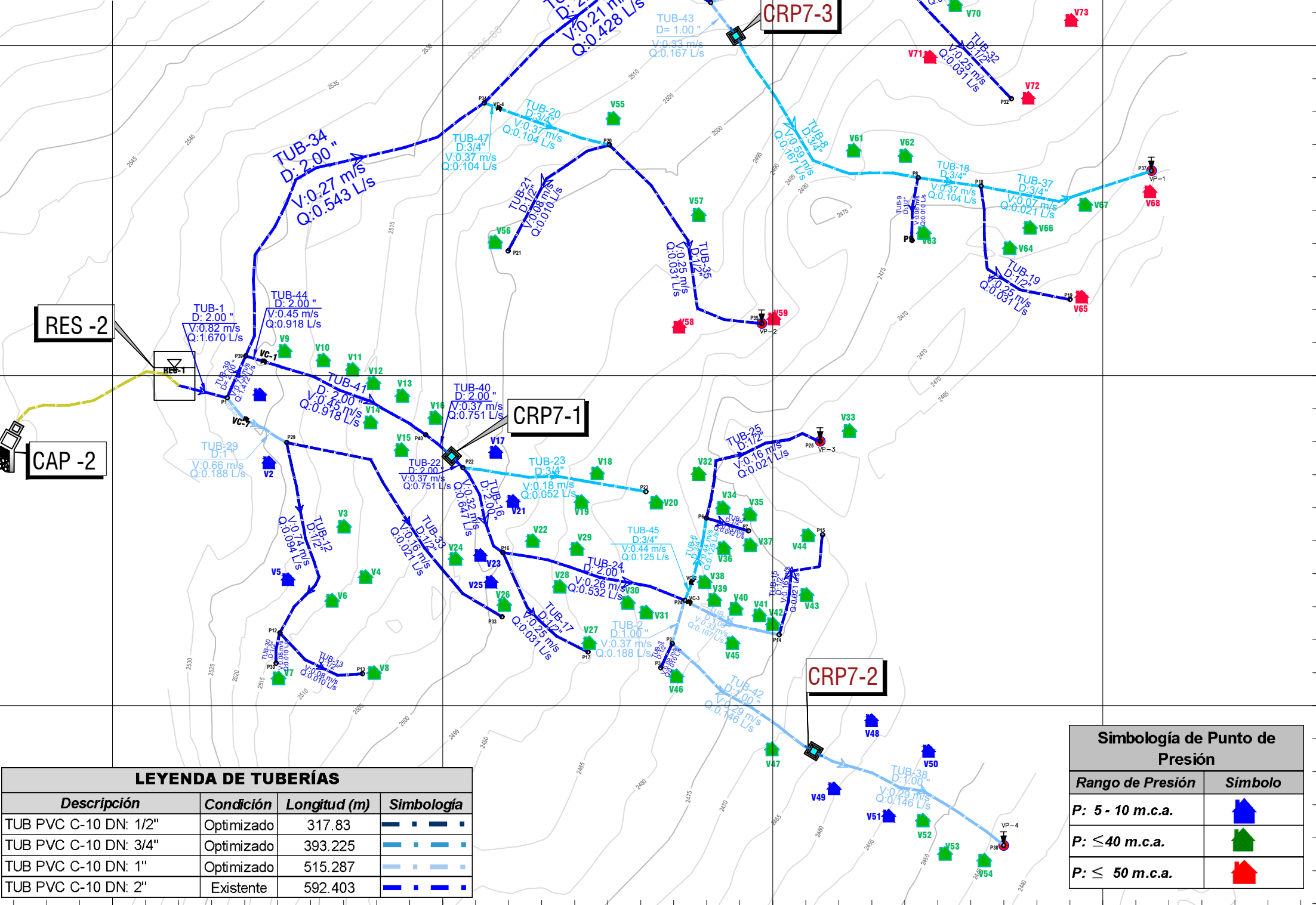
ESCALA : 1/2000

P-04

UBICACIÓN DE VÁLVULAS DE PURGA "OJO DE AGUA"				
Accesorio	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)	Díametro Nominal (mm)
VP -1*	803572.04	9279693.12	2467.83	25.40
VP-2*	803395.00	9279623.71	2504.47	19.05
VP-3*	803421.55	9279570.15	2470.00	19.05
VP-4*	803504.91	9279386.52	2444.89	19.05

UBICACIÓN DE VÁLVULAS DE CONTROL "OJO DE AGUA"					
Accesorio	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)	Díametro Nominal (Pulg)	Caudal (L/s)
VC-1	803168.72	9279606.42	2525.50	2	0.918
VC-2*	803363.26	9279506.14	2481.14	3/4	0.125
VC-3*	803362.12	9279496.88	2481.50	2	0.167
VC-4*	803275.62	9279721.33	2518.57	3/4	0.104
VC-5	803434.59	9279811.83	2506.08	3/4	0.083
VC-6	803498.20	9279856.46	2505.07	3/4	0.083
VC-7*	803160.58	9279580.06	2526.05	3/4	0.188

* Accesorios proyectados



LEYENDA DE TUBERÍAS			
Descripción	Condición	Longitud (m)	Simbología
TUB PVC C-10 DN: 1/2"	Optimizado	317.83	— ■ — ■ — ■
TUB PVC C-10 DN: 3/4"	Optimizado	393.225	— ■ — ■ — ■
TUB PVC C-10 DN: 1"	Optimizado	515.287	— ■ — ■ — ■
TUB PVC C-10 DN: 2"	Existente	592.403	— ■ — ■ — ■

Simbología de Punto de Presión	
Rango de Presión	Símbolo
P: 5 - 10 m.c.a.	■
P: ≤ 40 m.c.a.	■
P: ≤ 50 m.c.a.	■

PRESIONES EN VIVIENDAS RED OJO DE AGUA					
Tubería Asociada	N° Vivienda	Presión (m.c.a)	Tubería Asociada	N° Vivienda	Presión (m.c.a)
TUB-39	V1	7.94	TUB-14	V41	28.79
TUB-12	V2	6.12	TUB-14	V42	29.63
TUB-12	V3	13.38	TUB-15	V43	31.06
TUB-12	V4	14.89	TUB-15	V44	34.54
TUB-12	V5	8.2	TUB-14	V45	27.07
TUB-12	V6	12.93	TUB-3	V46	25
TUB-30	V7	12.99	TUB-42	V47	35.54
TUB-13	V8	20.69	TUB-38	V48	6.22
TUB-41	V9	10.34	TUB-38	V49	8.46
TUB-41	V10	15.32	TUB-38	V50	9.13
TUB-41	V11	17.97	TUB-38	V51	9.49
TUB-41	V12	18.38	TUB-38	V52	12.4
TUB-41	V13	22.26	TUB-38	V53	15.05
TUB-41	V14	20.51	TUB-38	V54	18.87
TUB-41	V15	22.25	TUB-20	V55	25.52
TUB-41	V16	26.12	TUB-21	V56	33.01
TUB-23	V17	5.23	TUB-35	V57	33.86
TUB-23	V18	17.92	TUB-35	V58	40.56
TUB-23	V19	19.59	TUB-35	V59	44.87
TUB-23	V20	23.71	TUB-36	V60	14.58
TUB-23	V21	9.37	TUB-8	V61	28.24
TUB-24	V22	12.63	TUB-8	V62	33.84
TUB-17	V23	6.75	TUB-9	V63	36.49
TUB-33	V24	28.77	TUB-19	V64	38.54
TUB-17	V25	7.3	TUB-19	V65	41.83
TUB-33	V26	34.48	TUB-19	V66	35.73
TUB-17	V27	15.41	TUB-37	V67	36.36
TUB-24	V28	16.32	TUB-37	V68	43.84
TUB-24	V29	18.16	TUB-11	V69	39.66
TUB-24	V30	20.45	TUB-32	V70	35.89
TUB-24	V31	22.32	TUB-32	V71	41.26
TUB-25	V32	26.25	TUB-32	V72	44.49
TUB-25	V33	38	TUB-5	V73	42.87
TUB-7	V34	27.83	TUB-28	V74	43.29
TUB-7	V35	29.51	TUB-28	V75	43.64
TUB-7	V36	26.84	TUB-4	V76	31.2
TUB-7	V37	28.53	TUB-27	V77	26.51
TUB-14	V38	25.52	TUB-27	V78	20.29
TUB-14	V39	25.85	TUB-27	V79	16.44
TUB-14	V40	26.69	TUB-27	V80	27.04

UBICACIÓN DE CAPTACIÓN DE LA FUENTE "OJO DE AGUA"				
Componente	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)	Caudal (L/s)
CAP -2	803057.48	9279578.19	2540.85	1.07 (Sequia)

UBICACIÓN DEL RESERVOIRIO "OJO DE AGUA"						
Componente	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)	Caudal (L/s)	Nivel Máximo (m)	Nivel Inicial (m)
RES -2	803128.15	9279599.94	2533.40	1.67	2535.32	2534.90

UBICACIÓN DE CRP TIPO 7 "OJO DE AGUA"							
Componente	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)	Díametro Nominal (mm)	Caudal (L/s)	Presión Llegada (m.c.a)	Presión Salida (m.c.a)
CRP7-1	803254.01	9279563.40	2506.54	2	0.751	27.33	0
CRP7-2*	803418.62	9279429.33	2464.32	1	0.146	40.62	0
CRP7-3*	803383.23	9279754.35	2504.47	1	0.167	20.64	0

* Accesorios proyectados

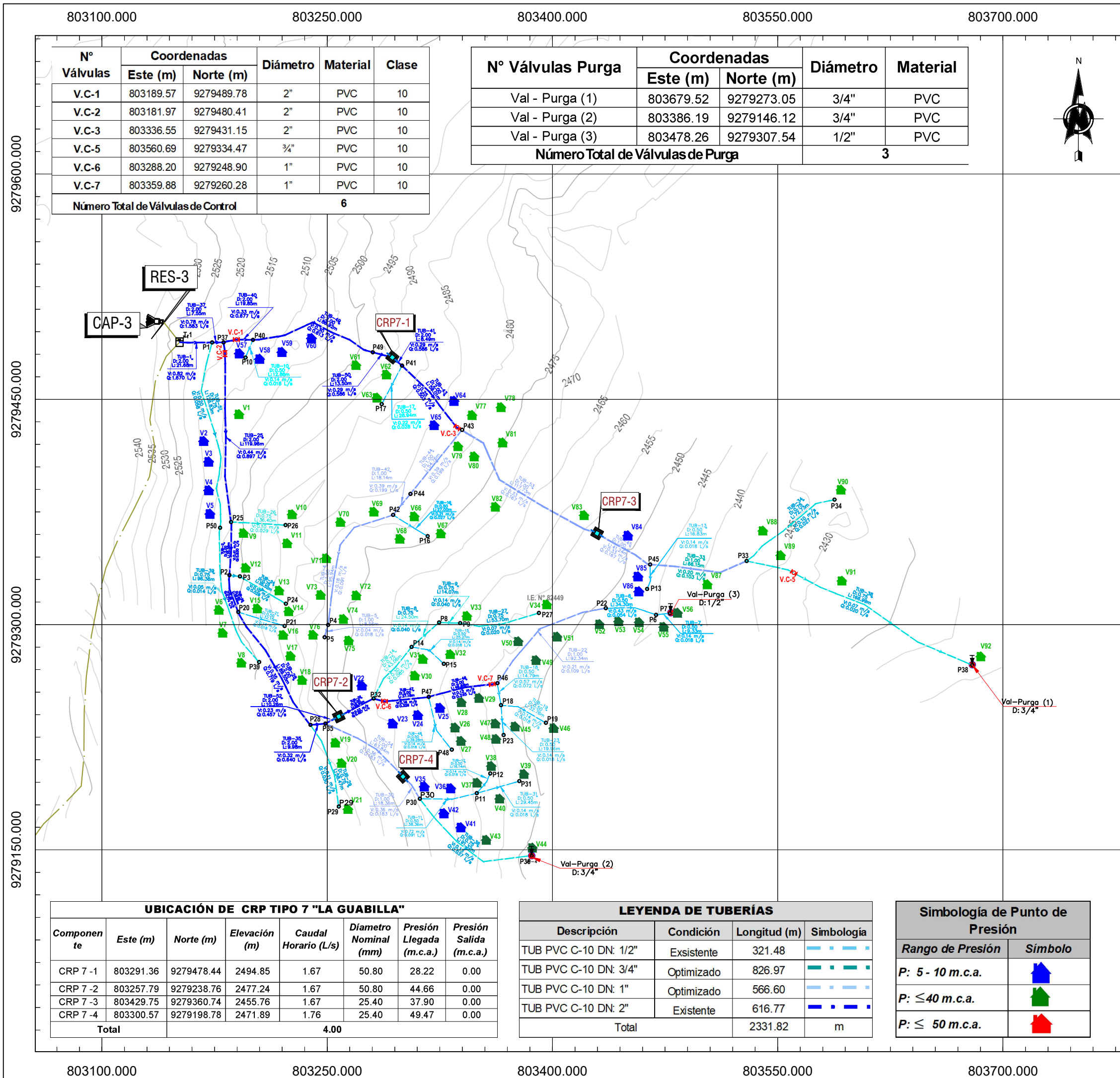


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

TESIS : "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA LA GESTIÓN DE LA DEMANDA POBLACIONAL EN LA LOCALIDAD DE YAGÉN CORTEGANA, CELENDÍN, CAJAMARCA, 2025"

PLANO : MODELAMIENTO HIDRÁULICO PROYECTADO - RED DE DISTRIBUCIÓN "OJO DE AGUA"

ASESOR	Dr. Ing. MÉNDEZ CRUZ GASPAR VIRILO	UBICACIÓN	PLANO Nro.
TESISTA	Bach. CASTAÑEDA PASTOR OXANA JHULEYSI	LOCALIDAD : YAGÉN	P-05
FECHA	Enero 2026	DISTRITO : CORTEGANA	
ESCALA	1/2000	PROVINCIA : CELENDÍN	
		DEPARTAMENTO : CAJAMARCA	



Elemento Asociado	Vivienda	Presión (m.c.a.)	Elemento Asociado	Vivienda	Presión (m.c.a.)
TUB-25	V1	13.27	TUB-23	V47	22.21
TUB-51	V2	5.50	TUB-23	V48	22.08
TUB-51	V3	5.00	TUB-22	V49	24.75
TUB-51	V4	5.57	TUB-22	V50	21.58
TUB-51	V5	7.39	TUB-22	V51	21.65
TUB-39	V6	21.02	TUB-22	V52	20.58
TUB-39	V7	21.22	TUB-6	V53	28.40
TUB-39	V8	10.34	TUB-6	V54	29.40
TUB-26	V9	22.68	TUB-7	V55	31.71
TUB-26	V10	32.20	TUB-7	V56	33.14
TUB-26	V11	34.34	TUB-10	V57	7.84
TUB-24	V12	22.60	TUB-10	V58	8.09
TUB-24	V13	33.84	TUB-49	V59	8.56
TUB-24	V14	35.61	TUB-49	V60	9.10
TUB-21	V15	27.01	TUB-49	V61	23.31
TUB-21	V16	34.38	TUB-17	V62	6.14
TUB-28	V17	33.93	TUB-17	V63	5.26
TUB-28	V18	37.20	TUB-43	V64	9.98
TUB-29	V19	40.89	TUB-43	V65	9.87
TUB-29	V20	38.77	TUB-16	V66	13.19
TUB-29	V21	35.05	TUB-16	V67	19.03
TUB-32	V22	5.22	TUB-16	V68	17.21
TUB-47	V23	5.67	TUB-4	V69	11.11
TUB-47	V24	5.15	TUB-4	V70	12.17
TUB-46	V25	8.07	TUB-4	V71	13.26
TUB-48	V26	17.31	TUB-4	V72	18.44
TUB-48	V27	17.53	TUB-4	V73	12.36
TUB-46	V28	19.20	TUB-4	V74	17.64
TUB-46	V29	21.74	TUB-5	V75	18.41
TUB-14	V30	12.60	TUB-5	V76	13.69
TUB-15	V31	23.76	TUB-43	V77	14.29
TUB-15	V32	16.05	TUB-53	V78	17.04
TUB-27	V33	15.68	TUB-53	V79	13.57
TUB-27	V34	35.68	TUB-53	V80	15.92
TUB-11	V35	5.43	TUB-53	V81	19.37
TUB-11	V36	5.81	TUB-53	V82	23.32
TUB-12	V37	22.20	TUB-53	V83	36.71
TUB-12	V38	21.71	TUB-45	V84	5.07
TUB-31	V39	26.73	TUB-13	V85	7.38
TUB-31	V40	22.38	TUB-13	V86	8.23
TUB-36	V41	7.64	TUB-33	V87	15.65
TUB-36	V42	5.65	TUB-34	V88	23.25
TUB-36	V43	12.99	TUB-34	V89	19.89
TUB-36	V44	23.58	TUB-34	V90	24.00
TUB-19	V45	25.26	TUB-38	V91	26.66
TUB-19	V46	29.54	TUB-38	V92	37.75

UBICACIÓN DE CAPTACIONES DEL SISTEMA "LA GUABILLA"				
Fuente	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)	Caudal (L/s)
CAP 3 (La Guabilla)	803140.89	9279501.70	2540.85	0.401 (Sequía)
CAP -3 (Chahuarpata)	802947.72	9278902.33	2644.19	0.164 (Sequía)
CAP -4 (Chahuarpata)	802947.72	9278902.33	2651.21	0.500
Total		2.00		

UBICACIÓN DEL RESERVORIO "LA GUABILLA"							
Componente	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)	Caudal (L/s)	Nivel Máximo (m)	Nivel Inicial (m)	Nivel Mínimo (m)
RES -3	803151.74	9279493.75	2523.84	1.67	2525.34	2522.84	2523.57
Total				1.00			

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA
TESIS	: "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA LA GESTIÓN DE LA DEMANDA POBLACIONAL EN LA LOCALIDAD DE YAGÉN CORTEGANA, CELENDÍN, CAJAMARCA, 2025"
PLANO	: MODELAMIENTO HIDRÁULICO PROYECTADO - RED DE DISTRIBUCIÓN "LA GUABILLA"
ASESOR	Dr. Ing. MÉNDEZ CRUZ GASPAR VIRILO
ASESOR	UBICACIÓN
TESISTA	Bach. CASTAÑEDA PASTOR OXANA JHULEYSI
TESISTA	LOCALIDAD : YAGÉN DISTRITO : CORTEGANA PROVINCIA : CELENDÍN DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
FECHA	Octubre 2025
ESCALA	: 1/2500