

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
SANITARIA**



TESIS

**"Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable
de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región
Cajamarca, 2025"**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO SANITARIO**

AUTOR:

BACH. FAUSTINO JHORGEN ARTEAGA MEJÍA

ASESOR:

DR. ING. AGUSTÍN EMERSON MEDINA CHÁVEZ

Cajamarca - Perú

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. **Investigador:** Faustino Jhorgen Arteaga Mejía
DNI: 75469001
Escuela Profesional: Escuela Académico Profesional de Ingeniería Sanitaria
2. **Asesor:** Dr. Ing. Agustín Emerson Medina Chávez
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 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA URBANIZACIÓN EL PORVENIR, DISTRITO Y PROVINCIA DE CELENDÍN, REGIÓN CAJAMARCA, 2025"
6. **Fecha de evaluación:** 19 de diciembre 2025
7. **Software antiplagio:** ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 5%
9. **Código Documento:** oid: 3117:542281529
10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 19 de diciembre 2025



Firmado digitalmente por:
MEDINA CHAVEZ AGUSTIN
EMERSON FIR 27040564 hard
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 19/12/2025 16:35:46-0500

FIRMA DEL ASESOR



Firmado digitalmente por:
BAZAN DIAZ Laura Sofia
FAU 20148258601 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 19/12/2025 16:57:47-0500

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



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TÍTULO : EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA URBANIZACIÓN EL PORVENIR, DISTRITO Y PROVINCIA DE CELENDÍN, REGIÓN CAJAMARCA, 2025

ASESOR : Dr. Ing. Agustín Emerson Medina Chávez.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0782-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 30 de diciembre de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **seis días del mes de febrero de 2026**, siendo las quince horas con treinta minutos (03:30 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Ambiente 1A - Segundo Piso), de la facultad de Ingeniería, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Vocal : Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
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 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA URBANIZACIÓN EL PORVENIR, DISTRITO Y PROVINCIA DE CELENDÍN, REGIÓN CAJAMARCA, 2025**, presentado **FAUSTINO JHORGEN ARTEAGA MEJÍA** asesorado por el Dr. Ing. Agustín Emerson Medina Chávez, para la obtención del Título Profesional

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

EVALUACIÓN PRIVADA : 05 PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : 11 PTS.
EVALUACIÓN FINAL : 16 PTS

Dieciséis (En letras)

En consecuencia, se lo declara Aprobado con el calificativo de Dieciséis (16) acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 04:15 p.m. 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. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Vocal

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

Dr. Ing. Agustín Emerson Medina Chávez.
Asesor

AGRADECIMIENTO

Al Dios Soberano, cuya voluntad me ha permitido culminar esta etapa y emprender una nueva fase importante en mi formación profesional.

A mis padres y hermanos, por su esfuerzo incansable, su apoyo incondicional y sus sabios consejos, que han sido la base para alcanzar este logro.

A mi director de escuela y asesor de tesis Dr. Agustín Emerson Medina Chávez, por su orientación, dedicación y aportación durante el desarrollo de esta investigación.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, por haberme brindado la formación académica necesaria para defenderme en la vida.

Al Dr. Gilberto Cruzado Vásquez y Mcs. María Salomé De la Torre Ramírez por el tiempo, dedicación y orientación brindada durante todo el proceso de supervisión y revisión para que este trabajo sea correcto y de buena calidad.

Al comité y Teniente Roberto Carlos Rojas Díaz de la JASS “El Porvenir”, por el permiso y apoyo brindado para el desarrollo de la presente investigación.

A mis primos Diego, Anita, por su apoyo incondicional.

A todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este trabajo, mi más sincero agradecimiento.

DEDICATORIA

A mi amada madre, cuyo amor incondicional, esfuerzo y sacrificio han sido el pilar que me sostuvo en cada paso de este camino. Su ejemplo de fortaleza y entrega me inspira a seguir siempre adelante.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA.....	II
CONTENIDO	III
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	XI
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT	XIII
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.3. HIPÓTESIS	2
1.4. VARIABLE	2
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.6. ALCANCES O DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.7. OBJETIVOS.....	3
1.7.1. <i>Objetivo General</i>	3
1.7.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
1.8. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DE LOS CAPÍTULOS	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	5
2.1.1. <i>Nivel Internacional</i>	5
2.1.2. <i>Nivel Nacional</i>	6
2.1.3. <i>Nivel Local</i>	7
2.2. BASES TEÓRICAS	8
2.2.1. <i>Parámetros de Diseño de Sistema de Agua para Consumo Humano</i>	8
2.2.2. <i>Dimensionamiento Hidráulico</i>	18

2.2.3.	<i>Modelamiento Hidráulico</i>	30
2.2.4.	<i>Software WaterCAD/GEMS</i>	34
2.2.5.	<i>Parámetros Físico-químicos</i>	35
2.2.6.	<i>Parámetros microbiológicos</i>	37
2.2.7.	<i>Parámetros de control obligatorio</i>	38
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	39
2.3.1.	<i>Sistema de Abastecimiento de Agua Potable</i>	39
2.3.2.	<i>Evaluación Hidráulica</i>	39
2.3.3.	<i>Dotaciones de agua</i>	40
2.3.4.	<i>Red de Distribución de Agua</i>	40
2.3.5.	<i>Caudal</i>	40
2.3.6.	<i>Presión</i>	41
2.3.7.	<i>Coefficientes de Variación de Consumo (K1 y K2)</i>	41
2.3.8.	<i>Pérdidas de Carga</i>	41
2.3.9.	<i>Conexión Domiciliaria</i>	41
2.3.10.	<i>Modelado Hidráulico</i>	41
2.3.11.	<i>Demanda de Agua</i>	42
2.3.12.	<i>Normativa Técnica</i>	42
2.3.13.	<i>Calidad del Agua</i>	42
2.3.14.	<i>Eficiencia hidráulica</i>	42
	CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	43
3.1.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	43
3.1.1.	<i>Tipo</i>	43
3.1.2.	<i>Nivel</i>	43
3.1.3.	<i>Diseño</i>	43
3.1.4.	<i>Método de investigación</i>	43
3.1.5.	<i>Tiempo o época de la investigación</i>	43
3.1.6.	<i>Fases de la investigación</i>	44

3.2.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	44
3.3.	POBLACIÓN DE ESTUDIO, MUESTRA, UNIDAD DE ANÁLISIS	44
3.3.1.	<i>Población de estudio</i>	44
3.3.2.	<i>Unidad de análisis</i>	44
3.3.3.	<i>Muestra para encuestas</i>	45
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	46
3.4.1.	<i>Materiales en campo</i>	46
3.4.2.	<i>Materiales en gabinete</i>	47
3.4.3.	<i>Materiales y equipos</i>	47
3.5.	PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	49
3.5.1.	<i>Levantamiento topográfico</i>	50
3.5.2.	<i>Identificación y descripción del estado actual del sistema de Agua</i>	50
3.5.3.	<i>Estimación de los caudales y coeficientes de variación de consumo K1 y K2 del sistema de agua para consumo humano de la urbanización El Porvenir</i>	52
3.5.4.	<i>Evaluación hidráulica de los componentes del SAP</i>	53
3.5.5.	<i>Modelado y simulación hidráulica</i>	53
3.5.6.	<i>Evaluación de la calidad del agua mediante los parámetros físico-químico (cloro residual, pH, turbidez) y bacteriológico (Coliformes termotolerantes o fecales)</i>	54
3.5.7.	<i>Propuesta de soluciones técnicas de diseño</i>	54
	CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	55
4.1.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	55
4.1.1.	<i>Caracterización de la urbanización El Porvenir</i>	55
4.1.2.	<i>Levantamiento topográfico</i>	58
4.1.3.	<i>Identificación y descripción de los componentes del SAP y usuarios asociados</i>	58
4.1.4.	<i>Estimación de los caudales y coeficientes de variación de consumo K1 y K2 en época húmeda</i>	75
4.1.5.	<i>Estimación de los caudales y coeficientes de variación de consumo K1 y K2 en época de estiaje</i>	82
4.1.6.	<i>Evaluación hidráulica de los componentes del SAP</i>	83

4.1.7.	<i>Modelado y simulación hidráulica - WaterCAD/GEMS</i>	102
4.1.8.	<i>Evaluación de la calidad del agua mediante los parámetros físico-químico (cloro residual, pH, turbidez), bacteriológico (Coliformes Termotolerantes o fecales) y metales totales.</i>	111
4.1.9.	<i>Propuesta de soluciones técnicas de diseño</i>	115
4.2.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	122
4.3.	EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA	125
	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	128
5.1.	CONCLUSIONES	128
5.2.	RECOMENDACIONES	130
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
	BIBLIOGRAFÍA	131
	LINKOGRAFÍA	132
	APÉNDICES	134
	APÉNDICE A. REGISTRO DE DESCENSOS DE NIVEL DE AGUA EN EL RESERVORIO	134
	APÉNDICE B. DATOS PROCESADOS UTILIZADOS EN LOS CÁLCULOS HIDRÁULICOS.	135
	APÉNDICE C. REGISTRO DE CAUDALES HORARIOS Y SUMATORIA DE CAUDALES.	138
	APÉNDICE D. REGISTRO DE VOLÚMENES DE CONSUMO.	139
	APÉNDICE E. REGISTRO DE VOLÚMENES DE CONSUMO ACUMULADOS.	139
	APÉNDICE F. REGISTRO DE AFOROS EN LAS CAPTACIONES EN ÉPOCA HÚMEDA.	140
	APÉNDICE G. REGISTRO DE AFOROS EN LAS CAPTACIONES EN ÉPOCA DE ESTIAJE.	141
	APÉNDICE H. LECTURAS DE PRESIONES EN CAMPO.	142
	APÉNDICE I. ANTIGÜEDAD DE TUBERÍAS EN LA RED	143
	APÉNDICE J. FORMATO DE FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE OBRA DE CAPTACIÓN.	144
	APÉNDICE K. FORMATO DE FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN.	145
	APÉNDICE L. FORMATO DE FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE LA LÍNEA DE ADUCCIÓN.	145
	APÉNDICE M. FORMATO DE FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA DEL RESERVORIO.	146
	APÉNDICE N. FORMATO DE FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE RED DE DISTRIBUCIÓN.	147

APÉNDICE O. FORMATO DE FICHA DE ENCUESTA DE EVALUACIÓN DE CALIDAD, CONTINUIDAD Y EVALUACIÓN DE CONEXIÓN DOMICILIARIA.	148
APÉNDICE P. FICHA DE ENCUESTA DE EVALUACIÓN DE CALIDAD, CONTINUIDAD Y EVALUACIÓN DE CONEXIÓN DOMICILIARIA APLICADA EN LA POBLACIÓN.....	149
APÉNDICE Q. RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA EN %.	151
ANEXOS.....	152
ANEXO I. PANEL FOTOGRÁFICO.	152
ANEXO II. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE TUBOS NTP 399.002: 2015 (REVISADA EL 2022).....	159
ANEXO III. PADRÓN DE USUARIOS ASOCIADOS EN LA JASS “EL PORVENIR”.	159
ANEXO IV. INFORME TÉCNICO DE LA RED DE SALUD DE CELENDÍN DEL ANÁLISIS DEL AGUA.	160
ANEXO V. INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA.	162
ANEXO VI. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE MANÓMETROS.....	167
ANEXO VII. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE ESTACIÓN TOTAL.....	169
ANEXO VIII. CARTA DE AUTORIZACIÓN DE ACCESO DE LA JASS EL PORVENIR PARA ESTUDIO.....	170
ANEXO IX. CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN.....	171
ANEXO X. CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS.	172
ANEXO XI. MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	178
ANEXO XII. PLANOS TOPOGRÁFICOS DE LA URBANIZACIÓN EL PORVENIR.	179
ANEXO XIII. PLANOS DE DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA URBANIZACIÓN “EL PORVENIR”.	180
ANEXO XIV. PLANO DEL MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA URBANIZACIÓN “EL PORVENIR”.	181
ANEXO XV. PLANO PROPUESTA PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA URBANIZACIÓN “EL PORVENIR”.	182

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Periodos de diseño recomendables para determinar en instalaciones de S.A.P.	9
Tabla 2. Periodo de diseño de infraestructura sanitaria.....	9
Tabla 3. Dotaciones de agua según población y clima (D).	12
Tabla 4. Dotaciones por número de habitantes.	12
Tabla 5. Dotaciones por región	12
Tabla 6. Gasto de diseño para estructuras de sistema de agua para consumo humano.	16
Tabla 7. Coeficientes de Rugosidad " ϵ " Darcy Weisbach.....	23
Tabla 8. Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica.....	36
Tabla 9. Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos.....	38
Tabla 10. Ubicación geográfica del distrito de Celendín.	55
Tabla 11. Tabla de aforo del agua en el reservorio.	76
Tabla 12. Ejemplo de datos procesados para el día 18.....	78
Tabla 13. Lectura del día de mayor descenso de agua.	79
Tabla 14. Demanda de caudal en cada hora del día de mayor consumo.	79
Tabla 15. Caudal ofertante de las captaciones en época de estiaje.....	82
Tabla 16. Caudales de diseño para época de estiaje.	82
Tabla 17. Caudal de diseño para cada captación.....	83
Tabla 18. Cálculo del caudal ofertante en época húmeda por el método volumétrico.....	84
Tabla 19. Cálculo del caudal ofertante en época húmeda por el método volumétrico.....	90
Tabla 20. Pérdidas por carga y presión de llegada en las líneas de conducción.....	97
Tabla 21. Datos de Oferta y demanda para determinar la curva masa.	100
Tabla 22. WaterCAD - Ingreso de parámetros hidráulicos iniciales.	103
Tabla 23. Cálculo de Caudal y Velocidad en las tuberías de la red por tramo.....	104
Tabla 24. Reporte de presiones en la Red en cada nodo (WaterCAD).	105
Tabla 25. Presiones en campo y en la simulación.	106

Tabla 26. Primera Calibración de presiones con valores de campo.	107
Tabla 27. Control de caudal en FCV para Segunda Calibración.....	108
Tabla 28. Segunda Calibración.	108
Tabla 29. Caudales y velocidades en la RED, después de la Calibración.	109
Tabla 30. Presiones a partir de la Calibración.....	110
Tabla 31. Resultados de calidad de agua del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano de la Urbanización El Porvenir.	112
Tabla 32. Población registrada en Censos Nacionales - Celendín.	115
Tabla 33. Dimensionamiento propuesto para la captación "El Guayao".....	118
Tabla 34. Dimensionamiento propuesto para la Captación "Peje de Oro".....	119
Tabla 35. Diámetros propuestos para la línea de conducción.	119
Tabla 36. Tabla del funcionamiento hidráulico del sistema de agua.....	125
Tabla 37. Clasificación cualitativa del Índice de funcionamiento.....	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Coeficiente de variación diaria de consumo.	14
Figura 2. Coeficiente de variación horaria de consumo.	15
Figura 3. Perfil de cámara húmeda - Captación de Ladera.	20
Figura 4. Ilustración de perfil de línea de conducción.	22
Figura 5. Perfil de Cámara Rompe Presión.	25
Figura 6. Partes de un sistema de agua potable por gravedad sin planta de tratamiento.	28
Figura 7. Diagrama de un modelo hidráulico de flujo permanente.	31
Figura 8. Diagrama de un modelo hidráulico de flujo no permanente.	32
Figura 9. Variable que forma parte del proceso de calibración de una RDAP.	33
Figura 10. Captación de Ladera "El Guayao".	60
Figura 11. Ficha de Inspección Técnica de la Captación de ladera "El Guayao".	61
Figura 12. Ficha de Inspección Técnica de la Captación de ladera "Peje de Oro".	63
Figura 13. Captación de ladera "Peje de Oro".	64
Figura 14. Ficha de Inspección Técnica de la Línea de Conducción - TRAMO 1.	65
Figura 15. Ficha de inspección Técnica de la Línea de Conducción - TRAMO 2.	66
Figura 16. Ficha de inspección Técnica del Reservorio "El porvenir".	67
Figura 17. Evaluación Línea de Aducción.	68
Figura 18. Verificación de diámetros de Tubería en la Red de distribución con Calicatas.	69
Figura 19. Presión del agua en las viviendas.	70
Figura 20. Almacenamiento de agua en las viviendas.	71
Figura 21. Uso principal del agua.	72
Figura 22. Continuidad del servicio a la semana.	72
Figura 23. Continuidad del servicio al día.	73
Figura 24. Satisfacción del usuario con respecto al servicio.	73
Figura 25. Resultado de evaluación de conexiones domiciliarias.	74

Figura 26. Estado de conexiones Domiciliarias de la JASS El Porvenir.	74
Figura 27. Lectura de medición de nivel de agua por consumo de agua.	77
Figura 28. Coeficiente de máxima variación horaria o coeficiente de la hora de mayor consumo (K2).	80
Figura 29. Consumo horario de agua de los 28 días de registro.	81
Figura 30. Aforo de caudal en la Captación “El Guayao”.	84
Figura 31. CURVA MASA - De oferta y demanda del día de mayor consumo.	101
Figura 32. Percepción organoléptica del agua.	113
Figura 33. Cloración del agua en el sistema.....	114
Figura 34. Problemas de salud relacionados con el consumo de agua.....	115

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

PVC	:	Policlororuro de Vinilo.
JASS	:	Junta Administradora de Servicios de Saneamiento.
RDAP	:	Red De Agua Potable.
MCVS	:	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
MINSA	:	Ministerio de Salud.
DS	:	Decreto Supremo.
OMS	:	Organización Mundial de la Salud.
RM	:	Resolución Ministerial.
UTM	:	Universal Transverse Mercator (sistemas de coordenadas).
LMP	:	Límites Máximos Permisibles.
UNT	:	Unidades Nefelométricas de Turbidez.
UFC	:	Unidad Formadora de Colonia.

RESUMEN

Se realizó la evaluación hidráulica del sistema de agua El Porvenir, ubicado en la zona marginal de la ciudad de Celendín, administrada mediante JASS, considerando todos los componentes del sistema: Captación, línea de conducción, reservorio, línea de aducción, red de distribución, válvulas de control y conexiones domiciliarias. Para la evaluación se determinó los caudales de diseño y los coeficientes K1 y K2 mediante mediciones horarias del nivel de agua en el reservorio durante cuatro semanas. Así mismo, se verificó el dimensionamiento hidráulico de los componentes mediante fichas de inspección técnica y la demanda de estudio. Luego se realizó el modelado en el software WaterCAD para lo cual se calibró con datos de presión medidos simultáneamente en cuatro puntos de la red, mientras que la calidad del agua se evaluó a través de la Red de Salud de Celendín y el Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca. Como resultados, se obtuvo los valores de caudales de diseño para el periodo estudiado $Q_{md} = 3.52$ l/s, $Q_{mh} = 4.84$ l/s y los coeficientes de variación de consumo $K1 = 1.33$ y $K2 = 1.82$. Se verificó que las estructuras de la captación Peje de Oro y El Guayao son menores a las demandas actuales y la velocidad en la línea de conducción del Tramo 1 es de 0.4 m/s. De la calibración se encontró una presión mínima de 8.41 m.c.a y solo el 43% de las velocidades en los tramos cumplen con la normativa, y en cuanto a la calidad del agua, se detectó la presencia de Escherichia Coli = 3.6 NMP/100 ml. Se concluye que el funcionamiento hidráulico del sistema de agua para consumo humano de la urbanización El Porvenir incumple con los criterios establecidos por la RM N° 192-2018 VIVIENDA, DS N° 031-2010-SA y otras normativas sucedáneas.

Palabras Claves: Modelamiento, dimensionamiento, WaterCAD, hidráulico.

ABSTRACT

The hydraulic evaluation of the El Porvenir water supply system, located in the marginal area of the city of Celendín and managed by the JASS, was carried out considering all components of the system: intake, transmission line, reservoir, adduction line, distribution network, control valves, and household connections. For the evaluation, the design flows and the K1 and K2 coefficients were determined through hourly measurements of the water level in the reservoir over a four-week period. Likewise, the hydraulic sizing of the components was verified through technical inspection sheets and the study demand. Subsequently, the system was modeled using WaterCAD software, which was calibrated with pressure data measured simultaneously at four points in the network, while water quality was evaluated by the Celendín Health Network and the Regional Water Laboratory of Cajamarca. As results, the design flow values obtained for the study period were $Q_{md} = 3.52$ L/s, $Q_{mh} = 4.84$ L/s, and the consumption variation coefficients were $K1 = 1.33$ and $K2 = 1.82$. It was verified that the structures of the Peje de Oro and El Guayao intakes are undersized for current demands, and that the velocity in the transmission line (Section 1) is 0.4 m/s. From the calibration, a minimum pressure of 8.41 m.w.c. was found, and only 43% of the velocities in the pipelines comply with the regulations. Regarding water quality, the presence of *Escherichia coli* = 3.6 MPN/100 mL was detected. It is concluded that the current performance of the hydraulic operation of the drinking water supply system of the El Porvenir urbanization does not comply with the criteria established by RM N°. 192-2018 VIVIENDA, DS N°. 031-2010-SA, and other related regulations.

Key Words: Modeling, design, WaterCAD, hydraulic.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Gobierno Regional de Cajamarca (2022), en el “*Plan Regional de Saneamiento Cajamarca 2021 – 2025*”, señala que la mayoría de los Sistemas de Abastecimiento de Agua en las pequeñas ciudades son del tipo de gravedad sin tratamiento (57.14%), mientras que el 42.86% son del tipo de gravedad con tratamiento. En las pequeñas ciudades de la región Cajamarca, se registra que el 3.85% de los sistemas operan bien y el 46.15% operan regularmente, así mismo menciona que, solamente el 42.31% de los sistemas cloran el agua; y sobre la continuidad del servicio de agua, se tiene una continuidad promedio es de 17.54 horas al día. Con relación al fortalecimiento de capacidades, el 34.62% de los sistemas de saneamiento han recibido algún tipo de capacitación (p. 19).

El sistema de agua de la Urbanización El Porvenir, es dirigida por la JASS “El Porvenir”, sin embargo, no existe una clara identificación de usuarios y de las redes de distribución en la zona; para ello, la investigación solo se centrará en el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano de la JASS “El Porvenir”.

Usuarios han reportado presiones altas, deficiencias en la continuidad y prestación de calidad del servicio, falta de diagnóstico y mantenimiento periódico del sistema, lo que agrava aún más la situación.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el funcionamiento hidráulico del sistema de abastecimiento de agua de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025?

1.3. HIPÓTESIS

La hipótesis de la investigación es “El funcionamiento hidráulico del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano de la urbanización El Porvenir incumple con los criterios establecidos por la RM N° 192-2018 VIVIENDA, DS N° 031-2010-SA y otras normativas sucedáneas”.

1.4. VARIABLE

La investigación tiene una sola variable, que es la “Evaluación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua de la urbanización El Porvenir”.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de importancia porque brindará el acceso a una data información confiable sobre el estado actual del funcionamiento hidráulico en la que se encuentra el sistema de agua administrada por la JASS “El Porvenir”; para asegurar un suministro de agua constante y de calidad. Los resultados y las propuestas de mejora son de importancia porque contribuirán a la literatura existente y servirán como referencia para futuras investigaciones y proyectos dentro del ámbito de la Ingeniería Sanitaria. Las autoridades locales y regionales podrán utilizar los resultados para tomar decisiones basadas en la evidencia actual del sistema, contribuyendo a la planificación y desarrollo de infraestructuras más eficientes y sostenibles en el sector de agua.

1.6. ALCANCES O DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene como alcance o delimitaciones realizar un trabajo de forma descriptiva y de manera visual. La evaluación hidráulica comprenderá el estudio en un periodo de monitoreo de 4 meses (enero, febrero, marzo y abril meses de época húmeda del año 2025, debido a la presencia de lluvias), y los datos necesarios de época de sequía será estimada al 30% de la época húmeda.

Las muestras de agua serán gestionadas y analizadas por la Red de Salud de Celendín y el Laboratorio Regional del Agua, analizando los parámetros físico-químicos (Cloro, pH, Turbidez), bacteriológico (coliformes termotolerantes o fecales, Escherichia Coli) y metales totales como calcio, magnesio y otros. La población será estimada de acuerdo a la densidad poblacional registrada en las fichas de encuesta.

Es necesario remarcar que la investigación no contará con una evaluación estructural del S.A.P de la JASS “El Porvenir”, ni la medición directa del consumo individual, debido a la ausencia de micromedidores en las conexiones domiciliarias. Las posibles limitaciones son contempladas como alcances o delimitaciones de la investigación, considerando que no afecta la ejecución ni los resultados esperados en la investigación.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. *Objetivo General.*

Evaluar hidráulicamente el sistema de agua de la urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región de Cajamarca, 2025.

1.7.2. *Objetivos específicos.*

- Caracterizar la urbanización El Porvenir.
- Realizar un levantamiento topográfico del área de estudio.
- Identificar y describir los componentes existentes en el sistema de abastecimiento.
- Estimar los caudales de diseño y coeficientes de variación de consumo K1 y K2.
- Evaluar hidráulicamente los componentes del sistema de abastecimiento de agua.
- Realizar el modelado y simulación hidráulica del sistema de agua de la urbanización El Porvenir.
- Evaluar la calidad del agua mediante los parámetros físico-químicos (cloro residual, pH y turbidez) y bacteriológico (Coliformes termotolerantes, Escherichia Coli) y metales totales como Calcio y Magnesio del sistema de agua investigado.

- Proponer soluciones técnicas de diseño para mejorar el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano.

1.8. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DE LOS CAPÍTULOOS

La investigación se desarrolla en cinco capítulos, estos son:

Capítulo I: Introducción en donde se plasma el contexto, el problema (la cual incluye la pregunta principal y la hipótesis), justificación o importancia, los alcances de la investigación, los objetivos y la descripción de los contenidos de los capítulos.

Capítulo II: Marco Teórico en el que se plasma los antecedentes teóricos de la investigación sobre el tema no mayo a 10 años de antigüedad, bases teóricas que sirven de base o fundamento para la investigación y definición de términos básicos.

Capítulo III: Materiales y Métodos en donde se describe la ubicación geográfica donde se realizó la investigación del área de estudio, época en la cual se realizó la investigación, descripción de los procedimientos realizados en el experimento, Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.

Capítulo IV: Análisis y Discusión de Resultados en donde se describe y se discute los resultados siguiendo la secuencia de los objetivos planteados.

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones se derivan de los resultados obtenidos de la investigación realizada; al final se presentan los anexos como planos, tablas utilizadas en el cálculo de ecuaciones y modelado.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Nivel Internacional

Meneses Carranco (2021) evaluó y mejoró el sistema de agua potable en la población de Nanegal, Ecuador, donde residen 2,743 habitantes. Buscó determinar el estado actual de los componentes del sistema, identificar necesidades de mejora o reemplazo, y proponer soluciones que mantengan o mejoren la calidad de vida. La investigación se realizó en dos etapas: La de campo, que incluye la evaluación de la red de agua y encuestas socioeconómicas, y la de gabinete. Realizó el modelamiento con el software EPANET 2.0. Concluye que el sistema requiere de un nuevo reservorio de mayor capacidad, cambio de tuberías y considerar la expansión urbana.

Macías Crespo, Rojas Álvarez Y Villamar Bajaña (2021) evaluaron el sistema de agua potable la cabecera parroquial Caracol. Los problemas principales identificados incluyen altas presiones en la red, mal estado de válvulas de purga y control, falta de mantenimiento, ausencia de análisis bacteriológicos, cloración ineficiente y falta de micromedición. Los manantiales que abastecen estos sistemas proporcionan caudales suficientes para cubrir la demanda poblacional. El estudio concluye que el sistema no cumple con la normativa vigente en el Ecuador; en cantidad, calidad y presión.

Porras Novillo, Santos Suárez (2024) evaluaron el sistema de agua potable "Panzaleo", ubicado en la parroquia del mismo nombre en el cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi. Para identificar fallas en su funcionalidad y calidad, la investigación incluyó un análisis hidráulico y sanitario de la captación, conducción, almacenamiento y distribución. Concluyó que el sistema presenta contaminación por arsénico, deficiencias hidráulicas en las redes de conducción y distribución y propuso una nueva captación en el río Yanayacu, complementada con un tratamiento convencional y cambio de filtros.

2.1.2. Nivel Nacional

Limachi Mozo (2021) utilizó WaterCad y EPANET para diseñar el sistema de abastecimiento siguiendo las normas del RNE y la Norma Técnica de Diseño OTSSAR. Realizó trabajos de campo, como empadronamiento, aforo de fuentes, levantamiento topográfico y análisis de calidad de agua. El estudio fue de enfoque aplicativo y nivel descriptivo. El diseño incluyó que la línea de conducción y red de distribución, optimizaron los diámetros de tubería.

Silva Alfaro y Zumaran (2023) utilizaron el programa WaterCad para evaluar el sistema de agua potable. Se realizaron levantamientos topográficos y diagnósticos del sistema, obteniendo caudales de diseño. El modelo mostró una presión promedio de 40.27 mca, y encontró que no cumplía con la normativa técnica. Como propuesta, se implementaron tres CRP-7 en la red, reduciendo la presión a un promedio de 19.91 mca. La investigación concluye que el uso de WaterCad optimiza el tiempo y los recursos para mejorar el sistema de abastecimiento.

Huaman Lapa (2023) evaluó el sistema de abastecimiento de agua potable en el barrio Vizcachayocc, distrito de Tambo, provincia de La Mar, departamento de Ayacucho. Su objetivo principal fue analizar y proponer mejoras al sistema frente a los problemas detectados en componentes como la captación, caja rompe presión y red de conducción. Utilizando una metodología descriptiva y cualitativa no experimental, se diagnosticó la realidad del sistema sin alterar su estructura. Se identificó que el estado general del sistema es malo, afectando tanto su funcionamiento como su condición sanitaria. Como conclusión encontró la necesidad de intervenciones urgentes para garantizar un suministro adecuado y seguro. El estudio señaló la necesidad de mejorar el servicio y la sostenibilidad del sistema.

2.1.3. Nivel Local

Yupanqui Miranda (2023) realizó una evaluación hidráulica del sistema de agua potable utilizando una metodología descriptiva, tanto cualitativa como cuantitativa. Analizó un total de noventa y tres conexiones domiciliarias. La evaluación reveló que la cámara húmeda de la captación tiene un tiempo de retención de 115.92 segundos, menor al recomendado. Sin embargo, se identificaron problemas en el diseño hidráulico de la captación, dimensiones inadecuadas del reservorio y graves deficiencias de presión en la red de distribución, afectando a 32 viviendas (34.4%).

Santos Chumacero (2023) utilizó un enfoque cuantitativo y cualitativo con diseño descriptivo para evaluar el sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad, compuesto por cuatro captaciones, dos líneas de conducción, una planta de tratamiento, dos reservorios, una línea de aducción y una red de distribución mixta. Realizó una evaluación hidráulica que incluyó la medición de los niveles de agua en los reservorios y variaciones de consumo. Determinó que las captaciones, los reservorios y la línea de aducción funcionan adecuadamente, pero existen problemas en las líneas de conducción (sobredimensionadas), presiones de servicio altas y velocidades menores a 0.6 m/s en la red de distribución, lo que afecta el funcionamiento del sistema.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. *Parámetros de Diseño de Sistema de Agua para Consumo Humano*

2.2.1.1. Periodo de Diseño de Infraestructura.

En un proyecto de abastecimiento de agua, la base fundamental es el estudio de la población del área del proyecto, debido que definirá los parámetros a considerar al elaborar dicho proyecto, afirmando así que el periodo de diseño de un proyecto está relacionado con el estudio de la población.

Además, el periodo de diseño se puede entender como el tiempo que tiene que transcurrir entre la puesta en servicio de un sistema y el momento en que se da por terminado, pues las condiciones de diseño ya no satisfacen el abastecimiento de la población (Narváez Aranda, 2021, p. 4). Así mismo Narváez menciona algunas consideraciones de análisis que se deben tener en cuenta, tales como:

- a) Población futura.
- b) Vida útil de las estructuras.
- c) De la facilidad o dificultad que se disponga para realizar ampliaciones posteriores.
- d) De las condiciones económicas.

Tabla 1.*Periodos de diseño recomendables para determinar en instalaciones de S.A.P.*

TIPO DE INSTALACIONES	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	PERIODO (Años)
Grandes presas y conductores de aducción.	Ampliación difícil y Costosa.	25 - 30
Pozos, sistemas de distribución, filtros, decantadores.	Ampliación fácil. Crecimiento poblacional alto.	10 - 15
	Crecimiento poblacional bajo.	20 - 25
Tuberías de más de 12".	Sustitución costosa.	20 - 25
Tuberías de menos de 12".	Sustitución fácil.	15 - 20
Edificios y reservorios.	Ampliación difícil.	30 - 40
Maquinaria y equipo.	Vida corta.	10 - 20

*Fuente: (Narváez Aranda, 2021).***Tabla 2.***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
Estación de bombeo	20
Equipos de bombeo	10
UBS (arrastre hidráulico, compostera y zona inundable)	10
Unidad Básica de Saneamiento (hoyo seco ventilado)	5

Fuente: (MVCS, 2021)

2.2.1.2. Estudio Poblacional.

Narváez Aranda (2021), menciona que toda población por regla general crece debido a los nacimientos, a la migración y a la anexión de otros centros poblados. Todos estos factores están influenciados por las fluctuaciones de factores sociales y económicos (p. 36). Para realizar el cálculo de la población de diseño o población futura se aplicará el método según corresponda:

A) Método aritmético.

Este método es empleado cuando la población se encuentra en franco crecimiento, empleando el cálculo para poblaciones bajo la consideración de que estas están cambiando en la forma de una progresión aritmética; cuando las variaciones de ella son constantes con respecto al tiempo. Puede ser calculada mediante la siguiente ecuación:

$$P_d = P_u \left(1 + \frac{r\% * t}{100} \right) \quad \textbf{Ecuación 1: Población futura o de diseño – Método aritmético.}$$

Donde:

P_d = Población futura o de diseño (hab)

P_u = Población del último censo, actual o referencial (hab)

$r\%$ = Tasa de crecimiento (%)

t = Periodo de diseño (años)

Según el método censal, la tasa de crecimiento es calculada con la siguiente fórmula:

$$r\% = \left(\left(\frac{P_u}{P_a} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) * 100 \quad \textbf{Ecuación 2: Tasa de crecimiento – Método censal.}$$

Donde:

$r\%$ = tasa de crecimiento anual (%)

P_u = Población del último censo (hab)

P_a = Población del penúltimo censo (hab)

n = Año del último censo – Año penúltimo censo

B) Método geométrico.

Para este caso el cálculo de poblaciones, considera que las variaciones se producen en la forma de una progresión geométrica. Es empleada cuando la población está en su iniciación o periodo de saturación, más no cuando está en el periodo de franco crecimiento.

$$P_d = P_u * r^{(t_u - t_a)}$$

Ecuación 3: Población futura o de diseño - Método geométrico.

Donde:

P_u = Población del último censo (hab)

t_u = Año del último censo (hab)

t_a = Año del penúltimo censo (hab)

Según el método geométrico, la tasa de crecimiento es calculada con la siguiente ecuación:

$$r = \sqrt[t_u - t_a]{\frac{P_u}{P_a}}$$

Ecuación 4: Tasa de Crecimiento - Método geométrico.

Donde:

r = tasa de crecimiento anual (%)

P_u = Población del último censo (hab)

P_a = Población del penúltimo censo (hab)

t_u = Año del último censo (hab) t_a = Año del penúltimo censo (hab)

2.2.1.3. Demanda de Agua.

Según Narváez Aranda (2021) define la demanda de agua como: “la cantidad de agua que requiere una población para satisfacer sus necesidades básicas. Es el promedio de los registros para un promedio anual entre el número de días que tiene el año” (p. 27).

Se denomina también consumo per cápita, y en la práctica establecen que el consumo de agua de una población está dado en:

Litros/habitantes/día (l/h/d) ó Galones por día (gpd)

Para determinar la dotación de agua para una población, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) nos proporciona la siguiente tabla en función al número de habitantes y el clima:

Tabla 3.

Dotaciones de agua según población y clima (D).

Población	Climas	
	Frío	Templado y Cálido
de 2 000 hab. a 10 000 hab.	120 l/h/d	150 l/h/d
10 000 hab. A 50 000 hab.	150 l/h/d	200 l/h/d
más de 50 000 hab.	200 l/h/d	250 l/h/d

Fuente: (MVCS, 2021).

También se considera dotaciones de agua para localidades rurales en función al número de habitantes y a las diferentes regiones del país como de muestran en las siguientes tablas:

Tabla 4.

Dotaciones por número de habitantes.

Población (habitantes)	Dotación (D) (L/hab/día)
Hasta 500	60
500 - 1000	60-80
1000 - 2000	80-100

Fuente: (MVCS, 2021).

Tabla 5.

Dotaciones por región

Región	Dotación (D)
Costa	60
Sierra	50
Selva	70

Fuente: (MVCS, 2021).

2.2.1.4. Variación del Consumo de Agua.

El agua para consumo humano es variable durante todo el año, en época de lluvia el consumo es menor a diferencia de épocas secas; inclusive en el día existe una variabilidad de consumo, por lo que se hace necesario que se calculen los caudales de diseño (Q_{md} y Q_{mh}); sin embargo, para determinar dichos caudales de diseño es necesario conocer los coeficientes de variación diaria (K_1) y horaria (K_2) respectivamente (Rodríguez Ruiz, 2001, p. 41).

Las variaciones que experimentan los consumos de agua tienen mucha importancia en el diseño de las diferentes estructuras y componentes del sistema de abastecimiento. Para los efectos de las variaciones de consumo se considera las relaciones respecto al consumo promedio diario anual (Narváez Aranda, 2021, pg. 32).

Según NORMA OS.0100 (2016), los valores de los coeficientes de variación diaria y horaria deben ser consideradas técnicamente; por lo que se establecen valores de K_1 y K_2 :

- Coeficiente de variación diaria(K_1): 1.3
- Coeficiente de variación horaria (K_2): 1.8 - 2.5

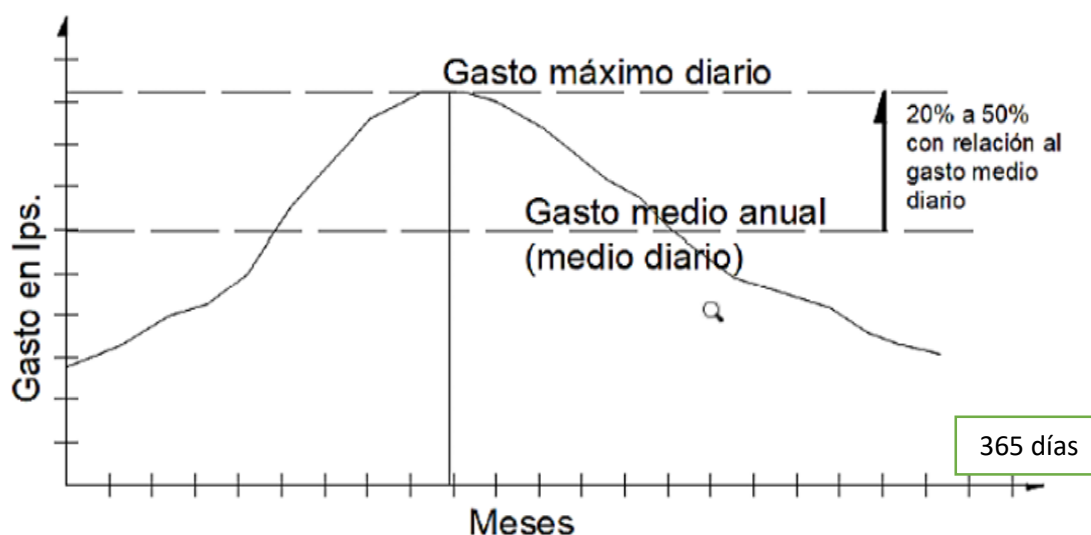
A) Coeficiente de Variación Diaria (K_1).

(Narváez Aranda, 2021), estas variaciones deberán ser realizadas diariamente, las cuales son ocasionadas por los cambios climatológicos, concurrencias a centros de trabajo, costumbres, etc. Es de importancia determinar el porcentaje máximo que alcanza la variación diaria en el día de máxima demanda, en relación con el consumo anual medio diario y para establecer este porcentaje es necesario determinar el COEFICIENTE MÁXIMO ANUAL DE LA DEMANDA DIARIA, conocido también coeficiente de máxima variación diaria o coeficiente del día de mayor consumo representado por K_1 (p.32).

De acuerdo con (Rodríguez Ruiz, 2001, p. 41), tomando en consideración un gráfico donde se relaciona el caudal (l/s) y el tiempo(mes), nos muestran que hay días de un registro de un (1) año con consumos mayores respecto al Qm.

Figura 1.

Coefficiente de variación diaria de consumo.



Fuente: (Rodríguez Ruiz, 2001, p.43).

Según MVCS (2018), estas variaciones ejercen una notable influencia en un sistema de agua para consumo humano, por lo que es esencial determinar el coeficiente de máxima variación diaria (K1), definido de la siguiente manera en unidades homogéneas:

$$K1 = \frac{\text{Consumo máximo diario } (Q_{md})}{\text{Consumo medio anual diario } (Q_p)}$$

Ecuación 5: Coeficiente de máxima variación diaria o coeficiente del día de mayor consumo (K1).

Según RNE, las variaciones diarias varían entre el 120% y 150%.

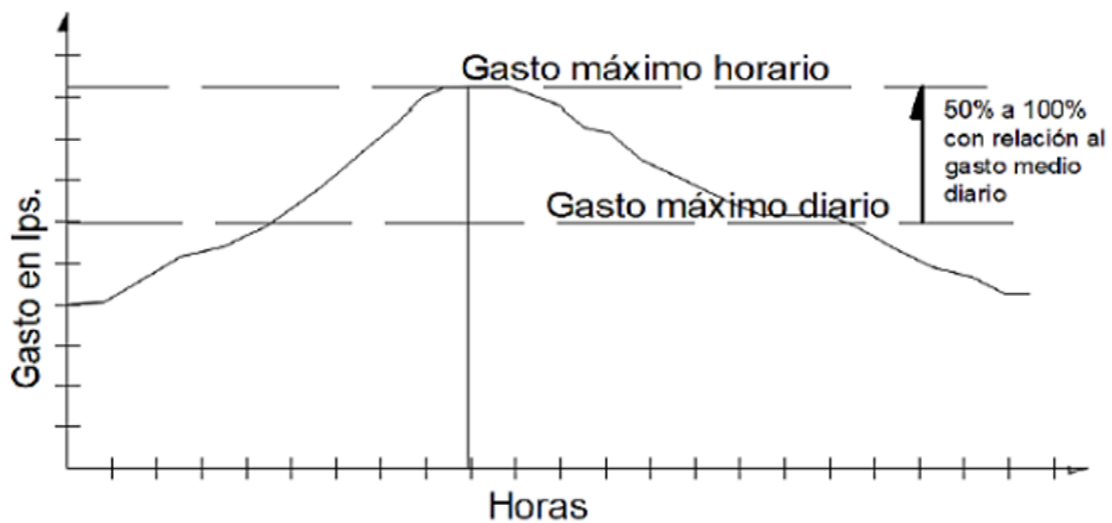
B) Coeficiente de Variación Horaria (K2)

(Narváez Aranda, 2021), durante el día, los consumos de agua de una comunidad, presentan variación hora a hora durante el día, dependiendo de los hábitos y actividades domésticas de la población. Estas variaciones dan origen al COEFICIENTE MÁXIMO ANUAL DE LA DEMANDA HORARIA, la cual es representada por K2, que variará según la población y hora correspondiente a mayor demanda (p.33).

De acuerdo con (Rodríguez, 2001, p.42), considera un gráfico donde se relaciona el caudal (l/s) y el tiempo (hr), denota que existe determinados momentos donde el consumo Q_{mh} será mayor o menor que el Q_{md} ; para ello es necesario satisfacer dicha demanda de agua.

Figura 2.

Coefficiente de variación horaria de consumo.



Fuente: (Rodríguez Ruiz, 2001, p. 43)

Según MVCS (2018), estas variaciones ejercen una notable influencia en un sistema de agua para consumo humano, por lo que es esencial determinar el coeficiente de máxima variación horaria (K_2), definido de la siguiente manera en unidades homogéneas:

$$K_2 = \frac{\text{Consumo máximo horario } (Q_{mh})}{\text{Consumo medio anual diario } (Q_p)}$$

Ecuación 6: Coeficiente de máxima variación horaria o coeficiente de la hora de mayor consumo (K_2).

Según el RNE, se considera entre el 180% y 250%, de acuerdo a la población.

2.2.1.5. Gastos de diseño.

Según la variación de caudal de demanda en el tiempo en cuanto al régimen estático o flujo permanente, este tipo de modelo nos menciona que la demanda es constante en el tiempo, por tanto, deberá diseñarse con el caudal más desfavorable en la red.

Narváez Aranda (2021) nos menciona que los gastos de diseño están en función a un porcentaje (Coeficiente de variación) correspondiente al consumo promedio diario anual. Con estos gastos se podrá realizar el diseño de las líneas de conducción y de aducción. A continuación, se hace mención los consumos de diseño (p. 34).

Tabla 6.

Gasto de diseño para estructuras de sistema de agua para consumo humano.

TIPO DE ESTRUCTURA	Diseño con consumo máximo diario (Qmd)	Diseño con consumo máximo horario (Qmh)
Obra de captación	X	
Línea de conducción antes del tanque de regulación	X	
Tanque de regulación	X	
Línea de alimentación a la red		X
Red de distribución		X

A) Consumo Medio Diario (Qp).

Es el resultado de la estimación del consumo per cápita estudiado para una población futura considerando un periodo de diseño. Se calcula de la siguiente expresión:

$$Qp = \frac{P_f * D}{86400}$$

Ecuación 7: Consumo medio diario (Qp).

Donde:

Qp = Consumo medio diario (l/s)

P_f = Población futura (hab)

D = Dotación (l/hab/día)

B) Consumo Máximo diario (Q_{md}).

Es definido como el día de máximo consumo de una serie de registros históricos observados durante 365 días del año. Considerando las variaciones de consumo se puede determinar:

$$Q_{md} = \frac{K_1 * P_f * D}{86400}$$

Ecuación 8: Consumo Máximo diario (Q_{md}).

Donde:

K_1 = Coeficiente de caudal máximo diario

P_f = Población futura (hab)

D = Dotación (l/hab/día)

C) Consumo Máximo Horario (Q_{mh}).

Es definida como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo.

Considerando las variaciones de consumo se puede determinar:

$$Q_{mh} = \frac{K_2 * P_f * D}{86400}$$

Ecuación 9: Consumo Máximo Horario (Q_{mh}).

Donde:

K_2 = Coeficiente de caudal máximo horario

P_f = Población futura (hab)

D = Dotación (l/hab/día)

D) Gasto de Máximo Maximorum (Q_{mm}).

Suele calcularse el GASTO MÁXIMO MAXIMORUM, que es aquel que corresponde al Gasto Máximo horario del día de Máximo Consumo.

$$Q_{mm} = \frac{K_1 * K_2 * P_f * D}{86400}$$

Ecuación 10: Gasto de Máximo Maximorum (Q_{mm}).

2.2.2. Dimensionamiento Hidráulico

2.2.2.1. Captación de manantial de ladera.

(MVCS, 2018, p. 61), en la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito Rural, propuso los siguientes diseños para una captación de manantial de ladera.

A) Volumen de diseño.

Se debe verificar de 3 a 5 min el caudal de diseño

$$V = Q * t$$

Ecuación 11: *Volumen de diseño de captación de manantial de ladera.*

Donde:

V = Volumen de diseño (l)

Q = Caudal de diseño (l/s)

t = Tiempo de verificación (s)

B) Ancho de Pantalla de Cámara húmeda.

i. Área de tubería de entrada

$$A = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{v * Cd}$$

Ecuación 12: *Área de Tubería de entrada – Manantial de Ladera.*

Donde:

A = Área de la tubería (m^2)

$Q_{m\acute{a}x}$ = Caudal máximo de la fuente (l/s)

v = Velocidad de paso (se asume 0.5 m/s)

Cd = Coeficiente de descarga (0.6-0.8)

ii. Diámetro de la tubería de entrada

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

Ecuación 13: *Área de Tubería de entrada – Manantial de Ladera.*

Donde:

D = Diámetro de la tubería de ingreso (m)

A = Área de la tubería (m^2)

iii. Número de orificios

Se recomienda usar diámetros menores o iguales a 2"; caso contrario, si existiera diámetros mayores será necesario aumentar el número de orificios (MVCS, 2018).

$$NA = \frac{\text{Área del diámetro calculado}}{\text{Área del diámetro asumido}} + 1 \quad \text{Ecuación 14: Número de orificios.}$$

Conociendo en número total de orificios y el diámetro de la tubería de entrada, se prosigue a calcular el ancho de la pantalla.

iv. Ancho de Pantalla

$$b = 2(6D) + NA * D + 3D(NA - 1) \quad \text{Ecuación 15: Ancho de pantalla en la cámara húmeda – Manantial de Ladera.}$$

Donde:

b = Ancho de la pantalla (m)

D = Diámetro de tubería de ingreso (m)

NA = Número de orificios

C) Altura Total.

$$Ht = A + B + C + D + E \quad \text{Ecuación 16: Altura total en la cámara húmeda – Manantial de Ladera.}$$

Donde:

Ht = Altura total de Cámara Húmeda (m).

A = Altura que permite la sedimentación de arenas (Min. 0.10 m).

B = Se considera la mitad del diámetro de la canastilla de salida.

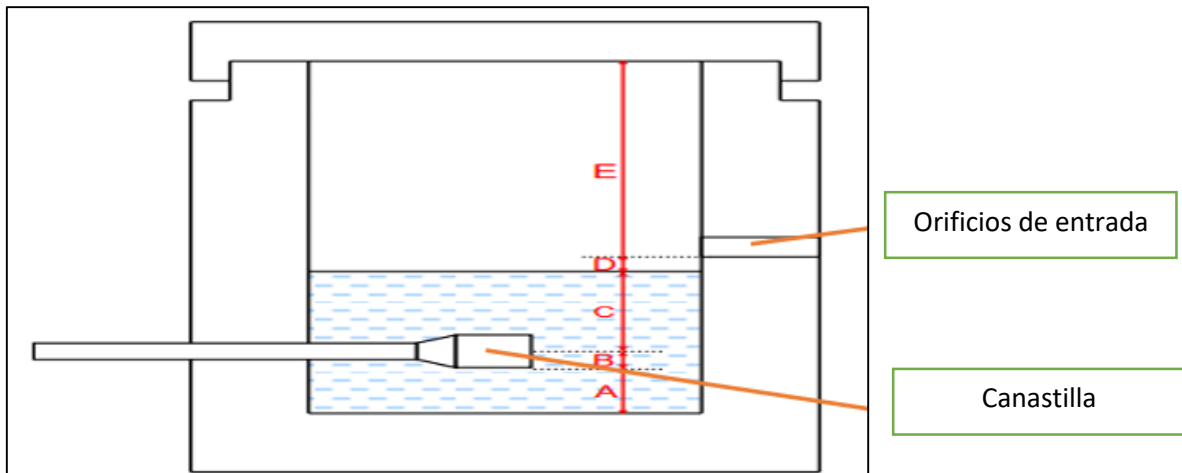
C = Altura de agua para que el caudal de salida de la captación pueda fluir por la tubería de conducción (Min. 0.30 m).

D = Desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua de afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda (Min 0.05 m).

E = Borde libre (Min. 0.30 m).

Figura 3.

Perfil de cámara húmeda - Captación de Ladera.



Fuente: (MVCS, 2018, p. 63)

D) Canastilla.

i. Diámetro de canastilla.

El diámetro de la canastilla debe ser 2 veces el diámetro de la tubería de salida (DC)

ii. Longitud de la canastilla.

$$3Dc < La < 6Dc$$

Ecuación 17: Longitud de canastilla – Manantial de Ladera.

Donde:

La = Longitud de canastilla.

Dc = Diámetro de tubería de salida.

iii. Área total de las ranuras (At)

$$At = 2Ac$$

Ecuación 18: Área total de ranuras – Manantial de Ladera.

Donde:

Ac = Área de la tubería de Salida.

E) Tubería de rebose y limpieza.

En cuanto a la pendiente en la tubería de rebose y de limpieza sea 1 – 1.5% (MVCS, 2018). Y el cálculo se define de la siguiente manera:

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

Ecuación 19: *Diámetro de la tubería de rebose – Manantial de Ladera.*

Donde:

D = Diámetro de la tubería de rebose (Min. 0.10 m).

Q = Caudal máximo de la fuente (l/s).

Hf = Pérdida de carga unitaria m/m, se recomienda que sea 0.015 m/m.

2.2.2.2. Línea de aducción y conducción.

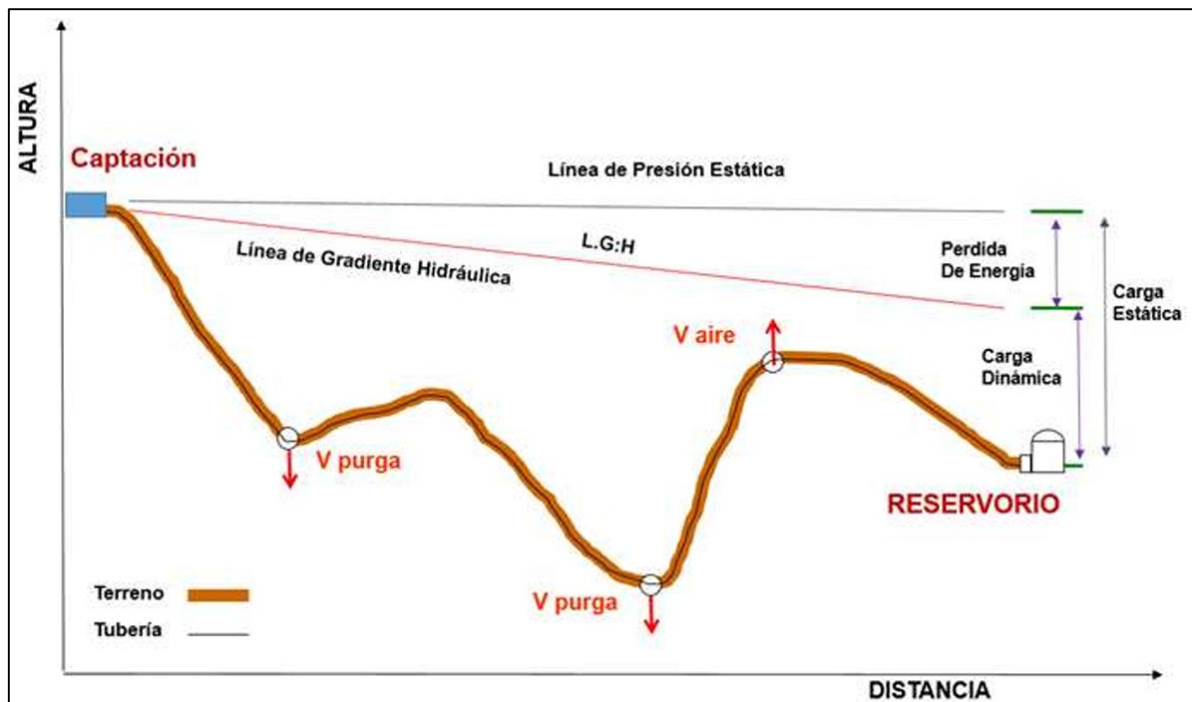
MVCS (2018) califica como una estructura que permite conducir el agua desde la captación hasta la siguiente estructura (reservorio o planta de tratamiento de agua potable). Este componente se diseña con el caudal máximo diario (Qmd) de agua; y debe considerar: anclajes, válvulas de purga, válvulas de aire, cámaras rompe presión, cruces aéreos, sifones. El material a emplear debe ser PVC; sin embargo, bajo condiciones expuestas, es necesario que la tubería sea de otro material resistente (p. 76).

Además, menciona que los Caudales de diseño para la Línea de Conducción deben tener la capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo diario (Qmd), si el suministro fuera discontinuo, se debe diseñar para el caudal máximo horario (Qmh). Y para la Línea de Aducción debe tener la capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo horario (Qmh).

El diámetro se diseñará teniendo en cuenta la velocidad mínima de 0,6 m/s y máxima de 3,0 m/s. Se considera un diámetro mínimo de 25 mm (1”) para el caso de sistemas de abastecimiento rural. El diámetro de la tubería se diseña utilizando la ecuación de Hazen Williams cuando el diámetro es superior a 2” y la ecuación de Fair Whipple o Darcy Weisbach para diámetros inferiores a 2” (MVCS, 2018).

Figura 4.

Ilustración de perfil de línea de conducción.



Fuente: (MVCS, 2018, p. 76)

A continuación, la ecuación de Pérdida de carga propuesta por Darcy - Weisbach:

$$h_f = \frac{0.08263 * f * L * Q^2}{D^5}$$

Ecuación 20: Pérdida de carga – Darcy Weisbach.

Colebrook White (1939) agrupa dos expresiones (Prandti y Von Karman, y Nikuradse), para tuberías lisas y rugosas uniendo en una sola ecuación, que es además válida para todo tipo de flujos y rugosidades. Es la más exacta y universal, pero el problema radica en su complejidad y que requiere en algunos casos de varias iteraciones.

$$f = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{\varepsilon}{3.71 * D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Ecuación 21: Coeficiente de fricción.

$$Re = \frac{V * D}{\nu}$$

Ecuación 22: Ec. Reynolds.

Donde:

h_f = Pérdida de Carga (m).

D = Diámetro interno de la tubería (m).

Q = Caudal (m^3/s).

L = Longitud de la tubería (m).

f = Coeficiente de fricción por Darcy Weisbach (adimensional)

ε = Rugosidad absoluta (m)

V = Velocidad (m/s)

ν = Viscosidad del fluido (m^2/s)

Re = Reynolds

Tabla 7.

Coefficientes de Rugosidad " ε " Darcy Weisbach.

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	ε (mm)		
Plástico (PE, PVC)	0.0015	Plástico (PE, PVC)	0.06 - 0.18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0.01	Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0.12-0.60
Tubos estirados de acero	0.0024	Tubos estirados de acero	0.03-0.09
Tubos de latón o cobre	0.0015	Tubos de latón o cobre	0.03-0.09
Fundición revestida de cemento	0.0024	Fundición revestida de cemento	0.06-0.24
Fundición con revestimiento bituminoso	0.0024	Fundición con revestimiento bituminoso	0.18-0.90
Fundición centrifugada	0.003	Fundición centrifugada	0.3-3.0

Fuente: (MVCS, 2018, p. 77)

Para la determinación de diámetros de tubería en la línea de conducción:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}}$$

Ecuación 23: *Cálculo de diámetro máximo y mínimo en línea de conducción.*

2.2.2.3. Cámara rompe presión

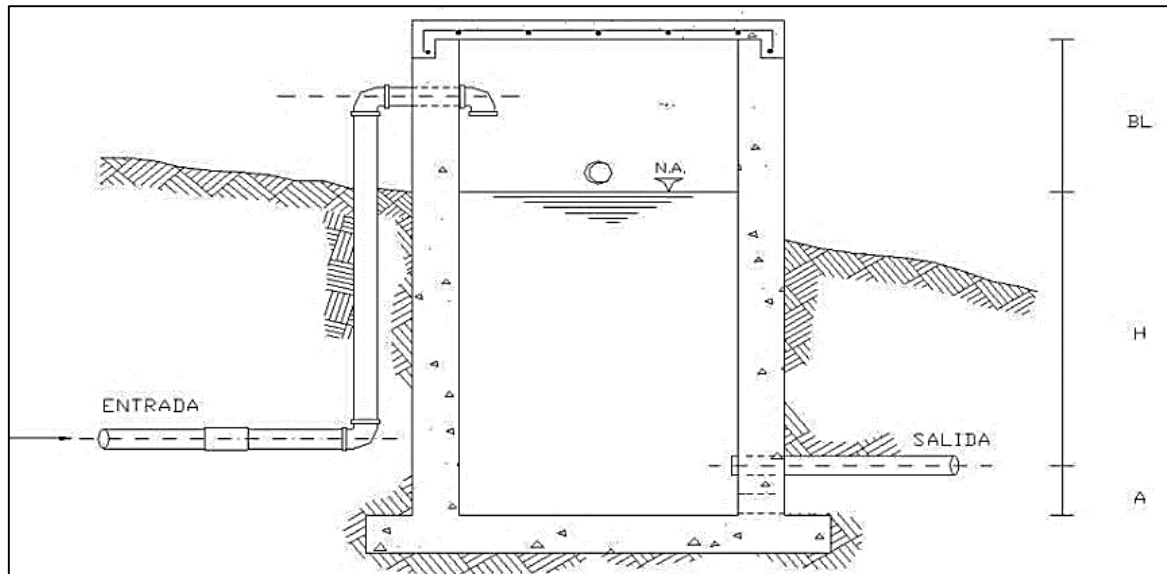
MVCS (2018), menciona que la diferencia de nivel entre la captación y uno o más puntos en la línea de conducción, genera presiones superiores a la presión máxima que puede soportar la tubería a instalar. Es en estos casos, sugiere la instalación de cámaras rompe-presión cada 50 m de desnivel (p.82).

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

Figura 5.

Perfil de Cámara Rompe Presión.



Fuente: (MVCS, 2018, p. 82)

2.2.2.4. Reservorio

MVCS (2018) establece las siguientes recomendaciones:

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

Debe ser construido de tal manera que se garantice la calidad sanitaria del agua y la total estanqueidad. El material por utilizar es el concreto, su diseño se basa en un criterio de estandarización, por lo que el volumen final a construir será múltiplo de $5 m^3$.

El reservorio debe ser cubierto, de tipo enterrado, semi-enterrado, apoyado o elevado. Proteger el perímetro mediante un cerco perimetral. El reservorio debe disponer de una tapa sanitaria para que el personal y herramientas puedan tener fácil acceso.

De igual manera la normativa indica y establece los siguientes criterios de diseño:

- ✓ El volumen de almacenamiento debe ser del 25% de la demanda diaria promedio anual (Q_p), siempre que el suministro de agua de la fuente sea continuo. Si el suministro es discontinuo, la capacidad debe ser como mínimo del 30% de Q_{px} .
- ✓ Disponer de una tubería de entrada, una tubería de salida una tubería de rebose, así como una tubería de limpia. Todas ellas deben ser independientes y estar provistas de los dispositivos de interrupción necesarios.
- ✓ La tubería de salida debe disponer de una canastilla y el punto de toma se debe situar 10 cm por encima de la solera para evitar la entrada de sedimentos.
- ✓ La embocadura de las tuberías de entrada y salida deben estar en posición opuesta para forzar la circulación del agua dentro del mismo. – El diámetro de la tubería de limpia debe permitir el vaciado en 2 horas.
- ✓ Disponer de una tubería de rebose, conectada a la tubería de limpia, para la libre descarga del exceso de caudal en cualquier momento. Tener capacidad para evacuar el máximo caudal entrante.
- ✓ Se debe instalar una tubería o bypass, con dispositivo de interrupción, que conecte las tuberías de entrada y salida, pero en el diseño debe preverse sistemas de reducción de presión antes o después del reservorio con el fin de evitar sobre presiones en la distribución. No se debe conectar el bypass por períodos largos de tiempo, dado que el agua que se suministra no está clorada.
- ✓ La losa de fondo del reservorio se debe situar a cota superior a la tubería de limpia y siempre con una pendiente mínima del 1% hacia esta o punto dispuesto.
- ✓ Se debe garantizar la absoluta estanqueidad del reservorio.
- ✓ El reservorio se debe proyectar cerrado. Los accesos al interior del reservorio y a la cámara de válvulas deben disponer de puertas o tapas con cerradura.

- ✓ Las tuberías de ventilación del reservorio deben ser de dimensiones reducidas para impedir el acceso a hombres y animales y se debe proteger mediante rejillas que dificulten la introducción de sustancias en el interior del reservorio.
- ✓ Los dispositivos de interrupción, derivación y control se deben centralizar en cajas o casetas, o cámaras de válvulas, adosadas al reservorio y fácilmente accesibles.
- ✓ La cámara de válvulas debe tener un desagüe para evacuar el agua que pueda verterse.

2.2.2.5. Redes de distribución

“Es un componente del sistema de agua potable, el mismo que permite llevar el agua tratada hasta cada vivienda a través de tuberías, accesorios y conexiones domiciliarias” (MVCS, 2018, p. 127), Además, en el mismo Anexo RM 192-2018, menciona que la red de distribución debe ser diseñados y verificados con lo siguiente criterios:

- ✓ Las redes de distribución se deben diseñar para el caudal máximo horario (Q_{mh}).
- ✓ Los diámetros mínimos de las tuberías principales para redes cerradas deben ser de 25 mm (1”), y en redes abiertas, se admite un diámetro de 20 mm (¾”) para ramales.
- ✓ En los cruces de tuberías no se debe permitir la instalación de accesorios en forma de cruz y se deben realizar siempre mediante piezas en tee de modo que forme el tramo recto la tubería de mayor diámetro.
- ✓ Los diámetros de los accesorios en tee, siempre que existan comercialmente, se debe corresponder con los de las tuberías que unen, de forma que no sea necesario intercalar reducciones.
- ✓ La red de tuberías de abastecimiento de agua para consumo humano debe ubicarse siempre en una cota superior sobre otras redes que pudieran existir de aguas grises.
- ✓ La velocidad mínima 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.

- ✓ El material de la tubería que conforma la red de distribución debe ser de PVC y compatible con los accesorios que se instale para las conexiones prediales.
- ✓ 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 60 m.c.a. De ser necesario, a fin de conseguir las presiones señaladas se debe considerar el uso de cámaras distribuidora de caudal y reservorios de cabecera, a fin de sectorizar las zonas de presión.

Figura 6.

Partes de un sistema de agua potable por gravedad sin planta de tratamiento.



Fuente: (Gobierno Regional de Cajamarca, 2022)

Existen dos tipos de redes:

a) Redes malladas: Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando circuitos cerrados o mallas. El diámetro de la red o línea de alimentación debe ser aquél que satisfaga las condiciones hidráulicas que garanticen las presiones mínimas de servicio en la red. Para la determinación de los caudales en redes malladas se debe aplicar el método de la densidad poblacional, en el que se distribuye el caudal total de la población entre los “i” nudos proyectados. Para el análisis hidráulico del sistema de distribución, puede utilizarse el método de Hardy Cross o cualquier otro equivalente.

El dimensionamiento de redes cerradas debe estar controlado por dos condiciones:

- El flujo total que llega a un nudo es igual al que sale.
- La pérdida de carga entre dos puntos a lo largo de cualquier camino es siempre la misma.

b) Redes ramificadas: La red ramificada también está constituida “por tuberías que tienen la forma ramificada a partir de una línea principal; aplicable a sistemas de menos de 30 conexiones domiciliarias” (MVCS, 2018, p. 129).

La red ramificada o abierta “está constituida por tuberías que tienen la forma ramificada a partir de una línea principal; puede emplearse en poblaciones semidispersas y dispersas o cuando por razones topográficas o de conformación de la población no es posible un sistema cerrado” (Magne Ayllón, 2008, p. 192). Además, Magne menciona que en el diseño hidráulico de tuberías de redes abiertas puede considerar los siguientes aspectos:

- La distribución del caudal es uniforme a lo largo de la longitud de cada tramo.
- La pérdida de carga en el ramal debe ser determinada para el caudal del tramo.
- Los caudales puntuales (escuelas, hospitales, etc.) se consideran como un nudo.
- El diseño hidráulico de una red abierta, puede ser realizado por las siguientes fórmulas: Flamant, Darcy-Weisbach, Hazen-Williams u otros justificados técnicamente.

2.2.3. Modelamiento Hidráulico

El uso de modelos matemáticos para el análisis de sistemas de distribución de agua para consumo humano fue propuesto por vez primera por Hardy Cross en 1936. Desde entonces, los métodos de solución empleados en los modelos han evolucionado el análisis de caudal en redes desarrollado por él, hecho a mano, hasta el desarrollo y extensión de modelos hidráulicos de redes para computadoras en las décadas de los setenta y ochenta, y la posterior aparición de los modelos de calidad del agua en redes de distribución fue a finales de la década de los ochenta.

Así mismo los modelos de simulación son sistemas completos de fácil manejo que permiten a los usuarios analizar y mostrar los parámetros hidráulicos y de calidad del agua dentro de un sistema de distribución de agua para consumo humano.

Para el cálculo hidráulico empleará el software de simulación hidráulica específico, realizar análisis hidráulicos de tuberías con flujos a presión. En el Manual N°13 de (CONAGUA) sobre *“Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de distribución”* se indica que, para la modelación matemática, es primordial organizar a los elementos en tres categorías:

- Nudos con condiciones de gradiente conocidas (tanques, reservorios).
- Nudos de consumo o conexión (asignación de demandas, consumos especiales, interconexión entre tuberías y cambio de diámetro de tuberías).
- Tramos conectados por nudos que incluyen tuberías, válvulas.

El tiempo en la simulación de redes de agua para consumo humano es una variable fundamental. Para la simulación existen dos tipos: estática y dinámica.

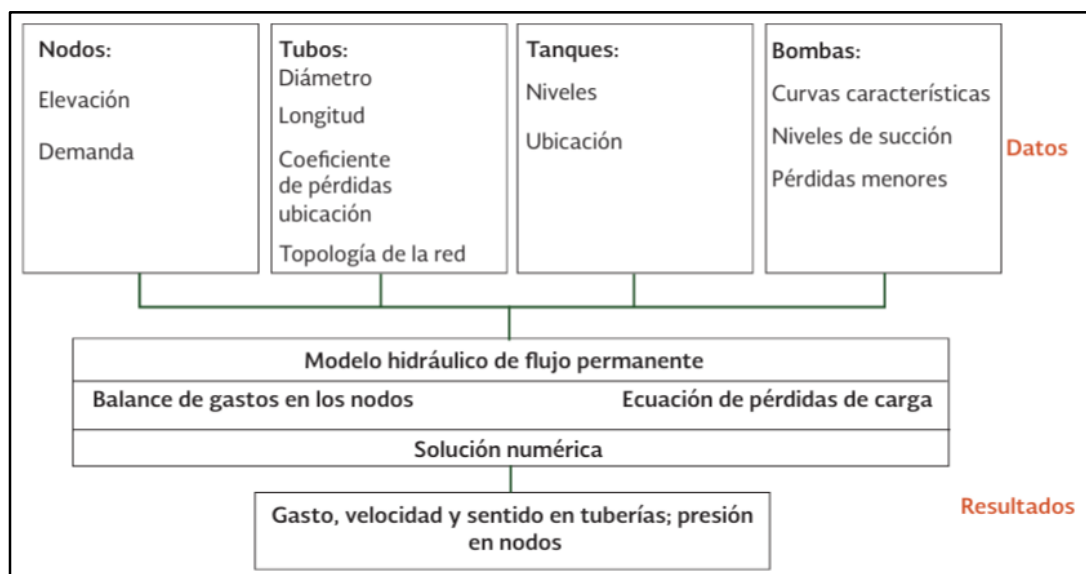
2.2.3.1. Modelación estática o de flujo permanente.

En este tipo de modelos se da por hecho que los caudales demandados e inyectados permanecen constantes, que no existen variaciones en la operación en la red, y que el nivel en los tanques es fijo. Es cierto que las redes de distribución de agua para consumo humano no permanecen invariables a lo largo del tiempo. No obstante, estos modelos se emplean frecuentemente para analizar el comportamiento de la red con los caudales máximos horarios, sometidos de esta manera a las condiciones más desfavorables. También son empleados como condición inicial para otro tipo de modelos de mayor grado de complejidad: los cuasiestáticos o los periodos extendidos. De forma general, un programa o software comercial sobre modelación hidráulica en redes de distribución solicita, al menos, los siguientes datos para el análisis en estado permanente.

- Tuberías (en 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.

Figura 7.

Diagrama de un modelo hidráulico de flujo permanente.



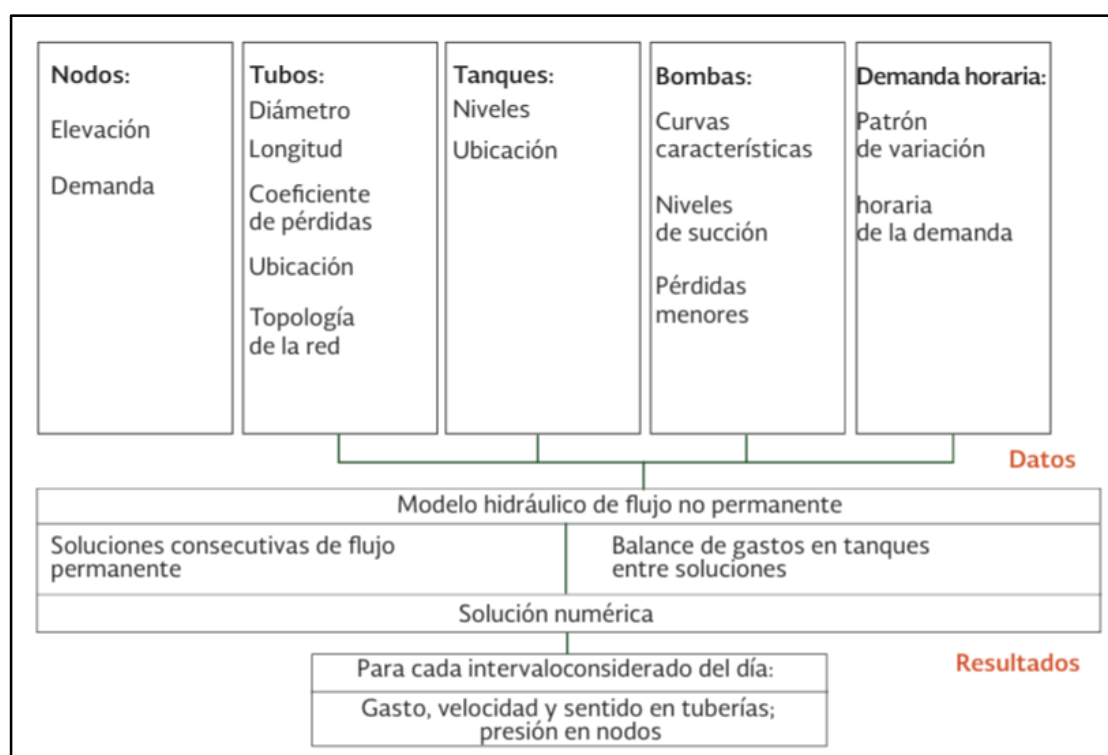
Fuente: (CONAGUA) "Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de distribución"- Libro 13.

2.2.3.2. Modelación dinámica o de flujo no permanente.

En comparación de los modelos estáticos, en los modelos de tipo dinámico se permite la variación temporal de los caudales demandados e inyectados, de las condiciones operativas de la red y de los niveles en los tanques. Consideran bajo ciertas restricciones, simular la evolución temporal de la red, en un intervalo determinado. Dentro de estos modelos también se puede clasificar en inerciales y no inerciales.

Figura 8.

Diagrama de un modelo hidráulico de flujo no permanente.



Fuente: (CONAGUA) “Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de distribución”- Libro 13.

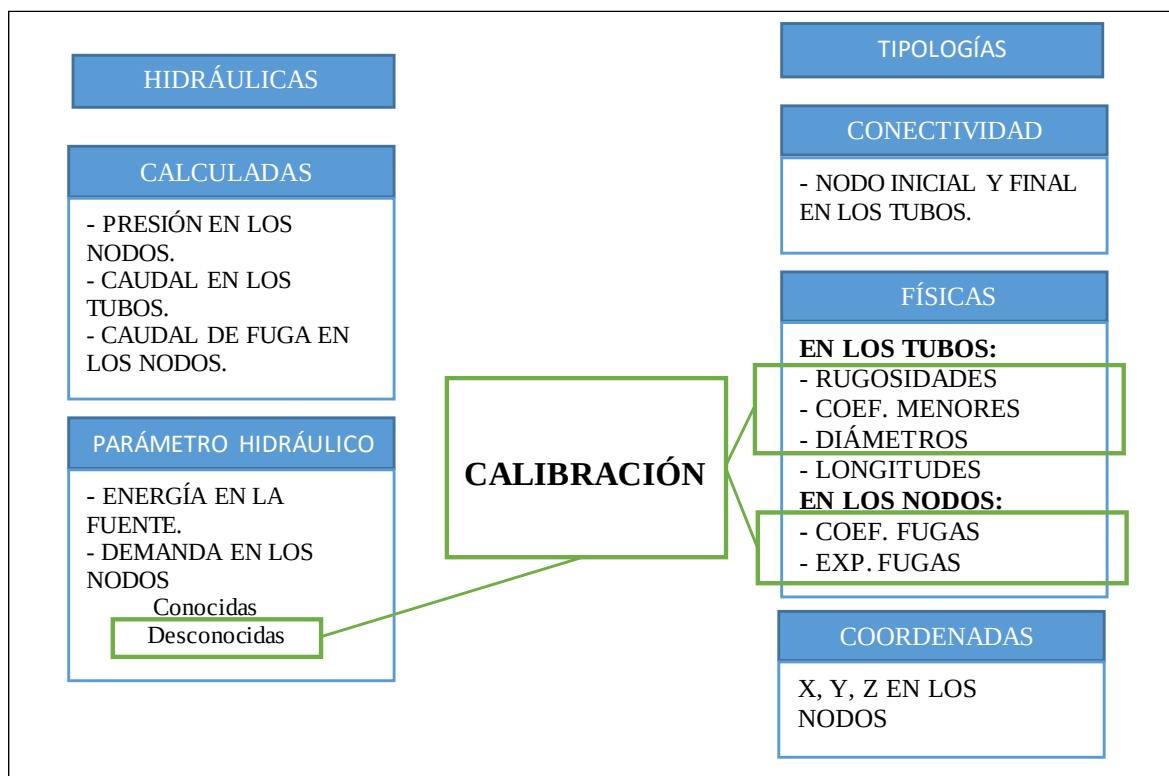
2.2.3.3. Calibración del modelo de Simulación Hidráulica.

Saldarriaga (2016), Es el proceso que realiza ajustes en los parámetros del modelo para conseguir que el modelo reproduzca las mediciones observadas en un grado razonable de precisión. Teniendo en consideración que no será posible representar al 100 por ciento el funcionamiento de la red de distribución, debido a consideraciones iniciales, simplificaciones en la red y las limitaciones propias del modelo matemático (p. 520).

Es posible simular el comportamiento de la red por medio del modelado ya que brindan resultados como la presión en los nodos de consumo y los caudales que circulan por las tuberías. Será válido el modelo si los valores de presión y caudal obtenidos de la simulación coinciden con los medidos en la red de distribución, dentro de cierto margen de tolerancia.

Figura 9.

Variable que forma parte del proceso de calibración de una RDAP.



Fuente: (Saldarriaga, 2016, p. 522)

2.2.3.4. Evaluación de resultados del modelo hidráulico.

No existe una norma de evaluación que pueda ser utilizada de forma general, para ello se aplica una serie de criterios usados en varios países.

A) Criterios de Caudal.

- Para Líneas Primarias (Caudal >10% de la Demanda Total de Sistema o Sector) el valor simulado debe tener una diferencia de $\pm 5\%$ con los valores de caudal medidos.

- Para Líneas Secundarias (Caudal 10% de la Demanda Total del Sistema o Sector) el valor simulado debe tener una diferencia de $\pm 10\%$ con los valores de caudal medido.

B) Criterios de presión.

- 85% de las medidas de campo deben estar entre $\pm 0.5\text{m}$ o $\pm 0.5\%$ de la máxima pérdida de carga a través del sistema (el criterio que sea más grande).
- 95% de las medidas de campo deben estar entre $\pm 0.75\text{m}$ o $\pm 7.5\%$ de la máxima pérdida de carga a través del sistema (el criterio que sea más grande).
- 100% de las medidas de campo deben estar entre $\pm 2\text{m}$ o $\pm 15.0\%$ de la máxima pérdida de carga a través del sistema (la que sea más grande).

2.2.4. Software WaterCAD/GEMS.

Es un software bastante completo con buena aceptación en el mercado actual dado que cuenta con un compendio variado y preciso de funciones y herramientas en interfaz amigable, que ayuda al usuario a poder realizar las modelaciones de forma más adecuada, productiva. Los dos pilares más sobresalientes de este software son su capacidad de análisis hidráulico y el análisis de calidad de agua (Gutierrez A, 2020).

Así mismo menciona que para el análisis hidráulico, el software utiliza los conceptos básicos de hidráulica de tuberías teniendo en cuenta lo siguiente:

- Libre dimensionamiento del tamaño de la red dado que no presenta límites en este aspecto.
- Para el cálculo de las pérdidas por fricción en las conducciones (tuberías), las calcula mediante las ecuaciones de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach o Chezy-Manning.
- Además de las pérdidas por fricción en las conducciones, también considera las pérdidas por elementos y accesorios, como es el caso de bombas, codos, acoplamientos.

- Cuenta con un amplio catálogo de accesorios y aparatos según se requiera. Permite el análisis de costo de energía y simulación de escenarios atípicos como situación de incendio, entre otros.
- Permite un manejo de forma más precisa y realista mediante la utilización de herramientas de controles de tiempo y sistemas de regulación programables.
- Proporciona formas de calibración y optimización de redes muy precisas tanto en modelación como en diseño de redes.

2.2.5. *Parámetros Físico-químicos*

1) Color.

El color del agua puede ser causado por la presencia de materia orgánica en descomposición, metales como el hierro y el manganeso, o contaminantes industriales. No representa un riesgo para la salud, pero puede afectar la aceptabilidad del agua por los consumidores (APHA, 2017).

Normativa: El límite recomendado es ≤ 15 Unidades de Color Verdadero (UCV), según la OMS y la EPA (Environmental Protection Agency).

2) Turbiedad.

La turbiedad mide la cantidad de partículas suspendidas en el agua, como arcilla, sedimentos y microorganismos. Un alto nivel de turbiedad puede afectar la efectividad de la desinfección y ocultar la presencia de agentes patógenos (APHA, 2017)

Normativa: OMS: ≤ 5 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez). Y según la Normativa peruana (DS N° 031-2010-SA): ≤ 1 UNT en el agua tratada.

A) Cloro residual.

El cloro que permanece en un agua tratada aplicada para la eliminación de patógenos y microorganismos. Se mide en partes por millón (ppm) y la norma peruana exige una concentración mínima de Cloro residual libre en el agua potable de 0.5 mg/L, para garantizar un agua potable. También se conoce como cloro activo residual (CAR).

A) pH.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos recomienda que el nivel de pH de las fuentes de agua se encuentre en un nivel de medición de pH entre 6,5 y 8,5 en una escala que va de 0 a 14. El mejor pH del agua potable se encuentra justo en el medio (7). El agua con rango de pH fuera de esta recomendación puede ser una señal de presencia de metales totales y tóxicos o productos químicos debido a un nivel de pH más alto.

Tabla 8.

Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica.

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: Parámetros de la Calidad del Agua Para Consumo Humano (MINSA, 2011).

2.2.6. *Parámetros microbiológicos*

2.2.6.1. Coliformes Totales.

Los coliformes totales son un grupo de bacterias presentes en el ambiente, el suelo y el tracto intestinal de animales de sangre caliente. Su detección en el agua indica una posible contaminación con materia orgánica y la necesidad de realizar análisis adicionales para detectar microorganismos patógenos (WHO, 2017)

Normativa: Según la OMS (2017) y el Reglamento Nacional de Calidad del Agua para Consumo Humano en Perú (DS N° 031-2010-SA), el límite máximo permitido para Coliformes totales en agua potable es 0 UFC/100 ml (Ver **Tabla 9**).

2.2.6.2. Coliformes Termotolerantes o Fecales.

También conocidos como Escherichia Coli (E. Coli), son un subgrupo de Coliformes que habitan en los intestinos de humanos y animales. Su presencia en el agua es un indicador de contaminación fecal reciente y puede estar asociada con microorganismos patógenos que causan enfermedades gastrointestinales (WHO, 2017)

Normativa: La presencia de Coliformes Fecales en agua para consumo humano debe ser 0 UFC/100 ml, según los estándares de la OMS y la normativa nacional (DS N° 031-2010-SA).

Tabla 9.

Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos.

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

Fuente: Parámetros de la Calidad del Agua Para Consumo Humano (MINSA, 2011).

2.2.7. Parámetros de control obligatorio

Los parámetros de control obligatorio (PCO) son aquellos que todo proveedor de agua debe realizar obligatoriamente al agua para consumo humano, tales como:

- 1) Coliformes Totales.
- 2) Coliformes Termotolerantes o Fecales.
- 3) Color.
- 4) Turbiedad.
- 5) Cloro residual.
- 6) pH.

“En caso de resultar positiva la prueba de Coliformes Termotolerantes, el proveedor debe realizar el análisis de bacterias *Escherichia Coli*, como prueba confirmativa de la contaminación fecal” (MINSA, 2011).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. *Sistema de Abastecimiento de Agua Potable*

Un sistema de abastecimiento de agua potable es el conjunto de infraestructuras y procesos diseñados para captar, tratar, almacenar y distribuir agua de calidad adecuada para el consumo humano. Este sistema incluye componentes como fuentes de captación, plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento y redes de distribución (Aguirre, 2019).

De acuerdo con Narváez Aranda (2021), el sistema de abastecimiento de agua potable “es un sistema capaz de captar, conducir, almacenar y distribuir agua a una localidad con ciertas características especiales, cumpliendo condiciones de cantidad y calidad de agua” (p. 1).

2.3.2. *Evaluación Hidráulica*

La evaluación hidráulica es el proceso sistemático mediante el cual se analiza y diagnostica el comportamiento de un sistema de abastecimiento de agua para consumo humano, mediante la medición, modelado y análisis de parámetros como el caudal, la presión y las pérdidas de carga. Este análisis permite identificar ineficiencias en la infraestructura y proponer mejoras en el diseño y operación de la red, con el fin de optimizar su rendimiento y garantizar un suministro de agua seguro y eficiente (A. Rossman, 2000).

La evaluación hidráulica es el proceso de análisis y diagnóstico del comportamiento de sistemas que manejan fluidos bajo presión, como tuberías, tanques y otros componentes. Las pruebas de presión hidrostática, hermeticidad e integridad estructural son fundamentales para identificar posibles fugas, defectos o debilidades en la infraestructura hidráulica, permitiendo implementar medidas correctivas y garantizar la eficiencia y seguridad del sistema (REYCO, 2022).

La evaluación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano consiste en el análisis y diagnóstico detallado del comportamiento hidráulico de la red de distribución, considerando parámetros como presión, caudal, demanda y eficiencia de los componentes de la infraestructura, tales como reservorios, líneas de conducción, aducción y distribución. Este proceso permite identificar deficiencias operativas y estructurales con el objetivo de optimizar el funcionamiento del sistema y garantizar un suministro eficiente, continuo y de calidad para la población, cumpliendo con los estándares de prestación del servicio y normativas vigentes.

2.3.3. Dotaciones de agua

Según NORMA OS.0100 (2016) nos recomienda que: “la dotación de agua diaria anual, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadísticas comprobadas”.

2.3.4. Red de Distribución de Agua

Una red de distribución de agua es un conjunto de tuberías interconectadas que transportan el agua desde los puntos de almacenamiento hasta los consumidores finales. Existen diferentes configuraciones de redes, como malladas y ramificadas, cada una con sus ventajas y desventajas en términos de eficiencia y seguridad del suministro.

2.3.5. Caudal

El caudal se refiere a la cantidad de agua que fluye a través de un punto específico de la red de distribución por unidad de tiempo, expresado comúnmente en litros por segundo (l/s) o metros cúbicos por hora (m³/h). El análisis de caudal es esencial para dimensionar adecuadamente las tuberías y garantizar un suministro continuo.

2.3.6. Presión

La presión en un sistema de tuberías es la fuerza ejercida por el agua sobre las paredes internas de las tuberías, medida generalmente en unidades como metros de columna de agua (m.c.a) o pascales (Pa). Mantener una presión adecuada es crucial para el correcto funcionamiento de la red y para asegurar que el agua llegue a todos los puntos del sistema.

2.3.7. Coeficientes de Variación de Consumo (K_1 y K_2)

Los coeficientes de variación de consumo K_1 y K_2 son factores que se utilizan para ajustar las demandas de agua en función de las fluctuaciones horarias y diarias. K_1 ajusta la demanda para la hora de máximo consumo, mientras que K_2 lo hace para el día de mayor demanda. Estos coeficientes son esenciales para un diseño eficiente del sistema.

2.3.8. Pérdidas de Carga

Las pérdidas de carga son la reducción de presión a lo largo de una tubería debido a la fricción y otros factores como cambios de dirección, válvulas y accesorios. Este fenómeno se calcula usando fórmulas como la de Hazen-Williams o Darcy-Weisbach y es un factor clave en la evaluación y diseño de redes.

2.3.9. Conexión Domiciliaria

La conexión domiciliaria constituye una derivación de la matriz de la red de distribución hacia el domicilio de cada usuario. Una domiciliaria constituye un punto vulnerable del sistema en cuanto a las posibilidades de fugas de agua y gracias al empleo de tubería y accesorios de PVC han reducido estos problemas.

2.3.10. Modelado Hidráulico

El modelado hidráulico es una herramienta computacional que simula el comportamiento de las redes de distribución de agua bajo diferentes condiciones de operación. Software como WaterCAD se utiliza para prever problemas de presión y caudal, facilitando la toma de decisiones para optimizar el sistema.

2.3.11. Demanda de Agua

La demanda de agua es la cantidad total de agua requerida por una población en un período determinado. Esta demanda depende de factores como el número de habitantes, el clima, y los hábitos de consumo, y es un parámetro esencial para el dimensionamiento de la infraestructura de abastecimiento.

2.3.12. Normativa Técnica

La normativa técnica agrupa las regulaciones y estándares que deben seguirse en el diseño y operación de sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano. Estas normativas aseguran que el agua distribuida cumpla con los requisitos de calidad y que el sistema funcione de manera eficiente y segura (MVCS, 2021).

2.3.13. Calidad del Agua

La calidad del agua se refiere a las características físicas, químicas y microbiológicas que determinan su aptitud para el consumo humano. Los sistemas de abastecimiento deben asegurar que el agua distribuida cumpla con los estándares de calidad establecidos para proteger la salud pública (Organización Mundial de la Salud, 2017).

En el Perú, la calidad del agua para consumo humano se regula mediante el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, promulgado por el Ministerio de Salud-MINSA y aprobado mediante Decreto Supremo N° 031-2010-SA.

2.3.14. Eficiencia hidráulica

La eficiencia hidráulica de un sistema de agua potable es la capacidad del sistema para distribuir el agua óptimamente a los usuarios desde la captación hasta su consumo cumpliendo parámetros normativos de presión, caudal y continuidad, con mínimas pérdidas físicas. Su evaluación compara el funcionamiento real del sistema con los valores establecidos en la normativa técnica (CONAGUA, 2009,p. 17).

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo

La investigación es de tipo aplicada, ya que busca generar conocimiento útil y práctico que permitirá diagnosticar y proponer mejoras para optimizar el sistema de agua para consumo humano de la Urbanización El Porvenir.

3.1.2. Nivel

El nivel de investigación es descriptivo, ya que busca caracterizar el estado actual del sistema de agua para consumo humano, explicando las deficiencias encontradas con las normativas y estándares técnicos de diseño.

3.1.3. Diseño

El diseño de la investigación es no experimental, ya que se basa en la observación de las características del sistema sin intervenir ni manipular variables, y transversal, porque se realiza en un periodo de tiempo definido.

3.1.4. Método de investigación

El método de investigación es cuantitativo, ya que utiliza datos numéricos obtenidos mediante mediciones en campo, análisis físico-químicos y modelado hidráulico.

3.1.5. Tiempo o época de la investigación

El estudio se desarrolló durante la época húmeda, correspondientes a los meses de enero, febrero, marzo y abril, por ser el periodo con mayor precipitación para la zona de estudio para conocer la oferta en época húmeda. Y para el análisis en la época de estiaje se consideró los aforos en los meses de estiaje.

3.1.6. Fases de la investigación

El estudio se desarrolló en tres fases:

- **FASE I: Planificación**, donde se formuló el problema, objetivos y metodología.
- **FASE II: Ejecución**, en la cual se realizó el levantamiento topográfico, aplicación de encuestas, toma de muestras y mediciones en campo.
- **FASE III: Análisis**, en la que se procesaron los datos, se realizaron las simulaciones en WaterCAD, se interpretó y redactó el informe final.

3.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los datos obtenidos del levantamiento topográfico, fichas de inspecciones técnica, aforos, ensayos de calidad de agua y modelado hidráulico (en WaterCAD) sirvieron para calcular los datos necesarios a ser comparados los con los criterios de la RM N 192-2018 Vivienda y normativa vigente.

A partir de ello, se analizó el funcionamiento hidráulico del sistema de agua para consumo humano de la JASS El Porvenir para la cual se elaboró una tabla de calificación en base a las normas vigentes.

Finalmente, se establecieron conclusiones y propuestas de mejora.

3.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO, MUESTRA, UNIDAD DE ANÁLISIS

3.3.1. Población de estudio

La población de estudio está conformada por todo el sistema hidráulico de agua para consumo humano de la urbanización El Porvenir, abarcando las captaciones, reservorios, redes de distribución y todas las conexiones domiciliarias. Ya que el objetivo es evaluarlo hidráulicamente.

3.3.2. Unidad de análisis

La unidad de análisis es todo el sistema hidráulico. La unidad de observación son cada uno de los componentes del sistema hidráulico y funcionamiento.

3.3.3. Muestra para encuestas

a) Muestra para encuesta de calidad y continuidad.

Para la evaluación de continuidad del agua en la red se tuvo en cuenta un muestreo probabilístico de 144 conexiones domiciliarias, y para calcular la muestra se usó el cálculo de tamaño de muestra propuesta por (Murray & Larry, 2005) de la siguiente manera:

$$n = \frac{N * \sigma^2 * Z^2}{e^2(N - 1) + \sigma^2 * Z^2}$$

Ecuación 24: *Tamaño de muestra (Murray & Larry, 2005).*

Donde:

n = Tamaño mínimo de muestra.

N = Tamaño de la población = 144 conexiones domiciliarias

Z = Nivel de confianza para 95% = 1.96 para 99% = 2.58.

σ = Desviación estándar de la población; comúnmente se usa el valor de 0.5, cuando no tenemos este valor.

e = nivel de precisión o error muestral. Se considera entre 1% al 9% (0.01 - 0.09).

Reemplazando los datos:

$$n = \frac{144 * 0.5^2 * 1.96^2}{0.09^2 * (144 - 1) + 0.5^2 * 1.96^2} = 65.27 \text{ conexiones domiciliarias.}$$

Por tanto, la muestra a considerar es de **66 conexiones domiciliarias** a las cuales se aplicarán encuestas para evaluar la continuidad del agua (cada conexión domiciliaria estará representado por el usuario principal de la vivienda asociado en la JASS “El Porvenir”).

b) Muestra para evaluación de Conexiones domiciliarias.

Para la evaluación de conexiones domiciliarias se tendrá en cuenta el muestreo probabilístico según el tamaño de muestra propuesta por (Murray & Larry, 2005), por lo tanto, la muestra es de 66 conexiones domiciliarias.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Materiales en campo

A) Levantamiento topográfico.

- Estación total, trípode, prisma: Para el levantamiento topográfico del área de estudio y el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano.
- GPS: Para la lectura de coordenadas.

B) Inspección en campo.

- Wincha: Para medir las estructuras y poder corroborar la eficiencia de su diseño.
- Cámara fotográfica: Para realizar las fotografías en campo (georreferenciadas en coordenadas UTM) para su validación de toma de datos.
- Ficha de evaluación: Para registrar datos de campo evaluado.

C) Aforo de caudales.

- Cronómetro: Para el cálculo del tiempo.
- Balde: Para almacenar el agua con un determinado volumen.
- Wincha: Para realizar medidas en estructuras y toma de datos de lectura de altura en el reservorio.
- Ficha de datos: Para anotar las lecturas en el reservorio para encontrar el consumo real de agua.
- Cuaderno de campo: Para anotar lecturas importantes de campo.

D) Continuidad del servicio.

- Ficha de encuesta: Para evaluar la continuidad de servicio.

E) Lectura de presiones.

- Manómetro: Instrumento para medir presiones.
- Accesorios de instalación de manómetro: Para instalar los manómetros en las viviendas sin interrumpir el consumo de agua.

- Cuaderno de campo: Para anotar lecturas importantes de campo.

F) Toma de muestra de análisis físico-químico.

- Análisis físico-químico: Para la evaluación de la calidad del agua en el sistema. Para ello se llevarán las muestras a un laboratorio acreditado para validar los datos.

G) Toma de muestras de análisis microbiológico.

- Análisis microbiológico: Para la evaluación de la calidad del agua en el sistema. Para ello se llevará una muestra a un laboratorio acreditado para validar los resultados de los datos.

3.4.2. Materiales en gabinete

- Computador: Equipo con capacidad suficiente para ejecutar software especializado y almacenar datos para el procesamiento de datos recolectados en el cuaderno de campo, USB, y ficha de datos.
- Celular: Para la comunicación continua y utilidad variable aprovechable.

3.4.3. Materiales y equipos

3.4.3.1. Personal

- Investigador principal: Responsable de la planificación, ejecución, análisis de datos y redacción de la tesis.
- Asesor de tesis: Guiar y supervisar el desarrollo de la tesis, proporcionando asesoría técnica y metodológica.
- Personal Técnico: Apoyo en la instalación, mantenimiento de equipos de medición, y en la realización de pruebas en campo.

3.4.3.2. Bienes De consumo (fungibles)

- Materiales de oficina: Papel, lápices, bolígrafos, carpetas, y otros artículos de papelería necesarios para la organización de datos y elaboración de informes.

- Materiales para mediciones: Cinta métrica de medir, entre otros materiales necesarios para realizar las mediciones hidráulicas.
- Materiales de seguridad: Guantes, cascos, chalecos reflectantes, y otros equipos de protección personal (EPP) necesarios para las visitas al campo.
- Baterías y accesorios: Cargador portátil, cables.

3.4.3.3. Bienes de Inversión (fija)

- Equipos de medición: Manómetro.
- Software: Licencia de software de modelado hidráulico.
- Computadora y celular: Equipo con capacidad suficiente para ejecutar software especializado y almacenar datos. Útil para la comunicación continua, cámara y GPS.

3.4.3.4. Servicios

- Servicio de transporte: Contratación de vehículos para el transporte del equipo y personal al área de trabajo para las visitas de campo.
- Alojamiento y alimentación: Indispensable para el personal.
- Análisis físico químico y bacteriológico de agua: Servicios de laboratorio para evaluar la calidad del agua.
- Impresión y empastado: Servicios de impresión y empastado para la presentación final de la tesis.
- Alquiler de equipo topográfico: Estación total
- Mantenimiento de equipos: Servicio de calibración y reparación para asegurar la precisión de las mediciones en campo.

3.5. PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Para llevar a cabo dicha investigación será necesario realizar previas coordinaciones con el equipo administrativo de la JASS para tener el consentimiento del estudio y acceso al área de estudio. Primeramente, se realizará el levantamiento topográfico del área de estudio y de los componentes del sistema de agua. luego se procederá a identificar y examinar (diagnosticar) cada componente del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano que suministra a la urbanización El Porvenir de la localidad de Celendín con el uso de fichas de inspección técnica.

Se procederá a realizar los aforos de caudal de las fuentes de captación. Se estimará el consumo real por medio de mediciones de desnivel de agua consumida en el día durante lapsos de 1 hora en el reservorio “El Porvenir”.

Se tomará muestras de agua para el análisis fisicoquímico (Cloro residual, pH, turbidez), bacteriológico del agua (E. Coli) y metales totales.

Se realizará toma de presiones en las viviendas cerca de los nodos principales y estratégicos. Se evaluará hidráulicamente cada componente del sistema y se determinará si las dimensiones están correctamente diseñadas.

Se aplicará una ficha de encuesta para determinar la continuidad del servicio, población actual juntamente con la evaluación de las conexiones domiciliarias.

Los datos en campo recolectados, serán traspasados a digital en gabinete, para el procesamiento de datos, además la recolección de información será evidenciada mediante fotografía debidamente georreferenciadas.

La evaluación hidráulica estará regida por medio de una tabla de calificación en base a las normas vigentes para los diversos componentes del sistema. En base a estos aspectos evaluados podemos decir si tiene un buen o mal funcionamiento calculado mediante un índice de funcionamiento (bueno, regular y malo).

3.5.1. Levantamiento topográfico

Es necesario realizar un levantamiento topográfico para detallar la ubicación y elevación de los componentes del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano debidamente georreferenciadas en coordenadas UTM. Para ello se requerirá de un equipo especializado debidamente calibrado para lograr dicho objetivo. Donde se detallará datos tales como:

- Ubicación Geográfica y delimitación real de la zona de investigación.
- Generación de curvas de nivel con software especializado y georreferenciación.

3.5.2. Identificación y descripción del estado actual del sistema de Agua

3.5.2.1. Captación.

Actualmente la Urbanización el Porvenir, cuenta con dos Captaciones de manantial. Se determinará el tipo de captación y la georreferenciación para ambas captaciones, se determinará el estado actual de los componentes de la estructura.

Se realizarán aforo en las captaciones de manantial para estimar el caudal que brindan al reservorio, el método a realizar es el método volumétrico, la cual es una operación muy usada para determinar el caudal en las fuentes de agua, ríos, etc. Para ello usaremos los instrumentos mencionados en el apartado de materiales para aforo de caudales.

Por tanto, los datos a tomar serán el volumen y el tiempo, repitiendo por 5 veces. Registramos en el cuaderno de campo para realizar en gabinete el cálculo del caudal aforado.

3.5.2.2. Línea de conducción.

Se realizará un recorrido para evaluar su estado y funcionamiento que comprende desde la captación hasta el reservorio. Se identificarán fugas, roturas, válvulas de aire y purga existentes en la conducción.

3.5.2.3. Reservorio.

Se evaluará el estado actual del reservorio “El Porvenir” para verificar su capacidad de almacenamiento, el estado actual, y el diseño hidráulico. Verificar si cuenta con caseta de cloración en funcionamiento y la toma de muestra de agua para el análisis de calidad.

3.5.2.4. Línea de aducción.

Se realizará un recorrido para evaluar su estado y funcionamiento que comprende desde el reservorio hasta la red de abastecimiento. Se identificarán fugas, roturas, válvulas de aire y purga existentes en la conducción.

3.5.2.5. Red de distribución.

Con ayuda del presidente de la JASS y en coordinación con los usuarios de las viviendas claves se realizará un trabajo articulado para tomar las muestras y datos. Se evaluará las conexiones domiciliarias, inspeccionando de manera visual las válvulas, piletas, accesorios hidráulicos, etc. Señalando al usuario la importancia del cuidado y mantenimiento de las mismas, sin dejar de lado la importancia del cuidado del agua. Será necesario realizar la identificación y análisis de la existencia de válvulas en la red de distribución. Con el permiso de los usuarios dentro de la vivienda se realizarán mediciones de presiones a través de un trabajo articulado para lograr un trabajo coordinado.

Se identificará la cantidad de usuarios asociados para evaluar la continuidad del servicio la cual se aplicará una encuesta (ficha de encuesta) al usuario representante de la vivienda asociada a la JASS, teniendo en cuenta la cantidad calcula como muestra.

3.5.3. Estimación de los caudales y coeficientes de variación de consumo K1 y K2 del sistema de agua para consumo humano de la urbanización El Porvenir

La medida de descensos de agua se realizará en el reservorio “El Porvenir” que abastece a la urbanización de estudio, debido a que las viviendas no cuentan con micromedidores por tanto se determinará el consumo real (caudal medio, caudal máximo diario y máximo horario) en el reservorio, a partir de estos datos encontrados y calculados, calcularé los coeficientes de variación de consumo real (K1 y K2) propios de esta urbanización, para ello seguiré la siguiente metodología:

- En coordinar con los representantes de la JASS se solicitará el consentimiento al acceso del reservorio para tomar la medición, dando a conocer la finalidad e importancia es esta solicitud.
- Se coordinará el horario de apertura y cierre de válvulas para estimar la hora inicial y hora final de toma de medición.
- La medición partirá una hora después de la apertura de válvula debido a que se apertura con el tirante de agua máximo y con el tiempo de hora cero, empezando a tomar la lectura en la siguiente hora teniendo como dato el primer descenso. Las lecturas serán registradas durante el día en lapsos de una hora, siendo anotadas en la ficha de campo.
- El procesamiento de datos de lecturas tomadas en el reservorio, se realizarán en gabinete de manera digital, determinando los caudales de diseño como caudal medio (Q_m), caudal máximo diario (Q_{md}) y Caudal máximo horario (Q_{mh}), asimismo los coeficientes de variación diaria (K1) y horaria (K2), como también el cálculo de la dotación; dichos resultados propios de la urbanización.

3.5.4. Evaluación hidráulica de los componentes del SAP

Esta evaluación comprenderá en el análisis del diseño de las infraestructuras identificadas dentro del sistema, con el propósito de evaluar la capacidad y eficiencia funcional de cada componente conforme a los criterios para los cuales fueron diseñados y construidos. Para ello se tendrá en cuenta el Anexo RM 192-2018 Norma técnica de diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural, dada por el MCVS.

Con la información recolectada en campo se procederá a evaluar hidráulicamente cada uno los componentes existentes en el Sistema de abastecimiento de Agua para consumo humano.

3.5.5. Modelado y simulación hidráulica

Con la recopilación de datos topográficos de la zona de estudio (elevaciones y coordenadas), caudales, diámetros de tuberías y trazo de las redes abiertas, se podrá realizar el modelamiento estático de la red mediante un software especializado, obteniendo caudales, presiones, diámetros y velocidades en la red de distribución. Permitiendo verificar estos valores si cumplen con los datos establecidos por la norma OS.050 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Para el cálculo hidráulico de los sistemas primarios de agua, se hará uso del Modelo de Simulación Hidráulica propuesta por el software especializado de cómputo WaterCAD/GEMS y para la calibración del modelo se tomará en cuenta el registro de medición de presiones medidas simultáneamente en la red de distribución del sistema de abastecimiento. El modelo de cálculo a programar será la propuesta por Darcy Weisbach debido a la existencia de tuberías menores e iguales a 2", siendo de esta manera ideal y con mayor precisión para los cálculos para los diámetros existentes en la Red.

3.5.6. Evaluación de la calidad del agua mediante los parámetros físico-químico (cloro residual, pH, turbidez) y bacteriológico (Coliformes termotolerantes o fecales)

Para el análisis Físico-químico y bacteriológico, se estimó las recomendaciones dadas por el personal de la Red III de Salud de Celendín para la recolección de muestras de agua en el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano de la Urbanización El Porvenir de la JASS “El Porvenir”.

Red III de Salud de Celendín brindará 2 frascos de plástico y 3 frascos de vidrio para el muestreo de agua. En base a la fecha indicada y en coordinación con el comité de la JASS se procederá realizar la toma de muestras de agua juntamente con un correcto rotulado para entregar a la entidad quienes nos brindarán los resultados de los parámetros requeridos.

En campo se realizará la toma de 3 muestra de agua (frascos de vidrio), la primera muestra se tomará del reservorio, la segunda muestra de la vivienda intermedia de la red de distribución, la tercera muestra se tomará de la última vivienda de la red de distribución. Y 2 muestras (frascos de plásticos), recolectadas del reservorio y primera vivienda. Teniendo la referencia de que los frascos de plástico son para análisis físico-químicos y los de vidrio para análisis bacteriológico.

3.5.7. Propuesta de soluciones técnicas de diseño

Para cumplir con este objetivo, se desarrollará una propuesta de mejoras a los componentes del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano de la Urbanización el Porvenir, basada en los resultados obtenidos del levantamiento topográfico, del diagnóstico físico e inspección técnica de las estructuras, del modelamiento hidráulico con el software WaterCAD, y el análisis de la calidad del agua. Se realizará considerando los criterios técnicos establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), las Normas Técnicas de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), así como las características y condiciones actuales de la infraestructura actual.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1.1. Caracterización de la urbanización El Porvenir

4.1.1.1. Ubicación geográfica y política.

La urbanización “El Porvenir” se encuentra ubicada en zona periférica de la ciudad de Celendín, distrito y provincia de Celendín, región de Cajamarca (Ver ANEXO XI).

El distrito de Celendín limita al sur con los distritos de José Gálvez y Utco, al norte con el distrito de Chumúch, al este con el departamento de Amazonas y al oeste con los distritos de Miguel Iglesias, La Libertad de Pallán y Huasmín.

Tabla 10.

Ubicación geográfica del distrito de Celendín.

Coordenada este (WGS84 UTM ZONA 17S):	815500 m E.
Coordenada Norte (WGS84 UTM ZONA 17S):	9240184 m N.
Densidad demográfica:	33.48 habitantes/km ²
Altura de la capital:	2,626 m s. n. m.
Número de distritos:	11

La provincia de Celendín limita por el Norte con las provincias de Chota y Hualgayoc; por el Occidente con parte de Hualgayoc y Cajamarca; por el Sur con Cajamarca y San Marcos; por el Este con las provincias de Luya y Chachapoyas en Amazonas. Sirven de lindero natural por el Este el río Marañón, con el puerto de Balsas; por el Norte el río Magdalena; por el Oeste la cumbre de los cerros del contrafuerte oriental de la Cordillera Occidental que se desprende de Yanacancha y por el Sur el río Mirilis (Abanto, 2013).

El mapa de ubicación del proyecto de investigación se muestra en el **ANEXO XI**. La urbanización el porvenir está delimitado por el norte con el barrio “Pallac”, por el este con el barrio “Shuitute”, por el sur con el barrio “El Rosario” y por el oeste “El Guayao”.

4.1.1.2. Vías de Acceso.

El acceso a la Urbanización “El Porvenir” desde la Plaza de Armas de Celendín se realiza en dirección norte, a través de los jirones: Jr. Moquegua, Jr. Ayacucho o Jr. Cáceres, considerando el sentido de circulación vehicular. El traslado en vehículo toma en promedio 3 minutos, mientras que el recorrido a pie dura aproximadamente 15 minutos.

4.1.1.3. Servicios Públicos.

- Agua

Los habitantes de la Urbanización el Porvenir tienen una opinión desfavorable en cuanto a la continuidad del agua, especialmente en época de estiaje, relacionándolo como un problema para toda la población. Existe dos sistemas de agua que abastece esta zona de la ciudad (Sistema de agua administrada por JASS El Porvenir, y el sistema administrado por la Municipalidad provincial de Celendín mediante la oficina de SEMACEL).

- Disposición de excretas

La población cuenta con servicios higiénicos conectados a la red de alcantarillado que es administrada por la Municipalidad provincial de Celendín mediante la oficina de SEMACEL, la cual atribuye a una mejor salubridad reduciendo el riesgo de contaminación y enfermedades relacionadas al saneamiento.

- Electricidad

La urbanización cuenta con servicio de electricidad suministrado por la red pública a través de una conexión directa con caja de registro medidor, la prestación está a cargo de la Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad Electronortemedio S.A HIDRANDINA. La población dispone de electricidad continua, las 24 horas del día.

- Telefonía e internet

La urbanización el Porvenir cuenta con cableado de fibra óptica, administrados por empresas como GECAM y servicio inalámbrico al alcance de los interesados en esta prestación como Red Chasqui.

- Gas

La población de esta urbanización, adquiere el servicio de gas mediante cilindros, ya que no se dispone de gas natural. El acceso a este servicio es facilitado por medio de proveedores de forma presencial y por delivery.

4.1.1.4. Ocupación principal de la población.

La población residente en la Urbanización El Porvenir desarrolla principalmente actividades laborales vinculadas al ámbito urbano. Parte de ello se dedica a labores domésticas y servicios en el hogar, limpieza, atención y apoyo en establecimiento locales. Asimismo, se identifica un grupo de trabajadores que desempeñan funciones administrativas y de oficina en instituciones públicas y privadas en el área urbana de Celendín. Una menor porción, mantienen actividades relacionadas con la agricultura y ganadería; sin embargo, las realizan fuera del ámbito de la urbanización, generalmente en zonas rurales cercanas, reflejando de esta manera una población mayoritariamente con un estilo de vida urbana.

4.1.1.5. Tipología de viviendas.

La tipología de las viviendas corresponde principalmente a edificaciones unifamiliares, construidas sobre lotes independientes. Se identifica el uso de material mixto en la mayoría de las estructuras como muros de adobe, tapial o ladrillo artesanal en viviendas tradicionales, además de viviendas con estructuras de concreto armado y ladrillo industrial en viviendas ampliadas y construidas recientemente. En su gran mayoría resalta la construcción de cubiertas por calamina y techos de teja. De esta manera las viviendas se edifican según las posibilidades económicas de las familias.

4.1.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó con el propósito de obtener información precisa del relieve del terreno en el cual se encuentra implementado el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano de la Urbanización “EL Porvenir”, distrito y provincia de Celendín. Esta información es fundamental para el modelamiento hidráulico y la elevación técnica del sistema (ver ANEXO XII). Se utilizó equipo de estación total y GPS. El trabajo de campo comprendió las siguientes actividades:

Se realizó la identificación del área de estudio identificando los puntos relevantes del sistema de abastecimiento, tales como captación, línea de conducción, reservorio, red de distribución y conexiones domiciliarias. Durante el trabajo se establecieron puntos de referencia con coordenadas geográficas UTM y cotas altimétricas, necesarios para la correcta georreferenciación de los datos.

Se realizó el procesamiento de datos recolectados mediante el uso del software AutoCAD Civil 3D, permitiendo la generación de planos topográficos con curvas de nivel.

4.1.3. Identificación y descripción de los componentes del SAP y usuarios asociados

Gracias al levantamiento topográfico del sistema de agua para consumo humano y guía del presidente de la JASS “El porvenir” fue posible identificar cada componente existente en todo el sistema, y al comité actual que brindó la información del registro actual de la JASS “El Porvenir”.

Los componentes existentes en el sistema son:

- Dos captaciones: identificadas como “El Guayao” y “Peje de oro”.
- Dos líneas de conducción: TRAMO 1 Y TRAMO 2
- Un Reservorio: identificado como “El Porvenir”.
- Una línea de aducción.
- Red de distribución: de tipo red abierta o ramificada.

4.1.3.1. Captación de manantial de ladera

El sistema de abastecimiento de agua para consumo humano de la urbanización “El Porvenir” cuenta con dos captaciones, de nombres “El Guayao” y “Peje de Oro”.

A) Captación “El Guayao”.

Esta captación es de tipo ladera, ubicada en las coordenadas UTM: 9241705.47 N, 814928.89 E y una altitud de 2696.46 m.s.n.m. Construida en el año 2011.

Durante la inspección in situ a la infraestructura de captación del sistema de abastecimiento, se evidenció que la captación abastece a 3 sistemas de abastecimientos de agua para consumo humano administradas por las JASS: “El porvenir”, “Chacapampa” y “Pallac” de la localidad de Celendín.

Esta captación presenta dos partes: Afloramiento y cámara húmeda. Carece de una cámara de válvulas y no existe válvulas para controlar el flujo del agua. No cuenta con zanja de coronación, la pintura se encuentra en desgaste evidente, con zonas despintadas tanto en la tapa sanitaria como en la estructura de la captación.

El afloramiento está cubierto por bloques de concreto por la cual el agua captada ingresa a la cámara húmeda por medio de 5 tuberías de PVC de 1”.

La cámara húmeda presenta una tapa sanitaria metálica de 0.58 m X 0.58m en condiciones de oxidación y despintada, además la construcción ha sido realizada con materiales como ladrillo y concreto, pero presenta una deficiencia constructiva, debido a que no está enlucido o tarrajado en su totalidad.

El material de las tuberías es de PVC, la tubería de Rebose es de 4”, presenta 3 tuberías de salida para la alimentación de 2” correspondientes una a cada sistema.

Figura 10.

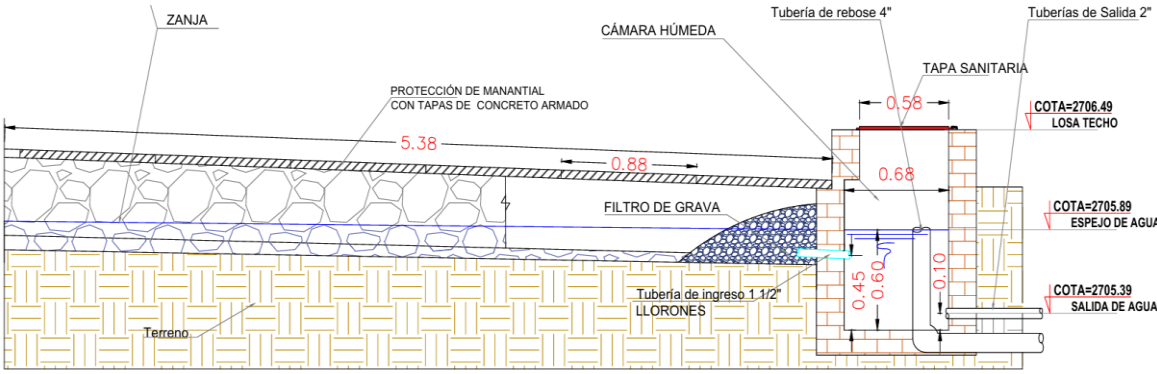
Captación de Ladera "El Guayao".



Nota. La figura muestra la toma de medidas de la captación "El Guayao".

Figura 11.

Ficha de Inspección Técnica de la Captación de ladera "El Guayao".

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA		
	"Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".		
TUTOR:	EMERSON AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ	FECHA:	FEBRERO - 2025
TESISTA:	FAUSTINO JHORGEN ARTEAGA MEJÍA		
FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE			
CAPTACIÓN DE MANANTIAL			
COORDENADAS DE CALICATA ESTE (m) 814918 NORTE (m) 9241708 ELEVACIÓN (m.s.n.m) 2695		Nombre de la captación "EL GUAYAO"	REGISTRO FOTOGRÁFICO  
Tipo de Captación LADERA ☒ FONDO ☐		Año de creación 2010	
DIMENSIONES Cámara Húmeda Altura Total 1.2 m Base interno 0.68 m Ancho de pantalla 0.7 m Tubería de entrada: Cantidad: 3 Diámetro 48 mm Tubería de rebose: Diámetro 114 mm Canastilla: Diámetro - mm Longitud de canastilla - cm		Zanja de Coronación NO Cerco perimétrico SI	
		ESTADO FÍSICO DE LA CAPTACIÓN A) BUENO B) REGULAR C) MALO	
OBSERVACIONES: La captación no presenta Zanja de coronación. No presenta cámara de válvulas ni válvulas. El cerco perimétrico está en malas condiciones, facilitando el acceso de cualquier persona.			
ESQUEMA			
			

Nota. En el esquema de la ficha, se aprecia el perfil de la captación diagnosticada.

B) Captación “Peje de Oro”.

Esta captación es de tipo ladera, ubicada en las coordenadas UTM 9241240.09 N, 814938.19 E, y una altitud de 2695.39 m.s.n.m. Construida en el año 1996.

Durante la inspección in situ a la infraestructura de captación del sistema de abastecimiento, se evidenció que la captación se encuentra completamente rodeada de vegetación y el cerco perimétrico en mal estado con postes de madera y alambre de púas mismas que se encuentran sin mantenimiento facilitando el fácil acceso a personal no autorizado y animales.

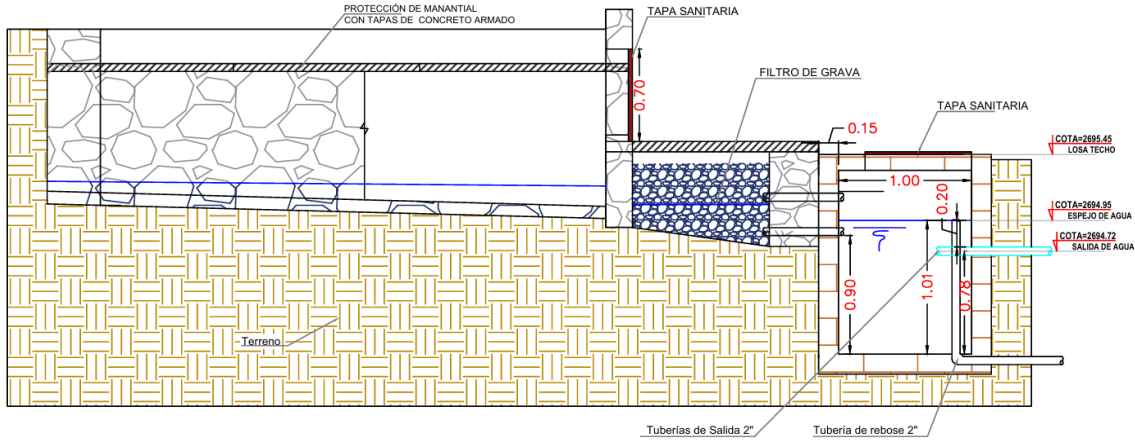
Fue construida de manera artesanal con mortero y piedras en estado natural (sin labrar) y bloques de concreto armado que cubren la zanja de afloramiento. Se evidenció el deterioro del acero en la estructura y deterioro considerado en la estructura en general. El afloramiento de agua subterránea es captado mediante una zanja de 4 m de largo, elaborado de manera artesanal con piedras calzadas manualmente.

El agua captada ingresa a la cámara húmeda por medio de 5 tuberías de PVC con diámetros de 1”. Esta captación presenta dos partes: Afloramiento y cámara húmeda. Carece de una cámara de válvulas y válvulas para controlar el flujo del agua y la estructura no cuenta con zanja de coronación.

La cámara húmeda presenta una tapa sanitaria metálica de 0.80 m X 0.80 m en condiciones de oxidación y despintada, además la construcción ha sido realizada con materiales como ladrillo y concreto. El material de las tuberías es de PVC, la tubería de Rebose es de 4”, y una tubería de salida de 2” al reservorio.

Figura 12.

Ficha de Inspección Técnica de la Captación de ladera "Peje de Oro".

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA			
	"Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".			
TUTOR:	EMERSON AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ	FECHA:	ABRIL - 2025	
TESISTA:	FAUSTINO JHORGEN ARTEAGA MEJÍA			
FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE				
CAPTACIÓN DE MANANTIAL				
COORDENADAS DE CALICATA ESTE (m) 814938 NORTE (m) 9241240 ELEVACIÓN (m.s.n.m) 2684		Nombre de la captación "PEJE DE ORO"	REGISTRO FOTOGRÁFICO  	
Tipo de Captación LADERA X FONDO		Año de creación 1996		
DIMENSIONES Cámara Húmeda Altura Total 1.39 m Base interno 1 m Ancho interno 1 m		Zanja de Coronación NO Cerco perimétrico SI		
Tubería de entrada: Cantidad: 5 Diámetro 33 mm		ESTADO FÍSICO DE LA CAPTACIÓN A) BUENO B) REGULAR C) MALO		
Tubería de rebose: Diámetro 60 mm				
Canastilla: Diámetro - mm Longitud de canastilla - cm				
OBSERVACIONES: La captación no presenta Zanja de coronación. No tiene cámara de válvulas ni válvulas. El cerco perimétrico está en malas condiciones, facilitando el acceso a cualquier persona.				
ESQUEMA				
				

Nota. En el esquema de la ficha, se aprecia el perfil de la captación diagnosticada.

Figura 13.

Captación de ladera "Peje de Oro".



Nota. Las flechas color naranja indican las partes que contiene la captación.

4.1.3.2. Línea de conducción.

A. Línea de Conducción de Captación “El Guayao” - Reservorio.

La línea de conducción del tramo Captación “El Guayao” al Reservorio fue instalada el año 2011, conformada por tubería de PVC Clase 10, con un diámetro de 2” y una longitud de 486.50 m, enterrada en todo el recorrido. Se ha recorrido todo el trayecto y no se ha presenciado la existencia de fugas a pesar de no estar enterrada técnicamente a una profundidad adecuada. Contiene una válvula de paso en la tubería que ingresa al reservorio por la cámara seca del reservorio, el cual técnicamente no es adecuado, debido a que la norma recomienda que deben estar en posiciones opuestas la tubería de ingreso con la tubería de salida. No presenta cámara rompe presión de ningún tipo, ni válvulas de aire o de purga.

Figura 14.

Ficha de Inspección Técnica de la Línea de Conducción - TRAMO 1.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA		
	"Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".		
TUTOR:	EMERSON AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ		FECHA:
TESISTA:	FAUSTINO JHORGEN ARTEAGA MEJÍA		Enero - 2025
FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE			
LÍNEA DE CONDUCCIÓN - TRAMO 1			
COORDENADAS DE CALICATA		Profundidad de la tubería Nv+0.00	
ESTE (m)	814980.16	0.3	m
NORTE (m)	9241664.56	Año de instalación	
ELEVACIÓN (m.s.n.m)	2702.496	2010	
Diámetro		Clase	
60	mm	5	7.5 10
MATERIAL			
Tubería	PVC	H°G°	Otro
Válvulas	PVC	H°G°	Otro
Accesorios	PVC	H°G°	Otro
ESTADO FÍSICO			
Tubería	A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO
Válvulas	A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO
Accesorios	A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO
OBSERVACIONES: No se encontró cámara rompe presión de ningún tipo, ni válvulas de aire o de purga, presenta una única válvula de control en la cámara de del reservorio.			
			

Nota. El registro fotográfico de la ficha, muestra el seguimiento de la profundidad de la tubería.

B. Línea de Conducción de Captación “Peje de oro” a reservorio.

La línea de conducción del tramo Captación “Peje de oro” al Reservorio fue instalada el año 2010. Está conformada por tubería de PVC Clase 10, con un diámetro de 2” y una longitud de 262.8 m, enterrada en todo el recorrido, la cual se encontró la obstrucción de material orgánico impidiendo el paso del agua. Contiene una válvula de paso metros antes de ingresar al reservorio protegida por una pequeña caja de concreto. El agua ingresa al reservorio por la parte alta del reservorio (losa del techo).

No presenta cámara rompe presión de ningún tipo, ni válvulas de aire o de purga. Contiene una válvula de paso cubierta por una pequeña caja de concreto a unos metros antes de llegar al reservorio.

Figura 15.

Ficha de inspección Técnica de la Línea de Conducción - TRAMO 2.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA		
	"Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".		
TUTOR:	EMERSON AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ		FECHA:
TESISTA:	FAUSTINO JHORGEN ARTEAGA MEJÍA		Enero - 2025
FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE			
LÍNEA DE CONDUCCIÓN - TRAMO 2			
COORDENADAS DE CALICATA		Profundidad de la tubería Nv+0.00	
ESTE (m)	815138.37	0.3	m
NORTE (m)	9241342.33	Año de instalación	
ELEVACIÓN (m.s.n.m)	2683.73	2010	
Diámetro		Clase	
60	mm	5	7.5 10
MATERIAL			
Tubería	PVC	H°G°	Otro
Válvulas	PVC	H°G°	Otro
Accesorios	PVC	H°G°	Otro
ESTADO FÍSICO			
Tubería	A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO
Válvulas	A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO
Accesorios	A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO
OBSERVACIONES: La tubería se encontraba obstruida cuando se quiso aforar en el reservorio. No en encontro ningún tipo de cámara rompe presión.			
			

Nota. El Registro fotográfico muestra que la válvula de control de flujo de la línea de conducción ha estado obstruida por la presencia de raíces que bloqueaban el flujo de agua

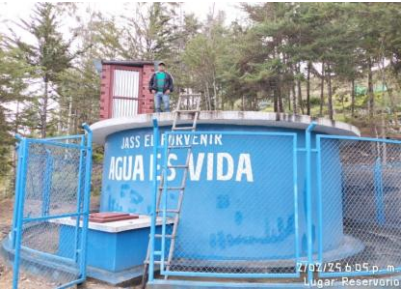
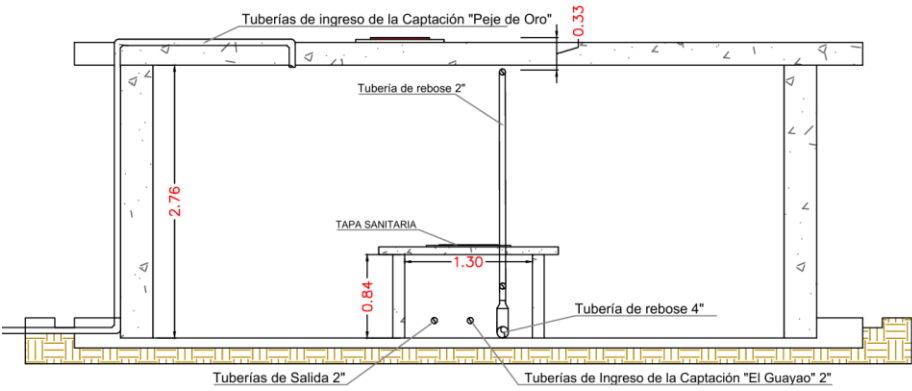
4.1.3.3. Reservorio

Este reservorio nombrado “El Porvenir”, es de tipo circular, Ubicada en las coordenadas UTM 9241347.47 N, 815161.21 E, y una altitud de 2695.39 m.s.n.m. con una capacidad de 85 m³. Construida en el año 2010 y constituye un componente esencial en el sistema de abastecimiento de agua potable.

Durante la inspección técnica, se identificó que la unidad carece de un tubo de ventilación, bypass, cámara de reunión de caudales, dispositivos que permitan la lectura de los caudales de ingreso, salida y el nivel del agua en cualquier momento, también carece de una escalera fija de acceso. Dispone de un cerco perimétrico de malla metálica, una escalera de madera en mal estado, una escalera de gato de fierro protegido por manguera de agua, una caseta de cloración la cual no se encontró operativa al momento de la evaluación, lo que indica que el agua no viene siendo tratada con cloro.

Figura 16.

Ficha de inspección Técnica del Reservorio "El porvenir".

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA "Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".			
TUTOR:	EMERSON AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ	FECHA:	Febr - 2025	
TESISTA:	FAUSTINO JHORGEN ARTEAGA MEJÍA			
FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE				
RESERVORIO				
INFORMACIÓN GENERAL			REGISTRO FOTOGRÁFICO	
Coordenadas		Año de construcción	Nombre del reservorio	
Este (m)	815163	2010	"El Porvenir"	
Norte (m)	9241346			
Elevación (m.snm)	2683			
Caudal total de ingreso (l/s)		Capacidad	Forma del tanque	
3.1		85 m3	Circular	
Medidas de la unidad		Material de la tapa Sanitaria de ingreso	Material de la unidad	
Base (m) / Diámetro (m)	6.43	Concreto armado	Concreto armado X	
Altura (m)	2.95	Concreto simple	Concreto simple	
Tirante (m)	2.62	Plancha de tol X	Mampostería ladrillo	
Espesor de pared (cm)	0.33	otros	otros	
CÁMARA DE VÁLVULAS				
Tubería	Material	Diámetro comercial (mm)		Sistema de Cloración Operativa
Tubería de entrada	PVC	60		Sí
Tubería de salida	PVC	60		
Tubería de desagüe	PVC	114		No X
Tubería de rebose	PVC	60		
ESTADO FÍSICO				
	Bueno	Regular	Malo	
RESERVORIO		X		
Válvulas de ingreso	X			
Válvulas de salida	X			
Válvulas de desagüe	X			
Tuberías y accesorios		X		
MANTENIMIENTO		OBSERVACIONES:		
Trimestral		El reservorio presenta agrietamiento en la parte superior, y la pintura se encuentra en malas condiciones. El serverorio cuenta con una escalera de acceso de madera en malas condiciones. Último mantenimiento de limpieza de reservorio se realizó en Enero de 2025. Las válvulas en la cámara seca son de Bronce.		
Cuatrimestral	X			
Anual				
No se ha realizado				
ESQUEMA				
				

Nota. En el esquema, se muestra el perfil del Reservorio diagnosticado.

Estructuralmente, se evidenció agrietamiento en la losa superior, junto con un evidente desgaste de pintura superficial, la estructura presenta una tapa sanitaria metálica de 0.60 m X 0.60 m. La cámara seca o cámara de válvulas dispone de otra tapa sanitarias metálica de iguales dimensiones, mas no cuenta con una tubería de desagüe para evacuar el agua que pueda verterse. Las válvulas de control en las tuberías de llegada, salida y de limpieza son de bronce y las tuberías son de PVC.

4.1.3.4. Línea de aducción

La línea de aducción del tramo Reservorio a la red de distribución fue instalada en el año 2011. Está conformada por tubería de PVC Clase 10, con diámetro de 2" y una longitud de 227 m, enterrada en todo el recorrido, se ha seguido todo el trayecto y no se ha presenciado la existencia de fugas y está enterrada técnicamente a una profundidad adecuada en la mayor parte del recorrido. La línea de aducción no cuenta con cámaras rompe presión, ni con válvulas de aire o de purga a lo largo de su recorrido; únicamente se identificó una válvula de paso, protegida por un corte pequeño de tubería y piedras.

Figura 17.

Evaluación Línea de Aducción.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA			
	"Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".			
TUTOR:	EMERSON AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ		FECHA:	Febrero - 2025
TESISTA:	FAUSTINO JHORGEN ARTEAGA MEJÍA			
FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE				
LÍNEA DE ADUCCIÓN				
COORDENADAS DE CALICATA		Profundidad de la tubería Nv+0.00		REGISTRO FOTOGRÁFICO 
ESTE (m)	815217.61	0.3	m	
NORTE (m)	9241317.11	Año de instalación		
ELEVACIÓN (m.s.n.m)	2659297	2010		
Diámetro		Clase		
60	mm	5	7.5 10	
MATERIAL				
Tubería	PVC	H°G°	Otro	
Válvulas	PVC	H°G°	Otro	
ESTADO FÍSICO				
Tubería	A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO	
Válvulas	A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO	
OBSERVACIONES: La válvula no cuenta con una caja de protección, facilitando la manipulación por personas no autorizado.				

Nota. El registro fotográfico muestra una válvula de control en la línea de conducción.

4.1.3.5. Red de distribución

La red de distribución es de tipo ramificada o conocida también como red abierta dicha información está en base al levantamiento topográfico realizado para dicho estudio (Ver ANEXO XII).

A) Calicata

Se realizó el trabajo en capo el cual consistió en la verificación de los diámetros de las tuberías y la identificación de válvulas en la Red de distribución mediante el uso de Calicatas en zonas estratégicas, corroborando así la información brindada por el Teniente de la JASS “El Porvenir”.

Figura 18.

Verificación de diámetros de Tubería en la Red de distribución con Calicatas.



Nota. Los diámetros de las tuberías fueron verificados mediante los diámetros medidos en campo por medio de calicatas en la Red de distribución.

B) Continuidad del sistema

Se aplicó encuestas con el objetivo de recolectar información con respecto a la calidad y continuidad de la prestación del servicio que ofrece el sistema. Se aplicó la Ficha de Encuesta a 66 usuarios de la JASS “El Porvenir” (Ver **APÉNDICE O**) y en el **APÉNDICE P** se puede apreciar fichas aplicadas.

- **Presión del agua en las viviendas.**

Para evaluar la presión en la Red, se tuvo en cuenta la percepción que el usuario tiene respecto a la presión del agua con la que llega a su vivienda.

La mayoría de encuestados tiene la percepción de que el agua llega con presión alta a su vivienda (Fuerte), mientras que la una menor cantidad describe que el agua llega con una presión baja a su vivienda (Débil).

Figura 19.

Presión del agua en las viviendas.



Fuente: Se empleó el término “fuerza” en referencia a la presión, con el propósito de facilitar la comprensión del usuario y permitirle responder adecuadamente a la pregunta.

- **Almacenamiento de agua en las viviendas**

Para evaluar la continuidad y presión del agua es importante considerar si el usuario posee tanque elevado u otro tipo para considerar posibles motivos en las respuestas.

Figura 20.

Almacenamiento de agua en las viviendas.



Nota. Esta pregunta tuvo el propósito de justificar la continuidad del agua en algunos usuarios.

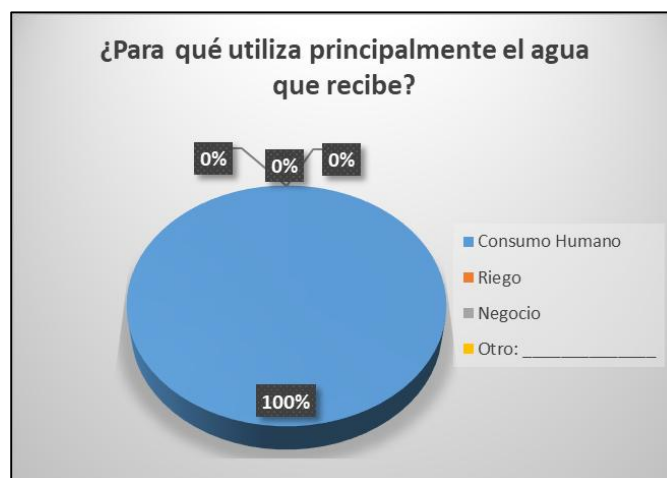
Un porcentaje mayoritario manifestó contar con bidones, baldes y otros recipientes que usan para almacenar agua, señalando que son usados en época de estiaje. Existe una cantidad considerable que cuenta con Tanque Elevado instalado en la vivienda, mientras que una minoría no cuenta con ningún tipo de almacenamiento la cual puede limitar el acceso de agua en época de estiaje.

- **Uso principal del agua.**

Al consultar a los usuarios sobre el uso que le dan al agua, se obtuvo información valiosa que permite interpretar al comportamiento de la demanda, La mayoría indicó que el agua se utiliza principalmente para consumo humano y actividades domésticas básicas. No se reportó el uso del recurso agua para actividades de riego ni para fines comerciales o industriales, lo que indica que el sistema está diseñado y operando únicamente para cubrir necesidades domiciliarias, sin estar comprometido con ninguna actividad económica de mayor demanda del recurso agua.

Figura 21.

Uso principal del agua.



Nota. Dicha pregunta tuvo el propósito de identificar puntos con mayor demanda en la red.

- **Continuidad del servicio de agua.**

Para evaluar la continuidad de la prestación del servicio de agua, es de interés contar con la percepción del usuario tanto para temporada de lluvia como para la temporada de estiaje, ya que la precepción no podría ser la misma por ello se cree conveniente aplicar como se mencionó en la descripción de la metodología.

Al preguntar al usuario sobre el tiempo de acceso del agua a la semana, En su totalidad respondió que reciben agua todos los días, tanto para el tiempo de lluvia como de estiaje.

Figura 22.

Continuidad del servicio a la semana.

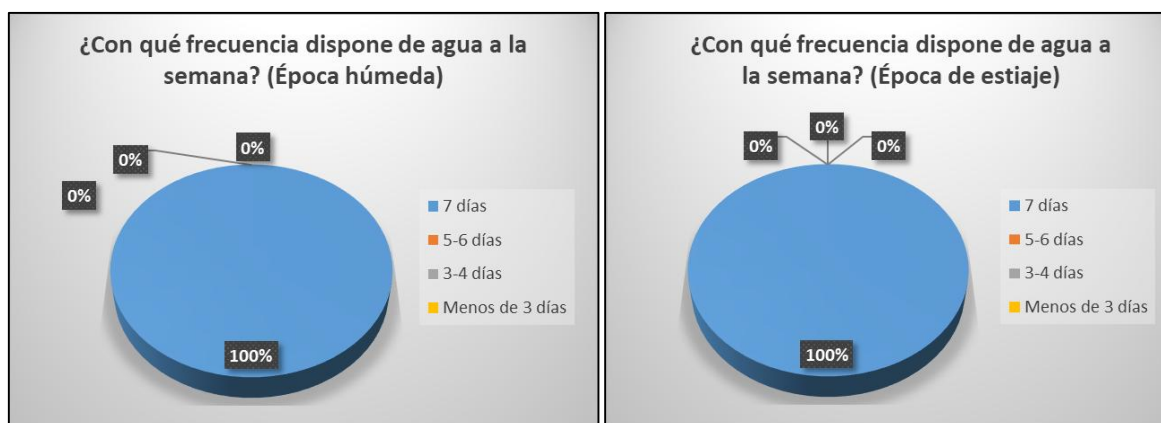


Figura 23.

Continuidad del servicio al día.



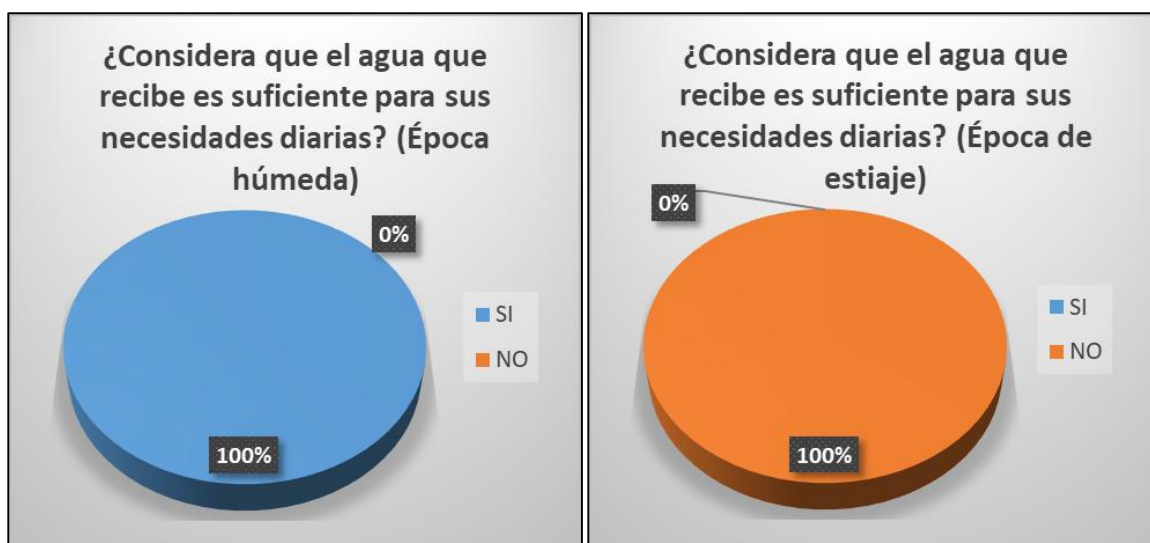
En cuanto a la continuidad del servicio de agua, se evidencia una diferencia notable entre la época húmeda y época de estiaje. Durante la época húmeda, la totalidad manifestó contar con servicio continuo de 24 horas del día. En cambio, durante el estiaje, los mismos usuarios reportaron un promedio de 2 a 4 horas de suministro de agua al día.

- **Satisfacción del usuario con respecto al servicio**

Durante la temporada de lluvia, la totalidad manifestó que el agua que recibe es suficiente para sus actividades diarias. Sin embargo, en la época de estiaje, todos indicaron que no.

Figura 24.

Satisfacción del usuario con respecto al servicio.



C) Conexiones Domiciliarias

La red de distribución se encuentra en una cota superior a una red de alcantarillado, el material de las tuberías en la red de distribución es de PVC, y las conexiones domiciliarias están conectadas a la red con una Tee del diámetro de la tubería y una reducción a ½". Juntamente con la Ficha de evaluación de Continuidad (Ver **APÉNDICE O**), se evaluó la conexión domiciliaria de 66 usuarios que corresponde a la muestra tomada:

Figura 25.

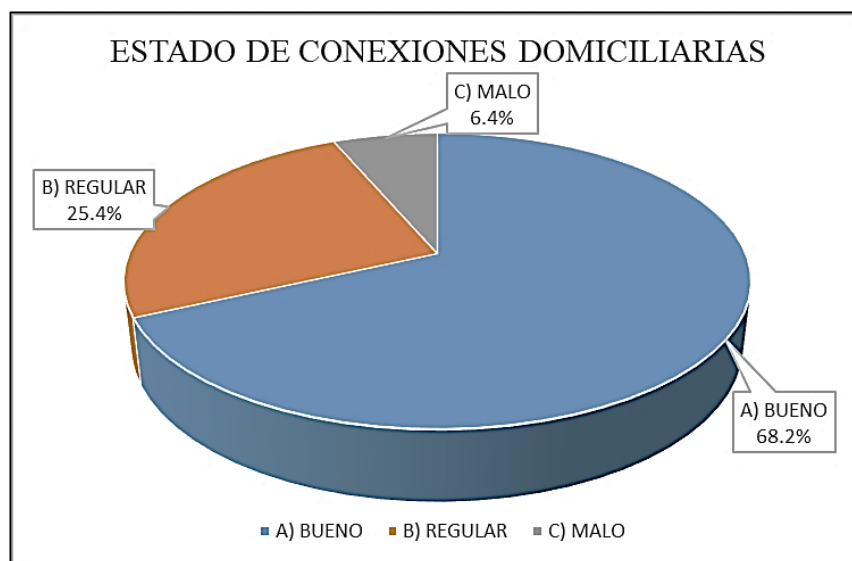
Resultado de evaluación de conexiones domiciliarias.

B) EVALUACIÓN DE LAS CONEXIONES DOMICILIARIAS						
La evaluación será en base a la siguiente consideración:						
a)	Bueno (Funciona correctamente, sin fugas)	b)	Regular (Requiere mantenimiento, leve deterioro)	c)	Malo (Fugas, deterioro o no funciona)	
	Válvulas (Llave de paso, llave nariz, etc)	A) BUENO	48	B) REGULAR	13	C) MALO 5
	Caja de llave	A) BUENO	42	B) REGULAR	16	C) MALO 8
	Tubería	A) BUENO	45	B) REGULAR	19	C) MALO 2
	Accesorios	A) BUENO	45	B) REGULAR	19	C) MALO 2

En base a la información anterior, la Evaluación del estado de las conexiones domiciliarias gráficamente queda representado:

Figura 26.

Estado de conexiones Domiciliarias de la JASS El Porvenir.



Nota. Se realizó la evaluación de conexión domiciliaria a los usuarios encuestados.

Según el gráfico se estima que el 68.2% de los usuarios cuentan con una conexión en “Buen” estado, el 25.4% de las conexiones se encuentran en un estado “Regular”, y el 6.4% de las conexiones se encuentran en un estado “Malo”.

Usuarios asociados en la JASS “El Porvenir”

Según la data de usuarios inscritos en la JASS “El Porvenir”, brindada por el comité, existe un total de 144 usuarios asociados (Ver **ANEXO III**).

4.1.4. Estimación de los caudales y coeficientes de variación de consumo K1 y K2 en época húmeda

4.1.3.1. Aforo de caudal en reservorio.

Durante el periodo de investigación, inicialmente la línea de conducción del Tramo 2 (Captación “Peje de Oro” – Reservorio), la tubería ha estado tapado por raíces, la cual interrumpía el paso del agua al reservorio (Ver **Figura 15**); únicamente eran abastecidos de la captación “El Guayao”. Como no llenaba el reservorio hasta el tirante máximo se esperó a la solución del Tramo 2, misma que fue solucionada mediante un sondeo logrando así el ingreso del agua al reservorio de las dos captaciones y en consecuencia el llenado del reservorio.

Para la toma de datos de las lecturas de descansos, en coordinación con el comité, se ha respetado el horario que han venido manejando la JASS, teniendo por apertura de servicio a las 6:00 am y corte del servicio a las 7:00 pm.

Para las lecturas de descensos, no se interrumpió el ingreso de agua del Tramo 1 al reservorio, para ello el caudal de ingreso ha sido aforada en el mismo reservorio para obtener una mayor precisión del caudal ingresante, la cual se realizó en 2 fechas programadas (Ver Tabla 11), después del corte de servicio (7:00 pm), obteniendo de esta manera el siguiente cálculo:

Tabla 11.

Tabla de aforo del agua en el reservorio.

FECHA	Hora	Altura de llenado
27/01/2025	7:00 p. m. - 8:00 p. m.	0.090 m
	8:00 p. m. - 9:00 p. m.	0.120 m
10/02/2025	7:00 p. m. - 8:00 p. m.	0.100 m
	8:00 p. m. - 9:00 p. m.	0.140 m
PROMEDIO		0.113 m

Nota. La altura de llenado es la diferencia de niveles de agua medida a la hora indicada.

Cálculo de Volumen: Volumen = Área * Altura

- Área base del reservorio = 32.472 m²

$$\text{Volumen} = 32.472 \text{ m}^2 * 0.113 \text{ m} = 3.653 \text{ m}^3$$

Como la lectura es cada una hora y el caudal en función al volumen sobre el tiempo, entonces:

$$Q = 3.653 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * \frac{1000}{3600} = 1.015 \text{ L/s}$$

Por tanto el caudal de entrada al reservorio de la captación “El Guayao” es **1.02 L/s**.

La Urbanización “El Porvenir” no cuenta con micromedidores tanto en el reservorio como en las conexiones domiciliarias para poder calcular el Qm, Qmh, Qmd, por tanto, se realizó un proceso para determinar los caudales y coeficientes de variación de consumo:

- Se realizó un trabajo coordinado para la apertura de válvula de control para el llenado del reservorio por el Tramo 2 y Tramo 1, y el corte de servicio de la válvula de control en la línea de aducción. Cabe recalcar que el caudal de ingreso del Tramo 1 no se vio interrumpida para la toma de datos.
- Se realizaron mediciones de descensos de nivel de agua en el reservorio cada hora, respetando el horario que ya venía manejando la JASS (con hora de apertura 6:00 am y cierre de servicio 7:00 pm). Estas mediciones se realizaron en un periodo de 4 semanas.

- Se realizó el aforo del caudal ingresante del Tramo 1 al reservorio para obtener el caudal de ingreso al reservorio.
- Los datos fueron recolectados en una hoja de campo siendo posteriormente digitalizados.
- Con los datos digitalizados y las dimensiones del reservorio del plano elaborado, se realizaron el cálculo de Q_m , Q_{mh} y Q_{md} , la cual permitió calcular los coeficientes de variación K_1 Y K_2 para la Urbanización “El Porvenir”.

Figura 27.

Lectura de medición de nivel de agua por consumo de agua.



Nota. Las lecturas se realizaron con el permiso del comité de la JASS “El Porvenir”, acorde al horario de servicio.

La tabla Excel con los datos medidos en el reservorio por medio de lecturas de descensos (ver **APÉNDICE A**), para ser luego digitalizadas en gabinete y facilitar el cálculo de volúmenes y caudales (ver **APÉNDICE B**). El registro de caudales se encuentra en el **APÉNDICE C** y el registro de volúmenes consumidos en el **APÉNDICE D**.

Tabla 12.

Ejemplo de datos procesados para el día 18.

13/02/2025	DÍA 18	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.39	0.65	0.86	0.96	1.21	1.49	1.79	1.95	2.15	2.19	2.44	2.58	2.77
		diferencia (m)	0.00	0.06	0.26	0.21	0.10	0.25	0.28	0.30	0.16	0.20	0.04	0.25	0.14	0.19
		Volumen m ³	0.00	1.95	8.44	6.82	3.25	8.12	9.09	9.74	5.20	6.49	1.30	8.12	4.55	6.17
		Caudal (L/s)	1.015	1.56	3.36	2.91	1.92	3.27	3.54	3.72	2.46	2.82	1.38	3.27	2.28	2.73

La tabla anterior contiene fecha, número del día correspondiente, hora y lecturas tomadas en campo, de igual manera presenta información calculada como la diferencia de altura, diferencia de volumen y caudal de salida, calculados de la siguiente manera:

- Lectura: Viene a ser la lectura del descenso de nivel del agua medida en metros, la cual el tirante ha variado en todos días inicial, para ello se ha ajustado en gabinete al tirante inicial de 0.33 m.
- Diferencia (m): Es ser la diferencia de altura, calculada a partir de la altura del agua menos la altura de agua anterior.

$$\text{Ejemplo: } 0.39 \text{ m} - 0.33 \text{ m} = 0.06 \text{ m}$$

- Volumen (m³): Es el volumen de agua consumida a partir de la diferencia de altura multiplicada por el Área de la base del reservorio (32.47 m²).

$$\text{Ejemplo: } 32.47 \text{ m}^2 * 0.06 \text{ m} = 1.95 \text{ m}^3$$

- Caudal (l/s): Es el caudal de salida, calculada por el método de balance de volúmenes (continuidad) debido a que el caudal sigue ingresando al reservorio durante la medición, expresada de la siguiente manera:

$$Q_{salida} = Q_{entrada} + \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Donde: ΔV = Variación de volumen ; Δt = Variación de tiempo

Sabiendo que el caudal de entrada al reservorio es de 1.015 l/s

$$\text{Ej. } 1.015 \text{ l/s} + (1.95 \text{ m}^3/\text{h} * 1000/3600) \text{ l/s} = 1.56 \text{ l/s.}$$

4.1.3.2. Cálculo de caudal medio.

Para encontrar el caudal medio (Q_m), se usó los datos del **APÉNDICE C**, la cual se aplicó la siguiente fórmula:

$$Q_m = \frac{\sum Q_i}{nQ}$$

Donde:

$\sum Q_i$ = Sumatoria de todos los caudales horarios = 742.98 l/s

nQ = Número total de registros de caudal horario = 364

Reemplazando los datos en la ecuación:

$$Q_m = \frac{742.98}{364} = 2.04 \text{ l/s}$$

Por tanto, el caudal medio (Q_m) es de **2.04 l/s**.

4.1.3.3. Cálculo de caudal máximo horario.

Del mayor descenso sabemos que es el día de mayor consumo, en este caso el día 18 se obtuvo un descenso final de 2.77, siendo el día de mayor consumo (Ver **APÉNDICE A Y C**).

Tabla 13.

Lectura del día de mayor descenso de agua.

FECHA	DÍA	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
13/02/2025	18	Lectura	0.33	0.39	0.65	0.86	0.96	1.21	1.49	1.79	1.95	2.15	2.19	2.44	2.58	2.77

Tabla 14.

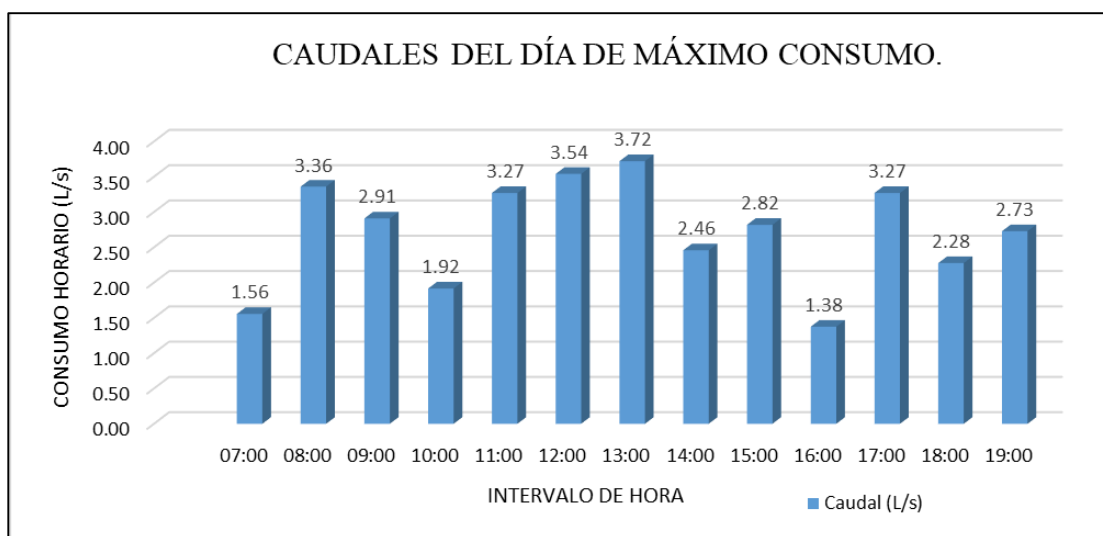
Demanda de caudal en cada hora del día de mayor consumo.

FECHA	DÍA	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
13/02/2025	18	Caudal (L/s)	1.01	1.56	3.36	2.91	1.92	3.27	3.54	3.72	2.46	2.82	1.38	3.27	2.28	2.73

Sabiendo el día de mayor consumo, obtenemos la hora de mayor consumo que fue de 12:00 pm a 13:00 pm, por lo tanto, el Caudal máximo horario **Q_{mh}** es de **3.72 l/s**.

Figura 28.

Coeficiente de máxima variación horaria o coeficiente de la hora de mayor consumo (K2).



Nota. La primera hora corresponde en el intervalo de hora 6:00 am a 7:00 am, el segundo intervalo de 7:00 am a 8:00 am y así sucesivamente.

4.1.3.4. Cálculo de coeficiente de variación horaria K2.

De la **Ecuación 6**: Coeficiente de máxima variación horaria o coeficiente de la hora de mayor consumo (K2), tenemos:

$$K2 = \frac{\text{Consumo máximo horario (Qmh)}}{\text{Consumo medio anual diario (Qp)}}$$

Reemplazando valores:

$$K2 = \frac{3.72 \text{ L/s}}{2.04 \text{ L/s}} = 1.82$$

Por lo tanto, el coeficiente de máxima variación horaria o coeficiente de la hora de mayor consumo (**K2**) para la Urbanización “El Porvenir”, es de **1.82**.

4.1.3.5. Cálculo de caudal máximo diario.

Para este cálculo, se tuvo en cuenta el día de mayor consumo, que corresponde al día 18 (Ver **APÉNDICE C**), calculada de la siguiente manera:

$$Qmd = \frac{\sum \text{Valores de } Q}{N^{\circ} \text{ de horas registradas}}$$

$$Q_{md} = \frac{35.20 \text{ L/s}}{13} = Q_{md} = 2.71 \text{ L/s}$$

Por lo tanto, el Caudal máximo diario **Qmd** es **2.71 l/s**.

4.1.3.6. Cálculo de coeficiente de variación diaria K1.

De la **Ecuación 5**: Coeficiente de máxima variación diaria o coeficiente del día de mayor consumo (K1),

$$K1 = \frac{\text{Consumo máximo diario (Qmd)}}{\text{Consumo medio anual diario (Qp)}}$$

Reemplazando valores:

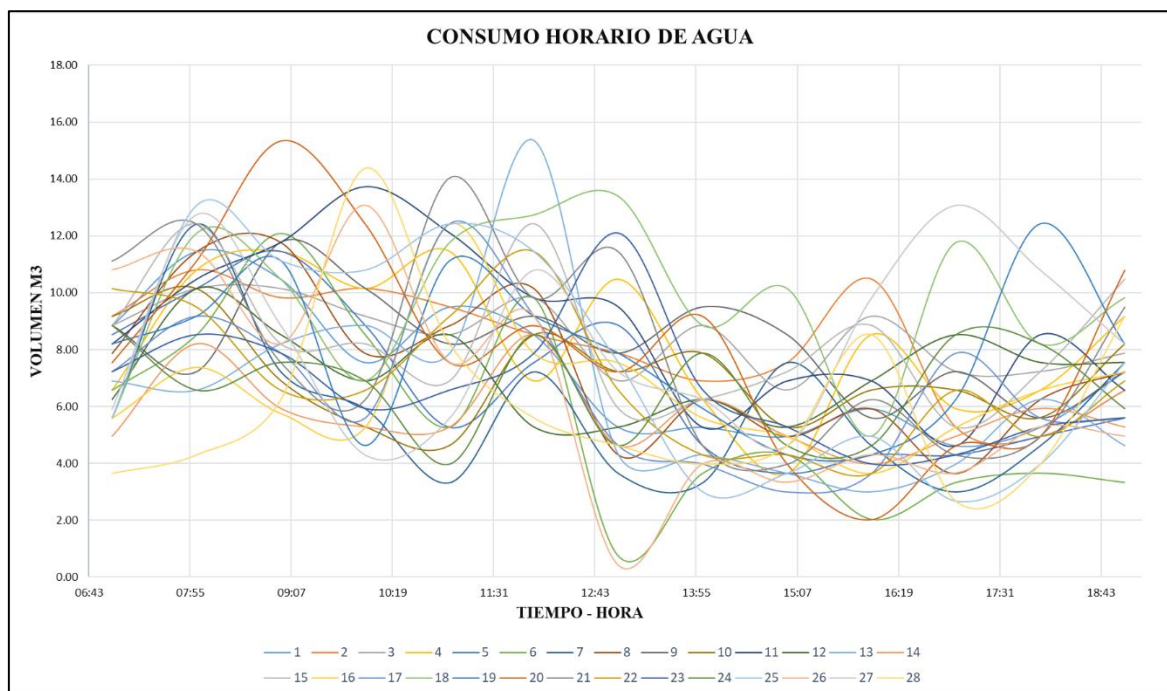
$$K1 = \frac{2.71 \text{ L/s}}{2.04 \text{ L/s}} = 1.33$$

Por lo tanto, el Coeficiente de máxima variación diaria o coeficiente del día de mayor consumo (K1), para la Urbanización “El Porvenir”, es de **1.33**.

Además, se presenta a continuación la gráfica curva masa (Ver **APÉNDICE D**).

Figura 29.

Consumo horario de agua de los 28 días de registro.



4.1.5. Estimación de los caudales y coeficientes de variación de consumo K1 y K2 en época de estiaje

El **APÉNDICE G**, presenta los aforos tomadas en la época de estiaje en ambas captaciones, la cual podemos obtener los caudales y el porcentaje ofertante correspondiente:

Tabla 15.

Caudal ofertante de las captaciones en época de estiaje.

CAPTACIÓN	CAUDAL		% OFERTANTE	
"El Guayao"	0.80	l/s	37	%
"Peje de Oro"	1.36	l/s	63	%

Debido a la ausencia de valores de demanda en la época seca, la estimación de los caudales de diseño y coeficientes de variación de consumo para la época seca se estimará con un factor de corrección planteada por otros estudios como (Ibrahim, 2021) en la cual el documenta diferencias entre estaciones y cambios en el uso del agua (del 20% al 30%) en zona urbana.

Tabla 16.

Caudales de diseño para época de estiaje.

Época del año	Caudal de diseño		Valor	Unidad
Época húmeda	Caudal Medio	Qm	2.04	l/s
	Caudal máximo diario	Qmd	2.71	l/s
	Caudal máximo horario	Qmh	3.72	l/s
Época de estiaje	Datos con factor de corrección al 20% (F = 1.20)			
	Caudal Medio	Qm	2.45	l/s
	Caudal máximo diario	Qmd	3.25	l/s
	Caudal máximo horario	Qmh	4.46	l/s
	Datos con factor de corrección al 30% (F = 1.30)			
	Caudal medio	QmS	2.65	l/s
	Caudal máximo diario	QmdS	3.52	l/s
	Caudal máximo horario	QmhS	4.84	l/s

Nota. Para los nuevos valores se multiplicó el valor por cada factor correspondiente.

Para este estudio se usó el caso más desfavorable (factor de corrección al 30%).

Tabla 17.

Caudal de diseño para cada captación.

CAPTACIÓN	%	CAUDAL DEMANDANTE POR CAPTACIÓN			
"El Guayao"	37	Caudal medio	Qm1	0.99	l/s
		Caudal máximo diario	Qmd1	1.31	l/s
		Caudal máximo horario	Qmh1	1.80	l/s
"Peje de Oro"	63	Caudal medio	Qm2	1.67	l/s
		Caudal máximo diario	Qmd2	2.21	l/s
		Caudal máximo horario	Qmh2	3.04	l/s

4.1.6. Evaluación hidráulica de los componentes del SAP

4.1.3.7. Captación "El Guayao".

A) Aforo

Para realizar el aforo, se coordinó con las tres JASS para cerrar las válvulas en los reservorios a la hora indicada, para luego hacer el respectivo aforo, misma que se realizó en el tubo de rebose de la captación. El aforo se realizó en época de lluvia considerando el método volumétrico, para ello se usó un balde pequeño de forma cilíndrica con las siguientes características:

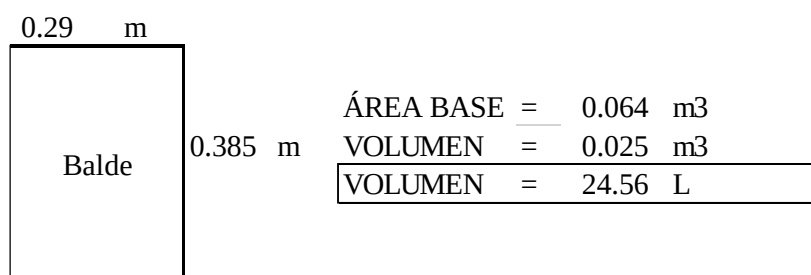


Figura 30.

Aforo de caudal en la Captación “El Guayao”.



Nota. El aforo se realizó el 17/02/2025, recolectando los siguientes datos:

Tabla 18.

Cálculo del caudal ofertante en época húmeda por el método volumétrico.

17/02/2025			
Aforo de Manantial "El Guayao"	Nº Veces	Volumen (V)	Tiempo (s)
	1	24.56	7.03
	2	24.56	7.55
	3	24.56	7.21
	4	24.56	7.12
	5	24.56	7.40
	Tiempo promedio		7.26
Caudal aforado		L/s	m3/h
		3.38	12.18

Nota. Para encontrar el caudal se aplicó la ecuación del método volumétrico: $Q = \frac{V}{t}$.

El caudal máximo ofertante del manantial “Peje de Oro”, es 3.38 L/s. Como la captación abastece de agua a 3 sistemas, el caudal ofertante para cada JASS (el caudal aforado dividido entre tres) sería de **1.13 l/s**. Al no ser un dato con exactitud, usaremos el valor mínimo aforado en el reservorio para esta línea de conducción que es de **1.02 l/s**.

B) Cámara húmeda

De las mediciones tomadas en campo y representadas digitalmente (Ver **ANEXO XIII**).

$$V = 0.68 * 0.60 * 0.70 \text{ m}^3 \rightarrow V = 0.2856 \text{ m}^3 \approx \mathbf{286 \text{ l}}$$

El Volumen de la cámara húmeda actual de la captación “El Guayao” es de **286 l**.

Teniendo en cuenta la **Ecuación 11**: Volumen de diseño de captación de manantial de ladera, verificamos el volumen de diseño de captación de manantial de ladera. La cual se debe verificar de 3 a 5 min el caudal de diseño (Qmd).

$$V = Qd * t$$

Donde:

V = Volumen de diseño (l).

$Qd1$ = Caudal de diseño (l/s) = $Qmd1 = 1.31 \text{ l/s}$ para época de estiaje (ver Tabla 16)

Verificamos que: $Qdemanda < Qmáximo$

$$Qmd1 = 1.31 \text{ l/s} > Qmáximo = 1.02 \text{ l/s}$$

Como no cumple, el valor para $Qd1 = 1.02 \text{ l/s}$.

$Qd2$ = Caudal de diseño (l/s) = $Qd2 = 3.38 \text{ l/s}$ máximo ofertante (ver Tabla 18)

t = Tiempo de verificación (s), tomaremos 3 min = 180 s.

Reemplazando valores, tenemos:

$$V1 = Qd1 * t = 1.02 \frac{\text{L}}{\text{s}} * 180 \text{ s} = \mathbf{184 \text{ L}}$$

$$V2 = Qd2 * t = 3.38 \frac{\text{L}}{\text{s}} * 180 \text{ s} = \mathbf{608 \text{ L}}$$

Por lo tanto, el dimensionamiento actual de la cámara húmeda de la captación “El Guayao” es de **286 L** siendo menor al Volumen requerido según la verificación, la cual debería tener como capacidad mínima de **608 L** para el caudal máximo ofertante. Y únicamente para este sistema debería tener un volumen de **184 L**.

C) Ancho de Pantalla de Cámara húmeda.

i. Área de tubería de entrada

Para ello se usó la **Ecuación 23**: Área de Tubería de entrada – Manantial de Ladera.

$$A = \frac{Q_{\text{máx}}}{v * Cd}$$

Donde:

A = Área de la tubería (m^2)

$Q_{\text{máx}}$ = Caudal máximo de la fuente (l/s) = 1.02 l/s $\approx 0.00102 m^3/s$ (Época húmeda),

ver **APÉNDICE F**.

v = Velocidad de paso (se asume 0.5 m/s) = 0.5 m/s

Cd = Coeficiente de descarga (0.6-0.8) = 0.6

Reemplazando valores:

$$A = \frac{0.00102}{0.5 * 0.6} = 0.0034 m^2 \approx 34 cm^2$$

ii. Diámetro de la tubería de entrada

Para ello se usó la **Ecuación 13**: Área de Tubería de entrada – Manantial de Ladera.

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

$$D = \sqrt{\frac{4 * 34}{\pi}} = 6.58 cm \approx 2.6"$$

Donde:

D = Diámetro de la tubería de ingreso (cm)

A = Área de la tubería = $34 cm^2$

iii. Número de orificios

El MVCS, recomienda usar diámetros menores o iguales a 2". Para este cálculo usaremos la **Ecuación 14**: Número de orificios, debido a que el diámetro de la tubería de ingreso supera las 2", y el diámetro actual de las 3 tuberías de entrada son de 1 1/2" (área interno de 1.1/2" = 16.40 cm²).

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

$$NA = \frac{34 \text{ cm}^2}{16.40 \text{ cm}^2} + 1 = 4$$

Por lo tanto, no cumple, ya debería tener 4 tuberías de ingreso.

Para el diseño recomendaría usar tubería de 2" con área interna de 25.61 cm².

$$NA = \frac{34 \text{ cm}^2}{25.61 \text{ cm}^2} + 1 = 3$$

por lo tanto, debería tener **3 tuberías de ingreso de 2"**.

Conociendo el número total de orificios y el diámetro de la tubería de entrada, se prosigue a calcular el ancho de la pantalla.

iv. Ancho de Pantalla

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

Donde:

b = Ancho de la pantalla (m)

D = Diámetro de tubería de ingreso (m) = 2" = 0.0060 m

NA = Número de orificios = 3

$$b = 2(6(0.0060)) + 3 * 0.0060 + 3(0.0060)(3 - 1) = 1.26 \text{ m}$$

Por lo tanto, el análisis hidráulico permite estimar un ancho de pantalla de **1.26 m**.

F) Altura Total.

Para este cálculo nos basaremos al diseño de la **Figura 3: Perfil de cámara húmeda** - Captación de Ladera, usando la **Ecuación 16: Altura total en la cámara húmeda para manantial de Ladera.**

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

Donde:

Ht = Altura total de Cámara Húmeda (m).

A = Altura que permite la sedimentación de arenas (Min. 0.10 m). = 0.10 m

B = Se considera la mitad del diámetro de la canastilla de salida. Según dato de campo, no cuenta con canastilla, por tanto, asumiremos para el diseño 2" = 0.060 m, sabiendo que el diámetro deberá ser 2 veces el diámetro de salida (4").

C = Altura de agua para que el caudal de salida de la captación pueda fluir por la tubería de conducción (Min. 0.30 m). = 0.30 m

D = Desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua de afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda (Min 0.05 m). = 0.10 m

E = Borde libre (Min. 0.30 m). = 0.30 m

$$Ht = 0.10 + 0.060 + 0.30 + 0.10 + 0.30 = 0.86$$

La altura mínima requerida para la cámara húmeda, según el análisis hidráulico, es de 0.86 m. Si bien el plano de la captación indica una altura de 0.9 m, las dimensiones generales de la estructura no se ajustan a los criterios de un diseño adecuado, lo cual podría comprometer el funcionamiento hidráulico eficiente del sistema.

G) Canastilla.

i. Diámetro de canastilla.

El diámetro de la canastilla debe ser 2 veces el diámetro de la tubería de salida = 4"

ii. Longitud de la canastilla.

Para este diseño, se usó la **Ecuación 17**: Longitud de canastilla para Manantial de Ladera.

$$3Dc < La < 6Dc$$

Donde:

La = Longitud de canastilla.

Dc = Diámetro de tubería de salida. = 2" = 0.060 m.

Como la captación no cuenta con canastilla, queda propuesta:

$$3 * 0.060 < La < 6 * 0.060$$

$$0.18 \text{ m} < La < 0.36 \text{ m}$$

Por lo tanto, la longitud recomendada para la canastilla será de **0.25 m**

iii. Área total de las ranuras (At)

Para ello usaremos la **Ecuación 18**: Área total de ranuras para Manantial de Ladera.

$$At = 2Ac$$

$$At = 2 * 25.61 \text{ cm}^2 = 51.22 \text{ cm}^2$$

Donde:

Ac = Área de la tubería de Salida. = 20.27 cm^2

Por lo tanto, el área total de las ranuras de la canastilla recomendada es de 51.22 cm^2 .

H) Tubería de rebose y limpieza.

Para este cálculo se usó la **Ecuación 19**: Diámetro de la tubería de rebose para Manantial de Ladera. Y el cálculo se define de la siguiente manera:

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

$$D = \frac{0.71 * 3.38^{0.38}}{0.015^{0.21}} = 2.72 \approx 3" \approx 0.0762 \text{ m}$$

Donde:

D = Diámetro de la tubería de rebose (Min. 0.10 m).

Q = Caudal máximo de la fuente (l/s). = 3.38 l/s

Hf = Pérdida de carga unitaria m/m, recomendado 0.015 m/m. = 0.015 m/m

Por lo tanto, la tubería de rebose actual de 4" está bien, pero si consideramos el diseño únicamente para la Urbanización "El Porvenir" consideramos un caudal máximo de 1.02 l/s.

$$D = \frac{0.71 * 1.02^{0.38}}{0.015^{0.21}} = 1.73 \approx 2" \approx 0.0508 \text{ m}$$

Como el diámetro mínimo recomendado es de 0.10 m, entonces se recomendará usar una tubería de rebose de 4".

4.1.3.8. Captación "Peje de Oro".

Se realizó el aforo en la captación considerando el método volumétrico.

Tabla 19.

Cálculo del caudal ofertante en época húmeda por el método volumétrico.

17/02/2025			
AFORO DE MANANTIAL "Peje de Oro"	Nº VECES	VOLUMEN (V)	TIEMPO (s)
	1	24.56	12.7
	2	24.56	12.6
	3	24.56	12.4
	4	24.56	12.9
	5	24.56	12.4
	Tiempo promedio		12.6
Caudal aforado		L/s	m3/h
		1.95	7.02

Nota. Para encontrar el caudal se aplicó la ecuación del método volumétrico: $Q = \frac{V}{t}$.

Por tanto, el caudal ofertado de la captación "Peje de Oro" es de **1.95 l/s**.

D) Cámara húmeda

De las mediciones tomadas en campo y representadas digitalmente (Ver **ANEXO XIII**)

$$V = 1 * 1 * 1.01 \text{ m}^3 = 1.01 \text{ m}^3 \approx \mathbf{1010 \text{ l}}$$

El Volumen de la cámara húmeda actual de la captación “El Guayao” es de **1010 L**.

Teniendo en cuenta la **Ecuación 11**: Volumen de diseño de captación de manantial de ladera, verificamos el volumen de diseño de captación de manantial de ladera. La cual se debe verificar de 3 a 5 min el caudal de diseño (Qmd).

$$V = Q * t$$

Donde:

V = Volumen de diseño (l).

$Qd1$ = Caudal de diseño (l/s) = $Qmd2 = 2.21 \text{ l/s}$ para época de estiaje (ver Tabla 16)

Verificamos que: $Qdemanda < Qmáximo$

$$Qmd2 = 2.21 \text{ l/s} > Qmáximo = 1.95 \text{ l/s}$$

Como no cumple, el valor para $Qd1 = 1.95 \text{ l/s}$.

t = Tiempo de verificación (s), tomaremos 3 min = 180 s.

Reemplazando valores, tenemos:

$$V = Qd1 * t = 1.95 \frac{\text{l}}{\text{s}} * 180 \text{ s} = \mathbf{351 \text{ l}}$$

Por lo tanto, el dimensionamiento actual de la cámara húmeda de la captación “Peje de Oro” de **1010 L** cumple, porque es menor al Volumen requerido según la verificación que corresponde a **351 L** como mínimo. A pesar de ello, no cumple hidráulicamente el desfase de diseño entre la tubería de entrada, salida y rebose.

E) Ancho de Pantalla de Cámara húmeda.

i. Área de tubería de entrada

Para ello se usó la **Ecuación 24:** Área de Tubería de entrada – Manantial de Ladera.

$$A = \frac{Q_{\text{máx}}}{v * Cd} = A = \frac{0.00195}{0.5 * 0.6} = 0.0065 \text{ m}^2 \approx 65 \text{ cm}^2$$

Donde:

A = Área de la tubería (m^2)

$Q_{\text{máx}}$ = Caudal máximo de la fuente (l/s) = 1.95 l/s $\approx 0.00195 \text{ m}^3/\text{s}$ (Época de lluvia)

v = Velocidad de paso (se asume 0.5 m/s) = 0.5 m/s

Cd = Coeficiente de descarga (0.6-0.8) = 0.6

ii. Diámetro de la tubería de entrada

Para ello se usó la **Ecuación 13:** Área de Tubería de entrada – Manantial de Ladera.

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$
$$D = \sqrt{\frac{4 * 65}{\pi}} = 9.09 \text{ cm} \approx 3.58" \approx 4"$$

Donde:

D = Diámetro de la tubería de ingreso (m)

A = Área de la tubería (m^2) = 0.0065 m^2

iii. Número de orificios

El MVCS, recomienda usar diámetros menores o iguales a 2". Para este cálculo usaremos la **Ecuación 14:** Número de orificios, debido a que el diámetro de la tubería de ingreso supera las 2", y el diámetro actual de las 5 tuberías de entrada son de 2" con área de 25.61 cm^2 .

$$NA = \frac{\text{Área del diámetro calculado}}{\text{Área del diámetro asumido}} + 1 = \frac{65 \text{ cm}^2}{25.61 \text{ cm}^2} + 1 = 3.54 \approx 4$$

Por lo tanto, según el diseño cumple con la cantidad de tubería de ingreso de 2" a la cámara, debido que actualmente cuenta con 5 tuberías de 2".

iv. Ancho de Pantalla

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

Donde:

b = Ancho de la pantalla (m)

D = Diámetro de tubería de ingreso (m) = 0.060 m

NA = Número de orificios = 4

$$b = 2(6(0.060)) + 4 * 0.060 + 3(0.060)(4 - 1) = 1.50 \text{ m}$$

Por lo tanto, el ancho de pantalla que deberá tener la cámara húmeda de la captación para la Urbanización "El Porvenir" es de **1.50 m**

F) Altura Total.

Para este cálculo nos basaremos al diseño de la **Figura 3:** Perfil de cámara húmeda - Captación de Ladera, usando la **Ecuación 16:** Altura total en la cámara húmeda para manantial de Ladera.

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

Donde:

Ht = Altura total de Cámara Húmeda (m).

A = Altura que permite la sedimentación de arenas (Min. 0.10 m). = 0.10 m

B = Se considera la mitad del diámetro de la canastilla de salida. Según dato de campo, no cuenta con canastilla, por tanto, para el diseño será 2" = 0.0508 m

C = Altura de agua para que el caudal de salida de la captación pueda fluir por la tubería de conducción (Min. 0.30 m). = 0.30 m

D = Desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua de afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda (Min 0.05 m). = 0.10 m

$E = \text{Borde libre (Min. 0.30 m).} = 0.30 \text{ m}$

$$Ht = 0.10 + 0.060 + 0.30 + 0.10 + 0.30 = 0.86$$

La altura total que debe tener la cámara húmeda como mínimo es de 0.86 m y según el plano de la captación se tiene que la altura de la cámara es de 1.39 m, pero las dimensiones no concuerdan con un buen diseño, debido a que no concuerda con el diseño propuesto.

G) Canastilla.

i. Diámetro de canastilla.

El diámetro de la canastilla debe ser 2 veces el diámetro de la tubería de salida (DC).

ii. Longitud de la canastilla.

Para este diseño, se usó la **Ecuación 17**: Longitud de canastilla para Manantial de Ladera.

$$3Dc < La < 6Dc$$

Donde:

La = Longitud de canastilla.

Dc = Diámetro de tubería de salida. = 2" = 0.0508 m.

Como la captación no cuenta con canastilla, queda propuesta:

$$3 * 0.060 < La < 6 * 0.060 = 0.18 \text{ m} < La < 0.36 \text{ m}$$

Por lo tanto, la longitud mínima para la canastilla será de **0.20 m**.

iii. Área total de las ranuras (At)

Para ello usaremos la **Ecuación 18**: Área total de ranuras para Manantial de Ladera.

$$At = 2Ac = 2 * 25.61 \text{ cm}^2 = 51.22 \text{ cm}^2$$

Donde:

Ac = Área de la tubería de Salida. = 25.61 cm^2

Por lo tanto, el área total de las ranuras de la canastilla se estima a un valor de 51.22 cm^2 .

H) Tubería de rebose y limpieza.

Para este cálculo se usó la **Ecuación 19**: Diámetro de la tubería de rebose para Manantial de Ladera. Y el cálculo se define de la siguiente manera:

$$D = \frac{0.71 * Q^{0.38}}{hf^{0.21}} = \frac{0.71 * 1.13^{0.38}}{0.015^{0.21}} = 1.8 \approx 2'' \approx 0.060 \text{ m}$$

Donde:

D = Diámetro de la tubería de rebose (Min. 0.10 m).

Q = Caudal máximo de la fuente (l/s). = 1.13 l/s

Hf = Pérdida de carga unitaria m/m, se recomienda que sea 0.015 m/m. = 0.015 m/m

Como es menor a 0.10 m, entonces se recomendará usar una tubería de rebose de **4"**.

4.1.3.9. Línea de conducción.

A) Tramo 1: Captación "El Guayao" - Reservorio

En este apartado se evalúa el diámetro de la tubería de la línea de conducción, teniendo ya los datos de consumo y para este diseño usaremos el Caudal máximo diario, pero debemos verificar. Ver Tabla 17 y APÉNDICE F, para ver los datos.

$$Q_{mdS1} < Q_{máxfuente}$$

$$Q_{mdS1} = 1.31 \text{ l/s} > Q_{máxfuente} = 1.02 \text{ l/s}, \text{ No cumple}$$

Por lo tanto, se usó el caudal máximo de la fuente en época húmeda = 1.02 l/s

$$Q_{md} = 1.02 \frac{l}{s} \approx 0.00102 \text{ m}^3/s$$

De la **Ecuación 21**: Cálculo de diámetro máximo y mínimo en línea de conducción.

A) Diámetro mínimo: Para una velocidad máxima de 3 m/s.

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v. máx}} = \sqrt{\frac{4 * 0.00102}{\pi * 3}} = 0.0208 \text{ m} = 0.81''$$

B) Diámetro máximo: Para una velocidad mínima de 0.6 m/s.

$$D_{máx} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v. mín}} = \sqrt{\frac{4 * 0.00113}{\pi * 0.6}} = 0.0465 \text{ m} = 1.92''$$

El rango del diámetro de la tubería está entre 0.81" a 1.92".

De la información recopilada en campo, se evidenció que el diámetro de tubería instalada en la línea de conducción es de 2". Por lo tanto, no cumple con el rango establecido en el diseño hidráulico, siendo adecuado para el correcto funcionamiento del sistema de 1" a 1 1/2".

B) Tramo 2: Captación “Peje de Oro” - Reservorio

En este apartado se evalúa el diámetro de la tubería de la línea de conducción, teniendo ya los datos de consumo y para este diseño usaremos el Caudal máximo diario, pero debemos verificar: Ver Tabla 17 y APÉNDICE F.

$$Q_{mdS2} < Q_{máxfuente}$$

$$Q_{mdS2} = 2.21 \text{ l/s} > Q_{máxfuente} = 1.95 \text{ l/s}, \text{ No cumple}$$

Por lo tanto, se usó el caudal máximo de la fuente en época húmeda = 1.95 l/s

$$Q_{md} = 1.95 \frac{\text{l}}{\text{s}} \approx 0.00195 \text{ m}^3/\text{s}$$

De la **Ecuación 21**: Cálculo de diámetro máximo y mínimo en línea de conducción, verificamos:

C) Diámetro mínimo: Para una velocidad máxima de 3 m/s.

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V_{máx}}} = \sqrt{\frac{4 * 0.00195}{\pi * 3}} = 0.0288 \text{ m} = 1.13"$$

D) Diámetro máximo: Para una velocidad mínima de 0.6 m/s.

$$D_{máx} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V_{min}}} = \sqrt{\frac{4 * 0.00195}{\pi * 0.6}} = 0.0909 \text{ m} = 3.58"$$

De la información recopilada en campo, se evidenció que el diámetro de tubería instalada en la línea de conducción es de 2". Por lo tanto, si cumple con el rango establecido en el diseño hidráulico, siendo adecuado para el correcto funcionamiento del sistema de 1.1/2" a 3".

A continuación, se presenta la evaluación hidráulica de las líneas de conducción, a partir de los datos recolectados en campo, como elevaciones, diámetros de tubería, material, longitud, demanda, así mismo, se muestra el cálculo de las pérdidas de carga por fricción como las presiones.

Tabla 20.

Pérdidas por carga y presión de llegada en las líneas de conducción.

Líneas de Conducción	TRAMO		Cota 1	Cota 2	Longitud (3D) (m)	Diámetro (mm)	Material	Darcy-Weisbach e (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
	Start Node	Stop Node								
TRAMO 1	CAPTACIÓN 1	RESERVORIO	2,705.39	2,679.47	486.5	60	PVC-U	0.005	1.13	0.400
TRAMO 2	CPTACIÓN 2	RESERVORIO	2,694.72	2,682.29	262.8	60	PVC-U	0.005	1.95	0.690

Líneas de Conducción	TRAMO		Reynolds	Factor de fricción (f)	Pérdidas por fricción (hf) (m)	Minor Loss Coefficient (Local)	Pérdidas por accesorios (m)	Pérdida de carga total	Gradiente hidráulica (m/m)	Nivel piezométrico de llegada	PRESIÓN (m.c.a)
	Start Node	Stop Node									
TRAMO 1	CAPTACIÓN 1	RESERVORIO	23883.8	0.0249	1.646	1	0.78345	2.429	0.00499	2,702.96	23.49
TRAMO 2	CPTACIÓN 2	RESERVORIO	41215.42	0.0220	2.336	1	2.333047	4.669	0.01777	2,690.05	7.76

Nota. El método utilizado para el cálculo es la ecuación de Darcy y Weisbach.

De la tabla anterior, deducimos que el Tramo 1 no cumple con la velocidad establecida por estar debajo de 0.6 m/s, y el Tramo 2 si cumple.

4.1.3.10. Reservorio “El Porvenir”.

Del valor calculado del Caudal máximo diario (Qmd), podemos calcular el volumen referencial para este reservorio. Del **ANEXO XIII** se obtiene el volumen de almacenamiento del reservorio de forma cilíndrica, según sus dimensiones tenemos:

$$Volumen\ Reservorio = A * H = 32.47 * 2.42 = 78.58\ m^3$$

Donde:

$$A = \text{Área de la base del reservorio} = 32.47\ m^2$$

$$H = \text{Tirante o altura total de agua útil} = 2.57 - 0.15 = 2.42\ m$$

(La altura útil está desde 0.15 m sobre la tubería de salida.)

Entonces, el volumen del Reservorio “El Porvenir”, es de **80 m³**.

A continuación, comprobamos el volumen de diseño referencial, sabiendo que el volumen de almacenamiento debe ser del 25% de la demanda diaria promedio (Q_m) para un suministro continuo y un 30% para un suministro discontinuo.

$$V_{\text{útil}} = 25\% * Q_m S + V_{\text{reserva}} + V_{C.I}$$

Donde:

$V_{\text{almac.}}$ = volumen de almacenamiento.

$$Q_m S = 2.65 \frac{L}{s} \approx 228.96 \text{ m}^3/d$$

$$V_{\text{reserva}} = \text{volumen de reserva} = 2 \text{ h} * Q_m S = 2 \text{ h} * \left(\frac{2.65 * 3600}{1000} \right) = 19.08 \text{ m}^3$$

$V_{C.I}$ = Volumen Contra Incendio = 0 (Proyección rural menor a 2000 Hab))

Reemplazando:

$$- \quad V_{\text{útil}} = 0.25 * 228.96 + 19.08 = 76.32 \text{ m}^3 \cong 80 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, el volumen del reservorio actual de **80 m³** cumple con el volumen requerido de **80 m³**, considerando el 25% del Caudal medio diario.

El diámetro de la tubería de limpieza debe ser vaciado en 2 horas tal y como indica el MVCS, Por tanto, se verifica a continuación:

$$A_0 = \frac{2 * S * \sqrt{h}}{C_d * T * \sqrt{2g}}$$

$$A_0 = \frac{2 * 32.47 * \sqrt{2.60}}{0.6 * 7200 * \sqrt{2 * 9.81}} = 0.005472 \text{ m}^2 = 54.72 \text{ cm}^2$$

Donde:

$$T = \text{Tiempo de descarga (s)} = 2 \text{ h} = 7200 \text{ s}$$

$$S = \text{Área superficial de tanque} = 32.47 \text{ m}^2$$

$$h = \text{Carga hidráulica sobre la tubería} = 2.60 \text{ m}$$

$$C_d = \text{Coeficiente de contracción (0.6 a 0.65)} = 0.6$$

$$g = \text{aceleración de la gravedad} = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$A_0 = \text{Área del orificio de desague (m}^2\text{)}$$

El diámetro de la tubería con respecto al área, se calcula:

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 54.72}{\pi}} = 8.35 \text{ cm} \approx 3.29" \approx 4"$$

La evaluación hidráulica indica que el diámetro óptimo para la tubería de limpieza es de 4". Por lo tanto, el componente evaluado cumple con el diseño hidráulico recomendado.

El diámetro de la tubería de rebose es diseñado hidráulicamente a partir de la fórmula general de orificios, empleando la siguiente fórmula:

$$Q = C_d * A * \sqrt{2 * h * g}$$

Donde:

$$Q = \text{Caudal máximo diario } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) = 3.52 \frac{\text{L}}{\text{s}} = 0.00352 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$C_d = \text{Coeficiente de contracción (0.6)} = 0.6$$

$$h = \text{Carga hidráulica sobre la tubería} = 2.60 \text{ m}$$

$$g = \text{aceleración de la gravedad} = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$A = \text{Área del orificio de desagüe (m}^2\text{)}$$

$$A = \frac{Q}{0.6 * \sqrt{2 * h * g}} = \frac{0.00352}{0.6 * \sqrt{2 * 2.60 * 9.81}} = 0.00082 \text{ m}^2$$

$$A = 0.00082 \text{ m}^2 = 8.2 \text{ cm}^2$$

El diámetro de la tubería con respecto al área, se calcula:

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 8.2}{\pi}} = 3.23 \text{ cm} \approx 2"$$

La evaluación hidráulica determinó que el diámetro adecuado para la tubería de rebose es de 2", por lo tanto, la tubería instalada cumple con el diseño hidráulico.

- Volumen de regulación y curva masa

Tabla 21.

Datos de Oferta y demanda para determinar la curva masa.

HORA		DEMANDA (época húmeda) (m ³)	OFERTA (época húmeda) (m ³)	DEMANDA ACUMULADA	OFERTA ACUMULADA	Diferencia Of-Dem (m ³)
0:00	1:00	0.00	5.28	0.00	5.28	5.28
1:00	2:00	0.00	5.28	0.00	10.56	10.56
2:00	3:00	0.00	5.28	0.00	15.84	15.84
3:00	4:00	0.00	5.28	0.00	21.12	21.12
4:00	5:00	0.00	5.28	0.00	26.40	26.40
5:00	6:00	0.00	5.28	0.00	31.68	31.68
6:00	7:00	5.60	5.28	5.60	36.96	31.36
7:00	8:00	12.10	5.28	17.70	42.24	24.54
8:00	9:00	10.47	5.28	28.17	47.52	19.35
9:00	10:00	6.90	5.28	35.07	52.80	17.73
10:00	11:00	11.77	5.28	46.84	58.08	11.24
11:00	12:00	12.75	5.28	59.59	63.36	3.77
12:00	13:00	13.39	5.28	72.98	68.64	-4.34
13:00	14:00	8.85	5.28	81.83	73.92	-7.91
14:00	15:00	10.15	5.28	91.98	79.20	-12.78
15:00	16:00	4.95	5.28	96.93	84.48	-12.45
16:00	17:00	11.77	5.28	108.70	89.76	-18.94
17:00	18:00	8.20	5.28	116.90	95.04	-21.86
18:00	19:00	9.82	5.28	126.72	100.32	-26.40
19:00	20:00	0.00	5.28	126.72	105.60	-21.12
20:00	21:00	0.00	5.28	126.72	110.88	-15.84
21:00	22:00	0.00	5.28	126.72	116.16	-10.56
22:00	23:00	0.00	5.28	126.72	121.44	-5.28
23:00	0:00	0.00	5.28	126.72	126.72	0.00
SUMA		126.72	126.72			
		Excedente =		Mayor de los positivos =		31.68
		Déficit =		Menor de los negativos =		-26.40

- Volumen de Regulación (m^3) = $\text{abs}(\text{Excedente}) + \text{abs}(\text{Déficit})$

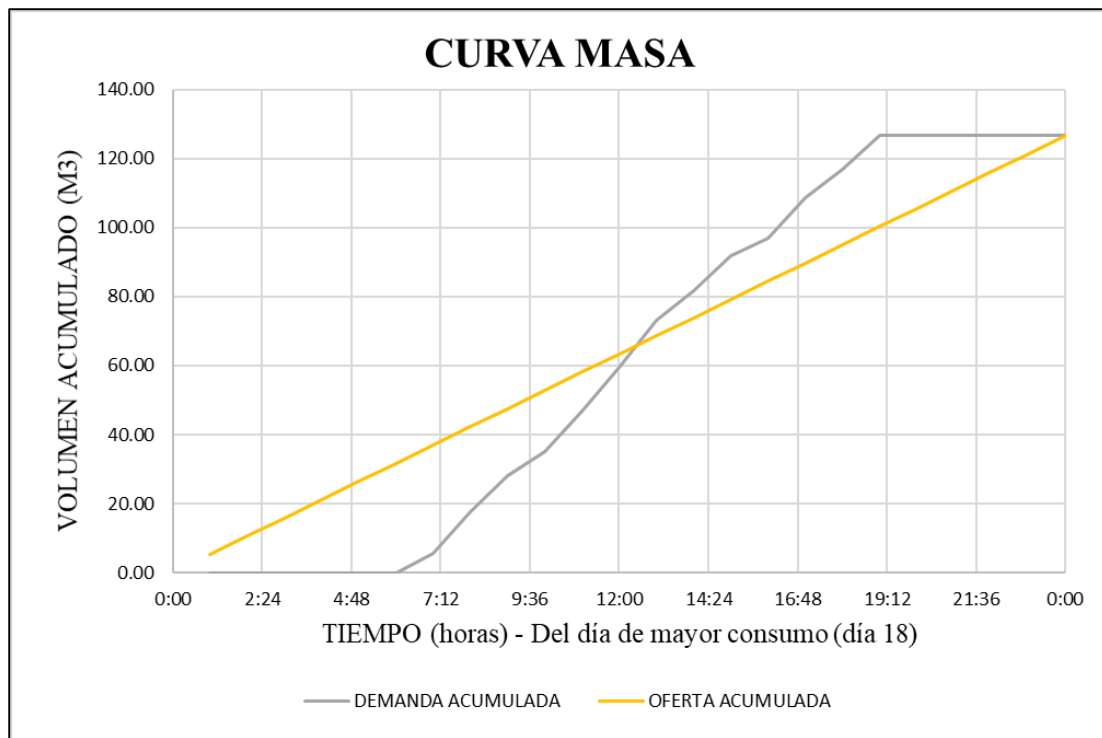
$$V_{\text{reg}} = 31.68 + 26.4 = 58.08 \text{ m}^3$$

- El porcentaje de regulación (%) = $V_{\text{reg}} * \frac{100}{\text{Demanda } m^3}$

$$\text{El porcentaje de regulación (\%)} = 58.08 \text{ m}^3 * \frac{100}{126.72 \text{ m}^3} = 45.84 \%$$

Figura 31.

CURVA MASA - De oferta y demanda del día de mayor consumo.



Podemos calcular el Volumen de reservorio teniendo en cuenta el volumen de regulación (V_{reg}) para una proyección rural (<2000 Hab).

$$V_{\text{útil}} = V_{reg} + V_{reserva} + VC.I$$

Donde:

$V_{\text{útil}}$ = Volumen de almacenamiento útil.

$$V_{reg} = 58.08 \text{ m}^3$$

$$V_{reserva} = 2 \text{ h} * Q_m = 2 \text{ h} * \left(5.28 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) = 10.56 \text{ m}^3$$

$VC.I$ = Volumen Contra Incendio = 0 (Proyección rural menor a 2000 Hab)

Reemplazando:

$$- \quad V_{\text{útil}} = 58.08 + 10.56 = 68.64 \text{ m}^3 \cong 70 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, el volumen del reservorio actual de **80 m³**, cumple con el volumen requerido de **70 m³** teniendo en cuenta el volumen de regulación.

4.1.3.11.Redes de distribución.

Para el análisis y discusión de este apartado, se apoya en el Reglamento de la RM 192-2018. Norma Técnica de Diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural (MVCS, 2018).

Para esta evaluación se detallará en el apartado de Modelamiento hidráulico, misma que se centrará en simular el comportamiento del sistema usando el software WaterCAD/GEMS, encargada de realizar cálculos hidráulicos a partir de los datos recolectados en campo para este estudio.

4.1.7. Modelado y simulación hidráulica - WaterCAD/GEMS

El modelamiento hidráulico del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano de la Urbanización El Porvenir se realizó utilizando el Software Especializado WaterCAD, desarrollado por Bentley Systems. Este modelado tuvo como finalidad representar de manera detallada y precisa el comportamiento hidráulico de la red existente, con base en la información recolectada durante el trabajo de campo y gabinete.

Para la simulación hidráulica se eligió como método de cálculo la ecuación de Darcy-Weisbach, debido a la precisión que ofrece al trabajar con diámetros pequeños, como los presentes en la red de distribución.

Los datos ingresados en el modelo incluyeron:

- Topología de la red, obtenida mediante el levantamiento topográfico. Misma que fue cargada en formato DXF.
- Los diámetros reales de las tuberías, verificados in situ.
- Las elevaciones de nodos y estructuras como Reservorio y válvulas fueron asignadas partir del plano de curvas de nivel misma que fue cargada en formato LandXML, ya que permite exactitud en las elevaciones para los nodos.

- Las conexiones domiciliarias y su ubicación fueron representadas como Customer Meter, la cual se asignó su respectivo caudal unitario determinado a partir del Qmh y la cantidad exacta de conexiones domiciliarias. Así mismo, se ingresó los parámetros hidráulicos iniciales en la opción de Analysis - Options - Base Calculation Options.

Tabla 22.

WaterCAD - Ingreso de parámetros hidráulicos iniciales.

PARÁMETROS HIDRÁULICOS INICIALES	
<i>Método de fricción</i>	Darcy - Weisbach
<i>Tipo de análisis</i>	Estático
<i>Gravedad específica</i>	0.998
<i>Temperatura del agua</i>	20°C
<i>Viscosidad cinemática</i>	1.004×10^{-6}

Se asignó el nivel de carga en el punto de alimentación principal (Reservorio “El Porvenir”), y las características del sistema en condiciones normales de operación como la longitud de la tubería en 3D y las unidades en el Sistema Internacional (SI).

Se asume un coeficiente de rugosidad inicial de “e” = 0.015, y se omite las pérdidas locales, considerando “K” = 0.

El método seleccionado en LoadBuilder para procesar los datos de demanda fue por tubería más cercana (Nearest Pipe) en el apartado de Customer Meter Load Data.

Una vez configurado el modelo, se procedió a su ejecución (Simulación), lo que permitió obtener valores de presión, velocidad de flujo, caudales por tramo y pérdidas de carga. Estos resultados constituyen la base para la evaluación de la eficiencia hidráulica del sistema, así como para la identificación de deficiencias o zonas críticas dentro de la red.

La siguiente tabla, contiene el cálculo de caudal y velocidad por tramo para cada tubería en la red desde el reservorio hasta el nodo final, ordenada de acuerdo al valor de la velocidad en forma ascendente.

Tabla 23.

Cálculo de Caudal y Velocidad en las tuberías de la red por tramo.

Label	TRAMO		Longitud (3D) (m)	Diámetro (mm)	Material	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Darcy-Weisbach e (mm)
	Start Node	Stop Node						
T-ADUC 2"	RESERV	J-1	226.39	60	PVC-U	4.84	1.712	0.0015
T-RED 2"	J-1	J-2	74.69	60	PVC-U	3.831667	1.355	0.0015
T-RED 2"	J-5	J-6	91.33	60	PVC-U	0.974722	0.345	0.0015
T-RED 2"	J-2	J-5	96.47	60	PVC-U	2.554444	0.903	0.0015
T-RED-2"	J-1	J-11	2.34	60	PVC-U	0.873889	0.309	0.0015
T-RED 2"(1)	J-6	FCV-1	28.2	60	PVC-U	0.436944	0.155	0.0015
T-RED 2"(2)	FCV-1	J-3	169.76	60	PVC-U	0.436944	0.155	0.0015
T-RED-1"	J-2	J-12	5.54	33	PVC-U	0.974722	1.14	0.0015
T-RED-1"	J-12	J-13	18.02	33	PVC-U	0.806667	0.943	0.0015
T-RED-1"	J-14	J-15	19.1	33	PVC-U	0.100833	0.118	0.0015
T-RED-1"	J-17	J-16	19.97	33	PVC-U	0.100833	0.118	0.0015
T-RED-1"	J-23	J-22	40.77	33	PVC-U	0.100833	0.118	0.0015
T-RED-1"	J-12	J-28	58.33	33	PVC-U	0.100833	0.118	0.0015
T-RED-1"	J-17	J-29	58.25	33	PVC-U	0.168056	0.196	0.0015
T-RED-1"	J-26	J-20	59.67	33	PVC-U	0.268889	0.314	0.0015
T-RED-1"	J-5	J-17	76.33	33	PVC-U	0.739444	0.865	0.0015
T-RED-1"	J-6	J-14	77.26	33	PVC-U	0.403333	0.472	0.0015
T-RED-1"	J-33	J-34	83.82	33	PVC-U	0.134444	0.157	0.0015
T-RED-1"	J-14	J-7	91.78	33	PVC-U	0.268889	0.314	0.0015
T-RED-1"	J-17	J-33	92.26	33	PVC-U	0.201667	0.236	0.0015
T-RED-1"	J-3	J-36	162.29	33	PVC-U	0.100833	0.118	0.0015
T-RED-1"	J-3	J-37	204.4	33	PVC-U	0.134444	0.157	0.0015
T-RED-1"	J-5	J-23	212.67	33	PVC-U	0.369722	0.432	0.0015
T-RED-1"	J-13	J-30	228.85	33	PVC-U	0.134444	0.157	0.0015
T-RED-1"(1)	FCV-2	J-26	82.91	33	PVC-U	0.705833	0.825	0.0015
T-RED-1"(2)	J-11	FCV-2	12.48	33	PVC-U	0.705833	0.825	0.0015
T-RED-3/4"	J-3	J-4	85.56	26.5	PVC-U	0.100833	0.183	0.0015
T-RED-3/4"	J-11	J-24	41.18	26.5	PVC-U	0.134444	0.244	0.0015
T-RED-3/4"	J-30	J-31	67.34	26.5	PVC-U	0.067222	0.122	0.0015
T-RED-3/4"	J-13	J-38	209.28	26.5	PVC-U	0.168056	0.305	0.0015
T-RED-1/2"	J-7	J-8	15.3	21	PVC-U	0.168056	0.485	0.0015
T-RED-1/2"	J-8	J-9	93.16	21	PVC-U	0.067222	0.194	0.0015
T-RED-1/2"	J-8	J-10	113.86	21	PVC-U	0.100833	0.291	0.0015
T-RED-1/2"	J-18	J-19	27.54	21	PVC-U	0.100833	0.291	0.0015
T-RED-1/2"	J-20	J-21	39.88	21	PVC-U	0.100833	0.291	0.0015
T-RED-1/2"	J-19	J-25	41.32	21	PVC-U	0.100833	0.291	0.0015
T-RED-1/2"	J-26	J-27	50.9	21	PVC-U	0.134444	0.388	0.0015
T-RED-1/2"	J-26	J-32	90.08	21	PVC-U	0.100833	0.291	0.0015
T-RED-1/2"	J-7	J-35	89.02	21	PVC-U	0.067222	0.194	0.0015
T-RED-3/4	J-20	J-18	64.82	21	PVC-U	0.100833	0.291	0.0015

Nota. Las tuberías están representadas por una "T" y los nodos están representados con una "J".

A continuación, se presenta la tabla con los valores de presiones en cada Nodo, calculadas mediante la simulación hidráulica. Para esta primera simulación se usó el valor del coeficiente de rugosidad para tubería de PVC = 0.0015, la cual será calibrada con los valores de las presiones tomadas en campo.

Tabla 24.*Reporte de presiones en la Red en cada nodo (WaterCAD).*

Label	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a)
J-1	2,624.70	0.1344	2,672.19	47.39
J-2	2,626.67	0.3025	2,670.00	43.25
J-3	2,616.42	0.1008	2,668.26	51.74
J-4	2,616.06	0.1008	2,668.05	51.89
J-5	2,620.21	0.4706	2,668.63	48.32
J-6	2,617.89	0.1344	2,668.39	50.4
J-7	2,616.77	0.0336	2,667.23	50.36
J-8	2,616.50	0.0000	2,666.96	50.36
J-9	2,615.73	0.0672	2,666.61	50.78
J-10	2,616.22	0.1008	2,666.12	49.8
J-11	2,625.36	0.0336	2,672.19	46.73
J-12	2,626.95	0.0672	2,669.75	42.71
J-13	2,626.32	0.5042	2,669.17	42.77
J-14	2,616.79	0.0336	2,667.66	50.77
J-15	2,617.65	0.1008	2,667.64	49.89
J-16	2,619.10	0.1008	2,666.51	47.32
J-17	2,618.91	0.2689	2,666.53	47.53
J-18	2,620.94	0.0000	2,669.01	47.98
J-19	2,620.35	0.0000	2,668.80	48.36
J-20	2,622.06	0.0672	2,669.48	47.32
J-21	2,625.88	0.1008	2,669.19	43.22
J-22	2,623.34	0.1008	2,666.86	43.43
J-23	2,623.06	0.2689	2,666.89	43.74
J-24	2,620.11	0.1344	2,672.02	51.81
J-25	2,618.48	0.1008	2,668.50	49.92
J-26	2,621.88	0.2017	2,669.76	47.79
J-27	2,619.17	0.1344	2,669.15	49.88
J-28	2,639.20	0.1008	2,669.70	30.44
J-29	2,617.94	0.1681	2,666.41	48.37
J-30	2,630.32	0.0672	2,668.85	38.45
J-31	2,629.83	0.0672	2,668.78	38.87
J-32	2,626.48	0.1008	2,669.10	42.53
J-33	2,617.59	0.0672	2,666.27	48.58
J-34	2,617.12	0.1344	2,666.15	48.93
J-35	2,616.89	0.0672	2,666.90	49.91
J-36	2,615.03	0.1008	2,668.12	52.99
J-37	2,617.95	0.1344	2,667.97	49.92
J-38	2,624.17	0.1681	2,667.94	43.68

De acuerdo a la tabla anterior, la presión máxima en la red es de 52.99 m.c.a, mientras que la presión mínima es de 30.44 m.c.a. Esto indica que las presiones en la red se encuentran dentro del rango establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), misma que indica que para una población urbana la presión mínima deberá ser 10 m.c.a y 60 m.c.a como máximo. Pero los valores anteriores no están calibrados, por tanto, se presenta a continuación la calibración de la red de agua para consumo humano.

4.1.3.12. Calibración.

Para la calibración, se consideró la toma de presiones en 4 viviendas, esto en consideración a la forma que tiene el sistema y el criterio técnico. Instalada los manómetros en las 4 viviendas se hizo las lecturas mediante fotografías para el registro de evidencia. Se realizó la lectura en varias horas para luego tener un criterio y tomar de una hora las lecturas de mayor precisión. De la misma forma se verificó con un personal el nivel de agua en el reservorio.

La hora de lectura de las presiones que se usó corresponde a las 2:00 pm (Ver **APÉNDICE H**) por criterio de ser una hora con menor consumo.

El porcentaje de Error, es calculada por la fórmula del margen de error porcentual:

$$Error \% = \left(\frac{Presión\ real - Presión\ Simulada}{Presión\ real} \right) * 100$$

Tabla 25.

Presiones en campo y en la simulación.

NODO	PRESIÓN EN SIMULACIÓN (PSI)	PRESIÓN EN CAMPO (PSI)	PRESIÓN EN CAMPO (m.c.a)	% ERROR
J-31	39.92	51	35.86	11.3%
J-20	47.24	36	25.32	86.6%
J-37	49.91	12	8.44	491.4%
J-10	49.8	66	46.41	7.3%

Nota. La calibración se realizó en base a la presión tomada en estos nodos

Hazen y Williams se calibra teniendo en cuenta el Coeficiente “C”, para Darcy Weisbach el coeficiente de rugosidad influyó de manera considerable en la calibración, además se incluyó las pérdidas locales “K”, por tanto, ajustaremos el coeficiente de rugosidad para calibrar el sistema lo más próximo a la realidad y poder dar una propuesta a partir de la calibración de la red existente.

Para realizar la calibración es necesario realizar correcciones como por ejemplo sentido del flujo, como también caudales negativos.

La calibración se ajustó hasta aproximar los valores a un margen de error menor al 5%. El valor ajustado para la calibración fue la rugosidad relativa “e” de 0.007 mm que es un valor estimado para tuberías antiguas. Además, se consideró para cada tramo el valor “K” = 3 que corresponde a las pérdidas locales o pérdidas secundarias.

Tabla 26.

Primera Calibración de presiones con valores de campo.

NODO	PRESIÓN CALIBRADA (PSI)	PRESIÓN EN CAMPO (PSI)	PRESIÓN EN CAMPO (m.c.a)	% ERROR
J-31	37.48	51	35.86	4.5%
J-20	46.06	36	25.32	81.9%
J-37	48.64	12	8.44	476.4%
J-10	48.32	66	46.41	4.3%

Calibrando los valores más cercanos a la realidad, interpretamos que el Nodo 33 y el Nodo 10 se aproximan a la realidad, pero los nodos 21 y 39 están muy lejos de lograr una correcta calibración, por tanto, podemos deducir que las válvulas de paso para esas zonas están reguladas, o exista la presencia de materia orgánica que interrumpa el flujo y por ende la presión.

4.1.3.13.Segunda Calibración.

Para la segunda calibración, se ajustará el caudal de paso en las válvulas FCV (Flow Control Valve), FCV 1 (se encuentra en el tramo J-6 a J-3) y FCV 2 (Se encuentra entre e tramos J-11 a J-28), hasta aproximar por prueba y error las presiones de la primera calibración que no cumplieron. A continuación, se presentan los caudales iniciales y los caudales ajustados para cada válvula.

Tabla 27.

Control de caudal en FCV para Segunda Calibración.

VÁLVULA	NODO afectado	Diámetro (mm)	Diámetro (plg)	CAUDAL (L/s)	CAUDAL CALIBRADO (L/s)	% Regulado
VÁLVULA 1	J-37	60	2"	0.436944	0.436907	0.008%
VÁLVULA 2	J-20	33	1"	0.705833	0.705814	0.003%

Nota. Se muestra en la tabla una secuencia de datos procesados.

La tabla anterior es un indicador de las válvulas están parcialmente cerradas u obstruidas.

A continuación, se presenta el resultado de la Segunda calibración para los nodos estudiados.

Tabla 28.

Segunda Calibración.

NODO	PRESIÓN CALIBRADA (PSI)	PRESIÓN EN CAMPO (PSI)	PRESIÓN EN CAMPO (m.c.a)	ERROR +-5%
J-31	37.43	51	35.86	4.4%
J-20	25.54	36	25.32	0.9%
J-37	8.41	12	8.44	-0.3%
J-10	48.42	66	46.41	4.3%

Nota. Las lecturas de presiones fueron registraron en unidades de PSI.

Con la Segunda calibración se logró cumplir el rango de Error para las presiones que fueron medidas en campo. A continuación, se presentan la simulación a partir de la calibración.

Tabla 29.

Caudales y velocidades en la RED, después de la Calibración.

Label	TRAMO		Longitud (3D) (m)	Diámetro (mm)	Material	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Darcy-Weisbach e (mm)	Reynolds	Factor de fricción (f)	Pérdidas por fricción (hf) (m)
	Start Node	Stop Node									
T-ADUC 2"	RESERV	J-1	226.39	60	PVC-U	4.8400	1.71	0.007	102310.8	0.0185	10.407
T-RED 2"	J-1	J-2	74.69	60	PVC-U	3.8317	1.36	0.007	80976.10	0.0193	2.247
T-RED 2"	J-5	J-6	91.33	60	PVC-U	0.9747	0.35	0.007	20617.53	0.0259	0.239
T-RED 2"	J-2	J-5	96.47	60	PVC-U	2.5544	0.90	0.007	53964.14	0.0209	1.398
T-RED-2"	J-1	J-11	2.34	60	PVC-U	0.8739	0.31	0.007	18466.14	0.0266	0.005
T-RED 2"(1)	J-6	Válvula 1	28.2	60	PVC-U	0.4369	0.16	0.007	9262.95	0.0318	0.018
T-RED 2"(2)	Válvula 1	J-3	169.76	60	PVC-U	0.4369	0.16	0.007	9262.95	0.0318	0.110
T-RED-1"	J-2	J-12	5.54	33	PVC-U	0.9747	1.14	0.007	37470.12	0.0229	0.254
T-RED-1"	J-12	J-13	18.02	33	PVC-U	0.8067	0.94	0.007	30995.02	0.0238	0.590
T-RED-1"	J-14	J-15	19.1	33	PVC-U	0.1008	0.12	0.007	3878.49	0.0412	0.017
T-RED-1"	J-17	J-16	19.97	33	PVC-U	0.1008	0.12	0.007	3878.49	0.0412	0.018
T-RED-1"	J-23	J-22	40.77	33	PVC-U	0.1008	0.12	0.007	3878.49	0.0412	0.036
T-RED-1"	J-12	J-28	58.33	33	PVC-U	0.1008	0.12	0.007	3878.49	0.0412	0.052
T-RED-1"	J-17	J-29	58.25	33	PVC-U	0.1681	0.20	0.007	6442.23	0.0354	0.123
T-RED-1"	J-26	J-20	59.67	33	PVC-U	0.2689	0.31	0.007	10320.72	0.0311	0.283
T-RED-1"	J-5	J-17	76.33	33	PVC-U	0.7394	0.87	0.007	28431.27	0.0243	2.141
T-RED-1"	J-6	J-14	77.26	33	PVC-U	0.4033	0.47	0.007	15513.94	0.0280	0.743
T-RED-1"	J-33	J-34	83.82	33	PVC-U	0.1344	0.16	0.007	5160.36	0.0378	0.121
T-RED-1"	J-14	J-7	91.78	33	PVC-U	0.2689	0.31	0.007	10320.72	0.0311	0.435
T-RED-1"	J-17	J-33	92.26	33	PVC-U	0.2017	0.24	0.007	7756.97	0.0336	0.266
T-RED-1"	J-3	J-36	162.29	33	PVC-U	0.1008	0.12	0.007	3878.49	0.0412	0.144
T-RED-1"	J-3	J-37	204.4	33	PVC-U	0.1344	0.16	0.007	5160.36	0.0378	0.295
T-RED-1"	J-5	J-23	212.67	33	PVC-U	0.3697	0.43	0.007	14199.20	0.0286	1.757
T-RED-1"	J-13	J-30	228.85	33	PVC-U	0.1344	0.16	0.007	5160.36	0.0378	0.330
T-RED-1"(1)	Válvula 2	J-26	82.91	33	PVC-U	0.7058	0.83	0.007	27116.53	0.0246	2.142
T-RED-1"(2)	J-11	Válvula 2	12.48	33	PVC-U	0.7058	0.83	0.007	27116.53	0.0246	0.322
T-RED-3/4"	J-3	J-4	85.56	26.5	PVC-U	0.1008	0.18	0.007	4830.18	0.0386	0.212
T-RED-3/4"	J-11	J-24	41.18	26.5	PVC-U	0.1344	0.24	0.007	6440.24	0.0355	0.167
T-RED-3/4"	J-30	J-31	67.34	26.5	PVC-U	0.0672	0.12	0.007	3220.12	0.0437	0.084
T-RED-3/4"	J-13	J-38	209.28	26.5	PVC-U	0.1681	0.31	0.007	8050.30	0.0333	1.245
T-RED-1/2"	J-7	J-8	15.3	21	PVC-U	0.1681	0.49	0.007	10144.42	0.0314	0.275
T-RED-1/2"	J-8	J-9	93.16	21	PVC-U	0.0672	0.19	0.007	4057.77	0.0408	0.347
T-RED-1/2"	J-8	J-10	113.86	21	PVC-U	0.1008	0.29	0.007	6086.65	0.0361	0.847
T-RED-1/2"	J-18	J-19	27.54	21	PVC-U	0.1008	0.29	0.007	6086.65	0.0361	0.205
T-RED-1/2"	J-20	J-21	39.88	21	PVC-U	0.1008	0.29	0.007	6086.65	0.0361	0.296
T-RED-1/2"	J-19	J-25	41.32	21	PVC-U	0.1008	0.29	0.007	6086.65	0.0361	0.307
T-RED-1/2"	J-26	J-27	50.9	21	PVC-U	0.1344	0.39	0.007	8115.54	0.0334	0.621
T-RED-1/2"	J-26	J-32	90.08	21	PVC-U	0.1008	0.29	0.007	6086.65	0.0361	0.670
T-RED-1/2"	J-7	J-35	89.02	21	PVC-U	0.0672	0.19	0.007	4057.77	0.0408	0.332
T-RED-3/4	J-20	J-18	64.82	21	PVC-U	0.1008	0.29	0.007	6086.65	0.0361	0.482

Fuente: Reporte de la simulación en el Software WaterCAD.

Nota. El 43 % de los tramos cumple con las velocidades, y el 57 % de tramos, no cumple.

Los resultados del reporte de Caudales y velocidades a partir de la calibración, muestra el valor de una velocidad máxima de 1.71 m/s, y velocidades bajas como 0.12 y 0.16 m/s (de color naranja). De acuerdo a la normativa, las velocidades en las tuberías deber estar entre 0.6 m/s y 3 m/s y en ningún caso menos de 0.3 m/s, para evitar la sedimentación. Por lo tanto, debería de instalarse válvulas de purga en los tramos con velocidades bajas.

Tabla 30.*Presiones a partir de la Calibración.*

Label	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a)
J-1	2,624.70	0.1344	2,671.44	46.65
J-2	2,626.67	0.3025	2,668.91	42.16
J-3	2,616.42	0.1008	2,626.68	10.23
J-4	2,616.06	0.1008	2,626.46	10.38
J-5	2,620.21	0.4706	2,667.39	47.08
J-6	2,617.89	0.1344	2,667.13	49.15
J-7	2,616.77	0.0336	2,665.91	49.04
J-8	2,616.50	0.0000	2,665.60	49.00
J-9	2,615.73	0.0672	2,665.24	49.42
J-10	2,616.22	0.1008	2,664.74	48.42
J-11	2,625.36	0.0336	2,671.42	45.97
J-12	2,626.95	0.0672	2,668.46	41.42
J-13	2,626.32	0.5042	2,667.73	41.33
J-14	2,616.79	0.0336	2,666.36	49.47
J-15	2,617.65	0.1008	2,666.34	48.59
J-16	2,619.10	0.1008	2,665.12	45.92
J-17	2,618.91	0.2689	2,665.14	46.14
J-18	2,620.94	0.0000	2,647.16	26.17
J-19	2,620.35	0.0000	2,646.94	26.54
J-20	2,622.06	0.0672	2,647.65	25.54
J-21	2,625.88	0.1008	2,647.34	21.42
J-22	2,623.34	0.1008	2,665.57	42.14
J-23	2,623.06	0.2689	2,665.61	42.46
J-24	2,620.11	0.1344	2,671.24	51.03
J-25	2,618.48	0.1008	2,646.62	28.08
J-26	2,621.88	0.2017	2,647.95	26.02
J-27	2,619.17	0.1344	2,647.31	28.08
J-28	2,639.20	0.1008	2,668.41	29.15
J-29	2,617.94	0.1681	2,665.01	46.97
J-30	2,630.32	0.0672	2,667.40	37.00
J-31	2,629.83	0.0672	2,667.33	37.43
J-32	2,626.48	0.1008	2,647.27	20.74
J-33	2,617.59	0.0672	2,664.86	47.18
J-34	2,617.12	0.1344	2,664.74	47.52
J-35	2,616.89	0.0672	2,665.57	48.58
J-36	2,615.03	0.1008	2,626.53	11.48
J-37	2,617.95	0.1344	2,626.38	8.41
J-38	2,624.17	0.1681	2,666.48	42.22

Fuente: Reporte de la simulación en el Software WaterCAD.

Los nodos J-18, J-18 y J-19, no tienen demanda, ya que no existen conexiones domiciliarias en las proximidades.

Realizada la calibración obtenemos cambios en los valores, ahora con los nuevos valores ajustados a la realidad se obtuvo una presión mínima de 8.41 m.c.a (Color naranja), y una presión máxima de 51.03 m.c.a (color verde) en la red de distribución, tal y como se muestran en la tabla anterior.

4.1.8. Evaluación de la calidad del agua mediante los parámetros físico-químico (cloro residual, pH, turbidez), bacteriológico (Coliformes Termotolerantes o fecales) y metales totales.

Para evaluar la calidad del agua para consumo humano del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano de la Urbanización El Porvenir de la JASS “El Porvenir”, se hizo uso de los Límites Máximos Permisibles (LMP) del Decreto Supremo N° 031-2010-SA para comparar los valores resultantes de los parámetros, para ello se usó la tabla Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica (Tabla 8) y Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos (Tabla 9).

En el **ANEXO V** se puede apreciar los valores de metales totales, que según normativa existen varios metales totales que se encuentran dentro de los LMP, pero otros no. En cuanto a los parámetros microbiológicos no cumplen con la normativa.

Los resultados muestran que, si bien el pH y la turbiedad están dentro de los límites permitidos, el cloro residual es insuficiente y nulo. Además, se detectó la presencia de coliformes totales, coliformes fecales y Escherichia Coli, la cual indica contaminación bacteriológica que puede causar diarreas severas e infecciones gastrointestinales.

A continuación, se muestra los resultados brindados por la Red III de Salud de Celendín y el Laboratorio Regional del Agua:

Tabla 31.

Resultados de calidad de agua del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano de la Urbanización El Porvenir.

Resultados fisicoquímicos				
PARÁMETRO	RED DE SALUD	L.R.A	Límite según D.S. 031-2010-SA	CUMPLE
pH	6.82	7.82	6.5-8.5	SI
Cloro residual Libre (mg/L)	0.07	0	0.5-1.5	NO
Turbiedad (NTU)	1.5	0.33	≤ 5 NTU	SI
Resultados microbiológicos				
Coliformes Totales (NMP/100 mL)	<200	23	0	NO
Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	3	-	0	NO
Escherichia Coli (NMP/100mL)	-	3.6	0	NO
Resultado de Metales Totales				
PARÁMETRO	Resultados del Laboratorio Regional del Agua		Límite según D.S. 031-2010-SA	CUMPLE
Bario (Ba) (mg/L)	0.024		0.004	NO
Calcio (Ca) (mg/L)	49.45		0.124	NO
Potasio (K) (mg/L)	0.328		0.051	NO
Magnesio (Mg) (mg/L)	6.238		0.019	NO
Sodio (Na) (mg/L)	2.261		0.026	NO
Azufre (S) (mg/L)	1.557		0.091	NO
Silicio (Si) (mg/L)	4.616		0.104	NO
Estroncio (Sr) (mg/L)	0.329		0.003	NO
Sílice (SiO₂)	9.874		0.223	NO

Fuente: (RED DE SALUD CELENDÍN, 2025) Y (Ensayo de Laboratorio, 2025).

NTU = Unidad Nefelométrica de Turbiedad.

NMP = Número Más Probable.

Respecto a los metales totales presentes en el agua, concentraciones elevadas de bario pueden afectar el sistema nervioso y cardiovascular, el estroncio en exceso puede alterar el desarrollo óseo, especialmente en niños, y el sodio elevado puede resultar riesgoso en personas con hipertensión arterial. Asimismo, concentraciones elevadas de Calcio, Magnesio, Silicio y Sílice pueden favorecer la formación de cálculos renales.

Por lo tanto, el agua consumida por la población de la JASS el Porvenir no cumple con los estándares de calidad establecidos por la normativa peruana para consumo humano.

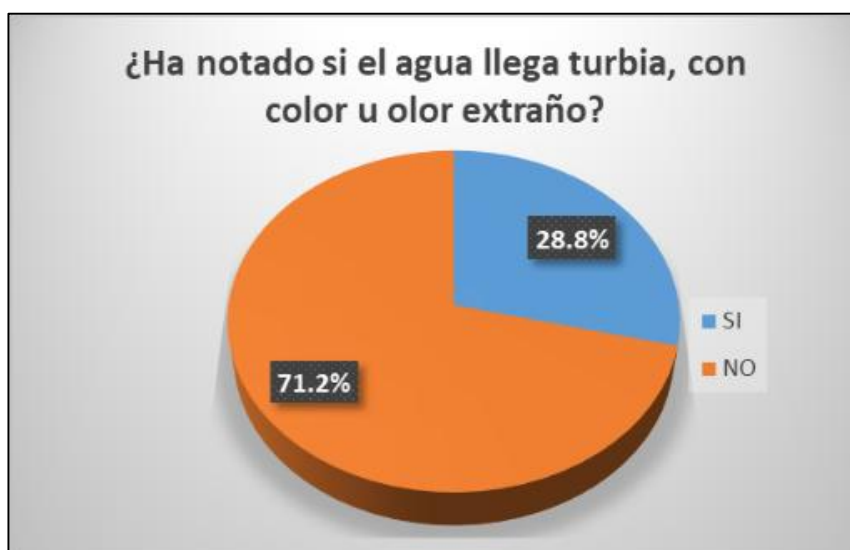
A continuación, se presenta los resultados obtenidos de las preguntas relacionadas a la calidad del agua, obtenidas de la ficha de encuesta (ver **APÉNDICE O Y P**) aplicadas en la población. Los resultados fueron de importancia para la toma de decisiones y el aporte de información útil al estudio.

- **Apariencia visual del agua (transparente).**

La Ficha de encuesta evidencia que la mayoría de los usuarios no percibe el agua con turbidez, color u olor extraño o inusual. Sin embargo, una minoría señala haber observado estas características en determinadas ocasiones, posiblemente asociadas a labores de mantenimiento, limpieza o desinfección del reservorio y las captaciones.

Figura 32.

Percepción organoléptica del agua.



- **Cloración del agua y mantenimiento del sistema.**

Se puede observar que la mayoría logra percibir el cloro en el agua, pero mencionaron por ocasiones en los días que realizan la cloración del agua en el sistema (el personal del ATM de Celendín). Sin embargo, un porcentaje considerable no logra percibir el cloro en el agua.

Figura 33.

Cloración del agua en el sistema.

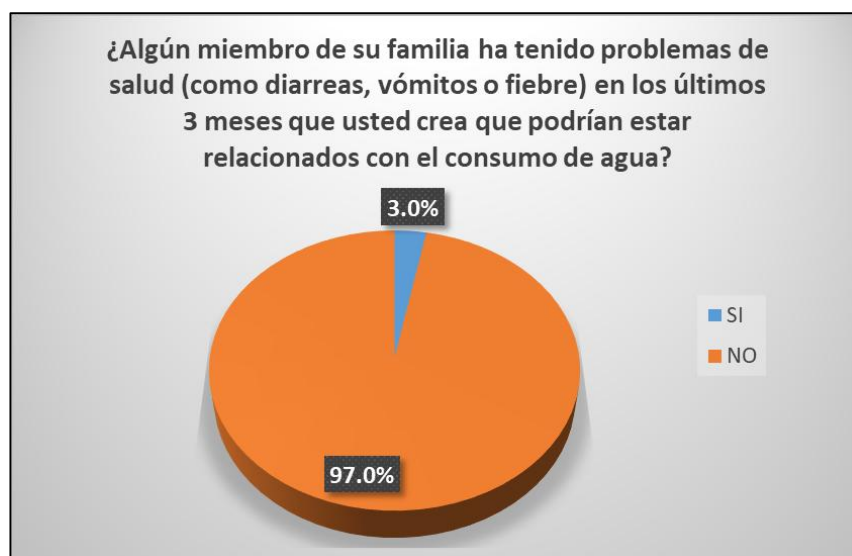


- **Problemas de salud relacionadas con el consumo de agua.**

En la siguiente figura se observa que la mayoría de los encuestados afirmó no haber experimentado, ni ellos ni sus familiares, problemas de salud como diarrea, vómitos o fiebre que pudieran estar relacionados con el consumo de agua. En contraste, un porcentaje muy reducido reconoció haber presentado enfermedades posiblemente vinculadas al agua suministrada por el sistema.

Figura 34.

Problemas de salud relacionados con el consumo de agua



4.1.9. Propuesta de soluciones técnicas de diseño

4.1.3.14. Población y caudal de diseño.

A partir de las encuestas (muestra de 66 usuarios), se ha obtenido la información que la densidad poblacional de la Urbanización El Porvenir es de 3.3 Hab/vivienda.

Para la propuesta, se consideró una densidad de 4 Hab/vivienda. La población de diseño está propuesta para un periodo de 20 años (2030-2050), considerando el número actual de habitantes:

$$144 * 4 = 576 \cong 600 \text{ hab.}$$

Tabla 32.

Población registrada en Censos Nacionales - Celendín.

AÑO	POBLACIÓN
2007	24623
2017	28005

Fuente: (INEI)

Para calcular la población futura, es necesario calcular la tasa de crecimiento censal y la proyección del método aritmético como propone la RM N° 192-2018-VIVIENDA.

i. Tasa de Crecimiento censal anual (r).

Para ello usaremos la **Ecuación 2**

$$r\% = \left(\left(\frac{P_u}{P_a} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) * 100 = \left(\left(\frac{28005}{24623} \right)^{\frac{1}{10}} - 1 \right) * 100 = \mathbf{1.295\% \text{ anual.}}$$

ii. Método Aritmético.

Para ello usaremos la **Ecuación 1**

$$P_d = P_u \left(1 + \frac{r\% * t}{100} \right) = 600 \left(1 + \frac{1.295 * 20}{100} \right) = 755.4 \cong \mathbf{756 \text{ Hab.}}$$

iii. Tasa de Crecimiento geométrico anual (r).

Para ello usaremos la **Ecuación 4**

$$r = \frac{(t_u - t_a) \sqrt{\frac{P_u}{P_a}}}{\sqrt{\frac{28005}{24623}}} = \frac{(2017 - 2007) \sqrt{\frac{28005}{24623}}}{\sqrt{\frac{28005}{24623}}} = \mathbf{1.01295}$$

$$r\% = \left(\frac{(t_u - t_a) \sqrt{\frac{P_u}{P_a}}}{\sqrt{\frac{28005}{24623}}} - 1 \right) * 100 = 1.295 \% \text{ anual.}$$

iv. Método Geométrico (Exponencial)

Para ello usaremos la **Ecuación 3**

$$P_d = P_u * r^{(t_u - t_a)} = 600 * \mathbf{1.01295^{(20)}} = 776.09 \cong \mathbf{777 \text{ Hab.}}$$

Promediando el cálculo de población de diseño:

$$\frac{\mathbf{756 \text{ Hab.} + 777 \text{ Hab.}}}{2} = \mathbf{767 \text{ Hab.}}$$

Por lo tanto, la propuesta de población de diseño para el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano de la Urbanización “El Porvenir” es de **800 Hab.** Para un periodo de 20 años (2030-2050).

Los caudales de diseño para esta población futura serán:

$$QmSf = QmS * \frac{P_f}{P_a} = 2.65 * \frac{800}{576} = 3.68 \text{ l/s.}$$

$$QmdSf = QmdS * \frac{P_f}{P_a} = 3.52 * \frac{800}{576} = 4.89 \text{ l/s.}$$

$$QmhSf = QmhS * \frac{P_f}{P_a} = 4.84 * \frac{800}{576} = 6.72 \text{ l/s.}$$

Dado a la demanda futura Qmd de 4.89 l/s y el caudal ofertante de 2.97 l/s que dispone la JASS el porvenir, se propone la captación de un nuevo manantial con un caudal ofertante de 2 l/s como mínimo para poder cubrir la demanda de agua para la población futura de 800 habitantes.

Las propuestas se alinearon a los criterios establecidos por el RNE y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). De la cual se formularon las siguientes propuestas para cada componente, en función de los problemas identificados:

4.1.3.15. Captación "El Guayao".

- **Problema identificado:** La captación actual brinda agua a 3 JASS a partir de una única cámara húmeda, además presenta deficiencias en su dimensionamiento careciendo además de componentes importantes como una cámara de válvulas, canastilla.
- **Solución propuesta:** Construir una nueva captación propia para la JASS “El Porvenir”, con el dimensionamiento hidráulico acorde a la demanda máxima del sistema. Realizar una Zanja de coronación e implementar un mantenimiento periódico al cerco perimétrico y a la zanja de coronación

La propuesta está en base a la norma, misma que recomienda ser diseñada para la temporada de lluvia. En este estudio se estimó un Caudal ofertante máximo de 1.02 l/s. A continuación, se presenta el dimensionamiento propuesto de cámara húmeda para la JASS El Porvenir.

Tabla 33.

Dimensionamiento propuesto para la captación "El Guayao".

DIMENSIONES DE CAPTACIÓN	MEDIDA	UNIDAD
Volumen mínimo de Cámara Húmeda.	0.200	m3
Diámetro de tubería de entrada	2	Pulgadas
Número de tuberías de entrada	3	Unidades
Ancho de Pantalla	1.26	m
Altura total mínima	0.86	m
Diámetro de canastilla	4	Pulgadas
Longitud mínima de canastilla	20	cm2
Área total de ranuras de canastilla	52	cm2
Diámetro de Tubería de rebose y limpieza	4	Pulgadas

4.1.3.16. Captación "Peje de Oro".

- **Problema identificado:** Infraestructura antigua, deficiencias en su dimensionamiento y carencias de componentes importantes como una cámara de válvulas y una canastilla en la tubería de salida (línea de conducción)
- **Solución propuesta:** Construir una nueva captación con un correcto dimensionamiento hidráulico. Implementar una zanja de coronación y un cerco perimétrico, e implementar un mantenimiento continuo del sistema. A continuación, se presenta el dimensionamiento propuesto para la captación "Peje de Oro", para un caudal máximo ofertante de 2 l/s.

Tabla 34.*Dimensionamiento propuesto para la Captación "Peje de Oro".*

DIMENSIONES DE CAPTACIÓN	MEDIDA	UNIDAD
Volumen mínimo de Cámara Húmeda.	0.355	m3
Diámetro de tubería de entrada	2	Pulgadas
Número de tuberías de entrada	4	Unidades
Ancho de Pantalla	1.5	m
Altura total mínima	0.86	m
Diámetro de canastilla	4	Pulgadas
Longitud mínima de canastilla	20	cm2
Área total de ranuras de canastilla	52	cm2
Diámetro de Tubería de rebose y limpieza	4	Pulgadas

4.1.3.17.Línea de conducción.

- **Problema identificado:** Obstrucción del paso de agua por material orgánico como raíces en el Tramo 2. La tubería del Tramo 2, ingresa por la parte superior del reservorio y la tubería del tramo 1, ingresa por la cámara de válvulas del reservorio.
- **Solución propuesta:** Instalar filtros en las tuberías de salida en ambas captaciones. Implementar una cámara de reunión de caudales en el reservorio.

Reubicar la tubería de ingreso en el extremo opuesto a la tubería de salida. En base a la evaluación hidráulica, el diseño se rige en la velocidad del flujo en la tubería, por tanto, el dimensionamiento propuesto para la línea de conducción del Tramo 1 y Tramo 2 se presenta a continuación:

Tabla 35.*Diámetros propuestos para la línea de conducción.*

TRAMO	1	2
Diámetro mínimo	1"	1.1/2"
Diámetro máximo	1.1/2"	3"

4.1.3.18. Reservorio “El Porvenir”.

- **Problema identificado:** Estructura con presencia de grietas en la losa superior, deficiente de accesibilidad, sistema de cloración no operativo.
- **Solución propuesta:** Reparación estructural (sellado de fisuras y repintado) al actual reservorio, instalación de una escalera metálica fija de acceso, implementación de un sistema de cloración con dosificación controlada, la instalación de un medidor de caudal que permitan la lectura de datos tal y como se recomienda en la RM N° 192-2018-VIVIENDA.

Para el Caudal máximo diario futuro propuesto de 4.89 l/s a un periodo de 20 años, se propone a continuación un nuevo diseño de reservorio.

$$V_{almac.} = 30\% * Q_m + V_{reserva} + VC.I$$

Donde:

$V_{almac.}$ = volumen de almacenamiento útil

$$Q_m = 3.68 \frac{l}{s} \approx 317.95 m^3/día$$

$$V_{reserva} = \text{volumen de reserva} = 1 \text{ hora} * Q_m = 1 * \left(\frac{3.68 * 3600}{1000} \right) = 13.25 m^3$$

$VC.I$ = Volumen Contra Incendio = 0 (Proyección rural)

Reemplazando:

$$V_{almac.} = 0.30 * 317.95 + 17.6 = 112.69 m^3 \cong 115 m^3$$

Por lo tanto, el volumen del reservorio propuesto para una población futura de 800 habitantes y un caudal demandante promedio futuro de 3.68 l/s, es de 115 m³.

4.1.3.19. Aducción y Red de distribución.

A) Línea de aducción.

- **Problema identificado:** Válvula de paso no cuenta con una caja de protección.
- **Solución propuesta:** Proteger la Válvula de paso con una caja de protección de concreto u otros materiales.

B) Red de distribución

- **Problema identificado:** Presiones elevadas en ciertos nodos y velocidades menores al mínimo recomendado en varios tramos.
- **Solución propuesta:** Instalación de válvulas de purga en los tramos con velocidades muy bajas, y el redimensionamiento de tramos con diámetros insuficientes para asegurar velocidades entre 0.6 y 3.0 m/s. Otra propuesta es diseñar una red cerrada para este sistema, debido a al tipo de red existente, ya que es recomendada por especialistas.

En el **ANEXO XV**, se muestra el diseño de una nueva Red de distribución propuesta para la urbanización El Porvenir. Para ello se calculó la población futura y demanda futura para la propuesta de la red de agua para consumo humano.

C) Conexiones domiciliarias

- **Problema identificado:** Varias conexiones domiciliarias en mal estado con pequeñas fugas en las válvulas, sin protección de una caja de concreto, y ausencia de micromedidores.
- **Solución propuesta:** Reemplazo de accesorios dañados, instalación de cajas de concreto estandarizadas, y propuesta de instalación de micromedidores para control y eficiencia del consumo.

4.1.3.20. Calidad del agua

- **Problema identificado:** Cloro residual por debajo del mínimo requerido y presencia de coliformes fecales en el análisis bacteriológico.
- **Solución propuesta:** Implementación de un sistema de cloración efectivo con monitoreo continuo, capacitando al personal de la JASS en la limpieza y mantenimiento de los componentes, dosificación de cloro y desinfección de los componentes del sistema de agua para consumo humano. Y a los usuarios asociados implementar la educación sanitaria.

4.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación fueron contrastados con los antecedentes teóricos previamente expuestos, a fin de identificar coincidencias, divergencias y posibles explicaciones desde el enfoque técnico.

Además, los resultados presentan coincidencias importantes con los antecedentes teóricos y estudios previos realizados en contextos similares. Es de importancia mencionar que, los hallazgos fortalecen la necesidad de implementar soluciones técnicas sostenibles para garantizar la eficiencia, calidad y continuidad del servicio de agua para consumo humano en la Urbanización El Porvenir.

La caracterización urbanística de la urbanización El Porvenir, permitió comprender que la deficiencia del sistema de agua para consumo humano puede ser afectado no solo por los elementos técnicos de la infraestructura, sino también a la dinámica espacial, social, y ambiental de la urbanización.

Respecto a la identificación y descripción del estado físico del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano, se encontró que varios componentes presentan deterioro físico, y deficiencias operativas. Esta situación coincide con lo reportado por Albarrán (2019), quien concluye que los sistemas de agua de Bellavista y San Sebastián se encontraban en un estado medio desarrollado, con problemas como válvulas en mal estado, presiones elevadas, ausencia de micromedición y deficiencias en el mantenimiento. De tal forma que este y muchos antecedentes más refuerzan el hallazgo de que el sistema de la JASS “El Porvenir” requiere intervención estructural.

En relación con la continuidad del servicio, se evidenció una marcada diferencia entre la temporada de lluvias, en la que los usuarios reciben agua durante las 24 horas del día, y la época de estiaje, en la que el servicio se limita incluso hasta 2 horas al día.

Esta situación refleja una dependencia estacional del sistema, y se asemeja a lo reportado en el Plan Regional de Saneamiento de Cajamarca (2022), el cual indica que muchas zonas rurales presentan una continuidad del servicio inferior a las 12 horas diarias, especialmente en temporada seca.

En cuanto a la estimación de los caudales y coeficientes de variación de consumo K1 y K2, los valores obtenidos evidencian fluctuaciones significativas en el uso del recurso, especialmente en horas punta. Este comportamiento es respaldado por Rodríguez Ruiz (2001) y Narváez Aranda (2021), quienes destacan la importancia de considerar estos coeficientes en el diseño hidráulico para evitar sobrepresiones o insuficiencias de caudal. La existencia de consumos concentrados en ciertos periodos del día es un patrón común en sistemas rurales, lo que valida el enfoque metodológico adoptado.

En cuanto a la evaluación hidráulica de los componentes del Sistema de Agua para consumo humano Permitió evidenciar que los principales componentes del sistema de agua para consumo humano presentan deficiencias hidráulicas significativas que impiden un servicio eficiente y continuo. Los componentes actuales fueron comparados directamente con la normativa vigente la cual sustenta la necesidad de replantear el diseño de las captaciones, a fin de garantizar una operación adecuada del sistema de agua para consumo humano la JASS “El Porvenir”, asimismo se identificaron deficiencias a nivel estructural como funcional, los resultados evidenciaron además que el reservorio y las captaciones no cumple con varios criterios de diseño establecidos por la RM N°. 2192-2018-Vivienda,

Respecto a la calidad del agua, el análisis de laboratorio reveló un nivel de cloro residual muy por debajo del mínimo establecido por la normativa nacional, así como la presencia de coliformes fecales, indicadores claros de una desinfección deficiente. Estos resultados concuerdan con lo descrito por Porras Novillo (2024) y Huamán Lapa (2023), quienes detectaron problemas bacteriológicos y de cloración en diversos sistemas rurales,

atribuidos principalmente a la falta de mantenimiento y control técnico. Asimismo, el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N.º 031-2010-SA) establece que el agua debe estar libre de coliformes y contar con cloro residual libre no menor a 0.5 mg/L, valores que no se cumplen en el presente sistema. En cuanto a metales totales los resultados indican que el agua no es apta para consumo humano directo sin tratamiento previo, siendo necesario implementar procesos específicos para la remoción de metales y un control permanente de la calidad del agua.

Finalmente, en relación al modelado hidráulico, los resultados mostraron deficiencias en la presión y velocidades por debajo del rango óptimo en algunos tramos de la red. Este resultado es comparable con los hallazgos de Santos Chumacero (2023), quien reportó presiones fuera de rango y velocidades inadecuadas en redes rurales sin adecuada sectorización. Asimismo, Silva y Zumaran (2023) identificaron ineficiencias similares en la distribución de agua potable antes de implementar válvulas de control y mejoras estructurales. Estas coincidencias reafirman que el uso de software como WaterCAD permite identificar de forma precisa los puntos críticos del sistema y sustentar técnicamente las propuestas de mejora.

4.3. EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA

A continuación, se presenta la evaluación del funcionamiento hidráulico del sistema de agua para consumo humano de la urbanización El Porvenir:

Tabla 36.

Tabla del funcionamiento hidráulico del sistema de agua.

EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO							
CATEGORÍA	Nº	INDICADOR	VALOR OBTENIDO	RANGO NORMATIVO EFICIENTE	FUENTE	CUMPLE	ÍNDICE PARCIAL (0-1)
Parámetros hidráulicos	1	Coeficiente de Variación diaria	1.33	1.3	NORMA OS.100	SI	1
	2	Coeficiente de Variación horaria	1.82	1.8 - 2.5	NORMA OS.100	SI	1
	3	Caudal en estiaje	3.08 L/s	> Qmd	NORMA OS.070	SI	1
	4	Caudal en lluvia	2.16 L/s	> Qmd	NORMA OS.070	NO	0
Continuidad	5	Continuidad del servicio en estiaje (h/día)	2 a 4 h al día	≥ 22 h (ideal) / ≥16 h (mínimo aceptable)	SUNASS, PNSR	NO	0
	6	Continuidad del servicio en lluvia (h/día)	24 h al día	≥ 22 h (ideal) / ≥16 h (mínimo aceptable)	SUNASS, PNSR	SI	1
Infraestructura hidráulica	7	Antigüedad de Captación "Peje de Oro".	29 Años	≤ 20 años	MVCS (2018), NORMA TÉCNICA DE DISEÑO	NO	0
	8	Antigüedad de Captación "El Guayao".	15 Años	≤ 20 años	MVCS (2018), NORMA TÉCNICA DE DISEÑO	SI	1
	9	Antigüedad de Reservorio "El Porvenir"	15 Años	≤ 20 años	MVCS (2018), NORMA TÉCNICA DE DISEÑO	SI	1
	10	Antigüedad de tubería - RED	62% CUMPLE	≤ 20 años	MVCS (2018), NORMA TÉCNICA DE DISEÑO	NO	0.62
	11	Antigüedad Conducción y Aducción	15 Años	≤ 20 años	MVCS (2018), NORMA TÉCNICA DE DISEÑO	SI	1
	12	Dimensionamiento hidráulico de la captación "El Guayao"	17% CUMPLE		RM N° 192-2018-VIVIENDA	NO	0.17
	13	Dimensionamiento hidráulico de la línea de conducción "TRAMO 1"	33% CUMPLE		RM N° 192-2018-VIVIENDA	SI	0.33

CATEGORÍA	N°	INDICADOR	VALOR OBTENIDO	RANGO NORMATIVO EFICIENTE	FUENTE	CUMPLE	ÍNDICE PARCIAL (0-1)
Infraestructura hidráulica	14	dimensionamiento hidráulico de la captación "Peje de Oro"	33% CUMPLE		RM N° 192-2018-VIVIENDA	NO	0.33
	15	Dimensionamiento hidráulico de la línea de conducción "TRAMO 2"	67 % CUMPLE		RM N° 192-2018-VIVIENDA	SI	0.67
	16	Dimensionamiento hidráulico de la captación "RESERVORIO"	80 % CUMPLE		RM N° 192-2018-VIVIENDA	SI	0.80
	17	Conexiones domiciliarias	68% En buen estado		SUNASS	SI	0.68
Modelado Hidráulico	18	Presiones mínima en la RED (m.c.a)	8.41	> 10 m.c.a	RM N° 192-2018-VIVIENDA	NO	0
	19	Presiones máxima en la RED (m.c.a)	51.03	< 60 m.c.a	RM N° 192-2018-VIVIENDA	SI	1
	20	Velocidad en red (m/s) (TRAMOS)	43% CUMPLE	0.60 – 3.0 m/s	RM N° 192-2018-VIVIENDA	NO	0.43
	21	Diámetro mínimo de red (mm)	21 mm	≥ 25 mm	NORMA OS.070	NO	0
Calidad del agua para consumo humano	22	Cloro residual libre (mg/L)	0.07 mg/L	0.5 – 1.5 mg/L	D.S. N° 031-2010-SA	NO	0
	23	Turbidez (NTU)	2.36 NTU	≤ 5 NTU	D.S. N° 031-2010-SA	SI	1
	24	pH	6.98	6.5 – 8.5	D.S. N° 031-2010-SA	SI	1
	25	Coliformes fecales (UFC/100 ml)	22 UFC/100 ml	0 UFC/100 ml	D.S. N° 031-2010-SA	NO	0

La tabla anterior muestra los datos medidos y estimados en campo, mismas que han sido evaluada por medio de fichas y procesadas en gabinete (Ver **APÉNDICE Q**), y demás información está en la evaluación hidráulica del sistema de agua para consumo humano. Esta recopilación de datos ha sido presentada para cada categoría y evaluada según rango normativo.

Para evaluar el funcionamiento hidráulico, entendida como el desempeño integral del sistema de agua para consumo humano, se empleó una metodología basada en el enfoque del Índice Global de Sustentabilidad Hídrica (IGSH) propuesto por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Este enfoque utiliza una escala normalizada entre 0 y 1 que permite clasificar el nivel de eficiencia del sistema en rangos cualitativos.

La metodología aplicada fue la siguiente:

- A cada indicador evaluado se le asignó un valor binario o proporcional: 1.00 cuando cumple la normativa y 0.00 cuando no cumple. En aquellos indicadores expresados en porcentaje de cumplimiento, se tomó dicho valor como decimal (ejemplo: 62 % = 0.62).
- El Índice Global de Funcionamiento se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$IGF = \frac{\sum \text{Índices parciales}}{N^{\circ} \text{ total de indicadores}} = \frac{14.03}{25} = 0.56$$

Por tanto, el IGF obtenido es **0.56** (equivalente al 56 %), lo que indica que aproximadamente la mitad de los parámetros evaluados cumplen con la normativa peruana, pero según la evaluación de funcionamiento se determina de la siguiente manera:

Tabla 37.

Clasificación cualitativa del Índice de funcionamiento.

Índice de funcionamiento	
BUENO - EFICIENTE	≥ 0.82
REGULAR	$0.58 < (\text{índice}) < 0.82$
MALO - DEFICIENTE	≤ 0.58

Fuente: (CONAGUA, 2014,p. 90)

El índice global de funcionamiento hidráulico adoptado al sistema es del 0.56 %. Bajo el umbral adoptado (Bueno ≥ 0.82 ; Regular 0.58–0.82; Malo ≤ 0.58), este valor clasifica el funcionamiento hidráulico del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano de la urbanización El Porvenir de la ciudad de Celendín como **MALO**, por lo tanto incumple con los criterios establecidos por la RM N° 192-2018 VIVIENDA, DS N° 031-2010-SA, y otras normativas sucedáneas.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se concluye que el funcionamiento hidráulico del sistema de agua para consumo humano de la urbanización El Porvenir incumple con los criterios establecidos por la RM N° 192-2018 VIVIENDA, DS N° 031-2010-SA, y otras normativas sucesivas, tal y como se muestra en la evaluación del funcionamiento del sistema de agua (Ver Tabla 36). La evaluación hidráulica permitió realizar la formulación de propuestas de mejora y soluciones técnicas para garantizar un abastecimiento seguro y un buen funcionamiento conforme a la normativa vigente.

- En relación a la caracterización urbanística, se logró describir la ubicación, vías de acceso, servicios públicos, ocupación principal de la población, la tipología de las viviendas y también la parte ambiental como lo es el clima.
- Respecto al levantamiento topográfico, se logró identificar con precisión la ubicación y elevación de todos los componentes del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano. Esta información permitió elaborar planos georreferenciados, detallados con curvas de nivel, mismas que fueron esenciales para el análisis hidráulico y el modelamiento de la red.
- En relación con la identificación y descripción de los componentes del sistema, se constató que la urbanización El Porvenir cuenta con 2 captaciones “El Guayao” y “Peje de Oro”, 2 líneas de conducción (TRAMO 1 Y TRAMO 2), una línea de aducción, un reservorio “El Porvenir” y una red de distribución con conexiones domiciliarias sin micromedidores. De los cuales presentan deficiencias estructurales y operativas que afectan el funcionamiento integral del sistema. Los componentes fueron representados en planos de detalles con los datos recolectados en campo.

- En cuanto a la estimación de caudales de diseño y coeficientes de variación de consumo (K1 y K2), a partir de la demanda de la población, fueron procesados en gabinete, de la cual se obtuvo el valor del caudal medio de 2.04 l/s, un caudal máximo horario de 3.72 l/s con un K2 de 1.82 y Caudal máximo diario de 2.71 l/s con un K1 de 1.33 en época húmeda. Y para la época de estiaje se estimó el factor de corrección al 30% obteniendo los valores de caudal medio 2.65 l/s, caudal máximo diario 3.52 l/s y caudal máximo horario de 4.84 l/s.
- Respecto a la evaluación hidráulica de los componentes del sistema de agua para consumo humano, se realizó la comparativa del dimensionamiento actual de los componentes del sistema con los criterios de diseño de la Norma RM N° 192 – 2018 Vivienda, en la cual se evidenció un inadecuado dimensionamiento en las captaciones Peje de Oro y El Guayao, evidenciando que no fueron construidos con criterio técnico la cual influye en la eficiencia del servicio. La capacidad útil o volumen útil del reservorio estimada fue de 70 m^3 , verificada a partir de la curva masa con un volumen de regulación de 58 m^3 . Para realizar este objetivo se necesitó realizar el aforo de las captaciones “El Guayao” y “Peje de oro” la cual aportan a la JASS El Porvenir un caudal de 1.02 l/s y 1.95 l/s respectivamente en época húmeda y en la época de estiaje 0.8 l/s y 1.36 l/s respectivamente.
- El modelado hidráulico realizado con el software especializado, permitió simular el comportamiento de la red, que juntamente con la calibración se ajustó el modelado a las presiones de campo identificando un valor alto para el coeficiente de rugosidad de 0.007, la cual es un indicador de tuberías antiguas, tuberías con sedimentos internos o incrustaciones que afecta las velocidades y presión en la red, ya que existen velocidades menores a 0.3 m/s, afectando directamente la continuidad y calidad del servicio, especialmente en época de estiaje. Del proceso de calibración se obtuvo que solo el 43% de las velocidades en los tramos cumplen con los rangos normativos.

Para evaluar la continuidad del servicio mediante fichas de encuesta (a 66 usuarios), evidenciando significativamente la reducción del recurso agua en la época de estiaje. También se realizó calicatas en la Red de distribución para verificar diámetros y antigüedad de las tuberías, dando conformidad a la información brindada por los usuarios y comité de la JASS.

- En cuanto a la calidad del agua, los resultados de laboratorio indican la carencia de cloración continua del sistema. En cuanto al valor de pH y turbiedad se mantienen dentro de los límites permisibles, pero se detectó la presencia de coliformes totales evidenciando la carencia de limpieza y mantenimiento continuo en las captaciones, además los resultados indican la existencia de coliformes fecales con un valor de 3 NMP/100 ml, Escherichia Coli = 3.6 NMP/100 ml, y presencia de metales totales sobre los LMP, representando un riesgo para la salud pública evidenciando la necesidad de mejorar los procesos de desinfección.
- Se propuso soluciones técnicas orientadas a mejorar el dimensionamiento de las infraestructuras como las captaciones y el reservorio para una demanda futura mediante el rediseño de los componentes, de igual manera se propuso la captación de un nuevo manantial con un caudal ofertante como mínimo de 2 l/s para cubrir la demanda futura. Se diseñó una nueva red de distribución. Se propuso la instalación de micromedidores y el monitoreo continuo de la calidad del agua.

5.2. RECOMENDACIONES

- Incorporar sistema de micromedición en las conexiones domiciliarias, con el fin de obtener datos más precisos de consumo por el usuario. Esto permitirá una mejor estimación de la demanda y una futura calibración con mayor precisión.
- Realizar una evaluación estructural detallada de los componentes físicos, a través de ensayos, para determinar el grado de deterioro.
- Implementar un plan de monitoreo continuo de la calidad del agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

- Agüero Pittman, R. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales*. Asociación Servicios Educativos Rurales (SER).
- Aguirre, R. (2019). *Infraestructura y gestión del agua potable*. Editorial Técnica.
- APHA. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association.
- Magne Ayllón, F. M. (2008). *Abastecimiento, diseño y construcción*. Universidad Mayor de San Simón.
- MINSA. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua Para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA*. DIGESA.
- NORMA OS.0100. (2016). *Consideraciones básicas de diseño de infraestructura*. Lima.
- Organización Mundial de la Salud. (2017). *Guías para la calidad del agua potable*. OMS.
- Rodríguez Ruiz, P. (2001). *Abastecimiento de agua*. Instituto Tecnológico de Oaxaca.
- Saldarriaga, J. (2016). *Hidráulica de tuberías: Abastecimiento de agua, redes, riegos* (3ra ed.). Alpha Editorial.
- RED DE SALUD CELENDÍN. (2025). *Oficio N°045-2025 GR.CAJ/DRSC/RED-CEL/SA*. CELENDÍN.
- UNESCO/ONU-Agua. (21 de marzo de 2023). *Riesgo Inminente de una crisis mundial del agua*.

Linkografía

Climate-Data.org. (2023). *Clima Cajamarca - Perú*.

<https://es.climate-data.org/americas-del-sur/peru/cajamarca/cajamarca-4400/>

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (s.f.). *Manual de agua potable, alcantarillado sanitario y saneamiento básico*.

https://files.conagua.gob.mx/conagua/03.Estadisticas/Manual_agua_potable.pdf

Gobierno Regional de Cajamarca. (2022). *Plan Regional de Saneamiento Cajamarca 2022 - 2026*. <https://siar.regioncajamarca.gob.pe/documents/plan-regional-de-saneamiento-2022-2026>

Ibrahim, S., et al. (2021). *Seasonal Variation of Rainy and Dry Season Per Capita Water Consumption in Freetown City, Sierra Leone*. *Water*, 13(4), 499

<https://www.mdpi.com/2073-4441/13/4/499>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2023). *Estadísticas de población y vivienda*.

<https://www.inei.gob.pe/>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). (2018). *Norma Técnica de Diseño para Sistemas de Agua Potable y Saneamiento en el Ámbito Rural*.

https://www.academia.edu/38566687/Norma_T%C3%A9cnica_de_Dise%C3%B1o_para_Sistemas_de_Agua_Potable_y_Saneamiento_en_el_%C3%81mbito_Rural

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). (2023). *Plataforma SIGERSOL 2.0*.

<https://sigersol2.vivienda.gob.pe/>

Rossman, L. A. (2000). *EPANET 2.0 User's Manual*. U.S. Environmental Protection Agency.

<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1009QQK.PDF?Dockkey=P1009QQK.PDF>

Santos Chumacero, J. (2023). *Evaluación del Sistema de Agua Potable del Centro Poblado de San Juan de Miraflores, Bambamarca, 2023* [Tesis de pregrado,

Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio UNSM.

<https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/5261>

Sistema Integrado de Administración Financiera del Estado (SIAF). (2023). *Consulta de presupuesto institucional*.

<https://apps5.mineco.gob.pe/transparencia/Navegador/default.aspx>

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). (2022). *Portal de indicadores de calidad del servicio de agua potable*.

<https://www.sunass.gob.pe/indicadores/>

World Bank. (2020). *Peru Water Sector Diagnostic*.

<https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/351281580909447402/peru-water-sector-diagnostic>

World Health Organization (WHO). (2022). *Drinking-water*.

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Comisión Nacional del Agua. (2009). *Manual de incremento de eficiencia física, hidráulica y energética en sistemas de agua potable*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos

Naturales. México, D.F.

<https://agua.org.mx/biblioteca/planeacion-de-acciones-de-incremento-y-control-de-la-eficiencia-en-sistemas-de-agua-potable-sp-12261/>

APÉNDICES

APÉNDICE A. Registro de descensos de nivel de agua en el Reservorio

FECHA	DÍA	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
27/01/2025	1	Lectura	0.33	0.49	0.73	0.94	1.06	1.24	1.39	1.44	1.49	1.53	1.60	1.63	1.68	1.79
28/01/2025	2	Lectura	0.33	0.50	0.72	0.91	1.11	1.29	1.44	1.57	1.67	1.79	2.00	2.05	2.09	2.18
29/01/2025	3	Lectura	0.33	0.49	0.69	0.89	1.06	1.21	1.40	1.50	1.66	1.75	1.92	2.03	2.14	2.27
30/01/2025	4	Lectura	0.33	0.42	0.64	0.88	1.08	1.32	1.42	1.63	1.71	1.71	1.86	1.93	2.02	2.19
31/01/2025	5	Lectura	0.33	0.48	0.68	0.92	1.08	1.13	1.25	1.41	1.44	1.44	1.46	1.48	1.52	1.58
1/02/2025	6	Lectura	0.33	0.42	0.57	0.83	0.98	1.03	1.22	1.13	1.13	1.15	1.10	1.09	1.09	1.08
2/02/2025	7	Lectura	0.33	0.39	0.66	0.77	0.84	0.83	0.94	0.94	0.93	1.05	1.08	1.06	1.09	1.21
3/02/2025	8	Lectura	0.33	0.46	0.70	0.95	1.08	1.24	1.44	1.46	1.54	1.58	1.65	1.65	1.73	1.84
4/02/2025	9	Lectura	0.33	0.49	0.60	0.85	1.05	1.19	1.36	1.49	1.67	1.82	1.88	1.99	2.05	2.16
5/02/2025	10	Lectura	0.33	0.50	0.70	0.80	0.85	0.88	1.03	1.14	1.27	1.32	1.41	1.50	1.56	1.70
6/02/2025	11	Lectura	0.33	0.47	0.68	0.93	1.24	1.50	1.69	1.87	1.92	2.02	2.12	2.15	2.30	2.39
7/02/2025	12	Lectura	0.33	0.41	0.61	0.76	0.86	1.01	1.06	1.11	1.19	1.24	1.34	1.49	1.61	1.73
8/02/2025	13	Lectura	0.33	0.43	0.52	0.66	0.82	0.95	1.31	1.33	1.35	1.35	1.33	1.34	1.42	1.45
9/02/2025	14	Lectura	0.33	0.37	0.51	0.58	0.63	0.68	0.83	0.86	0.94	0.98	0.99	1.03	1.10	1.15
10/02/2025	15	Lectura	0.33	0.49	0.76	0.90	1.04	1.14	1.41	1.48	1.56	1.67	1.83	1.88	1.99	2.20
11/02/2025	16	Lectura	0.33	0.39	0.51	0.57	0.62	0.89	1.02	1.14	1.20	1.24	1.24	1.29	1.38	1.49
12/02/2025	17	Lectura	0.33	0.44	0.61	0.74	0.80	1.07	1.24	1.27	1.28	1.26	1.26	1.39	1.45	1.51
13/02/2025	18	Lectura	0.33	0.39	0.65	0.86	0.96	1.21	1.49	1.79	1.95	2.15	2.19	2.44	2.58	2.77
14/02/2025	19	Lectura	0.33	0.47	0.64	0.87	0.90	1.13	1.30	1.43	1.50	1.52	1.54	1.62	1.89	2.03
15/02/2025	20	Lectura	0.33	0.45	0.68	1.04	1.31	1.43	1.59	1.70	1.87	1.88	1.83	1.86	1.90	2.12
16/02/2025	21	Lectura	0.33	0.56	0.83	0.95	1.03	1.35	1.54	1.78	1.81	1.82	1.90	1.92	1.96	2.14
17/02/2025	22	Lectura	0.33	0.53	0.71	0.80	0.89	1.06	1.30	1.39	1.41	1.43	1.43	1.52	1.56	1.66
18/02/2025	23	Lectura	0.33	0.44	0.59	0.72	0.79	0.88	1.01	1.27	1.36	1.41	1.42	1.44	1.49	1.55
19/02/2025	24	Lectura	0.33	0.49	0.58	0.70	0.80	0.81	0.96	0.99	1.12	1.15	1.18	1.33	1.47	1.54
20/02/2025	25	Lectura	0.33	0.39	0.68	0.91	1.13	1.40	1.64	1.76	1.74	1.74	1.78	1.75	1.76	1.88
21/02/2025	26	Lectura	0.33	0.55	0.79	0.93	1.22	1.34	1.51	1.41	1.42	1.41	1.43	1.43	1.48	1.52
22/02/2025	27	Lectura	0.33	0.40	0.68	0.84	0.86	0.92	1.14	1.25	1.33	1.36	1.55	1.84	2.06	2.20
23/02/2025	28	Lectura	0.33	0.33	0.35	0.43	0.76	0.90	0.96	0.99	1.00	1.03	1.18	1.15	1.16	1.33

APÉNDICE B. Datos procesados utilizados en los cálculos hidráulicos.

27/01/2025	DÍA 1	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.49	0.73	0.94	1.06	1.24	1.39	1.44	1.49	1.53	1.60	1.63	1.68	1.79
		diferencia (m)	0.00	0.16	0.24	0.21	0.12	0.18	0.15	0.05	0.05	0.04	0.07	0.03	0.05	0.11
		Volumen m3	0.00	5.20	7.79	6.82	3.90	5.84	4.87	1.62	1.62	1.30	2.27	0.97	1.62	3.57
		Caudal (L/s)	1.01	2.46	3.18	2.91	2.10	2.64	2.37	1.47	1.47	1.38	1.65	1.29	1.47	2.01

28/01/2025	DÍA 2	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.50	0.72	0.91	1.11	1.29	1.44	1.57	1.67	1.79	2.00	2.05	2.09	2.18
		diferencia (m)	0.00	0.17	0.22	0.19	0.20	0.18	0.15	0.13	0.10	0.12	0.21	0.05	0.04	0.09
		Volumen m3	0.00	5.52	7.14	6.17	6.49	5.84	4.87	4.22	3.25	3.90	6.82	1.62	1.30	2.92
		Caudal (L/s)	1.01	2.55	3.00	2.73	2.82	2.64	2.37	2.19	1.92	2.10	2.91	1.47	1.38	1.83

29/01/2025	DÍA 3	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.49	0.69	0.89	1.06	1.21	1.40	1.50	1.66	1.75	1.92	2.03	2.14	2.27
		diferencia (m)	0.00	0.16	0.20	0.20	0.17	0.15	0.19	0.10	0.16	0.09	0.17	0.11	0.11	0.13
		Volumen m3	0.00	5.20	6.49	6.49	5.52	4.87	6.17	3.25	5.20	2.92	5.52	3.57	3.57	4.22
		Caudal (L/s)	1.01	2.46	2.82	2.82	2.55	2.37	2.73	1.92	2.46	1.83	2.55	2.01	2.01	2.19

30/01/2025	DÍA 4	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.42	0.64	0.88	1.08	1.32	1.42	1.63	1.71	1.71	1.86	1.93	2.02	2.19
		diferencia (m)	0.00	0.09	0.22	0.24	0.20	0.24	0.10	0.21	0.08	0.00	0.15	0.07	0.09	0.17
		Volumen m3	0.00	2.92	7.14	7.79	6.49	7.79	3.25	6.82	2.60	0.00	4.87	2.27	2.92	5.52
		Caudal (L/s)	1.01	1.83	3.00	3.18	2.82	3.18	1.92	2.91	1.74	1.01	2.37	1.65	1.83	2.55

31/01/2025	DÍA 5	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.48	0.68	0.92	1.08	1.13	1.25	1.41	1.44	1.44	1.46	1.48	1.52	1.58
		diferencia (m)	0.00	0.15	0.20	0.24	0.16	0.05	0.12	0.16	0.03	0.00	0.02	0.02	0.04	0.06
		Volumen m3	0.00	4.87	6.49	7.79	5.20	1.62	3.90	5.20	0.97	0.00	0.65	0.65	1.30	1.95
		Caudal (L/s)	1.01	2.37	2.82	3.18	2.46	1.47	2.10	2.46	1.29	1.01	1.20	1.20	1.38	1.56

1/02/2025	DÍA 6	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.42	0.57	0.83	0.98	1.03	1.22	1.13	1.13	1.15	1.10	1.09	1.09	1.08
		diferencia (m)	0.00	0.09	0.15	0.26	0.15	0.05	0.19	-0.09	0.00	0.02	-0.05	-0.01	0.00	-0.01
		Volumen m3	0.00	2.92	4.87	8.44	4.87	1.62	6.17	-2.92	0.00	0.65	-1.62	-0.32	0.00	-0.32
		Caudal (L/s)	1.01	1.83	2.37	3.36	2.37	1.47	2.73	0.20	1.01	1.20	0.56	0.92	1.01	0.92

2/02/2025	DÍA 7	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.39	0.66	0.77	0.84	0.83	0.94	0.94	0.93	1.05	1.08	1.06	1.09	1.21
		diferencia (m)	0.00	0.06	0.27	0.11	0.07	-0.01	0.11	0.00	-0.01	0.12	0.03	-0.02	0.03	0.12
		Volumen m3	0.00	1.95	8.77	3.57	2.27	-0.32	3.57	0.00	-0.32	3.90	0.97	-0.65	0.97	3.90
		Caudal (L/s)	1.01	1.56	3.45	2.01	1.65	0.92	2.01	1.01	0.92	2.10	1.29	0.83	1.29	2.10

3/02/2025	DÍA 8	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.46	0.70	0.95	1.08	1.24	1.44	1.46	1.54	1.58	1.65	1.65	1.73	1.84
		diferencia (m)	0.00	0.13	0.24	0.25	0.13	0.16	0.20	0.02	0.08	0.04	0.07	0.00	0.08	0.11
		Volumen m3	0.00	4.22	7.79	8.12	4.22	5.20	6.49	0.65	2.60	1.30	2.27	0.00	2.60	3.57
		Caudal (L/s)	1.01	2.19	3.18	3.27	2.19	2.46	2.82	1.20	1.74	1.38	1.65	1.01	1.74	2.01

4/02/2025	DÍA 9	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.49	0.60	0.85	1.05	1.19	1.36	1.49	1.67	1.82	1.88	1.99	2.05	2.16
		diferencia (m)	0.00	0.16	0.11	0.25	0.20	0.14	0.17	0.13	0.18	0.15	0.06	0.11	0.06	0.11
		Volumen m3	0.00	5.20	3.57	8.12	6.49	4.55	5.52	4.22	5.84	4.87	1.95	3.57	1.95	3.57
		Caudal (L/s)	1.01	2.46	2.01	3.27	2.82	2.28	2.55	2.19	2.64	2.37	1.56	2.01	1.56	2.01

5/02/2025	DÍA 10	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.50	0.70	0.80	0.85	0.88	1.03	1.14	1.27	1.32	1.41	1.50	1.56	1.70
		diferencia (m)	0.00	0.17	0.20	0.10	0.05	0.03	0.15	0.11	0.13	0.05	0.09	0.09	0.06	0.14
		Volumen m3	0.00	5.52	6.49	3.25	1.62	0.97	4.87	3.57	4.22	1.62	2.92	2.92	1.95	4.55
		Caudal (L/s)	1.01	2.55	2.82	1.92	1.47	1.29	2.37	2.01	2.19	1.47	1.83	1.83	1.56	2.28

6/02/2025	DÍA 11	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.47	0.68	0.93	1.24	1.50	1.69	1.87	1.92	2.02	2.12	2.15	2.30	2.39
		diferencia (m)	0.00	0.14	0.21	0.25	0.31	0.26	0.19	0.18	0.05	0.10	0.10	0.03	0.15	0.09
		Volumen m3	0.00	4.55	6.82	8.12	10.07	8.44	6.17	5.84	1.62	3.25	3.25	0.97	4.87	2.92
		Caudal (L/s)	1.01	2.28	2.91	3.27	3.81	3.36	2.73	2.64	1.47	1.92	1.92	1.29	2.37	1.83
7/02/2025	DÍA 12	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.41	0.61	0.76	0.86	1.01	1.06	1.11	1.19	1.24	1.34	1.49	1.61	1.73
		diferencia (m)	0.00	0.08	0.20	0.15	0.10	0.15	0.05	0.05	0.08	0.05	0.10	0.15	0.12	0.12
		Volumen m3	0.00	2.60	6.49	4.87	3.25	4.87	1.62	1.62	2.60	1.62	3.25	4.87	3.90	3.90
		Caudal (L/s)	1.01	1.74	2.82	2.37	1.92	2.37	1.47	1.47	1.74	1.47	1.92	2.37	2.10	2.10
8/02/2025	DÍA 13	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.43	0.52	0.66	0.82	0.95	1.31	1.33	1.35	1.35	1.33	1.34	1.42	1.45
		diferencia (m)	0.00	0.10	0.09	0.14	0.16	0.13	0.36	0.02	0.02	0.00	-0.02	0.01	0.08	0.03
		Volumen m3	0.00	3.25	2.92	4.55	5.20	4.22	11.69	0.65	0.65	0.00	-0.65	0.32	2.60	0.97
		Caudal (L/s)	1.01	1.92	1.83	2.28	2.46	2.19	4.26	1.20	1.20	1.01	0.83	1.10	1.74	1.29
9/02/2025	DÍA 14	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.37	0.51	0.58	0.63	0.68	0.83	0.86	0.94	0.98	0.99	1.03	1.10	1.15
		diferencia (m)	0.00	0.04	0.14	0.07	0.05	0.05	0.15	0.03	0.08	0.04	0.01	0.04	0.07	0.05
		Volumen m3	0.00	1.30	4.55	2.27	1.62	1.62	4.87	0.97	2.60	1.30	0.32	1.30	2.27	1.62
		Caudal (L/s)	1.01	1.38	2.28	1.65	1.47	1.47	2.37	1.29	1.74	1.38	1.10	1.38	1.65	1.47
10/02/2025	DÍA 15	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.49	0.76	0.90	1.04	1.14	1.41	1.48	1.56	1.67	1.83	1.88	1.99	2.20
		diferencia (m)	0.00	0.16	0.27	0.14	0.14	0.10	0.27	0.07	0.08	0.11	0.16	0.05	0.11	0.21
		Volumen m3	0.00	5.20	8.77	4.55	4.55	3.25	8.77	2.27	2.60	3.57	5.20	1.62	3.57	6.82
		Caudal (L/s)	1.01	2.46	3.45	2.28	2.28	1.92	3.45	1.65	1.74	2.01	2.46	1.47	2.01	2.91
11/02/2025	DÍA 16	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.39	0.51	0.57	0.62	0.89	1.02	1.14	1.20	1.24	1.24	1.29	1.38	1.49
		diferencia (m)	0.00	0.06	0.12	0.06	0.05	0.27	0.13	0.12	0.06	0.04	0.00	0.05	0.09	0.11
		Volumen m3	0.00	1.95	3.73	2.11	1.62	8.77	4.22	3.90	1.95	1.30	0.00	1.62	2.92	3.57
		Caudal (L/s)	1.01	1.56	2.05	1.60	1.47	3.45	2.19	2.10	1.56	1.38	1.01	1.47	1.83	2.01
12/02/2025	DÍA 17	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.44	0.61	0.74	0.80	1.07	1.24	1.27	1.28	1.26	1.26	1.39	1.45	1.51
		diferencia (m)	0.00	0.11	0.17	0.13	0.06	0.27	0.17	0.03	0.01	-0.02	0.00	0.13	0.06	0.06
		Volumen m3	0.00	3.57	5.52	4.22	1.95	8.77	5.52	0.97	0.32	-0.65	0.00	4.22	1.95	1.95
		Caudal (L/s)	1.01	2.01	2.55	2.19	1.56	3.45	2.55	1.29	1.10	0.83	1.01	2.19	1.56	1.56
13/02/2025	DÍA 18	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.39	0.65	0.86	0.96	1.21	1.49	1.79	1.95	2.15	2.19	2.44	2.58	2.77
		diferencia (m)	0.00	0.06	0.26	0.21	0.10	0.25	0.28	0.30	0.16	0.20	0.04	0.25	0.14	0.19
		Volumen m3	0.00	1.95	8.44	6.82	3.25	8.12	9.09	9.74	5.20	6.49	1.30	8.12	4.55	6.17
		Caudal (L/s)	1.01	1.56	3.36	2.91	1.92	3.27	3.54	3.72	2.46	2.82	1.38	3.27	2.28	2.73
14/02/2025	DÍA 19	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.47	0.64	0.87	0.90	1.13	1.30	1.43	1.50	1.52	1.54	1.62	1.89	2.03
		diferencia (m)	0.00	0.14	0.17	0.23	0.03	0.23	0.17	0.13	0.07	0.02	0.02	0.08	0.27	0.14
		Volumen m3	0.00	4.55	5.52	7.47	0.97	7.47	5.52	4.22	2.27	0.65	0.65	2.60	8.77	4.55
		Caudal (L/s)	1.01	2.28	2.55	3.09	1.29	3.09	2.55	2.19	1.65	1.20	1.20	1.74	3.45	2.28
15/02/2025	DÍA 20	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.45	0.68	1.04	1.31	1.43	1.59	1.70	1.87	1.88	1.83	1.86	1.90	2.12
		diferencia (m)	0.00	0.12	0.23	0.36	0.27	0.12	0.16	0.11	0.17	0.01	-0.05	0.03	0.04	0.22
		Volumen m3	0.00	3.90	7.47	11.69	8.77	3.90	5.20	3.57	5.52	0.32	-1.62	0.97	1.30	7.14
		Caudal (L/s)	1.01	2.10	3.09	4.26	3.45	2.10	2.46	2.01	2.55	1.10	0.56	1.29	1.38	3.00

16/02/2025	DÍA 21	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.56	0.83	0.95	1.03	1.35	1.54	1.78	1.81	1.82	1.90	1.92	1.96	2.14
		diferencia (m)	0.00	0.23	0.27	0.12	0.08	0.32	0.19	0.24	0.03	0.01	0.08	0.02	0.04	0.18
		Volumen m3	0.00	7.47	8.77	3.90	2.60	10.39	6.17	7.79	0.97	0.32	2.60	0.65	1.30	5.84
		Caudal (L/s)	1.01	3.09	3.45	2.10	1.74	3.90	2.73	3.18	1.29	1.10	1.74	1.20	1.38	2.64
17/02/2025	DÍA 22	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.53	0.71	0.80	0.89	1.06	1.30	1.39	1.41	1.43	1.43	1.52	1.56	1.66
		diferencia (m)	0.00	0.20	0.18	0.09	0.09	0.17	0.24	0.09	0.02	0.02	0.00	0.09	0.04	0.10
		Volumen m3	0.00	6.49	5.84	2.92	2.92	5.52	7.79	2.92	0.65	0.65	0.00	2.92	1.30	3.25
		Caudal (L/s)	1.01	2.82	2.64	1.83	1.83	2.55	3.18	1.83	1.20	1.20	1.01	1.83	1.38	1.92
18/02/2025	DÍA 23	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.44	0.59	0.72	0.79	0.88	1.01	1.27	1.36	1.41	1.42	1.44	1.49	1.55
		diferencia (m)	0.00	0.11	0.15	0.13	0.07	0.09	0.13	0.26	0.09	0.05	0.01	0.02	0.05	0.06
		Volumen m3	0.00	3.57	4.87	4.22	2.27	2.92	4.22	8.44	2.92	1.62	0.32	0.65	1.62	1.95
		Caudal (L/s)	1.01	2.01	2.37	2.19	1.65	1.83	2.19	3.36	1.83	1.47	1.10	1.20	1.47	1.56
19/02/2025	DÍA 24	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.49	0.58	0.70	0.80	0.81	0.96	0.99	1.12	1.15	1.18	1.33	1.47	1.54
		diferencia (m)	0.00	0.16	0.09	0.12	0.10	0.01	0.15	0.03	0.13	0.03	0.03	0.15	0.14	0.07
		Volumen m3	0.00	5.20	2.92	3.90	3.25	0.32	4.87	0.97	4.22	0.97	0.97	4.87	4.55	2.27
		Caudal (L/s)	1.01	2.46	1.83	2.10	1.92	1.10	2.37	1.29	2.19	1.29	1.29	2.37	2.28	1.65
20/02/2025	DÍA 25	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.39	0.68	0.91	1.13	1.40	1.64	1.76	1.74	1.74	1.78	1.75	1.76	1.88
		diferencia (m)	0.00	0.06	0.29	0.23	0.22	0.27	0.24	0.12	-0.02	0.00	0.04	-0.03	0.01	0.12
		Volumen m3	0.00	1.95	9.42	7.47	7.14	8.77	7.79	3.90	-0.65	0.00	1.30	-0.97	0.32	3.90
		Caudal (L/s)	1.01	1.56	3.63	3.09	3.00	3.45	3.18	2.10	0.83	1.01	1.38	0.74	1.10	2.10
21/02/2025	DÍA 26	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.55	0.79	0.93	1.22	1.34	1.51	1.41	1.42	1.41	1.43	1.43	1.48	1.52
		diferencia (m)	0.00	0.22	0.24	0.14	0.29	0.12	0.17	-0.10	0.01	-0.01	0.02	0.00	0.05	0.04
		Volumen m3	0.00	7.14	7.79	4.55	9.42	3.90	5.52	-3.25	0.32	-0.32	0.65	0.00	1.62	1.30
		Caudal (L/s)	1.01	3.00	3.18	2.28	3.63	2.10	2.55	0.11	1.10	0.92	1.20	1.01	1.47	1.38
22/02/2025	DÍA 27	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.40	0.68	0.84	0.86	0.92	1.14	1.25	1.33	1.36	1.55	1.84	2.06	2.2
		diferencia (m)	0.00	0.07	0.28	0.16	0.02	0.06	0.22	0.11	0.08	0.03	0.19	0.29	0.22	0.14
		Volumen m3	0.00	2.27	9.09	5.20	0.65	1.95	7.14	3.57	2.60	0.97	6.17	9.42	7.14	4.55
		Caudal (L/s)	1.01	1.65	3.54	2.46	1.20	1.56	3.00	2.01	1.74	1.29	2.73	3.63	3.00	2.28
23/02/2025	DÍA 28	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
		Lectura (m)	0.33	0.33	0.35	0.43	0.76	0.90	0.96	0.99	1.00	1.03	1.18	1.15	1.16	1.33
		diferencia (m)	0.00	0.00	0.02	0.08	0.33	0.14	0.06	0.03	0.01	0.03	0.15	-0.03	0.01	0.17
		Volumen m3	0.00	0.00	0.65	2.60	10.72	4.55	1.95	0.97	0.32	0.97	4.87	-0.97	0.32	5.52
		Caudal (L/s)	1.01	1.01	1.20	1.74	3.99	2.28	1.56	1.29	1.10	1.29	2.37	0.74	1.10	2.55

APÉNDICE C. Registro de caudales horarios y sumatoria de caudales.

FECHA	DÍA	Hora	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	Sumatoria
27/01/2025	1	Caudal (L/s)	1.01	2.46	3.18	2.91	2.10	2.64	2.37	1.47	1.47	1.38	1.65	1.29	1.47	2.01	26.36
28/01/2025	2	Caudal (L/s)	1.01	2.55	3.00	2.73	2.82	2.64	2.37	2.19	1.92	2.10	2.91	1.47	1.38	1.83	29.88
29/01/2025	3	Caudal (L/s)	1.01	2.46	2.82	2.82	2.55	2.37	2.73	1.92	2.46	1.83	2.55	2.01	2.01	2.19	30.69
30/01/2025	4	Caudal (L/s)	1.01	1.83	3.00	3.18	2.82	3.18	1.92	2.91	1.74	1.01	2.37	1.65	1.83	2.55	29.97
31/01/2025	5	Caudal (L/s)	1.01	2.37	2.82	3.18	2.46	1.47	2.10	2.46	1.29	1.01	1.20	1.20	1.38	1.56	24.47
1/02/2025	6	Caudal (L/s)	1.01	1.83	2.37	3.36	2.37	1.47	2.73	0.20	1.01	1.20	0.56	0.92	1.01	0.92	19.96
2/02/2025	7	Caudal (L/s)	1.01	1.56	3.45	2.01	1.65	0.92	2.01	1.01	0.92	2.10	1.29	0.83	1.29	2.10	21.13
3/02/2025	8	Caudal (L/s)	1.01	2.19	3.18	3.27	2.19	2.46	2.82	1.20	1.74	1.38	1.65	1.01	1.74	2.01	26.81
4/02/2025	9	Caudal (L/s)	1.01	2.46	2.01	3.27	2.82	2.28	2.55	2.19	2.64	2.37	1.56	2.01	1.56	2.01	29.70
5/02/2025	10	Caudal (L/s)	1.01	2.55	2.82	1.92	1.47	1.29	2.37	2.01	2.19	1.47	1.83	1.83	1.56	2.28	25.55
6/02/2025	11	Caudal (L/s)	1.01	2.28	2.91	3.27	3.81	3.36	2.73	2.64	1.47	1.92	1.92	1.29	2.37	1.83	31.77
7/02/2025	12	Caudal (L/s)	1.01	1.74	2.82	2.37	1.92	2.37	1.47	1.47	1.74	1.47	1.92	2.37	2.10	2.10	25.82
8/02/2025	13	Caudal (L/s)	1.01	1.92	1.83	2.28	2.46	2.19	4.26	1.20	1.20	1.01	0.83	1.10	1.74	1.29	23.29
9/02/2025	14	Caudal (L/s)	1.01	1.38	2.28	1.65	1.47	1.47	2.37	1.29	1.74	1.38	1.10	1.38	1.65	1.47	20.59
10/02/2025	15	Caudal (L/s)	1.01	2.46	3.45	2.28	2.28	1.92	3.45	1.65	1.74	2.01	2.46	1.47	2.01	2.91	30.06
11/02/2025	16	Caudal (L/s)	1.01	1.56	2.05	1.60	1.47	3.45	2.19	2.10	1.56	1.38	1.01	1.47	1.83	2.01	23.66
12/02/2025	17	Caudal (L/s)	1.01	2.01	2.55	2.19	1.56	3.45	2.55	1.29	1.10	0.83	1.01	2.19	1.56	1.56	23.84
13/02/2025	18	Caudal (L/s)	1.01	1.56	3.36	2.91	1.92	3.27	3.54	3.72	2.46	2.82	1.38	3.27	2.28	2.73	35.20
14/02/2025	19	Caudal (L/s)	1.01	2.28	2.55	3.09	1.29	3.09	2.55	2.19	1.65	1.20	1.20	1.74	3.45	2.28	28.53
15/02/2025	20	Caudal (L/s)	1.01	2.10	3.09	4.26	3.45	2.10	2.46	2.01	2.55	1.10	0.56	1.29	1.38	3.00	29.34
16/02/2025	21	Caudal (L/s)	1.01	3.09	3.45	2.10	1.74	3.90	2.73	3.18	1.29	1.10	1.74	1.20	1.38	2.64	29.52
17/02/2025	22	Caudal (L/s)	1.01	2.82	2.64	1.83	1.83	2.55	3.18	1.83	1.20	1.20	1.01	1.83	1.38	1.92	25.19
18/02/2025	23	Caudal (L/s)	1.01	2.01	2.37	2.19	1.65	1.83	2.19	3.36	1.83	1.47	1.10	1.20	1.47	1.56	24.20
19/02/2025	24	Caudal (L/s)	1.01	2.46	1.83	2.10	1.92	1.10	2.37	1.29	2.19	1.29	1.29	2.37	2.28	1.65	24.11
20/02/2025	25	Caudal (L/s)	1.01	1.56	3.63	3.09	3.00	3.45	3.18	2.10	0.83	1.01	1.38	0.74	1.10	2.10	27.17
21/02/2025	26	Caudal (L/s)	1.01	3.00	3.18	2.28	3.63	2.10	2.55	0.11	1.10	0.92	1.20	1.01	1.47	1.38	23.93
22/02/2025	27	Caudal (L/s)	1.01	1.65	3.54	2.46	1.20	1.56	3.00	2.01	1.74	1.29	2.73	3.63	3.00	2.28	30.06
23/02/2025	28	Caudal (L/s)	1.01	1.01	1.20	1.74	3.99	2.28	1.56	1.29	1.10	1.29	2.37	0.74	1.10	2.55	22.21
Sumatoria de Caudal horario (L/s)				59.08	77.35	72.30	63.77	66.12	72.25	52.23	45.82	40.50	43.75	44.47	48.71	56.65	742.98

APÉNDICE D. Registro de volúmenes de consumo.

FECHA	DÍA	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
27/01/2025	1	8.85	11.45	10.47	7.55	9.50	8.52	5.28	5.28	4.95	5.93	4.63	5.28	7.23
28/01/2025	2	9.17	10.80	9.82	10.15	9.50	8.52	7.87	6.90	7.55	10.47	5.28	4.95	6.58
29/01/2025	3	8.85	10.15	10.15	9.17	8.52	9.82	6.90	8.85	6.58	9.17	7.23	7.23	7.87
30/01/2025	4	6.58	10.80	11.45	10.15	11.45	6.90	10.47	6.25	3.65	8.52	5.93	6.58	9.17
31/01/2025	5	8.52	10.15	11.45	8.85	5.28	7.55	8.85	4.63	3.65	4.30	4.30	4.95	5.60
1/02/2025	6	6.58	8.52	12.10	8.52	5.28	9.82	0.73	3.65	4.30	2.03	3.33	3.65	3.33
2/02/2025	7	5.60	12.42	7.23	5.93	3.33	7.23	3.65	3.33	7.55	4.63	3.00	4.63	7.55
3/02/2025	8	7.87	11.45	11.77	7.87	8.85	10.15	4.30	6.25	4.95	5.93	3.65	6.25	7.23
4/02/2025	9	8.85	7.23	11.77	10.15	8.20	9.17	7.87	9.50	8.52	5.60	7.23	5.60	7.23
5/02/2025	10	9.17	10.15	6.90	5.28	4.63	8.52	7.23	7.87	5.28	6.58	6.58	5.60	8.20
6/02/2025	11	8.20	10.47	11.77	13.72	12.10	9.82	9.50	5.28	6.90	6.90	4.63	8.52	6.58
7/02/2025	12	6.25	10.15	8.52	6.90	8.52	5.28	5.28	6.25	5.28	6.90	8.52	7.55	7.55
8/02/2025	13	6.90	6.58	8.20	8.85	7.87	15.34	4.30	4.30	3.65	3.00	3.98	6.25	4.63
9/02/2025	14	4.95	8.20	5.93	5.28	5.28	8.52	4.63	6.25	4.95	3.98	4.95	5.93	5.28
10/02/2025	15	8.85	12.42	8.20	8.20	6.90	12.42	5.93	6.25	7.23	8.85	5.28	7.23	10.47
11/02/2025	16	5.60	7.39	5.76	5.28	12.42	7.87	7.55	5.60	4.95	3.65	5.28	6.58	7.23
12/02/2025	17	7.23	9.17	7.87	5.60	12.42	9.17	4.63	3.98	3.00	3.65	7.87	5.60	5.60
13/02/2025	18	5.60	12.10	10.47	6.90	11.77	12.75	13.39	8.85	10.15	4.95	11.77	8.20	9.82
14/02/2025	19	8.20	9.17	11.12	4.63	11.12	9.17	7.87	5.93	4.30	4.30	6.25	12.42	8.20
15/02/2025	20	7.55	11.12	15.34	12.42	7.55	8.85	7.23	9.17	3.98	2.03	4.63	4.95	10.80
16/02/2025	21	11.12	12.42	7.55	6.25	14.04	9.82	11.45	4.63	3.98	6.25	4.30	4.95	9.50
17/02/2025	22	10.15	9.50	6.58	6.58	9.17	11.45	6.58	4.30	4.30	3.65	6.58	4.95	6.90
18/02/2025	23	7.23	8.52	7.87	5.93	6.58	7.87	12.10	6.58	5.28	3.98	4.30	5.28	5.60
19/02/2025	24	8.85	6.58	7.55	6.90	3.98	8.52	4.63	7.87	4.63	4.63	8.52	8.20	5.93
20/02/2025	25	5.60	13.07	11.12	10.80	12.42	11.45	7.55	3.00	3.65	4.95	2.68	3.98	7.55
21/02/2025	26	10.80	11.45	8.20	13.07	7.55	9.17	0.41	3.98	3.33	4.30	3.65	5.28	4.95
22/02/2025	27	5.93	12.75	8.85	4.30	5.60	10.80	7.23	6.25	4.63	9.82	13.07	10.80	8.20
23/02/2025	28	3.65	4.30	6.25	14.37	8.20	5.60	4.63	3.98	4.63	8.52	2.68	3.98	9.17

APÉNDICE E. Registro de volúmenes de consumo acumulados.

FECHA	DÍA	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
27/01/2025	1	8.85	20.30	30.77	38.32	47.82	56.34	61.62	66.89	71.84	77.77	82.40	87.67	94.90
28/01/2025	2	9.17	19.97	29.79	39.94	49.44	57.96	65.84	72.74	80.29	90.76	96.04	100.99	107.56
29/01/2025	3	8.85	19.00	29.14	38.32	46.84	56.66	63.56	72.41	78.99	88.16	95.39	102.61	110.49
30/01/2025	4	6.58	17.37	28.82	38.97	50.41	57.31	67.79	74.04	77.69	86.21	92.14	98.72	107.89
31/01/2025	5	8.52	18.67	30.12	38.97	44.24	51.79	60.64	65.27	68.92	73.22	77.53	82.48	88.08
1/02/2025	6	6.58	15.10	27.20	35.72	41.00	50.82	51.55	55.20	59.51	61.53	64.86	68.52	71.84
2/02/2025	7	5.60	18.02	25.25	31.17	34.50	41.73	45.38	48.71	56.26	60.89	63.89	68.52	76.07
3/02/2025	8	7.87	19.32	31.09	38.97	47.82	57.96	62.27	68.52	73.47	79.39	83.05	89.30	96.52
4/02/2025	9	8.85	16.07	27.84	37.99	46.19	55.37	63.24	72.74	81.26	86.86	94.09	99.69	106.91
5/02/2025	10	9.17	19.32	26.22	31.50	36.13	44.65	51.87	59.75	65.03	71.60	78.18	83.78	91.98
6/02/2025	11	8.20	18.67	30.44	44.16	56.26	66.08	75.58	80.86	87.76	94.66	99.28	107.81	114.38
7/02/2025	12	6.25	16.40	24.92	31.82	40.35	45.62	50.90	57.15	62.43	69.33	77.85	85.40	92.95
8/02/2025	13	6.90	13.48	21.68	30.52	38.40	53.74	58.04	62.35	66.00	69.00	72.98	79.23	83.86
9/02/2025	14	4.95	13.15	19.08	24.35	29.63	38.15	42.78	49.03	53.99	57.96	62.91	68.84	74.12
10/02/2025	15	8.85	21.27	29.47	37.67	44.57	56.99	62.91	69.17	76.39	85.24	90.52	97.74	108.21
11/02/2025	16	5.60	12.99	18.75	24.03	36.45	44.32	51.87	57.48	62.43	66.08	71.36	77.93	85.16
12/02/2025	17	7.23	16.40	24.27	29.87	42.30	51.47	56.10	60.07	63.08	66.73	74.60	80.21	85.81
13/02/2025	18	5.60	17.70	28.17	35.07	46.84	59.59	72.98	81.83	91.98	96.93	108.70	116.90	126.72
14/02/2025	19	8.20	17.37	28.49	33.12	44.24	53.42	61.29	67.22	71.52	75.82	82.07	94.49	102.69
15/02/2025	20	7.55	18.67	34.01	46.44	53.99	62.83	70.06	79.23	83.21	85.24	89.87	94.82	105.62
16/02/2025	21	11.12	23.54	31.09	37.34	51.39	61.21	72.66	77.28	81.26	87.51	91.82	96.77	106.27
17/02/2025	22	10.15	19.65	26.22	32.80	41.97	53.42	59.99	64.29	68.60	72.25	78.83	83.78	90.68
18/02/2025	23	7.23	15.75	23.62	29.55	36.13	44.00	56.10	62.67	67.95	71.93	76.23	81.51	87.11
19/02/2025	24	8.85	15.42	22.97	29.87	33.85	42.38	47.00	54.88	59.51	64.13	72.66	80.86	86.78
20/02/2025	25	5.60	18.67	29.79	40.59	53.01	64.46	72.01	75.01	78.66	83.62	86.29	90.27	97.82
21/02/2025	26	10.80	22.24	30.44	43.51	51.06	60.24	60.64	64.62	67.95	72.25	75.90	81.18	86.13
22/02/2025	27	5.93	18.67	27.52	31.82	37.42	48.22	55.45	61.70	66.32	76.15	89.22	100.01	108.21
23/02/2025	28	3.65	7.96	14.21	28.58	36.77	42.38	47.00	50.98	55.61	64.13	66.81	70.79	79.96

APÉNDICE F. Registro de aforos en las captaciones en época húmeda.

- **Aforo en la captación “El Guayao”.**

17/02/2025			
Aforo de MANANTIAL "El Guayao"	Nº VECES	VOLUMEN (V)	TIEMPO (s)
	1	24.56	7.03
	2	24.56	7.55
	3	24.56	7.21
	4	24.56	7.12
	5	24.56	7.40
	Tiempo promedio		7.26
Caudal aforado		L/s	m3/h
		3.38	12.18

El caudal ofertante de la captación “El Guayao” para la JASS “El Porvenir” en época húmeda es de 3.38 l/s.

Del aforo en el reservorio (Ver Tabla 11), se obtuvo el caudal máximo que aporta la captación El Guayao al sistema de la JASS El Porvenir, siendo de **1.02 l/s**

- **Aforo en la captación “Peje de Oro”.**

El aforo fue realizado en la tubería de despiche que está metros antes del reservorio.

17/02/2025			
Aforo de MANANTIAL "Peje de Oro"	Nº VECES	VOLUMEN (V)	TIEMPO (s)
	1	24.56	12.7
	2	24.56	12.6
	3	24.56	12.4
	4	24.56	12.9
	5	24.56	12.4
	Tiempo promedio		12.6
Caudal aforado		L/s	m3/h
		1.95	7.02

El Caudal ofertante de la captación “Peje de Oro” en época húmeda es de **1.95 l/s**.

APÉNDICE G. Registro de aforos en las captaciones en época de estiaje.

- **Aforo en la captación “El Guayao”.**

9/08/2025			
Aforo de MANANTIAL "Guayao"	N° VECES	VOLUMEN (V)	TIEMPO (s)
	1	24.561	9.94
	2	24.561	10.57
	3	24.561	10.23
	4	24.561	10.04
	5	24.561	10.19
	Tiempo promedio		10.194
Caudal aforado		l/s	m3/h
Caudal		2.41	8.674

El caudal ofertante de la captación “El Guayao” para la JASS “El Porvenir” en época de estiaje, es de $2.41/3 = 0.8$ l/s.

- **Aforo en la captación “Peje de Oro”.**

9/08/2025			
Aforo de MANANTIAL "Peje de Oro"	N° VECES	VOLUMEN (V)	TIEMPO (s)
	1	24.56	17.72
	2	24.56	18.32
	3	24.56	18.22
	4	24.56	17.96
	5	24.56	18.21
	Tiempo promedio		18.09
Caudal aforado		L/s	m3/h
		1.36	4.89

El Caudal ofertante de la captación “Peje de Oro” en época de estiaje es de **1.36 l/s**.

APÉNDICE H. Lecturas de Presiones en campo.

NODO: J-31		
HORA	PRESIÓN EN CAMPO (PSI)	PRESIÓN EN CAMPO (m.c.a)
10:00:00	53	37.27
10:30:00	54	37.97
11:00:00	40	28.13
11:30:00	25	17.58
12:00:00	26	18.28
12:30:00	-	-
13:00:00	53	37.27
13:30:00	50	35.16
14:00:00	51	35.86

NODO: J-20		
HORA	PRESIÓN EN CAMPO (PSI)	PRESIÓN EN CAMPO (m.c.a)
10:00:00	31	21.80
10:30:00	15	10.55
11:00:00	28	19.69
11:30:00	18	12.66
12:00:00	19	13.36
12:30:00	-	-
13:00:00	17	11.95
13:30:00	10	7.03
14:00:00	36	25.32

NODO: J-37		
HORA	PRESIÓN EN CAMPO (PSI)	PRESIÓN EN CAMPO (m.c.a)
10:00:00	8	5.63
10:30:00	7	4.92
11:00:00	10	7.03
11:30:00	6	4.22
12:00:00	9	6.33
12:30:00	-	-
13:00:00	9	6.33
13:30:00	7	4.92
14:00:00	12	8.44

NODO: J-10		
HORA	PRESIÓN EN CAMPO (PSI)	PRESIÓN EN CAMPO (m.c.a)
10:00:00	61	42.90
10:30:00	63	44.30
11:00:00	52	36.57
11:30:00	63	44.30
12:00:00	59	41.49
12:30:00	-	-
13:00:00	66	46.41
13:30:00	65	45.71
14:00:00	66	46.41

Nota. Las lecturas se obtuvieron con la instalación de manómetros, medidos simultáneamente

APÉNDICE I. Antigüedad de tuberías en la Red

Label	TRAMO		Length (3D) (m)	Antigüedad >20 años (A)
	Start Node	Stop Node		
T-ADUC 2"	RESERV	J-1	226.32	-
T-RED 2"	J-1	J-2	74.69	A
T-RED 2"	J-3	J-4	85.56	A
T-RED 2"	J-5	J-6	91.33	A
T-RED 2"	J-2	J-5	96.47	A
T-RED 2"(1)	J-6	FCV-1	28.2	A
T-RED 2"(2)	FCV-1	J-3	169.75	A
T-RED-1"	J-1	J-11	2.34	A
T-RED-1"	J-2	J-12	5.54	A
T-RED-1"	J-12	J-13	18.02	A
T-RED-1"	J-14	J-15	19.1	-
T-RED-1"	J-17	J-16	19.97	-
T-RED-1"	J-18	J-19	26.52	A
T-RED-1"	J-19	J-20	27.54	A
T-RED-1"	J-21	J-18	38.31	A
T-RED-1"	J-18	J-22	39.3	-
T-RED-1"	J-21	J-23	39.87	-
T-RED-1"	J-25	J-24	40.77	-
T-RED-1"	J-11	J-26	41.18	A
T-RED-1"	J-20	J-27	41.32	A
T-RED-1"	J-28	J-29	50.9	-
T-RED-1"	J-12	J-30	58.33	-
T-RED-1"	J-17	J-31	58.25	-
T-RED-1"	J-28	J-21	59.67	A
T-RED-1"	J-32	J-33	67.34	A
T-RED-1"	J-5	J-17	76.33	-
T-RED-1"	J-6	J-14	77.26	-
T-RED-1"	J-28	J-34	90.08	-
T-RED-1"	J-35	J-36	83.82	-
T-RED-1"	J-7	J-37	89.02	-
T-RED-1"	J-14	J-7	91.78	-
T-RED-1"	J-17	J-35	92.26	-
T-RED-1"	J-3	J-38	162.29	-
T-RED-1"	J-3	J-39	204.4	-
T-RED-1"	J-5	J-25	212.67	-
T-RED-1"	J-13	J-32	228.85	A
T-RED-1"(1)	FCV-2	J-28	82.9	A
T-RED-1"(2)	J-11	FCV-2	12.48	A
T-RED-1/2"	J-7	J-8	15.3	-
T-RED-1/2"	J-8	J-9	93.16	-
T-RED-1/2"	J-8	J-10	113.86	-
T-RED-3/4"	J-13	J-40	209.28	-

Longitud de tubería total: 3136.01 m

Antigüedad	Long tubería	%
>20 AÑOS	1198.01	38.20%
<20 AÑOS	1938.00	61.80%

APÉNDICE J. Formato de Ficha de Inspección Técnica de Obra de Captación.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA		
	"Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".		
TUTOR:	EMERSON AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ		FECHA:
TESISTA:	FAUSTINO JHORGEN ARTEAGA MEJÍA		
FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE			
CAPTACIÓN DE MANANTIAL			
COORDENADAS DE CALICATA		Nombre de la captación	REGISTRO FOTOGRÁFICO
ESTE (m)			
NORTE (m)			
ELEVACIÓN (m.s.n.m)		Año de creación	
Tipo de Captación			
LADERA	FONDO	Zanja de Coronación	
DIMENSIONES		Cerco perimétrico	
Cámara Húmeda			
Altura Total		ESTADO FÍSICO DE LA CAPTACIÓN	
Base interno			
Ancho interno			
Tubería de entrada:	Cantidad:	A) BUENO B) REGULAR C) MALO	
Diámetro			
Tubería de rebose:			
Diámetro			
Canastilla:			
Diámetro	-		
Longitud de canastilla	-		
OBSERVACIONES:			
ESQUEMA			

APÉNDICE K. Formato de Ficha de Inspección Técnica de la Línea de Conducción.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA			
	"Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".			
TUTOR:	EMERSON AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ		FECHA:	
TESISTA:	FAUSTINO JHORGEN ARTEAGA MEJÍA			
FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE				
LÍNEA DE CONDUCCIÓN - TRAMO 1				
COORDENADAS DE CALICATA		Profundidad de la tubería Nv+0.00		REGISTRO FOTOGRÁFICO
ESTE (m)		m		
NORTE (m)		Año de instalación		
ELEVACIÓN (m.s.n.m)				
Diámetro		Clase		
	mm			
MATERIAL				
Tubería	PVC	H°G°	Otro	
Válvulas	PVC	H°G°	Otro	
Accesorios	PVC	H°G°	Otro	
ESTADO FÍSICO				
Tubería	A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO	
Válvulas	A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO	
Accesorios	A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO	
OBSERVACIONES:				

APÉNDICE L. Formato de Ficha de Inspección Técnica de la Línea de Aducción.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA			
	"Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".			
TUTOR:	EMERSON AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ		FECHA:	
TESISTA:	FAUSTINO JHORGEN ARTEAGA MEJÍA			
FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE				
LÍNEA DE ADUCCIÓN				
COORDENADAS DE CALICATA		Profundidad de la tubería Nv+0.00		REGISTRO FOTOGRÁFICO
ESTE (m)		m		
NORTE (m)		Año de instalación		
ELEVACIÓN (m.s.n.m)				
Diámetro		Clase		
60.32	mm			
MATERIAL				
Tubería	PVC	H°G°	Otro	
Válvulas	PVC	H°G°	Otro	
ESTADO FÍSICO				
Tubería	A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO	
Válvulas	A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO	
OBSERVACIONES:				

APÉNDICE M. Formato de Ficha de Inspección Técnica del Reservorio.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA		
	"Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".		
TUTOR:	EMERSON AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ		FECHA:
TESISTA:	FAUSTINO JHORGEN ARTEAGA MEJÍA		
FICHA DE EVALUACIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE			
RESERVORIO			
INFORMACIÓN GENERAL			REGISTRO FOTOGRÁFICO
Coordenadas		Año de construcción	Nombre del reservorio
Este (m)			
Norte (m)			
Elevación (m.snm)			
Caudal total de ingreso (l/s)		Capacidad	Forma del tanque
Medidas de la unidad		Material de la tapa de ingreso	Material de la unidad
Base (m) / Diámetro (m)		Hormigón armado	Hormigón armado
Altura (m)		Hormigón simple	Hormigón simple
Espesor de pared (cm)		Plancha de tol	Mampostería ladrillo
Espesor de losa (cm)		otros	otros
TUBERIAS			Sistema de Cloración Operativa
Tubería	Material	Diámetro comercial (mm)	
Tubería de entrada			Sí
Tubería de salida			
Tubería de desagüe			No
Tubería de rebose			
CÁMARA DE VÁLVULAS			TUBO DE VENTILACIÓN
	De entrada	De salida	Sí
Sí			No
No			Diámetro (mm)
Cantidad de válvulas			Cantidad
ESTADO FÍSICO			
	Bueno	Regular	Malo
Tanque			
Válvulas de ingreso			
Válvulas de salida			
Válvulas de desagüe			
Tuberías y accesorios			
MANTENIMIENTO		OBSERVACIONES:	
Semestral			
Mensual			
Anual			
No se ha realizado			
ESQUEMA			

APÉNDICE N. Formato de Ficha de Inspección Técnica de Red de distribución.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA		
TUTOR:		EMERSON AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ	FECHA:
TESISTA:		FAUSTINO JHOREN ARTEAGA MEJÍA	
"Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".			
FICHA DE EVALUACIÓN DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE			
RED DE DISTRIBUCIÓN			
COORDENADAS DE CALICATA		Profundidad de la tubería Nv+0.00	REGISTRO FOTOGRÁFICO
ESTE (m)			
NORTE (m)			
ELEVACIÓN (m.s.n.m)			
Diámetro comercial		Año de instalación	
mm			
MATERIAL			
Tubería	PVC	H°G° Otro	
Válvulas	PVC	H°G° Otro	
Accesorios	PVC	H°G° Otro	
ESTADO FÍSICO			
Tubería	A) BUENO B) REGULAR C) MALO		
Válvulas	A) BUENO B) REGULAR C) MALO		
Accesorios	A) BUENO B) REGULAR C) MALO		
OBSERVACIONES:			

APÉNDICE O. Formato de Ficha de Encuesta de Evaluación de Calidad, Continuidad y Evaluación de Conexión domiciliaria.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA		
	"Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".		
TUTOR:	EMERSON AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ		FECHA:
TESISTA:	FAUSTINO JHOREN ARTEAGA MEJÍA		
A) FICHA DE ENCUESTA SOBRE CALIDAD Y CONTINUIDAD EN EL SERVICIO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LA JASS "El Porvenir"			
Vivienda N°:		N° de habitantes en la vivienda:	
ENCUESTADO:	FIRMA DEL ENCUESTADO:		
Marcar la alternativa con una "X".			
1) ¿Cómo describiría usted la fuerza con la que llega el agua a su domicilio? A) Fuerte B) Medio C) Débil 2) ¿Qué tipo de almacenamiento de agua posee en su domicilio? (Marque una o más alternativas) A) No cuenta con ningún tipo de almacenamiento B) Bidones, baldes o recipientes móviles C) Tanque elevado (instalado en la parte alta del domicilio) D) Otro: _____ 3) ¿Ha notado si el agua llega turbia, con color u olor extraño? A) SI B) NO 4) ¿Percibe olor o sabor a cloro en el agua que consume? A) SI B) NO 5) ¿Algún miembro de su familia ha tenido problemas de salud (como diarreas, vómitos o fiebre) en los últimos 3 meses que usted crea que podrían estar relacionados con el consumo de agua? A) SI B) NO 6) ¿Para qué utiliza principalmente el agua que recibe? (Marque una o más alternativas) A) Consumo humano B) Riego C) Negocio D) Otro: _____			
* Las siguientes preguntas están formuladas en función a la temporada de lluvia del año 2025 (Enero - Abril).		** Las siguientes preguntas están formuladas en función a la época de estiaje del año 2025 (Mayo - Agosto).	
7) ¿Con qué frecuencia dispone de agua a la semana? A) 7 días B) 5-6 días C) 3-4 días D) Menos de 3 días 8) ¿Cuántas horas dispone de agua al día? A) 24 horas (Todo el día) B) Entre 12-18 horas C) <12 horas al días D) Otro: _____ 9) ¿Considera que el agua que recibe es suficiente para sus necesidades diarias? A) SI B) NO		10) ¿Con qué frecuencia dispone de agua a la semana? A) 7 días B) 5-6 días C) 3-4 días D) Menos de 3 días 11) ¿Cuántas horas dispone de agua al día? A) 24 horas (Todo el día) B) Entre 12-18 horas C) <12 horas al días D) Otro: _____ 12) ¿Considera que el agua que recibe es suficiente para sus necesidades diarias? A) SI B) NO	
B) EVALUACIÓN DE LAS CONEXIONES DOMICILIARIAS			
La evaluación será en base a la siguiente consideración:			
a) Bueno (Funciona correctamente, sin fugas)	b) Regular (Requiere mantenimiento, leve deterioro)	c) Malo (Fugas, deterioro o no funciona)	
Válvulas (Llave de paso, llave nariz, etc)	A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO
Caja de llave	A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO
Tubería	A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO
Accesorios	A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO
OBSERVACIONES:			

APÉNDICE P. Ficha de Encuesta de Evaluación de Calidad, Continuidad y Evaluación de Conexión domiciliaria aplicada en la población.

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA		
"Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".				
TUTOR:		EMERSON AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ		FECHA:
TESISTA:		FAUSTINO JHORGEN ARTEAGA MEJÍA		
A) FICHA DE ENCUESTA SOBRE CALIDAD Y CONTINUIDAD EN EL SERVICIO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LA JASS "El Porvenir"				
Vivienda N°:		80		N° de habitantes en la vivienda:
ENCUESTADO:		Maruja Barboza Penas		FIRMA DEL ENCUESTADO:
Maruja				
Marcar la alternativa con una "X".				
1) ¿Cómo describiría usted la fuerza con la que llega el agua a su domicilio? A) ☒ Fuerte B) ☐ Medio C) ☐ Débil				
2) ¿Qué tipo de almacenamiento de agua posee en su domicilio? (Marque una o más alternativas) A) ☒ No cuenta con ningún tipo de almacenamiento B) ☒ Bidones, baldes o recipientes móviles C) ☐ Tanque elevado (instalado en parte alta del domicilio) D) ☐ Otro: _____				
3) ¿Ha notado si el agua llega turbia, con color u olor extraño? A) ☐ SI B) ☒ NO				
4) ¿Percibe olor o sabor a cloro en el agua que consume? A) ☐ SI B) ☒ NO				
5) ¿Algún miembro de su familia ha tenido problemas de salud (como diarreas, vómitos o fiebre) en los últimos 3 meses que usted crea que podrían estar relacionados con el consumo de agua? A) ☐ SI B) ☒ NO				
6) ¿Para qué utiliza principalmente el agua que recibe? (Marque una o más alternativas) A) ☒ Consumo humano B) ☐ Riego C) ☐ Negocio D) ☐ Otro: _____				
*Las siguientes preguntas están formuladas en función a la temporada de lluvia del año 2025 (Enero - Abril).		** Las siguientes preguntas están formuladas en función a la época de estiaje del año 2025 (Mayo - Agosto).		
7) ¿Con qué frecuencia dispone de agua a la semana? A) ☒ 7 días B) ☐ 5-6 días C) ☐ 3-4 días D) ☐ Menos de 3 días		10) ¿Con qué frecuencia dispone de agua a la semana? A) ☒ 7 días B) ☐ 5-6 días C) ☐ 3-4 días D) ☐ Menos de 3 días		
8) ¿Cuántas horas dispone de agua al día? A) ☒ 24 horas (Todo el día) B) ☐ Entre 12-18 horas C) ☐ <12 horas al día D) ☐ Otro: _____		11) ¿Cuántas horas dispone de agua al día? A) ☐ 24 horas (Todo el día) B) ☐ Entre 12-18 horas C) ☐ <12 horas al día D) ☒ Otro: 3h		
9) ¿Considera que el agua que recibe es suficiente para sus necesidades diarias? A) ☒ SI B) ☐ NO		12) ¿Considera que el agua que recibe es suficiente para sus necesidades diarias? A) ☐ SI B) ☒ NO		
B) EVALUACIÓN DE LAS CONEXIONES DOMICILIARIAS				
La evaluación será en base a la siguiente consideración:				
a) Bueno (Funciona correctamente, sin fugas)		b) Regular (Requiere mantenimiento, leve deterioro)		c) Malo (Fugas, deterioro o no funciona)
Válvulas (Llave de paso, llave nariz, etc)		A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO
Caja de llave		A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO
Tubería		A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO
Accesorios		A) BUENO	B) REGULAR	C) MALO
OBSERVACIONES: En época de estiaje estima entre 6:00 am a 9:00 am				

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA		
	"Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".		
TUTOR:	EMERSON AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ	FECHA:	
TESISTA:	FAUSTINO JHORGEN ARTEAGA MEJÍA		
A) FICHA DE ENCUESTA SOBRE CALIDAD Y CONTINUIDAD EN EL SERVICIO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LA JASS "El Porvenir"			
Vivienda N°:	71	N° de habitantes en la vivienda:	3
ENCUESTADO:	Maria Angélica Malca R.	FIRMA DEL ENCUESTADO:	<i>[Firma]</i>
Marcar la alternativa con una "X".			
1) ¿Cómo describiría usted la fuerza con la que llega el agua a su domicilio? A) Fuerte ☒ B) Medio ☐ C) Débil ☐			
2) ¿Qué tipo de almacenamiento de agua posee en su domicilio? (Marque una o más alternativas) A) No cuenta con ningún tipo de almacenamiento ☒ B) Bidones, baldes o recipientes móviles ☐ C) Tanque elevado (instalado en parte alta del domicilio) ☐ D) Otro: _____ ☐			
3) ¿Ha notado si el agua llega turbia, con color u olor extraño? A) SI ☒ B) NO ☐			
4) ¿Percibe olor o sabor a cloro en el agua que consume? A) SI ☒ B) NO ☐			
5) ¿Algún miembro de su familia ha tenido problemas de salud (como diarreas, vómitos o fiebre) en los últimos 3 meses que usted crea que podrían estar relacionados con el consumo de agua? A) SI ☐ B) NO ☒			
6) ¿Para qué utiliza principalmente el agua que recibe? (Marque una o más alternativas) A) Consumo humano ☒ B) Riego ☐ C) Negocio ☐ D) Otro: _____ ☐			
* Las siguientes preguntas están formuladas en función a la temporada de lluvia del año 2025 (Enero - Abril).		** Las siguientes preguntas están formuladas en función a la época de estiaje del año 2025 (Mayo - Agosto).	
7) ¿Con qué frecuencia dispone de agua a la semana? A) 7 días ☒ B) 5-6 días ☐ C) 3-4 días ☐ D) Menos de 3 días ☐		10) ¿Con qué frecuencia dispone de agua a la semana? A) 7 días ☒ B) 5-6 días ☐ C) 3-4 días ☐ D) Menos de 3 días ☐	
8) ¿Cuántas horas dispone de agua al día? A) 24 horas (Todo el día) ☒ B) Entre 12-18 horas ☐ C) <12 horas al día ☐ D) Otro: _____ ☐		11) ¿Cuántas horas dispone de agua al día? A) 24 horas (Todo el día) ☐ B) Entre 12-18 horas ☐ C) <12 horas al día ☐ D) Otro: 4h. ☒	
9) ¿Considera que el agua que recibe es suficiente para sus necesidades diarias? A) SI ☒ B) NO ☐		12) ¿Considera que el agua que recibe es suficiente para sus necesidades diarias? A) SI ☐ B) NO ☒	
B) EVALUACIÓN DE LAS CONEXIONES DOMICILIARIAS			
La evaluación será en base a la siguiente consideración:			
a) Bueno (Funciona correctamente, sin fugas)	b) Regular (Requiere mantenimiento, leve deterioro)	c) Malo (Fugas, deterioro o no funciona)	
Válvulas (Llave de paso, llave nariz, etc)	A) BUENO ☒	B) REGULAR ☐	C) MALO ☐
Caja de llave	A) BUENO ☒	B) REGULAR ☐	C) MALO ☐
Tubería	A) BUENO ☒	B) REGULAR ☐	C) MALO ☐
Accesorios	A) BUENO ☒	B) REGULAR ☐	C) MALO ☐
OBSERVACIONES: <u>Consumo agua hervida.</u>			

APÉNDICE Q. Resumen de la evaluación de los componentes del sistema en %.

	PARÁMETRO EVALUADO	ACTUAL	RECOMENDADO	UNIDADES	CUMPLE	SI	NO
Dimensionamiento hidráulico de la captación "El Guayao"	VOLUMEN DE CÁMARA HÚMEDA	286	608	L	NO	17%	83%
	ANCHO DE PANTALLA	0.7	1.26	L	NO		
	ALTURA TOTAL	0.6	0.86	L	NO		
	DIÁMETRO CANASTILLA	No tiene	4	in	NO		
	TUBERÍA DE LIMPIEZA Y REBOSE	4	4	in	SI		
	ESTADO FÍSICO	Regular	Bueno	-	NO		
	PARÁMETRO EVALUADO	ACTUAL	RECOMENDADO	UNIDADES	CUMPLE	SI	NO
Dimensionamiento hidráulico de la captación "Peje de Oro"	VOLUMEN DE CÁMARA HÚMEDA	1010	400	L	SI	33%	67%
	ANCHO DE PANTALLA	1	1.5	m	NO		
	ALTURA TOTAL	1.01	0.86	m	SI		
	DIÁMETRO CANASTILLA	No tiene	4	in	NO		
	TUBERÍA DE LIMPIEZA Y REBOSE	2"	4	in	NO		
	ESTADO FÍSICO	Malo	Bueno	-	NO		
	PARÁMETRO EVALUADO	ACTUAL	RECOMENDADO	UNIDADES	CUMPLE	SI	NO
Dimensionamiento hidráulico de la línea de conducción "TRAMO 1"	Diámetro de tubería	2	1" - 1.1/2"	in	NO	33%	67%
	ESTADO FÍSICO	Bueno	Bueno	-	SI		
	Criterios de instalación	Malo	Bueno	-	NO		
	PARÁMETRO EVALUADO	ACTUAL	RECOMENDADO	UNIDADES	CUMPLE	SI	NO
Dimensionamiento hidráulico de la línea de conducción "TRAMO 2"	Diámetro de tubería	2	1.1/2" - 3"	in	SI	67%	33%
	ESTADO FÍSICO	Bueno	Bueno	-	SI		
	Criterios de instalación	Regular	Bueno	-	NO		
	PARÁMETRO EVALUADO	ACTUAL	RECOMENDADO	UNIDADES	CUMPLE	SI	NO
Dimensionamiento hidráulico de reservorio "EL PORVENIR"	Volumen Útil	80	70	m3	SI	80%	20%
	Tubería de rebose	2	2	in	SI		
	Tubería de limpieza	4	4	in	SI		
	Canastilla	NO	SI	-	NO		
	ESTADO FÍSICO	Regular	Bueno	-	SI		

ANEXOS

ANEXO I. Panel Fotográfico.

Fotografía 1. Levantamiento topográfico.



Fotografía 2. Trabajo en gabinete con el Teniente de JASS.



Fotografía 3. Identificación y evaluación de la captación “Peje de Oro”.



Fotografía 4. Identificación y evaluación de la captación "El Guayao".



Fotografía 5. Identificación y evaluación del Reservorio "El Porvenir".



Fotografía 6. Lecturas de descensos de nivel de agua en el Reservorio.



Fotografía 7. Realización de calicatas en la Red de distribución.



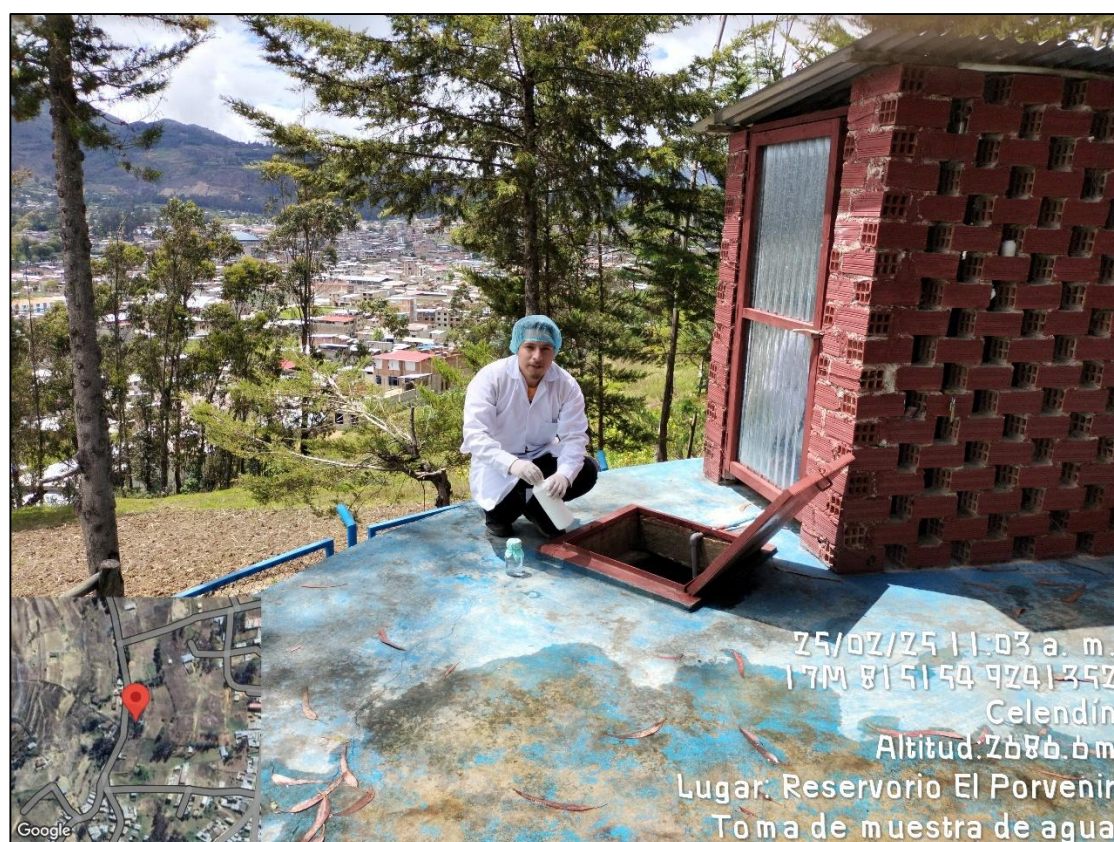
Fotografía 8. Lectura de presión en vivienda de la red de distribución.



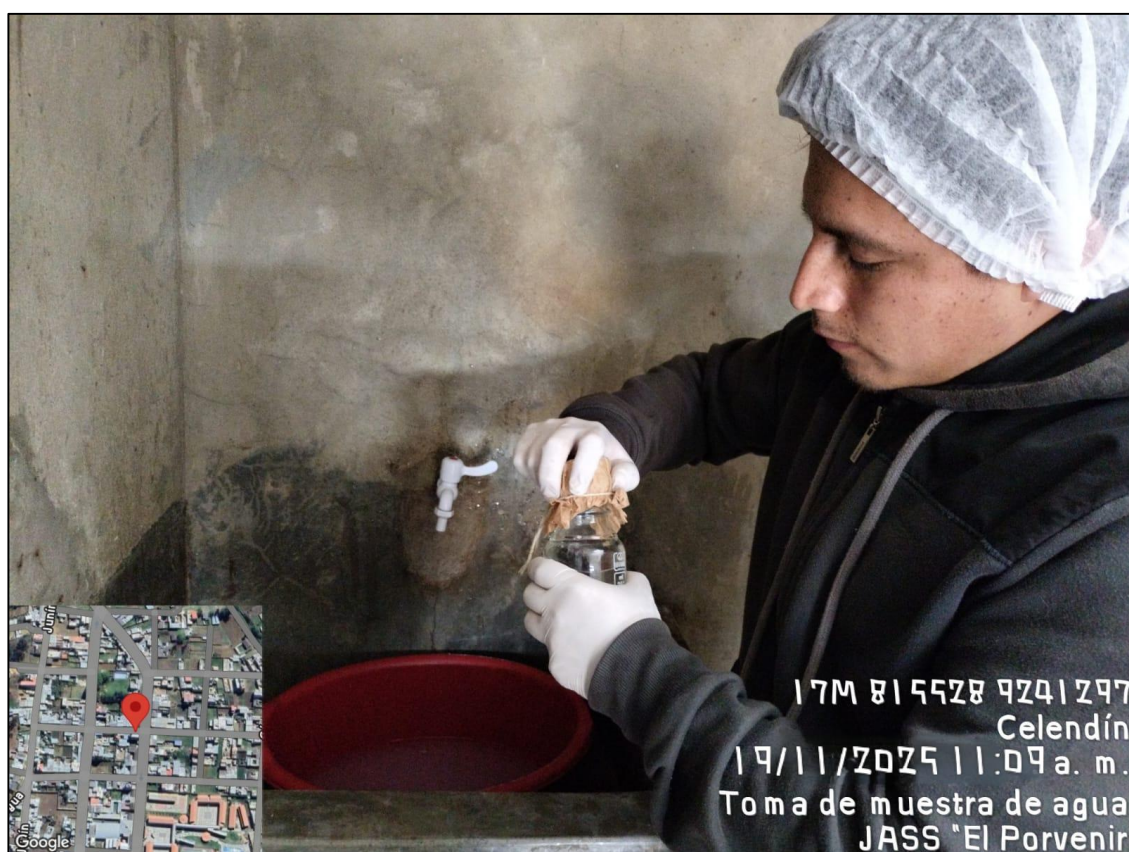
Fotografía 9. Aplicación de encuesta a 66 Usuarios de la JASS.



Fotografía 10. Toma de muestras de agua en el reservorio para el análisis en laboratorio.



Fotografía 11. Toma de muestras de agua para el análisis en laboratorio y medición de cloro.



ANEXO II. Características Técnicas de tubos NTP 399.002: 2015 (Revisada el 2022).

Diámetro		Longitud		Clase 5 SDR 41 72 PSI(5 bar)		Clase 7.5 SDR 27.7 108 PSI(7.5 bar)		Clase 10 SDR 21 145 PSI (10 bar)		Clase 15 SDR 14.3 215 PSI (15 bar)	
Nominal	Exterior	Total	Útil	Espesor	Peso	Espesor	Peso	Espesor	Peso	Espesor	Peso
Pulg	mm	m	m	mm	Kg/tubo	mm	Kg/tubo	mm	Kg/tubo	mm	Kg/tubo
1/2	21.0	5	4.97	-	-	-	-	1.8	0.84	1.8	0.84
3/4	26.5	5	4.96	-	-	-	-	1.8	1.08	1.8	1.08
1	33.0	5	4.96	-	-	-	-	1.8	1.36	2.3	1.72
1 1/4	42.0	5	4.96	-	-	1.8	1.75	2.0	1.94	2.9	2.75
1 1/2	48.0	5	4.96	-	-	1.8	2.02	2.3	2.55	3.3	3.58
2	60.0	5	4.95	1.8	2.54	2.2	3.08	2.9	4.02	4.2	5.69
2 1/2	73.0	5	4.94	1.8	3.11	2.6	4.44	3.5	5.90	5.1	8.40
3	88.5	5	4.93	2.2	4.60	3.2	6.62	4.2	8.59	6.2	12.38
4	114.0	5	4.90	2.8	7.56	4.1	10.94	5.4	14.24	8.0	20.59
6	168.0	5	4.86	4.1	16.32	6.1	23.99	8.0	31.09	-	-

Fuente: (PAVCO WAVIN)|

ANEXO III. Padrón de Usuarios Asociados en la JASS “El Porvenir”.

JASS "EL PORVENIR" - 2024			JASS "EL PORVENIR" - 2024			JASS "EL PORVENIR" - 2024		
Última actualización		4/09/2024	Última actualización		4/09/2024	Última actualización		4/09/2024
N°	USUARIOS ASOCIADOS		N°	USUARIOS ASOCIADOS		N°	USUARIOS ASOCIADOS	
1	Abanto Guevara Herminia		49	Hoyos Barboza Octavio		97	Quispe Huamán José Víctor	
2	Acosta Marín Rodolfo		50	Huamán Cabrera Francisca		98	Rabanal Lobato Rosa Nerina	
3	Anticona Guevara Leonidas		51	Huamán Chávez Alvina		99	Ramírez Muñoz Roció	
4	Arteaga de Briones Sabina		52	Huamán Díaz Adelmo		100	Ramos Espinoza Eliseo	
5	Arteaga Micha Medardo		53	Huamán Lozano Daniel		101	Rimache Fernández Felipe Santiago	
6	Barrena Vásquez Juan		54	Huamán Lozano Tito		102	Rimache Lozano Segundo Telmo	
7	Barrena Vásquez Marco Leoncio		55	Huamán Rubio Marcelino		103	Rodríguez Castañeda Bertha	
8	Belesmoro Salazar Francisco		56	Huamán Rubio María		104	Rodríguez Castañeda Corali	
9	Briones Leyva Elena		57	Huamán Vásquez Julia		105	Rodríguez Pérez Eusebio	
10	Briones Leyva Lorenzo		58	Huamán Vásquez Visitación		106	Rojas Díaz Roberto Carlos	
11	Briones Leyva Lucas		59	Human Mayta Jhon Elmer		107	Rojas Ruiz Lucila	
12	Briones Leyva María Esperanza		60	Infante Arteaga Isidora		108	Ruiz Bustamante Marcelo	
13	Briones Mejía Esteban		61	Lara Hoyos Beymer		109	Saldaña Campos María Francisca	
14	Briones Ruiz Wilder		62	Leyva Sánchez Luz		110	Saldaña Ramos Segundo	
15	Briones Vargas Magno		63	Leyva Uvalter Manuela		111	Sánchez Bardales Ángeles	
16	Briones Vásquez Marcela		64	Llamo Leyva Lorenzo		112	Sánchez Mejía Reinerio	
17	Briones Vásquez Marleni		65	Lobato Mego Yolanda		113	Sánchez Muñoz José Enemecio	
18	Briones Vásquez Pepe Rioli		66	Lozano Cotrina Segundo Manuel		114	Sánchez Solano Oscar	
19	Carranza Vásquez Fidel		67	Lozano Delgado Magno Andrés V		115	Sifuentes Leyva Darío	
20	Casa Comunal		68	Lumba Penas Idelmer		116	Silva Chávez Filomena	
21	Castañeda Vásquez Rosana		69	Malaver Malaver Esther Maribel		117	Silva Chávez Francisco Ramiro	
22	Chávez Chávez Humberto		70	Malaver Malaver Gladys Irene		118	Silva de Altamirano Antolina	
23	Chávez Cotrina Asbildro		71	Malca Ruiz María Angélica		119	Silva Muñoz Luis	
24	Chávez Cotrina Julia Lidia		72	Manosalva Vásquez Meladio		120	Silva Muñoz Oscar	
25	Chávez Cotrina María Hermila		73	Marco Bernal Napo		121	Silva Rodríguez Hitler Manuel	
26	Chávez Cotrina Zemilda		74	Marín Chávez Francisco		122	Silva Segura Humberto	
27	Chávez Rodrigo Onécimo Francisco		75	Marín Guevara Gladys Yaquelin		123	Soto Cubas Paulino	
28	Chávez Rodríguez Eduardo Rey		76	Marín Vásquez Segundo Moisés		124	Soto Cubas Santos Joba	
29	Correa Rodríguez Juana		77	Mayta Caruajulca José Wilder		125	Soto Salazar Elías	
30	Cotrina López Eladio		78	Mayta Yacopaico María Fraxila		126	Tantajulca Cotrina Pedro	
31	Cruz Mego Doris Isabel		79	Medina Lozano Jorge Wilson		127	Tavera Altamirano Faustino	
32	Delgado Lobato Elmer		80	Mego Briones Julio		128	Tejada Ramírez Dora	
33	Delgado Lobato Gladys		81	Mejía Fernández Wilder		129	Tello Rodríguez María Rosa	
34	Díaz Alva Lola Noemi		82	Mejía Mendoza Reinerio		130	Tello Saldaña Teresa	
35	Díaz López Eloy		83	Montoya Marín Eusebio		131	Terrones Mejía Medardo	
36	Díaz Marín Santos		84	Montoya Penas Blanca Maritza		132	Tirado Predes Segundo Humberto	
37	Díaz Sánchez Francisca		85	Morales Garay Palmira		133	Vásquez Becerra Juan Evangelista	
38	Díaz Sánchez Héctor Napoleón		86	Muñoz Ortiz María Fredesvinda		134	Vásquez Cubas Eusebio	
39	Fernández Guevara Lebi		87	Olivares Cotrina Francisco		135	Vásquez Lobato Andrea	
40	Figuerola Rodríguez Luz Angelica		88	Ortiz Ramírez Wilder		136	Vásquez Penas Juan	
41	Fuentes Lara Aníbal		89	Ortiz Velásquez Francisca		137	Vásquez Ramírez Jaime	
42	Gálvez Tello Agustó		90	Paredes Chacón Jesús Sabiniano		138	Vásquez Ramírez Miguel	
43	Guevara Barboza Gabino		91	Paredes Guevara Santos Hipólito		139	Vásquez Vargas Jaime	
44	Guevara Escobedo Corali		92	Pereyra Silva Sabina		140	Vila Mejía Carmen Emérita	
45	Guevara Ludeña Eladio		93	Pinedo Altamirano Santos		141	Olivares Cotrina Felineno	
46	Guevara Silva Grabiel		94	Pinedo Rabanal Miller Alejandro		142	Guevara Castañeda Cermila	
47	Guevara Tello Alejandro		95	Quevedo Ortiz César		143	López Días Melecio	
48	Guevara Vásquez Francisco		96	Quispe Cotrina Arsemio		144	Manosalva Palmas Wilmer	

ANEXO IV. Informe Técnico de la Red de Salud de Celendín del Análisis del agua.

	GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA DIRECCION REGIONAL DE SALUD RED DE SALUD SAN MIGUEL	
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”		
		
INFORME TÉCNICO N° 041- 2025-GR.CAJ/DRSC-RED-CEL/SA		
A	: LIC. ENF. MELCHORA JULCA ROJAS DIRECTORA DE LA RED DE SALUD CELENDÍN	
DE	: TEC. ENF. MARILU MUÑOZ ORTIZ COORD. SALUD AMBIENTAL – RED DE SALUD CELENDÍN	
Asunto	: Informe de Análisis y Riesgos Sanitarios de los Sistemas del Porvenir- Distrito de Celendín.	
Fecha	: 05 de marzo del 2025	

1. ANTECEDENTES.

1.1 En cumplimiento de la Resolución Ministerial N° 017-2025-MINSA que aprueba el Documento Técnico: Lineamientos para la Ejecución de los Recursos para la Vigilancia Sanitaria de la Calidad del Agua para Consumo Humano en las DIRESAS y GERESAS, se viene llevando a cabo la Vigilancia de la calidad del agua para consumo humano. Esta vigilancia incluye la inspección sanitaria simple y especializada, análisis bacteriológico, parasitológico, organolépticos, químicos inorgánicos y orgánicos, monitoreo de parámetros de campo y reporte de riesgos sanitarios, con el fin de garantizar la calidad del agua y proteger la salud de la población abastecida.

2. ANÁLISIS

2.1 De las competencias

2.1.1 La Dirección Regional de Salud – DIRESA/GERESA/DIRIS realiza la vigilancia y fiscalización sanitaria en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, en su jurisdicción y de ser el caso aplica las sanciones que correspondan; así como, declara la emergencia sanitaria el sistema de abastecimiento del agua para consumo humano cuando se requiera prevenir y controlar todo riesgo a la salud (artículo 9° del Decreto Supremo N° 031-2010-SA).

2.1.2 Las Municipalidades provinciales y distritales están encargadas de "Administrar y reglamentar directa o por concesión el servicio de agua potable, alcantarillado y desagüe, limpieza pública y tratamiento de residuos sólidos, cuando por economías de escala resulte eficiente centralizar provincialmente el servicio". (Inciso 2.1 e inciso 4.1, Art. 80° de la Ley Orgánica de Municipalidades, Ley N° 27972).

2.1.3 Los Proveedores del agua para consumo humano realizan el control y autocontrol de calidad en el sistema de abastecimiento de agua potable. "En este sentido, el proveedor a través de sus procedimientos garantiza el cumplimiento de las disposiciones y requisitos sanitarios del presente reglamento, y a través de prácticas de autocontrol, identifica fallas y adopta las medidas correctivas necesarias para asegurar la inocuidad del agua que provee" (artículo 19° del Decreto Supremo N° 031-2010-SA).



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

2.2 Actividades Operativas

2.2.1 Monitoreo de parámetros de campo

Los resultados del monitoreo de los parámetros de campo son los siguientes:

DISTRITO	SISTEMA DE AGUA	CENTRO POBLADO	PH	COLORO	CE (μS/cm)	Turbiedad (UNT)	T°	DS N°031-2010-SA
CELENDIN	SISTEMA EL PORVENIR	0603110009 - EL PORVENIR	6.82	0.07	373.70	1.50	19.3	NO CUMPLE

2.2.2 Análisis Bacteriológicos.

El análisis bacteriológico se realizó para determinar la presencia de coliformes totales y fecales:

DISTRITO	SISTEMA DE AGUA	CENTRO POBLADO	COLIFORMES TOTAL (UFC/100 MI)	COLIFORMES FECAL (UFC/100 MI)	DS N°031-2010-SA
CELENDIN	EL PORVENIR	EL PORVENIR	<200 (VIVIENDA)	3 (VIVIENDA)	NO CUMPLE EN LAS VIVIENDAS

3.-CONCLUSIONES.

- 1) Sistema – EL PORVENIR – Centro poblado (EL PORVENIR)
 - o Los parámetros no se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP), en cumplimiento del DS N°031-2010-SA
 - o Se detectó presencia de coliformes totales y fecales en la muestra tomada en la vivienda, estando fuera de los Límites Máximos Permisibles (LMP) de acuerdo al DS N°031-2010-SA.

4.- RECOMENDACIONES.

- a) Elevar el presente informe a la Dirección, para que, pueda ser remitido a los Proveedores de agua de los sistemas analizados y al Gobierno Local de su jurisdicción, para que se tomen las medidas preventivas y correctivas de corresponder.
- b) Implementar acciones correctivas para eliminar la presencia de coliformes totales y fecales en toda la red de conexión, tales como la limpieza y desinfección del sistema.
- c) Realizar un monitoreo más frecuente para garantizar la eficacia de las medidas correctivas

Adjunto resultados de laboratorio de las muestras de agua.

Atentamente.

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA
RED DE SALUD CELENDIN

TEC. EN CIENCIAS DE LA SALUD
COORDINADORA DE SALUD AMBIENTAL

ANEXO V. Informe de ensayo de laboratorio de análisis de agua.

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA		GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA		LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA		CON REGISTRO N° LE-084	
						Registro N° LE - 084	
INFORME DE ENSAYO N°				IE 11251598			
DATOS DEL CLIENTE							
Razon Social/Nombre	ARTEAGA MEJÍA FAUSTINO JHOREN						
Dirección	JR. MAUTO CILES S/N						
Persona de contacto	ARTEAGA MEJÍA FAUSTINO JHOREN			Correo electrónico	melidicoarteaga2020@gmail.com		
DATOS DE LA MUESTRA							
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-	Matriz	Agua		
Procedimiento de Muestreo	-				Categorías		
		Natural	☐	Salina	☐		
Tipo de Muestreo	Puntual	Residual	☐	Uso y Consumo Humano	☒		
Número de puntos de muestreo	01	Proceso	☐				
Ensayos solicitados	Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos- Microbiológicos						
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación						
Referencia de la Muestra:	Celendin- Cajamarca						
Observaciones:	-						
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO							
N° Contrato	SC-1613-2025		Cadena de Custodia	CC - 1598 - 25			
Fecha y Hora de Recepción	19.11.25	15:13	Inicio de Ensayo	19.11.25	15:20		
Reporte Resultado	28.11.25	17:40	Lugar de ejecución de ensayos	Laboratorio Regional del Agua (LRA)- Cajamarca			
							
Firmado digitalmente por COLINA VENEGAS Juan Jose FAU 20453744168 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 01/12/2025 07:21 p.m.							
Escanear Código QR		Juan Colina Venegas Especialista de Gestión de Calidad CBP: 10220					
							
Cajamarca, 28 de Noviembre de 2025							
JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FON: 076-600040 anexo 1140							

INFORME DE ENSAYO N° IE 11251598

ENSAYOS			Químicos Instrumentales					
Código de la Muestra	JASS El Porvenir		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	11251598-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	Agua de Uso y Consumo Humano- de Bebida		-	-	-	-	-	-
Fecha- Hora Muestreo	19.11.25 10:13		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Celendin- Cajamarca		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.019	<LCM	-	-	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.023	<LCM	-	-	-	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.005	<LCM	-	-	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.026	<LCM	-	-	-	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.004	0.024	-	-	-	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.003	<LCM	-	-	-	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	-	-	-	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.124	49.450	-	-	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	-	-	-	-	-
Cerio (Ce)	mg/L	0.004	<LCM	-	-	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	-	-	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.003	<LCM	-	-	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.018	<LCM	-	-	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.023	<LCM	-	-	-	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.051	0.328	-	-	-	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.005	<LCM	-	-	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.019	6.238	-	-	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.003	<LCM	-	-	-	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	-	-	-	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.026	2.261	-	-	-	-	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.006	<LCM	-	-	-	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.024	<LCM	-	-	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.004	<LCM	-	-	-	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.091	1.557	-	-	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	-	-	-	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.007	<LCM	-	-	-	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.104	4.616	-	-	-	-	-
Estaño (Sn)	mg/L	0.007	<LCM	-	-	-	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.003	0.329	-	-	-	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	<LCM	-	-	-	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	-	-	-	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	-	-	-	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.004	<LCM	-	-	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.018	<LCM	-	-	-	-	-
Sílice (SiO2)	mg/L	0.223	9.874	-	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 01/12/2025 08:50 p. m.

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorio@regioncajamarca.gob.pe / laboratorio@regioncajamarca@hotmail.com FON 0-076-600040 anexo 1140

Cajamarca, 28 de Noviembre de 2025

Página: 2 de 5

INFORME DE ENSAYO N° IE 11251598

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos					
Código de la Muestra	JASS El Porvenir		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	11251598-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	Agua de Uso y Consumo Humano- de Bebida		-	-	-	-	-	-
Fecha- Hora Muestreo	19.11.25 10:13		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Celendin- Cajamarca		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos					
Turbidez	NTU	0.09	0.33	-	-	-	-	-
pH a 25°C	pH	NA	7.82	-	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad.
Fecha: 01/12/2025 08:50 p. m.

Cajamarca, 28 de Noviembre de 2025

Página: 3 de 5

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorio@regioncajamarca.gob.pe / laboratorio@regioncajamarca@hotmail.com FON: 076-600040 anexo 1140

INFORME DE ENSAYO N° IE 11251598

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra	JASS El Porvenir		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	11251598-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	Agua de Uso y Consumo Humano-de Bebida		-	-	-	-	-	-
Fecha- Hora Muestreo	19.11.25 10:13		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Celendin-Cajamarca		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.1	>23	-	-	-	-	-
Escherichia coli	NMP/ 100mL	1.1	3.6	-	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
COLINA VENEGAS Juan Jose
FAU 20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 01/12/2025 07:21 p.m.

Cajamarca, 28 de Noviembre de 2025

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorio dela gua@regioncajamarca.gob.pe / laboratorio dela gua@hotmail.com FON O: 076-600040 anexo 1140

Página: 4 de 5

INFORME DE ENSAYO N°

IE 11251598

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cr, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, SiO ₂ , Sn, Sr, Ti, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado-Modificado) 2020 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Turbidez	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24 th Ed. 2023: Turbidity, Nephelometric Method
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24 th Ed. 2023: pH Value, Electrometric Method
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C, 24 th Ed. 2023: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique
Escherichia coli	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Other Escherichia coli Procedures

NOTAS FINALES

- ✓ "Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida NTP-ISO/IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio".
- ✓ "Este informe de ensayo/certificado de calibración/informe de resultados, al estar en el marco de la acreditación del INACAL – DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC".
- ✓ LRA-GRC ASEGURA LA CONFIABILIDAD Y CONFIDENCIALIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO.
- ✓ Los resultados indicados en este informe corresponden única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua, según cotización y cadena de custodia.
- ✓ Cuando la muestra es tomada por el cliente: El Laboratorio Regional del Agua no se responsabiliza por la exactitud o la verificación de la información sobre la muestra. Los resultados del ensayo están basados en la muestra tal como fue recibida y en los datos proporcionados por el cliente.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días después de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.
- ✓ El código QR permitirá la visualización y descarga del documento (según oficio múltiple N° 027-2024-INACAL/DA), por lo que, una vez emitido el informe de ensayo, queda bajo responsabilidad del cliente a quien le de acceso dicho código; además, el link vinculado al código QR también se proporcionará al repositorio del INACAL (según oficio múltiple N° 020-2024-INACAL/DA) para consultas sobre autenticaciones, falsificaciones o adulteraciones del presente documento.
- ✓ Le recordamos que dispone de 30 días calendario desde la fecha de emisión de este informe para presentar cualquier queja, reclamo o solicitar correcciones. Pasado este plazo, no se aceptarán modificaciones ni reclamaciones asociadas al presente informe.

--- Fin del documento ---

Código del Formato: P-23-F01 Ver: 04 Fecha : 06/05/2025

Cajamarca, 28 de Noviembre de 2025



Firmado digitalmente por
COLINA VENEGAS Juan Jose
FAU 20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 01/12/2025 07:21 p.m.

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorio del agua@regioncajamarca.gob.pe / laboratorio del agua@hotmail.com FONOS: 076-600040 anexo 1140

Página: 5 de 5

ANEXO VI. Certificados de Calibración de manómetros.



S&H INGENIEROS SRL
Ruc : 20231363255

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 057



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Calibración
Acreditado
Registro N° LC - 057

CERTIFICADO DE CALIBRACION
MN-2024-SH-0156

Expediente: LP-2024-SH-0156

1. Solicitante : JAC ENERGY S.A.C

2. Direccion : JR. FERNANDO BELAUNDE NRO. S/N BAR. MOLLEPAMPA
(ENTRE CENEPY Y TAHUANTINSUYO)
CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

3. Instrumento : INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE PRESIÓN RELATIVA

Descripción : MANÓMETRO

Intervalo de indicación : 0 psi a 160 psi / 0 bar a 11 bar

Resolución : 2 psi / 0,2 bar

Marca : AST

Modelo : NO INDICA

N° de serie : NO INDICA

Código de identificación : 02-358 [*]

Procedencia : NO INDICA

Clase de exactitud : 1,6

Diametro de conexión : 1/4" NPT

Diametro de caja : 2,5"

Tipo de indicación : ANALÓGICA

Tipo de sensor : DEFORMACIÓN ELÁSTICA

4. Fecha de calibración : 2024-10-16

5. Lugar de calibración : LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE PRESIÓN Y VACÍO DE S&H INGENIEROS - SEDE CHICLAYO

6. Fecha de emisión : 2024-10-16

7. Sticker de calibración N° : N0349

8. Metodo de calibracion :
Método de comparación directa, según el procedimiento de calibración ME-003 para la calibración de manómetros, vacuómetros y manovacúómetros, del CEM. Ed 3, 2019.

9. Trazabilidad :
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Los resultados del presente certificado se refieren al momento y condiciones en el que se realizaron las mediciones y son válidos solo para el ítem calibrado identificado con el sticker de calibración con número indicado en el punto 7 del presente certificado. Estos datos también se encuentran en el ítem calibrado para su respectiva identificación.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Se recomienda al usuario calibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

S&H Ingenieros S.R.L no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de S&H Ingenieros S.R.L.

El certificado de calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.

El certificado de calibración no es válido sin el sticker de calibración y sin la firma del responsable del área de S&H Ingenieros S.R.L.

CRISTHIAN E. FERNANDEZ ARCELA
Responsable del área
Laboratorio de calibración



Nombre del equipo	Código	Certificado de calibración
Manómetro patrón	MNP-300-01	LFP-371-2023 / INACAL Incertidumbre de 0,001 bar

10. Condiciones ambientales :

	Inicio	Final
Temperatura ambiental	: 20,4 °C	21,5 °C
Humedad	: 70%	70%
Presión atmosférica	: 1010 mbar	1010 mbar

Consulte la emisión de este certificado en:
<https://syhing.com/certificacion/>
También lo puede hacer escaneando el código QR,
con cualquier lector de códigos desde su smartphone.

Revisado: CC / Aprobado: GG

FR/LP-OP-003 / Versión 01, 01 de enero del 2023

Página 1 de 2

Predio Los Arenales Sub Lote B-1C Pimentel - Chiclayo - Lambayeque
Atención al cliente: 972458381 / E-mail: laboratorio@sh.com.pe / Web: www.sh.com.pe

167

**CERTIFICADO DE CALIBRACION
MN-2024-SH-0157**

Expediente: **LP-2024-SH-0157**

1. Solicitante : JAC ENERGY S.A.C
2. Direccion : JR. FERNANDO BELAUNDE NRO. S/N BAR. MOLLEPAMPA
(ENTRE CENEPY Y TAHUANTINSUYO)
CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA
3. Instrumento : INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE PRESIÓN RELATIVA
- Descripción : MANÓMETRO
- Intervalo de indicación : 0 psi a 100 psi / 0 bar a 7 bar
- Resolución : 2 psi / 0,1 bar
- Marca : AST
- Modelo : NO INDICA
- N° de serie : NO INDICA
- Código de identificación : 02-359 [*]
- Procedencia : NO INDICA
- Clase de exactitud : 2,5
- Diametro de conexión : 1/4" NPT
- Diametro de caja : 2,5"
- Tipo de indicación : ANALÓGICA
- Tipo de sensor : DEFORMACIÓN ELÁSTICA
4. Fecha de calibración : 2024-10-16
5. Lugar de calibración : LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE PRESIÓN Y VACÍO DE S&H
INGENIEROS - SEDE CHICLAYO
6. Fecha de emisión : 2024-10-16
7. Sticker de calibración N° : N0350
8. Metodo de calibracion :
Método de comparación directa, según el procedimiento de calibración ME-003 para la calibración de manómetros, vacuómetros y manovacúómetros, del CEM. Ed 3, 2019.
9. Trazabilidad :
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Nombre del equipo	Código	Certificado de calibración
Manómetro patrón	MNP-300-01	LFP-371-2023 / INACAL Incertidumbre de 0,001 bar

10. Condiciones ambientales :

	Inicio	Final
Temperatura ambiental	: 21,8 °C	22,0 °C
Humedad	: 71%	71%
Presión atmosférica	: 1010 mbar	1010 mbar

Los resultados del presente certificado se refieren al momento y condiciones en el que se realizaron las mediciones y son válidos solo para el ítem calibrado identificado con el sticker de calibración con número indicado en el punto 7 del presente certificado. Estos datos también se encuentran en el ítem calibrado para su respectiva identificación.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Se recomienda al usuario calibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

S&H Ingenieros S.R.L no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de S&H Ingenieros S.R.L.

El certificado de calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia.

El certificado de calibración no es válido sin el sticker de calibración y sin la firma del responsable del área de S&H Ingenieros S.R.L.

CRISTHIAN E. FERNANDEZ ARCELA
Responsable del área
Laboratorio de calibración



Consulte la emisión de este certificado en:
<https://syhing.com/certificacion/>
También lo puede hacer escaneando el código QR,
con cualquier lector de códigos desde su smartphone.

ANEXO VII. Certificados de Calibración de Estación Total.



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN
EQUIPOS DE GEODESIA Y TOPOGRAFÍA
MANTENIMIENTO – CALIBRACIÓN – VENTAS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

N° 001 274 - 1 de 2

N°: 001 274

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Cliente: JEMBERS JACKSON ALVA BRIONES
Instrumento: ESTACIÓN TOTAL
Fecha de emisión: 22/10/2024
Próxima calibración: 22/04/2025

RUC: 47918374
Marca: TOPCON
Modelo: GTS-102N
Serie: 205633

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SEGÚN FABRICANTE

Precisión del EDM		Compensador centralizado de cuádruple eje:	
0m - 500m :	1.5mm + 2ppm	doble eje:	Índice vertical
>500m :	2mm + 2ppm	doble eje:	Índice horizontal
Abertura libre del objetivo:	40mm	Resolución nivel electrónico:	1"
Telescopio imagen directa:	30x	Plomada laser	
Lectura mínima	1"/3"	Precisión	1,5 mm a 1.5m de altura
Precisión angular	1"	Diámetro	2.5mm a 1.5m de altura

AJUSTES DE EQUIPO

ESTADO VISIBLE DEL EQUIPO		PANEL DE CONTROL		MECÁNICA DEL EQUIPO		BASE NIVELANTE	
Color	OK	Leyenda de teclado	OK	Rotación horizontal	OK	Nivel esférico	OK
Limpieza	OK	Condición física	OK	Rotación EDM	OK	Tornillos nivelantes	OK
Estado físico/mecánico	OK	Funciones de teclado	OK			Condición física/mecánica	OK

REVISIÓN

Puntero laser	OK	Doble centro	OK
Plomada laser	OK	Error vertical	OK
Perpendicularidad	OK	Error horizontal	OK

PATRÓN DE MEDIDAS ANGULARES

Ángulo Hz	00°00'00"	Rot-Der	180°00'00"
Ángulo V	90°00'00"	Rot-Der	270°00'00"
Ángulo de elevación	60°00'00"	Depresión	120°00'00"

VALORES ANGULARES INICIALES LEÍDOS EN EL INSTRUMENTO

Ángulo Hz	00°00'00"	Rot-Der	180°00'04"
Ángulo V	90°00'00"	Rot	270°00'06"
Muñones V	60°00'00"	Rot	300°00'06"
Muñones Hz	00°00'00"	Rot	180°00'07"

EL INSTRUMENTO SE ENCUENTRA REVISADO, CALIBRADO, AJUSTADO Y VERIFICADO. SE TOMÓ COMO REFERENCIA EL ESTÁNDAR DE LA NORMA ISO 17123 "OPTICS AND OPTICAL INSTRUMENTS", POR LA CUAL SE GARANTIZA SU CORRECTO Y NORMAL FUNCIONAMIENTO.

VALORES ANGULARES CORREGIR

Ángulo Hz	00°00'04"
Ángulo V	00°00'06"
Muñones V	00°00'05"
Muñones Hz	00°00'07"

PRESIÓN ANGULAR

Grados °	Minutos '	Segundos "
+	00°	00' 01"
-	00°	00' 01"

VALORES ANGULARES INICIALES LEÍDOS EN EL INSTRUMENTO

Ángulo Hz	00°00'00"	Rot-Der	180°00'00"
Ángulo V	90°00'00"	Rot	270°00'00"
Muñones V	60°00'00"	Rot	300°00'00"
Muñones Hz	00°00'00"	Rot	180°00'01"

DESVIACIÓN ANGULAR FINAL

Δ	+00"
Δ	+00"
Δ	+00"
Δ	+01"

Cal. Cueva de los tayos N°340 Urb. Víctor Raúl Haya de la Torre - Cajamarca - Celular: 943596104 - email: consilabsac@gmail.com

ANEXO VIII. Carta de autorización de acceso de la JASS El Porvenir para estudio.

Autorización para acceso y evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable sin alteración de la infraestructura.

Yo, Roberto Carlos Rojas Díaz,
identificado con DNI N° 44 75 9256, de
profesión Docente, y actualmente desempeñándome como
Teniente y Secretario de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento
(JASS) de la Urbanización El Porvenir.

Por medio de la presente, autorizo al bachiller
Faustino Jhorgen Arteaga Mejía, identificado con DNI
N° 75469001, el acceso a nuestro sistema de abastecimiento de
agua potable para la realización de su tesis titulada "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA URBANIZACIÓN EL
PORVENIR, DISTRITO Y PROVINCIA DE CELENDÍN, REGIÓN CAJAMARCA,
2025". Dicho proyecto tiene como objetivo realizar la evaluación hidráulica del sistema de
agua potable administrada por la JASS El Porvenir, para lo cual necesita el acceso a nuestras
infraestructuras para realizar el diagnóstico e inspección técnica del sistema de agua potable
de la Urbanización El Porvenir.

Se concede el permiso para la evaluación del sistema para un periodo de 4 meses (de enero
a abril de 2025) conforme a su cronograma de investigación. No se autoriza ningún tipo de
intervención que implique picado, rotura o perforaciones de concreto o tuberías existentes en
el sistema. Todo acceso a llaves y acceso al Sistema se realizará con previas coordinaciones
anticipadas entre el encargado y el investigador.

Atentamente:

Celendín, 23 de diciembre de 2024.



Roberto Carlos Rojas Díaz
DNI: 44759256

Faustino Jhorgen Arteaga Mejía
DNI: 75469001

ANEXO IX. Constancia de validación de información.



Universidad Nacional de Cajamarca "Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

TESIS: "Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".



"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN

Yo Roberto Carlos Rojas Díaz; identificado con
DNI N° 44 759256, que en la actualidad me encuentro laborando
como Gasfitero y cargo administrativo en JASS "El Porvenir".

Por medio de la presente hago constar que, con fines de validar la información de la verificación de diámetros en las tuberías realizado con calicatas en la red de distribución de agua potable administrada por la JASS El Porvenir teniendo como diámetros de 2", 1", 3/4" y 1/2", así mismo al dimensionamiento de los componentes del SAP y actual funcionamiento, mismas que fueron representadas en planos y fichas de inspección técnica, además la información brindada de un total de 144 usuarios asociados, para el informe de investigación del Bachiller en Ingeniería Sanitaria Faustino Jhorgen Arteaga Mejía identificado con DNI N° 75469001.

Para el sustento de INFORME DE INVESTIGACIÓN titulada "Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025", el cual será presentado a la Universidad Nacional de Cajamarca, para la obtención del título de Ingeniero Sanitario.

Luego de dar visto bueno a la información pertinente, puedo indicar que la información brindada por el Tesista sobre la información del SAP, administrada por la JASS El Porvenir; es verdadero.

a) Aplicable (X) Aplicable después de corregir () No aplicable ()

FIRMA Y SELLO:



ANEXO X. Constancia de validación de instrumentos.



Universidad Nacional de Cajamarca "Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

TESIS: "Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Yo JULIO CÉSAR SÁNCHEZ PINEDO.....; identificado con
DNI N° 27041535 CIP N° 49075..... de profesión ING° CIVIL....., en ejercicio, que
en la actualidad me encuentro laborando como DOCENTE CONTRATADO
EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA - FILIAL CELEUDÍN
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE RECURSOS HIDRICOS......

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento de evaluación, para el informe de investigación del Bachiller en Ingeniería Sanitaria Faustino Jhorgen Arteaga Mejía identificado con DNI N° 75469001.

Para el sustento de INFORME DE INVESTIGACIÓN titulada "Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025", el cual será presentado a la Universidad Nacional de Cajamarca, para la obtención del título de Ingeniero Sanitario.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:



Universidad Nacional de Cajamarca
"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

TESIS: "Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA	
"Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".	
TUTOR:	EMERSON AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ
FECHA:	
TESISTA:	FAUSTINO JHORGEN ARTEAGA MEJÍA

A) FICHA DE ENCUESTA SOBRE CALIDAD Y CONTINUIDAD EN EL SERVICIO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA JASS "El Porvenir".

Vivienda N°	N° de Habitantes en la vivienda:
ENCUESTADO:	FIRMA DEL ENCUESTADO:

Las siguientes preguntas son consideradas en base a temporadas de lluvia durante el año.

Las siguientes preguntas son consideradas en base a la época de estiaje durante el año.

Marcar la respuesta con una "X"	Marcar la respuesta con una "X"
1) ¿Cómo describiría usted la fuerza con la que llega el agua a su domicilio? A) Fuerte B) Media C) Débil	1) ¿Cómo describiría usted la fuerza con la que llega el agua a su domicilio? A) Fuerte B) Media C) Débil
2) ¿Qué tipo de almacenamiento de agua posee en su domicilio? (Marque una o más alternativas) A) No cuenta con ningún tipo de almacenamiento B) Bidones, baldes o recipientes móviles C) Tanque elevado (instalado en parte alta del domicilio) D) Otro: _____	2) ¿Qué tipo de almacenamiento de agua posee en su domicilio? (Marque una o más alternativas) A) No cuenta con ningún tipo de almacenamiento B) Bidones, baldes o recipientes móviles C) Tanque elevado (instalado en parte alta del domicilio) D) Otro: _____
3) ¿Ha notado si el agua llega turbia, con color u olor extraño? A) SI B) NO	3) ¿Ha notado si el agua llega turbia, con color u olor extraño? A) SI B) NO
4) ¿Percibe que el agua tiene cloro? A) SI B) No	4) ¿Percibe que el agua tiene cloro? A) SI B) No
5) ¿Ha presentado su familia algún problema de salud posiblemente relacionado al agua que consumen? A) SI B) NO	5) ¿Ha presentado su familia algún problema de salud posiblemente relacionado al agua que consumen? A) SI B) NO
6) ¿Para qué utiliza principalmente el agua que recibe? A) Consumo humano B) Riego C) Negocio D) Otro: _____	6) ¿Para qué utiliza principalmente el agua que recibe? A) Consumo humano B) Riego C) Negocio D) Otro: _____
7) ¿Con qué frecuencia dispone de agua a la semana? A) 7 días B) 5-6 días C) 3-4 días D) Menos de 3 días	7) ¿Con qué frecuencia dispone de agua a la semana? A) 7 días B) 5-6 días C) 3-4 días D) Menos de 3 días
8) ¿Cuántas horas dispone de agua al día? A) 24 horas (Todo el día) B) entre 12-18 horas C) <12 horas al día D) Un horario: _____	8) ¿Cuántas horas dispone de agua al día? A) 24 horas (Todo el día) B) entre 12-18 horas C) <12 horas al día D) Un horario: _____
9) ¿Considera que el agua que recibe es suficiente para sus necesidades diarias? A) SI B) NO	9) ¿Considera que el agua que recibe es suficiente para sus necesidades diarias? A) SI B) NO

B) EVALUACIÓN DE LAS CONEXIONES DOMICILIARIAS

La evaluación será en base a la siguiente consideración

A) Bueno (Funciona correctamente, sin fugas)	B) Regular (Requiere mantenimiento, leve deterioro)	C) Malo (Fugas, deterioro o no funciona)
Válvulas (Llave de paso)	A) BUENO	B) REGULAR C) MALO
Caja de llave	A) BUENO	B) REGULAR C) MALO
Tubería	A) BUENO	B) REGULAR C) MALO
Accesorios	A) BUENO	B) REGULAR C) MALO
Válvulas (Llave Nariz, etc)	A) BUENO	B) REGULAR C) MALO

OBSERVACIONES:



Universidad Nacional de Cajamarca
"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

TESIS: "Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

Observaciones (Precisar):NINGUNA.....

Opinión de Aplicabilidad:

- a) Aplicable (X)
- b) Aplicable después de corregir ()
- c) No aplicable ()

Apellidos y nombre del juez validador: SÁNCHEZ PINEDO, JULIO CÉSAR

DNI N°: 27041535

Especialidad del validador: ING° CIVIL

FIRMA Y SELLO:


Julio César Sánchez Pinedo
Ingeniero Civil
REG. CIP N° 49075



Universidad Nacional de Cajamarca
"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

TESIS: "Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Yo Elmer Bustamante Valdivia; identificado con
DNI N° 43251835 CIP N° 139745 de profesión Ingeniero Civil, en ejercicio, que
en la actualidad me encuentro laborando como consultor de obras
publicas — Delegado de Ingeniería Sanitaria CIP en
la Municipalidad Provincial de Cajamarca.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento de
evaluación, para el informe de investigación del Bachiller en Ingeniería Sanitaria Faustino Jhorgen
Arteaga Mejía identificado con DNI N° 75469001.

Para el sustento de INFORME DE INVESTIGACIÓN titulada "Evaluación Hidráulica del Sistema de
Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región
Cajamarca, 2025", el cual será presentado a la Universidad Nacional de Cajamarca, para la obtención
del título de Ingeniero Sanitario.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:


Elmer Bustamante Valdivia
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 133745



Universidad Nacional de Cajamarca
"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

TESIS: "Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA	
"Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".	
TUTOR:	EMERSON AGUSTÍN MEDINA CHÁVEZ
FECHA:	
TESISTA:	FAUSTINO JHORGEN ARTEAGA MEJÍA

A) FICHA DE ENCUESTA SOBRE CALIDAD Y CONTINUIDAD EN EL SERVICIO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA JASS "El Porvenir".

Vivienda N°	N° de Habitantes en la vivienda:
ENCUESTADO:	FIRMA DEL ENCUESTADO:

Las siguientes preguntas son consideradas en base a temporadas de lluvia durante el año.

Las siguientes preguntas son consideradas en base a la época de estiaje durante el año.

Marcar la respuesta con una "X"

Marcar la respuesta con una "X"

1) ¿Cómo describiría usted la fuerza con la que llega el agua a su domicilio? A) Fuerte B) Media ☒ C) Débil	1) ¿Cómo describiría usted la fuerza con la que llega el agua a su domicilio? A) Fuerte B) Media ☒ C) Débil
2) ¿Qué tipo de almacenamiento de agua posee en su domicilio? (Marque una o más alternativas) A) No cuenta con ningún tipo de almacenamiento B) Bidones, baldes o recipientes móviles C) Tanque elevado (instalado en parte alta del domicilio) ☒ D) Otro: _____	2) ¿Qué tipo de almacenamiento de agua posee en su domicilio? (Marque una o más alternativas) A) No cuenta con ningún tipo de almacenamiento B) Bidones, baldes o recipientes móviles C) Tanque elevado (instalado en parte alta del domicilio) ☒ D) Otro: _____
3) ¿Ha notado si el agua llega turbia, con color u olor extraño? A) SI B) NO ☒	3) ¿Ha notado si el agua llega turbia, con color u olor extraño? A) SI B) NO ☒
4) ¿Percibe que el agua tiene cloro? A) SI ☒ B) No	4) ¿Percibe que el agua tiene cloro? A) SI ☒ B) No
5) ¿Ha presentado su familia algún problema de salud posiblemente relacionado al agua que consumen? A) SI B) NO ☒	5) ¿Ha presentado su familia algún problema de salud posiblemente relacionado al agua que consumen? A) SI B) NO ☒
6) ¿Para qué utiliza principalmente el agua que recibe? A) Consumo humano ☒ B) Riego C) Negocio D) Otro: _____	6) ¿Para qué utiliza principalmente el agua que recibe? A) Consumo humano ☒ B) Riego C) Negocio D) Otro: _____
7) ¿Con qué frecuencia dispone de agua a la semana? A) 7 días ☒ B) 5-6 días C) 3-4 días D) Menos de 3 días	7) ¿Con qué frecuencia dispone de agua a la semana? A) 7 días B) 5-6 días ☒ C) 3-4 días D) Menos de 3 días
8) ¿Cuántas horas dispone de agua al día? A) 24 horas (Todo el día) ☒ B) entre 12-18 horas C) <12 horas al día D) Un horario: _____	8) ¿Cuántas horas dispone de agua al día? A) 24 horas (Todo el día) ☒ B) entre 12-18 horas C) <12 horas al día D) Un horario: _____
9) ¿Considera que el agua que recibe es suficiente para sus necesidades diarias? A) SI ☒ B) NO	9) ¿Considera que el agua que recibe es suficiente para sus necesidades diarias? A) SI ☒ B) NO

B) EVALUACIÓN DE LAS CONEXIONES DOMICILIARIAS

La evaluación será en base a la siguiente consideración

A) Bueno (Funciona correctamente, sin fugas)	B) Regular (Requiere mantenimiento, leve deterioro) ☒	C) Malo (Fugas, deterioro o no funciona)
Válvulas (Llave de paso)	A) BUENO B) REGULAR ☒ C) MALO	
Caja de llave	A) BUENO B) REGULAR ☒ C) MALO	
Tubería	A) BUENO ☒ B) REGULAR C) MALO	
Accesorios	A) BUENO ☒ B) REGULAR C) MALO	
Válvulas (Llave Nariz, etc)	A) BUENO B) REGULAR ☒ C) MALO	

OBSERVACIONES:



Universidad Nacional de Cajamarca
"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

TESIS: "Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

Observaciones (Precisar): *No se precisa ninguna*
observación

Opinión de Aplicabilidad:

- a) Aplicable (X)
- b) Aplicable después de corregir ()
- c) No aplicable ()

Apellidos y nombre del juez validador: *Bustamante Valdivia Elmer*

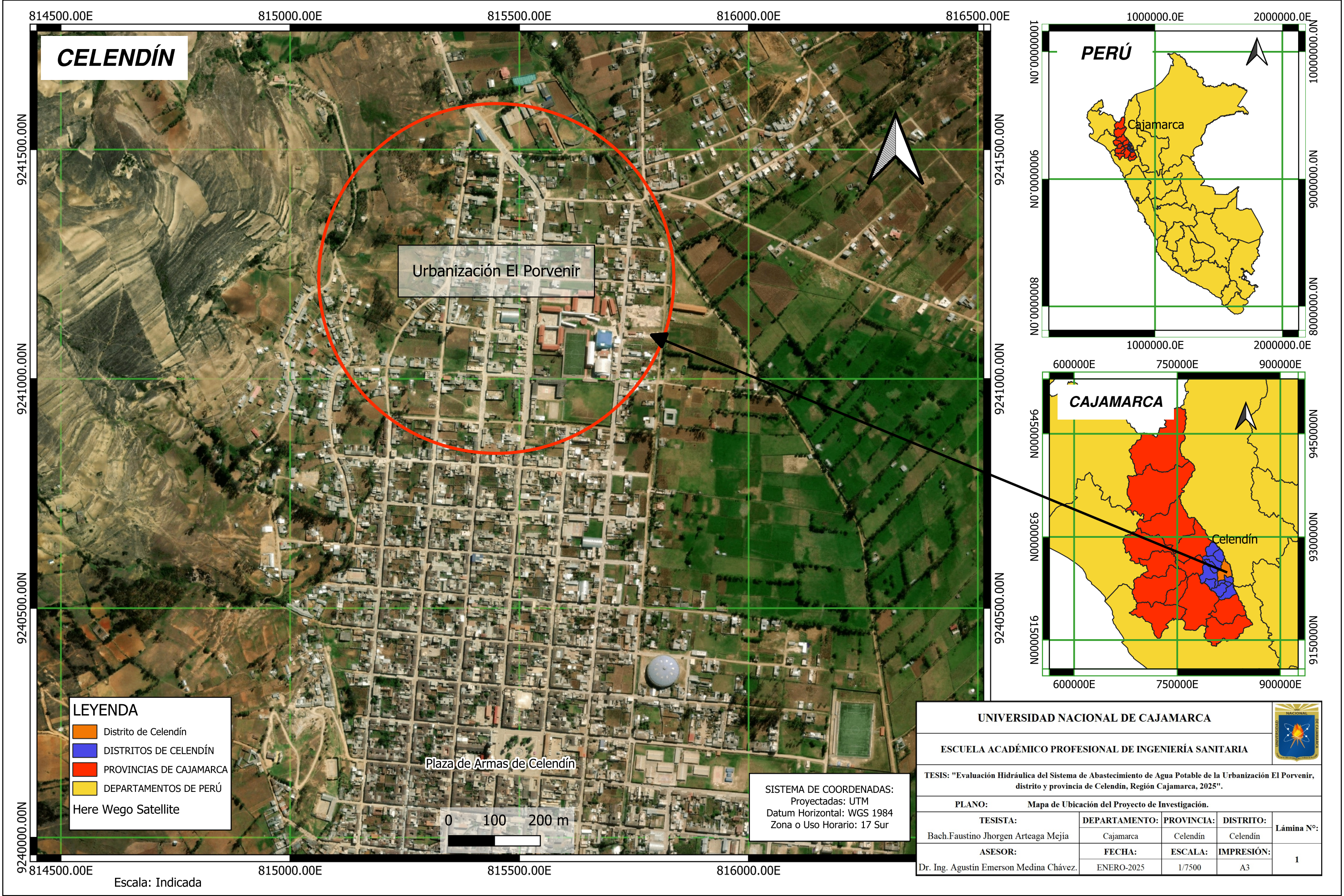
DNI N°: *93231835*

Especialidad del validador: *Ingeniero Civil*

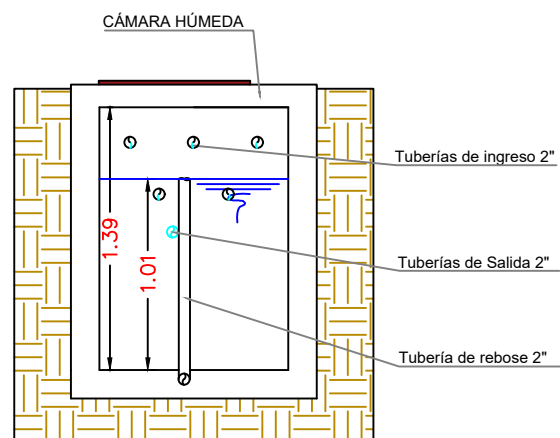
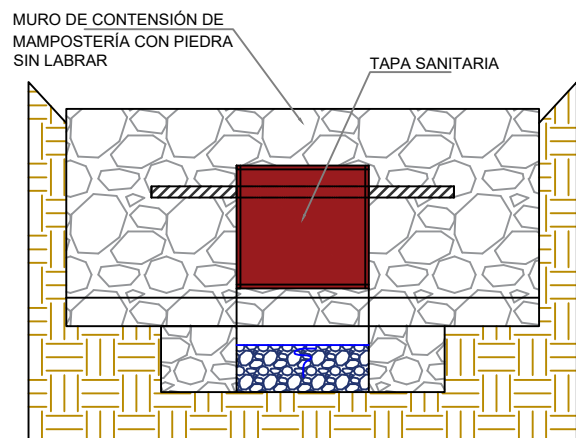
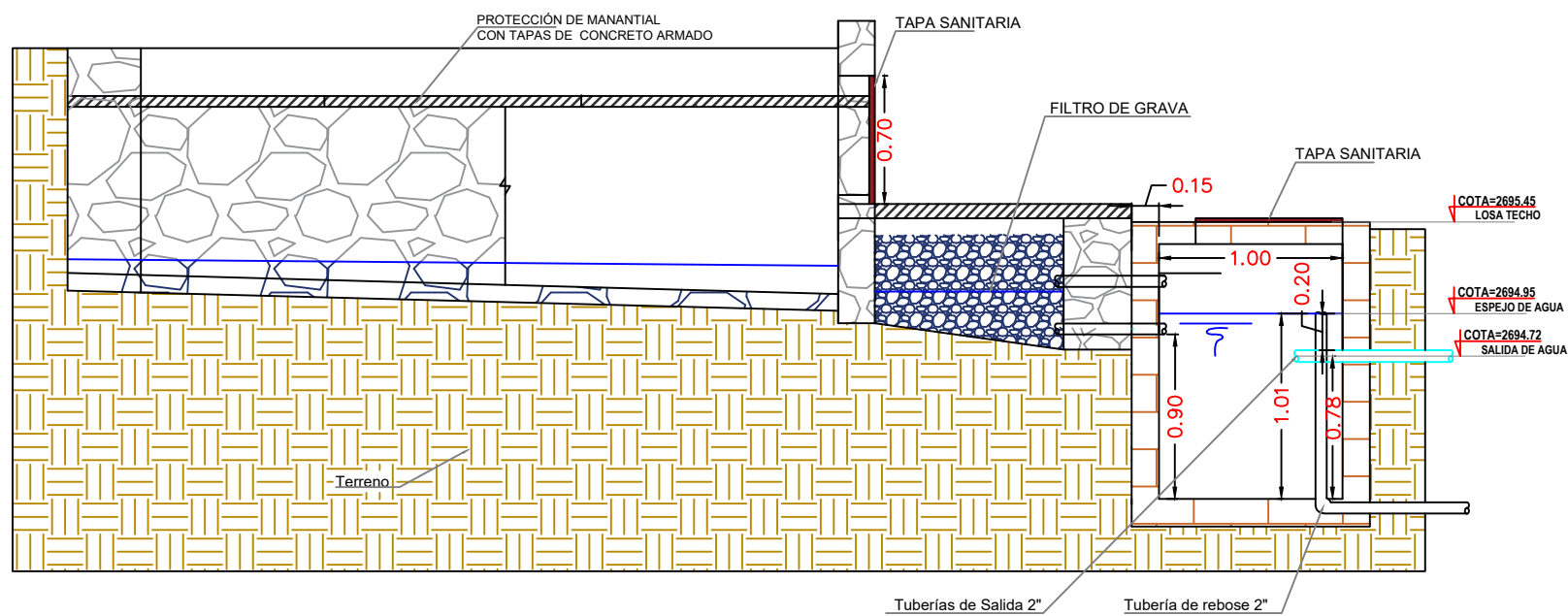
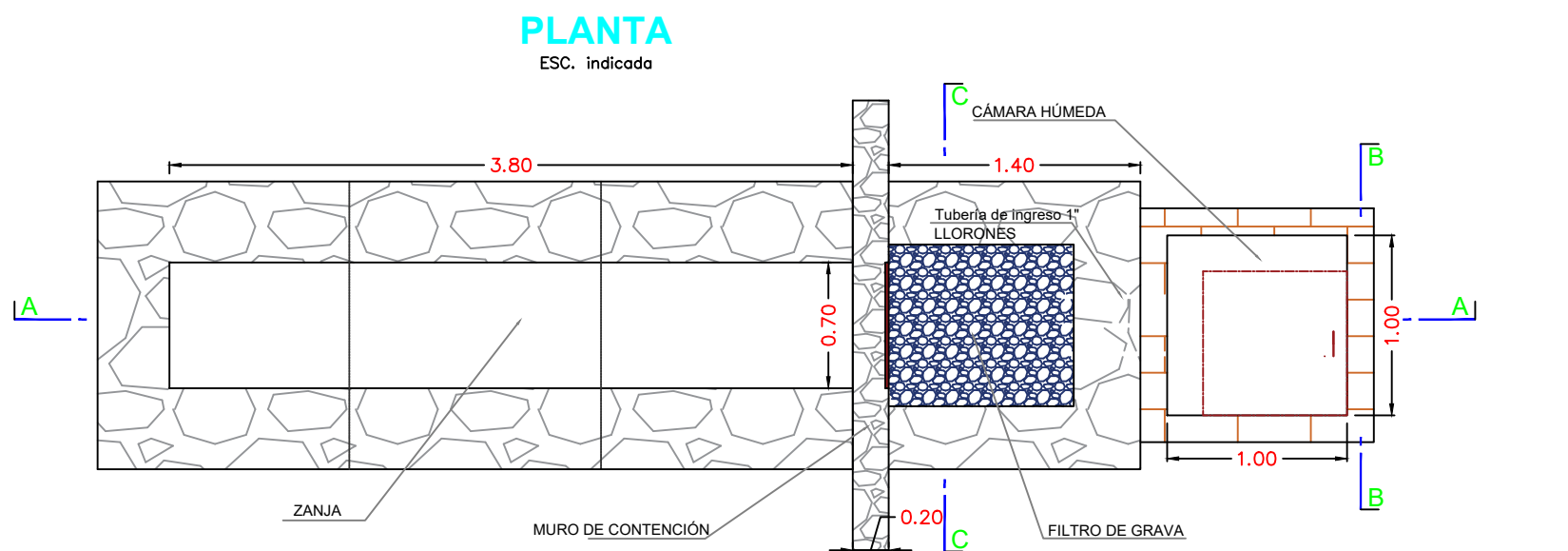
FIRMA Y SELLO:

[Firma]
Bustamante Valdivia
INGENIERO CIVIL
C.P. N° 132745

ANEXO XI. Mapa de Ubicación del proyecto de investigación

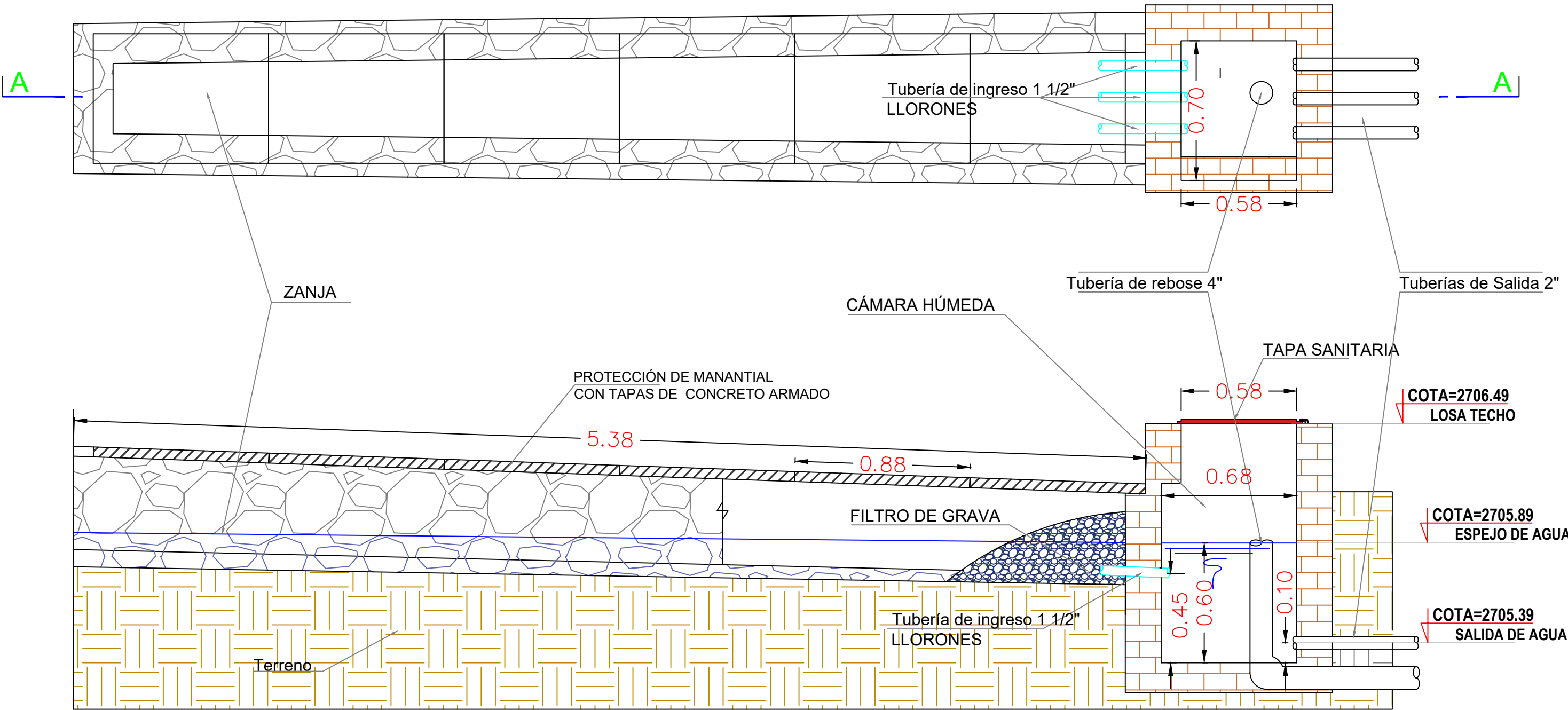


ANEXO XII. Planos topográficos de la Urbanización el Porvenir.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA				
Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de agua potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".				
PLANO: Plano de Detalles Constructivos de la captación "Peje de Oro".				
TESISTA:	DEPARTAMENTO:	PROVINCIA:	DISTRITO:	LÁMINA:
Bach. Faustino Jhorgen Arteaga Mejía	Cajamarca	Celendín	Celendín	
ASESOR:	FECHA:	ESCALA:	IMPRESIÓN:	PDC-02
Dr. Ing. Agustín Emerson Medina Chávez	JULIO-2025	1/40	A3	

PLANTA
ESC. Indicada



CORTE A-A
ESC. Indicada

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA					
Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de agua potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".					
PLANO: Plano de Detalles Constructivos de la captación "El Guayao".					
TESISTA:		DEPARTAMENTO:	PROVINCIA:	DISTRITO:	LÁMINA:
Bach. Faustino Jhorgen Arteaga Mejía		Cajamarca	Celendín	Celendín	
ASESOR:		FECHA:	ESCALA:	IMPRESIÓN:	PDC-01
Dr. Ing. Agustín Emerson Medina Chávez		JULIO-2025	1/20	A3	

PLANTA

ESC. Indicada

B

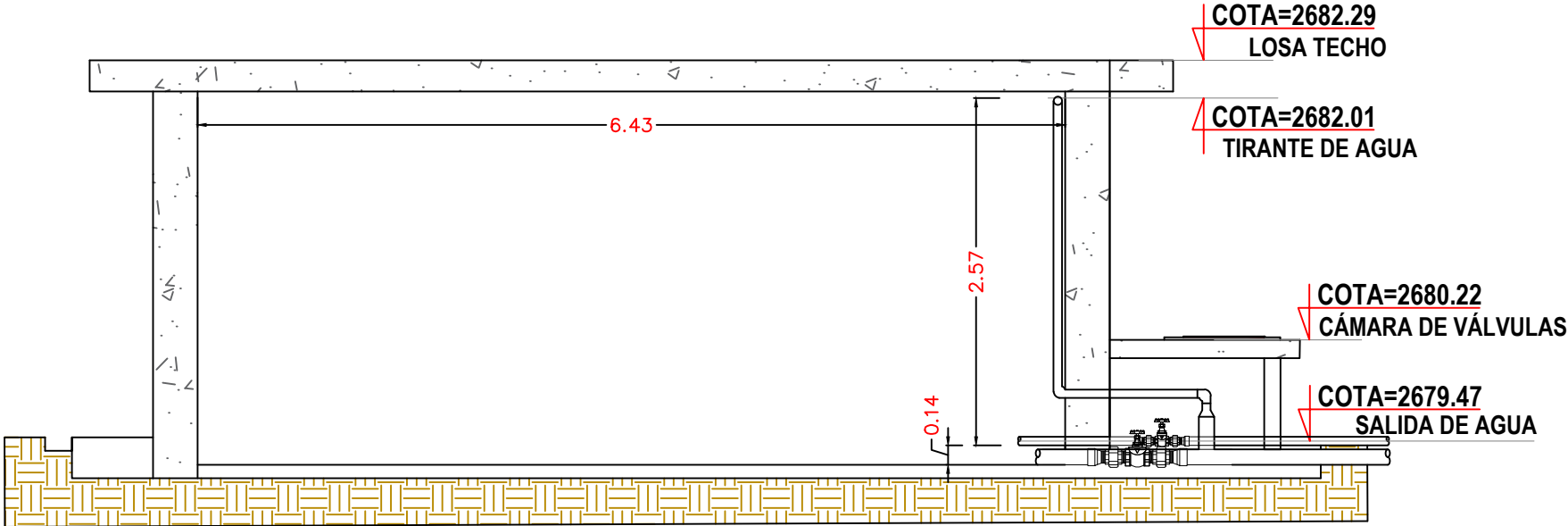
R.3.2.2

CASETA DE CLORACIÓN

TAPA SANITARIA

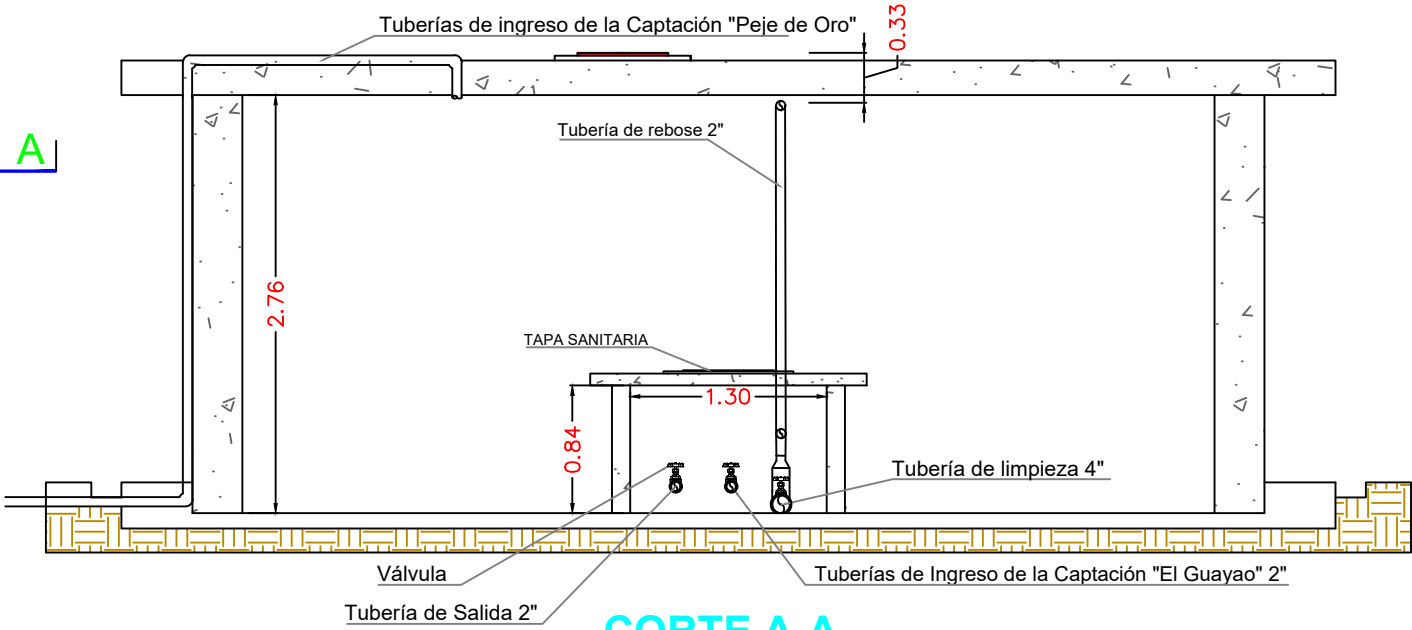
CÁMARA DE VÁLVULAS

B



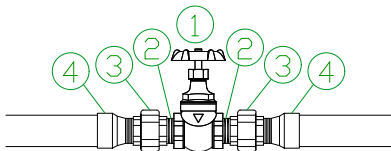
CORTE B-B

ESC. indicada



CORTE A-A

ESC. indicada



ACCESORIOS EN VÁLVULAS		
N°	ACCESORIO	Ø
1	VÁLVULA COMPUERTA DE F" G"	2"
2	NIPLE DE PVC	2"
3	UNIÓN UNIVERSAL PVC	2"
4	ADAPTADOR UPR PVC	2"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

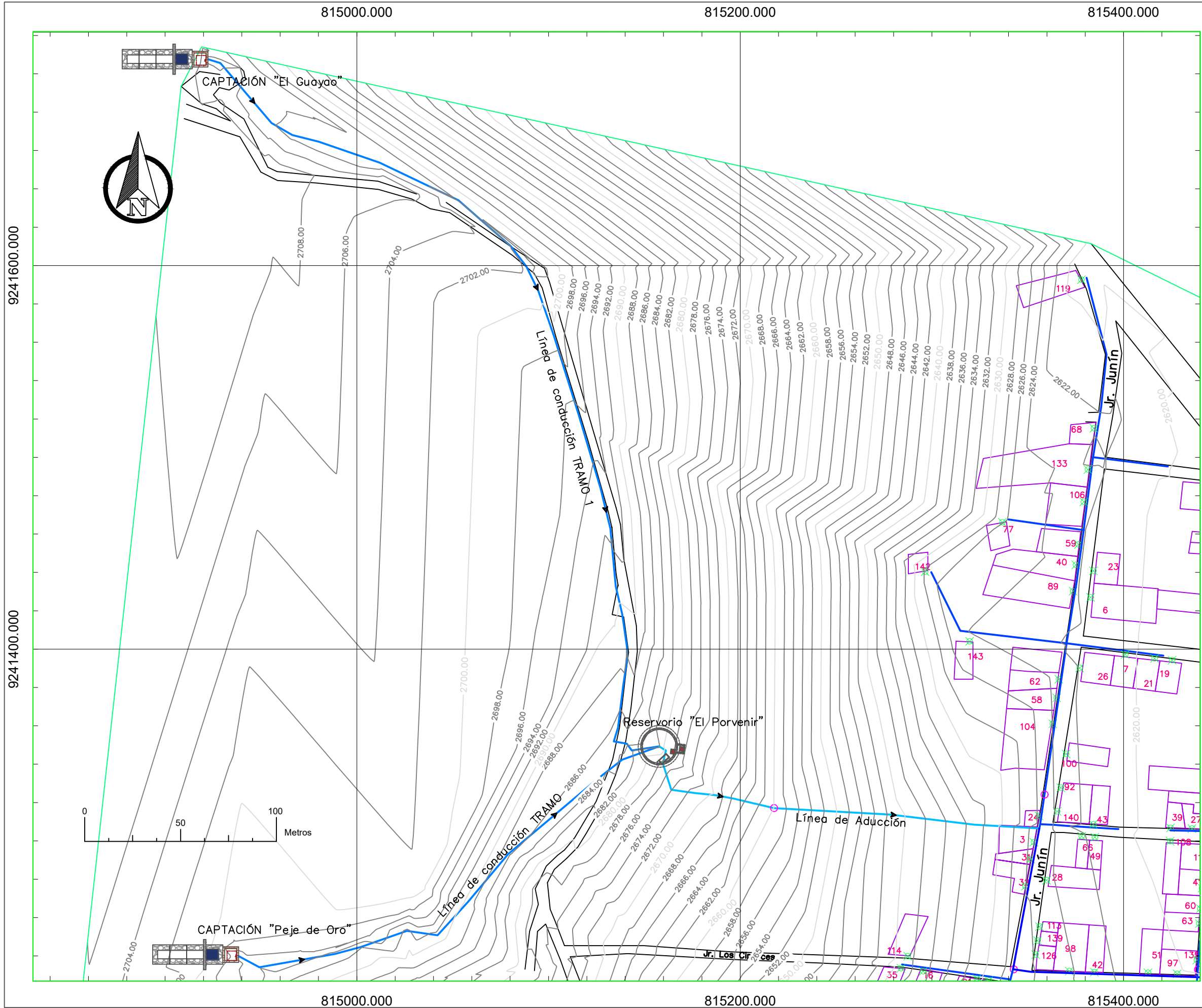


Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de agua potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".

PLANO: Plano de Detalles Constructivos del Reservorio "El Porvenir".

TESISTA:	DEPARTAMENTO:	PROVINCIA:	DISTRITO:	LÁMINA:
Bach. Faustino Jhorgen Arteaga Mejía	Cajamarca	Celendín	Celendín	PC-03
ASESOR:	FECHA:	ESCALA:	IMPRESIÓN:	
Dr. Ing. Agustín Emerson Medina Chávez	JULIO-2025	1/50	A3	

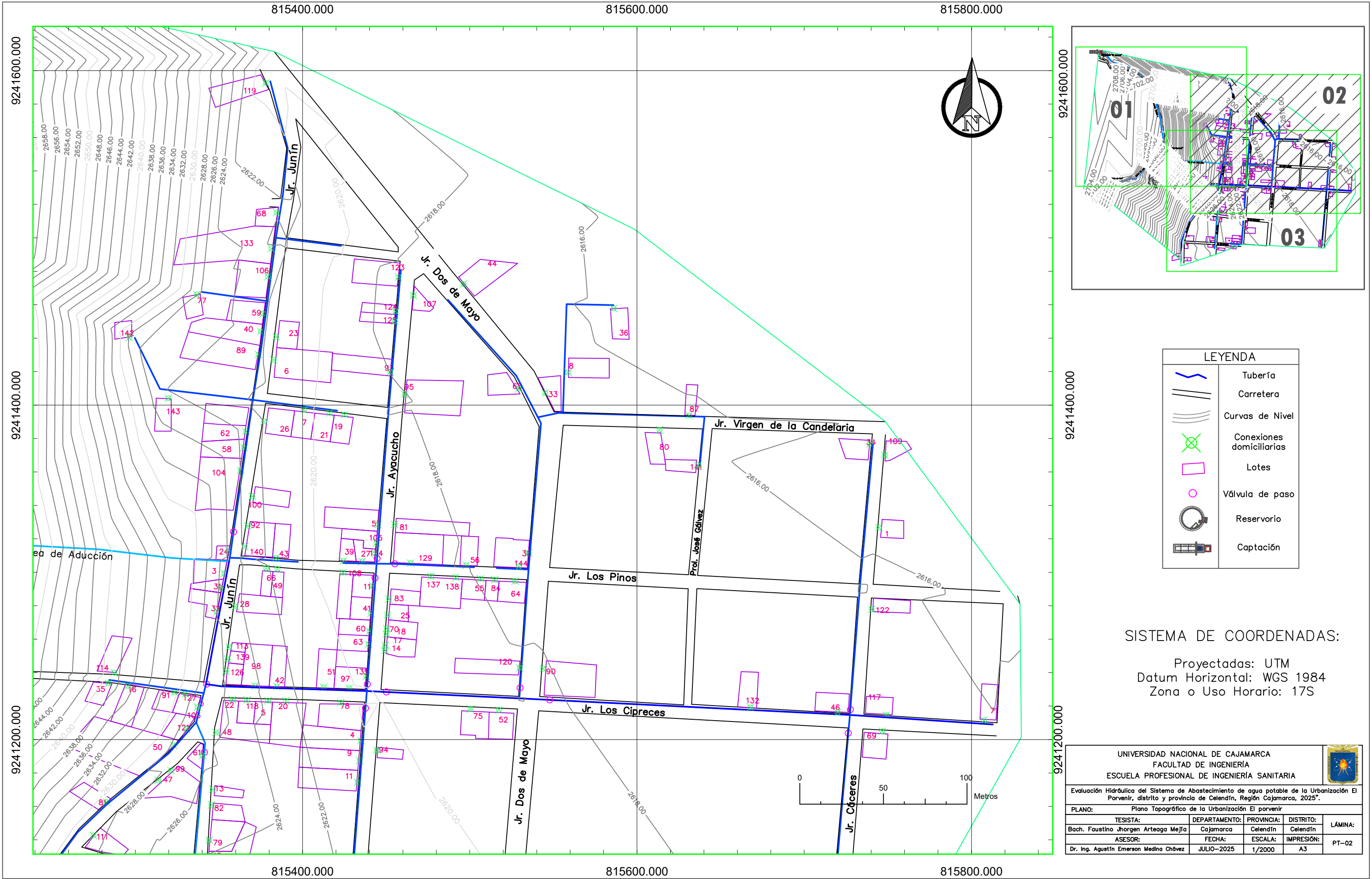
ANEXO XIII. Planos de Detalles Constructivos de los componentes del sistema de agua para consumo humano de la Urbanización “El Porvenir”.

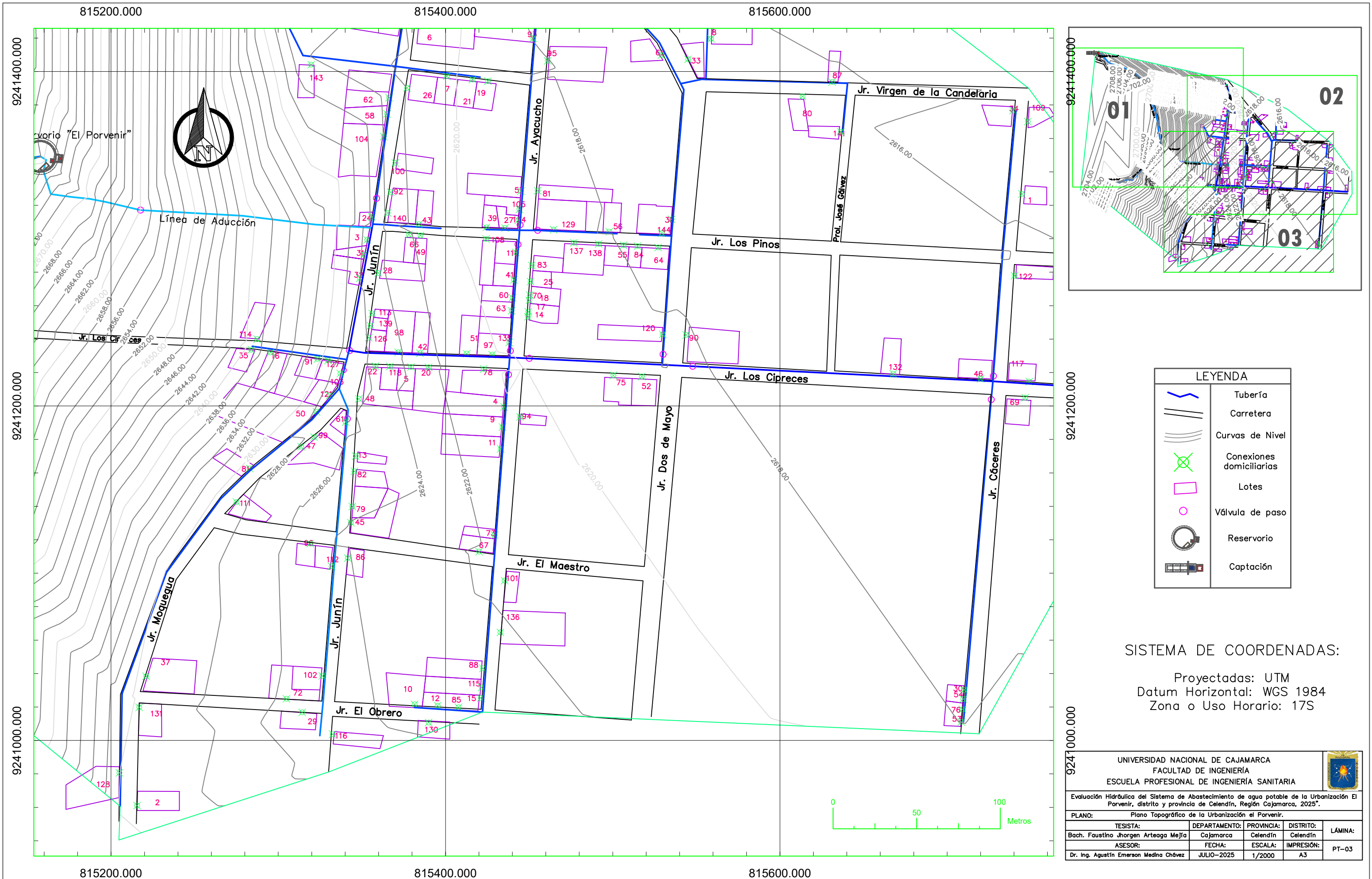


LEYENDA	
	Tubería
	Carretera
	Curvas de Nivel
	Conexiones domiciliarias
	Lotes
	Válvula de paso
	Reservorio
	Captación

SISTEMA DE COORDENADAS:
Proyectadas: UTM
Datum Horizontal: WGS 1984
Zona o Uso Horario: 17S

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA				
Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de agua potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".				
PLANO: Plano Topográfico de la Urbanización el Porvenir.				
TESISTA:	DEPARTAMENTO:	PROVINCIA:	DISTRITO:	LÁMINA:
Bach. Faustino Jhorgen Arteaga Mejía	Cajamarca	Celendín	Celendín	
ASESOR:	FECHA:	ESCALA:	IMPRESIÓN:	
Dr. Ing. Agustín Emerson Medina Chávez	JULIO-2025	1/2000	A3	PT-01





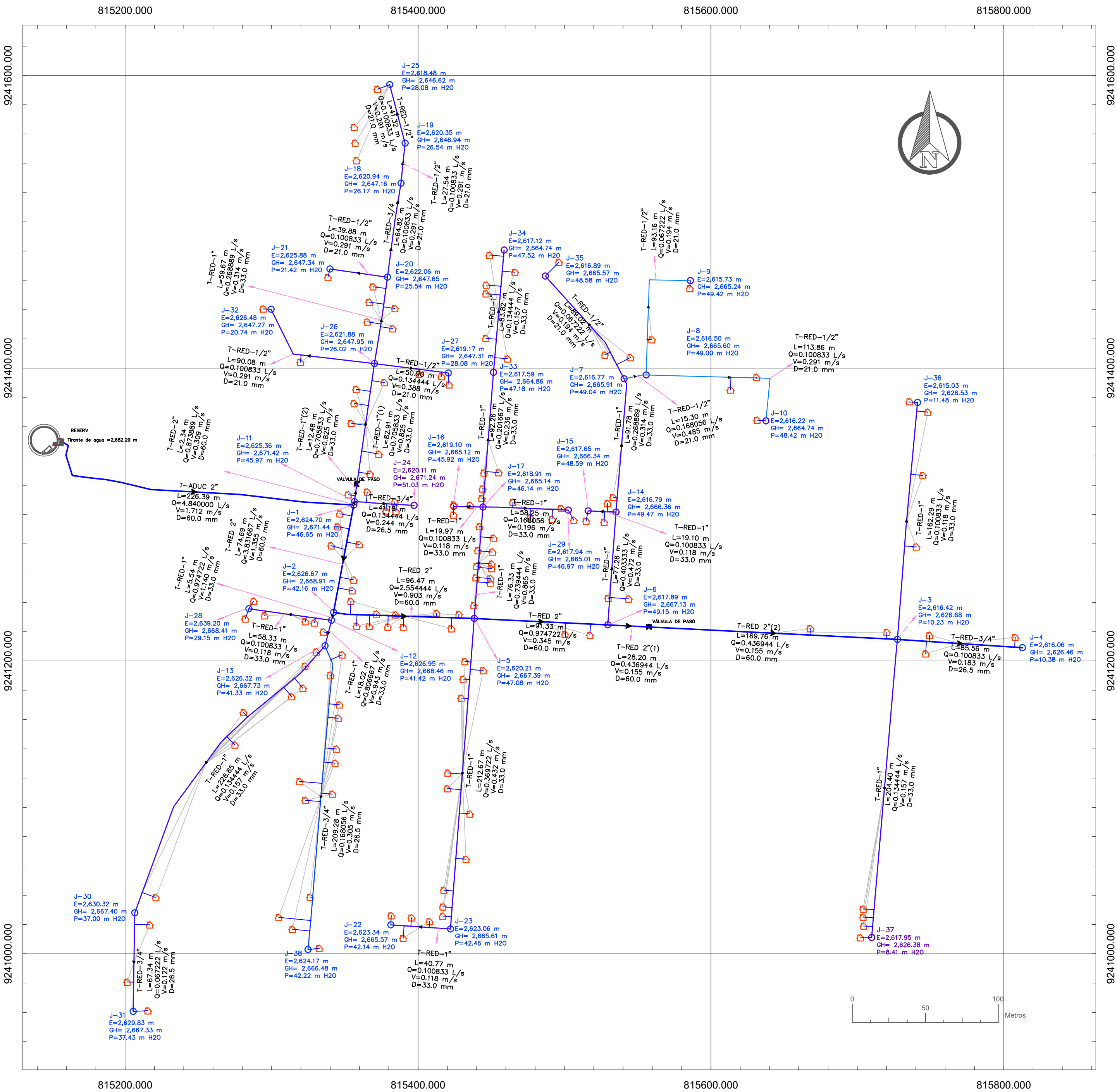
ANEXO XIV. Plano del modelamiento hidráulico del sistema de agua para consumo humano de la Urbanización “El Porvenir”.

MODELAMIENTO
HIDRÁULICO DEL
SISTEMA DE AGUA
PARA CONSUMO
HUMANO DE LA JASS
"EL PORVENIR".

Label	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a)
J-1	2,624.70	0.1344	2,671.44	46.65
J-2	2,626.67	0.3025	2,668.91	42.16
J-3	2,616.42	0.1008	2,626.68	10.23
J-4	2,616.06	0.1008	2,626.46	10.38
J-5	2,620.21	0.4706	2,667.39	47.08
J-6	2,617.89	0.1344	2,667.13	49.15
J-7	2,616.77	0.0336	2,665.91	49.04
J-8	2,616.50	0.0000	2,665.60	49.00
J-9	2,615.73	0.0672	2,665.24	49.42
J-10	2,616.22	0.1008	2,664.74	48.42
J-11	2,625.36	0.0336	2,671.42	45.97
J-12	2,626.95	0.0672	2,668.46	41.42
J-13	2,626.32	0.5042	2,667.73	41.33
J-14	2,616.79	0.0336	2,666.36	49.47
J-15	2,617.65	0.1008	2,666.34	48.59
J-16	2,619.10	0.1008	2,665.12	45.92
J-17	2,618.91	0.2689	2,665.14	46.14
J-18	2,620.94	0.0000	2,647.16	26.17
J-19	2,620.35	0.0000	2,646.94	26.54
J-20	2,622.06	0.0672	2,647.65	25.54
J-21	2,625.88	0.1008	2,647.34	21.42
J-22	2,623.34	0.1008	2,665.57	42.14
J-23	2,623.06	0.2689	2,665.61	42.46
J-24	2,620.11	0.1344	2,671.24	51.03
J-25	2,618.48	0.1008	2,646.62	28.08
J-26	2,621.88	0.2017	2,647.95	26.02
J-27	2,619.17	0.1344	2,647.31	28.08
J-28	2,639.20	0.1008	2,668.41	29.15
J-29	2,617.94	0.1681	2,665.01	46.97
J-30	2,630.32	0.0672	2,667.40	37.00
J-31	2,629.83	0.0672	2,667.33	37.43
J-32	2,626.48	0.1008	2,647.27	20.74
J-33	2,617.59	0.0672	2,664.86	47.18
J-34	2,617.12	0.1344	2,664.74	47.52
J-35	2,616.89	0.0672	2,665.57	48.58
J-36	2,615.03	0.1008	2,626.53	11.48
J-37	2,617.95	0.1344	2,626.38	8.41
J-38	2,624.17	0.1681	2,666.48	42.22

LEYENDA	
RANGO DE PRESIONES EN NODOS	
	<5 m.c.a
	5-10 m.c.a
	10-50 m.c.a
	50-60 m.c.a
	>60 m.c.a

LEYENDA	
ABREVIATURA	
J	: JUNCTION o NODO
E	: ELEVACIÓN (m.s.n.m)
G	: GRADIENTE HIDRÁULICA (m)
P	: PRESIÓN (m.c.a)
T	: TUBERÍA
L	: LONGITUD DE TUBERÍA (m)
Q	: CAUDAL (L/s)
V	: VELOCIDAD (m/s)
D	: DIÁMETRO DE TUBERÍA (mm)



Label		TRAMO		Longitud (3D) (m)	Diámetro (mm)	Material	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
		Start Node	Stop Node					
T-ADUC 2"	RESERV	J-1	J-2	226.39	60	PVC-U	4.8400	1.71
T-RED 2"	J-1	J-2	J-3	74.69	60	PVC-U	3.8317	1.36
T-RED 2"	J-5	J-6	J-7	91.33	60	PVC-U	0.9747	0.35
T-RED 2"	J-2	J-5	J-6	96.47	60	PVC-U	2.5544	0.90
T-RED 2"	J-1	J-11	J-12	2.34	60	PVC-U	0.8739	0.31
T-RED 2"(1)	J-6	Válvula 1	J-3	28.2	60	PVC-U	0.4369	0.16
T-RED 2"(2)	Válvula 1	J-3	J-4	169.76	60	PVC-U	0.4369	0.16
T-RED-1"	J-2	J-12	J-13	5.54	33	PVC-U	0.9747	1.14
T-RED-1"	J-12	J-13	J-14	18.02	33	PVC-U	0.8067	0.94
T-RED-1"	J-14	J-15	J-16	19.1	33	PVC-U	0.1008	0.12
T-RED-1"	J-17	J-16	J-17	19.97	33	PVC-U	0.1008	0.12
T-RED-1"	J-23	J-22	J-23	40.77	33	PVC-U	0.1008	0.12
T-RED-1"	J-12	J-28	J-29	58.33	33	PVC-U	0.1008	0.12
T-RED-1"	J-17	J-29	J-30	58.25	33	PVC-U	0.1681	0.20
T-RED-1"	J-26	J-20	J-21	59.67	33	PVC-U	0.2689	0.31
T-RED-1"	J-5	J-17	J-18	76.33	33	PVC-U	0.7394	0.87
T-RED-1"	J-6	J-14	J-15	77.26	33	PVC-U	0.4033	0.47
T-RED-1"	J-33	J-34	J-35	83.82	33	PVC-U	0.1344	0.16
T-RED-1"	J-14	J-7	J-8	91.78	33	PVC-U	0.2689	0.31
T-RED-1"	J-17	J-33	J-34	92.26	33	PVC-U	0.2017	0.24
T-RED-1"	J-3	J-36	J-37	162.29	33	PVC-U	0.1008	0.12
T-RED-1"	J-3	J-37	J-38	204.4	33	PVC-U	0.1344	0.16
T-RED-1"	J-5	J-23	J-24	212.67	33	PVC-U	0.3697	0.43
T-RED-1"	J-13	J-30	J-31	228.85	33	PVC-U	0.1344	0.16
T-RED-1"(1)	Válvula 2	J-26	J-27	82.91	33	PVC-U	0.7058	0.83
T-RED-1"(2)	J-11	Válvula 2	J-12	12.48	33	PVC-U	0.7058	0.83
T-RED-3/4"	J-3	J-4	J-5	85.56	26.5	PVC-U	0.1008	0.18
T-RED-3/4"	J-11	J-12	J-13	41.18	26.5	PVC-U	0.1344	0.24
T-RED-3/4"	J-30	J-31	J-32	67.34	26.5	PVC-U	0.0672	0.12
T-RED-3/4"	J-13	J-38	J-39	209.28	26.5	PVC-U	0.1681	0.31
T-RED-1/2"	J-7	J-8	J-9	15.3	21	PVC-U	0.1681	0.49
T-RED-1/2"	J-8	J-9	J-10	93.16	21	PVC-U	0.0672	0.19
T-RED-1/2"	J-8	J-10	J-11	113.86	21	PVC-U	0.1008	0.29
T-RED-1/2"	J-18	J-19	J-20	27.54	21	PVC-U	0.1008	0.29
T-RED-1/2"	J-20	J-21	J-22	39.88	21	PVC-U	0.1008	0.29
T-RED-1/2"	J-19	J-25	J-26	41.32	21	PVC-U	0.1008	0.29
T-RED-1/2"	J-26	J-27	J-28	50.9	21	PVC-U	0.1344	0.39
T-RED-1/2"	J-26	J-32	J-33	90.08	21	PVC-U	0.1008	0.29
T-RED-1/2"	J-7	J-35	J-36	89.02	21	PVC-U	0.0672	0.19
T-RED-3/4"	J-20	J-18	J-19	64.82	21	PVC-U	0.1008	0.29

LEYENDA	
	Tubería
	Curvas de Nivel
	Sentido del flujo
	Conexiones domiciliarias
	Válvula de paso
	Viviendas
	Nodo
	Reservorio

SISTEMA DE COORDENADAS:

Proyectadas: UTM
Datum Horizontal: WGS 1984
Zona o Uso Horario: 17S

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA				
Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de agua potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025".				
PLANO: Plano Modelamiento Hidráulico.				
TESISTA:	DEPARTAMENTO:	PROVINCIA:	DISTRITO:	LÁMINA:
Bach. Faustino Jhorge Arteaga Mejía	Cajamarca	Celendín	Celendín	
ASESOR:	FECHA:	ESCALA:	IMPRESIÓN:	
Dr. Ing. Agustín Emerson Medina Chávez	JULIO-2025	1/2000	A2	PMH-01

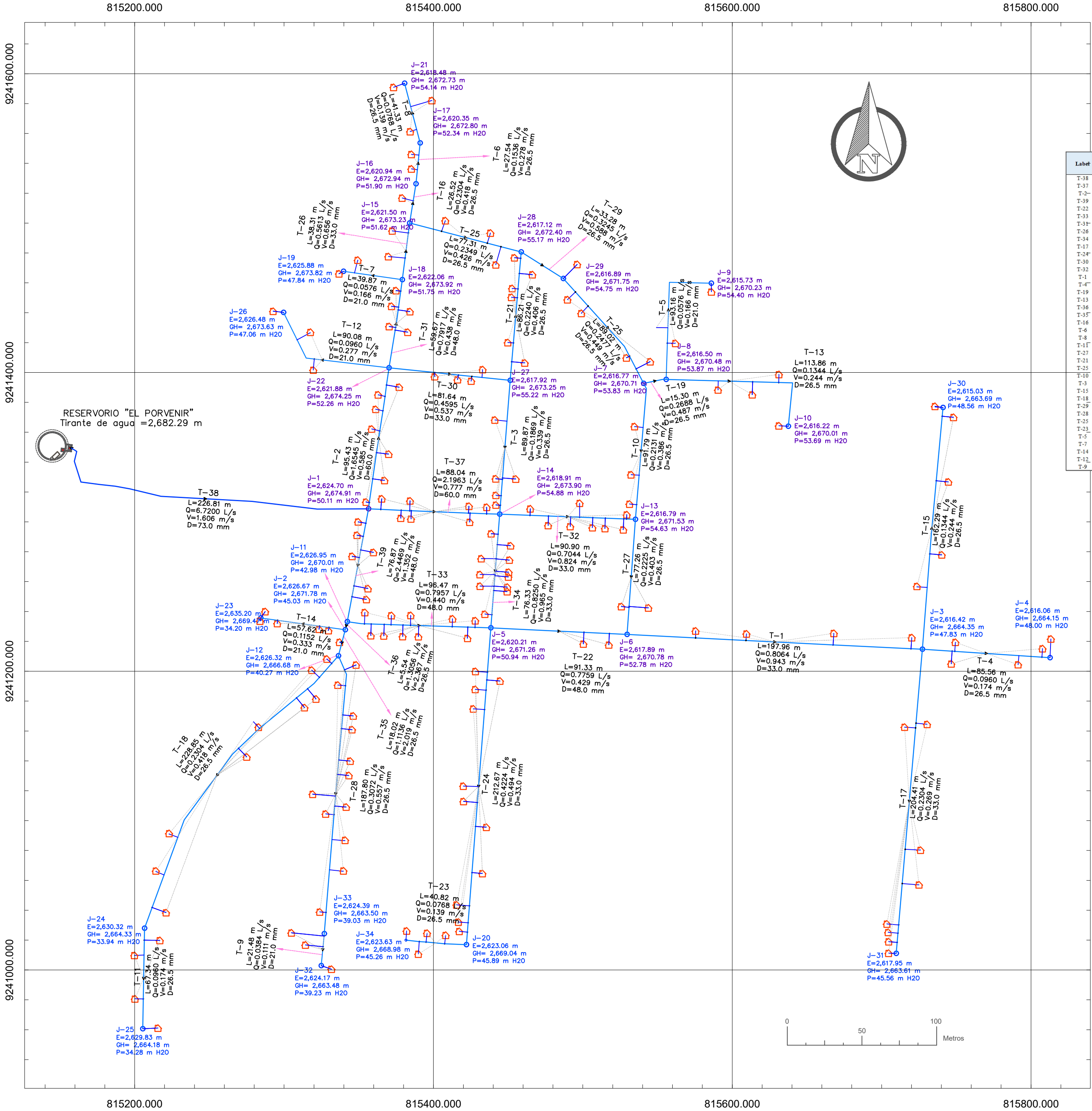
ANEXO XV. Plano propuesta para la red de distribución del sistema de agua para consumo humano de la Urbanización “El Porvenir”.

PROPUESTA DE
MODELAMIENTO
HIDRÁULICO DE LA
RED DE AGUA
POTABLE DE LA JASS
"EL PORVENIR".

Label	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m.c.a)
J-1	2,624.70	0.42	2674.91	50.11
J-2	2,626.67	0.35	2671.78	45.03
J-3	2,616.42	0.35	2664.35	47.83
J-4	2,616.06	0.10	2664.15	48
J-5	2,620.21	0.42	2671.26	50.94
J-6	2,617.89	0.19	2670.78	52.78
J-7	2,616.77	0.19	2670.71	53.83
J-8	2,616.50	0.08	2670.48	53.87
J-9	2,615.73	0.06	2670.23	54.4
J-10	2,616.22	0.13	2670.01	53.69
J-11	2,626.95	0.08	2670.01	42.98
J-12	2,626.32	0.58	2666.68	40.27
J-13	2,616.79	0.27	2671.53	54.63
J-14	2,618.91	0.48	2673.9	54.88
J-15	2,621.50	0.10	2673.23	51.62
J-16	2,620.94	0.08	2672.94	51.9
J-17	2,620.35	0.08	2672.8	52.34
J-18	2,622.06	0.17	2673.92	51.75
J-19	2,625.88	0.06	2673.82	47.84
J-20	2,623.06	0.35	2669.04	45.89
J-21	2,618.48	0.08	2672.73	54.14
J-22	2,621.88	0.31	2674.25	52.26
J-23	2,635.20	0.12	2669.47	34.2
J-24	2,630.32	0.13	2664.33	33.94
J-25	2,629.83	0.10	2664.18	34.28
J-26	2,626.48	0.10	2673.63	47.06
J-27	2,617.92	0.42	2673.25	55.22
J-28	2,617.12	0.13	2672.4	55.17
J-29	2,616.89	0.08	2671.75	54.75
J-30	2,615.03	0.13	2663.69	48.56
J-31	2,617.95	0.23	2663.61	45.56
J-32	2,624.17	0.04	2663.48	39.23
J-33	2,624.39	0.27	2663.5	39.03
J-34	2,623.63	0.08	2668.98	45.26

LEYENDA	
RANGO DE PRESIONES	
	<5 m.c.a
	5–10 m.c.a
	10–50 m.c.a
	50–60 m.c.a
	>60 m.c.a

LEYENDA	
ABREVIATURA	
J	: JUNCTION o NODO
E	: ELEVACIÓN (m.s.n.m)
G	: GRADIENTE HIDRÁULICA (m)
P	: PRESIÓN (m.c.a)
T	: TUBERÍA
L	: LONGITUD DE TUBERÍA (m)
Q	: CAUDAL (L/s)
V	: VELOCIDAD (m/s)
D	: DIÁMETRO DE TUBERÍA (mm)



Label	TRAMO		Longitud (3D) (m)	Diámetro (mm)	Material	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Darcy-Weisbach e (mm)	Pérdidas por fricción (m)	Gradiente hidráulico (m/m)
	Start Node	Stop Node								
T-38	RESERV	J-1	226.81	73	PVC-U	6.72	1.606	0.0015	7.11	0.0325
T-37	J-1	J-14	88.04	60	PVC-U	2.1963	0.777	0.0015	0.96	0.0116
T-2	J-1	J-22	95.43	60	PVC-U	1.6545	0.585	0.0015	0.63	0.0069
T-39	J-1	J-2	76.87	48	PVC-U	2.4469	1.352	0.0015	2.95	0.0408
T-22	J-5	J-6	91.33	48	PVC-U	0.7759	0.429	0.0015	0.46	0.0052
T-33	J-2	J-5	96.47	48	PVC-U	0.7957	0.44	0.0015	0.51	0.0054
T-31	J-22	J-18	59.67	48	PVC-U	0.7917	0.438	0.0015	0.31	0.0055
T-26	J-18	J-15	38.31	33	PVC-U	0.5613	0.656	0.0015	0.65	0.0181
T-34	J-5	J-14	76.33	33	PVC-U	-0.825	0.965	0.0015	2.55	0.0346
T-17	J-3	J-31	204.41	33	PVC-U	0.2304	0.269	0.0015	0.74	0.0036
T-24	J-5	J-20	212.67	33	PVC-U	0.4224	0.494	0.0015	2.19	0.0104
T-30	J-22	J-27	81.64	33	PVC-U	0.4595	0.537	0.0015	0.97	0.0123
T-32	J-14	J-13	90.9	33	PVC-U	0.7044	0.824	0.0015	2.29	0.026
T-1	J-4	J-3	197.96	33	PVC-U	0.8064	0.943	0.0015	6.34	0.0325
T-4	J-3	J-4	85.56	26.5	PVC-U	0.096	0.174	0.0015	0.19	0.0023
T-19	J-7	J-8	15.3	26.5	PVC-U	0.2688	0.487	0.0015	0.2	0.0148
T-13	J-8	J-10	113.86	26.5	PVC-U	0.1344	0.244	0.0015	0.46	0.0041
T-36	J-2	J-11	5.54	26.5	PVC-U	1.3056	2.367	0.0015	1.19	0.0187
T-15	J-11	J-12	18.02	26.5	PVC-U	1.1156	2.019	0.0015	2.92	0.0183
T-16	J-15	J-16	26.52	26.5	PVC-U	0.2304	0.418	0.0015	0.27	0.0108
T-6	J-16	J-17	27.54	26.5	PVC-U	0.1536	0.278	0.0015	0.14	0.0053
T-8	J-17	J-21	41.33	26.5	PVC-U	0.0768	0.139	0.0015	0.06	0.0015
T-11	J-24	J-25	67.34	26.5	PVC-U	0.096	0.174	0.0015	0.15	0.0023
T-17	J-13	J-6	77.26	26.5	PVC-U	0.2225	0.403	0.0015	0.74	0.0098
T-21	J-27	J-28	86.21	26.5	PVC-U	0.224	0.406	0.0015	0.83	0.0099
T-25	J-29	J-7	89.02	26.5	PVC-U	0.2477	0.449	0.0015	1.03	0.0117
T-10	J-13	J-7	91.79	26.5	PVC-U	0.2131	0.386	0.0015	0.81	0.009
T-3	J-27	J-14	89.87	26.5	PVC-U	-0.1869	0.339	0.0015	0.64	0.0072
T-15	J-3	J-30	162.29	26.5	PVC-U	0.1344	0.244	0.0015	0.65	0.0041
T-18	J-12	J-24	228.85	26.5	PVC-U	0.2304	0.418	0.0015	2.32	0.0102
T-29	J-28	J-29	33.28	26.5	PVC-U	0.3245	0.588	0.0015	0.61	0.0195
T-28	J-12	J-33	187.8	26.5	PVC-U	0.3072	0.557	0.0015	3.14	0.0169
T-25	J-15	J-28	77.31	26.5	PVC-U	0.2349	0.426	0.0015	0.81	0.0107
T-21	J-20	J-34	40.82	26.5	PVC-U	0.0768	0.139	0.0015	0.06	0.0015
T-5	J-8	J-9	93.16	21	PVC-U	0.0576	0.166	0.0015	0.24	0.0026
T-7	J-18	J-19	39.87	21	PVC-U	0.0576	0.166	0.0015	0.1	0.0027
T-14	J-11	J-23	57.62	21	PVC-U	0.1152	0.333	0.0015	0.53	0.0094
T-12	J-22	J-26	90.08	21	PVC-U	0.098	0.277	0.0015	0.61	0.0068
T-9	J-33	J-32	21.48	21	PVC-U	0.0384	0.111	0.0015	0.02	0.0009

LEYENDA	
	Tubería
	Curvas de Nivel
	Sentido del flujo
	Conexiones domiciliarias
	Válvula de paso
	Viviendas
	Nodo
	Reservorio

SISTEMA DE COORDENADAS:

Proyectadas: UTM
Datum Horizontal: WGS 1984
Zona o Uso Horario: 17S

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA				
Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de agua potable de la Urbanización El Porvenir, distrito y provincia de Celendín, Región Cajamarca, 2025*				
PLANO: Plano Modelamiento – Propuesta de Red de distribución .				
TESISTA:		DEPARTAMENTO:	PROVINCIA:	DISTRITO:
Bach. Faustino Jhorge Arteaga Mejía		Cajamarca	Celendín	Celendín
ASESOR:		FECHA:	ESCALA:	IMPRESIÓN:
Dr. Ing. Agustín Emerson Medina Chávez		JULIO–2025	1/2000	A2
				LÁMINA: PMH–02