

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
HIDRÁULICA

“EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DEL AGUA DE
CONSUMO HUMANO DEL CASERÍO LA CHUQUITA DISTRITO DE JESÚS, PROVINCIA
DE CAJAMARCA - CAJAMARCA - 2024”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO HIDRÁULICO

AUTOR

BACH. SANDRO ALBANO SÁNCHEZ ZAMORA

ASESOR

Dr. Ing. MENDEZ CRUZ GASPAS VIRILO

CAJAMARCA - PERU

2025



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** SANDRO ALBANO SÁNCHEZ ZAMORA
DNI: 70199575
Escuela Profesional: Ingeniería Hidráulica
- Asesor:** Gaspar Virilo Méndez Cruz
Facultad: Ingeniería
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**
EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL CASERÍO LA CHUQUITA DISTRITO DE JESUS, PROVINCIA DE CAJAMARCA - CAJAMARCA - 2024
- Fecha de evaluación:** 01/07/2025
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 18 %
- Código Documento: Oid:** 3117:471048254
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: Cajamarca, 03 de julio de 2025

FIRMA DEL ASESOR
Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz

DNI: 26631950



Firmado digitalmente por:
BAZAN DIAZ Laura Sofia
FAU 20148258601 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 03/07/2025 12:34:53-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : *EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL CASERÍO LA CHUQUITA DISTRITO DE JESÚS, PROVINCIA DE CAJAMARCA - CAJAMARCA - 2024.*

ASESOR : *Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0462-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 07 de agosto de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los *quince días del mes de agosto de 2025*, siendo las dieciséis horas con treinta minutos (4:30 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. Luis Andrés León Chávez.
Secretario : M.Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL CASERÍO LA CHUQUITA DISTRITO DE JESÚS, PROVINCIA DE CAJAMARCA - CAJAMARCA - 2024*, presentado por el Bachiller en Ingeniería Hidráulica *SANDRO ALBANO SÁNCHEZ ZAMORA*, asesorado por el Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz, para la obtención del Título Profesional

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

EVALUACIÓN PRIVADA : ... *07* ... PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : ... *11* ... PTS.
EVALUACIÓN FINAL : ... *18* ... PTS. ... *Discreto* ... (En letras)

En consecuencia, se lo declara ... *Aprobado* ... con el calificativo de ... *Discreto* ... acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las ... *18:00* ... horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

[Signature]
Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Presidente

[Signature]
Dr. Ing. Luis Andrés León Chávez.
Vocal

[Signature]
M.Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez.
Secretario

[Signature]
Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Asesor



EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería Hidráulica: SANDRO ALBANO SÁNCHEZ ZAMORA.

Bachiller en Ingeniería RUBRO	PUNTAJE
	Máximo/Calificación
2. DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	
2.1. Capacidad de síntesis	03
2.2. Dominio del tema	03
2.3. Consistencia de las alternativas presentadas	03
2.4. Precisión y seguridad en las respuestas	02
PUNTAJE TOTAL (MÁXIMO 12 PUNTOS)	11

Cajamarca, 15 de agosto de 2025

Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Presidente

Dr. Ing. Luis Andrés León Chávez.
Vocal

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

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Asesor

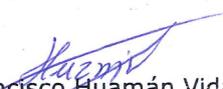


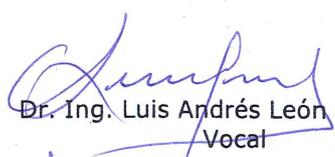
EVALUACIÓN FINAL DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS.

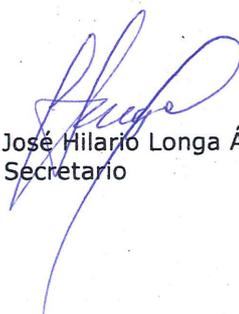
Bachiller en Ingeniería Hidráulica: SANDRO ALBANO SÁNCHEZ ZAMORA.

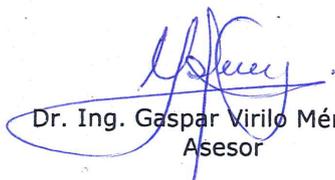
RUBRO	PUNTAJE
A.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PRIVADA	07
B.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	11
EVALUACIÓN FINAL	
EN NÚMEROS (A + B)	18
EN LETRAS (A + B)	Doce bueno
- Excelente 20 - 19	Muy Bueno
- Muy Bueno 18 - 17	
- Bueno 16 - 14	
- Regular 13 a 11	
- Desaprobado 10 a menos	

Cajamarca, 15 de agosto de 2025


Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Presidente


Dr. Ing. Luis Andrés León Chávez.
Vocal


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


Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Asesor

AGRADECIMIENTO

Me gustaría agradecer a la Universidad Nacional de Cajamarca por enseñarme exitosamente los conceptos básicos que me permitirán desarrollarme eficientemente en mi trayectoria laboral.

A mi madre, por darme fuerzas a lo largo de mi trayectoria académica.

A mi padre, por forjarme el carácter de seguir adelante ante cualquier obstáculo, por brindarme todo lo que estaba en sus manos para seguir con mi carrera profesional.

A mis hermanos, por acompañarme en mis momentos más personales y darme consejos.

A las autoridades del Caserío La Chuquita, por apoyar y autorizar el desarrollo de mi investigación.

A mi asesor Dr. Ing. Mendez Cruz Gaspar Virilo, por el compromiso incondicional y apoyo desinteresado, en el desarrollo de mi tesis.

DEDICATORIA

A mis padres, Luis Enrique Sánchez Lizano e Yris Elizabeth Zamora Salazar, por su apoyo incondicional y por ser el pilar fundamental en mi formación personal y profesional.

A mi abuela, en memoria, por sus enseñanzas y cariño, que siguen siendo una guía en mi vida.

A Judith, por llegar a mi vida en el momento justo, por creer en mí y ser un motivo especial para seguir dando lo mejor de mí cada día.

Y a mis hermanos, Brayan y Franco, por su constante aliento y compañía en cada etapa de este proceso.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xv
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.1.1. Contextualización	2
1.1.2. Descripción del Problema	2
1.2. Formulación del problema	3
1.3. Justificación de la investigación	3
1.3.1. Justificación científica	3
1.3.2. Justificación práctica	4
1.4. Delimitación de la investigación	4
1.5. Limitaciones	4
1.6. OBJETIVOS	5
1.6.1. Objetivo General	5
1.6.2. Objetivos específicos	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.2. BASES TEÓRICAS	7
2.2.1. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.....	7
2.2.2. CRITERIOS GENERALES PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	9
2.2.3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE	27
2.2.4. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA.....	28
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	61
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	61
3.1.1. Ubicación geográfica y política	61

3.1.2. Delimitación del área de influencia del estudio.....	63
3.1.3. Accesibilidad.....	65
3.1.4. Población.....	66
3.1.5. Actividades económicas.....	67
3.1.6. Clima.....	68
3.1.7. Topografía.....	68
3.1.8. Viviendas.....	68
3.2. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	69
3.3. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO.....	69
3.3.1. Reconocimiento y evaluación del estado actual de la infraestructura del sistema.....	69
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	75
4.1. Reconocimiento y evaluación descriptiva de la infraestructura existente.....	75
4.1.1. Captaciones.....	76
4.1.2. Línea de Conducción.....	86
4.1.3. Reservorio.....	86
4.1.4. LÍNEA DE ADUCCIÓN.....	93
4.1.5. VÁLVULA DE CONTROL.....	95
4.1.6. Cámara Rompe Presión tipo 7 (CRP-7).....	96
4.1.7. Línea de Distribución.....	108
4.2. EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.....	109
4.2.1. DOTACIÓN.....	109
4.2.2. Cálculo de las variaciones periódicas.....	120
4.2.3. DIAMAGRAMA DE MASAS DE RESERVORIO.....	126
4.2.4. Evaluación del Reservorio.....	131
4.2.5. Evaluación de la red de aducción.....	133
4.2.6. Evaluación hidráulica de las Captaciones.....	136
4.2.7. Evaluación Hidráulica de la línea de conducción.....	139
4.2.8. Evaluación Hidráulica de la línea de distribución.....	142
4.2.9. Calidad del agua brindada en el caserío la Chuquita.....	161
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	163
BIBLIOGRAFÍA.....	172
LINKOGRAFÍA.....	174
ANEXOS.....	176

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplo de Aforo volumétrico.....	10
Tabla 2. Periodo de Diseño en diferentes estructuras	11
Tabla 3. Dotación de agua según opción tecnológica y región (l/hab*d)	12
Tabla 4. Dotación de agua para centros educativos	13
Tabla 5. Criterios de estandarización de componentes Hidráulicos.....	16
Tabla 6. Tabla de valores de C (para Hanzen & Williams)	18
Tabla 7. Elección del material de tubería según su diámetro.....	20
Tabla 8. Elección del material de tubería según la presión	20
Tabla 9. Presiones nominales y m.c.a. de diferentes clases de tubos	20
Tabla 10. Presión máxima de trabajo	21
Tabla 11. Diámetros internos de tuberías PVC	21
Tabla 12. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua	59
Tabla 13. Área de influencia del Estudio	63
Tabla 14. Vías de acceso más favorables al Caserío de “La Chuquita”	65
Tabla 15. Tasa de crecimiento poblacional a nivel de Distrito.	66
Tabla 16. Población del Caserío La Chuquita.....	67
Tabla 17. Línea de Conducción Capellanía Chávez.....	86
Tabla 18. Línea de conducción Retamamayo	86
Tabla 20. Línea de Aducción S.A.P. Capellanía Chávez.....	94
Tabla 21. Línea de Aducción S.A.P. RETAMAMAYO	95
Tabla 22. Ubicación Cámaras Rompe Presión Sector Capellanía Chávez.....	96
Tabla 23. Ubicación Cámaras Rompe Presión Sector RETAMAMAYO.....	97
Tabla 24. Características de la Línea de Distribución del Sector Capellanía Chávez.....	108
Tabla 25. Características de la Línea de Distribución del Sector Retamamayo.....	108
Tabla 26. Consumo diario del S.A.P. Capellanía Chávez Semana 01	115
Tabla 27. Consumo diario del S.A.P. Capellanía Chávez Semana 02	116
Tabla 28. Consumo diario del S.A.P. Capellanía Chávez Semana 03	116
Tabla 29. Consumo diario del S.A.P. Capellanía Chávez Semana 04	117
Tabla 30. Consumo diario del S.A.P. RETAMAMAYO Semana 01	117
Tabla 31. Consumo diario del S.A.P. RETAMAMAYO Semana 02	118
Tabla 32. Consumo diario del S.A.P. RETAMAMAYO Semana 03	119
Tabla 33. Consumo diario del S.A.P. RETAMAMAYO semana 04.....	119
Tabla 34. Registros de mediciones de consumos diarios (m ³), en un mes.	120
Tabla 35. Cálculo del consumo máximo diario (m ³), en un mes.....	121
Tabla 36. Cálculo del consumo máximo horario por día (m ³), en un mes.	122
Tabla 37. Resultados caudales reales medidos Sector Capellanía Chávez	122
Tabla 38. Resultados De Dotación Y Coeficientes De Variaciones Reales.....	122

Tabla 39. Cálculo del consumo máximo diario (m ³), en un mes.....	124
Tabla 40. Cálculo del consumo máximo horario por día (m ³), en un mes.	125
Tabla 41. Resultados caudales reales medidos Sector Retamamayo	125
Tabla 42. Resultados de dotación y coeficientes de variaciones reales Sector Retamamayo	125
Tabla 43. Aforo Volumétrico de Captación Pozo de la Vega 02	137
Tabla 44. Aforo Volumétrico de Captación Retamamayo	139
Tabla 45. Presiones medidas en Campo Sector Capellanía Chávez.....	148
Tabla 46. Presiones modeladas en Water Cad de la red de distribución Capellanía Chávez.....	150
Tabla 47. Comparación de presiones dinámicas en Water- Cad y medidos en campo	152
Tabla 48. Presiones medidas en Campo Sector Retamamayo.....	158
Tabla 50. Comparación de presiones tomadas en campo y Water Cad	161
Tabla 51. Velocidades en los tramos de la red de distribución del SAP Capellanía Chávez.....	165
Tabla 52. Velocidades en los tramos de la red de distribución del SAP Retamamayo.....	168

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de Variaciones horarias de consumo (Qmh)	14
Figura 2. Ejemplo de Variación de Consumo máximo horario (Qmh).....	15
Figura 3. Cálculo de la Línea de Gradiente.....	23
Figura 4. Línea de Gradiente Hidráulico con Presión residual positiva	24
Figura 5. Línea de Gradiente Hidráulico con Presión residual negativa.....	24
Figura 6. Medidor de agua de chorro único	26
Figura 7. Medidores de agua de chorro múltiple	26
Figura 8. Medidores de agua tipo Woltman.....	27
Figura 9. Vista en planta de una Captación.....	29
Figura 10. Componentes Principales de una captación de ladera	29
Figura 11. Flujo del agua en un orificio de pared gruesa.....	31
Figura 12. Carga disponible y perdida de carga.....	32
Figura 13. Distribución de los orificios - Pantalla frontal.....	34
Figura 14. Altura total de la cámara Húmeda	36
Figura 15. Canastilla de salida	36
Figura 16. Perfil longitudinal de la línea de conducción	38
Figura 17. Carga disponible en la línea de conducción	39
Figura 18. Línea de Gradiente Hidráulica (L.G.H.) de la aducción a presión.	42
Figura 19. Reservorio de 5 m ³	45
Figura 20. Válvula de flotador	46
Figura 21. Válvula Bypass en un reservorio	47
Figura 22. Válvula de purga.....	48
Figura 23. Válvula de Aire Manual.....	49
Figura 24. Ubicación de válvulas de purga y aire en la línea de conducción	50
Figura 25. Cámara Rompe Presión Tipo 6 (CRP-6)	51
Figura 26. Cámara rompe presión tipo 7.....	52
Figura 27. Red de distribución cerrada	55
Figura 28. Red de agua potable ramificada.....	57
Figura 29. Caseta de cloración por goteo.....	60
Figura 30. Sistema de desinfección por goteo	60
Figura 31. Ubicación Política: Región Cajamarca – Provincia de Cajamarca.....	62
Figura 32. Ubicación política: Provincia Cajamarca – Distrito Jesús.....	62
Figura 33. Ubicación: Distrito Jesús – Caserío La Chuquita	63
Figura 34. Área de Influencia del estudio	64
Figura 35. Vía de acceso al distrito de Jesús.....	65
Figura 36. Vía de Accesos del distrito de Jesús hasta el caserío La Chuquita.....	66
Figura 37. Viviendas típicas del Caserío La Chuquita	69
Figura 38. Esquema de la infraestructura del sistema de agua potable existente en el Sector “Capellanía Chávez”	75

Figura 39. Esquema de la infraestructura del sistema de agua potable existente en el Sector “Retamamayo”	76
Figura 40. Captación “Pozo El Vega 01” Sector – Capellanía Chávez	77
Figura 41. Captación “Pozo El Vega 01” Sector – Capellanía Chávez	77
Figura 42. Estructura escalonada para sedimentación de partículas.	78
Figura 43. Vista Interna de la cámara húmeda.....	79
Figura 44. Libre acceso en el Cerco perimétrico de la Captación “Pozo El Vega 01”	79
Figura 45. Tapa Sanitaria de la Captación “Pozo El Vega 01”	80
Figura 46. Tubería de rebose con salida en canal de uso de agricultura	80
Figura 47. Captación “Pozo El Vega 02” Sector – Capellanía Chávez	81
Figura 48. Cámara húmeda de la captación “Pozo El Vega 02”	82
Figura 49. Caja de Válvulas de la Captación “Pozo El Vega 02”	82
Figura 50. Tubería de rebose con salida en canal de uso de agricultura	83
Figura 51. Captación RETAMAMAYO	84
Figura 52. Cámara de Válvulas de la Captación Retamamayo	85
Figura 53. Cámara húmeda de la captación Retamamayo.	85
Figura 54. RESERVORIO CAPELLANÍA CHÄVEZ.....	87
Figura 55. Válvula flotadora y tubería de rebose del Reservoirio Capellanía Chávez	88
Figura 56. Cámara de válvulas del reservoirio Capellanía Chávez.....	89
Figura 57. Animales encontrados dentro de la Cámara de Válvulas, Reservoirio Capellanía Chávez.....	90
Figura 58. RESERVORIO SECTOR RETAMAMAYO.....	91
Figura 59. Interior de Reservoirio Retamamayo	92
Figura 60. Cámara de Válvulas del Reservoirio Retamamayo	93
Figura 61. Línea de aducción S.A.P. Capellanía Chávez.....	94
Figura 62. Línea de aducción S.A.P. Retamamayo.....	95
Figura 63. Válvula de control.....	96
Figura 64. Ubicación Cámaras Rompe Presión Sector Capellanía Chávez	97
Figura 65. Ubicación Cámaras Rompe Presión Sector RETAMAMAYO	98
Figura 66. Cámara Rompe Presión Tipo 7 (Cámara 1).....	99
Figura 67. Mal funcionamiento de la CRP-7	99
Figura 68. Cámara de Válvulas CRP-7 (Cámara 1).....	100
Figura 69. Cámara Rompe Presión Tipo 7 (Cámara 2).....	101
Figura 70. Cámara de CRP-7 (Cámara 2)	101
Figura 71. Cámara Rompe Presión Tipo 7 (Cámara 3).....	102
Figura 72. Funcionamiento de Cámara Rompe Presión (Cámara 3)	103
Figura 73. Cámara de Válvulas CRP-7 (Cámara 3).....	103
Figura 74. Cámara Rompe Presión-Tipo 7. Sector Retamamayo (Cámara 4).....	104
Figura 75. Funcionamiento CRP-7 (cámara 4)	105
Figura 76. Cámara de Válvulas CRP-7 (Cámara 4).....	105
Figura 77. Cámara Rompe Presión-Tipo 7. Sector Retamamayo (Cámara 5).....	106

Figura 78. Funcionamiento CRP-7 (cámara 5)	107
Figura 79. Cámara de Válvulas CRP-7 (Cámara 5).....	107
Figura 80. Alturas operativas del reservorio Capellanía Chávez	110
Figura 81. Dimensiones del reservorio Capellanía Chávez	111
Figura 82. Área de Reservorio Capellanía Chávez	112
Figura 83. Alturas operativas del reservorio Capellanía Chávez	112
Figura 84. Reservorio Retamamayo.....	114
Figura 85. Área del reservorio Retamamayo	114
Figura 86. Medidas de la cámara húmeda de la Captación “Pozo de la vega 2”	137
Figura 87. Medidas de la cámara húmeda de la Captación “ Retamamayo” ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 88. Nodos en el sector Capellanía Chávez.....	144
Figura 89. Nodos establecidos en el SAP Retamamayo	¡Error! Marcador no definido.
Figura 90. Distribución SAP Retamamayo	154
Figura 91. Nodos establecidos en el SAP Retamamayo	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Dimensionando Captación en Sector Capellanía Chávez.....	195
Fotografía 2. Midiendo los niveles de la captación para el aforo del manantial	195
Fotografía 3. Dimensionando la Segunda Captación en Sistema de agua potable Capellanía Chávez.....	196
Fotografía 4. Mal estado de limpieza en la Captación “POZO EL VEGA 02”.....	196
Fotografía 5. Dado de protección de tubería de rebose de Captación “ Pozo el Vega 02” hacia canal para uso de irrigación.....	197
Fotografía 6. Dado de protección de tubería de rebose de Captación “ Pozo el Vega 01” hacia canal para uso de irrigación.....	197
Fotografía 7. Canal para uso de riego en la comunidad	198
Fotografía 8. Estanque del Caserío La Chuquita para uso agrícola.....	198
Fotografía 9. Medición de niveles del reservorio Capellanía Chávez. 7:00 P.m	199
Fotografía 10. Medición de niveles del reservorio Capellanía Chávez 8:00 P.m.	199
Fotografía 11. Medición de niveles del reservorio Capellanía Chávez 5:00 P.m.	200
Fotografía 12. Medición de niveles del reservorio 3:00 P.m.	200
Fotografía 13. Medición de niveles del reservorio Retamamayo.....	201
Fotografía 14. Caja de válvulas de control del sistema.....	201
Fotografía 15. Visita a Captación “RETAMAMAYO”	202
Fotografía 16. Dimensionamiento de captación RETAMAMAYO	202
Fotografía 17. Dado de protección de salida de tubería de rebose y limpia en la Captación Retamamayo.....	203
Fotografía 18. Tubería de drenaje de cunetas en el Reservorio Retamamayo	203
Fotografía 19. Dado de protección de salida de tubería de rebose y limpia del reservorio Retamamayo.....	204
Fotografía 20. Encuestando a la población	204
Fotografía 21. Artefacto usado para la medición de presiones	205
Fotografía 22. Medición de presión en UBS Sector Retamamayo	205
Fotografía 23. Equipamiento para muestreo de aguas en caserío “La Chuquita”	206
Fotografía 24. Extracción de muestras de agua Sector Retamamayo	206
Fotografía 25. Adición de reactivo a las muestras de agua del sector Capellanía Chávez.....	207
Fotografía 26. Válvula de Purga.....	207
Fotografía 27. Dado de protección de tubería de Salida en la válvula de purga.....	208
Fotografía 28. Dimensionamiento de las Cámaras Rompe Presión - 7.....	208
Fotografía 29. Animales encontrados dentro de la Caja de Válvulas del reservorio Capellanía Chávez.....	209
Fotografía 30. Dimensionamiento de las Cámaras Rompe Presión – 7 (cámara 5)	209
Fotografía 31. Superficie sin tarrajeo para ensayo de esclerometría.....	210
Fotografía 32. Ensayo de Esclerometría S.A.P. CAPELLANÍA CHÁVEZ.....	210
Fotografía 33. Ensayo de Esclerometría S.A.P. RETAMAMAYO.....	211

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Método Aritmético (MVCS, 2018)	11
Ecuación 2: Tasa de crecimiento anual (MVCS, 2018)	11
Ecuación 3: Caudal máximo diario	14
Ecuación 4: Caudal Promedio diario anual en (l/s).....	14
Ecuación 5: Caudal máximo Horario	15
Ecuación 6: Caudal promedio diario anual en (l/s).....	16
Ecuación 7: Ecuación Hanzen & Williams	18
Ecuación 8: Fórmula de Darcy & Weisbach.....	18
Ecuación 9: Fórmula Fair - Whipple.....	19
Ecuación 10. Ecuación de Bernoulli en la aplicación del Cálculo de la (L.G.H.)	22
Ecuación 11: Ecuación de Cálculo de la Gradiente Hidráulica	23
Ecuación 12. Ecuación de Bernoulli:	31
Ecuación 13: Ecuación de continuidad	32
Ecuación 14: Número de Orificios.....	33
Ecuación 15: Ancho de la pantalla (b)	34
Ecuación 16: Altura de Cámara Húmeda.....	34
Ecuación 17: Ecuación de Carga requerida para salida de la captación	35
Ecuación 18: Área total de las ranuras	36
Ecuación 19: Área de la canastilla	37
Ecuación 20: Número de ranuras	37
Ecuación 21: Diámetro de la tubería de rebose y limpieza	37
Ecuación 22. Cálculo de diámetro mínimo de Línea de Aducción.....	42
Ecuación 23. Ecuación de Bernoulli en la aplicación del Cálculo de la (L.G.H.)	43
Ecuación 24: Ecuación de Cálculo de la Gradiente Hidráulica	43
Ecuación 25: Consumo promedio diario anual (Qm).....	45
Ecuación 26: Volumen del reservorio considerando el 25% de Qm.....	46
Ecuación 27: Cálculo del caudal en el nudo	56
Ecuación 28: Ecuación del caudal Unitario Poblacional en l/s*hab	56
Ecuación 29: Cálculo de caudal de cada ramal con método de probabilidad	58
Ecuación 30: Coeficiente de simultaneidad	58
Ecuación 31: Tamaño de la muestra probabilística.....	72
Ecuación 32. Altura de regulación de reservorio	109
Ecuación 33. Ecuación de área de reservorio.....	111
Ecuación 34. Ecuación de Volumen Consumido por hora.....	115
Ecuación 35. Volumen de almacenamiento	131
Ecuación 36. Volumen de almacenamiento	132
Ecuación 37. Cálculo de volumen de regulación de Captación	138

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en el Caserío La Chuquita, ubicado en el distrito de Jesús, provincia y departamento de Cajamarca, durante el periodo comprendido entre los meses de junio y diciembre del año 2024.

El propósito fundamental del estudio fue analizar el desempeño actual y proponer mejoras en las dos redes de agua para consumo humano que existen en la zona. La evaluación hidráulica de la infraestructura consideró la verificación de dimensiones, capacidades de almacenamiento, velocidades de flujo, niveles de presión y el estado físico de los distintos componentes que conforman cada sistema.

Ambos sistemas de abastecimiento fueron implementados hace aproximadamente dos años. Según los registros de consumo en la población, se determinó una dotación media de 76.4 litros por habitante por día para el sector Capellanía Chávez y de 86.2 litros por habitante por día para el sector Retamamayo. En términos generales, las estructuras evaluadas muestran adecuadas dimensiones y capacidades de almacenamiento; sin embargo, se detectaron deficiencias en las obras de captación del sector Capellanía Chávez, particularmente en el “Pozo de la Vega I”, “Pozo de la Vega II” y en el reservorio Capellanía Chávez. El análisis de la demanda evidenció que el volumen de agua recolectado no logra satisfacer los requerimientos del sector, y que el reservorio tiene limitaciones de capacidad durante los días con mayor consumo.

En la red de distribución del sector Capellanía Chávez, se identificó que el 22% de las tuberías presentan velocidades inferiores a 0.30 m/s, lo que genera problemas como acumulación de sedimentos, aumento de turbidez, deficiencias en la desinfección del agua y disminución del rendimiento hidráulico del sistema. Por su parte, en el sector Retamamayo, tres tramos (equivalente al 11%) presentan este mismo inconveniente.

Respecto a las presiones, se encontró que el 24% de las conexiones en Retamamayo presentan presiones por debajo de los 5 m.c.a., lo que se traduce en servicios intermitentes, deficiencias en el suministro, riesgos sanitarios y fallas en las instalaciones domiciliarias. En Capellanía Chávez, el 6% de las salidas evaluadas también presentan presiones por debajo de dicho umbral.

Si bien la mayor parte de la red de conducción y distribución está enterrada, se observaron tramos expuestos, especialmente donde las tuberías cruzan pircas. En cuanto a las captaciones y las cámaras rompe presión, no se evidenciaron filtraciones ni fisuras estructurales, lo que garantiza la estanqueidad de dichas estructuras. Asimismo, se realizó una descripción técnica del comportamiento hidráulico del sistema, abarcando labores de operación, mantenimiento, inspección y reparaciones efectuadas por las respectivas J.A.S.S.

En resumen, se concluye que el sistema de agua potable del sector Capellanía Chávez presenta limitaciones en su funcionamiento, especialmente durante los días de mayor consumo, donde el nivel del agua en el reservorio cae por debajo del umbral mínimo operativo (0.36 m). Del mismo modo, el sistema del sector Retamamayo no dispone del caudal suficiente para abastecer los picos de demanda diaria.

ABSTRACT

The present research was conducted in the village of La Chuquita, located in the district of Jesús, province and department of Cajamarca, during the period from June to December 2024.

The main objective of the study was to evaluate the current performance and propose improvements to the two existing drinking water supply networks. The hydraulic evaluation of the infrastructure included the verification of dimensions, storage capacities, flow velocities, pressure levels, and the physical condition of each system's components.

Both water supply systems have been in operation for approximately two years. Based on consumption data collected from the population, an average water allocation of 76.4 liters per capita per day was determined for the Capellanía Chávez sector, and 86.2 liters per capita per day for the Retamamayo sector. In general, most of the evaluated structures have adequate dimensions and storage capacities; however, deficiencies were identified in the intake structures located in the Capellanía Chávez sector, specifically in "Pozo de la Vega I", "Pozo de la Vega II", and the Capellanía Chávez reservoir. The demand analysis revealed that the volume of water collected is insufficient to meet the sector's needs, and that the reservoir presents storage limitations during peak weekly consumption periods.

In the Capellanía Chávez distribution network, 22% of the pipelines operate at flow velocities below 0.30 m/s, leading to sediment accumulation, increased turbidity, disinfection inefficiencies, and reduced hydraulic performance. In the Retamamayo sector, 11% of the pipeline segments (three sections) exhibit similar low-velocity conditions.

Regarding pressure levels, it was found that 24% of the household connections in Retamamayo have pressures below 5 meters of water column (m.w.c.), resulting in intermittent service, deficient supply, sanitary risks, and issues in household installations. In Capellanía Chávez, 6% of the evaluated water outlets also presented pressures below the minimum recommended level.

Although most of the conduction and distribution network is buried, some exposed sections were identified, particularly where pipes cross dry stone walls (pircas). No structural cracks or

leaks were detected in the intake structures or pressure break chambers, which ensures their watertightness. Furthermore, a detailed description of the hydraulic operation was carried out, covering activities related to system operation, maintenance, inspection, repairs, wear, and the management practices performed by the local Water and Sanitation Services Board (J.A.S.S.).

In conclusion, the water supply system in the Capellanía Chávez sector is not fully functional, as water levels in the reservoir drop below the minimum operational height of 0.36 meters on high-demand days. Similarly, the water supply system in the Retamamayo sector lacks sufficient flow to meet the maximum daily demand.

PALABRAS CLAVE

- ✓ **Dotación:** Es la cantidad estimada de agua potable que se asigna a cada persona diariamente, utilizada como base para el diseño de sistemas de abastecimiento.
- ✓ **Arrastre hidráulico:** Se refiere al desplazamiento de partículas suspendidas generado por la fuerza del flujo del agua a lo largo de una conducción o cauce.
- ✓ **Carga dinámica:** Corresponde a las variaciones de presión y velocidad que se presentan en una tubería como resultado del movimiento del agua.
- ✓ **Carga estática:** Es la presión ejercida únicamente por la columna de agua cuando el fluido está en reposo dentro del sistema.
- ✓ **Gradiente hidráulico:** Representa el cambio de altura piezométrica o presión por unidad de longitud en una tubería, reflejando la pérdida de energía del sistema.
- ✓ **Pérdida de carga:** Es la energía que se disipa por efecto del rozamiento del agua con las paredes de la tubería y por los accesorios que alteran el flujo.
- ✓ **By-pass:** Conducto adicional que conecta directamente la entrada con la salida del reservorio, permitiendo el paso del flujo cuando este lo requiera, sin almacenamiento.
- ✓ **Micromedición:** Método de control individualizado del volumen de agua consumido por cada usuario, mediante dispositivos instalados en las conexiones domiciliarias.
- ✓ **Presiones dinámicas:** Son las presiones que se generan cuando el agua está en movimiento dentro de las tuberías, dependiendo del caudal circulante y de las características del sistema.
- ✓ **Red de distribución:** Es el conjunto de tuberías, accesorios y elementos que transportan el agua desde los puntos de almacenamiento hasta los consumidores finales.
- ✓ **Caudal máximo horario:** Es el valor más alto del caudal que circula por la red en una hora determinada, considerado en el diseño para cubrir picos de consumo.
- ✓ **Caudal máximo diario:** Se refiere al mayor volumen de agua que circula en el sistema en un día, utilizado como parámetro de diseño para asegurar el suministro.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

El agua representa un recurso fundamental para la vida, por lo que su acceso seguro y eficiente es indispensable para preservar la salud pública y garantizar condiciones de vida dignas. Tal como lo indica Ginebra (2011), el transporte del agua hasta cada usuario debe cumplir con los requisitos establecidos de calidad, entre ellos los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) y las especificaciones técnicas definidas en la Norma OS 0.50, que regulan el diseño y operación de las redes de distribución para el consumo humano.

A lo largo de la historia, el abastecimiento de agua ha constituido una necesidad básica para el desarrollo de las civilizaciones. Las poblaciones han implementado distintas estrategias para captar, conducir y distribuir este recurso hasta los centros poblados. La eficiencia de estos sistemas ha dependido en gran medida de la tecnología disponible y de las condiciones operativas. En ese sentido, resulta necesario evaluar las redes existentes de agua potable con el fin de verificar si cumplen con los parámetros mínimos exigidos en cuanto a caudal, presión y calidad del agua, lo que contribuye al fortalecimiento y sostenibilidad del servicio.

El presente trabajo tuvo como objetivo principal evaluar el funcionamiento y proponer una mejora para la red actual de agua potable del caserío La Chuquita, ubicado en el distrito de Jesús, provincia de Cajamarca. Los resultados alcanzados se basaron en la calidad de los datos recopilados en campo y en el nivel de colaboración brindado por los pobladores durante el desarrollo del estudio. Asimismo, se consideró fundamental el análisis de la calidad del agua que actualmente consume la población de La Chuquita.

Durante el diagnóstico se detectaron múltiples deficiencias en el sistema hidráulico, tales como presiones fuera de los rangos normativos, velocidades inadecuadas en ciertos tramos de la red de distribución, y una captación insuficiente para cubrir los caudales máximos diarios. Estas observaciones justificaron la necesidad de realizar un análisis técnico detallado que permita sustentar una propuesta de intervención integral, orientada a mejorar la eficiencia operativa del sistema y garantizar un servicio de abastecimiento confiable para la población del caserío La Chuquita.

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Contextualización

En el Perú, las características de dotación, distribución y abastecimiento de agua plantean desafíos enormes; no obstante, la presencia de ciertas deficiencias condiciona la necesidad de la población. El Instituto Peruano de Economía explica en su informe “La mitad de hogares en Cajamarca no accede a la red pública de agua y desagüe” que en Cajamarca el 90.9% de hogares urbanos tiene acceso a agua y saneamiento, mientras que, en zonas rurales, el acceso solo es de 15.2%. Esta brecha es la segunda más alta en el país, solo detrás de Lambayeque.

Un factor que contribuye a la baja cobertura de agua y saneamiento en la región son las deficiencias en la gestión de las EPS. Estas presentan un alto porcentaje de agua no facturada, es decir aquella que se pierde a lo largo de la red de distribución: Sedacaj pierde 28% del total agua producida, mientras que la EPS Marañón pierde un 38%. Esto afecta negativamente a la sostenibilidad financiera de estas empresas y limita su capacidad para invertir en mayor infraestructura.

(INEI, 2023) El Instituto Nacional de Estadística e Informática explica en su informe sobre la situación de la pobreza en el Perú en 2023. Uno de los indicadores que despierta preocupación es la carencia de los servicios básicos que atraviesa la población. De acuerdo con el documento, el año pasado, el 73,1% de los peruanos enfrentó la falta de acceso a agua gestionada de manera segura, por lo que se evidenció un incremento del 1,6%.

1.1.2. Descripción del Problema

El sistema de agua potable del Caserío La Chuquita opera mediante un servicio de abastecimiento por gravedad. En este caserío se encuentran dos sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, los cuales fueron construidos hace aproximadamente dos años y han sido evaluados como parte de la presente investigación. Sin embargo, la escasez y/o falta de agua impide cubrir adecuadamente las necesidades derivadas de las actividades sociales y económicas de la población, lo que representa un obstáculo para el logro de un desarrollo sostenible.

Ambos sistemas presentan diversas deficiencias, principalmente relacionadas con la presión del servicio, ya que los suministros llegan con poca frecuencia a los usuarios. Se han identificado problemas en el diseño hidráulico, pendientes inadecuadas en la línea de conducción y una limitada

disponibilidad de agua en las fuentes durante la época de estiaje, lo cual repercute negativamente en el caudal y la presión del sistema.

Asimismo, se evidenció una disminución en la calidad del agua debido a la falta de mantenimiento y al desorden en la gestión administrativa. Además, el sistema no cuenta con micromedidores que permitan conocer el consumo individual de los usuarios, lo que promueve el uso indiscriminado del recurso hídrico.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el estado actual del sistema existente de agua de consumo humano del caserío La Chuquita, distrito de Jesús, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación científica

La calidad del agua para consumo humano representa un elemento crítico en las condiciones de salud pública, dado que sus características físico-químicas y microbiológicas influyen directamente en la prevención o propagación de enfermedades como las diarreas agudas (EDA), hepatitis A, poliomielitis y diversas parasitosis causadas por protozoarios y helmintos (Briñez, 2012). En zonas rurales como el Caserío La Chuquita, donde los sistemas de abastecimiento presentan limitaciones técnicas y operativas, resulta imprescindible evaluar rigurosamente el desempeño de las redes de distribución de agua con un enfoque técnico y normativo.

Esta investigación cobra relevancia científica al abordar la problemática desde una perspectiva integral, aplicando normativas nacionales como el Reglamento Nacional de Edificaciones (OS 0.10, OS 0.30 y OS 0.50), el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N.º 031-2010-SA) y la Norma Técnica de Diseño aprobada mediante la Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA. La aplicación de estos marcos técnicos permitirá no solo diagnosticar las deficiencias existentes, sino también generar propuestas fundamentadas que contribuyan a mejorar la eficiencia, continuidad y calidad del servicio, promoviendo con ello condiciones adecuadas de salud y bienestar para la población beneficiaria.

1.3.2. Justificación práctica

El propósito de este estudio es obtener datos reales y confiables para evaluar el desempeño de las redes de suministro de agua midiendo el caudal, la presión y analizando la calidad del agua en el Caserío “La Chuquita”, debido a que ha surgido el malestar de todos los usuarios.

Los métodos utilizados: Evaluación de estructuras hidráulicas existentes; método manómetro para medir la presión del punto de agua y verificar el cumplimiento, tiempo de y utilizar el software Water-CAD para compensar y hacer recomendaciones para mejoras.

1.3.3. Justificación institucional

Como egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Hidráulica, tengo la misión de respaldar y ayudar a la mejora de la gestión de los recursos hídricos de mi país, dando prioridad a las zonas más alejadas y pobres que en muchos casos son olvidados por las autoridades competentes.

1.4. Delimitación de la investigación

En la presente evaluación se desarrolló en el caserío “La Chuquita” Distrito de Jesús. Se desarrolló a través de una descripción total del sistema y también mediante el método volumétrico para hallar caudales en cada punto de agua y en las fuentes de agua como son las captaciones y reservorios, medición de presiones, levantamiento topográfico, análisis de calidad de agua, monitoreo y mantenimiento nos permitirá lograr la correcta evaluación del sistema de agua potable de la zona.

Se hizo la evaluación a nivel hidráulico más no estructural ya que existe la documentación del caso en la cual se justificó no poder sacar muestras de concreto de las estructuras.

1.5. Limitaciones

- ✓ La ausencia de medidores domiciliarios impidió determinar consumos reales por vivienda, lo que limitó el análisis detallado de demandas unitarias y patrones de consumo.
- ✓ No se contó con planos o registros técnicos detallados de las fases de diseño y construcción originales de los sistemas “S.A.P. Capellanía Chávez” y “S.A.P. Retamamayo”.

- ✓ Durante el levantamiento de datos en campo, no fue posible realizar mediciones de presión en todos los domicilios conectados a la red, debido a que algunos pobladores no autorizaron el ingreso a sus viviendas.

1.6.OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo General

- Evaluar y proponer un mejoramiento en la red existente de agua de consumo humano del Caserío La Chuquita, Distrito de Jesús, Provincia de Cajamarca, Departamento de Cajamarca.

1.6.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el caserío La Chuquita.
- Realizar la caracterización de los dos sistemas de agua para consumo humano del caserío La Chuquita: S.A.P. “Capellanía Chávez” y el S.A.P. “Retamamayo”.
- Evaluar hidráulicamente los sistemas de agua potable “S.A.P. Capellanía Chávez” y “S.A.P. Retamamayo”.
- Evaluar la operación y mantenimiento de los sistemas “S.A.P. Capellanía Chávez” y “S.A.P. Retamamayo” a cargo de la JASS.
- Proponer un mejoramiento en el sistema de agua de consumo humano del caserío “La Chuquita”.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

(González Scancela, Terry, 2013) Evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable y disposición de excretas de la población del corregimiento de Monterrey, municipio de Simití, departamento de Bolívar, propuso soluciones integrales al mejoramiento de los sistemas y la salud de la comunidad.

El agua potable es un recurso imprescindible para garantizar los derechos y la calidad de vida del ser humano, ya que su contaminación desencadena situaciones de riesgo para la salud de las comunidades. Es por ello, que el siguiente estudio caracteriza la problemática del agua de consumo que actualmente viven los habitantes de Monterrey, un corregimiento ubicado al sur del departamento de Bolívar- Colombia, que por su condición de conflicto armado y olvido estatal, no dispone de agua potable y saneamiento básico.

ANTECEDENTES NACIONALES

(Martinez Rojas, Oscar Felipe; 2021) EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO ÓPTIMO DE AGUA POTABLE DEL BARRIO MIRAFLORES - LIRCAY - ANGARAES – HUANCAVELICA)

El presente estudio tuvo como propósito principal evaluar y determinar el sistema de abastecimiento más adecuado de agua potable para el Barrio Miraflores, ubicado en Lircay, provincia de Angaraes, región Huancavelica. Esta evaluación se llevó a cabo con el fin de conocer el estado actual de cada uno de los componentes del sistema, y verificar si estos cumplen con los requisitos necesarios para atender adecuadamente las necesidades de la población beneficiaria. Para ello, se analizaron aspectos como el caudal disponible en la fuente de captación, la eficiencia del sistema de conducción, la funcionalidad de las cámaras rompe presión, la capacidad del reservorio,

así como el comportamiento de las líneas de aducción y distribución. Además, se consideró el análisis de la calidad del agua mediante pruebas químicas y bacteriológicas, a fin de garantizar que el recurso sea apto para el consumo humano.

ANTECEDENTES LOCALES

(Julca Orrillo, Julio Cesar; 2023) Evaluación del sistema de agua potable de la localidad de Tongod, San Miguel-Cajamarca

La presente investigación tuvo como eje principal la evaluación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua potable en la localidad de Tongod. Se identificó que la estructura de la captación presenta un desgaste considerable, tanto en su infraestructura como en sus componentes hidráulicos, aunque aún se encuentra en funcionamiento. El volumen de la cámara húmeda permite un tiempo de retención de 131 segundos. Se observaron discrepancias entre las dimensiones medidas en campo y las dimensiones teóricas calculadas, especialmente en lo referente al número de orificios, la altura total y la presencia de la tubería de limpieza; además, no se encontró una canastilla instalada.

En cuanto a la línea de conducción de 4 pulgadas de diámetro, si bien aparenta estar en condiciones adecuadas, al evaluar el caudal de diseño se evidenció que la velocidad de operación es baja, alcanzando solo 0.23 m/s. Durante el recorrido, se identificaron al menos tres derivaciones conectadas directamente a la conducción, y se verificó que el tramo aéreo está en buen estado. Respecto al almacenamiento, el reservorio N.º 1 presenta condiciones aceptables, mientras que los reservorios N.º 2 y N.º 3 requieren trabajos de rehabilitación en sus elementos hidráulicos para mejorar su funcionamiento.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Un sistema de abastecimiento de agua potable se define, de manera general, como el conjunto de infraestructuras cuya finalidad es proveer agua a una población, garantizando que sea suficiente en cantidad, adecuada en calidad, con la presión requerida y de forma continua (Valdez, 1990).

En el caso del abastecimiento por gravedad con tratamiento, se trata de un sistema compuesto por diversas estructuras diseñadas para transportar el agua hasta los hogares mediante conexiones domiciliarias, aprovechando únicamente la energía gravitacional. Este tipo de sistema incluye procesos tanto físicos como químicos que aseguran la potabilidad del agua, eliminando microorganismos patógenos, turbidez, olores, sabores y otras impurezas. Su aplicación es clave para fomentar el desarrollo equitativo de las comunidades, dado que el acceso al agua segura es un derecho humano fundamental, el cual debe ser garantizado por el Estado de manera inclusiva y con participación ciudadana (Defensoría del Pueblo, 2009).

Según lo establecido en la normativa vigente, un sistema de abastecimiento de agua para consumo humano comprende el conjunto de instalaciones hidráulicas y físicas, que funcionan mediante procedimientos técnicos y administrativos, con apoyo de equipos específicos, para llevar el agua desde su fuente hasta las viviendas. Estos sistemas son considerados convencionales siempre que se ajusten a los criterios de diseño definidos por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. En contraste, los métodos que no cumplan con estos lineamientos —como el suministro mediante cisternas u otras modalidades alternativas— se consideran servicios bajo condiciones especiales (MINSA, 2010).

2.2.1.1. Sistema de abastecimiento de agua por gravedad

En este tipo de sistemas, el suministro de agua se realiza aprovechando la energía potencial generada por la altura de una fuente ubicada a un nivel superior al de la población beneficiaria, lo cual permite que el agua se desplace por gravedad a través de tuberías hasta llegar a los usuarios finales. Esta energía disponible proviene de la diferencia de altitud entre la fuente y los puntos de consumo. (Lossio, A., 2014)

Entre las principales ventajas que presentan estos sistemas destacan:

- a) No requieren de equipos de bombeo, lo que reduce los costos operativos.
- b) Su mantenimiento es mínimo, ya que poseen pocos elementos móviles.
- c) La presión dentro de la red puede ser gestionada de forma más sencilla.
- d) Son sistemas confiables y resistentes. Incluso en los sistemas con bombeo, es común que se diseñe una parte del sistema para operar por gravedad desde ciertos puntos.

2.2.1.2. Sistema de abastecimiento de agua por bombeo

En los sistemas de abastecimiento de agua por bombeo, la fuente se encuentra a una cota inferior respecto a la zona de consumo, por lo que se requiere impulsar el agua hacia reservorios ubicados en niveles más altos. Desde estos reservorios, el agua se distribuye por gravedad. Este tipo de sistema permite abastecer eficientemente a la población, garantizando un caudal adecuado a un costo accesible para la comunidad.

2.2.2. CRITERIOS GENERALES PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

a) Origen del agua para abastecimiento

(Universidad Politécnica de Valencia, 2003, pág. 54) Las posibles de fuentes del agua que posteriormente se introduce en la red de abastecimiento son:

- Aguas superficiales provenientes de fuentes o manantiales existentes en la naturaleza.
- Aguas superficiales contenidas en sistemas en encauzamiento o almacenamiento naturales tales como lagos, ríos, pantanos, etc.
- Aguas subterráneas procedentes de masas de agua almacenada en el subsuelo y extraída a la superficie mediante pozos más o menos profundos.
- Aguas subterráneas procedentes de cauces naturales, tales como ríos subterráneos.
- Aguas procedentes del reciclado. Es una tendencia cada día creciente y que sin duda favorece un ahorro de agua y una gestión más sostenible de un recurso tan escaso.

b) Aforo volumétrico de los Manantiales

El aforo volumétrico de agua de manantial es un método utilizado para medir el caudal de agua que fluye de un manantial. El proceso implica recolectar agua en un recipiente de volumen conocido durante un período de tiempo. El caudal se calcula dividiendo la cantidad de agua recolectada por el tiempo que lleva recolectarla.

Para este método registramos 5 número de aforos para cada manantial, esto nos lleva a tener mejor precisión de los datos obtenidos como podemos observar en el ejemplo de la Tabla 1.

Con todo y lo anterior lo ideal sería que los aforos se realizaran en temporada crítica de rendimientos que corresponde a los meses de estiaje y lluvia, con la finalidad de conocer los caudales máximos y mínimos.

Tabla 1. Ejemplo de Aforo volumétrico

Número de pruebas	Volumen (litros)	TIEMPO (seg.)	CAUDAL MINIMO (l/s)		CAUDAL MAXIMO (l/s)	CAUDAL PROMEDIO (l/s)
			1	Qaforo		
1	4.00	21.10	0.190	0.190	0.284	0.190
2	4.00	21.52	0.186	0.186	0.279	0.186
3	4.00	21.65	0.185	0.185	0.277	0.185
4	4.00	21.73	0.184	0.184	0.276	0.184
5	4.00	21.32	0.188	0.188	0.281	0.188
PROMEDIO		21.46	0.186	0.186	0.280	0.186

Descripción: El dato resaltado es el caudal que se usa para el diseño del sistema de agua potable.

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

b.1. Criterios

- ✓ El caudal mínimo del manantial debe ser superior al valor del consumo máximo diario (Qmd).
- ✓ Caso contrario al anterior, deberán encontrar otro punto de manantial extra para poder satisfacer el Consumo Máximo Diario.
- ✓ La captación de ladera se diseña con el dato de Caudal Máximo Promedio del manantial.

c) Periodo de diseño

El tiempo de diseño de un sistema de saneamiento se establece en función de diversos criterios, tales como:

- La durabilidad esperada de las estructuras y equipos.
- El nivel de exposición de la infraestructura sanitaria a posibles riesgos.
- La proyección del crecimiento poblacional.

Los beneficios derivados de la economía de escala.

Se considera como año base del proyecto la fecha en que se inicia la recolección de información técnica y el planteamiento formal del mismo. Los límites superiores para el

periodo de diseño, en función del tipo de sistema de saneamiento, se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Periodo de Diseño en diferentes estructuras

Periodos de diseño de infraestructura sanitaria

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

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

d) Población de diseño

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

Ecuación 1: Método Aritmético (MVCS, 2018)

$$P_d = P_1 * \left(1 + \frac{r * t}{100} \right)$$

Donde:

Pi: Población inicial (habitantes)

Pd: Población futura o de diseño (habitantes)

R: Tasa de crecimiento anual (%)

T: Periodo de diseño

Según el método aritmético la tasa de crecimiento se calcula con la siguiente fórmula:

Ecuación 2: Tasa de crecimiento anual (MVCS, 2018)

$$r\% = \frac{P_a - P_f}{P_a(t_f - t_a)}$$

Donde:

r: tasa de crecimiento actual (%)

Pa: Población del último censo (hab)

Pf: Población del penúltimo censo (hab)

Ta: año del último censo (hab)

t_a : Año del último censo (año)

t_f : Año del penúltimo censo (año)

Es importante indicar:

- ✓ La tasa de crecimiento anual debe corresponder al período de intercensal en un territorio determinado.
- ✓ Si no están disponibles, se deben utilizar otras tasas de crecimiento poblacional con características similares, en caso contrario se utiliza la tasa de crecimiento distrital rural.
- ✓ Si la tasa de crecimiento anual es negativa se debe adoptar un conjunto de diseño correspondiente al conjunto de diseño actual ($r = 0$), en caso contrario se debe obtener la opinión del INEI.

Para proyectar adecuadamente la población, es fundamental considerar todos los datos censales proporcionados por el INEI, complementados con un padrón actualizado de usuarios de la localidad. Este padrón debe estar debidamente legalizado para asegurar su validez en el análisis. (MVCS, 2018)

e) Dotación

El consumo medio anual de agua potable por persona se expresa en litros por habitante por día (L/hab/día), según lo señalado por Culipichun y Moisés (2015).

La elección de este valor está sujeta al tipo de tecnología sanitaria que se adopte para la disposición de excretas, información que se detalla en la Tabla 3.

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

REGIÓN	DOTACIÓN SEGÚN EL TIPO DE OPCIÓN TECNOLÓGICA (l/hab*d)	
	SIN ARRASTRE HIDRÁULICO (Compostera y hoyo seco ventilado)	CON ARRASTRE HIDRÁULICO (TANQUE SÉPTICO MEJORADO)
COSTA	60	90
SIERRA	50	80
SELVA	70	100

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

Para las instituciones educativas rurales, debe emplearse la **Tabla 4** :

Tabla 4. Dotación de agua para centros educativos

DESCRIPCIÓN	DOTACIÓN (l/alumno*d)
Educación Primaria e inferior (sin residencia)	20
Educación secundaria y superior (sin residencia)	25
Educación en general (con residencia)	50

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

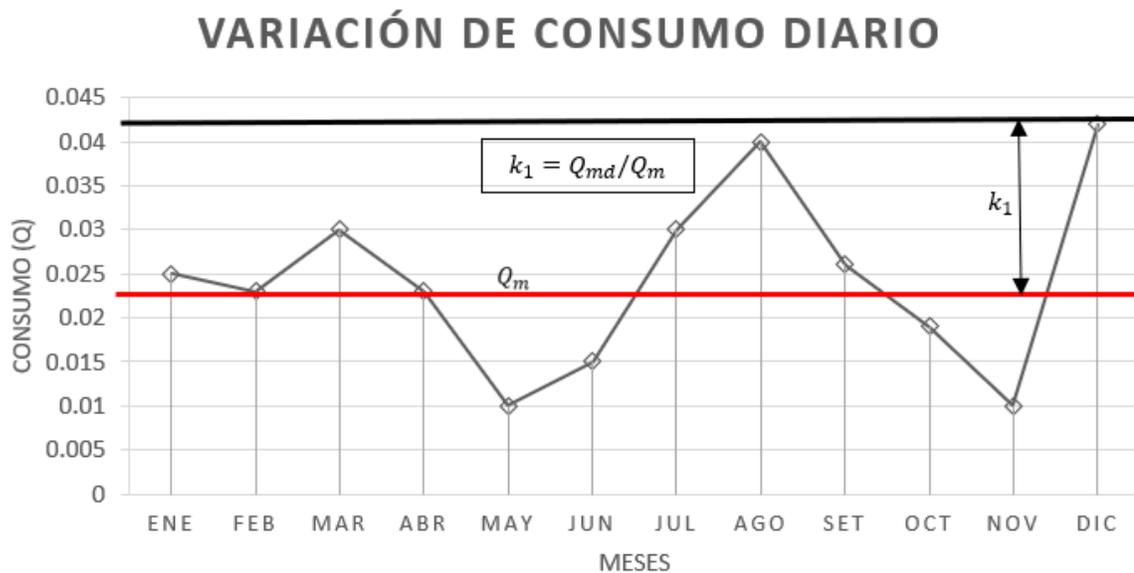
f) Variaciones de consumo o Caudales de diseño

f.1. Consumo Máximo Diario (Q_{md})

(Arocha Ravelo, 1979) El consumo máximo diario se entiende como el valor más alto registrado en un solo día dentro de una serie de datos recopilados durante los 365 días del año. Asimismo, el caudal máximo diario puede definirse como la proyección de la demanda poblacional al culminar la vida útil del sistema, la cual, en el caso de obras de abastecimiento de agua potable, suele estimarse en un periodo de aproximadamente 20 años. (Agüero R. , 2004)

Este caudal se analiza mensualmente en todo el año, en consecuencia, obtendremos de todo el año un caudal promedio (Q_p) , que se multiplicará por un factor K_1 , como se muestra en **Figura 1**.

Figura 1. Ejemplo de Variaciones horarias de consumo (Qmh)



Descripción: En la figura se muestra el Caudal medio (Q_m), el coeficiente de variación diaria ($k_1=1.3$).
Fuente: Elaboración propia.

En pocas palabras se debe considerar un valor K_1 de 1.3 del consumo promedio diario anual.

Ecuación 3: Caudal máximo diario

$$Q_{md} = Q_p * K_1$$

Donde:

- Q_p : Caudal promedio diario anual
- K_1 : Coeficiente de variación diaria ($K_1 = 1.3$)

Siendo el Caudal Promedio (Q_p):

Ecuación 4: Caudal Promedio diario anual en (l/s)

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

Donde:

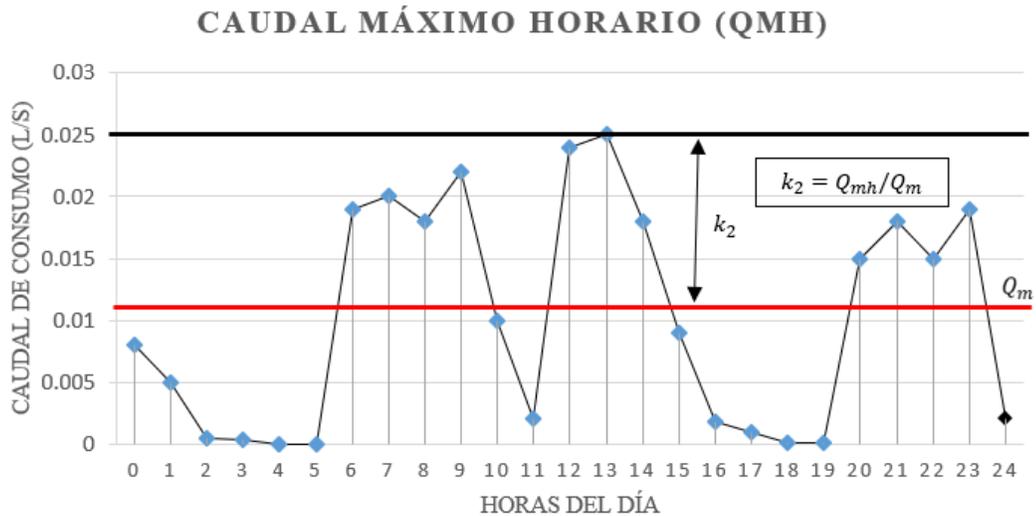
- Dot: Dotación en $l/hab * d$
- Pd: Población de Diseño

f.2. Consumo Máximo horario (Q_{mh})

Este caudal se da como una representación del flujo máximo de agua requerido en una hora específica del día. Este parámetro es esencial para diseñar adecuadamente la infraestructura del sistema de suministro, incluidas tuberías, bombas y tanques, para garantizar que se satisfaga la demanda durante los períodos pico sin interrupción o reducción del suministro.

Se muestra un gráfico representativo en **Figura 2**.

Figura 2. Ejemplo de Variación de Consumo máximo horario (Q_{mh})



Descripción: En la figura se muestra el Caudal medio (Q_m), el coeficiente de variación diaria ($k_2=2.0$).

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

Se debe considerar un valor de 2.0 del consumo promedio anual, Q_p de este modo:

Ecuación 5: Caudal máximo Horario

$$Q_{mh} = K_2 \times Q_p$$

Donde:

- Q_p : Caudal promedio diario anual
- K_1 : Coeficiente de variación diaria ($K_2 = 2$)

Siendo el Caudal Promedio (Q_p):

Ecuación 6: Caudal promedio diario anual en (l/s)

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

Donde:

- Dot: Dotación en $l/hab * d$
- Pd: Población de Diseño

g. Criterios de Estandarización de Diseños Hidráulicos

El diseño de los elementos hidráulicos en los sistemas de saneamiento debe seguir un enfoque de estandarización, lo cual facilita la implementación de un diseño único aplicable a situaciones con características técnicas similares. A continuación, se presentan los lineamientos que rigen esta estandarización.

Tabla 5. Criterios de estandarización de componentes Hidráulicos.

ITEM	Componente Hidráulico	Criterio Principal	Criterios Secundarios	Descripción
1	Barraje fijo sin canal de derivación	$Q_{md} \text{ (l/s)} = (\text{menor a } 0.5) \text{ o } (>0.5-1.00) \text{ o } (>1.00-1.50)$		Para un caudal máximo diario " Q_{md} " menor o igual a 0.50 l/s, se diseña con 0.50 l/s, para un Q_{md} mayor 0.50 l/s y hasta 1.00 l/s, se diseña con 1.00 l/s y así sucesivamente
2	Barraje fijo con canal de derivación			
3	Balsa flotante			
4	caisson			
5	Manantial de ladera			
6	Manantial de fondo			
7	Galería filtrante			
8	Pozao tubular	$Q_{md} \text{ (l/s)} = (\text{menor a } 1.00) \text{ o } (>1.00 -2.00) \text{ o } (>3.00-4.00)$		Para un caudal máximo diario " Q_{md} " menor o igual a 0.50 l/s, se diseña con 0.50 l/s, para un Q_{md} mayor 0.50 l/s y hasta 1.00 l/s, se diseña con 1.00 l/s y así sucesivamente
9	Línea de conducción		x	
9.1	Cámara de reunión de caudales		x	Estructuras de concreto que permiten la adecuada distribución o reunión de los flujos de agua
9.2	Cámara de distribución de caudales		x	

9.3	CRP para conducción	$Q_{md} (l/s) \equiv (\text{menor a } 0.50) \text{ o } (>0.50 - 1.00) \text{ o } (>1.00-1.50)$		Para un caudal máximo diario " Q_{md} " menor o igual a 0.50 l/s, se diseña con 0.50 l/s, para un Q_{md} mayor 0.50 l/s y hasta 1.00 l/s, se diseña con 1.00 l/s y así sucesivamente
9.4	Tubo rompe carga		x	
9.5	Válvula de aire		x	
9.6	Válvula de purga		x	
9.7	Pase Aéreo		x	
10	PTAP integral	Dependiendo de la calidad del agua de la fuente		Diseñada con todos sus componentes, los que se desarrollan a continuación
10.1	Desarenador	$Q_{md}(l/s) = (\text{menor a } 0.5) \text{ o } (>0.5-1.00) \text{ o } (>1.00-1.50)$	Población Final y dotación	Para un caudal máximo diario " Q_{md} " menor o igual a 0.50 l/s, se diseña con 0.50 l/s, para un Q_{md} mayor 0.50 l/s y hasta 1.00 l/s, se diseña con 1.00 l/s y así sucesivamente
10.2	Sedimentador			
10.3	Sistema de aireación			
10.4	Prefiltro	$Q_{md} (l/s) = (\text{menor a } 0.50) \text{ o } (>0.50 - 1.00) \text{ o } (>1.00-1.50)$	Población final y dotación	Para un caudal máximo diario " Q_{md} " menor o igual a 0.50 l/s, se diseña con 0.50 l/s, para un Q_{md} mayor 0.50 l/s y hasta 1.00 l/s, se diseña con 1.00 l/s y así sucesivamente
10.5	Filtro lento de arena		Población Final y dotación	
10.6	Lecho de secado	1.50 l/s		
10.7	Cerco perimétrico		x	
11	Estaciones de bombeo	$Q_{md}(l/s) = (\text{menor a } 0.50) \text{ o } (>0.50-1.00) \text{ o } (>1.00-1.50)$	Población final y dotación	Para un caudal máximo diario " Q_{md} " menor o igual a 1.00 l/s, se diseña con 1.00 l/s para un " Q_{md} " mayor o igual a

Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

h. SELECCIÓN DEL TIPO DE TUBERÍA

Lo principal en el diseño es determinar el diámetro óptimo de la tubería que permita transportar de manera eficiente el caudal de diseño, tanto el caudal medio diario (Q_{md}) como el caudal máximo horario (Q_{mh}).

Para establecer este diámetro se deben analizar diferentes alternativas, realizando cálculos hidráulicos basados en los principios de la mecánica de fluidos, considerando tanto las velocidades como las presiones. Asimismo, es fundamental buscar una opción que optimice los costos del proyecto mediante una elección adecuada del diámetro.

En cuanto al cálculo de la velocidad del flujo, esta debe mantenerse dentro del rango recomendado, con un mínimo de 0.6 m/s y un máximo de 3.0 m/s, con el objetivo de evitar problemas como el golpe de ariete.

h.1. Fórmulas de diseño

a. Hazen & Williams

Para tuberías de diámetro superior a 50 mm

Perdida de carga

Ecuación 7: Ecuación Hazen & Williams

$$H_f = 10\,674 \times \left[\frac{Q^{1.852}}{(C^{1.852} \times D^{4.86})} \right] \times L$$

Donde:

H_f: Pérdida de carga continua. (m)

Q: Caudal (m³/s)

C: Coeficiente de H&W, varía de acuerdo con el tipo de material

D: Diámetro de la tubería (m)

L: Longitud del tramo. (m)

Tabla 6. Tabla de valores de C (para Hazen & Williams)

NATURALEZA	C
Tubos rectos extremadamente liso (asbestos- Cemento)	140
Tubos muy lisos (concreto, fierro fundido nuevo)	130
Madera cepillada, acero soldado nuevo	120
Arcilla vitrificada, acero remachado de uso	110
Fierro fundido con varios años de uso	100
Acero remachado con varios años de uso	95
Tuberías viejas en mala condición	60-80

Descripción: Esta tabla solo se utilizará para la ecuación H&W.

Fuente: (Moya Sáeiga, 1997)

b. Darcy & Weisbach

Perdida de carga

Ecuación 8: Fórmula de Darcy & Weisbach

$$hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

f: Coeficiente de Darcy

L: Longitud de la tubería (m)

D: Diámetro (m)

V: velocidad media (m/s)

c. FAIR – WHIPPLE

Para tuberías de diámetro igual o menor a 50 mm.

Ecuación 9: Fórmula Fair - Whipple

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

Donde:

H_f: Pérdida de carga continua. (m)

Q: Caudal (l/min)

D: Diámetro de la tubería (mm)

L: Longitud del tramo. (m)

(MVCS, 2018) Menciona que Salvo casos fortuitos debe cumplirse lo siguiente:

- La velocidad del flujo no debe ser inferior a 0.60 m/s.
- Se permite una velocidad máxima de hasta 3 m/s, pudiendo incrementarse hasta 5 m/s únicamente si se presenta una justificación técnica adecuada.

Analizando estas fórmulas nos encontramos que habiendo más Diámetro en la tubería hay menos pérdida de carga por lo tanto con menos diámetro más pérdida de carga.

Con todo lo anterior se puede realizar una combinación de diámetro a lo largo de dicha línea de conducción de modo que puedan variar las pérdidas de carga y reducir las presiones con la finalidad que puedan respetar los límites admisibles de presión y velocidad, permitiendo así reducir la construcción de más Cámaras Rompe Presión (CRP).

h.2. Selección del material de Tubería:

La selección de tubería se da por varios criterios, los cuales son:

- Calidad de agua
- Tipo de material de la tubería
- Resistencia de presión de la tubería

El diámetro de la tubería será muy importante para elegir el material, como se puede observar en la Tabla 7.

Tabla 7. Elección del material de tubería según su diámetro

4" a 36"	Asbesto Cemento
Menos de 4"	PVC
Diámetros mayores: 0.5-1.5m	Usar concreto

Descripción: Deben tener una adecuada resistencia mecánica.

Fuente: (Moya Sáeiga , 1997)

Tabla 8. Elección del material de tubería según la presión

Presiones bajas	Concreto armado
75, 105, 150, 210 lb/pulg ²	Tuberías de asbesto-cemento o PVC
Presiones altas	Tuberías de acero

Fuente: (Moya Sáeiga , 1997)

h.3. Selección de clase de tubería

”La norma ISO 1452 establece las especificaciones para sistemas de tuberías plásticas a presión hechos de policloruro de vinilo clorado (PVC-U) para el suministro de agua y para uso general bajo presión. Según la ISO 1452, las clases de presión para las tuberías de PVC-U se fijan principalmente en términos de la presión nominal (PN), que es la presión en bar que una tubería puede soportar a una temperatura de 20°C durante su vida útil.” (NICOLL, 2016)

De acuerdo con la norma Técnica Peruana NTP-ISO 4422-2 las presiones nominales de los tubos de PVC - U son las siguientes:

Tabla 9. Presiones nominales y m.c.a. de diferentes clases de tubos

Clase	Serie	Presión Nominal (bar)	Metros Columna de agua (m.c.a)
5	20	5 bar	51 m.c.a.
7.5	13.3	8 bar	77 m.c.a.
10	10	10 bar	102 m.c.a.
15	6.6	15 bar	153 m.c.a.

Fuente: (NICOLL, 2016)

Así mismo la presión estática máxima de la tubería no debe ser mayor al 75% de la presión de trabajo especificada por el fabricante. Dicho de otro modo, si usamos una tubería clase 10 (PN 10 = 102 m.c.a) por recomendación solo se debe ejercer un 75% o sea 76.5 m.c.a. por lo que se deduce que como máximo debe haber una Cámara Rompe Presión (CRP) cada 76 metros de desnivel.

Tabla 10. Presión máxima de trabajo

Clase	Metros Columna de agua (m.c.a)	75% presión de trabajo
5	51 m.c.a.	38 m.c.a.
7.5	77 m.c.a.	57 m.c.a.
10	102 m.c.a.	77 m.c.a.
15	153 m.c.a.	115 m.c.a.

Fuente: Elaboración Propia

h.4. Diámetros Internos de las Tuberías según la NTP. 399.002

Tabla 11. Diámetros internos de tuberías PVC

DIAMETRO EXTERIOR		LONGITUD		CLASE 5 75 PSI (5 bar)			CLASE 7.5 105 PSI (7.5 bar)			CLASE 10 150 PSI (10 bar)			CLASE 15 200 PSI (15 bar)		
NOM	REAL	TOTAL	UTIL	ESP.	Diam. Inter.	PESO	ESP.	Diam. Inter.	PESO	ESP.	Diam. Inter.	PESO	ESP.	Diam. Inter.	PESO
Pulg.	mm	metros	metros	mm	mm	Kg. x tubo	mm	mm	Kg. x tubo	mm	mm	Kg. x tubo	mm	mm	Kg. x tubo
1/2	21	5	4.97	-	-	-	-	-	-	1.8	17.4	0.84	1.8	17.9	-
3/4	26.5	5	4.96	-	-	-	-	-	-	1.8	22.9	1,080	1.8	22.9	-
1	33	5	4.96	-	-	-	-	-	-	1.8	29.4	1,363	2.3	28.4	2,877
1.1/4	42	5	4.96	-	-	-	1.8	38.4	1.74	2	38	1,940	2.9	36.2	2,750
1.1/2	48	5	4.96	-	-	-	1.8	44.4	2,016	2.3	43.4	2,549	3.3	41.4	3,577
2	60	5	4.95	1.8	56.4	2,359	2.2	55.4	3,082	2.9	54.2	4,013	4.2	51.6	6,680
2.1/2	73	5	4.94	1.8	69.4	3,102	2.6	67.8	4,435	3.5	66	5,894	5.1	62.8	8,390
3	88.5	5	4.93	2.2	84.1	4,599	3.2	82.1	6,612	4.2	80.1	8,576	6.2	76.1	12,360
4	114	5	4.9	2.8	108.4	7,540	4.1	105.8	10,911	5.4	103.2	14,201	8	98	20,535
6	168	5	4.86	4.1	159.8	16,278	6.1	155.8	23,923	8	152	31,006	11.7	144.6	44,299
8	219	5	4.82	5.3	208.4	27,440	7.9	203.2	40,405	10.4	198.2	52,262	15.3	188.4	75,513
10	273	5	4.77	6.7	259.6	43,223	9.9	253.2	63,100	13	247	81,884	19	235	116,919
12	323	5	4.73	7.9	307.2	60,301	11.7	299.6	88,231	15.4	292.2	114,754	22.5	278	163,796

Nota: - Según la Norma Técnica Peruana, los tubos con diámetros de 1/2" y 1" deben cumplir con la especificación de ser CLASE 10. Además, estos tubos son fabricados con un sistema de unión tipo espiga-campana (EC) o mediante acople por simple presión (SP).

i. TIPO DE CONSUMO

i.1. Consumo Doméstico

El consumo de agua en los hogares depende de diversos factores como los hábitos de higiene de la población, el nivel socioeconómico, el grado de desarrollo, la disponibilidad y calidad del agua, las condiciones climáticas, así como las costumbres locales. Debido a esta variedad de elementos, resulta complejo establecer un valor fijo. Sin embargo, en el contexto nacional, se estima que el consumo doméstico oscila entre 50 y 100 litros por habitante al día, cantidad que cubre las necesidades básicas como el consumo fisiológico, la preparación de alimentos, el lavado de ropa y utensilios, sistemas de climatización, el riego de jardines y plantas, así como la limpieza del hogar. (MVCS, 2018)

En determinación del consumo doméstico se deben considerar:

- Sistemas con conexiones domiciliarias, en los que la dotación debe ser suficiente para abastecer los diferentes usos.

i.2. Consumo Público o no doméstico

Este tipo de consumo corresponde al uso de agua en edificaciones e instituciones del sector público, tales como colegios, centros de salud, mercados, cuarteles, jardines, sistemas de riego y servicios contra incendios. Aunque su magnitud varía, en el contexto nacional suele estimarse entre el 20 % y 30 % del consumo destinado a uso doméstico. (Vierendel, 2009)

i.3. Consumo Industrial

Depende del grado de industrialización y del tipo de industria, grande o pequeña. En muchos casos, las zonas industriales conducen al desarrollo urbano, lo que aumenta el consumo de agua.

j. LÍNEA DE GRADIENTE HIDRÁULICA

La línea de gradiente hidráulica (L.G.H.) indica la presión de agua a lo largo de la tubería bajo condiciones de operación.

Para el cálculo de la línea de gradiente hidráulica, se aplicará la ecuación de Bernoulli.

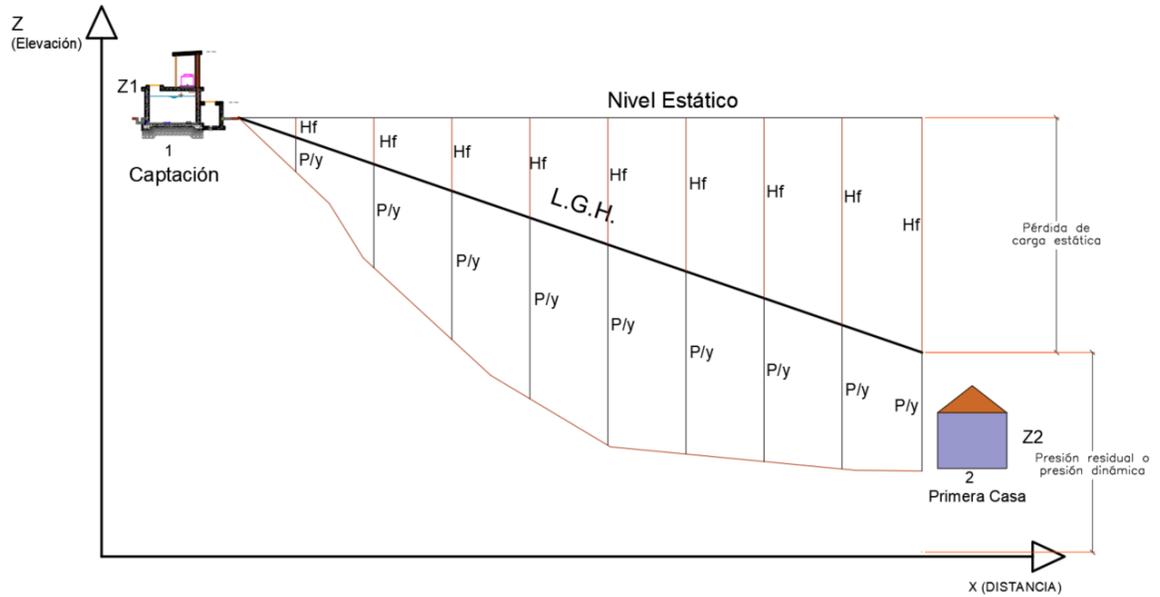
Ecuación 10. Ecuación de Bernoulli en la aplicación del Cálculo de la (L.G.H.)

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

Donde:

- ✓ Z : cota altimétrica respecto a un nivel de referencia en m.
- ✓ P/γ : Altura de carga de presión, m. P es la presión y γ el peso específico del fluido.
- ✓ V : Velocidad del Fluido
- ✓ H_f : Pérdida de carga de 1 a 2, incluyendo las pérdidas lineales como las locales.

Figura 3. Cálculo de la Línea de Gradiente



Fuente: Elaboración propia

Lo habitual es, $V_1 = V_2$ y P_1 está a la presión atmosférica, la expresión se reduce a:

Ecuación 11: Ecuación de Cálculo de la Gradiente Hidráulica

$$P_2/\gamma = Z_1 - Z_2 - H_f$$

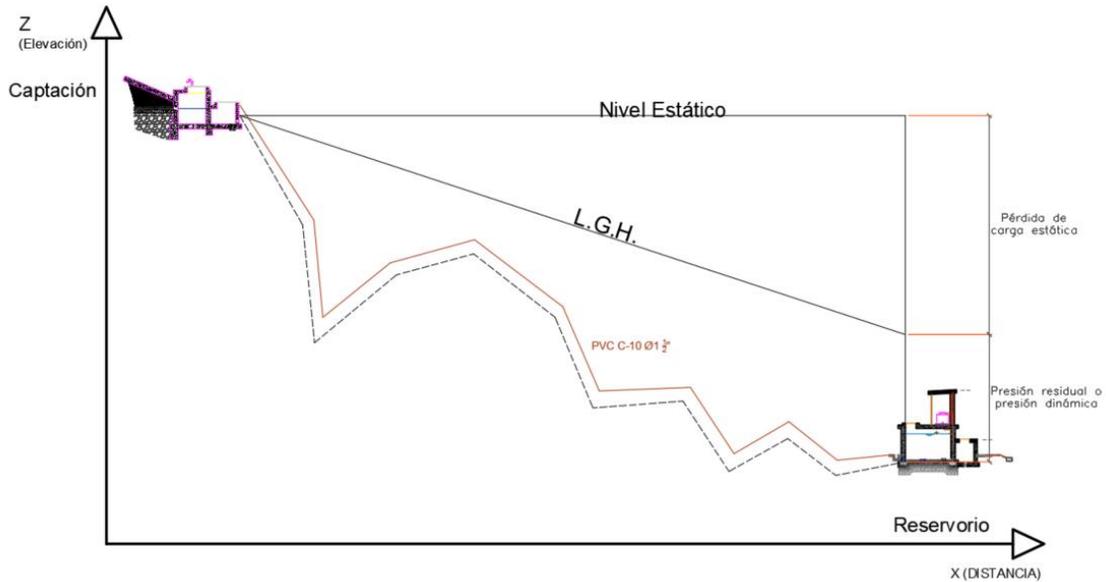
Donde:

- ✓ Z : cota altimétrica respecto a un nivel de referencia en m.
- ✓ P/γ : Altura de carga de presión, m. P es la presión y γ el peso específico del fluido.
- ✓ H_f : Pérdida de carga de 1 a 2, incluyendo las pérdidas lineales como las locales.

“Al realizar el trazo de la línea de gradiente hidráulico para un flujo que descarga de manera libre al ambiente (por ejemplo, dentro de un tanque), puede suceder que la presión remanente en el

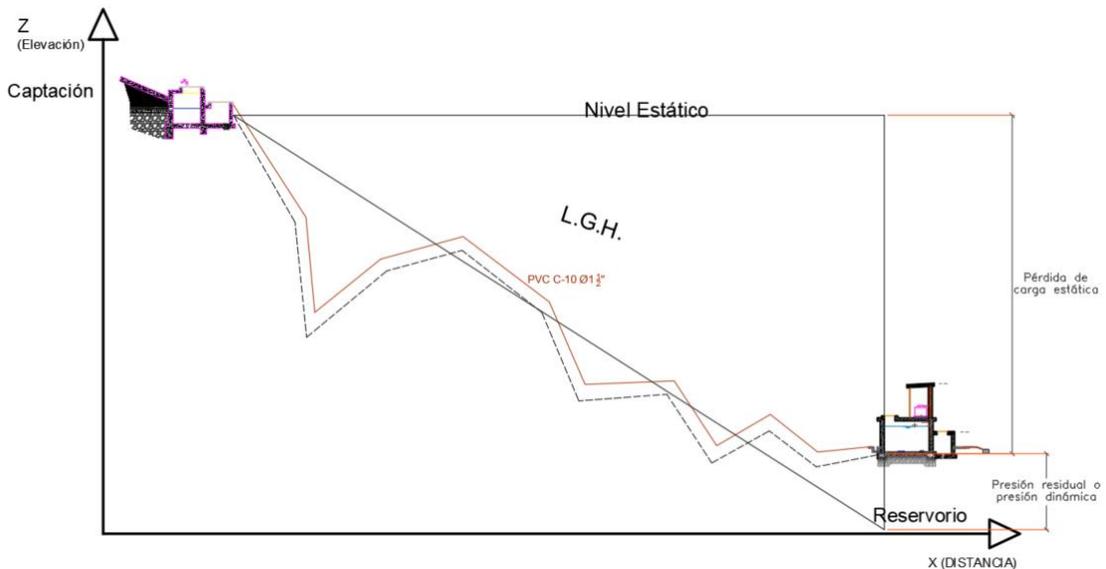
punto de salida sea positiva o negativa” (Agüero, 1997, pág. 57). Este concepto se ilustra en la **Figura 4**.

Figura 4. Línea de Gradiente Hidráulico con Presión residual positiva



Nota: Se observa la presión residual positiva; quiere decir, que hay energía suficiente para mover el flujo de agua.
Fuente: Elaboración Propia

Figura 5. Línea de Gradiente Hidráulico con Presión residual negativa



Nota: Se observa la presión residual negativa, que indica que no hay suficiente energía gravitacional para mover la cantidad deseada de agua.
Fuente: Elaboración propia

Es posible redefinir la línea de gradiente hidráulico (L.G.H.) utilizando un caudal reducido y un diámetro de tubería mayor, con el propósito de asegurar una carga hidráulica positiva a lo largo de toda la conducción.

k. ELEMENTOS DE MEDIDA

La incorporación de dispositivos de medición y control a lo largo de la red de distribución constituye una práctica recomendada para supervisar y gestionar adecuadamente el sistema de abastecimiento. Su principal objetivo es registrar las distintas variables hidráulicas que permiten evaluar el estado operativo de la red. Entre estos dispositivos, los medidores domiciliarios destacan por su importancia, ya que las lecturas que proporcionan son la base para el proceso de facturación del consumo de agua. (Universidad Politécnica de Valencia, 2003, pág. 73)

k.1. Medidores de caudal/volumen.

Existen muchos medidores para determinar tanto el caudal como el volumen circulante por una conducción. Se puede distinguir entre los que se basan en la medida de la velocidad del fluido (electromagnéticos, ultrasónicos, sondas Annubar), y los que acumulan el volumen consumido (contadores de chorro, de hélice tipo Woltmann, volumétricos, etc.). Existe además otra gama de medidores que determina el caudal instantáneo a partir de la medida instantánea de otras magnitudes (los medidores Venturi, los contadores proporcionales o los diafragmas o placas orificio). (Universidad Politécnica de Valencia, 2003, pág. 75)

k.2. Tipos de medidores de agua

a) Medidores de turbina o velocidad:

✓ Medidores de agua de chorro único.

Son aquellos que utilizan un único chorro de agua para medir el consumo de agua.

Este tipo de medidor es conocido como medidor de agua interno o domiciliario, es comúnmente utilizado en casas, apartamentos, residencias y pequeños negocios, ya que son más económicos que otros tipos de medidores y requieren menos espacio para su instalación. (PATMO Perú, 2020)

Figura 6. Medidor de agua de chorro único



Descripción: Los diámetros varían de entre 1/2" a 1"
Fuente: (Metrología e Instrumentación, 2019)

✓ **Medidores de agua de chorro múltiple.**

Estos medidores utilizan varios chorros de agua para medir el consumo de agua. Son muy precisos y adecuados para aplicaciones residenciales y comerciales.

Los medidores de agua de chorro múltiple no requieren una fuente de energía externa y son fáciles de instalar. (PATMO Perú, 2020)

Figura 7. Medidores de agua de chorro múltiple



Descripción: Los diámetros varían de entre 3/4" a 2"
Fuente: (NWM, 2021)

✓ **Medidores de agua tipo WOLTMAN.**

El medidor tipo Woltman es conocido por su precisión y capacidad para manejar grandes volúmenes de agua.

Se utiliza comúnmente en aplicaciones industriales, como plantas de tratamiento de agua y sistemas de riego, así como en aplicaciones comerciales, como edificios de oficinas y centros comerciales. (PATMO Perú, 2020)

Figura 8. Medidores de agua tipo Woltman



Fuente: (Industrias Asociadas, 2019)

2.2.3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

2.2.3.1. Componentes hidráulicos del sistema de abastecimiento

MINSA (2010) agrega que los principales componentes hidráulicos en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, de acuerdo con el tipo de suministro, son los siguientes:

1. Estructuras de captación de aguas superficiales o subterráneas:
2. Estas se ubican al inicio del sistema y constituyen las fuentes que proveen el recurso hídrico. Dependiendo de la geografía y disponibilidad, pueden provenir de fuentes superficiales (ríos, quebradas) o subterráneas (pozos).

3. Reservorios: Infraestructura destinada al almacenamiento temporal del agua, permitiendo la regulación del suministro en función de la demanda.
4. Cámaras de bombeo y rebombeo: Instalaciones que permiten impulsar el agua hacia niveles más altos o tramos del sistema donde no es posible mantener el flujo por gravedad.
5. Cámaras rompe presión: Estructuras que reducen las presiones excesivas en las tuberías, protegiendo el sistema y evitando daños por sobrepresión.
6. Planta de tratamiento: Instalación donde se realizan los procesos físicos y químicos necesarios para garantizar que el agua cumpla con los estándares de calidad para el consumo humano.
7. Líneas de aducción, conducción y red de distribución:
8. Conjunto de tuberías que transportan el agua desde la fuente hasta los usuarios finales, atravesando diferentes etapas como captación, tratamiento y almacenamiento.
9. Punto de suministro:
10. Es la conexión final hacia el usuario, ya sea mediante acometidas domiciliarias u otras formas de entrega directa.
11. Válvulas de control, purga y aire:
12. Dispositivos instalados en diferentes tramos del sistema, que permiten regular el flujo, eliminar aire acumulado y realizar vaciados para limpieza o mantenimiento.

2.2.4. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

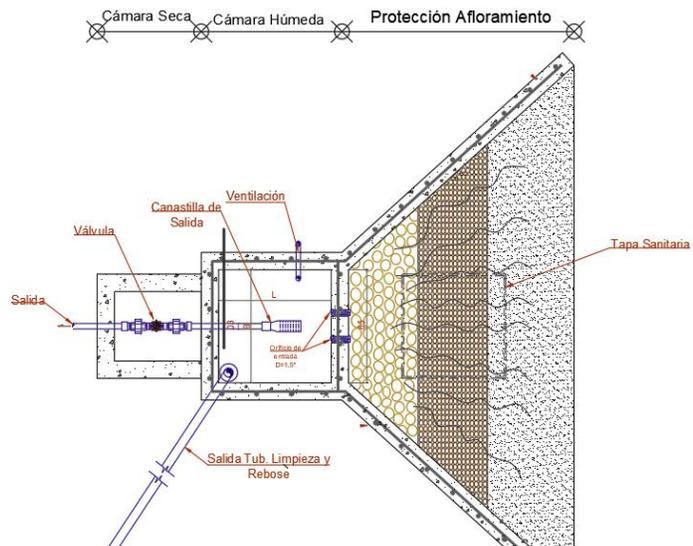
2.2.4.1. Captación de ladera

Estructura que tiene como finalidad la captación del agua proveniente de manantiales de volumen pequeño, cuerpos que por lo general se ubican en las laderas de las montañas. (Gómez Cevallos, 2021)

Para un sistema por gravedad como es en este caso, la fuente de abastecimiento se debe encontrar a un nivel más alto sobre el lugar a servir de manera que el agua pueda llegar por gravedad al lugar de consumo con suficiente cantidad y presión a la población.

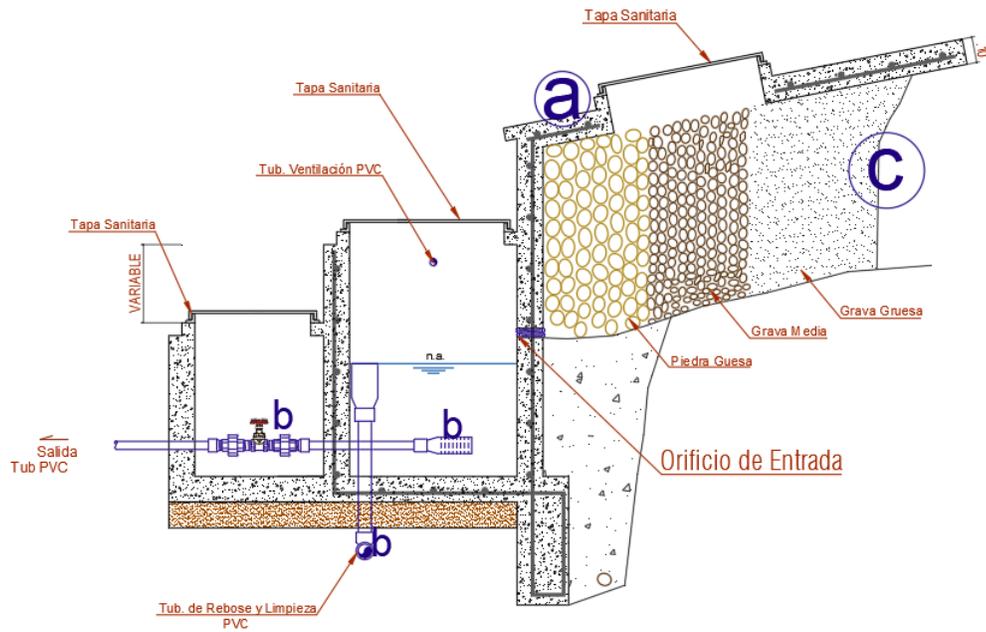
2.2.4.1.1. Componentes principales (MVCS, 2018)

Figura 9. Vista en planta de una Captación



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Componentes Principales de una captación de ladera



Descripción: Los siguientes componentes "a,b,c" están explicadas a continuación
Fuente: Elaboración propia

a) Cámara de Protección

En las captaciones de fondo y ladera es crucial conservar el flujo natural del agua proveniente de la vertiente. Por ello, la cámara de protección debe diseñarse con formas y dimensiones adecuadas que se ajusten al sitio de la fuente y aseguren una captación eficiente del caudal requerido. Además, debe incluir una losa removible o de fácil acceso (bruñida) para facilitar las labores de mantenimiento del lecho filtrante. (MVCS, 2018)

b) Tuberías y accesorios

Los materiales empleados en las tuberías y sus componentes deben ser compatibles químicamente con el agua natural, evitando cualquier reacción que altere su calidad. El dimensionamiento de los diámetros debe fundamentarse en el caudal máximo diario previsto, salvo en aquellos casos en que se presente una justificación técnica que sustente otra alternativa. En el diseño de las obras de captación, es esencial considerar la incorporación de válvulas, piezas especiales, tuberías para limpieza, sistemas de rebose y tapas de inspección, todos ellos cumpliendo con los requerimientos sanitarios correspondientes. Además, al inicio de la línea de conducción se debe instalar una canastilla protectora, como se ilustra en la Figura 10. (MVCS, 2018)

c) Cámara de recolección de aguas

Es importante que la cámara de recolección se ubique fuera del terreno anegadizo y permita la recolección del agua de todas las tomas (pueden haber más de un dren).

d) Protección Piramidal

El área donde se realiza la captación debe contar con medidas de protección adecuadas que eviten la contaminación del recurso hídrico. Es imprescindible disponer de canales de drenaje ubicados en la parte superior y en los alrededores de la captación, con el objetivo de impedir que las aguas superficiales contaminen la fuente.

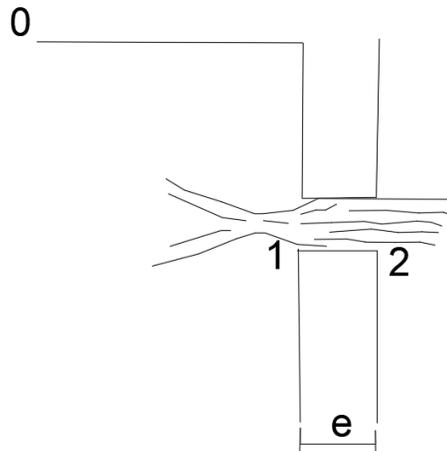
2.2.4.1.2. Diseño Hidráulico y Dimensionamiento

Para dimensionar una captación de ladera, es fundamental conocer el caudal máximo del manantial. Esto permite establecer un diámetro adecuado para los orificios de ingreso a la cámara húmeda, asegurando que puedan captar

eficientemente dicho caudal. Una vez determinado el gasto, se calcula el área de los orificios considerando una velocidad de entrada moderada y el coeficiente de contracción asociado.

I. Distancia entre el afloramiento y la cámara húmeda

Figura 11. Flujo del agua en un orificio de pared gruesa



Descripción:
Fuente: (Agüero, 1997)

Es necesario conocer la velocidad de pase y la pérdida de carga sobre el orificio de salida. En la **Figura 11.**, aplicando la ecuación de Bernoulli entre los puntos O y 1, resulta:

Ecuación 12. Ecuación de Bernoulli:

$$\frac{P_0}{\gamma} + h_0 + \frac{V_0^2}{2g} = \frac{P_1}{\gamma} + h_1 + \frac{V_1^2}{2g}$$

Considerando los valores de P_0 , V_0 , P , y h , igual a cero, se tiene:

$$h_0 = \frac{V_1^2}{2g}$$

Donde:

- h_0 = Altura entre el afloramiento y el orificio de entrada (se recomiendan valores de 0.4 a 0.5 m)
- V_1 = Velocidad teórica (m/s)
- g = Aceleración de la gravedad

Mediante la ecuación de continuidad considerando los puntos 1 y 2, se tiene:

Ecuación 13: Ecuación de continuidad

$$Q_1 = Q_2$$
$$Cd \times A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2$$

Siendo $A_1 = A_2$

$$V_1 = \frac{V_2}{cd}$$

Donde:

- V_2 = Velocidad de pase (se recomiendan valores menores o iguales a 0.6 m/s)
- Cd = Coeficiente de descarga en el punto 1. (se asume 0.8)

Reemplazando el valor de V_1 , de la ecuación de h_0 , se tiene:

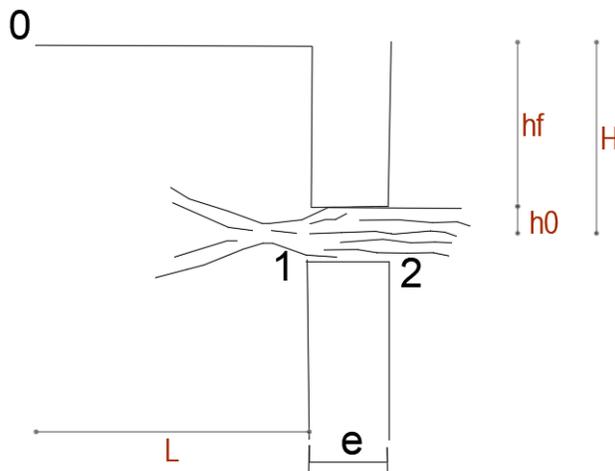
$$h_0 = 1.56 \times \frac{V_2^2}{2g}$$

Para los cálculos, h_0 es definida como la carga necesaria sobre el orificio de entrada que permite producir la velocidad de pase.

$$H = H_f + h_0$$

En la **Figura 12** se puede observar:

Figura 12. Carga disponible y perdida de carga



Fuente: (Agüero, 1997)

Donde H , es la pérdida de carga que servirá para determinar la distancia entre el afloramiento y la caja de captación (L).

$$L = H_f / 0.30$$

II. Ancho de la pantalla

Para calcular el ancho de la pantalla, es fundamental conocer tanto el diámetro como la cantidad de orificios que facilitarán el paso del agua desde el área de afloramiento hacia la cámara húmeda (Agüero, R., 1997). A fin de determinar el diámetro de la tubería de ingreso (D), se emplean las siguientes fórmulas:

$$Q_{m\acute{a}x} = V \times A \times Cd$$

$$Q_{m\acute{a}x} = A \times Cd(2 \times g \times h)^{1/2}$$

Despejando nos queda:

$$A = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{Cd \times (2gh)^{1/2}} = \frac{\pi D^2}{4}$$

El valor de D será definido mediante:

$$D = \left(\frac{4A}{\pi} \right)^{1/2}$$

Donde:

- Qmax. = Gasto máximo de la fuente en Vs.
- V = Velocidad de paso (se asume 0.50 mis, siendo menor que el valor máximo recomendado de 0.60 mis.).
- A = Área de la tubería en m2.
- Cd = Coeficiente de descarga (0.6 a 0.8).
- g = Aceleración gravitacional (9.81 mis2).
- h = Carga sobre el centro del orificio (m).

Número de orificios: Se sugiere emplear tuberías con diámetros (D) que no superen las 2 pulgadas. En caso se obtengan valores superiores, será preciso incrementar la cantidad de orificios (NA), de acuerdo con la siguiente relación:

Ecuación 14: Número de Orificios

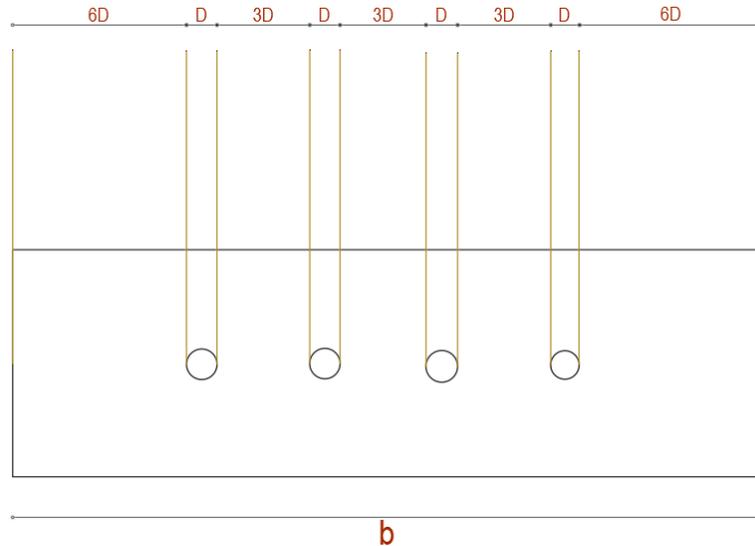
$$NA = \frac{\text{Área del diámetro calculado}}{\text{Área del diámetro asumido}} + 1$$

$$NA = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 + 1$$

Para el cálculo del ancho de la pantalla, se debe asumir que para una buena

distribución del agua los orificios se deben ubicar como se muestra en la **Figura 13**.

Figura 13. Distribución de los orificios - Pantalla frontal



Descripción: "D" el diámetro de la tubería de entrada y "b" el ancho de la pantalla.

Fuente: (Agüero, 1997)

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

Ecuación 15: Ancho de la pantalla (b)

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

Donde:

B= Ancho de la pantalla

D= Diámetro de los orificios

NA= Número de los orificios

III. Altura de la cámara Húmeda

Ecuación 16: Altura de Cámara Húmeda

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

Donde:

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

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

H: Altura de agua.

D: Desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua de afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda (mínimo 3 cm.).

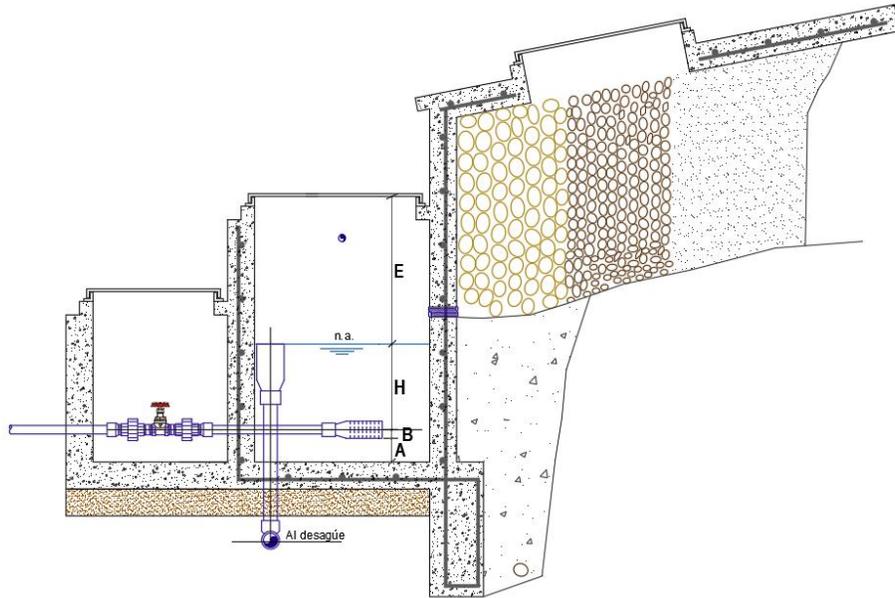
E: Borde libre (de 10 a 30 cm.).

Para determinar la altura de la captación, es necesario conocer la carga requerida para que el gasto de salida de la captación pueda fluir por la tubería de conducción. La carga requerida es determinada mediante la **Ecuación 17**.

Ecuación 17: Ecuación de Carga requerida para salida de la captación

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

Figura 14. Altura total de la cámara Húmeda



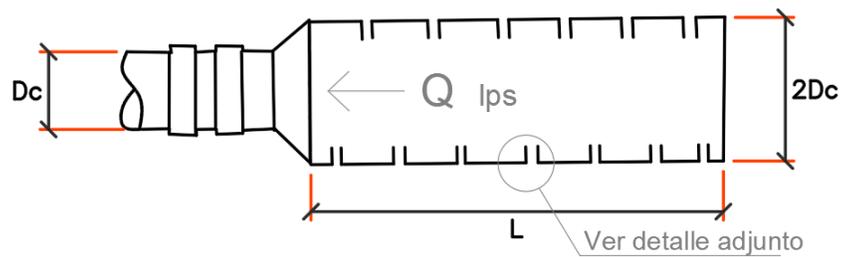
Fuente: (Agüero, 1997)

IV. Dimensionamiento de la canastilla

Para determinar las dimensiones, tenga en cuenta:

- $A_c = 2 \times D_c$
- $A_t = 2 \times \text{Área Tubería línea de conducción}$
- $6D_c > L > 3D_c$

Figura 15. Canastilla de salida



Fuente: (Agüero, 1997)

Ecuación 18: Área total de las ranuras

$$A_t = 2 \times A_c$$

Donde:

At: Área total de las ranuras

Dc: Diámetro de la tubería de salida a la línea de conducción

Ac: El área de la tubería de la línea de conducción

L: Longitud de la canastilla

Ecuación 19: Área de la canastilla

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

Ya teniendo los valores del área total de ranuras y el área de cada ranura, se determina el número de ranuras, con la **Ecuación 20**:

Ecuación 20: Número de ranuras

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

V. Tubería de Rebose y Limpieza

“Para las tuberías de rebose y limpieza, se sugiere aplicar pendientes que varíen entre 1% y 1.5%. Además, tomando en cuenta el caudal máximo de descarga, el diámetro se determina utilizando la fórmula de Hazen-Williams, considerando un coeficiente C de 140.” (Agüero, R. 2004)

Ecuación 21: Diámetro de la tubería de rebose y limpieza

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

Donde:

D: Diámetro (pulg)

Ac: Gasto máximo de la fuente en l/s.

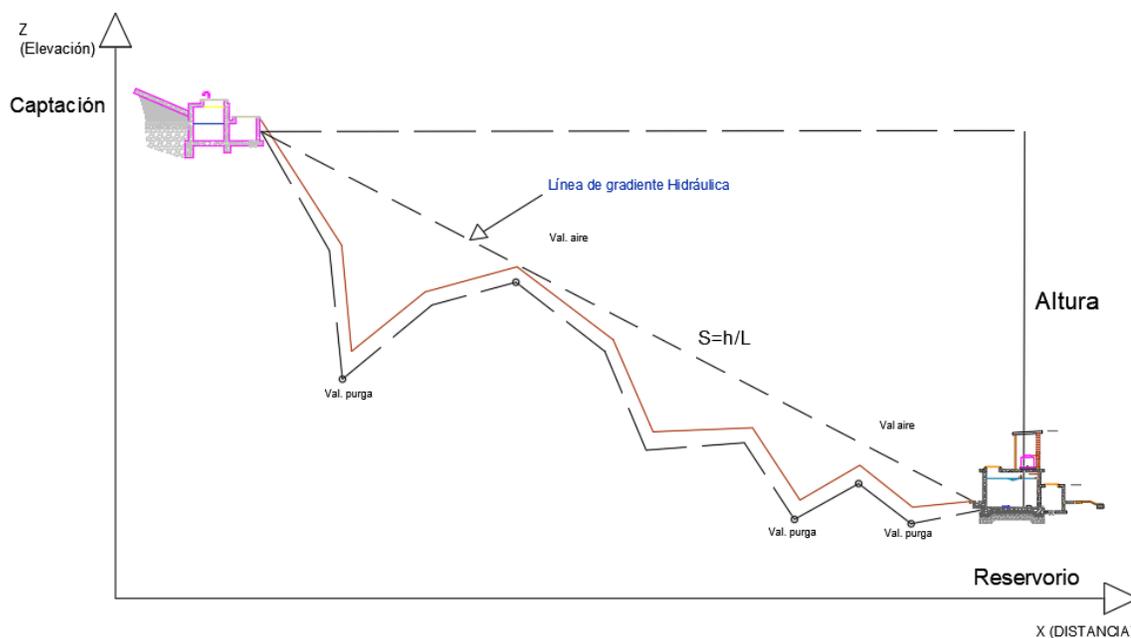
Hf= pérdida de carga unitaria en m/m

2.2.4.2. Línea de conducción

Es la estructura que permite conducir el agua desde la captación hasta la siguiente estructura, que puede ser un reservorio o planta de tratamiento de agua potable.

En la obra Agua Potable para Poblaciones Rurales, Gonzales (2019) define la línea de conducción como el tramo de tubería que permite trasladar el agua desde la fuente de captación hasta el punto de tratamiento o almacenamiento, dependiendo del diseño adoptado en el sistema de abastecimiento. Además, resalta la importancia de utilizar eficientemente la energía disponible para transportar el caudal necesario, lo que generalmente conlleva seleccionar el menor diámetro que mantenga las presiones dentro del límite que soporta el material de la tubería. (Agüero, R., 1997)

Figura 16. Perfil longitudinal de la línea de conducción



Descripción: En la parte más elevada se observa una captación y la parte inferior el reservorio. También acotamos que la línea de gradiente hidráulico solo es una referencia del libro, puesto que esta debe ser más elevada y debe trazarse dependiendo la altura de carga dinámica de la línea de conducción.

Fuente: Elaboración propia

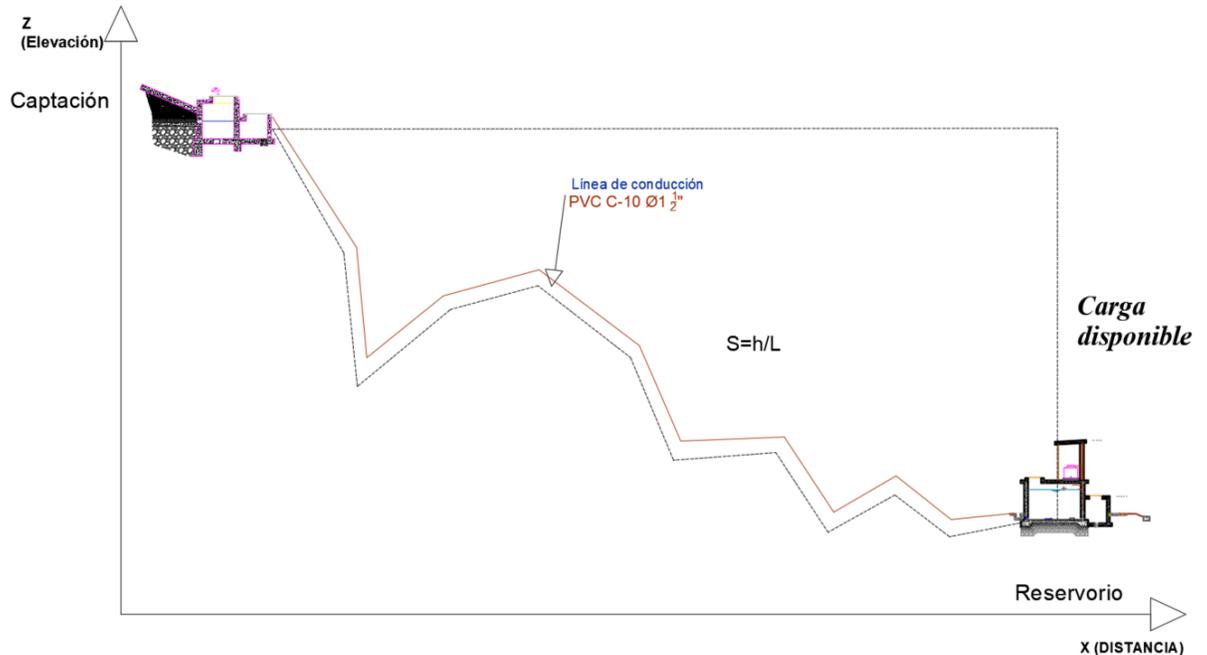
a. Caudales de diseño

La línea de conducción debe tener la capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo diario (Qmd), solo si el agua fuese extraída de los manantiales superficiales, río, etc. Caso contrario como fuentes de agua subterránea que son sacados por bombas de agua, usaremos el Caudal máximo horario (Qmh). (ver 2.2.2.)

b. Carga Disponible

La carga disponible (**Figura 17**) viene representada por la diferencia de elevación entre la obra de captación y el reservorio.

Figura 17. Carga disponible en la línea de conducción



Descripción: La carga disponible es la diferencia de nivel que apreciamos entre la fuente y el reservorio.
Fuente: Elaboración propia

c. Clase de tubería

La elección de la clase de tubería dependerá de las presiones máximas que se presenten a lo largo de la línea, las cuales están determinadas por la línea de carga estática. Para una mejor orientación, puede consultarse la Tabla 9.

En la mayoría de proyectos de agua potable para zonas rurales, se opta por el uso de tuberías de PVC debido a sus múltiples ventajas frente a otros materiales. Son más económicas, resistentes, livianas, flexibles y de fácil manipulación e instalación. Además, se encuentran fácilmente en el mercado en presentaciones comerciales menores a 2 pulgadas de diámetro.

d. Pérdida de Carga

Según (Agüero, 1997) “La pérdida de carga representa la energía requerida para superar las resistencias al flujo del agua entre dos puntos de una tubería. Estas pérdidas se clasifican en dos tipos: por fricción, que se originan por el roce del agua con las paredes internas de la tubería, y las locales, que se generan por elementos como codos, válvulas o cambios de dirección.”

Cuando las pérdidas locales representan más del 10% de las pérdidas por fricción, la conducción se considera corta y se deben incluir en el análisis. En este caso particular, dado que las pérdidas locales son menores al 10%, solo se tomarán en cuenta las pérdidas por fricción para los cálculos hidráulicos. (Agüero, R. 1997).

Las ecuaciones de pérdida de carga son las ya vistas **Ecuación Hazen & Williams; Fórmula de Darcy & Weisbach y Fórmula Fair - Whipple.**

e. Diámetros

Para definir los diámetros adecuados, se analizan varias alternativas técnicas y económicas. Tomando en cuenta el desnivel máximo a lo largo del tramo, el diámetro elegido debe permitir el transporte del caudal de diseño manteniendo velocidades entre 0.6 y 3.0 m/s. Además, las pérdidas de carga en cada tramo no deben superar la carga hidráulica disponible.

Para poder hallar estos diámetros y pérdidas de carga aplicaremos las fórmulas ya conocidas: (**Ecuación 7:** Ecuación Hazen & Williams), (Ecuación 8: Fórmula de Darcy & Weisbach), (Ecuación 9: Fórmula Fair - Whipple).

2.2.4.3. Línea de Aducción

La red de distribución o línea de aducción consiste en el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que se instalan para conducir el agua desde el reservorio hasta la red de distribución. (**Lopez, V., 2020**)

Las tuberías regularmente persiguen el contorno del terreno, salvo el tema de que a lo largo del trayecto por donde corresponderá efectuar la instalación de las tuberías, existan lugares rocosos insalvables, cruces de quebradas, terrenos erosionables, etc. En donde soliciten estructuras específicas.

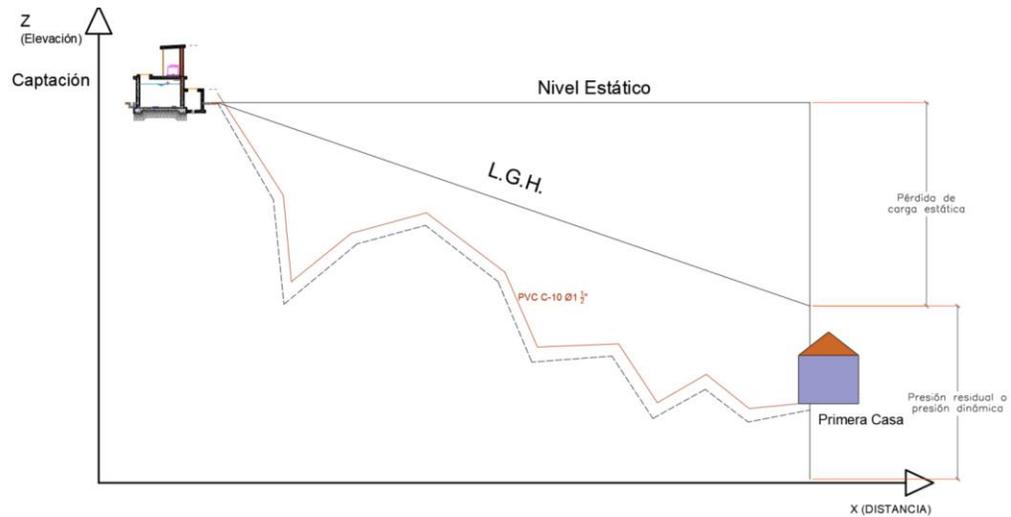
Deben tener en cuenta lo siguiente:

- Para facilitar la ejecución y el mantenimiento del sistema, se recomienda evitar pendientes superiores al 30% que puedan generar velocidades excesivas, así como pendientes menores al 0.5%.
- El trazado de la tubería debe procurar un recorrido lo más corto posible, siempre que esto no implique excavaciones complicadas o dificultades adicionales.
- En terrenos con topografía irregular, se aconseja diseñar pendientes suaves en los tramos ascendentes y permitir pendientes más pronunciadas en los tramos descendentes, considerando siempre el sentido del flujo de agua.
- Es importante mantener una distancia segura respecto a fuentes de contaminación como vertederos sanitarios, riberas de ríos, zonas con suelos aluviales, cementerios, napas freáticas altas y otras infraestructuras sensibles.
- Se deben definir claramente los puntos donde se instalarán válvulas y accesorios que requieran mantenimiento o control frecuente.

Para el diseño de la línea de aducción:

- Caudal de diseño: debe estar en capacidad de transportar, como mínimo, el caudal máximo horario (Q_{mh}).
- Cargas hidráulicas: se establecerá una carga estática máxima de 50 m y una carga dinámica mínima de 1 m..

Figura 18. Línea de Gradiente Hidráulica (L.G.H.) de la aducción a presión.



Fuente: Elaboración propia

- **Diámetros**

El diseño del diámetro debe garantizar una velocidad de flujo no menor a 0.6 m/s ni mayor a 3.0 m/s, permitiéndose hasta 5 m/s en casos debidamente justificados. En sistemas rurales, el diámetro mínimo permitido para la línea de aducción es de 25 mm (1”). Para calcular este diámetro, se aplicará la ecuación correspondiente:

Ecuación 22. Cálculo de diámetro mínimo de Línea de Aducción

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

Donde:

- ✓ Q: Caudal en m^3/s
- ✓ V: Velocidad en m/s

- **Dimensionamiento**

Para el dimensionamiento de la tubería, se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

- a. **Línea de Gradiente Hidráulica**

La línea de gradiente hidráulica debe mantenerse por encima del nivel del terreno. En zonas críticas del sistema, es posible modificar el diámetro de las tuberías con el fin de ajustar la pendiente de manera que se adecúe a las necesidades del diseño del proyecto.

b. Pérdida de carga unitaria (h_f)

Para el propósito de diseño se consideran las ecuaciones de **Ecuación Hazen & Williams** para diámetros mayores a 2” y la **Fórmula Fair - Whipple** para diámetros menores a 2”.

▪ **Presión**

La presión en la línea de aducción se va a representar la cantidad de energía gravitacional contenida en el agua.

Se va a representar por la ecuación (**Ver Ecuación 10. Ecuación de Bernoulli en la aplicación del Cálculo de la (L.G.H.)**)

Ecuación 23. Ecuación de Bernoulli en la aplicación del Cálculo de la (L.G.H.)

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

Donde:

- ✓ Z: cota altimétrica respecto a un nivel de referencia en m.
- ✓ P/γ : Altura de carga de presión, m. P es la presión y γ el peso específico del fluido.
- ✓ V: Velocidad del Fluido
- ✓ H_f : Pérdida de carga de 1 a 2, incluyendo las pérdidas lineales como las locales.

Si como es habitual, $V_1 = V_2$ y P_1 está a la presión atmosférica, la expresión se reduce a:

Ecuación 24: Ecuación de Cálculo de la Gradiente Hidráulica

$$(P_2/\gamma = Z_1 - Z_2 - H_f)$$

Donde:

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

- ✓ P/γ : Altura de carga de presión, m. P es la presión y γ el peso específico del fluido.
- ✓ V : Velocidad del Fluido
- ✓ H_f : Perdida de carga de 1 a 2, incluyendo las pérdidas lineales como las locales.

2.2.4.4. Reservorio

Los reservorios tienen la función de acumular agua durante los periodos de baja demanda para disponer de ella durante los momentos de mayor consumo, como ocurre en el Caudal Máximo Diario (Qmd), permitiendo así cubrir el déficit temporal. Además, estos sistemas de almacenamiento garantizan el suministro adecuado a las redes de distribución, tanto en caudal como en presión, y deben incluir un volumen adicional para emergencias como incendios, interrupciones en la fuente de agua o paradas en la planta de tratamiento. **(Lossio, 2014)**

Los reservorios de almacenamiento pueden clasificarse en tres tipos según su ubicación: elevados, apoyados y enterrados. Los reservorios elevados, que suelen tener formas esféricas, cilíndricas o de paralelepípedo, se instalan sobre estructuras como torres, columnas o pilotes. Los apoyados, generalmente de forma circular o rectangular, se construyen directamente sobre el terreno. Por último, los enterrados, también llamados cisternas, se edifican bajo la superficie del suelo y suelen presentar formas rectangulares o circulares. Todos estos tipos cuentan con un sistema de dosificación o hipocloración para tratar el agua y garantizar su potabilidad.

Figura 19. Reservorio de 5 m³



Fuente: Elaboración propia

En la Resolución Ministerial 192 – 2018 – Vivienda (MVCS, 2018) recomienda que “El reservorio debe situarse lo más cerca posible del área poblada y a una elevación que asegure, como mínimo, la presión requerida en el punto más alejado o crítico de la red de distribución.”

a. Criterios de diseño

- i. En los sistemas de abastecimiento de agua potable que funcionan por gravedad, se recomienda que los reservorios cuenten con una capacidad de almacenamiento equivalente al 25% del consumo promedio diario anual (Q_m), siempre que la fuente de abastecimiento proporcione un suministro constante. En caso de que la fuente tenga un régimen intermitente, la capacidad mínima de regulación deberá incrementarse al 30% del Q_m , según lo sugiere el Ministerio de Salud.

Ecuación 25: Consumo promedio diario anual (Q_m)

$$Q_m = P_f \times \text{Dotación}$$

Donde:

P_f : Población Futura

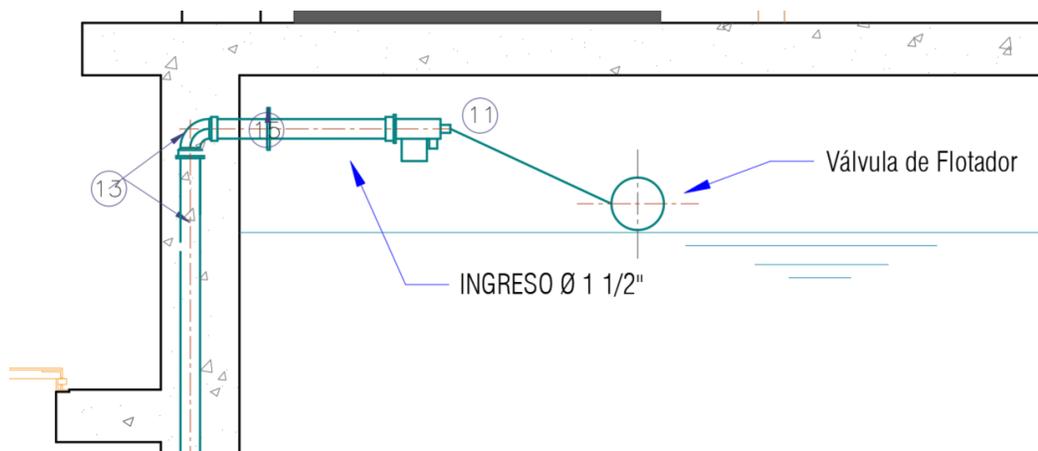
Ecuación 26: Volumen del reservorio considerando el 25% de Q_m

$$V = Q_m \times 0.25$$

Donde:

- Q_m : Consumo promedio diario anual
- ii. El reservorio debe contar con tuberías independientes para la entrada, salida, rebose y limpieza del agua. Cada una de estas líneas debe estar equipada con los dispositivos de cierre o control que aseguren un adecuado funcionamiento del sistema..
- iii. La tubería de entrada debe tener un sistema de regulación de llenado, usualmente son una válvula de flotador. Ver (Figura 20)

Figura 20. Válvula de flotador



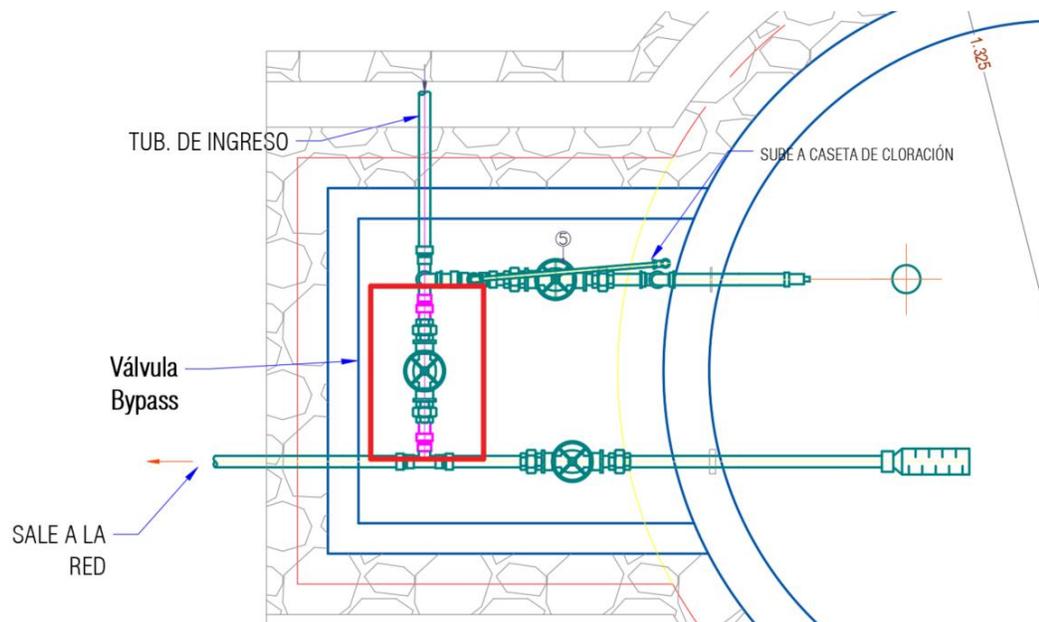
Fuente: Elaboración propia

- iv. La tubería de salida debe contar con una canastilla y su punto de toma debe ubicarse 10 cm por encima del fondo del reservorio, con el fin de impedir la entrada de sedimentos.
- v. Las tuberías de ingreso y egreso deben estar dispuestas en lados opuestos del reservorio, lo que favorece una adecuada circulación del agua almacenada.
- vi. Es necesario contar con una tubería de rebose conectada al sistema de limpieza, que permita la descarga libre del exceso de caudal. Esta debe tener capacidad suficiente para evacuar el caudal máximo que ingrese al sistema.
- vii. Se debe instalar un bypass entre las tuberías de entrada y salida, equipado con un mecanismo de cierre. En su diseño, se deben contemplar sistemas para reducir la

presión antes o después del reservorio, con el fin de prevenir presiones elevadas en la red de distribución.

viii. El bypass no debe permanecer operativo por largos periodos, ya que el agua que fluye a través de él no pasa por el proceso de cloración.

Figura 21. Válvula Bypass en un reservorio



*Nota: La tubería By-pass se instala con fines de mantenimiento y limpieza en el reservorio
Fuente: Elaboración propia*

- ix. La base del reservorio debe construirse a una cota superior a la de la tubería de limpieza, asegurando además una pendiente mínima del 1% hacia dicha tubería o hacia el punto de descarga previsto.
- x. Las tuberías de ventilación deben tener un diámetro reducido que impida el ingreso de animales y estar protegidas con rejillas que eviten la introducción de contaminantes.
- xi. Es indispensable asegurar la completa estanqueidad del reservorio para evitar fugas.
- xii. Cuando las tuberías atraviesen los muros del reservorio de concreto, se recomienda colocar una brida rompe-aguas empotrada y sellarla con materiales impermeables que garanticen un cierre hermético con el exterior.

- xiii. Se debe proteger el área perimetral del reservorio mediante un cerco metálico o muro de mampostería con una altura mínima de 2.20 m, incluyendo una puerta con cerradura.
- xiv. La cámara de válvulas debe contar con un sistema de drenaje que permita evacuar el agua acumulada accidentalmente.
- xv. Es recomendable instalar medidores de caudal tanto en la entrada como en la salida del reservorio, así como sensores eléctricos para monitorear el nivel del agua almacenada.

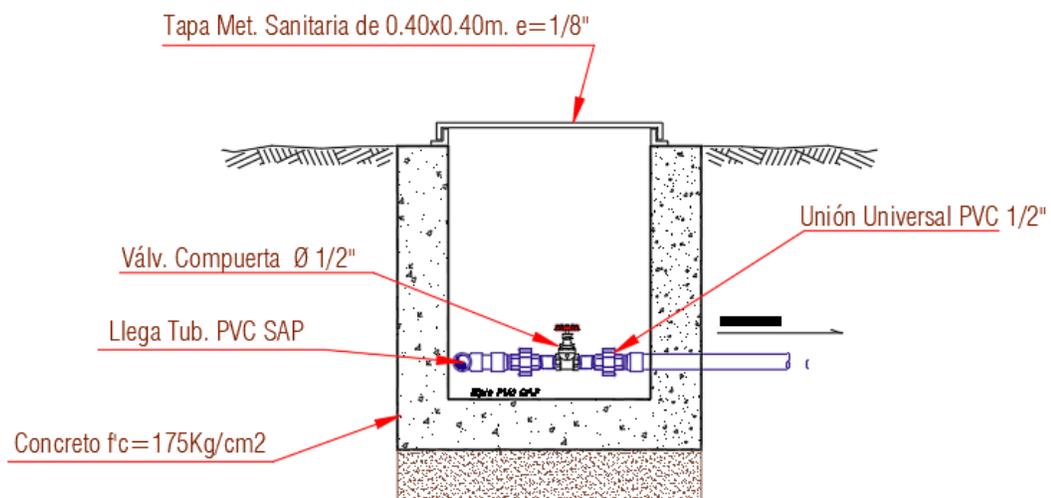
2.2.4.5. Válvulas de purga de aire

En los tramos bajos de líneas de conducción con terreno irregular, los sedimentos pueden acumularse y reducir el área útil de paso del agua. Para garantizar una limpieza periódica de estas secciones, es fundamental instalar válvulas de purga.

Estas válvulas deben ubicarse estratégicamente en los puntos más bajos, considerando tanto la calidad del agua transportada como el tipo de operación del sistema.

El tamaño de las válvulas de purga debe definirse en función de la velocidad de vaciado deseada, recomendándose que su diámetro sea inferior al de la tubería principal. (Vierendel , 2009)

Figura 22. Válvula de purga



Descripción: Las válvulas de purga, comúnmente deben encontrarse en la parte inferior de los tramos de tuberías, porque es donde se acumulan los sedimentos.

Fuente: Elaboración propia

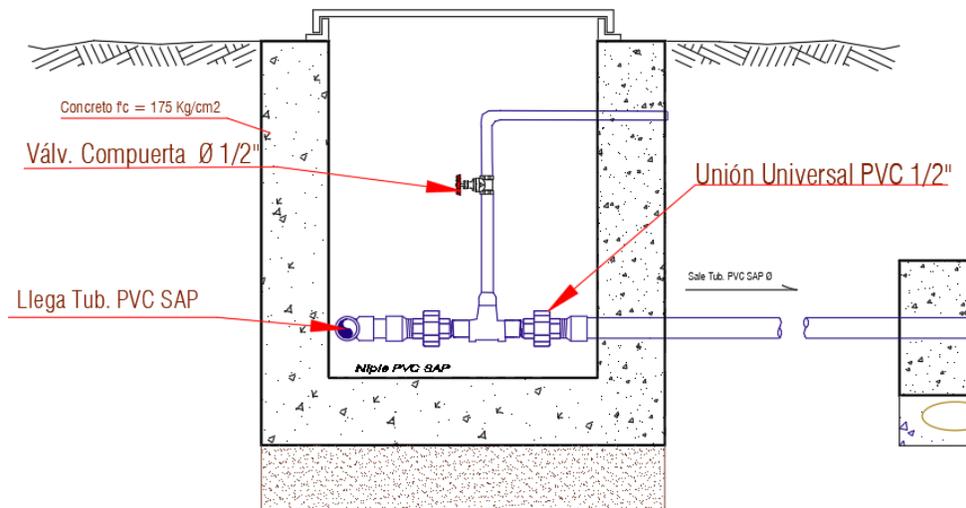
2.2.4.6. Válvulas de Aire

La válvula de purga de aire, también conocidas como purgadores, son un componente esencial en los sistemas de tuberías llenas de líquido. Su función principal es descargar aire o gases acumulados en las tuberías. Estas válvulas se encuentran comúnmente en la parte superior del tramo de tubería. (Ordoñez, P., 2020)

“La presencia de aire en los puntos altos de la red puede disminuir el área efectiva de paso del agua, generando mayores pérdidas de carga y reduciendo el caudal. Para prevenir esta acumulación, se recomienda la instalación de válvulas de aire, ya sean automáticas o de operación manual.” (Agüero, R. 1997)

Debido al alto costo que representan las válvulas automáticas, en la mayoría de las líneas de conducción se opta por el uso de válvulas de compuerta junto con los accesorios necesarios (ver Figura 23), las cuales requieren ser manipuladas manualmente de forma periódica para su correcto funcionamiento.

Figura 23. Válvula de Aire Manual

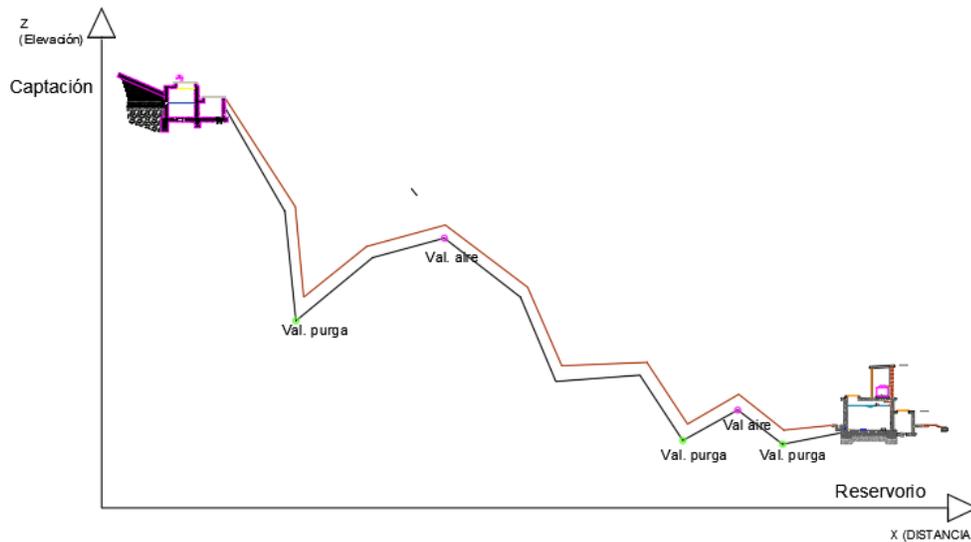


Descripción: Las válvulas de aire, comúnmente deben encontrarse en la parte superior de los tramos de tuberías.

Fuente: Elaboración propia

Como ejemplo podemos ver la ubicación de las válvulas de aire y válvulas de purga en una línea de conducción. (ver **Figura 24**. Ubicación de válvulas de purga y aire)

Figura 24. Ubicación de válvulas de purga y aire en la línea de conducción



Descripción: Las válvulas de aire se ubican en las partes superiores en cambio las válvulas de purga se ubican en las partes inferiores.

Fuente: Elaboración propia

2.2.4.7. Cámara rompe presión

Una cámara rompe presión es un dispositivo utilizado en sistemas de tuberías o sistemas hidráulicos para controlar y aliviar la presión excesiva dentro de la tubería. Está diseñada para proteger el sistema de posibles daños debido a presiones demasiado altas. (Ordoñez, P. 2020)

Estas cámaras son esenciales en sistemas de tuberías para evitar daños a las tuberías, válvulas u otros componentes debido a presiones excesivas.

Menciona que estas estructuras permiten utilizar tuberías de menor clase, reduciendo los costos en las obras de abastecimiento de agua potable. (Agüero, R. 1997)

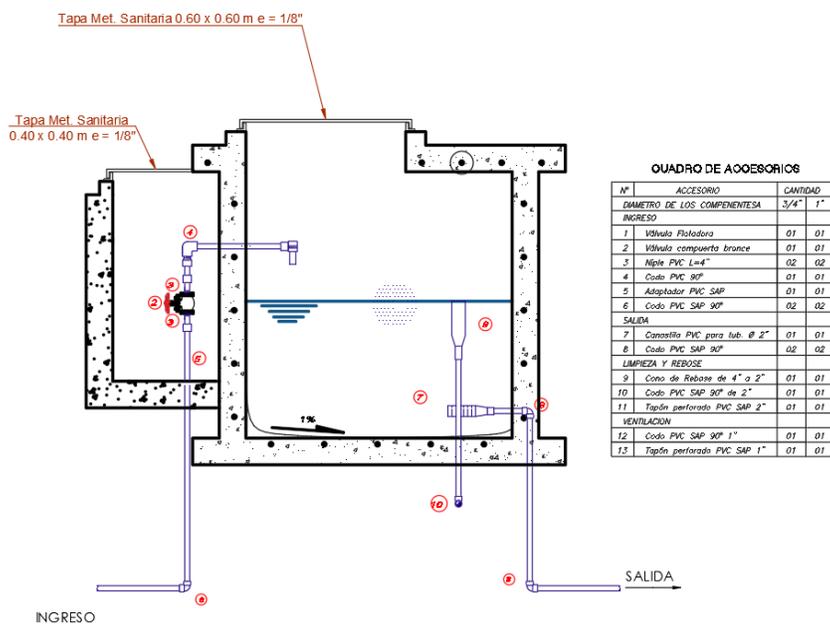
Tipos de cámara rompe presión

a) Cámara rompe Presión Tipo 6 (CRP-6)

Es una estructura cuya función es de reducir la Presión hidrostática a cero, generando un nuevo nivel de agua, con la finalidad de evitar daños a la tubería.

Esta estructura se emplea en la línea de conducción, debido a que en este tramo debe haber el continuo tránsito del flujo de agua para poder satisfacer el consumo máximo horario de la población.

Figura 25. Cámara Rompe Presión Tipo 6 (CRP-6)



Nota: A diferencia de la CRP-6, el CRP-7 tiene una Boya, que es accesorio que controla el cierre automático del agua de acuerdo al consumo.

Fuente: Elaboración propia

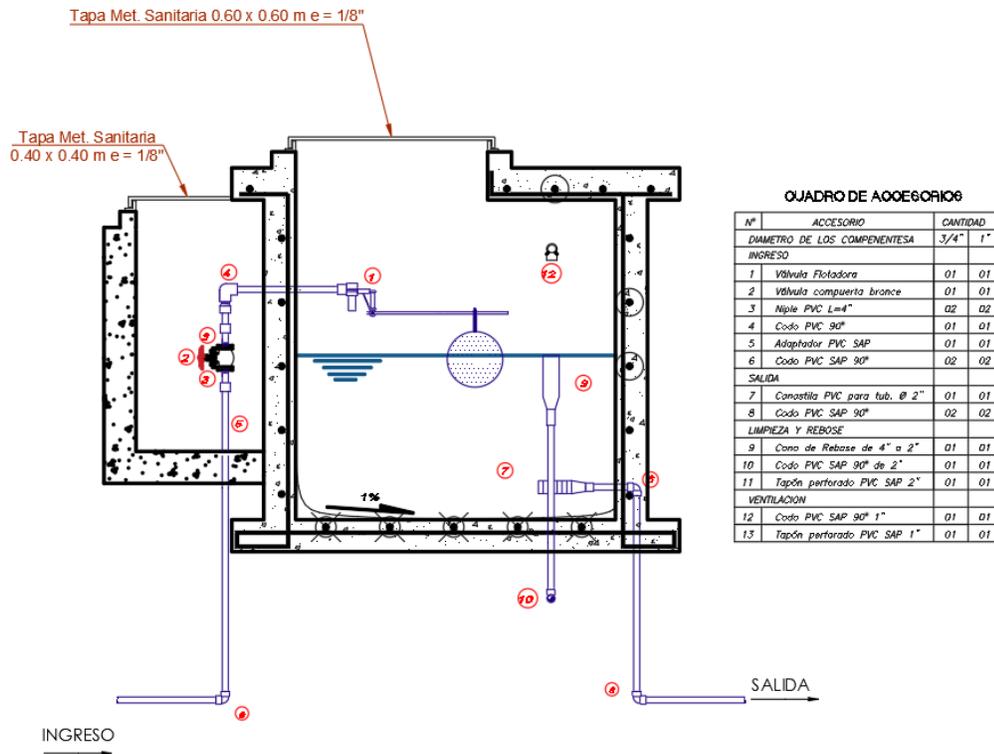
Lista de Accesorios			
Nº	Accesorio	Diámetro/Medida	Cantidad
DIÁMETRO DE LOS COMPONENTES A		¾"	1"
INGRESO			
1	Válvula Flotadora	1	1
2	Válvula compuerta bronce	1	1
3	Niple PVC L=4"	2	2
4	Codo PVC SAP 90°	1	1
5	Adaptador PVC SAP	1	1
6	Codo PVC SAP 90°	2	2
SALIDA			
7	Canastilla PVC para tub. Ø 2"	1	1
8	Codo PVC SAP 90°	2	2
LIMPIEZA Y REBOSE			
9	Codo de Rebase de 4" Ø 2"	1	1
10	Codo PVC SAP 90°	1	1
11	Tapón perforado PVC SAP 2"	1	1

VENTILACIÓN			
12	Codo PVC SAP 90°	1	1
13	Tapón perforado PVC SAP 1"	1	1

b) Cámara Rompe Presión Tipo 7 (CRP-7)

Esta estructura se emplea en la red de distribución debido a que regula el abastecimiento mediante el accionamiento de la válvula flotadora.

Figura 26. Cámara rompe presión tipo 7



Nota: A diferencia de la CRP-6, el CRP-7 tiene una Boya, que es accesorio que controla el cierre automático del agua de acuerdo al consumo.

Fuente: Elaboración propia

Lista de Accesorios			
Nº	Accesorio	Diámetro/Medida	Cantidad
DIÁMETRO DE LOS COMPONENTES A			
3/4" 1"			
INGRESO			
1	Válvula Flotadora	1	1
2	Válvula compuerta bronce	1	1
3	Niple PVC L=4"	2	2
4	Codo PVC SAP 90°	1	1
5	Adaptador PVC SAP	1	1
6	Codo PVC SAP 90°	2	2
SALIDA			
7	Canastilla PVC para lub. Ø 2"	1	1
8	Codo PVC SAP 90°	2	2
LIMPIEZA Y REBOSE			
9	Codo de Rebosa de 4" Ø 2"	1	1
10	Codo PVC SAP 90°	1	1
11	Tapón perforado PVC SAP 2"	1	1
VENTILACIÓN			

12	Codo PVC SAP 90°	1	1
13	Tapón perforado PVC SAP 1"	1	1

2.2.4.8. Válvula de control

Una válvula de control es un dispositivo utilizado para regular el flujo de un fluido, como líquidos, gases, vapor, o incluso sólidos en polvo, dentro de un sistema. Estas válvulas son esenciales para controlar la cantidad, la dirección y la presión del flujo de fluido en una variedad de aplicaciones industriales y comerciales. (López, V., 2020)

Las válvulas de control operan abriendo o cerrando parcial o totalmente el paso del fluido a través de una tubería, canal o conducto. Pueden ajustarse manualmente o de forma automática, según las necesidades específicas del sistema.

2.2.4.9. Red de Distribución

Una red de distribución de agua es la parte del sistema que lleva el agua directamente a las casas u otros puntos como edificios, industrias, bocas de riego e incendio, etc.

Está compuesta por un sistema de tuberías, accesorios y componentes organizados de manera adecuada para asegurar el suministro continuo. (Universidad Politécnica de Valencia, 2003, pág. 65)

Según la (Universidad Politécnica de Valencia, 2003) La organización de las redes de distribución de agua depende de varios factores:

- ✓ Topografía: En terrenos accidentados, se requieren redes ramificadas de varios niveles, mientras que, en áreas llanas, un sistema mallado es más fácil de implementar.
- ✓ Morfología urbana: La distribución está influenciada por la densidad y altura de las construcciones, especialmente en zonas donde es difícil establecer limitaciones estrictas y mecanismos de planeamiento.

- ✓ Condiciones urbanísticas: La planificación urbanística afecta directamente el trazado de las conducciones, que pueden ser ramificadas o malladas según el modelo de desarrollo urbano. A partir de un eje central, surgen conducciones secundarias que abastecen a los usuarios.

2.2.4.9.1. Criterios de diseño:

Para poder diseñar una red de distribución se debe cumplir lo siguiente:

- I. Las redes deben estar dimensionadas para transportar el caudal máximo horario (Q_{mh}).
- II. Los diámetros mínimos recomendados son de 25 mm (1") para redes cerradas y 20 mm ($\frac{3}{4}$ ") para ramales en redes abiertas.
- III. En los cruces, se deben usar tees en lugar de cruces, procurando que el tramo recto corresponda al mayor diámetro disponible.
- IV. Las redes de agua potable deben ubicarse siempre por encima de las redes de aguas residuales.
- V. Las velocidades deben mantenerse entre 0.60 m/s y 3.0 m/s, sin permitir valores menores a 0.30 m/s.
- VI. La presión de servicio no debe bajar de 5 m.c.a., ni superar los 60 m.c.a. de presión estática.
- VII. Cuando sea necesario, se pueden usar reservorios de cabecera o cámaras distribuidoras para controlar las zonas de presión.

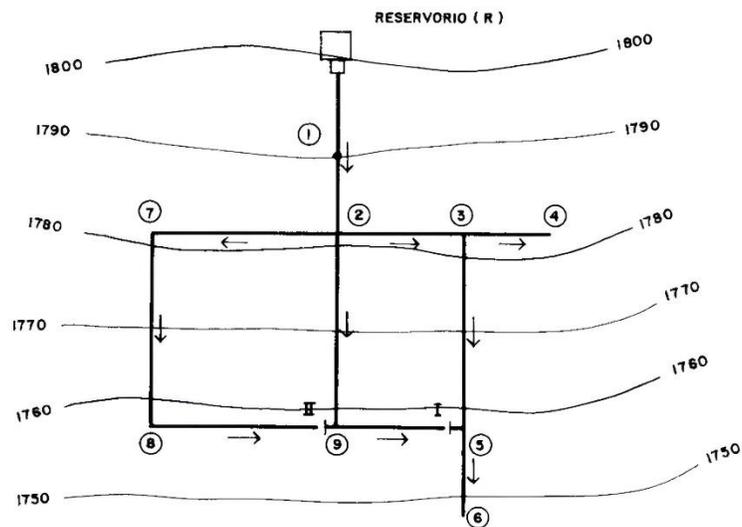
2.2.4.9.2. TIPOS DE REDES

2.2.4.9.2.1. Redes Malladas

Son redes formadas por tuberías interconectadas que crean circuitos cerrados o mallas. Cada tubería que conecte dos nudos debe poder ser aislada y drenada de manera independiente, permitiendo reparaciones sin interrumpir el funcionamiento del resto de la malla. Para esto, es necesario instalar válvulas de corte en la salida de ambos nudos. (MVCS, 2018)

“Se utiliza en situaciones donde la topografía del terreno impide o dificulta la conexión entre ramales, y también cuando el desarrollo urbano se presenta de manera lineal, limitando la posibilidad de formar sistemas anillados”. (Agüero, R. 1997)

Figura 27. Red de distribución cerrada



Fuente: (MVCS, 2018)

Del mismo modo, el diámetro de la red o línea de alimentación debe cumplir con las condiciones hidráulicas necesarias para asegurar las presiones mínimas requeridas para el servicio. (MVCS, 2018)

Para calcular los caudales en redes malladas, se debe utilizar el método de densidad poblacional, distribuyendo el caudal total de la población entre los “i” nudos planificados.

Ecuación 27: Cálculo del caudal en el nudo

$$Q_i = Q_p * P_i$$

Donde:

- Q_i : Caudal en el nudo “i” en l/s
- Q_p : Caudal unitario poblacional en l/s*hab

Ecuación 28: Ecuación del caudal Unitario Poblacional en l/s*hab

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

Donde:

- Q_t : Caudal máximo horario en l/s
- P_t : Poblacion total del proyecto en hab.
- P_i : Población de área de influencia del nudo “i” en hab.

Criterios de Diseño:

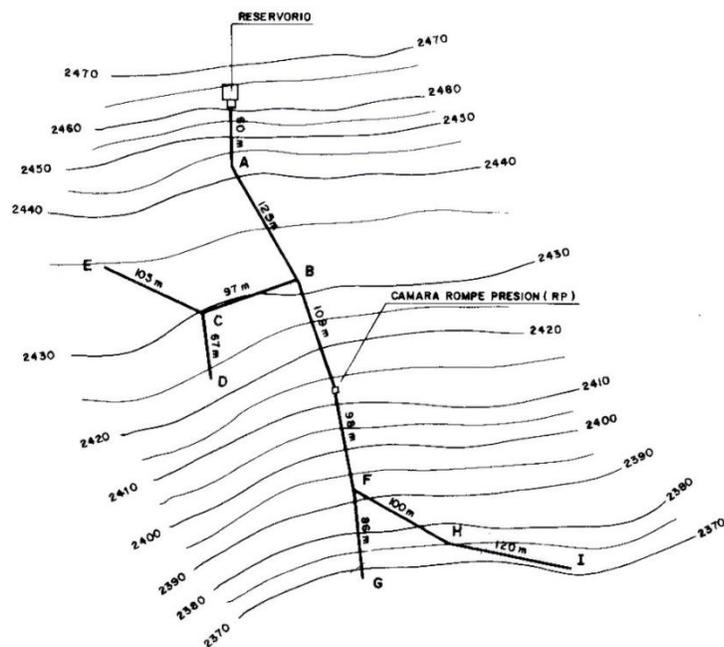
- Para el análisis hidráulico de la red de distribución, es válido emplear el método de Hardy Cross u otro equivalente en precisión. Se recomienda considerar un caudal mínimo de 0.10 m/s al momento de diseñar los ramales.
- En sistemas de tipo anillado, se deben respetar los siguientes márgenes de error: una diferencia máxima de 0.10 m.c.a. en la pérdida de presión y un error de caudal no mayor a 0.01 l/s por malla, ya sea de forma individual o conjunta.

- Además, la presión operativa (OP) en cualquier punto del sistema no debe ser inferior al 75% de la presión de diseño (DP) en ese mismo punto.

2.2.4.9.2.2. Redes Ramificadas o abiertas

Estas son redes de tuberías sin circuitos cerrados, formadas por un ramal principal y varias ramificaciones. Se emplean en terrenos con características topográficas que dificultan o imposibilitan la conexión entre ramales y en situaciones donde el crecimiento urbano es lineal. (Agüero, R. 1997)

Figura 28. Red de agua potable ramificada



Fuente: (eadic, 2018)

Para calcular el caudal en cada ramal, se utiliza el método de probabilidad, que considera tanto el número de puntos de suministro como el coeficiente de simultaneidad. El caudal en cada ramal se determina de la siguiente manera:

Ecuación 29: Cálculo de caudal de cada ramal con método de probabilidad

$$Q_{ramal} = k \times \sum Q_g$$

Donde:

- Q_{ramal} : Caudal de cada ramal en l/s.
- K : Coeficiente de simultaneidad, entre 0.2 y 1.
- Q_g : Caudal por grifo (l/s) > 0.10 l/s.

Ecuación 30: Coeficiente de simultaneidad

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

Donde:

- X : Número total de grifos en el área que abastece cada ramal.

2.2.5. CALIDAD DE AGUA

2.2.5.1. Calidad de la fuente de abastecimiento de agua

Para determinar la necesidad de implementar una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), es fundamental analizar muestras tomadas directamente de la fuente de agua. La eficiencia del tratamiento deberá cumplir con los criterios establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano emitido por DIGESA-MINSA, incluyendo sus modificaciones vigentes.

Asimismo, es necesario considerar la categoría del cuerpo de agua según lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), ya que esta clasificación permite definir si la fuente es apta para ser destinada al consumo humano. Esta evaluación se basa en lo dispuesto por el Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM, así como en sus normas complementarias y modificatorias, que fijan los estándares nacionales de calidad para los cuerpos de agua:

- Tipo A1: Aguas que pueden lograr ser potabilizadas con desinfección (Fuente Subterránea o pluvial)
- Tipo A2: Aguas que pueden lograr ser potabilizadas con tratamiento convencional (fuente superficial)
- Tipo A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

En la **Tabla 12. Límites Máximos Permisibles de la Calidad Ambiental** para agua, logramos observar en la columna de Parámetro que solo están los nombres de los grupos de parámetros establecidos de los Estándares Nacionales de Calidad de Agua.

Tabla 12. Límites Máximos Permisibles de la Calidad Ambiental para agua

Parámetro	LMP
Coliformes totales UFC/100 ml	0 (Ausencia)
Coniformes <u>termotolerantes</u> UFC/100 ml	0 (Ausencia)
<u>Ph</u>	6.5-8.5
Turbiedad UNT	5
Conductividad 25°	1500
Dureza Total	500

Fuente: (MINAM, 2008, pág. 2)

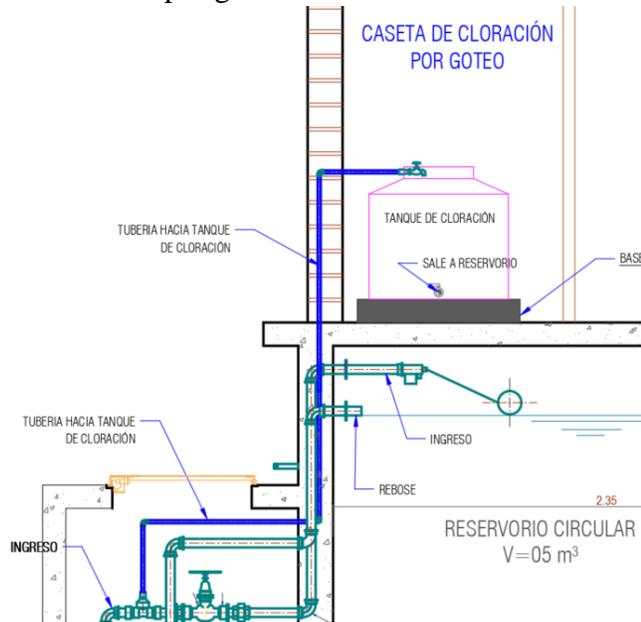
2.2.5.2. SISTEMA DE DESINFECCIÓN

Criterios:

- Este sistema permite preservar la calidad del agua durante su recorrido por la red de tuberías, asegurando que llegue en condiciones adecuadas a los usuarios a través de sus conexiones domiciliarias.
- La instalación del sistema debe ubicarse lo más cerca posible del ingreso de agua al reservorio, evitando lugares expuestos a la luz solar directa que pueda degradar la solución clorada.
- Se recomienda mantener el cloro residual activo entre 0.3 mg/l y 0.8 mg/l en condiciones normales, ya que concentraciones superiores pueden generar olores y sabores desagradables que podrían ser rechazados por los usuarios.
- Para la construcción, deben emplearse diversos materiales y sistemas que controlen el goteo por segundo o su equivalente en ml/s, evitando el uso de metales debido a la corrosión que puede causar el cloro. (MVCS, 2018)

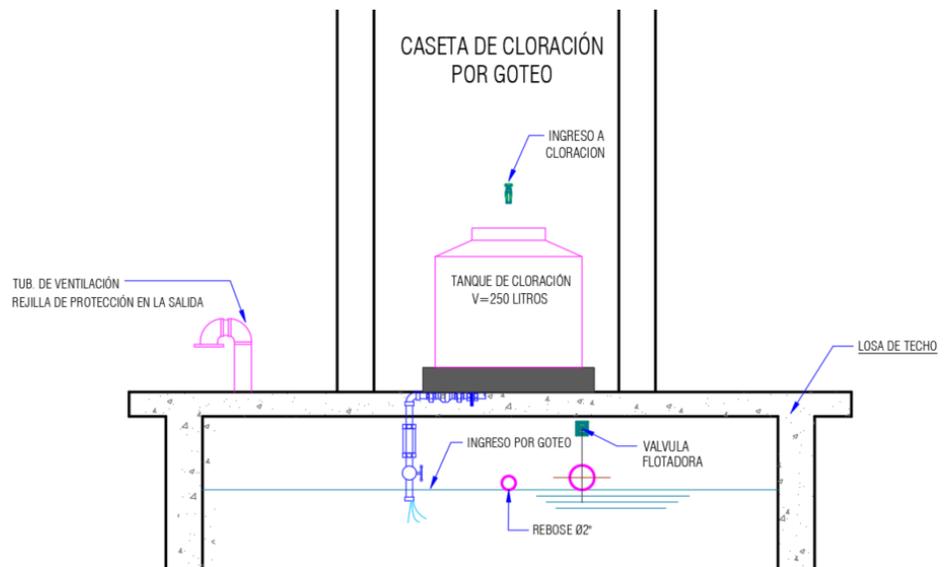
- La tubería en la que ingresa agua al tanque de cloración debe estar conectada a la tubería de entrada. Así como se ve en la Figura 29.

Figura 29. Caseta de cloración por goteo



*Nota: La tubería que lleva agua al tanque de cloración está conectada a la tubería de ingreso.
Fuente: Elaboración propia*

Figura 30. Sistema de desinfección por goteo



Fuente: Elaboración propia

Desinfectantes empleados:

La desinfección del agua debe realizarse utilizando sustancias a base de cloro, ya que su capacidad oxidante y su alta reactividad los convierten en agentes eficaces para eliminar microorganismos patógenos presentes en el agua. Estos compuestos son apropiados para su uso en zonas rurales, siempre que se apliquen siguiendo instrucciones específicas de seguridad y manipulación. (MVCS, 2018)

Los principales desinfectantes derivados del cloro son:

- Hipoclorito de calcio $[Ca(OCl)_2]$, también conocido como cal clorada, que contiene aproximadamente un 65% de cloro activo.
- Hipoclorito de sodio ($NaClO$), comúnmente denominado lejía o cloro líquido, con una concentración cercana al 15% de cloro activo en peso.
- Dióxido de cloro (ClO_2), que puede almacenarse de manera segura en solución acuosa con una concentración de hasta 1% (10 g/L), siempre que se evite su exposición a la luz y a fuentes de calor.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación geográfica y política

Ubicación Geográfica

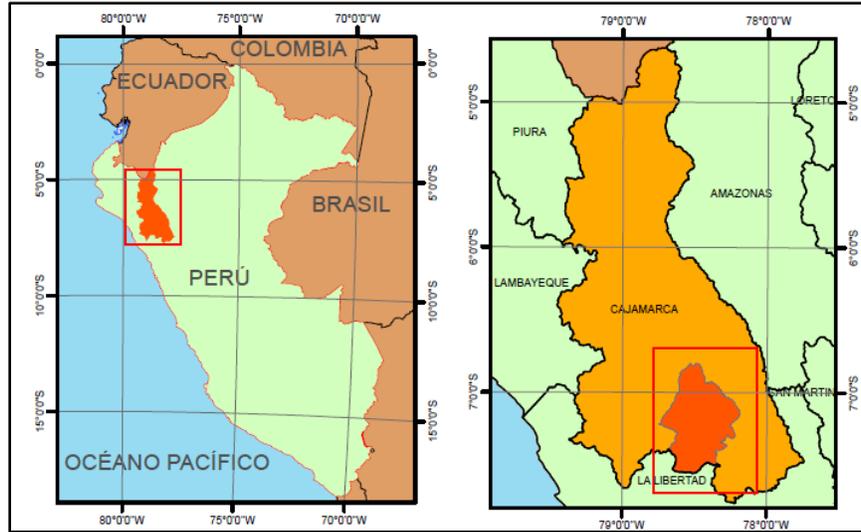
E:	:	790528.48 m
N:	:	9198669.23 m
Altitud promedio:	:	2572.1 m.s.n.m.
Zona UTM:	:	17M

Ubicación Política

Sectores	:	Retamamayo – Capellanía Chávez
Caserío	:	La Chuquita
Distrito	:	Jesús

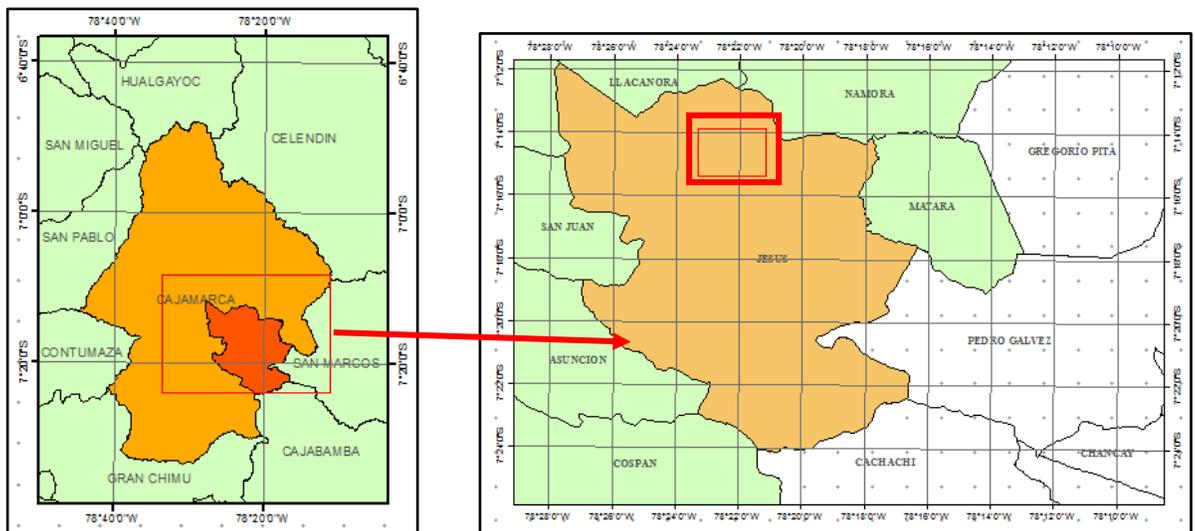
Provincia : Cajamarca
 Región : Cajamarca
 Altitud Promedio : 2572.1 m.s.n.m.

Figura 31. Ubicación Política: Región Cajamarca – Provincia de Cajamarca



Nota: Mapa de la región Cajamarca // Mapa del departamento de Cajamarca
Fuente: QGIS

Figura 32. Ubicación política: Provincia Cajamarca – Distrito Jesús



Fuente: QGIS

Figura 33. Ubicación: Distrito Jesús – Caserío La Chuquita



*Nota: Zona del proyecto: Caserío “La Chuquita”
Fuente: Google Earth*

3.1.2. Delimitación del área de influencia del estudio

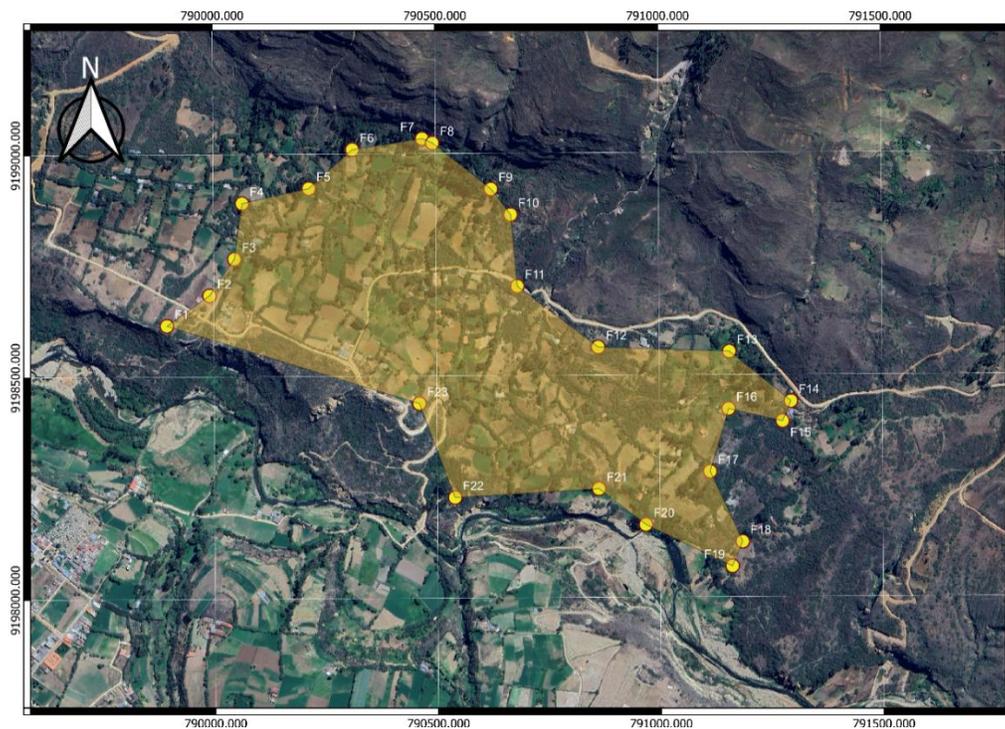
El ámbito del proyecto está definido por una poligonal cuyos puntos son definidos en coordenadas UTM (WGS84) y altitud sobre el nivel del mar.

Tabla 13. Área de influencia del Estudio

DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA				
NRO	ESTE	NORTE	COTA	DESCR
1	789895.4809	9198615.552	2592.2	F1
2	789991.0409	9198683.985	2579.999	F2
3	790047.4217	9198765.512	2581.585	F3
4	790065.088	9198890.376	2602.119	F4
5	790215.1502	9198923.409	2601.137	F5
6	790313.5504	9199010.57	2628.886	F6

7	790470.4506	9199034.57	2632.357	F7
8	790493.9586	9199024.948	2631.325	F8
9	790624.2964	9198920.832	2626.123	F9
10	790668.4058	9198862.69	2624.599	F10
11	790682.7859	91987011464	2585.532	F11
12	790863.4145	9198563.353	2587.554	F12
13	791157.0939	9198552.696	2605.293	F13
14	791295.3268	9198440.901	2617.075	F14
15	791276.4635	9198395.977	2604.176	F15
16	791155.5663	9198423.22	2585.04	F16
17	791113.6932	9198282.74	2540.987	F17
18	791185.1018	9198124.478	2519.469	F18
19	791162.316	9198069.056	2512.719	F19
20	790968.4983	9198163.21	2497.913	F20
21	790863.5101	9198244.104	2512.284	F21
22	790540.508	9198226.051	2512.949	F22
23	790461.0059	9198438.278	2552.95	F23

Figura 34. Área de Influencia del estudio



Fuente: Google Earth

3.1.3. Accesibilidad

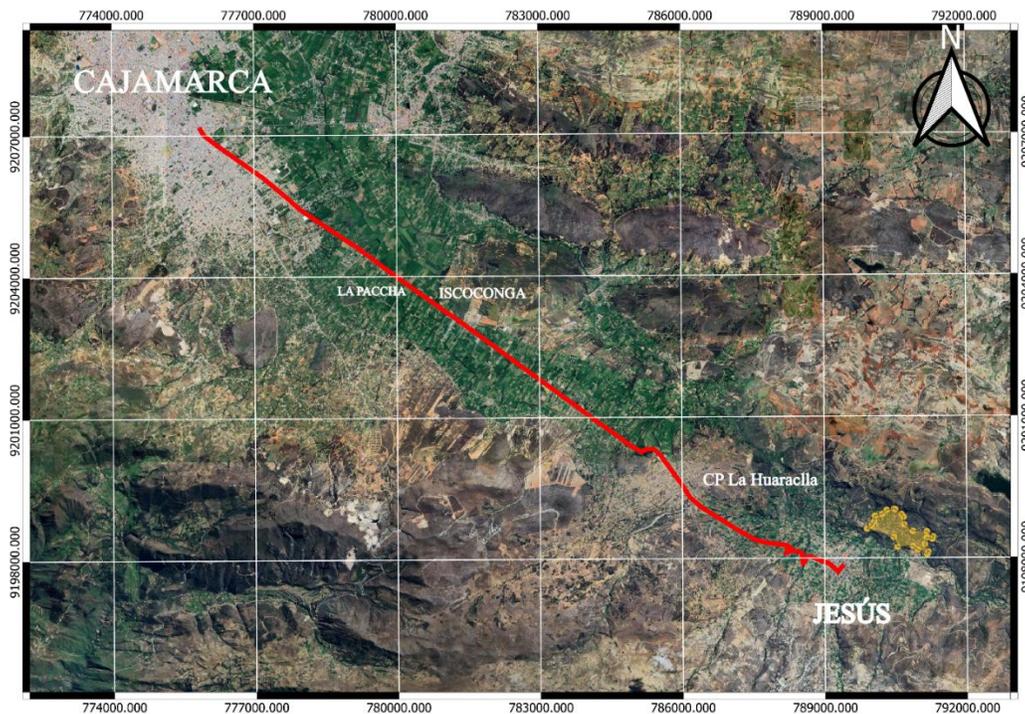
Para llegar al Caserío La Chuquita, Partiendo desde la ciudad de Cajamarca:

- Desde Cajamarca mediante la carretera asfaltada de Cajamarca a Jesús (40 min), de ahí en dirección noreste a La Chuquita mediante trocha carrozable (10 min).

Tabla 14. Vías de acceso más ventajosas al Caserío de “La Chuquita”

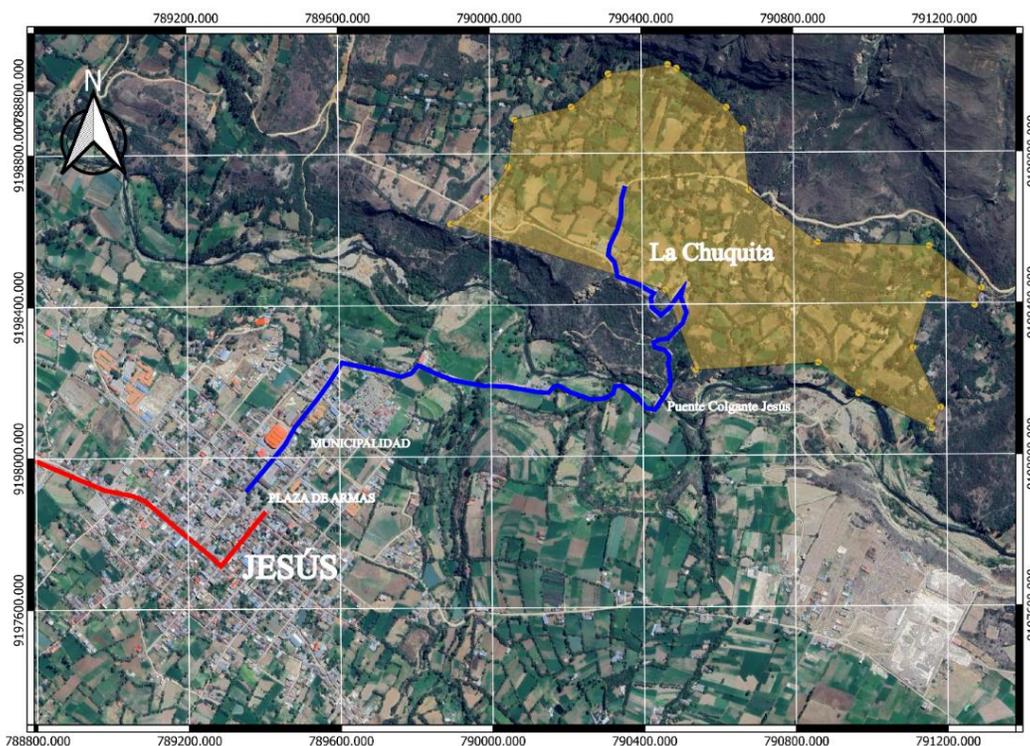
TRAYECTORIA			TIPO DE VÍA	VEHÍCULO	RECORRIDO	
Acceso	DE	A			DISTANCIA	TIEMPO
01	Cajamarca	Jesús	Asfaltada	Camioneta / transporte público	17.5	40
02	Jesús	La Chuquita	Trocha	Camioneta	2.4	10

Figura 35. Vía de acceso al distrito de Jesús.



Fuente: Google Earth

Figura 36. Vía de Accesos del distrito de Jesús hasta el caserío La Chuquita



Fuente: Google Earth

3.1.4. Población

Según la información de la HAS, podemos afirmar que el caserío La Chuquita - Sector de Capellanía Chávez está conformado por 67 familias beneficiarias con 230 habitantes (3.43 habitantes/familia). Mientras que el sector Retamamayo está constituido por 21 familias beneficiarias con 86 habitantes (4.10 habitantes/familia).

La tasa de crecimiento poblacional, calculada utilizando los datos censales de 2007 (con 14,240 habitantes según el INEI) y de 2017 (con 16,064 habitantes según el INEI) para el distrito de Jesús, muestra un incremento del 1.28% empleando el método aritmético.

Tabla 15. Tasa de crecimiento poblacional del Distrito de Jesús.

CENSOS NACIONALES	La Chuquita
Senso 2007: XI de población y VI de vivienda	14 240
2017: XII de Población, VII de vivienda y II de Comunidades Indígenas	16 064
TC. ARITM	1.28%

Fuente: INEI Censos de población y viviendas

La comunidad dispone de 88 conexiones de suministro de agua potable. Entre las conexiones no domésticas encontramos 01 iglesia, 01 restaurante y un centro educativo de nivel primario N° 82196, cuyo censo al año 2002 muestra 07 alumnos y 01 profesor.

Tabla 16. Población del caserío La Chuquita

Cantidad de Familias de la localidad	Conexiones Domésticas y no domésticas	Población actual (Hab)	Región Geográfica
85	88	316	Sierra

Fuente: Elaboración propia

3.1.5. Actividades económicas

La principal actividad de la población de La Chuquita, en las áreas de Capellanía Chávez y Retamamayo, es la agricultura y la ganadería. Además, otras ocupaciones incluyen el comercio y la venta de mano de obra. Las actividades agrícolas en la zona son de bajo nivel tecnológico, y esto se debe principalmente a que el mercado no es favorable para dichas actividades, lo que desincentiva el uso de tecnologías avanzadas. Dado que no hay expectativas de recuperar las inversiones y generar mayores ingresos, las actividades agrícolas y pecuarias se enfocan en la subsistencia, lo que lleva a muchos a migrar en busca de trabajos asalariados.

3.1.5.1. Agricultura

La población en el área de estudio es de carácter rural y se dedica principalmente a la siembra, cultivo y cosecha de productos como papa, maíz, trigo, arvejas y hortalizas. Estos productos se comercializan en pequeñas cantidades durante los días de mercado en la ciudad de Jesús y, en ocasiones, en mercados de la ciudad de Cajamarca. Además, una parte de la producción se destina al autoconsumo de los habitantes.

3.1.5.2. Ganadería

En la zona predominan la cría de vacunos, ovinos, porcinos, equinos y animales menores como cuyes, conejos y aves, con aproximadamente un 90% de las familias involucradas en la crianza de algún tipo de animal. Los principales problemas que enfrentan incluyen la escasez de pasto, la presencia de enfermedades, sumado a las desventajas que el mercado presenta para los agricultores locales.

3.1.6. Clima

El distrito de Jesús se caracteriza por un clima predominantemente frío, con temperaturas que varían entre los 10 °C y 18 °C a lo largo del año. Generalmente presenta una atmósfera seca, aunque registra lluvias significativas durante los meses de invierno. La estación lluviosa abarca de octubre a marzo, mientras que entre abril y junio las precipitaciones son de intensidad moderada. La cantidad de lluvia que cae anualmente se mantiene relativamente estable, con un Módulo Pluviométrico Anual promedio de 1,360 mm. Sin embargo, se han registrado valores extremos que oscilan entre los 756 mm en el periodo 1979–1980 y los 1,721.5 mm durante 1980–1981.

3.1.7. Topografía

En la zona del proyecto, la topografía es predominantemente ondulada a accidentada, con suelos que presentan pendientes variables, que van desde casi planos hasta moderadamente empinados (10% a 45%). Estas variaciones en el relieve resultan beneficiosas para generar las presiones hidráulicas necesarias, facilitando el transporte del agua desde puntos elevados hacia áreas más bajas.

3.1.8. Viviendas

La mayor parte de las viviendas en la zona están edificadas con materiales tradicionales, como adobe y tapial, y cubiertas con techos de teja de arcilla o calamina. Aunque existen algunas construcciones con material noble, estas son menos frecuentes. En su mayoría, las edificaciones funcionan como viviendas unifamiliares.

Figura 37. Viviendas típicas del Caserío La Chuquita



3.2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

a. Encuestas

Se trata de un estudio observacional en el que el investigador recopila información a través de un cuestionario previamente elaborado, sin alterar el entorno ni intervenir en el proceso que se está observando. Los datos se recogen mediante un conjunto de preguntas estandarizadas, dirigidas a una muestra representativa o a la totalidad de la población estadística bajo estudio.

b. Observación

la observación es una técnica que implica "ver" y "escuchar" los eventos y fenómenos que se desean analizar, y se emplea principalmente para obtener conocimiento sobre hechos.

3.3. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

3.3.1. Reconocimiento y evaluación del estado actual de la infraestructura del sistema.

El sistema actualmente en funcionamiento suministra agua potable a un total de 88 conexiones dentro de la comunidad, distribuidas en 85 domésticas y 3 no domésticas. Por ello, resulta fundamental identificar, describir y dimensionar las estructuras del sistema, así como evaluar

detalladamente cada uno de sus componentes operativos. Para ello, se deben efectuar inspecciones de campo en los puntos donde se ubican los elementos hidráulicos, documentando sus características específicas. Estas visitas permiten verificar el estado actual de la infraestructura, realizar un recorrido por el área de influencia y describir con precisión cada uno de los componentes hidráulicos que se detallan a continuación:

1. Captación de ladera
2. Línea de conducción
3. Reservorio
4. Línea de Aducción
5. Cámara rompe presión
6. Conexiones domiciliarias
7. Válvulas de purga
8. Válvulas de aire.
9. Línea de distribución.

3.3.2. Evaluación Hidráulica del sistema de agua potable

Para realizar la evaluación de los elementos hidráulicos del sistema, se tomarán como referencia los criterios de diseño establecidos en la *Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural* emitida por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018).

Este análisis se basará en los datos reales recolectados durante el trabajo de campo, los cuales serán procesados y analizados mediante métodos matemáticos, con el fin de determinar la eficiencia operativa de cada uno de los elementos del sistema evaluado.

a) Captación de ladera

Para realizar la evaluación hidráulica de las captaciones, se emplea el caudal máximo diario, obtenido mediante la Ecuación 3: Caudal Máximo Diario. Esta fórmula consiste en multiplicar el

caudal promedio diario anual por el coeficiente de variación media. El valor resultante se compara con el caudal de ingreso al reservorio o, en su defecto, con la suma de los caudales aforados en las captaciones.

b) Línea de Conducción

A partir del Q_{md} obtenido en ambos reservorios, se determina el rango adecuado de diámetros de tubería según los valores mínimos y máximos de velocidad establecidos por el MVCS. Considerando el desnivel máximo en todo el tramo, el diámetro elegido debe ser capaz de transportar el caudal de diseño con velocidades entre 0.6 y 3.0 m/s, y las pérdidas de carga por tramo no deben superar la carga disponible.

Para este análisis se emplean las fórmulas hidráulicas convencionales: la Ecuación de Hazen-Williams (Ecuación 7), la fórmula de Darcy-Weisbach (Ecuación 8) y la fórmula de Fair-Whipple (Ecuación 9). Con estos cálculos se obtiene un diámetro teórico, el cual es contrastado con el diámetro de la tubería observado en campo.

c) Reservorio

Los reservorios cumplen la función de almacenar agua en los momentos en que la demanda es inferior al volumen de suministro disponible.

Para evaluar esta infraestructura, se toma en cuenta el tipo de fuente de abastecimiento. Según lo recomendado por el Ministerio de Salud, si el suministro de agua es continuo, la capacidad de regulación del reservorio debe ser al menos del 25% del consumo promedio diario anual (Q_m). En situaciones de suministro intermitente, este valor mínimo debe incrementarse al 30% del Q_m .

Para determinar la demanda diaria promedio anual, se efectuaron registros horarios del nivel de agua en los reservorios durante el tiempo de servicio, comprendido entre las 5:30 a.m. y las 7:00 p.m., a lo largo de un mes. Este monitoreo se llevó a cabo entre los meses de agosto y septiembre, periodo caracterizado por alta demanda debido a la estacionalidad seca en la zona. Los datos recopilados permitieron conocer el comportamiento del consumo horario en el caserío La Chuquita.

Con base en estos registros, fue posible determinar parámetros hidráulicos como el caudal promedio, el caudal máximo horario, el caudal máximo diario, los coeficientes de variación de

consumo (K1 y K2), así como la dotación o demanda específica. Estos valores se calcularon utilizando el consumo real observado en la población y aplicando las siguientes fórmulas: Ecuación 3 (Caudal máximo diario), Ecuación 4 (Caudal promedio diario anual en l/s) y Ecuación 5 (Caudal máximo horario), según corresponda.

d) Línea de Aducción

El caudal de diseño para la línea de aducción debe ser suficiente para conducir, al menos, el caudal máximo horario (Q_{mh}). El cálculo del diámetro de la tubería se basa en velocidades de flujo recomendadas, las cuales deben estar entre 0.6 m/s y 3 m/s. Además, según lo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el diámetro mínimo permitido para este tipo de líneas es de 25 mm (1"). (MVCS, 2018).

e) Cámara Rompe Presión Tipo 7

Para la evaluación de este componente notaremos si es que cumple con las recomendaciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Observaremos el estado, la correcta ubicación del componente y el funcionamiento.

f) Línea de distribución

Para el análisis de este componente, se utilizó el software WaterCAD en conjunto con la fórmula de Darcy-Weisbach, con el propósito de obtener resultados más detallados. La evaluación se centró en comparar las presiones dinámicas obtenidas mediante simulación en las conexiones domiciliarias cercanas a los nodos de la red de distribución del caserío La Chuquita. Para realizar la calibración del modelo, se utilizaron registros reales de presión obtenidos en campo en dichas conexiones próximas a los nodos evaluados. Dado que se trata de una zona rural donde gran parte de la población no permanece en casa durante el día, se estimó una muestra representativa basada en los 33 nodos existentes. Para determinar el número de conexiones necesarias a evaluar, se utilizó la fórmula estadística correspondiente para cálculo de muestras:

Ecuación 31: Tamaño de la muestra probabilística.

$$n = \left(\frac{Z^2 pqN}{E^2(N - 1) + z^2 pq} \right)$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra.

Z: Coeficiente de confiabilidad (1.96) para el 95%

p: Probabilidad de éxito, considerando igual 0.5

q: Probabilidad de que no ocurra el suceso, considerando igual a 0.5

E: Error máximo aceptable, varía entre 1% al 9%. En este caso asumí 3% (0.03).

N: Población total (33 nodos).

Reemplazando obtenemos:

$$n = \left(\frac{(1.96)^2(0.5)(0.5)(33)}{(0.03)^2(33 - 1) + (1.96)^2 0.5 * 0.5} \right) = 32.04$$

De modo que, en la actual investigación se considera 32 conexiones domiciliarias como el tamaño de la muestra.

g) Calidad de agua

Para saber la calidad de agua consumida en el caserío La Chuquita se realizó un análisis de muestra de agua donde se practicará tanto un ensayo fisicoquímico como un ensayo microbiológico.

h) Evaluación de la resistencia a la compresión con ensayo de Esclerometría

La evaluación de la resistencia a la compresión con ensayo de esclerometría mide la dureza superficial del concreto, determinando así su resistencia aproximada. Este método no destructivo utiliza un esclerómetro para impactar la superficie del concreto y registrar el rebote, lo que permite una estimación rápida y práctica de la resistencia sin dañar la estructura.

3.2.3. Recolección y procesamiento de datos

3.2.3.1. Trabajo de campo

El levantamiento de información en campo para describir el sistema de agua potable se basó principalmente en la observación directa de la infraestructura existente. Ante la ausencia de micromedición en la comunidad, se monitoreó el consumo horario en los reservorios. Asimismo, la evaluación hidráulica incluyó la medición de las dimensiones de los componentes del sistema y el registro de presiones en algunas conexiones domiciliarias.

- Materiales y equipos

- Manómetro
- Manguera de 1 metro
- Reducción bushing ½” macho x ¼” hembra
- Tee hembra de ½”
- Llaves de escuadra ½” x ½”
- Unión de ½”
- Cinta teflón
- Abrazaderas de ¾” y ½”.
- Libreta de campo para el registro de datos como lo son : Niveles de agua en el reservorio, presiones en conexiones domiciliarias, dimensionamiento de estructuras y el aforo de caudales.
- Cinta métrica
- Laptop
- Cámara

3.2.3.2. Procesamiento y análisis de la información

El trabajo de gabinete consistió en la elaboración de informes y descripciones a partir de los datos recolectados en el campo, que luego fueron procesados y sistematizados. Principalmente, se llevó a cabo un análisis, se realizaron cálculos matemáticos, simulaciones y se prepararon los informes correspondientes. A continuación, se detallan los programas utilizados.

- Microsoft Office (Microsoft Word, Microsoft Excel)
- AutoCAD 2D y Civil 3D
- Water Cad
- Qgis

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Reconocimiento y evaluación descriptiva de la infraestructura existente

El sistema de abastecimiento de agua potable en el caserío La Chuquita se organiza en dos sectores independientes: Capellanía Chávez y Retamamayo. En conjunto, ambos sectores suministran agua a un total de 88 conexiones, incluyendo algunas destinadas a usos distintos al domiciliario.

La presente investigación tuvo como finalidad actualizar los datos existentes y evaluar las condiciones actuales del sistema de distribución de agua, con el objetivo de detectar áreas críticas o sectores con mayor vulnerabilidad. En lo que sigue, se presenta el análisis detallado de cada uno de los elementos que conforman este sistema.

Figura 38. Esquema de la infraestructura del sistema de agua potable existente en el Sector “Capellanía Chávez”

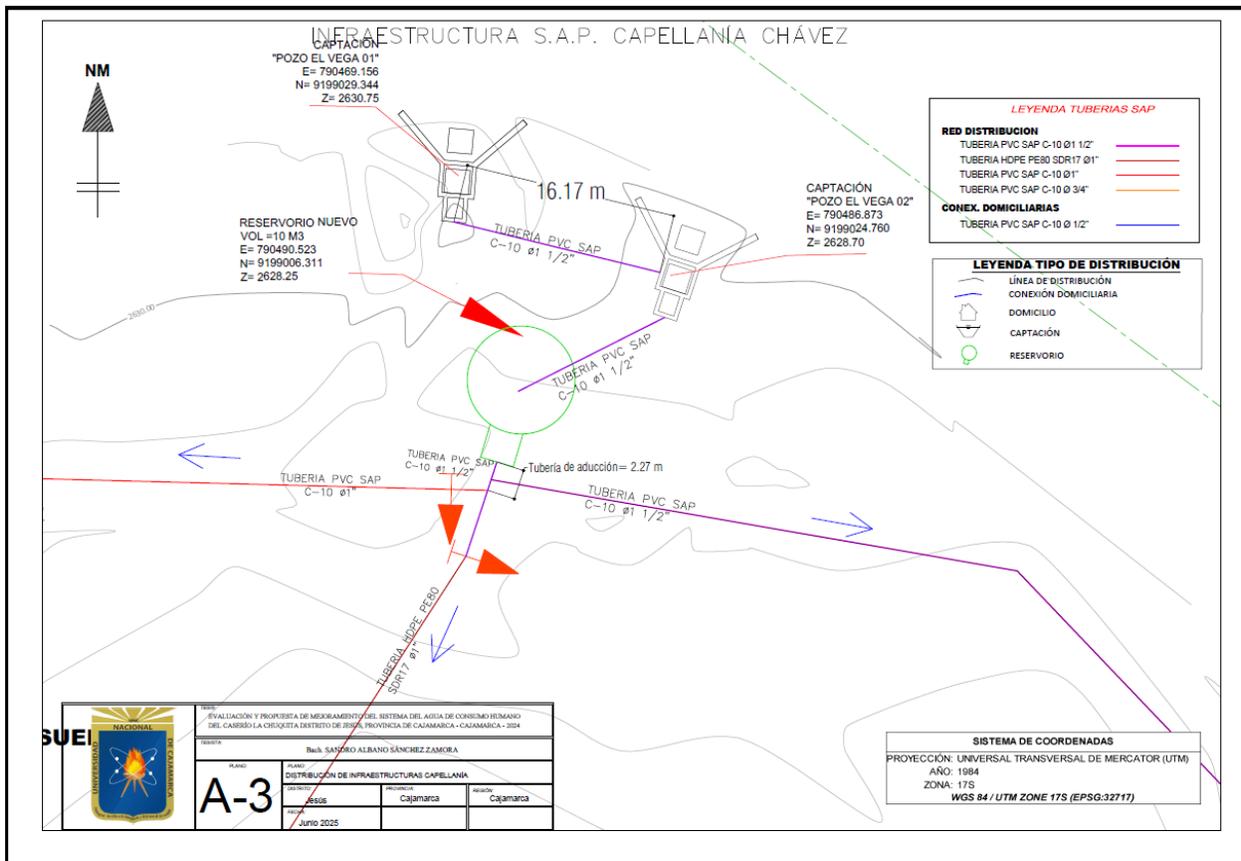
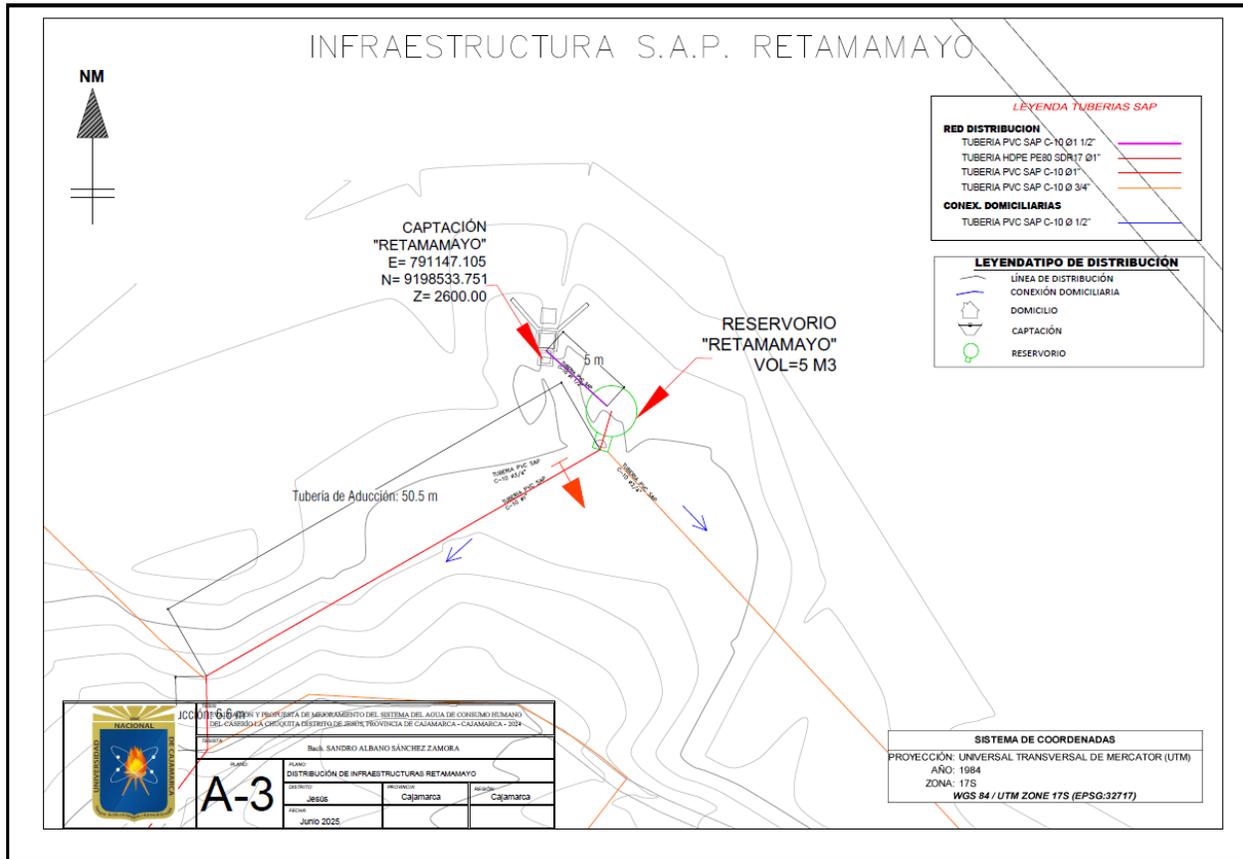


Figura 39. Esquema de la infraestructura del sistema de agua potable existente en el Sector “Retamamayo”



4.1.1. Captaciones

El caserío La Chuquita cuenta con 2 sectores: Sector Capellanía Chávez y Sector Retamamayo, el sector Capellanía Chávez cuenta con 2 captaciones de ladera y el Sector Retamamayo con una captación de ladera.

Muy aparte el sector Capellanía tiene 2 yacimientos de agua que los mismos pobladores han usado para distribuir agua por su canal de riego.

i. Captación “Pozo El Vega 01”

La captación “Pozo El Vega 01” se encuentra ubicada en las coordenadas E= 790469, 156 m, N=9199029.344 m con una altitud Z= 2630.75 m.s.n.m. el acceso a esta captación fue ir hasta el puente colgante de Jesús que está encima del Río Cajamarquino, caminar 10 minutos por el camino hasta llegar a una curva que está al lado de una cámara Rompe presión de ahí

se subió por un camino otros 10 minutos hasta llegar con el reservorio, desde ese punto se caminó 10 metros hacia arriba.

Figura 40. Captación “Pozo El Vega 01” Sector – Capellanía Chávez



Figura 41. Captación “Pozo El Vega 01” Sector – Capellanía Chávez



La infraestructura de la captación está construido a bajo el nivel del terreno natural a (1.95m), conformado por una cámara de protección, una cámara húmeda, cámara de válvulas y un sistema de desarenador en gradas localizada en la salida de los orificios descargando agua de la cámara de protección.

La infraestructura de captación es de concreto armado, conformado por una cámara de protección de 3.45 m x 2.30 m x 0.865m de altura, también por una secuencia de gradas con una altura de 0.25 m y espesor de la pared de la grada 0.05m que logran sedimentar las partículas suspendidas provenientes de la cámara de protección, también se observó una Cámara húmeda de 0.78 m x 0.635m x 0.81m de altura con un tubo de rebose con un diámetro de 2" que está operando con un cono de rebose de 4" a una altura de 0.32m.

La cámara de válvulas tiene dimensiones de 0.60 m x 0.60 m x 0.47m, con una tubería de salida de 1.5".

Figura 42. Estructura escalonada para sedimentación de partículas.



Figura 43. Vista Interna de la cámara húmeda



En el cerco perimétrico de la estructura de captación se observó un espacio que permite el libre acceso de personas y/o animales. Esto podría provocar, con el tiempo, el deterioro de la estructura de protección, las tapas sanitarias y el concreto o en el peor de los casos la alteración del agua.

Figura 44. Libre acceso en el Cerco perimétrico de la Captación “Pozo El Vega 01”



La tapa metálica Sanitaria se encuentra malograda, esto nos lleva al peligro que existe que cualquier organismo pueda entrar a contaminar el agua.

Figura 45. Tapa Sanitaria de la Captación “Pozo El Vega 01”



La tubería de rebose lleva el agua hasta un canal para uso de riego en todo el caserío La Chuquita.

Figura 46. Tubería de rebose con salida en canal de uso de agricultura



ii. Captación “Pozo El Vega 02”

La captación “Pozo El Vega 02” se encuentra ubicada en las coordenadas E= 790486.873 m, N=9199024.76 m con una altitud Z= 2628.70 m.s.n.m. La ubicación de esta captación está a 7 metros de distancia del Reservorio.

La infraestructura de la captación está construido al mismo nivel del terreno natural. La infraestructura de captación es de concreto armado, conformado por una cámara de protección de 3.356 m de largo con un ancho de 2.36m, también se observó una Cámara húmeda de 0.80m x 0.80m x 0.815 de altura con una tubería de rebose con un diámetro de 2” que está operando con una canastilla de 3” a 1.5” a una altura de 0.52m.

La cámara de válvulas tiene dimensiones de 0.50 m x 0.50 m x 0.48m, con una tubería de salida de 1.5” unida a esta 2 adaptadores 1.5”, 2 uniones universales de 1.5”, 1 válvula compuerta bronce de 1.5” y 02 niples de 1.5”.

Figura 47. Captación “Pozo El Vega 02” Sector – Capellanía Chávez



La zona de captación no cuenta con un eficiente material de filtro, de modo que la cámara húmeda contiene muchas partículas suspendidas a causa del deficiente material filtrante.

Figura 48. Cámara húmeda de la captación “Pozo El Vega 02”



Se encontró la cámara de válvulas llena de agua, lo cual ocurre frecuentemente cuando el nivel en la cámara húmeda es elevado. Esto se debe a que el orificio de paso de la tubería de salida hacia la cámara de válvulas carece de una brida rompe aguas que impida este tipo de filtraciones.

Figura 49. Caja de Válvulas de la Captación “Pozo El Vega 02”



La tubería de rebose lleva el agua hasta un canal para uso de riego en todo el caserío La Chuquita.

Figura 50. Tubería de rebose con salida en canal de uso de agricultura



iii. Captación “Retamamayo”

La captación “Retamamayo” se encuentra ubicada en las coordenadas E= 791174.105 m, N=9198533.751 m con una altitud Z=2600 m.s.n.m. La ubicación de esta captación está a 3 metros de distancia del Reservorio Retamamayo.

Figura 51. Captación RETAMAMAYO



La infraestructura de la captación está construido a 1.05m bajo el nivel del terreno natural. La infraestructura de captación es de concreto armado, conformado por una cámara de protección de 4.1m x2.6m x 0.9m de altura, también se observó una Cámara húmeda de 0.66m x 0.66m x 0.85m de altura con una tubería de rebose con un diámetro de 2” que está operando con una canastilla de 3” a 1.5” a una altura de 0.29m.

La cámara de válvulas tiene dimensiones de 0.52 m x 0.52 m x 0.53m, con una tubería de salida de 1.5” unida a esta 2 adaptadores 1.5”, 2 uniones universales de 1.5”, 1 válvula compuerta bronce de 1.5” y 02 niples de 1.5”.

Figura 52. Cámara de Válvulas de la Captación Retamamayo



La zona de captación carece de un material de filtro eficiente, lo que permite la acumulación de partículas suspendidas en la cámara húmeda debido a la baja calidad del material filtrante.

Figura 53. Cámara húmeda de la captación Retamamayo.



4.1.2. Línea de Conducción

a. S.A.P. Capellanía Chávez

La línea de conducción en total cuenta con un aproximado de 24050 mm de material PVC C-10 de 1 1/2” de diámetro.

Tabla 17. Línea de Conducción Capellanía Chávez

Desde	Hasta	Diámetro (pulg)	Longitud	Material	Clase	Estado Operativo
Captación "Pozo El Vega 01"	Captación "Pozo El Vega 02"	1 1/2	16,166 mm	PVC	C-10	Activo
Captación "Pozo El Vega 02"	Reservorio Capellanía Chávez	1 1/2	7,891 mm	PVC	C-10	Activo

b. S.A.P. Retamamayo

La línea de conducción cuenta con un aproximado de mm de material PVC C-10 de 1 1/2” de diámetro.

Tabla 18. Línea de conducción Retamamayo

Desde	Hasta	Diámetro (pulg)	Longitud	Material	Clase	Estado Operativo
Captación Retamamayo	Reservorio Retamamayo	1 1/2	7961.9	PVC	C-10	Activo

4.1.3. Reservorio

Los reservorios del sistema están contruidos en concreto armado y tienen como finalidad almacenar el agua captada antes de su distribución a la población. En el caserío “La Chuquita”, el sistema de abastecimiento de agua potable cuenta con dos reservorios, uno en cada sector. Su función principal es acumular el agua durante la noche, para garantizar el suministro continuo a los usuarios entre las 5:30 a. m. y las 9:00 p. m.

a. RESERVORIO CAPELLANÍA CHÁVEZ

Se ubica a una altitud de 2628.25 m s. n. m. y posee una capacidad de almacenamiento de 10 m³ con forma circular. Este reservorio fue construido a una elevación superior respecto al segundo, como parte del proyecto de ampliación del sistema de agua potable del caserío La

Chuquita, ejecutado a fines del año 2023. Dicha ampliación respondió al incremento poblacional registrado en la zona durante la última década.

Figura 54. RESERVORIO CAPELLANÍA CHÄVEZ



Su estructura no cuenta con ningún daño hasta el momento. Dispone de una escalera metálica que facilita el acceso a su interior para realizar tareas de limpieza y cloración periódicas, gestionadas por el área técnica municipal. También cuenta con una tapa metálica que se encuentra en un buen estado.

Dentro del reservorio se observó una tubería de salida de PVC C10 ϕ 1 ½” unido a una canastilla PVC de ϕ 4” con una Unión PVC de ϕ 1 ½ ”. Se observó una tubería de ingreso de ϕ 1 ½” conectada a una válvula flotadora del mismo diámetro, la cual carecía de boya. La válvula flotadora cuenta con una boquilla de salida de agua de ϕ 2”.

Se puede notar que la tubería de rebose supera el nivel de la tubería de entrada de tal modo que cuando el nivel de agua en el reservorio llegue al rebose, la válvula que abre paso al goteo por cloración va a estar debajo del nivel del agua.

La carencia de una válvula flotadora es otro problema, puesto que sin ella el agua afluyente seguirá con su flujo habitual, aunque el reservorio ya haya llegado al nivel de rebose, por ende, sin la boya incorporada se perderá el agua continuamente.

Igualmente, el sistema de goteo por cloración para la desinfección del agua está mal ubicado.

Figura 55. Válvula flotadora y tubería de rebose del Reservorio Capellanía Chávez



La caja de válvulas cuenta con una tubería rebose de PVC ϕ 2", una tubería de salida de Salida de PVC C10 ϕ 1 1/2" y una tubería de entrada de PVC C10 ϕ 2", todas estas tuberías cumplen con la NTP 399.002.

Se observó la ausencia de una tubería by-pass, lo que implica que, durante los trabajos de limpieza y mantenimiento del reservorio, la población se quedará sin suministro de agua.

Se observó también que la tubería de limpia de la parte inferior del reservorio no está operativa o mejor dicho no está conectada a la tubería de rebose;

Esto genera problemas:

- a. Hay demoras durante el mantenimiento, ya que deben esperar a que el reservorio se vacíe en función del consumo de la población.
- b. Además, esta situación compromete la calidad del agua, pues durante la limpieza o mantenimiento el nivel del agua estará al nivel de la tubería de salida, no de la tubería de limpia, que es más baja. Esto impide realizar la limpieza sin contaminar el agua restante.

- c. Cuando el agua fluye a través del rebose, parte del caudal se dirige hacia la cámara de válvulas, la cual carece de impermeabilización. Esto provoca filtraciones al exterior cuando la cámara se llena, lo que puede provocar daños estructurales.

Figura 56. Cámara de válvulas del reservorio Capellanía Chávez



Se observó la presencia de agua dentro de la cámara de válvulas, lo que indica una posible filtración desde el reservorio. Esto incumple el principio de estanqueidad exigido por la Norma Técnica de Diseño del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Además, en situaciones como esta, la cámara de válvulas debería contar con un sistema de drenaje para evacuar el agua acumulada en su interior.

Se hallaron animales dentro de la cámara de válvulas, lo que compromete seriamente la calidad del agua. Estos animales podrían ingresar al reservorio a través de la tubería de rebose, ya que se observó que la tubería de salida no está conectada a la de rebose, facilitando el acceso de fauna al interior del reservorio.

Figura 57. Animales encontrados dentro de la Cámara de Válvulas, Reservoirio Capellanía Chávez



b. RESERVORIO SECTOR RETAMAMAYO

Está ubicado a una altitud de 2598.50 m s. n. m. y cuenta con una capacidad de 5 m³, con forma circular. Fue construido a una cota más baja en relación con el segundo reservorio, como parte del proyecto de ampliación del sistema de agua potable del caserío La Chuquita, ejecutado a fines del 2023. Esta intervención respondió al crecimiento poblacional que ha experimentado la comunidad durante los últimos diez años.

Figura 58. Reservorio Sector Retamamayo



Fuente: Foto tomada en campo

Su estructura no cuenta con ningún daño hasta el momento. Dispone de una escalera metálica que facilita el acceso a su interior para realizar tareas de limpieza y cloración periódicas, gestionadas por el área técnica municipal o también la JASS. También cuenta con una tapa metálica que se encuentra en un buen estado.

Dentro del reservorio se observó una tubería de salida de PVC C10 ϕ 1" unido a una canastilla PVC de ϕ 4". Se observó una tubería de ingreso de ϕ 1 1/2" conectada a una válvula flotadora del mismo diámetro. La válvula flotadora cuenta con una boquilla de salida de agua de ϕ 1 1/2".

Figura 59. Interior de Reservorio Retamamayo



A diferencia del otro reservorio, este cuenta con dos válvulas flotadoras adecuadamente equipadas. La válvula de entrada está provista de una boya que bloquea el paso de agua al alcanzar el nivel máximo. Además, incluye otra válvula flotadora específica para el sistema de cloración por goteo.

La tubería de rebose alcanza una altura de 1.61 m, y la válvula flotadora se cierra antes de llegar a ese nivel. Esto impide que el agua se drene a través del rebose, permitiendo solo la salida por la tubería de limpieza. Se deduce que esta estructura fue diseñada para que, al cerrarse la válvula flotadora, el agua de la captación se drene por el rebose, permitiendo el abastecimiento del canal agrícola del sector Retamamayo.

La cámara de válvulas tiene dimensiones de 0.91 m x 0.90 m x 1.21m de altura y cuenta con una tubería de limpia y rebose de PVC ϕ 2", una tubería de salida de Salida de PVC C10 ϕ 1" y una tubería de entrada de PVC C10 ϕ 1 1/2", todas estas tuberías cumplen con la NTP 399.002.

Se observó la ausencia de una tubería by-pass, lo que implica que, durante los trabajos de limpieza y mantenimiento del reservorio, la población se quedará sin suministro de agua.

Figura 60. Cámara de Válvulas del Reservorio Retamamayo



Se observó la presencia de agua dentro de la cámara de válvulas como en el reservorio Capellanía Chávez, lo que indica una posible filtración desde el reservorio. Esto incumple el principio de estanqueidad exigido por la Norma Técnica de Diseño del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Además, en situaciones como esta, la cámara de válvulas debería contar con un sistema de drenaje para evacuar el agua acumulada en su interior.

4.1.4. LÍNEA DE ADUCCIÓN

a. S.A.P. Capellanía Chávez

En el sector Capellanía Chávez se tiene la instalación de 2277 mm de línea de aducción de tubería PVC de diámetro 1.5”.

Figura 61. Línea de aducción S.A.P. Capellanía Chávez

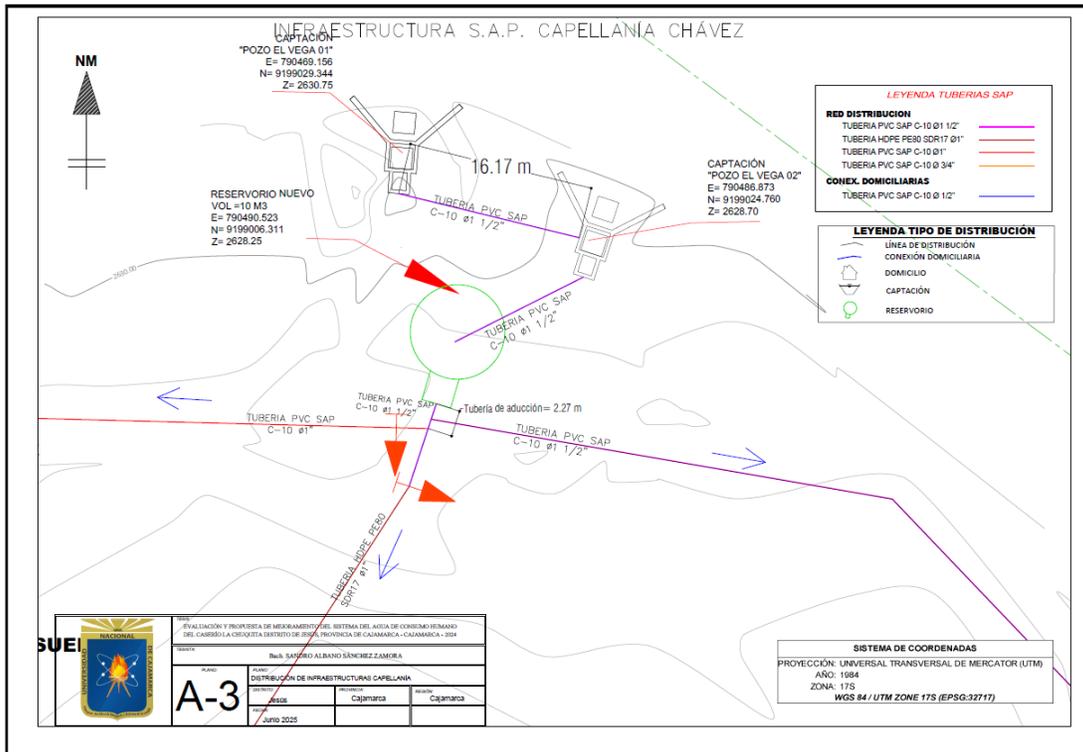


Tabla 19. Línea de Aducción S.A.P. Capellanía Chávez

Díámetro (pulg)	Longitud	Material	Clase	Estado Operativo
1 1/2	2 277 mm	PVC	C-10	Activo

b. S.A.P. Retamamayo

En el sector Retamamayo Chávez se tiene la instalación de 57 100 mm de línea de aducción de tubería PVC de diámetro 1”

Figura 62. Línea de aducción S.A.P. Retamamayo

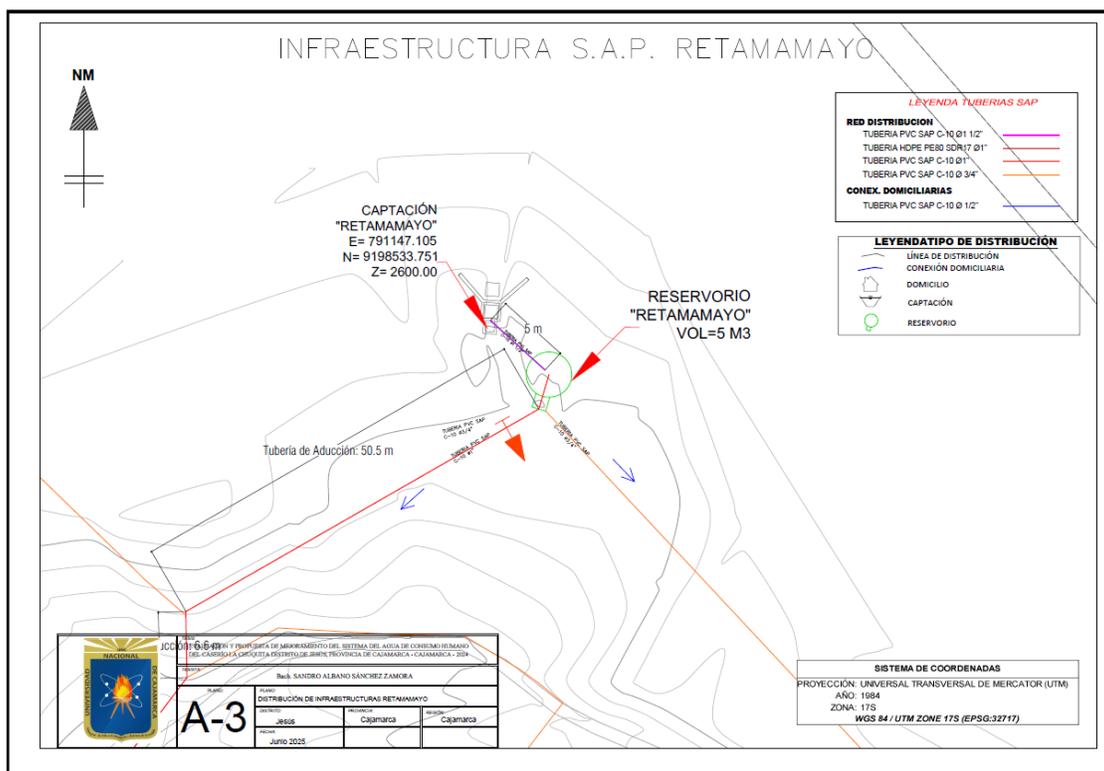


Tabla 20. Línea de Aducción S.A.P. RETAMAMAYO

Diámetro (pulg)	Longitud	Material	Clase	Estado Operativo
1	57 100 mm	PVC	C-10	Activo

4.1.5. VÁLVULA DE CONTROL

Se verificó que las válvulas de control se encuentran operativas y en buen estado. Estas están protegidas dentro de cajas de concreto armado con medidas de 0.50 m x 0.40 m y una altura de 0.50 m. En total, el sistema cuenta con 18 válvulas de control, distribuidas de la siguiente manera: 13 en el sector Capellanía Chávez y 5 en el sector Retamamayo.

Figura 63. Válvula de control



4.1.6. Cámara Rompe Presión tipo 7 (CRP-7)

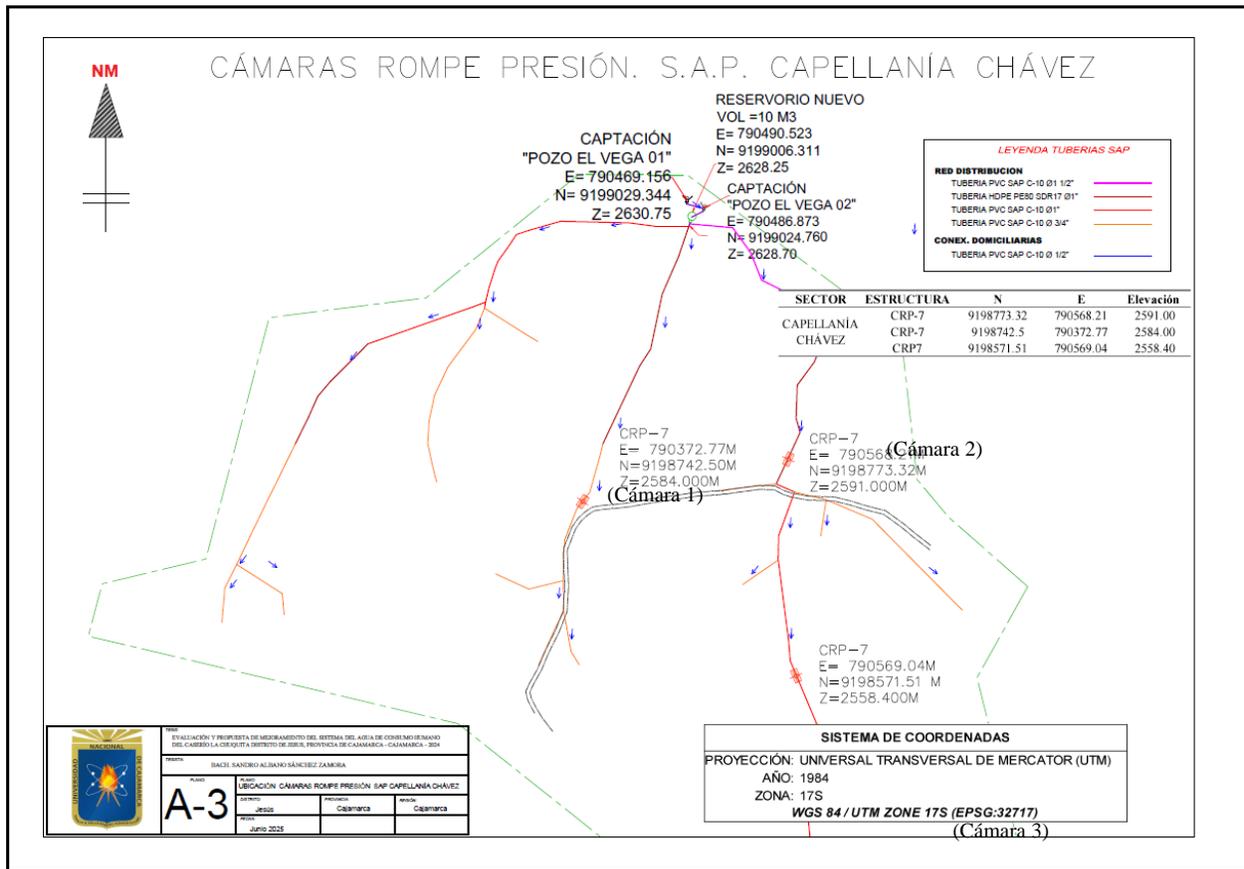
En todo el sistema hay cinco Cámaras Rompe Presión Tipo 7; tres de estas se encuentran en el sector Capellanía Chávez y dos se encuentran en el Sector Retamamayo.

Tabla 21. Ubicación Cámaras Rompe Presión Sector Capellanía Chávez

SECTOR	ESTRUCTURA	N	E	Elevación
CAPELLANÍA CHÁVEZ	CRP-7	9198773.32	790568.21	2591.00
	CRP-7	9198742.5	790372.77	2584.00
	CRP7	9198571.51	790569.04	2558.40

Fuente: Elaboración Propia

Figura 64. Ubicación Cámaras Rompe Presión Sector Capellanía Chávez



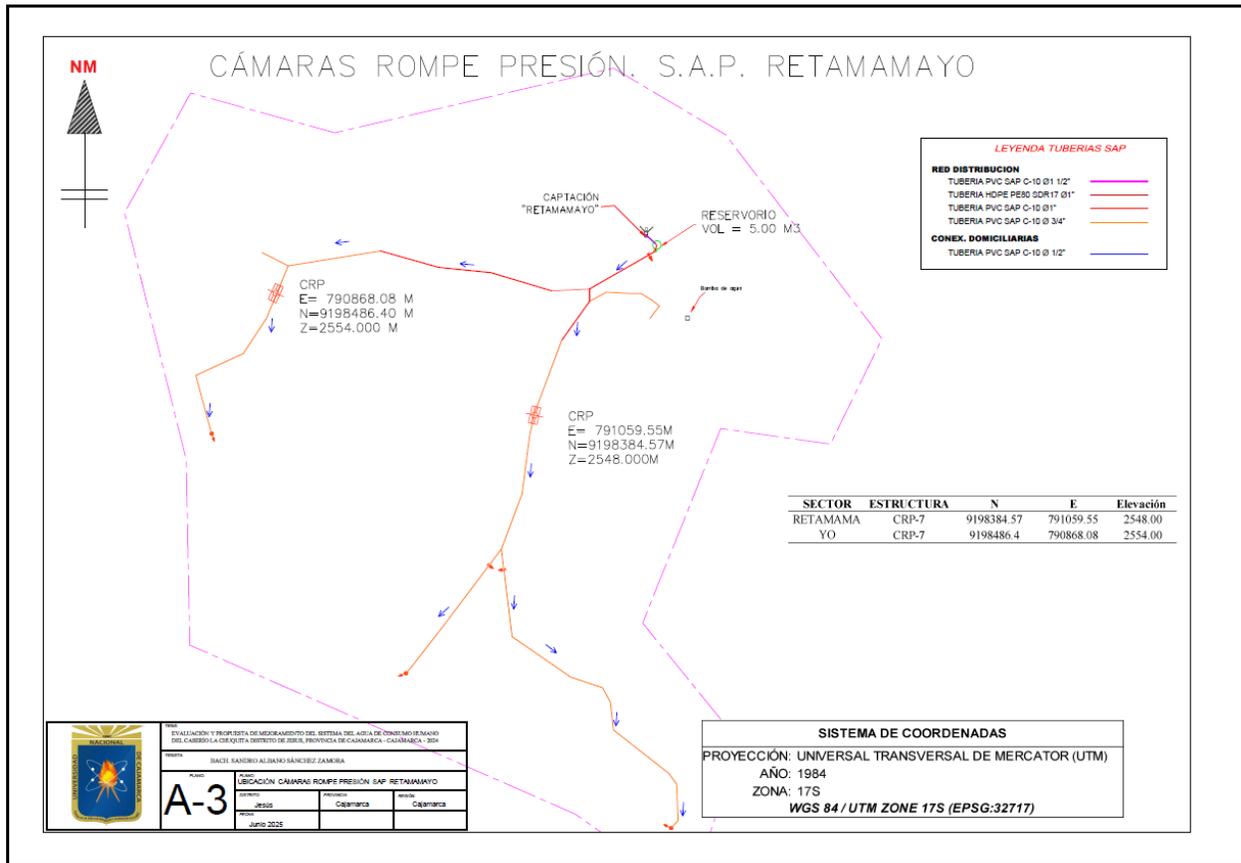
Nota: Dos de las CRP-7 están aledañas a la Trocha principal del caserío La Chuquita

Tabla 22. Ubicación Cámaras Rompe Presión Sector RETAMAMAYO

SECTOR	ESTRUCTURA	N	E	Elevación
RETAMAMAYO	CRP-7	9198384.57	791059.55	2548.00
	CRP-7	9198486.4	790868.08	2554.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 65. Ubicación Cámaras Rompe Presión Sector RETAMAMAYO



4.1.6.1. Descripción CRP-7 Sector Capellanía Chávez:

○ **CRP-7 (Cámara 1)**

La Cámara Rompe Presión se ubica a una altitud de 2584.00 m s. n. m. y forma parte del proyecto de ampliación del sistema de agua potable del caserío La Chuquita, ejecutado a finales del año 2023. La estructura se encuentra instalada a 0.15 m sobre el nivel del terreno natural y está construida en concreto armado. Sus dimensiones son de 0.59 m de ancho, 0.96 m de largo y 1 m de altura.

Está equipada con una tubería de rebose de 2" de diámetro, que opera con una canastilla reductora de 3" a 1.5", ubicada a una altura de 0.84 m. El ingreso de agua se realiza a través de una válvula flotadora de 3/4", situada a una altura de 0.61 m. Sin embargo, se identificó que esta válvula presenta fallas debido a su mal estado y calibración inadecuada, permitiendo que el agua continúe fluyendo incluso cuando se alcanza el nivel del rebose.

Figura 66. Cámara Rompe Presión Tipo 7 (Cámara 1)

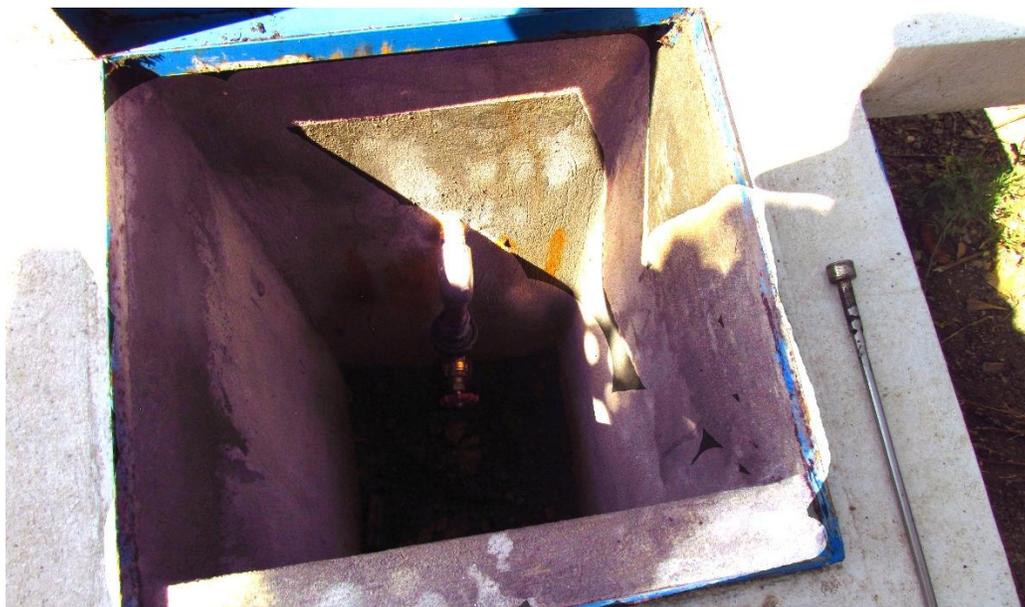


Figura 67. Mal funcionamiento de la CRP-7



La cámara de válvulas tiene dimensiones de 0.50 m x 0.50 m x 0.75m, con una tubería de entrada de 3/4”.

Figura 68. Cámara de Válvulas CRP-7 (Cámara 1)



○ **CRP-7 (Cámara 2)**

La Cámara Rompe Presión se ubica a una altitud de 2584.00 m s. n. m. y forma parte del proyecto de ampliación del sistema de agua potable del caserío La Chuquita, ejecutado a finales del año 2023. La estructura se encuentra instalada a 0.15 m sobre el nivel del terreno natural y está construida en concreto armado. Sus dimensiones son de 0.59 m de ancho, 0.96 m de largo y 1 m de altura.

Está equipada con una tubería de rebose de 2" de diámetro, que opera con una canastilla reductora de 3" a 1.5", ubicada a una altura de 0.84 m. El ingreso de agua se realiza a través de una válvula flotadora de ¾", situada a una altura de 0.61 m. Sin embargo, se identificó que esta válvula presenta fallas debido a su mal estado y calibración inadecuada, permitiendo que el agua continúe fluyendo incluso cuando se alcanza el nivel del rebose.

Figura 69. Cámara Rompe Presión Tipo 7 (Cámara 2)



La cámara de válvulas tiene dimensiones de 0.50 m x 0.50 m x 0.75m, con una tubería de entrada de 3/4”.

La Cámara Rompe Presión no contiene agua, esto se debe a la mala manipulación de las válvulas de control en el sistema.

Figura 70. Cámara de CRP-7 (Cámara 2)



○ **CRP-7 (Cámara 3)**

La Cámara Rompe Presión se ubica a una altitud de 2558.40 m s. n. m. y forma parte de la ampliación del sistema de agua potable del caserío La Chuquita, ejecutada a finales del año 2023. La estructura está instalada a 0.15 m sobre el nivel del terreno natural y ha sido construida en concreto armado.

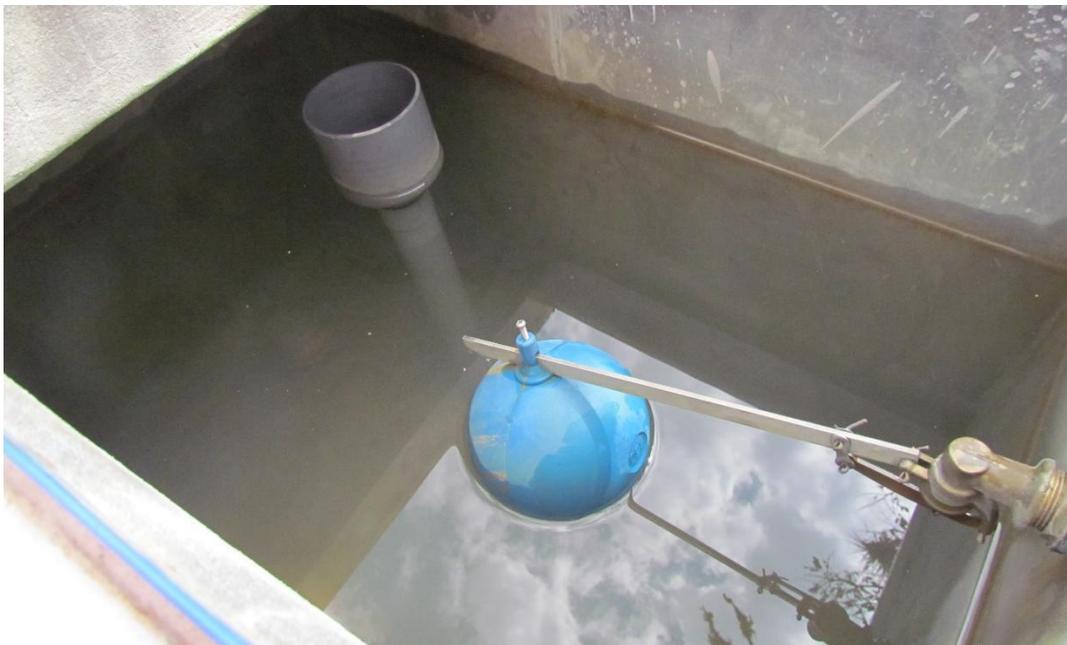
Las dimensiones de la cámara son 0.60 m de ancho, 1.00 m de largo y 1.00 m de altura. Cuenta con una tubería de rebose de 2" de diámetro que opera con una canastilla reductora de 3" a 1.5", ubicada a 0.757 m de altura. El ingreso de agua se realiza mediante una válvula flotadora de ¾", instalada a una altura de 0.855 m.

A diferencia de otras estructuras similares del sistema, esta cámara presenta un funcionamiento adecuado, con una válvula flotadora correctamente calibrada.

Figura 71. Cámara Rompe Presión Tipo 7 (Cámara 3)



Figura 72. Funcionamiento de Cámara Rompe Presión (Cámara 3)



Como observación se vio que la tubería de rebose esté ubicada a una altura excesiva y que el agua presenta turbidez.

La cámara de válvulas tiene dimensiones de 0.50 m x 0.50 m x 0.75m, con una tubería de entrada de 3/4”.

Figura 73. Cámara de Válvulas CRP-7 (Cámara 3)



4.1.6.2. Descripción CRP-7 Sector Retamamayo

- **CRP-7 (Cámara 4)**

Esta Cámara Rompe Presión se encuentra ubicada a una altitud de 2548.00 m s. n. m. y fue construida como parte del proyecto de ampliación del sistema de agua potable del caserío La Chuquita, ejecutado a fines del año 2023.

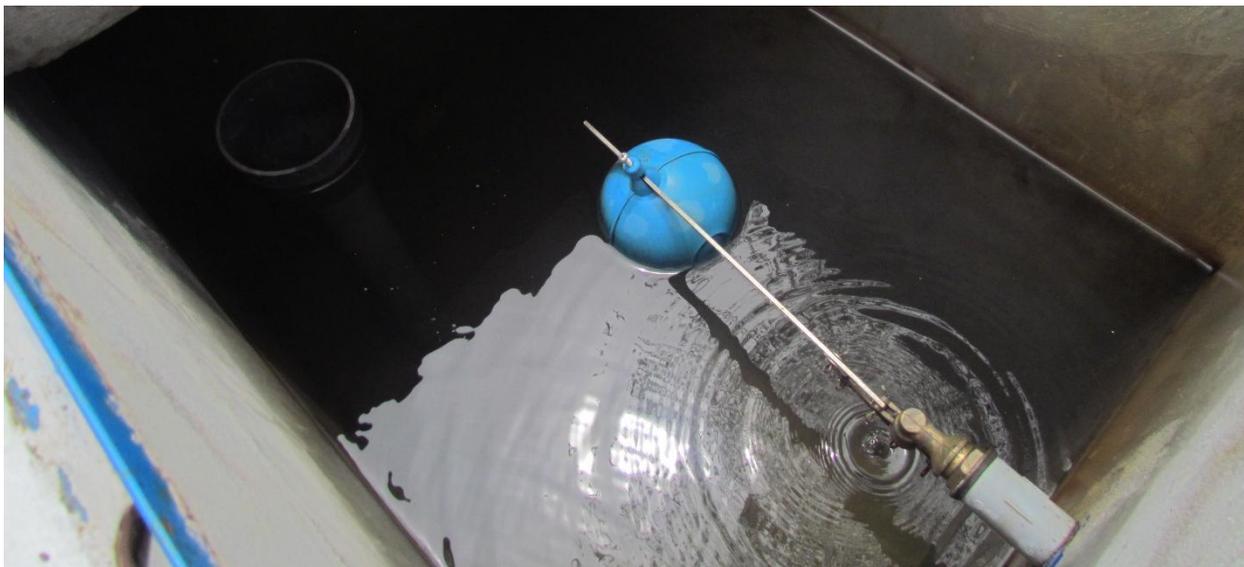
La estructura está asentada al mismo nivel del terreno natural y ha sido edificada en concreto armado. Sus dimensiones son 0.58 m de ancho, 0.95 m de largo y 0.97 m de alto. Dispone de una tubería de rebose de 2" de diámetro, que opera con una canastilla reductora de 3" a 1.5", ubicada a una altura de 0.74 m. El ingreso del agua se da a través de una válvula flotadora de ¾", instalada a 0.58 m de altura.

Figura 74. Cámara Rompe Presión-Tipo 7. Sector Retamamayo (Cámara 4)



El funcionamiento de esta cámara rompe presión es funcional, la válvula a diferencia de la primera está bien equipada.

Figura 75. Funcionamiento CRP-7 (cámara 4)



La cámara de válvulas tiene dimensiones de 0.50 m x 0.50 m x 0.75m, con una tubería de entrada de 3/4”.

Figura 76. Cámara de Válvulas CRP-7 (Cámara 4)



○ **CRP-7 (Cámara 5)**

Se encontró a una cota de 2554.00 m s. n. m. Su construcción forma parte del proyecto de ampliación del sistema de agua potable del caserío La Chuquita que se realizó a finales del 2023.

La infraestructura de la Cámara Rompe Presión está construido en el nivel del terreno natural. La infraestructura de CRP es de concreto armado, conformado por una cámara de 0.60m x 0.98 m x 0.97m de altura, con una tubería de rebose con un diámetro de 2” que está operando con una canastilla de 3” a 1.5” a una altura de 0.74 m. El agua entra por una válvula flotadora de 3/4” que está a una altura de 0.68m.

Figura 77. Cámara Rompe Presión-Tipo 7. Sector Retamamayo (Cámara 5)



El funcionamiento de esta cámara rompe presión es funcional, la válvula a diferencia de la primera está bien equipada.

Figura 78. Funcionamiento CRP-7 (cámara 5)



La cámara de válvulas tiene dimensiones de 0.50 m x 0.50 m x 0.75m, con una tubería de entrada de 3/4”.

Figura 79. Cámara de Válvulas CRP-7 (Cámara 5)



4.1.7. Línea de Distribución

En el sistema de distribución del sector Capellanía Chávez se identificaron aproximadamente 1620 metros de tubería PVC clase 10 de ¾" de diámetro, 813 metros de tubería PVC clase 10 de 1", 540 metros de tubería HDPE SDR-17, y 184 metros de PVC clase 10 de 1 ¼", cumpliendo con la norma NTP 399.002.

Por su parte, la red del sector Retamamayo cuenta con cerca de 896 metros de tubería PVC clase 10 de ¾" y 210 metros de tubería PVC clase 10 de 1", también conforme a la NTP 399.002.

En cuanto a la infraestructura complementaria, en Capellanía Chávez se encontraron 6 cajas de concreto con válvulas de purga para facilitar el mantenimiento, además de 13 cajas de concreto armado con válvulas de control. Sin embargo, no se detectaron cajas con válvulas de aire en este sector.

En Retamamayo se identificaron 4 cajas de concreto con válvulas de purga y 5 cajas con válvulas de control, pero al igual que en el otro sector, no se hallaron cajas destinadas a válvulas de aire.

Tabla 23. Características de la Línea de Distribución del Sector Capellanía Chávez

Diámetro	Longitud	Material	Clase	Estado operativo
¾"	1620.14	PVC	Clase 10	Línea Distribución
1" pvc	813.24	PVC	Clase 10	Línea Distribución
1"	540.29	HDPE	SDR 17	Línea Distribución
1 ¼"	184.07	PVC	Clase 10	Línea Distribución
TOTAL	3157.74			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24. Características de la Línea de Distribución del Sector Retamamayo

Diámetro	Longitud	Material	Clase	Estado operativo
¾"	896.55	PVC	Clase 10	Línea de Distribución
1" pvc	209.06	PVC	Clase 10	Línea de Distribución

Fuente: Elaboración Propia

4.2. EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

4.2.1. DOTACIÓN

Para determinar la cantidad real de agua que satisface las necesidades diarias de la población, y debido a la ausencia de micromedidores en las conexiones domiciliarias, se llevaron a cabo la medición de los descensos de agua en los tres reservorios que abastecen a la localidad del caserío La Chuquita que consta de dos sectores:

✓ Sector Capellanía Chávez

El primer reservorio evaluado fue el reservorio circular de Capellanía Chávez, el cual es el principal y único encargado de abastecer al sector del mismo nombre.

Para estimar el volumen de agua consumida por hora, se utilizó la fórmula que multiplica el descenso del nivel de agua (en m/h) por el área de la base del reservorio (en m²). Las mediciones de la altura útil de agua extraída por hora se realizaron durante los meses de agosto y setiembre, en temporada de estiaje, considerando distintos días y horarios. Esta altura fue registrada desde la losa del reservorio hasta el borde superior de la tubería de salida, identificándose como la “altura de regulación”.

Ecuación 32. Altura de regulación de reservorio

$$H_{reg} = H_{tot} - BL - H_{op}$$

Donde:

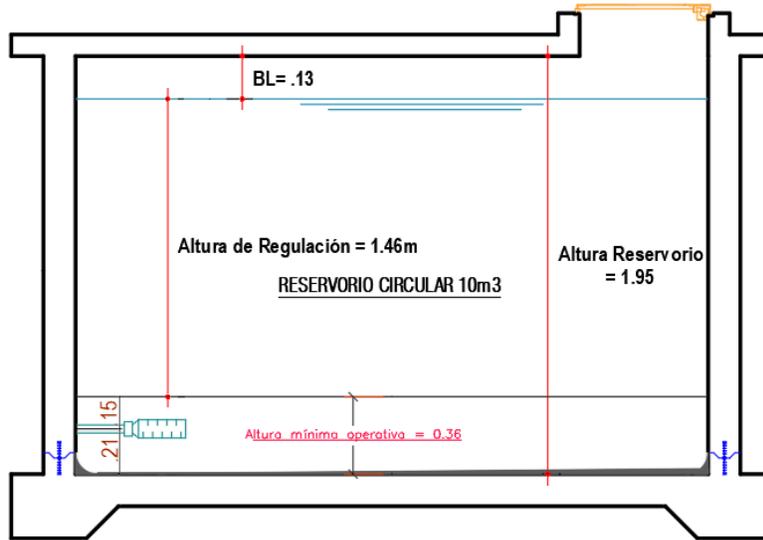
H_{reg} = Altura de regulación

H_{tot} = Altura total del reservorio

BL = Borde libre

H_{op} = Altura mínima operativa de agua

Figura 80. Alturas operativas del reservorio Capellanía Chávez

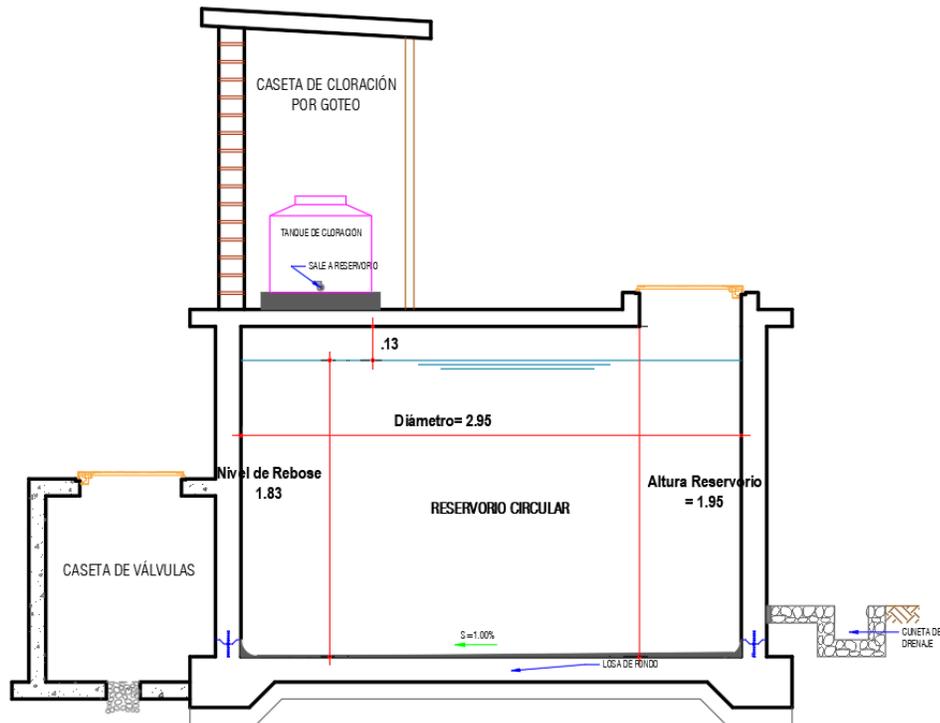


Nota: Las dimensiones fueron tomadas en campo

Hallamos la altura de regulación:

$$H_{reg} = H_{tot} - BL - H_{op}$$
$$H_{reg} = 1.95m - 0.13m - 0.36m$$
$$H_{reg} = 1.46m$$

Figura 81. Dimensiones del reservorio Capellanía Chávez



Nota: Las dimensiones fueron tomadas en campo

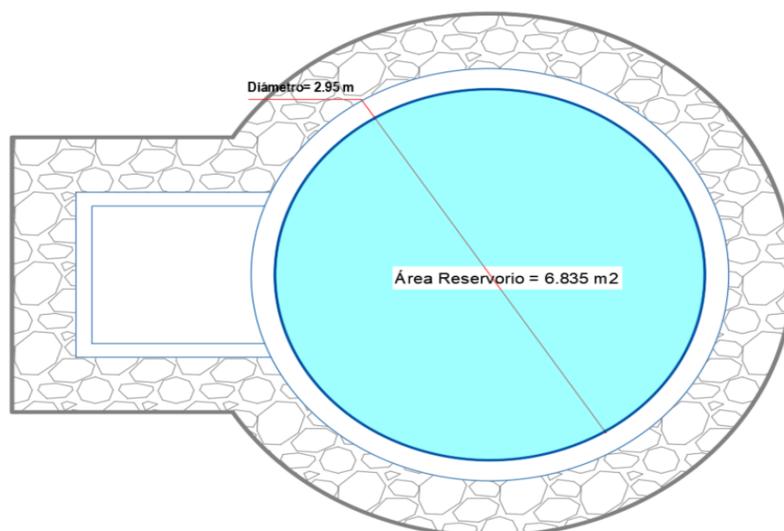
- Altura de agua en el reservorio (m): 1.82 m
- Diámetro interno del reservorio (m): 2.93 m
- Área del reservorio (m²): 6.74 m²

Para el cálculo del área del reservorio se utilizó la siguiente fórmula:

Ecuación 33. Ecuación de área de reservorio

$$A = \left(\frac{\pi \times (2.93\text{m})^2}{4} \right) = 6.74 \text{ m}^2$$

Figura 82. Área de Reservoirio Capellanía Chávez



Nota: Las dimensiones fueron tomadas en campo

Los resultados de las alturas consumidas por hora se presentan en la **Tabla 25**,

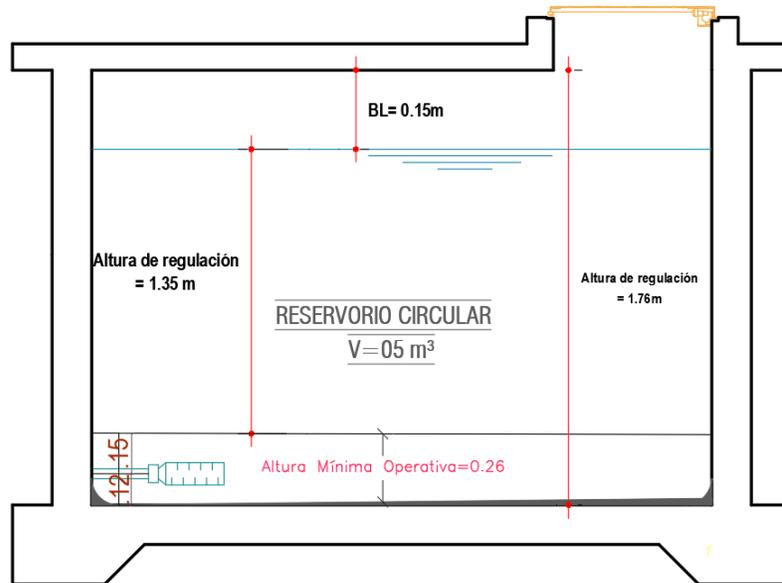
SEMANA		RESERVORIO CAPELLANÍA CHÁVEZ															
01		SEMANA				05/08/2024 - 11/08/2024				Aforo manantial							
Diámetro		2.95 m		0.56 m³/hora													
DÍA		Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo			
HORARIO		Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)		
05:30:00	- 06:00:00	5.20	0.92	6.10	0.98	4.80	0.89	5.00	0.91	6.00	0.97	7.00	1.04	6.50	1.01		
06:00:00	- 07:00:00	9.50	1.21	9.20	1.19	10.30	1.27	8.20	1.12	10.50	1.28	12.50	1.42	13.20	1.47		
07:00:00	- 08:00:00	6.30	0.99	5.90	0.97	7.00	1.04	3.50	0.80	7.50	1.08	8.50	1.14	9.50	1.21		
08:00:00	- 09:00:00	13.00	1.45	14.00	1.52	14.50	1.55	9.30	1.20	12.50	1.42	13.50	1.49	13.80	1.51		
09:00:00	- 10:00:00	15.30	1.61	16.20	1.67	16.30	1.68	10.50	1.28	13.60	1.49	12.20	1.40	13.30	1.47		
10:00:00	- 11:00:00	11.20	1.33	13.95	1.52	12.50	1.42	9.80	1.23	14.50	1.55	14.00	1.52	14.50	1.55		
11:00:00	- 12:00:00	8.50	1.14	8.30	1.13	10.90	1.31	7.50	1.08	9.60	1.22	8.50	1.14	9.60	1.22		
12:00:00	- 13:00:00	9.50	1.21	8.50	1.14	10.80	1.30	6.50	1.01	9.80	1.23	9.50	1.21	10.00	1.25		
13:00:00	- 14:00:00	9.10	1.19	8.60	1.15	11.20	1.33	7.80	1.10	9.40	1.21	9.10	1.19	10.10	1.25		
14:00:00	- 15:00:00	6.50	1.01	7.00	1.04	5.00	0.91	6.00	0.97	7.20	1.06	7.50	1.08	8.40	1.14		
15:00:00	- 16:00:00	6.20	0.99	5.30	0.93	4.20	0.85	6.00	0.97	6.10	0.98	6.12	0.98	6.80	1.03		
16:00:00	- 17:00:00	6.90	1.03	6.70	1.02	3.50	0.80	5.50	0.94	6.50	1.01	6.54	1.01	6.70	1.02		
17:00:00	- 18:00:00	10.50	1.28	8.40	1.14	8.00	1.11	9.60	1.22	8.50	1.14	8.90	1.17	4.50	0.87		
18:00:00	- 19:00:00	8.70	1.16	8.10	1.12	9.20	1.19	10.00	1.25	9.10	1.19	9.10	1.19	8.60	1.15		
19:00:00	- 20:00:00	6.5	1.01	6.00	0.97	8.10	1.12	8.1	1.12	7.2	1.06	6.5	1.01	7.3	1.06		
Sumatoria		1.33 m	17.53 m³	1.32 m	17.49 m³	1.36 m	17.77 m³	1.13 m	16.19 m³	1.38 m	17.88 m³	1.39 m	17.98 m³	1.43 m	18.21 m³		
Max H			1.61 m³		1.67 m³		1.68 m³		1.28 m³		1.55 m³		1.52 m³		1.55 m³		
Prom			1.17 m³		1.17 m³		1.18 m³		1.08 m³		1.19 m³		1.20 m³		1.21 m³		

Tabla 26, Tabla 27 y Tabla 28.

✓ **Sector RETAMAMAYO**

Esta se registró desde el nivel del techo del reservorio hasta el nivel superior de la tubería de salida.

Figura 83. Alturas operativas del reservorio Capellanía Chávez



Nota: Las dimensiones fueron tomadas en campo
Hallamos la altura de regulación:

$$H_{reg} = (H_{tot} - BL - H_{op})$$

$$H_{reg} = 1.76m - 0.15m - 0.26m$$

$$H_{reg} = 1.35m$$

Los resultados de las alturas consumidas por hora se presentan en las tablas **Tabla 25**,

SEMANA		RESERVORIO CAPELLANÍA CHÁVEZ													
01		SEMANA 05/08/2024 - 11/08/2024												Aforo manantial 0.56 m³/hora	
Diámetro 2.95 m		Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo	
HORARIO		Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)
05:30:00	- 06:00:00	5.20	0.92	6.10	0.98	4.80	0.89	5.00	0.91	6.00	0.97	7.00	1.04	6.50	1.01
06:00:00	- 07:00:00	9.50	1.21	9.20	1.19	10.30	1.27	8.20	1.12	10.50	1.28	12.50	1.42	13.20	1.47
07:00:00	- 08:00:00	6.30	0.99	5.90	0.97	7.00	1.04	3.50	0.80	7.50	1.08	8.50	1.14	9.50	1.21
08:00:00	- 09:00:00	13.00	1.45	14.00	1.52	14.50	1.55	9.30	1.20	12.50	1.42	13.50	1.49	13.80	1.51
09:00:00	- 10:00:00	15.30	1.61	16.20	1.67	16.30	1.68	10.50	1.28	13.60	1.49	12.20	1.40	13.30	1.47
10:00:00	- 11:00:00	11.20	1.33	13.95	1.52	12.50	1.42	9.80	1.23	14.50	1.55	14.00	1.52	14.50	1.55
11:00:00	- 12:00:00	8.50	1.14	8.30	1.13	10.90	1.31	7.50	1.08	9.60	1.22	8.50	1.14	9.60	1.22
12:00:00	- 13:00:00	9.50	1.21	8.50	1.14	10.80	1.30	6.50	1.01	9.80	1.23	9.50	1.21	10.00	1.25
13:00:00	- 14:00:00	9.10	1.19	8.60	1.15	11.20	1.33	7.80	1.10	9.40	1.21	9.10	1.19	10.10	1.25
14:00:00	- 15:00:00	6.50	1.01	7.00	1.04	5.00	0.91	6.00	0.97	7.20	1.06	7.50	1.08	8.40	1.14
15:00:00	- 16:00:00	6.20	0.99	5.30	0.93	4.20	0.85	6.00	0.97	6.10	0.98	6.12	0.98	6.80	1.03
16:00:00	- 17:00:00	6.90	1.03	6.70	1.02	3.50	0.80	5.50	0.94	6.50	1.01	6.54	1.01	6.70	1.02
17:00:00	- 18:00:00	10.50	1.28	8.40	1.14	8.00	1.11	9.60	1.22	8.50	1.14	8.90	1.17	4.50	0.87
18:00:00	- 19:00:00	8.70	1.16	8.10	1.12	9.20	1.19	10.00	1.25	9.10	1.19	9.10	1.19	8.60	1.15
19:00:00	- 20:00:00	6.5	1.01	6.00	0.97	8.10	1.12	8.1	1.12	7.2	1.06	6.5	1.01	7.3	1.06
Sumatoria		1.33 m	17.53 m³	1.32 m	17.49 m³	1.36 m	17.77 m³	1.13 m	16.19 m³	1.38 m	17.88 m³	1.39 m	17.98 m³	1.43 m	18.21 m³
Max H			1.61 m³		1.67 m³		1.68 m³		1.28 m³		1.55 m³		1.52 m³		1.55 m³
Prom			1.17 m³		1.17 m³		1.18 m³		1.08 m³		1.19 m³		1.20 m³		1.21 m³

Tabla 26, Tabla 27 y Tabla 28

Altura de regulación de agua (m): 1.35m

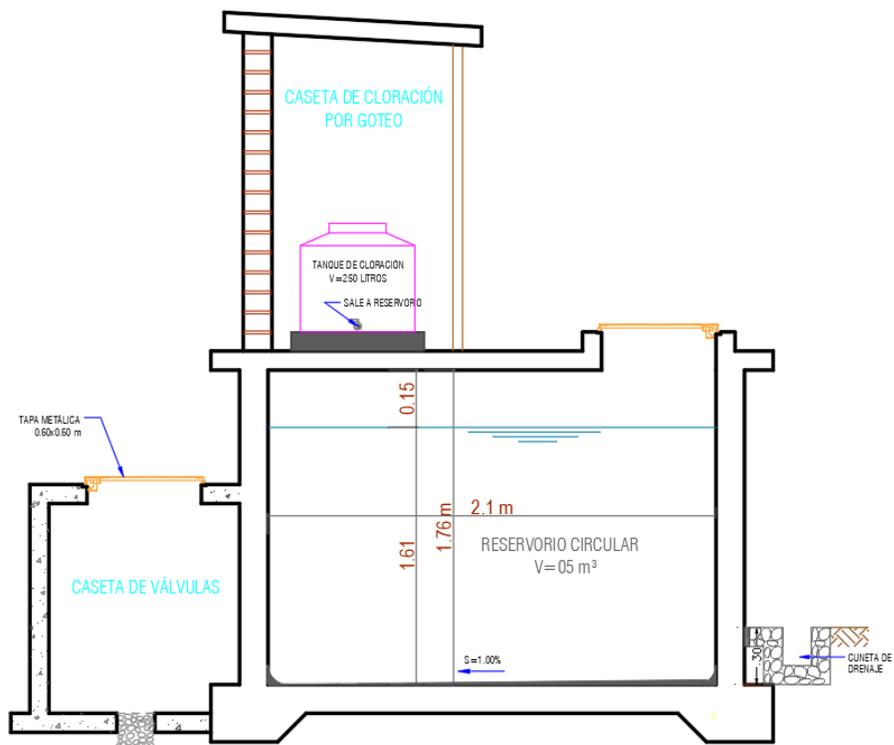
- Diámetro interno del reservorio (m): 2.1m
- Área del reservorio (m²): 3.46 m²

Para el cálculo del área del reservorio se utilizó la siguiente fórmula:

Ecuación 33. Ecuación de área de reservorio

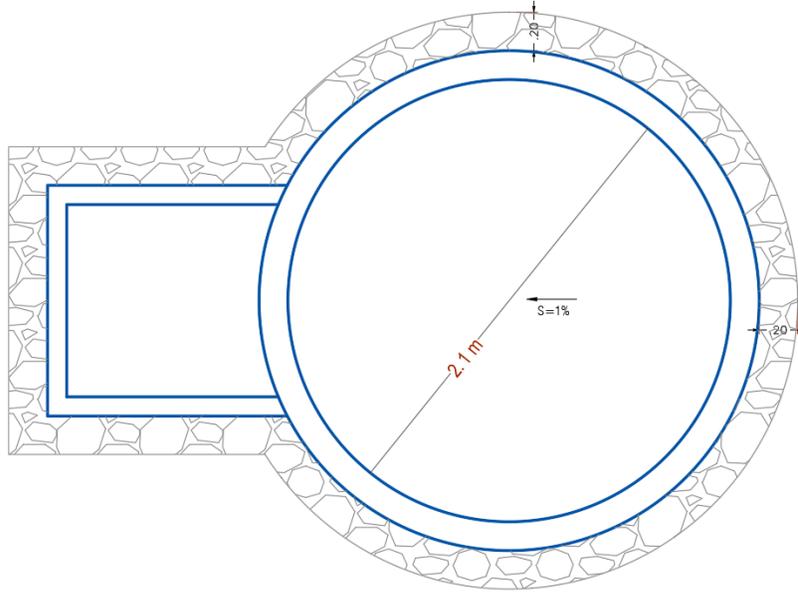
$$A = \left(\frac{\pi \times (2.1m)^2}{4} \right) = 3.46 m^2$$

Figura 84. Reservorio Retamamayo



Nota: Las dimensiones fueron tomadas en campo

Figura 85. Área del reservorio Retamamayo



Nota: Las dimensiones fueron tomadas en campo

Para el cálculo de volumen consumido por hora se utilizó la siguiente fórmula:

Ecuación 34. Ecuación de Volumen Consumido por hora

$$V_{Consumido} = Descenso\ de\ agua \times A_{reservorio}$$

Donde:

- Volumen Consumido
- Descenso de agua que hay por hora en el reservorio
- Área del reservorio calculado en la **Ecuación 33**.

Tabla 25. Consumo diario del S.A.P. Capellanía Chávez Semana 01

SEMANA 01		RESERVOIRIO CAPELLANÍA CHÁVEZ													
Diámetro 2.95 m		SEMANA 05/08/2024 - 11/08/2024				Aforo manantial 0.56 m ³ /hora									
DÍA		Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo	
HORARIO		Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)
05:30:00	- 06:00:00	5.20	0.92	6.10	0.98	4.80	0.89	5.00	0.91	6.00	0.97	7.00	1.04	6.50	1.01
06:00:00	- 07:00:00	9.50	1.21	9.20	1.19	10.30	1.27	8.20	1.12	10.50	1.28	12.50	1.42	13.20	1.47
07:00:00	- 08:00:00	6.30	0.99	5.90	0.97	7.00	1.04	3.50	0.80	7.50	1.08	8.50	1.14	9.50	1.21
08:00:00	- 09:00:00	13.00	1.45	14.00	1.52	14.50	1.55	9.30	1.20	12.50	1.42	13.50	1.49	13.80	1.51
09:00:00	- 10:00:00	15.30	1.61	16.20	1.67	16.30	1.68	10.50	1.28	13.60	1.49	12.20	1.40	13.30	1.47
10:00:00	- 11:00:00	11.20	1.33	13.95	1.52	12.50	1.42	9.80	1.23	14.50	1.55	14.00	1.52	14.50	1.55
11:00:00	- 12:00:00	8.50	1.14	8.30	1.13	10.90	1.31	7.50	1.08	9.60	1.22	8.50	1.14	9.60	1.22
12:00:00	- 13:00:00	9.50	1.21	8.50	1.14	10.80	1.30	6.50	1.01	9.80	1.23	9.50	1.21	10.00	1.25
13:00:00	- 14:00:00	9.10	1.19	8.60	1.15	11.20	1.33	7.80	1.10	9.40	1.21	9.10	1.19	10.10	1.25
14:00:00	- 15:00:00	6.50	1.01	7.00	1.04	5.00	0.91	6.00	0.97	7.20	1.06	7.50	1.08	8.40	1.14
15:00:00	- 16:00:00	6.20	0.99	5.30	0.93	4.20	0.85	6.00	0.97	6.10	0.98	6.12	0.98	6.80	1.03
16:00:00	- 17:00:00	6.90	1.03	6.70	1.02	3.50	0.80	5.50	0.94	6.50	1.01	6.54	1.01	6.70	1.02
17:00:00	- 18:00:00	10.50	1.28	8.40	1.14	8.00	1.11	9.60	1.22	8.50	1.14	8.90	1.17	4.50	0.87
18:00:00	- 19:00:00	8.70	1.16	8.10	1.12	9.20	1.19	10.00	1.25	9.10	1.19	9.10	1.19	8.60	1.15
19:00:00	- 20:00:00	6.5	1.01	6.00	0.97	8.10	1.12	8.1	1.12	7.2	1.06	6.5	1.01	7.3	1.06
Sumatoria		1.33 m	17.53 m ³	1.32 m	17.49 m ³	1.36 m	17.77 m ³	1.13 m	16.19 m ³	1.38 m	17.88 m ³	1.39 m	17.98 m ³	1.43 m	18.21 m ³
Max H			1.61 m ³		1.67 m ³		1.68 m ³		1.28 m ³		1.55 m ³		1.52 m ³		1.55 m ³
Prom			1.17 m ³		1.17 m ³		1.18 m ³		1.08 m ³		1.19 m ³		1.20 m ³		1.21 m ³

Tabla 26. Consumo diario del S.A.P. Capellanía Chávez Semana 02

SEMANA 02		RESERVOIRIO CAPELLANÍA CHÁVEZ													
Diámetro 2.95 m		SEMANA 12/08/2024 - 18/08/2024				Aforo manantial 0.56 m ³ /hora									
DÍA		Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo	
HORARIO		Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)
05:30:00	- 06:00:00	5.30	0.93	8.00	1.11	5.30	0.93	6.00	0.97	7.00	1.04	7.00	1.04	6.80	1.03
06:00:00	- 07:00:00	8.50	1.14	9.50	1.21	13.20	1.47	8.60	1.15	10.00	1.25	12.00	1.38	11.20	1.33
07:00:00	- 08:00:00	3.40	0.80	6.12	0.98	9.40	1.21	3.50	0.80	7.90	1.10	9.60	1.22	10.50	1.28
08:00:00	- 09:00:00	13.20	1.47	7.20	1.06	15.30	1.61	9.80	1.23	13.00	1.45	14.50	1.55	14.00	1.52
09:00:00	- 10:00:00	15.60	1.63	15.20	1.60	15.90	1.65	11.20	1.33	15.00	1.59	11.50	1.35	14.30	1.54
10:00:00	- 11:00:00	14.14	1.53	13.20	1.47	13.20	1.47	9.50	1.21	13.20	1.47	12.60	1.42	15.00	1.59
11:00:00	- 12:00:00	7.90	1.10	10.50	1.28	11.50	1.35	6.80	1.03	10.20	1.26	9.10	1.19	10.20	1.26
12:00:00	- 13:00:00	8.60	1.15	9.20	1.19	8.90	1.17	8.00	1.11	11.50	1.35	10.50	1.28	9.00	1.18
13:00:00	- 14:00:00	9.45	1.21	9.30	1.20	10.60	1.29	8.00	1.11	8.00	1.11	9.80	1.23	11.50	1.35
14:00:00	- 15:00:00	6.50	1.01	6.00	0.97	6.00	0.97	7.00	1.04	9.00	1.18	8.50	1.14	9.00	1.18
15:00:00	- 16:00:00	5.80	0.96	5.30	0.93	3.50	0.80	8.00	1.11	6.50	1.01	7.50	1.08	6.23	0.99
16:00:00	- 17:00:00	7.50	1.08	6.10	0.98	5.60	0.95	6.00	0.97	6.00	0.97	8.00	1.11	5.00	0.91
17:00:00	- 18:00:00	8.90	1.17	9.50	1.21	9.00	1.18	10.00	1.25	7.60	1.08	9.50	1.21	6.50	1.01
18:00:00	- 19:00:00	9.50	1.21	8.10	1.12	8.20	1.12	10.50	1.28	6.50	1.01	7.00	1.04	7.40	1.07
19:00:00	- 20:00:00	8.1	1.12	6.30	0.99	6.00	0.97	10	1.25	7.2	1.06	4	0.84	6.5	1.01
Sumatoria		1.32 m	17.50 m ³	1.30 m	17.30 m ³	1.42 m	18.13 m ³	1.23 m	16.85 m ³	1.39 m	17.92 m ³	1.41 m	18.09 m ³	1.43 m	18.23 m ³
Max H			1.63 m ³		1.60 m ³		1.65 m ³		1.33 m ³		1.59 m ³		1.55 m ³		1.59 m ³
Prom			1.17 m ³		1.15 m ³		1.21 m ³		1.12 m ³		1.19 m ³		1.21 m ³		1.22 m ³

Tabla 27. Consumo diario del S.A.P. Capellanía Chávez Semana 03

SEMANA		RESERVOIRIO CAPELLANÍA CHÁVEZ													
03		SEMANA												Aforo manantial	
Diámetro		19/08/2024 - 25/08/2024												0.56 m ³ /hora	
DÍA		Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo	
HORARIO		Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)
05:30:00	- 06:00:00	6.30	0.99	5.10	0.91	5.20	0.92	4.80	0.89	7.00	1.04	6.80	1.03	7.00	1.04
06:00:00	- 07:00:00	8.60	1.15	10.20	1.26	11.30	1.34	8.80	1.16	11.50	1.35	13.00	1.45	14.00	1.52
07:00:00	- 08:00:00	7.20	1.06	6.40	1.00	8.00	1.11	5.60	0.95	9.00	1.18	9.20	1.19	10.40	1.27
08:00:00	- 09:00:00	14.30	1.54	15.00	1.59	15.00	1.59	9.00	1.18	13.50	1.49	14.50	1.55	14.50	1.55
09:00:00	- 10:00:00	15.30	1.61	17.50	1.76	16.30	1.68	9.80	1.23	14.20	1.53	13.20	1.47	15.30	1.61
10:00:00	- 11:00:00	14.00	1.52	14.20	1.53	13.00	1.45	9.80	1.23	15.00	1.59	13.50	1.49	15.20	1.60
11:00:00	- 12:00:00	8.60	1.15	9.50	1.21	11.20	1.33	6.50	1.01	10.20	1.26	9.00	1.18	10.20	1.26
12:00:00	- 13:00:00	9.10	1.19	10.20	1.26	10.20	1.26	7.00	1.04	8.00	1.11	10.20	1.26	11.50	1.35
13:00:00	- 14:00:00	8.00	1.11	6.00	0.97	9.00	1.18	8.00	1.11	9.00	1.18	8.00	1.11	8.50	1.14
14:00:00	- 15:00:00	6.20	0.99	8.00	1.11	6.00	0.97	6.50	1.01	6.00	0.97	7.60	1.08	9.00	1.18
15:00:00	- 16:00:00	6.50	1.01	6.30	0.99	5.30	0.93	4.80	0.89	7.20	1.06	6.50	1.01	7.50	1.08
16:00:00	- 17:00:00	5.00	0.91	6.20	0.99	6.40	1.00	5.50	0.94	6.80	1.03	5.80	0.96	5.30	0.93
17:00:00	- 18:00:00	11.20	1.33	9.00	1.18	7.00	1.04	8.00	1.11	7.20	1.06	9.10	1.19	5.60	0.95
18:00:00	- 19:00:00	6.50	1.01	9.10	1.19	8.50	1.14	9.00	1.18	8.50	1.14	9.00	1.18	9.50	1.21
19:00:00	- 20:00:00	6	0.97	3.40	0.80	5.00	0.91	7.0	1.04	6.2	0.99	6	0.97	6.00	0.97
Sumatoria		1.33 m	17.53 m ³	1.36 m	17.75 m ³	1.37 m	17.84 m ³	1.10 m	15.98 m ³	1.39 m	17.97 m ³	1.41 m	18.12 m ³	1.50 m	18.67 m ³
Max H			1.61 m ³		1.76 m ³		1.68 m ³		1.23 m ³		1.59 m ³		1.55 m ³		1.61 m ³
Prom			1.17 m ³		1.18 m ³		1.19 m ³		1.07 m ³		1.20 m ³		1.21 m ³		1.24 m ³

Tabla 28. Consumo diario del S.A.P. Capellanía Chávez Semana 04

SEMANA		RESERVOIRIO CAPELLANÍA CHÁVEZ													
03		SEMANA												Aforo manantial	
Diámetro		26/08/2024 - 01/09/2024												0.56 m ³ /hora	
DÍA		Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo	
HORARIO		Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)
05:30:00	- 06:00:00	3.20	0.78	3.60	0.81	2.00	0.70	1.10	0.64	2.50	0.73	2.10	0.71	3.50	0.80
06:00:00	- 07:00:00	6.50	1.01	7.00	1.04	6.50	1.01	8.20	1.12	5.00	0.91	4.00	0.84	12.10	1.39
07:00:00	- 08:00:00	8.20	1.12	8.20	1.12	9.00	1.18	5.00	0.91	8.90	1.17	8.20	1.12	12.30	1.40
08:00:00	- 09:00:00	15.20	1.60	13.20	1.47	13.20	1.47	7.40	1.07	13.20	1.47	15.30	1.61	15.60	1.63
09:00:00	- 10:00:00	16.20	1.67	16.70	1.70	14.00	1.52	9.00	1.18	15.10	1.60	15.20	1.60	17.80	1.78
10:00:00	- 11:00:00	13.20	1.47	13.00	1.45	11.00	1.32	8.50	1.14	15.30	1.61	13.30	1.47	16.20	1.67
11:00:00	- 12:00:00	9.40	1.21	8.00	1.11	10.00	1.25	7.50	1.08	12.20	1.40	11.90	1.38	12.50	1.42
12:00:00	- 13:00:00	10.60	1.29	15.00	1.59	12.00	1.38	6.80	1.03	7.80	1.10	10.80	1.30	12.00	1.38
13:00:00	- 14:00:00	10.50	1.28	9.00	1.18	12.30	1.40	8.20	1.12	6.00	0.97	8.00	1.11	9.50	1.21
14:00:00	- 15:00:00	5.30	0.93	6.00	0.97	5.00	0.91	7.20	1.06	8.00	1.11	6.00	0.97	9.00	1.18
15:00:00	- 16:00:00	7.50	1.08	8.00	1.11	4.00	0.84	5.20	0.92	7.00	1.04	7.00	1.04	8.00	1.11
16:00:00	- 17:00:00	6.30	0.99	7.20	1.06	6.00	0.97	6.20	0.99	9.00	1.18	6.00	0.97	6.30	0.99
17:00:00	- 18:00:00	8.90	1.17	7.00	1.04	5.00	0.91	9.20	1.19	6.00	0.97	8.50	1.14	4.00	0.84
18:00:00	- 19:00:00	5.60	0.95	8.00	1.11	9.20	1.19	8.50	1.14	7.20	1.06	9.60	1.22	6.00	0.97
19:00:00	- 20:00:00	5.1	0.91	4.00	0.84	4.60	0.88	6.2	0.99	5.8	0.96	8.5	1.14	4.00	0.84
Sumatoria		1.32 m	17.45 m ³	1.34 m	17.60 m ³	1.24 m	16.91 m ³	1.04 m	15.57 m ³	1.29 m	17.27 m ³	1.34 m	17.64 m ³	1.49 m	18.62 m ³
Max H			1.67 m ³		1.70 m ³		1.52 m ³		1.19 m ³		1.61 m ³		1.61 m ³		1.78 m ³
Prom			1.16 m ³		1.17 m ³		1.13 m ³		1.04 m ³		1.15 m ³		1.18 m ³		1.24 m ³

Tabla 29. Consumo diario del S.A.P. RETAMAMAYO Semana 01

SEMANA 01		RESERVORIO RETAMAMAYO													
Diámetro 2.10 m		SEMANA 02/09/2024 - 08/09/2024				Altura de regulación		1.35 m		Manantial Aforado		0.24 m³/hora			
DÍA		Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo	
HORARIO		Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)
05:30:00 - 06:00:00		1.50	0.29	3.00	0.34	2.00	0.31	2.10	0.31	2.50	0.33	3.10	0.35	2.00	0.31
06:00:00 - 07:00:00		3.50	0.36	3.50	0.36	4.00	0.38	5.60	0.43	8.00	0.52	8.50	0.53	8.60	0.54
07:00:00 - 08:00:00		7.00	0.48	6.80	0.47	6.30	0.46	4.50	0.39	6.00	0.45	8.00	0.52	8.00	0.52
08:00:00 - 09:00:00		8.00	0.52	9.10	0.55	7.50	0.50	8.90	0.55	11.00	0.62	14.50	0.74	13.20	0.70
09:00:00 - 10:00:00		10.20	0.59	9.00	0.55	8.00	0.52	9.00	0.55	12.00	0.65	11.20	0.63	11.30	0.63
10:00:00 - 11:00:00		10.10	0.59	15.00	0.76	12.00	0.65	10.20	0.59	13.50	0.71	10.30	0.60	12.30	0.67
11:00:00 - 12:00:00		7.00	0.48	8.00	0.52	9.00	0.55	8.60	0.54	8.00	0.52	9.20	0.56	8.00	0.52
12:00:00 - 13:00:00		6.20	0.45	7.00	0.48	7.00	0.48	7.50	0.50	8.30	0.53	8.60	0.54	8.50	0.53
13:00:00 - 14:00:00		6.00	0.45	8.00	0.52	7.50	0.50	6.20	0.45	7.40	0.50	7.20	0.49	6.50	0.46
14:00:00 - 15:00:00		7.00	0.48	6.20	0.45	7.60	0.50	3.50	0.36	6.80	0.47	6.10	0.45	7.80	0.51
15:00:00 - 16:00:00		6.20	0.45	7.00	0.48	7.30	0.49	4.00	0.38	5.80	0.44	6.80	0.47	6.50	0.46
16:00:00 - 17:00:00		8.00	0.52	8.00	0.52	8.60	0.54	5.20	0.42	7.40	0.50	6.70	0.47	7.30	0.49
17:00:00 - 18:00:00		8.00	0.52	9.00	0.55	8.30	0.53	7.80	0.51	6.20	0.45	6.30	0.46	5.00	0.41
18:00:00 - 19:00:00		8.20	0.52	8.10	0.52	9.00	0.55	7.10	0.48	4.60	0.40	7.40	0.50	9.00	0.55
19:00:00 - 20:00:00		5	0.41	5	0.41	3.2	0.35	3	0.34	3.5	0.36	4.1	0.38	7.6	0.50
Sumatoria		1.02 m	7.11 m³	1.13 m	7.49 m³	1.07 m	7.30 m³	0.93 m	6.81 m³	1.11 m	7.43 m³	1.18 m	7.67 m³	1.22 m	7.80 m³
Max H			0.59 m³		0.76 m³		0.65 m³		0.59 m³		0.71 m³		0.74 m³		0.70 m³
Prom			0.47 m³		0.50 m³		0.49 m³		0.45 m³		0.50 m³		0.51 m³		0.52 m³

Tabla 30. Consumo diario del S.A.P. RETAMAMAYO Semana 02

SEMANA 02		RESERVORIO RETAMAMAYO													
Diámetro 2.10 m		SEMANA 02/09/2024 - 08/09/2024				Altura de regulación		1.35 m		Manantial Aforado		0.24 m³/hora			
DÍA		Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo	
HORARIO		Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m³)
05:30:00 - 06:00:00		1.40	0.29	4.20	0.38	1.50	0.29	1.50	0.29	2.00	0.31	3.50	0.36	2.00	0.31
06:00:00 - 07:00:00		3.00	0.34	6.20	0.45	3.00	0.34	4.00	0.38	4.50	0.39	6.30	0.46	8.60	0.54
07:00:00 - 08:00:00		7.50	0.50	6.90	0.48	7.00	0.48	5.00	0.41	7.00	0.48	8.20	0.52	8.00	0.52
08:00:00 - 09:00:00		7.60	0.50	10.10	0.59	8.00	0.52	6.00	0.45	9.50	0.57	13.20	0.70	8.00	0.52
09:00:00 - 10:00:00		11.50	0.64	13.00	0.69	9.00	0.55	9.30	0.56	8.90	0.55	12.00	0.65	11.30	0.63
10:00:00 - 11:00:00		8.30	0.53	12.00	0.65	13.00	0.69	8.50	0.53	8.00	0.52	9.50	0.57	11.20	0.63
11:00:00 - 12:00:00		12.30	0.67	12.30	0.67	9.00	0.55	10.60	0.61	11.20	0.63	13.00	0.69	8.00	0.52
12:00:00 - 13:00:00		7.50	0.50	6.00	0.45	15.00	0.76	6.30	0.46	10.20	0.59	10.00	0.59	13.00	0.69
13:00:00 - 14:00:00		8.20	0.52	9.00	0.55	4.00	0.38	7.20	0.49	9.00	0.55	7.20	0.49	6.30	0.46
14:00:00 - 15:00:00		6.00	0.45	7.20	0.49	4.80	0.41	5.20	0.42	7.80	0.51	6.10	0.45	8.90	0.55
15:00:00 - 16:00:00		7.80	0.51	5.00	0.41	5.30	0.42	3.20	0.35	6.30	0.46	5.60	0.43	5.30	0.42
16:00:00 - 17:00:00		9.00	0.55	7.00	0.48	7.00	0.48	5.00	0.41	8.50	0.53	6.70	0.47	8.60	0.54
17:00:00 - 18:00:00		10.20	0.59	7.00	0.48	3.00	0.34	8.00	0.52	6.30	0.46	6.30	0.46	9.60	0.57
18:00:00 - 19:00:00		6.00	0.45	9.20	0.56	4.00	0.38	8.20	0.52	7.50	0.50	8.30	0.53	8.50	0.53
19:00:00 - 20:00:00		6.00	0.45	6.30	0.46	5.00	0.41	9.30	0.56	8.50	0.53	3.00	0.34	6.30	0.46
Sumatoria		1.12 m	7.48 m³	1.21 m	7.79 m³	0.99 m	7.00 m³	0.97 m	6.96 m³	1.15 m	7.58 m³	1.19 m	7.70 m³	1.24 m	7.87 m³
Max H			0.67 m³		0.69 m³		0.76 m³		0.61 m³		0.63 m³		0.70 m³		0.69 m³
Prom			0.50 m³		0.52 m³		0.47 m³		0.46 m³		0.51 m³		0.51 m³		0.52 m³

Tabla 31. Consumo diario del S.A.P. RETAMAMAYO Semana 03

SEMANA 03		RESERVORIO RETAMAMAYO													
Diámetro 2.10 m		SEMANA 02/09/2024		- 08/09/2024		Altura de regulación		1.35 m		Manantial Aforado 0.24 m ³ /hora					
DÍA		Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo	
HORARIO		Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)
05:30:00 - 06:00:00		2.10	0.31	1.00	0.27	1.60	0.29	0.50	0.26	1.00	0.27	1.50	0.29	1.00	0.27
06:00:00 - 07:00:00		2.50	0.33	6.00	0.45	2.00	0.31	3.50	0.36	3.20	0.35	6.30	0.46	9.00	0.55
07:00:00 - 08:00:00		6.00	0.45	7.00	0.48	8.00	0.52	4.50	0.39	6.00	0.45	8.00	0.52	9.00	0.55
08:00:00 - 09:00:00		5.00	0.41	11.00	0.62	7.30	0.49	7.50	0.50	10.00	0.59	14.00	0.72	7.50	0.50
09:00:00 - 10:00:00		11.20	0.63	13.00	0.69	8.50	0.53	6.30	0.46	8.90	0.55	14.00	0.72	12.30	0.67
10:00:00 - 11:00:00		7.00	0.48	12.00	0.65	12.50	0.67	7.80	0.51	8.00	0.52	14.20	0.73	13.30	0.70
11:00:00 - 12:00:00		11.30	0.63	13.00	0.69	9.00	0.55	12.00	0.65	11.20	0.63	13.00	0.69	9.00	0.55
12:00:00 - 13:00:00		6.00	0.45	8.00	0.52	13.00	0.69	7.50	0.50	13.00	0.69	10.00	0.59	14.50	0.74
13:00:00 - 14:00:00		8.00	0.52	7.00	0.48	3.50	0.36	6.30	0.46	10.00	0.59	5.30	0.42	7.60	0.50
14:00:00 - 15:00:00		5.50	0.43	8.00	0.52	7.00	0.48	4.20	0.38	7.80	0.51	5.00	0.41	9.00	0.55
15:00:00 - 16:00:00		7.00	0.48	4.00	0.38	6.00	0.45	5.00	0.41	5.00	0.41	5.60	0.43	6.30	0.46
16:00:00 - 17:00:00		8.50	0.53	5.00	0.41	7.00	0.48	4.00	0.38	8.50	0.53	3.20	0.35	4.00	0.38
17:00:00 - 18:00:00		11.20	0.63	6.00	0.45	6.00	0.45	7.00	0.48	5.00	0.41	6.30	0.46	7.00	0.48
18:00:00 - 19:00:00		7.00	0.48	4.00	0.38	5.00	0.41	8.30	0.53	7.50	0.50	7.00	0.48	7.50	0.50
19:00:00 - 20:00:00		7	0.48	5	0.41	4	0.38	9	0.55	8.5	0.53	3	0.34	5	0.41
Sumatoria		1.05 m	7.23 m ³	1.10 m	7.40 m ³	1.00 m	7.06 m ³	0.93 m	6.82 m ³	1.14 m	7.52 m ³	1.16 m	7.62 m ³	1.22 m	7.81 m ³
Max H			0.63 m ³		0.69 m ³		0.69 m ³		0.65 m ³		0.69 m ³		0.73 m ³		0.74 m ³
Prom			0.48 m ³		0.49 m ³		0.47 m ³		0.45 m ³		0.50 m ³		0.51 m ³		0.52 m ³

Tabla 32. Consumo diario del S.A.P. RETAMAMAYO semana 04

SEMANA 04		RESERVORIO RETAMAMAYO													
Diámetro 2.10 m		SEMANA 22/09/2024		- 28/09/2024		Altura de regulación		1.35 m		Manantial Aforado 0.24 m ³ /hora					
DÍA		Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo	
HORARIO		Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)	Altura de consumo (cm)	Volumen (m ³)
05:30:00 - 06:00:00		2.00	0.31	2.50	0.33	1.30	0.28	0.50	0.26	1.00	0.27	2.60	0.33	1.00	0.27
06:00:00 - 07:00:00		2.90	0.34	5.60	0.43	8.00	0.52	4.00	0.38	3.20	0.35	6.30	0.46	9.00	0.55
07:00:00 - 08:00:00		5.00	0.41	8.60	0.54	6.00	0.45	3.00	0.34	5.00	0.41	9.00	0.55	8.50	0.53
08:00:00 - 09:00:00		6.00	0.45	12.30	0.67	8.00	0.52	7.00	0.48	10.00	0.59	14.00	0.72	9.00	0.55
09:00:00 - 10:00:00		11.20	0.63	12.00	0.65	7.00	0.48	5.00	0.41	8.90	0.55	14.00	0.72	12.30	0.67
10:00:00 - 11:00:00		8.00	0.52	11.00	0.62	11.30	0.63	8.00	0.52	9.00	0.55	13.00	0.69	14.00	0.72
11:00:00 - 12:00:00		12.00	0.65	13.00	0.69	8.00	0.52	12.00	0.65	11.20	0.63	12.00	0.65	9.00	0.55
12:00:00 - 13:00:00		9.00	0.55	8.00	0.52	12.00	0.65	9.00	0.55	12.50	0.67	8.00	0.52	15.00	0.76
13:00:00 - 14:00:00		7.00	0.48	8.00	0.52	4.50	0.39	7.00	0.48	11.00	0.62	6.00	0.45	10.00	0.59
14:00:00 - 15:00:00		6.30	0.46	6.30	0.46	6.80	0.47	5.00	0.41	6.00	0.45	4.00	0.38	11.00	0.62
15:00:00 - 16:00:00		7.50	0.50	4.00	0.38	7.00	0.48	6.00	0.45	7.00	0.48	8.00	0.52	5.50	0.43
16:00:00 - 17:00:00		7.90	0.51	5.00	0.41	8.50	0.53	5.00	0.41	9.00	0.55	3.20	0.35	4.00	0.38
17:00:00 - 18:00:00		10.50	0.60	7.20	0.49	5.80	0.44	8.60	0.54	6.00	0.45	9.00	0.55	7.00	0.48
18:00:00 - 19:00:00		8.00	0.52	4.00	0.38	6.30	0.46	8.30	0.53	8.00	0.52	4.00	0.38	7.50	0.50
19:00:00 - 20:00:00		8.6	0.54	3	0.34	4.2	0.38	5	0.41	5	0.41	6.3	0.46	6.3	0.46
Sumatoria		1.12 m	7.46 m ³	1.11 m	7.41 m ³	1.05 m	7.21 m ³	0.93 m	6.82 m ³	1.13 m	7.49 m ³	1.19 m	7.72 m ³	1.29 m	8.06 m ³
Max H			0.65 m ³		0.69 m ³		0.65 m ³		0.65 m ³		0.67 m ³		0.72 m ³		0.76 m ³
Prom			0.50 m ³		0.49 m ³		0.48 m ³		0.45 m ³		0.50 m ³		0.51 m ³		0.54 m ³

4.2.2. Cálculo de las variaciones periódicas

Para convertir m³/ha L/s, es necesario considerar sus equivalencias y realizar los cálculos correspondientes.

$$V \times \frac{1000 L}{3600 s} \dots en \frac{L}{s}$$

Los resultados de las **Tabla 33**, **Tabla 34** y **Tabla 35** se sintetizan y presentan en las **Tabla 36**, **Tabla 37** y **Tabla 38** aplicando el proceso de conversión a las unidades necesarias para los cálculos.

Se realizó los cálculos para ambos sectores:

I. SECTOR CAPELLANÍA CHÁVEZ

a. Consumo Promedio Diario Anual (Q_p).

Tabla 33. Registros de mediciones de consumos diarios (m³), en un mes.

RESERVORIO CAPELLANÍA CHÁVEZ							
PARÁMETRO	Consumo Semanal						
SEMANA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	17.53	17.49	17.77	16.19	17.88	17.98	18.21
2	17.50	17.30	18.13	16.85	17.92	18.09	18.23
3	17.53	17.75	17.84	15.98	17.97	18.12	18.67
4	17.45	17.60	16.91	15.57	17.27	17.64	18.62
Promedio por día	17.50	17.54	17.66	16.15	17.76	17.96	18.43
Consumo	17.57 m ³ /día						
Promedio Diario	17571.99 lts/día						
Anual	0.20 lts/seg						
Población	230 hab						

Ahora calculamos la dotación real, considerando la **Ecuación 4**: Caudal Promedio diario anual en (l/s).

$$Dotación = \frac{17\,571.99 \frac{\text{lts}}{\text{día}}}{230 \text{ hab}} = 76.39 \text{ l/hab} * \text{día}$$

El presente proyecto se localiza en una zona de sierra, y según las disposiciones del MVCS en la normativa de opciones tecnológicas, la dotación asignada para esta región con arrastre hidráulico corresponde a 80 litros por habitante por día..

$$Q_p \left(\frac{l}{día} \right) = Dotación \left(\frac{l}{hab} * día \right) \times P(hab)$$

$$Q_p \left(\frac{1}{\text{día}} \right) = 76.39 \frac{1}{\text{hab}} * \text{día} \times 230 \text{ hab} = 17\,571.99 \text{ lts/día}$$

b. Consumo Máximo Diario (Q_{md})

Tabla 34. Cálculo del consumo máximo diario (m3), en un mes.

RESERVORIO CAPELLANÍA CHÁVEZ							
PARÁMETRO	Consumo Semanal						
SEMANA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	17.53	17.49	17.77	16.19	17.88	17.98	18.21
2	17.50	17.30	18.13	16.85	17.92	18.09	18.23
3	17.53	17.75	17.84	15.98	17.97	18.12	18.67
4	17.45	17.60	16.91	15.57	17.27	17.64	18.62
Máximo diario	17.53	17.75	18.13	16.85	17.97	18.12	18.67
Cons. Máx Diario (Q_{md})	18.67 m3/día 18668.88 lts/día 0.22 lts/seg						

Se calculó el coeficiente de variación de consumo diario (K_1), se consideró la **Ecuación 3:** Caudal máximo diario.

$$Q_{md} = Q_p * K_1$$

Donde:

- Q_p : Caudal promedio diario anual (l/s)
- K_1 : Coeficiente de variación diaria

$$K_1 = \frac{0.22 \text{ lts/s}}{0.20 \text{ lts/s}} = 1.1 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{md} = 1.1 \text{ lts/seg} * 0.20 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{md} = 0.22 \text{ lts/seg}$$

c. Consumo Máximo Horario (Q_{mh})

Tabla 35. Cálculo del consumo máximo horario por día (m3), en un mes.

RESERVORIO CAPELLANÍA CHÁVEZ							
PARÁMETRO	Consumo Semanal						
SEMANA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	1.61	1.67	1.68	1.28	1.55	1.52	1.55
2	1.63	1.60	1.65	1.33	1.59	1.55	1.59
3	1.61	1.76	1.68	1.23	1.59	1.55	1.61
4	1.67	1.70	1.52	1.19	1.61	1.61	1.78
Max	1.63	1.68	1.63	1.26	1.59	1.56	1.63
Cons. Máx Horario (Qmh)				1.68 m3/hora 1684.31 lts/hora 0.47 lts/seg			

Fuente: Elaboración propia

Ahora calculamos el coeficiente de variación de consumo Horario (K2), se consideró la

Ecuación 5: Caudal máximo Horario.

$$Q_{mh} = K_2 \times Q_p$$

Donde:

- Q_p : Caudal promedio diario anual (l/s)
- K_2 : Coeficiente de variación horaria.

$$K_2 = \frac{0.47}{0.20} = 2.35$$

La siguiente tabla presenta un resumen de los resultados obtenidos a partir de los cálculos efectuados con datos reales.

Tabla 36. Resultados caudales reales medidos Sector Capellanía Chávez

S.A.P. CAPELLANÍA			
Qp(l/día)	Qp(l/seg)	Qmd (l/seg)	Qmh(l/seg)
17571.99	0.20	0.22	0.47

Tabla 37. Resultados De Dotación Y Coeficientes De Variaciones Reales

Dot (l/hab*día)	K1	K2
76.40	1.1	2.35

El valor de k_1 adoptado por el MVCS es de 1.3. Al comparar este con el coeficiente calculado a partir de mediciones reales, se observa que la variación diaria del consumo en el sector Capellanía

Chávez se ajusta adecuadamente a lo recomendado por el MVCS, lo que indica que el caudal máximo diario presenta una variación aceptable.

Respecto al k_2 , el RNE establece un rango entre 1.8 y 2.5, mientras que el MVCS sugiere usar el valor de 2.0. El coeficiente obtenido a partir de datos reales fue de 2.3, lo cual se encuentra dentro del rango establecido y cercano al valor recomendado, validando así la variabilidad horaria del consumo en el sector evaluado.

II. SECTOR RETAMAMAYO

a. Consumo Promedio Diario Anual (Q_p).

RESERVORIO RETAMAMAYO							
PARÁMETRO	Consumo Semanal						
SEMANA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	7.11	7.49	7.30	6.81	7.43	7.67	7.80
2	7.48	7.79	7.00	6.96	7.58	7.70	7.87
3	7.23	7.40	7.06	6.82	7.52	7.62	7.81
4	7.46	7.41	7.21	6.82	7.49	7.72	8.06
Promedio por día	7.32	7.52	7.14	6.85	7.50	7.68	7.88
Consumo Promedio Diario Anual				7.42 m ³ /día			
				7415.15 lts/día			
				0.09 lts/seg			
Población				86			

Ahora colocamos la dotación real, considerando la **Ecuación 4**: Caudal Promedio diario anual en (l/s).

$$\text{Dotación} = \frac{7415.15 \frac{\text{lts}}{\text{día}}}{86 \text{ hab}} = 86.2 \text{ l/hab} * \text{día}$$

El proyecto en estudio está ubicado en la sierra y la dotación que establece el MVCS según opción tecnológica para región sierra y con arrastre hidráulico es de 80 l/hab.d.

$$Q_p \left(\frac{\text{l}}{\text{día}} \right) = \text{Dotación} \left(\frac{\text{l}}{\text{hab}} * \text{día} \right) \times P(\text{hab})$$

$$Q_p \left(\frac{\text{l}}{\text{día}} \right) = 86.2 \frac{\text{l}}{\text{hab}} * \text{día} \times 86 \text{ hab} = 7415.15 \text{ lts/día}$$

b. Consumo Máximo Diario (Q_{md})

Tabla 38. Cálculo del consumo máximo diario (m³), en un mes

RESERVORIO RETAMAMAYO							
PARÁMETRO	Consumo Semanal						
SEMANA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	7.11	7.49	7.30	6.81	7.43	7.67	7.80
2	7.48	7.79	7.00	6.96	7.58	7.70	7.87
3	7.23	7.40	7.06	6.82	7.52	7.62	7.81
4	7.46	7.41	7.21	6.82	7.49	7.72	8.06
Máximo diario	7.48	7.79	7.30	6.96	7.58	7.72	8.06
Cons. Máx Diario (Q _{md})				8.06 m ³ /día			
				8057.03 lts/día			
				0.09 lts/seg			

Se calculó el coeficiente de variación de consumo diario (K₁), se consideró la **Ecuación 3:** Caudal máximo diario.

$$Q_{md} = Q_p * K_1$$

Donde:

- Q_p : Caudal promedio diario anual (l/s)
- K_1 : Coeficiente de variación diaria

$$K_1 = \frac{0.09}{0.09} = 1$$

c. Consumo Máximo Horario (Q_{mh})

Tabla 39. Cálculo del consumo máximo horario por día (m³), en un mes.

RESERVORIO RETAMAMAYO							
PARÁMETRO	Consumo Semanal						
SEMANA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	0.59	0.76	0.65	0.59	0.71	0.74	0.70
2	0.67	0.69	0.76	0.61	0.63	0.70	0.69
3	0.63	0.69	0.69	0.65	0.69	0.73	0.74
4	0.65	0.69	0.65	0.65	0.67	0.72	0.76
Promedio por día	0.64	0.71	0.69	0.63	0.67	0.72	0.72
Cons. Máx	0.72 m ³ /hora						
Horario (Qmh)	723.07 lts/hora						
	0.20 lts/seg						

Ahora calculamos el coeficiente de variación de consumo Horario (K₂), se consideró la **Ecuación 5**: Caudal máximo Horario.

$$Q_{mh} = K_2 \times Q_p$$

Donde:

- Q_p : Caudal promedio diario anual (l/s)
- K_1 : Coeficiente de variación diaria.

$$K_2 = \frac{0.20}{0.09} = 2.2$$

A continuación, se muestra una tabla que resume los resultados obtenidos a partir de los cálculos reales realizados.

Tabla 40. Resultados caudales reales medidos Sector Retamamayo

S.A.P. RETAMAMAYO			
Qp(l/día)	Qp(l/seg)	Qmd (l/seg)	Qmh(l/seg)
7415.15	0.09	0.09	0.20

Tabla 41. Resultados de dotación y coeficientes de variaciones reales Sector Retamamayo

Dot (l/hab*día)	K1	K2
86.22	1.0	2.2

El coeficiente k_1 establecido por el MVCS es de 1.3. Al compararlo con el valor obtenido mediante los datos reales, se observa que la variación diaria del consumo en el sector Capellanía Chávez se ajusta a lo recomendado, lo que permite concluir que el caudal máximo diario presenta un nivel de variabilidad aceptable.

En cuanto al coeficiente k_2 , el RNE indica un rango de 1.8 a 2.5, y el MVCS sugiere usar el valor de 2.0. El valor calculado a partir de las mediciones reales fue de 2.2, lo que confirma que la variación horaria del consumo se encuentra dentro del rango esperado y próximo al valor recomendado por el MVCS.

4.2.3. DIAMAGRAMA DE MASAS DE RESERVORIO

4.2.3.1. DIAGRAMA DE MASAS RESERVORIO CAPELLANÍA CHÁVEZ

La siguiente es una tabulación de los registros horarios del agua consumida en el sector Capellanía Chávez del Caserío La Chuquita.

Tabla 42. Consumo promedio diario por hora Capellanía Chávez

CAPELLANÍA CHÁVEZ			
Hora (A.m)	Vol. Consumido.	Hora (pm)	Vol. Consumido
01:00	0	01:00	1.32
02:00	0	02:00	1.17
03:00	0	03:00	1.08
04:00	0	04:00	1.09
05:30	1.00	05:00	1.26
06:00	1.46	06:00	1.24
07:00	1.29	07:00	1.14
08:00	1.60		
09:00	1.72		
10:00	1.60		
11:00	1.35		
12:00	1.40		

Tabla 43. Tabla para cálculo de volumen de regulación

CAPELLANÍA CHÁVEZ						
RDEN	HORA	Volu. Por hora	VOLUMEN ACUMULADO (m3)	Producción promedio	Producción acumulada	RESERVORIO (m3)
1	05:30	1.00 m3	1.00 m3	1.31 m3	1.31 m3	1.00 m3
2	06:00	1.46 m3	2.46 m3	1.31 m3	2.63 m3	0.34 m3
3	07:00	1.29 m3	3.75 m3	1.31 m3	3.94 m3	3.50 m3
4	08:00	1.60 m3	5.35 m3	1.31 m3	5.26 m3	-0.09 m3
5	09:00	1.72 m3	7.07 m3	1.31 m3	6.57 m3	-0.50 m3
6	10:00	1.60 m3	8.67 m3	1.31 m3	7.88 m3	-0.79 m3
7	11:00	1.35 m3	10.02 m3	1.31 m3	9.20 m3	-0.82 m3
8	12:00	1.40 m3	11.42 m3	1.31 m3	10.51 m3	-1.50 m3
9	13:00	1.32 m3	12.73 m3	1.31 m3	11.83 m3	-3.80 m3
10	14:00	1.17 m3	13.90 m3	1.31 m3	13.14 m3	-1.90 m3
11	15:00	1.08 m3	14.98 m3	1.31 m3	14.45 m3	-0.53 m3
12	16:00	1.09 m3	16.07 m3	1.31 m3	15.77 m3	-0.30 m3
13	17:00	1.26 m3	17.33 m3	1.31 m3	17.08 m3	-0.25 m3
14	18:00	1.24 m3	18.57 m3	1.31 m3	18.40 m3	-0.18 m3
15	19:00	1.14 m3	19.71 m3	1.31 m3	19.71 m3	0.00 m3

- Con un volumen acumulado final tenemos: 19.71 m3
- Producción Promedio por hora: 1.52 m3

Obtenemos la producción acumulada:

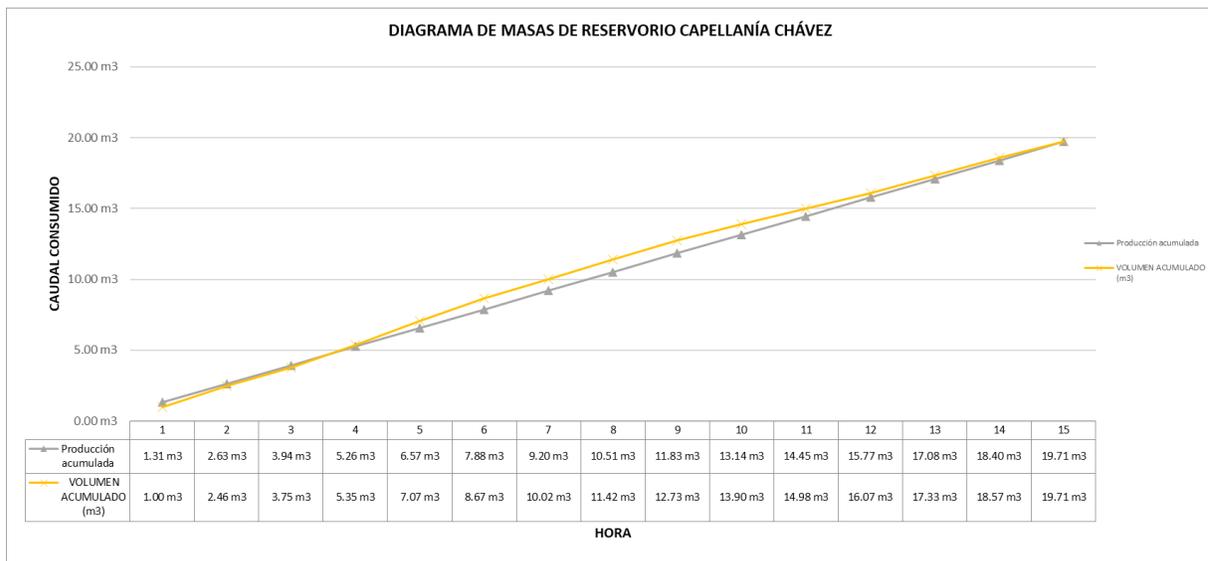
Ecuación 35. Volumen de regulación

Volumen de regulación = Volumen acumulado – Producción Acumulada

Volumen de regulación = 3.5 m3 – (-3.8) m3

Volumen de regulación = 7.03 m3

Figura 86. Diagrama de Masas de reservorio Capellanía Chávez



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

Las diferencias máximas la curva de masas y la línea de producción, vienen a ser los segmentos máximos, las cuales ocurre a las 7.00 am y 01:00 pm; donde se obtiene 0.28 m³ y -0.77 m³ respectivamente. Sumando esos segmentos obtenemos el Volumen de Regulación.

4.2.3.2. DIAGRAMA DE MASAS RESERVORIO RETAMAMAYO

La siguiente es una tabulación de los registros horarios del agua consumida en el sector Retamamayo del Caserío La Chuquita.

Tabla 44. Tabla para cálculo de volumen de regulación

CAPELLANÍA CHÁVEZ			
Hora (A.m)	Vol. Consumido.	Hora (pm)	Vol. Consumido
01:00	0	01:00	0.57
02:00	0	02:00	0.56
03:00	0	03:00	0.50
04:00	0	04:00	0.54
05:30	0.34	05:00	0.59
06:00	0.54	06:00	0.54
07:00	0.54	07:00	0.54
08:00	0.72		
09:00	0.70		
10:00	0.73		
11:00	0.66		
12:00	0.70		

Tabla 45. Tabla para cálculo de volumen de regulación

ORDEN	HORA	Volu. Por hora	VOLUMEN ACUMULADO (m3)	Producción promedio	Producción acumulada	RESERVORIO (m3)
1	05:30	0.34 m3	0.34 m3	0.58 m3	0.58 m3	0.24 m3
2	06:00	0.54 m3	0.89 m3	0.58 m3	1.17 m3	1.12 m3
3	07:00	0.54 m3	1.42 m3	0.58 m3	1.75 m3	1.58 m3
4	08:00	0.72 m3	2.14 m3	0.58 m3	2.34 m3	0.19 m3
5	09:00	0.70 m3	2.84 m3	0.58 m3	2.92 m3	0.56 m3
6	10:00	0.73 m3	3.57 m3	0.58 m3	3.50 m3	-0.06 m3
7	11:00	0.66 m3	4.22 m3	0.58 m3	4.09 m3	-0.13 m3
8	12:00	0.70 m3	4.92 m3	0.58 m3	4.67 m3	-1.95 m3
9	13:00	0.57 m3	5.49 m3	0.58 m3	5.26 m3	-0.17 m3
10	14:00	0.56 m3	6.05 m3	0.58 m3	5.84 m3	-0.15 m3
11	15:00	0.50 m3	6.55 m3	0.58 m3	6.42 m3	-0.25 m3
12	16:00	0.54 m3	7.09 m3	0.58 m3	7.01 m3	-0.08 m3
13	17:00	0.59 m3	7.68 m3	0.58 m3	7.59 m3	-0.50 m3
14	18:00	0.54 m3	8.22 m3	0.58 m3	8.18 m3	-0.67 m3
15	19:00	0.54 m3	8.76 m3	0.58 m3	8.76 m3	0.00 m3

- Con un volumen acumulado final tenemos: 8.76 m³
- Producción Promedio por hora: 0.58 m³

Obtenemos la producción acumulada:

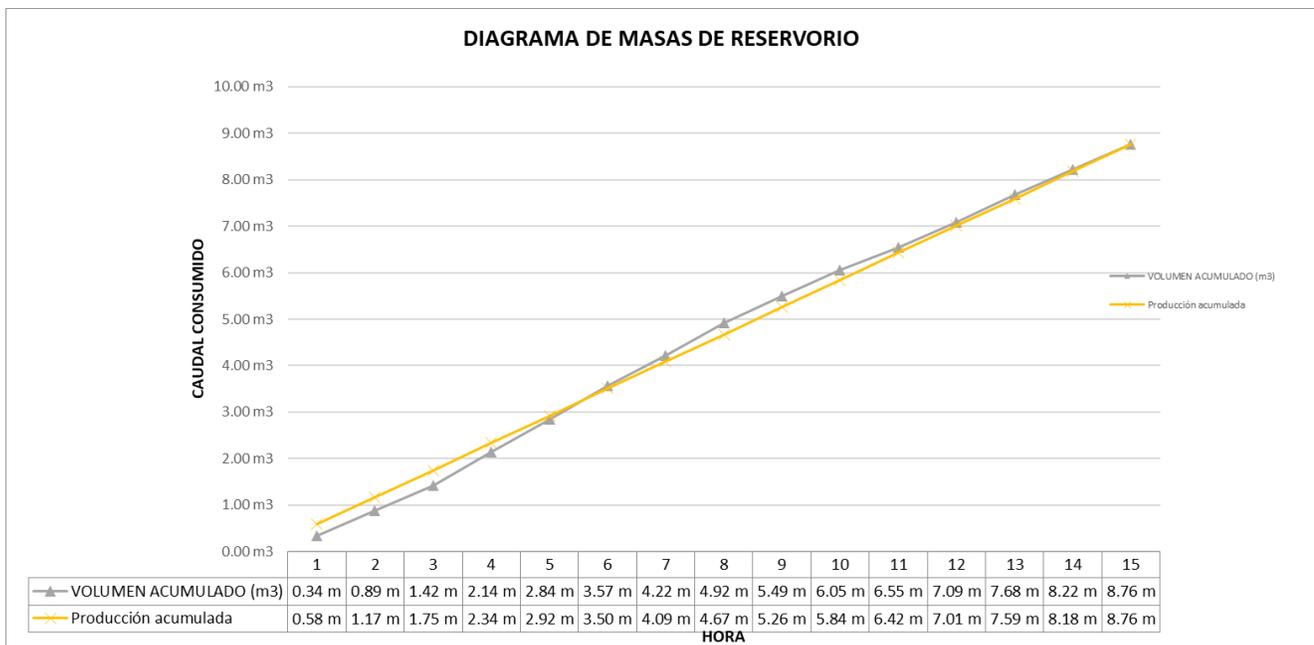
Ecuación 36. Volumen de regulación

$$\text{Volumen de regulación} = \text{Volumen acumulado} - \text{Producción Acumulada}$$

$$\text{Volumen de regulación} = 1.58 \text{ m}^3 - (-1.95 \text{ m}^3)$$

$$\text{Volumen de regulación} = 3.53 \text{ m}^3$$

Figura 87. Diagrama de masas



4.2.4. Evaluación del Reservorio

Se evaluó los reservorios de ambos sectores:

I. SECTOR CAPELLANÍA CHÁVEZ

A. Volumen del reservorio

El reservorio tiene una capacidad total de 10 m³. Según la normativa, el volumen de almacenamiento debe representar al menos el 25% de la demanda diaria promedio anual (Q_p) si la fuente de agua es continua. En caso de suministro intermitente, dicha capacidad debe aumentar como mínimo al 30% de Q_p. Para este análisis se aplicará la fórmula correspondiente:

Ecuación 37. Volumen de almacenamiento

$$V = 25\% \times Q_p$$

El valor de Q_p. Ver **Tabla 36**.

$$V = 25\% \times 17571.99 \text{ lts/día}$$

$$V = 5.30 \text{ lts}$$

$$V = 10.00 \text{ lts}$$

Al comparar el volumen calculado con el volumen actual, se observa una diferencia de 5.3 m³. Siguiendo el criterio de diseño, se optará por redimensionar el volumen al valor superior más cercano, es decir, 10 m³.

Calidad del concreto usado:

Con el propósito de estimar la resistencia del concreto en la estructura del reservorio, se utilizó un esclerómetro. Este ensayo consiste en registrar el índice de rebote generado sobre la superficie del concreto, el cual, al ser interpretado mediante el ábaco correspondiente del equipo, permite determinar de manera aproximada la resistencia a compresión del muro de concreto armado, de acuerdo con los lineamientos establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 339.181 (2016). Cabe precisar que la prueba se realizó únicamente en el muro del reservorio, sin retirar el revestimiento, bajo autorización otorgada para el día 12 de diciembre

de 2024, en el horario de 3:00 p.m. a 4:00 p.m. Ver **Fotografía 32**. Ensayo de Esclerometría S.A.P. CAPELLANÍA CHÁVEZ y **ANEXO 5. RESULTADOS ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA SECTOR CAPELLANÍA CHÁVEZ**.

II. SECTOR RETAMAMAYO

B. Volumen del reservorio

El reservorio tiene un volumen total de 5 m³. Según la normativa, la capacidad de almacenamiento debe representar al menos el 25% de la demanda diaria promedio anual (Q_p) si la fuente de agua proporciona un suministro continuo. En caso de un suministro intermitente, el volumen mínimo requerido se incrementa al 30% de Q_p. Para este análisis, se aplicará la fórmula correspondiente según el tipo de suministro evaluado:

Ecuación 38. Volumen de almacenamiento

$$V = 25\% \times Q_p$$

El valor de Q_p. Ver

$$V = 25\% \times 7415.15 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$V = 1.83 \text{ m}^3$$

Al comparar el volumen calculado con el volumen actual, se observa una diferencia de 1.83 m³. Siguiendo el criterio de diseño, se optará por redimensionar el volumen al valor superior más cercano, es decir, 5 m³.

Calidad del concreto usado:

El reservorio cuenta con un volumen total de 5 m³. De acuerdo con la normativa vigente, este volumen debe representar al menos el 25% de la demanda diaria promedio anual (Q_p) si el suministro de agua es continuo. En caso de tratarse de un suministro no permanente, la capacidad mínima requerida se eleva al 30% de Q_p. En este análisis se aplicará la fórmula correspondiente, en función del tipo de suministro identificado. Ver **Fotografía 33**. Ensayo

4.2.5. Evaluación de la red de aducción

Se realizó esta evaluación para ambos sectores:

I. SECTOR CAPELLANÍA

Para el cálculo del diámetro adecuado de la tubería se consideró un caudal máximo horario (Q_{mh}) de 0.47 L/s, valor que representa la condición de mayor exigencia hidráulica en el sistema. Ver **Tabla 35.** Cálculo del consumo máximo horario por día (m³), en un mes.

Ahora calculamos por la máxima velocidad de 3 m/s, se consideró la **Ecuación 22.** Cálculo de diámetro mínimo de Línea de Aducción.

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

Donde:

- ✓ Q: Caudal en m³/s
- ✓ V: Velocidad en m/s

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00047 \text{ m}^3/s}{\pi \times 3 \text{ m/s}}}$$

$$D_{min} = 0.014m$$

$$D_{min} = 1.14 \text{ cm} \approx 1/2''$$

Ahora calculamos por la mínima velocidad de 0.6 m/s.

$$D_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

Donde:

- ✓ Q: Caudal en m³/s
- ✓ V: Velocidad en m/s

$$D_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00047 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 0.6 \text{ m/s}}}$$

$$D_{m\acute{a}x} = 0.031\text{m}$$

$$D_{m\acute{a}x} = 3.1 \text{ cm} \approx 1 \frac{1}{2}''$$

El diámetro que cumple es:

$$1/2'' \leq D \leq 1 \frac{1}{2}''$$

En campo, la dimensión del diámetro de la tubería es de 1 ½". Por lo tanto, se encuentra en el rango de diámetros aceptables y con un correcto diseño hidráulico.

Verificamos si la velocidad si está dentro del rango de 0.6 m/s – 3 m/s

$$V(\text{m/s}) = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}}$$

$$V(\text{m/s}) = \sqrt{\frac{4 \times 0.00047 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times (0.0381 \text{ m})^2}}$$

$$V\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = 0.642 \text{ m/s}$$

La velocidad de la tubería de aducción es la permisible.

II. SECTOR RETAMAMAYO

Para calcular el adecuado diámetro de tubería se considera el caudal máximo horario (Qmh) de 0.47 l/s. Ver **Tabla 39**. Cálculo del consumo máximo horario por día (m³), en un mes.

Ahora calculamos par la máxima velocidad de 3 m/s, se consideró la **Ecuación 22**. Cálculo de diámetro mínimo de Línea de Aducción.

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

Donde:

- ✓ Q: Caudal en m^3/s
- ✓ V: Velocidad en m/s

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00020 \text{ m}^3/s}{\pi \times 3 \text{ m/s}}}$$

$$D_{min} = 0.00921m$$

$$D_{min} = 0.92 \text{ cm} \approx 1/2''$$

Ahora calculamos par la mínima velocidad de 0.6 m/s.

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

Donde:

- ✓ Q: Caudal en m^3/s
- ✓ V: Velocidad en m/s

$$D_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00020 \text{ m}^3/s}{\pi \times 0.6 \text{ m/s}}}$$

$$D_{m\acute{a}x} = 0.0206m$$

$$D_{m\acute{a}x} = 2.1 \text{ cm} \approx 1''$$

El diámetro que cumple es:

$$\frac{1}{2}'' \leq D \leq 1''$$

En campo, se ha encontrado un diámetro de la tubería es de 1". Por lo tanto, se encuentra en el rango de diámetros aceptables y con un correcto diseño hidráulico.

Verificamos si la velocidad si está dentro del rango de 0.6 m/s – 3 m/s

$$V(m/s) = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}}$$

$$V(m/s) = \sqrt{\frac{4 \times 0.00020 \text{ m}^3/s}{\pi \times 0.0254^2}}$$

$$V(m/s) = 0.62 \text{ m/s}$$

La velocidad de la tubería de aducción es la permisible.

4.2.6. Evaluación hidráulica de las Captaciones

4.2.5.1. SECTOR CAPELLANÍA CHÁVEZ

a. Captación “Pozo de la Vega 01”

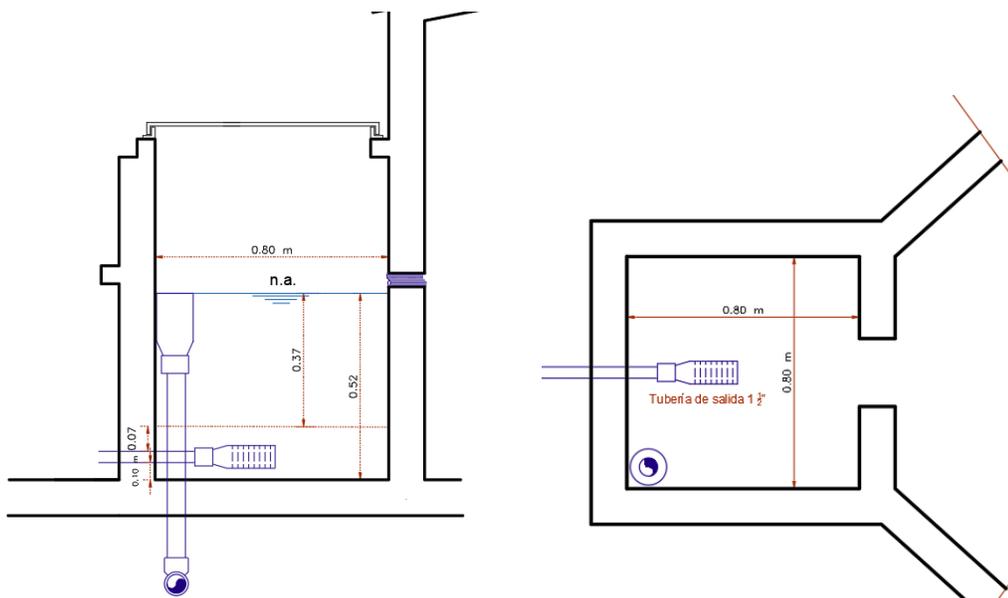
Esta captación sirve de afluente para la captación “Pozo de la Vega 02”, por lo que no hemos aforado esta captación.

b. Captación “Pozo de la Vega 02”

El aforo se realizó calculando el tiempo en el que el nivel del agua llega al rebose de la cámara húmeda.

Primero se halló el volumen de regulación de la captación.

Figura 88. Medidas de la cámara húmeda de la Captación “Pozo de la vega 2”



$$Vol_{cap} = Largo \times Ancho \times Altura \text{ de regulación}$$

$$Vol_{cap} = 0.8m \times 0.8m \times 0.37 m$$

$$Vol_{cap} = 0.23 m^3$$

$$Vol_{cap} = 236 \text{ lts}$$

Tabla 46. Aforo Volumétrico de Captación Pozo de la Vega 02

CAPTACIÓN POZO DE LA VEGA 02 - Sector Capellanía Chávez				
Altura rebose	0.52 m	Alt. Operativa mínima	0.15 m	
N° Aforo	Altura de consumo	Volumen m3	Tiempo (seg)	Caudal m3/h
1°	0.17 m	0.106 m3	630 s	0.60 m3/hora
2°	0.32 m	0.205 m3	1290 s	0.57 m3/hora
3°	0.21 m	0.134 m3	870 s	0.56 m3/hora
4°	0.27 m	0.173 m3	1100 s	0.57 m3/hora
5°	0.21 m	0.134 m3	930 s	0.52 m3/hora
PROMEDIO				0.56 m3/hora

Según nuestro aforo volumétrico de la captación “Pozo de la vega 02” el caudal es 0.56 m3/h.

Caudal certificado: 0.35 l/s Resolución Directoral N° 096- 2013-ANA-AAA-M. **ANEXO 2.**
Resolución Directoral de Caudal Manantial Capellanía.

Según lo establecido por el MVCS, el volumen de la cámara húmeda en una captación de manantial debe calcularse tomando como referencia un tiempo de retención de entre 3 y 5 minutos, en función del caudal medio diario (Qmd). En este caso, se consideró un tiempo de retención de 3 minutos para estimar el volumen mínimo requerido, será:

Ecuación 39. Cálculo de volumen de regulación de Captación

$$V = Q_{md} \left(\frac{l}{s} \right) \times t(s)$$

$$V = 0.22 \left(\frac{l}{s} \right) \times 3 \times 60s$$

$$V = 39.6 \text{ lts}$$

Y, volumen máximo de llenado se da en el tiempo de retención de 5 min.

$$V = 0.22 \left(\frac{l}{s} \right) \times 5 \times 60s$$

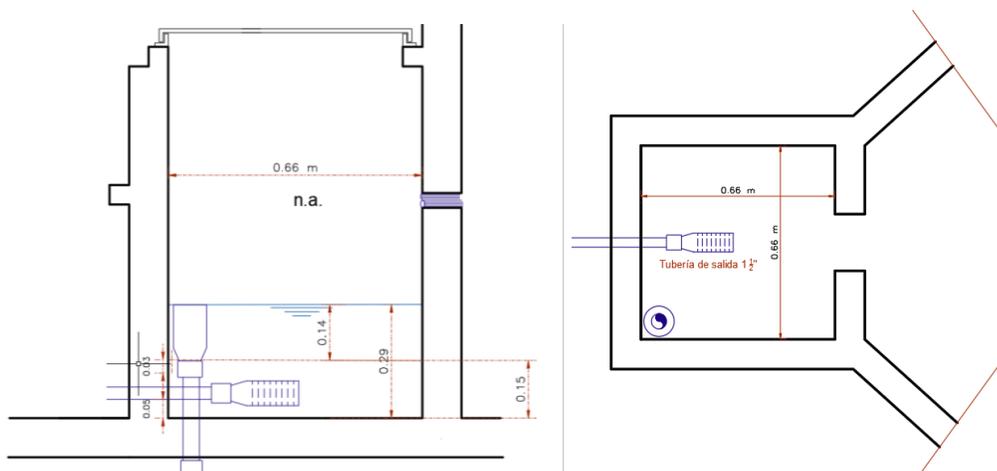
$$V = 66 \text{ lts}$$

En campo se verificó que el volumen de regulación de la captación es de 236 lts con una altura mínima operativa de 0.15m y una altura de rebose de 0.52 m.

4.2.5.2. SECTOR RETAMAMAYO

El aforo se realizó calculando el tiempo en el que el nivel del agua llega al rebose de la cámara húmeda.

Figura 89. Medidas de la cámara húmeda de la Captación “ Retamamayo”



Fuente: Elaboración propia

Primero se halló el volumen de regulación de la captación.

$$Vol_{cap} = Largo \times Ancho \times Altura \text{ de regulación}$$

$$Vol_{cap} = 0.66m \times 0.66m \times 0.14 m$$

$$Vol_{cap} = 0.060984 m^3$$

$$Vol_{cap} = 60 \text{ lts}$$

Tabla 47. Aforo Volumétrico de Captación Retamamayo

CAPTACIÓN Retamamayo - Sector Retamamayo				
Altura rebose	0.29 m	Alt. Operativa mínima	0.15 m	
N° Aforo	Altura de consumo	Volumen m3	Tiempo (seg)	Caudal m3/h
1°	0.11 m	0.048 m3	690 s	0.25 m3/hora
2°	0.14 m	0.061 m3	810 s	0.27 m3/hora
3°	0.13 m	0.057 m3	930 s	0.22 m3/hora
4°	0.14 m	0.061 m3	920 s	0.24 m3/hora
5°	0.12 m	0.052 m3	870 s	0.22 m3/hora
PROMEDIO				0.24 m3/hora

Según nuestro aforo volumétrico de la captación “Retamamayo” el caudal es 0.24 m3/h.

Caudal certificado: 0.30 l/s Resolución Directoral N° 096- 2013-ANA-AAA-M. ANEXO 3.

4.2.7. Evaluación Hidráulica de la línea de conducción

La determinación del diámetro de las tuberías se basa en los rangos de velocidad permitidos por el MVCS, los cuales especifican un mínimo de 0.60 m/s y un máximo de 3.00 m/s. En situaciones justificadas técnicamente, es posible admitir velocidades de hasta 5.00 m/s.

Se evaluó la línea de conducción de ambos sectores:

I. Sector Capellanía Chávez

Para calcular los diámetros de tuberías en función de los caudales o flujos volumétricos, se aplica el principio de continuidad en tuberías y se utilizó la **Ecuación 13**: Ecuación de continuidad.

$$Q \left(m^3/s \right) = V(m/s) \times A(m^2)$$

Donde:

- ✓ Q: Caudal en m^3/s
- ✓ V: Velocidad en m/s

Por otro lado, conocemos que el área de una sección circular es:

$$A(m^2) = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Donde:

- ✓ A: Área de sección circular (m^2)
- ✓ D: Diámetro de la tubería (m)
- ✓ Π : 3.1416

En este caso, se conocen el caudal (Q) y las velocidades máxima y mínima. Al sustituir en las fórmulas previas y despejar el diámetro "D", obtenemos:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

El diámetro mínimo se deberá calcular, considerando la velocidad máximo admisible de 3 m/s y el QMD diario real de la **Tabla 36**. Resultados caudales reales medidos Sector Capellanía Chávez, se obtiene:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00022 \text{ m}^3/s}{\pi \times 3 \text{ m/s}}}$$

$$D = 0.009662 \text{ m} = 0.97 \text{ cm} = 1 \text{ cm} = 0.38''$$

Para calcular el diámetro máx, se considera la velocidad mín permitida de 0.6 m/s junto con el caudal máximo diario real de la **Tabla 36**. Resultados caudales reales medidos Sector Capellanía Chávez, resultando en:

$$D_{max} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00022 \text{ m}^3/s}{\pi \times 0.6 \text{ m/s}}}$$

$$D = 0.0216 \text{ m} = 2.16 \text{ cm} = 0.85''$$

Durante el diseño se obtuvo un intervalo de diámetros adecuados para el sistema, comprendido entre 0.38” y 0.85”. Sin embargo, en la inspección de campo se identificó que el diámetro instalado es de 1 ½”, lo cual excede dicho rango. Esto evidencia una deficiencia en el diseño hidráulico de la línea de conducción proveniente de las captaciones de manantiales.

II. Sector Retamamayo

Para calcular los diámetros de tuberías en función de los caudales o flujos volumétricos, se aplica el principio de continuidad en tuberías y se utilizó la **Ecuación 13**: Ecuación de continuidad.

$$Q \left(m^3/s \right) = V(m/s) \times A(m^2)$$

Donde:

- ✓ Q: Caudal en m^3/s
- ✓ V: Velocidad en m/s

Por otro lado, conocemos que el área de una sección circular es:

$$A(m^2) = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Donde:

- ✓ A: Área de sección circular (m^2)
- ✓ D: Diámetro de la tubería (m)
- ✓ π : 3.1416

En este caso, se conocen el caudal (Q) y las velocidades máxima y mínima. Al sustituir en las fórmulas previas y despejar el diámetro "D", obtenemos:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

El diámetro mínimo se calculará, considerando la velocidad máximo admisible de 3 m/s y el caudal máximo diario real de la **Tabla 40**. Resultados caudales reales medidos Sector Retamamayo, se obtiene:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00009 m^3/s}{\pi \times 3 m/s}}$$

$$D = 0.0063 m = 0.63 cm = 0.24''$$

Para calcular el diámetro máximo, se considera la velocidad mínima permitida de 0.6 m/s junto con el caudal máximo diario real de la Tabla 36. Resultados caudales reales medidos Sector Capellanía Chávez, resultando en:

$$D_{max} = \sqrt{\frac{4 \times 0.00009 m^3/s}{\pi \times 0.6 m/s}}$$

$$D = 0.0141 m = 1.41 cm = 0.5538''$$

Al diseñar la tubería, obtenemos un rango de diámetros los cuales cumplirían con el correcto diseño del sistema. $0.24'' \leq D \leq 0.55''$.

En el sitio, se determinó que el diámetro de la tubería es de 1 ½ ". Esto indica que no está dentro del rango de diámetros aceptables, lo que representa una deficiencia en el diseño hidráulico de la tubería que sirve a la línea de conducción desde las captaciones de los manantiales.

4.2.8. Evaluación Hidráulica de la línea de distribución

Para evaluar las líneas de distribución, se desarrolló un análisis hidráulico utilizando el software WaterCAD, simulando la red abierta para determinar las presiones dinámicas en los nodos. Estos resultados fueron contrastados con las lecturas reales de presión obtenidas en las conexiones domiciliarias más próximas a cada nodo. Esta simulación fue aplicada tanto en el sector Capellanía Chávez como en el sector Retamamayo.

Se ha considerado los parámetros de diseño como:

- El caudal máximo horario
- Los diámetros interiores de las tuberías. **Tabla 11.** Diámetros internos de tuberías PVC
- Las cotas de los nodos.
- Las presiones de servicio según el MVCS.
- Las velocidades mínimas y máximas admisibles según el MVCS

De acuerdo con los criterios técnicos del MVCS (2018), las condiciones mínimas y máximas de presión en los sistemas de distribución deben cumplir con los siguientes requisitos:

- La presión mínima de servicio en cualquier punto de la red no debe ser inferior a 5 metros de columna de agua (m.c.a.).
- La presión estática no debe exceder los 60 m.c.a.
- En cuanto a las líneas de aducción, se especifica que la carga estática no debe superar los 50 m.c.a. y la carga dinámica debe mantenerse igual o superior a 1 metro.

Cabe señalar que el sistema de abastecimiento de agua potable en estudio se divide en dos redes independientes, correspondientes a los sectores de Capellanía Chávez y Retamamayo, los cuales fueron evaluados individualmente en el marco de esta investigación.

I. Sistema Capellanía Chávez

A. Medida de presiones en las conexiones domiciliarias

Existen 91 nodos en la red de distribución abierta, de modo que se midió las presiones domiciliarias más cercana a cada nodo.

Figura 90. Distribución S.A.P. Capellanía Chávez

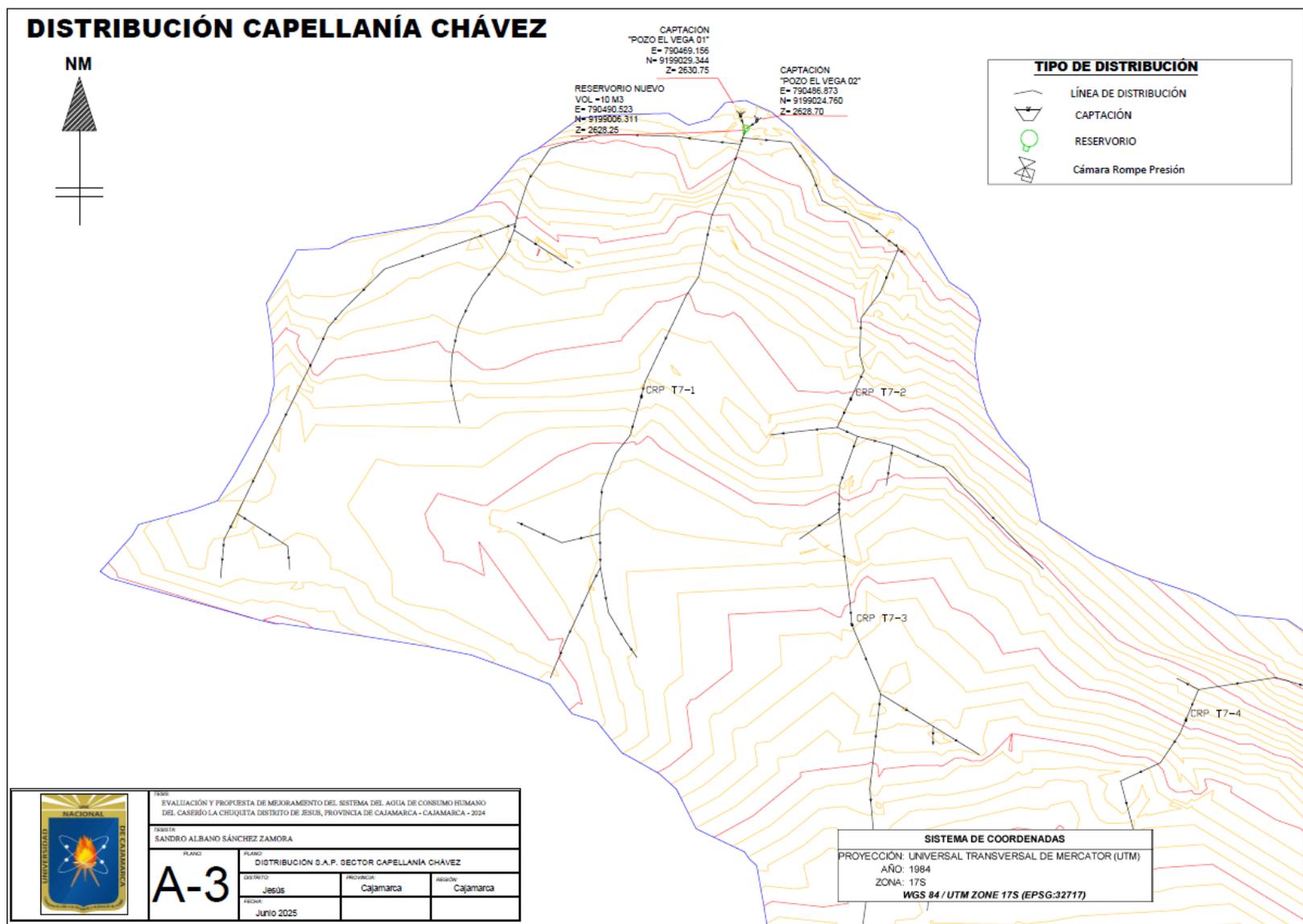


Figura 91. NODOS S.A.P. Capellanía Chávez

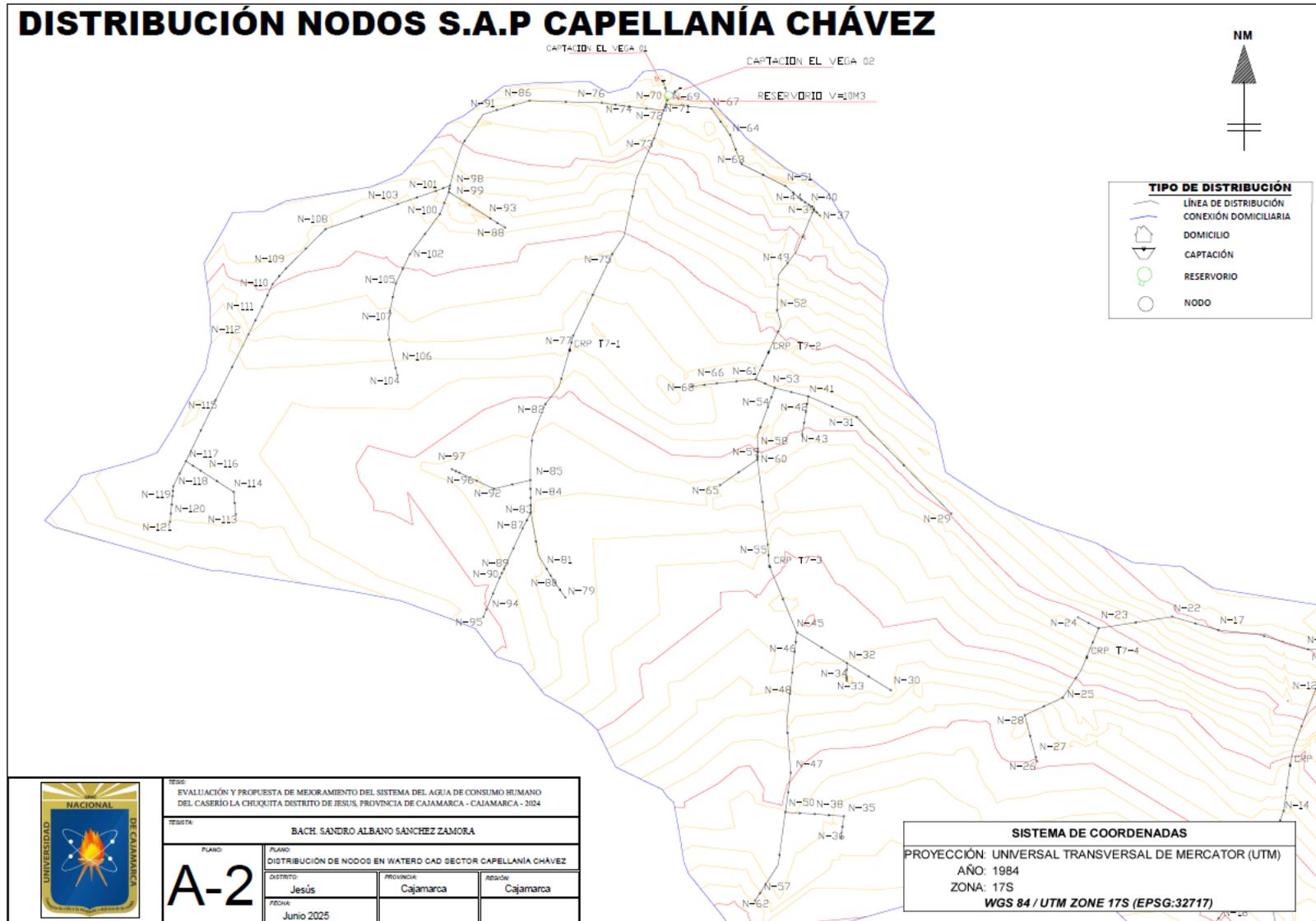


Figura 92. Distribución de casas y puntos de agua S.A.P. Capellanía Chávez

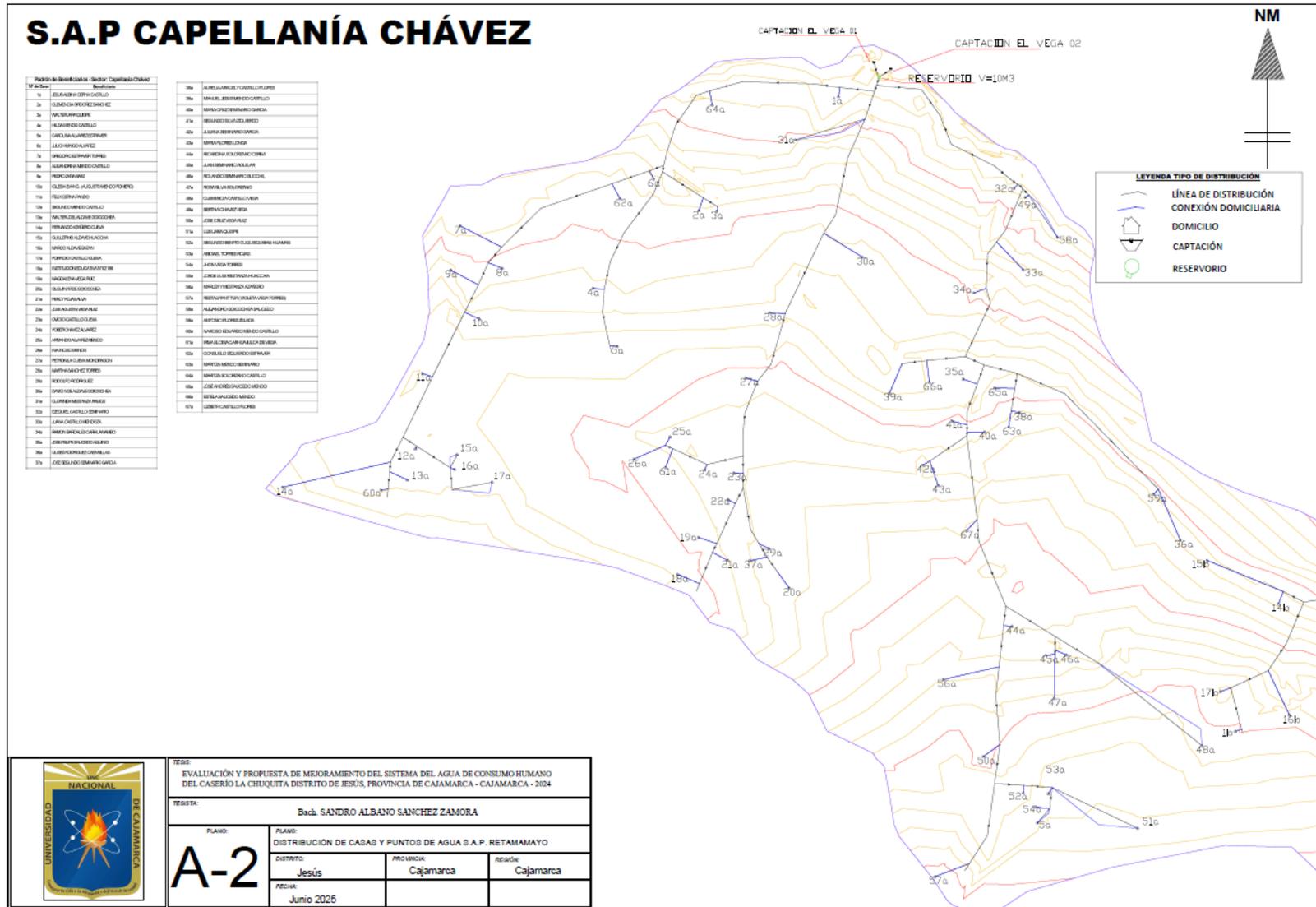
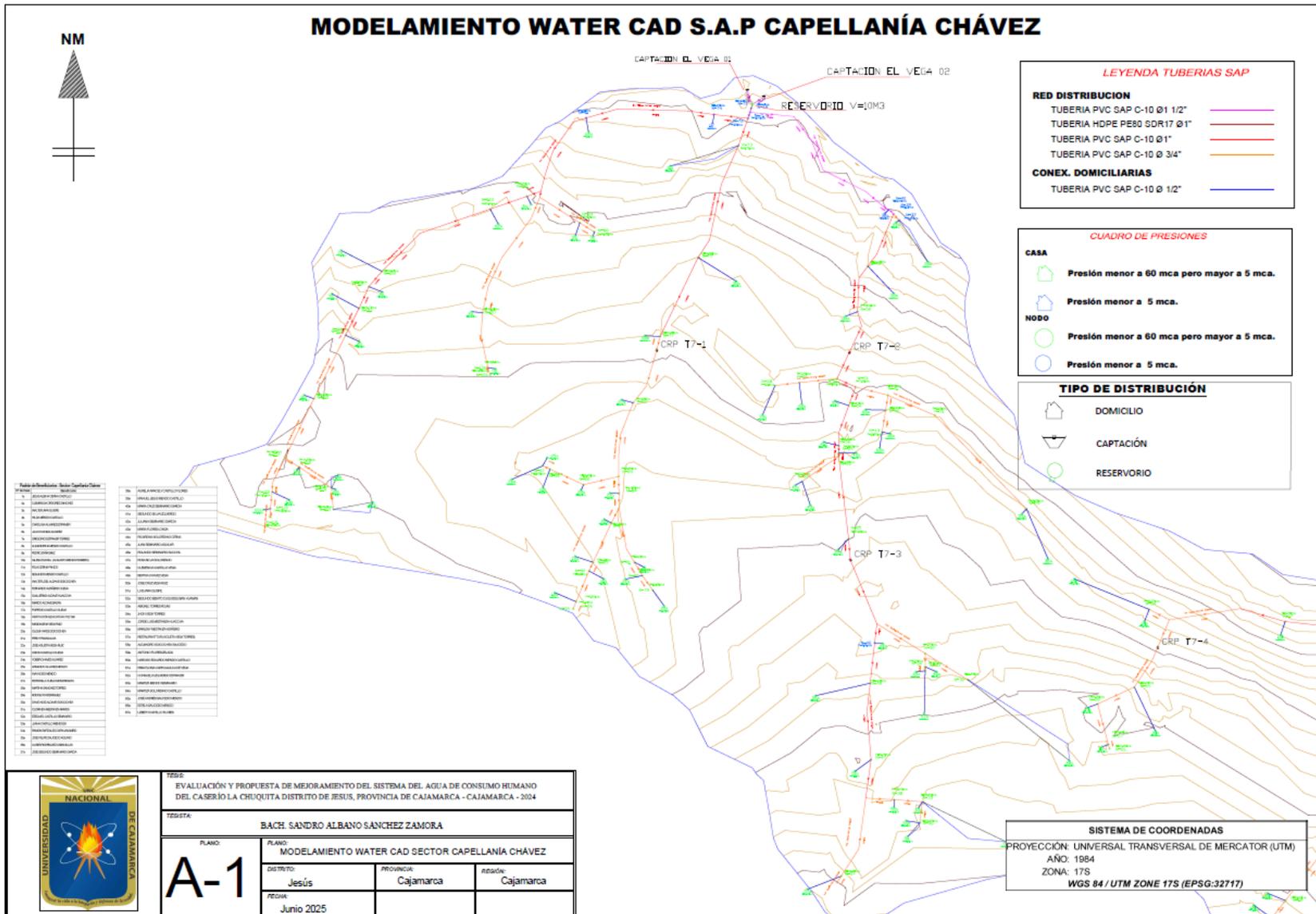


Figura 93. Modelamiento Water-Cad el sector Capellanía Chávez

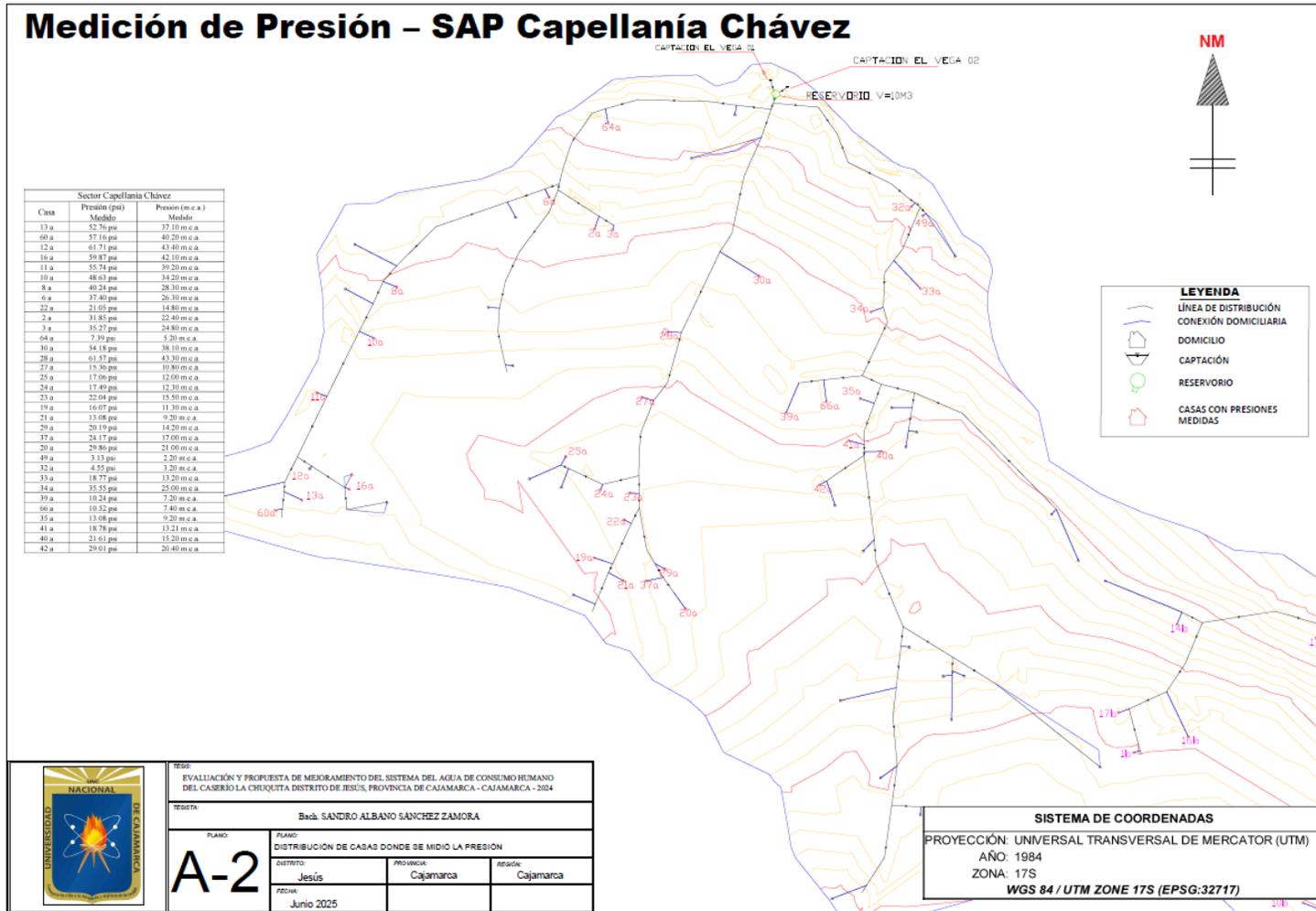


La medición de las presiones en las conexiones domiciliarias se realizaron en el día de máximo consumo (Domingo 12/11/2024 , 11 p.m. – 3:00 p.m.) y se detallan en la **Tabla 48. Presiones medidas en Campo**

Tabla 48. Presiones medidas en Campo Sector Capellanía Chávez

Sector Capellanía Chávez			
Casa	Presión (psi) Medido	Presión (m.c.a.) Medido	
13 a	52.76 psi	37.10 m.c.a.	ACCEPTABLE
60 a	57.16 psi	40.20 m.c.a.	ACCEPTABLE
12 a	61.71 psi	43.40 m.c.a.	ACCEPTABLE
16 a	59.87 psi	42.10 m.c.a.	ACCEPTABLE
11 a	55.74 psi	39.20 m.c.a.	ACCEPTABLE
10 a	48.63 psi	34.20 m.c.a.	ACCEPTABLE
8 a	40.24 psi	28.30 m.c.a.	ACCEPTABLE
6 a	37.40 psi	26.30 m.c.a.	ACCEPTABLE
22 a	21.05 psi	14.80 m.c.a.	ACCEPTABLE
2 a	31.85 psi	22.40 m.c.a.	ACCEPTABLE
3 a	35.27 psi	24.80 m.c.a.	ACCEPTABLE
64 a	7.39 psi	5.20 m.c.a.	ACCEPTABLE
30 a	54.18 psi	38.10 m.c.a.	ACCEPTABLE
28 a	61.57 psi	43.30 m.c.a.	ACCEPTABLE
27 a	15.36 psi	10.80 m.c.a.	ACCEPTABLE
25 a	17.06 psi	12.00 m.c.a.	ACCEPTABLE
24 a	17.49 psi	12.30 m.c.a.	ACCEPTABLE
23 a	22.04 psi	15.50 m.c.a.	ACCEPTABLE
19 a	16.07 psi	11.30 m.c.a.	ACCEPTABLE
21 a	13.08 psi	9.20 m.c.a.	ACCEPTABLE
29 a	20.19 psi	14.20 m.c.a.	ACCEPTABLE
37 a	24.17 psi	17.00 m.c.a.	ACCEPTABLE
20 a	29.86 psi	21.00 m.c.a.	ACCEPTABLE
49 a	3.13 psi	2.20 m.c.a.	NO ACCEPTABLE
32 a	4.55 psi	3.20 m.c.a.	NO ACCEPTABLE
33 a	18.77 psi	13.20 m.c.a.	ACCEPTABLE
34 a	35.55 psi	25.00 m.c.a.	ACCEPTABLE
39 a	10.24 psi	7.20 m.c.a.	ACCEPTABLE
66 a	10.52 psi	7.40 m.c.a.	ACCEPTABLE
35 a	13.08 psi	9.20 m.c.a.	ACCEPTABLE
41 a	18.78 psi	13.21 m.c.a.	ACCEPTABLE
40 a	21.61 psi	15.20 m.c.a.	ACCEPTABLE
42 a	29.01 psi	20.40 m.c.a.	ACCEPTABLE

Figura 94. Plano de casas donde se midió presión



B. Modelamiento Hidráulico en Water-cad de la Red de Distribución

El modelamiento hidráulico permite simular el comportamiento del flujo y presión en nuestra red de distribución, proporcionando información clave para evaluar su eficiencia y rendimiento.

Ecuación 40. Ecuación Darcy Weisbach

$$h_f = f \frac{LV^2}{D2g}$$

Donde:

- f: Coeficiente de pérdidas
L: Longitud de la tubería (m)
- V: Velocidad media del flujo (m/s)
D: Diámetro de la Tubería (m)
- Hf: Pérdida de energía por fricción
g: Aceleración de la gravedad.

Tabla 49. Presiones modeladas en Water Cad de la red de distribución Capellanía Chávez

Nodo	Presión (m.c.a.)
N-29	13.21 m.c.a.
N-30	9.56 m.c.a.
N-31	9.83 m.c.a.
N-32	5.51 m.c.a.
N-33	5.10 m.c.a.
N-34	4.65 m.c.a.
N-35	29.46 m.c.a.
N-36	30.31 m.c.a.
N-37	0.76 m.c.a.
N-38	25.83 m.c.a.
N-39	0.59 m.c.a.
N-40	0.56 m.c.a.
N-41	8.57 m.c.a.
N-42	11.40 m.c.a.
N-43	14.89 m.c.a.
N-44	0.50 m.c.a.
N-45	3.96 m.c.a.
N-46	2.89 m.c.a.
N-47	19.62 m.c.a.
N-48	9.96 m.c.a.
N-49	11.46 m.c.a.
N-50	25.91 m.c.a.
N-51	0.35 m.c.a.

N-52	24.48 m.c.a.
N-53	6.34 m.c.a.
N-54	8.06 m.c.a.
N-55	25.38 m.c.a.
N-57	33.38 m.c.a.
N-58	11.84 m.c.a.
N-59	14.15 m.c.a.
N-60	14.60 m.c.a.
N-61	6.29 m.c.a.
N-62	36.45 m.c.a.
N-63	0.32 m.c.a.
N-64	0.32 m.c.a.
N-65	19.42 m.c.a.
N-66	6.84 m.c.a.
N-67	0.31 m.c.a.
N-68	5.61 m.c.a.
N-72	0.85 m.c.a.
N-73	8.61 m.c.a.
N-74	0.96 m.c.a.
N-75	36.08 m.c.a.
N-76	1.49 m.c.a.
N-77	41.87 m.c.a.
N-79	17.82 m.c.a.
N-80	16.07 m.c.a.
N-81	15.43 m.c.a.
N-82	9.31 m.c.a.
N-83	14.26 m.c.a.
N-84	14.34 m.c.a.
N-85	13.37 m.c.a.
N-86	2.78 m.c.a.
N-87	13.72 m.c.a.
N-88	24.14 m.c.a.
N-89	10.52 m.c.a.
N-90	9.39 m.c.a.
N-91	3.47 m.c.a.
N-92	11.84 m.c.a.
N-93	21.80 m.c.a.
N-94	5.23 m.c.a.
N-95	4.58 m.c.a.
N-96	10.99 m.c.a.
N-97	10.98 m.c.a.
N-98	19.31 m.c.a.
N-99	20.65 m.c.a.
N-100	27.86 m.c.a.
N-101	22.08 m.c.a.
N-102	30.53 m.c.a.
N-103	26.28 m.c.a.
N-104	42.11 m.c.a.
N-105	32.28 m.c.a.
N-106	41.14 m.c.a.
N-107	33.79 m.c.a.

N-108	26.33 m.c.a.
N-109	26.36 m.c.a.
N-110	27.43 m.c.a.
N-111	30.85 m.c.a.
N-112	37.85 m.c.a.
N-113	38.61 m.c.a.
N-114	40.22 m.c.a.
N-115	43.03 m.c.a.
N-116	40.53 m.c.a.
N-117	40.67 m.c.a.
N-118	40.59 m.c.a.
N-119	40.18 m.c.a.
N-120	39.48 m.c.a.
N-121	39.13 m.c.a.

A continuación, se resumen los resultados en la **Tabla 50** Se realiza una comparación entre las presiones obtenidas mediante cálculo y las registradas directamente en las conexiones domiciliarias.

Tabla 50. Comparación de presiones dinámicas en Water- Cad y medidos en campo

Sector Capellanía Chávez				
Casa	Nodo más cercano	Presión (m.c.a.) Water Cad	Presión (m.c.a.) Medido	Condición
13 a	N-119	40.18 m.c.a.	37.10 m.c.a.	ACEPTABLE
60 a	N-120	39.48 m.c.a.	40.20 m.c.a.	ACEPTABLE
12 a	N-116	40.53 m.c.a.	43.40 m.c.a.	ACEPTABLE
16 a	N-114	40.22 m.c.a.	42.10 m.c.a.	ACEPTABLE
11 a	N-115	43.03 m.c.a.	39.20 m.c.a.	ACEPTABLE
10 a	N-112	37.85 m.c.a.	34.20 m.c.a.	ACEPTABLE
8 a	N-110	27.43 m.c.a.	28.30 m.c.a.	ACEPTABLE
6 a	N-101	22.08 m.c.a.	26.30 m.c.a.	ACEPTABLE
22 a	N-87	13.72 m.c.a.	14.80 m.c.a.	ACEPTABLE
2 a	N-93	21.80 m.c.a.	22.40 m.c.a.	ACEPTABLE
3 a	N-88	24.14 m.c.a.	24.80 m.c.a.	ACEPTABLE
64 a	N-91	3.47 m.c.a.	5.20 m.c.a.	ACEPTABLE
30 a	N-75	36.08 m.c.a.	38.10 m.c.a.	ACEPTABLE
28 a	N-77	41.87 m.c.a.	43.30 m.c.a.	ACEPTABLE
27 a	N-82	9.31 m.c.a.	10.80 m.c.a.	ACEPTABLE
25 a	N-97	10.98 m.c.a.	12.00 m.c.a.	ACEPTABLE
24 a	N-92	11.84 m.c.a.	12.30 m.c.a.	ACEPTABLE
23 a	N-84	14.34 m.c.a.	15.50 m.c.a.	ACEPTABLE
19 a	N-89	10.52 m.c.a.	11.30 m.c.a.	ACEPTABLE
21 a	N-90	9.39 m.c.a.	9.20 m.c.a.	ACEPTABLE

29 a	N-81	15.43 m.c.a.	14.20 m.c.a.	ACEPTABLE
37 a	N-80	16.07 m.c.a.	17.00 m.c.a.	ACEPTABLE
20 a	N-79	17.82 m.c.a.	21.00 m.c.a.	ACEPTABLE
49 a	N-37	0.76 m.c.a.	2.20 m.c.a.	NO ACEPTABLE
32 a	N-40	0.56 m.c.a.	3.20 m.c.a.	NO ACEPTABLE
33 a	N-49	11.46 m.c.a.	13.20 m.c.a.	ACEPTABLE
34 a	N-52	24.48 m.c.a.	25.00 m.c.a.	ACEPTABLE
39 a	N-68	5.61 m.c.a.	7.20 m.c.a.	ACEPTABLE
66 a	N-66	6.84 m.c.a.	7.40 m.c.a.	ACEPTABLE
35 a	N-54	8.06 m.c.a.	9.20 m.c.a.	ACEPTABLE
41 a	N-58	11.84 m.c.a.	13.21 m.c.a.	ACEPTABLE
40 a	N-59	14.15 m.c.a.	15.20 m.c.a.	ACEPTABLE
42 a	N-65	19.42 m.c.a.	20.40 m.c.a.	ACEPTABLE

Según la tabla presentada, únicamente dos viviendas registran presiones por debajo de lo estipulado en la Norma Técnica Peruana. En total, se evaluaron 33 puntos de suministro en este sector. El modelado con WaterCAD arrojó presiones entre 0.56 m.c.a. y 43.03 m.c.a., mientras que las lecturas en campo oscilaron entre 2.20 m.c.a. y 43.4 m.c.a.

De los puntos evaluados, 31, que representan el 93%, cumplen con las presiones especificadas por el MVCS, manteniéndose cercanas al límite establecido. Los resultados obtenidos en el modelamiento y en las mediciones de campo presentan una diferencia moderada, entre 2 y 4 m.c.a., lo cual se considera aceptable y favorable.

II. Sistema Retamamayo

A. Medida de presiones en las conexiones domiciliarias

Existen 27 nodos en la red de distribución abierta, de modo que se midió las presiones domiciliarias más cercana a cada nodo.

Figura 95. Distribución SAP Retamamayo

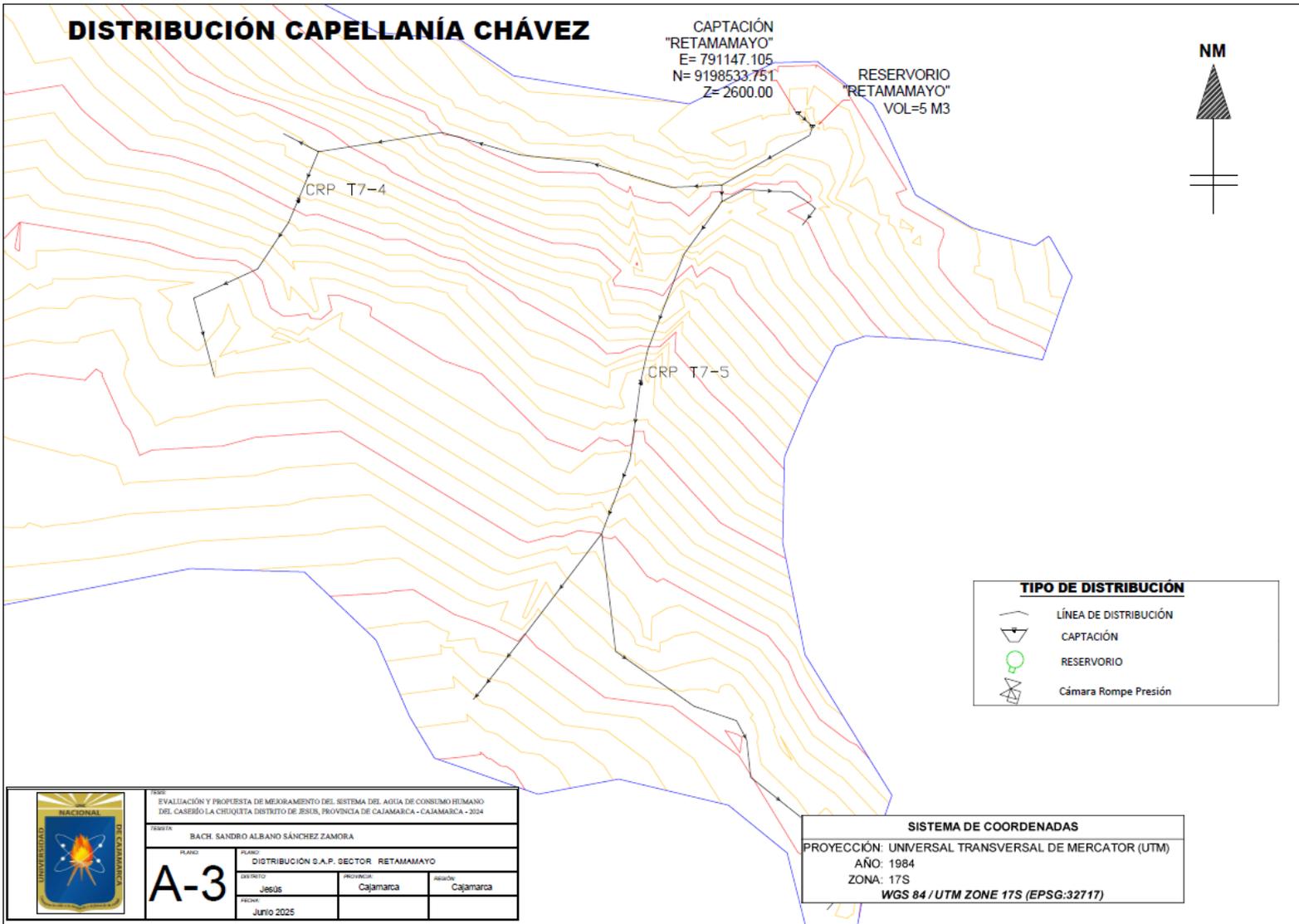


Figura 96. NODOS S.A.P. Retamamayo

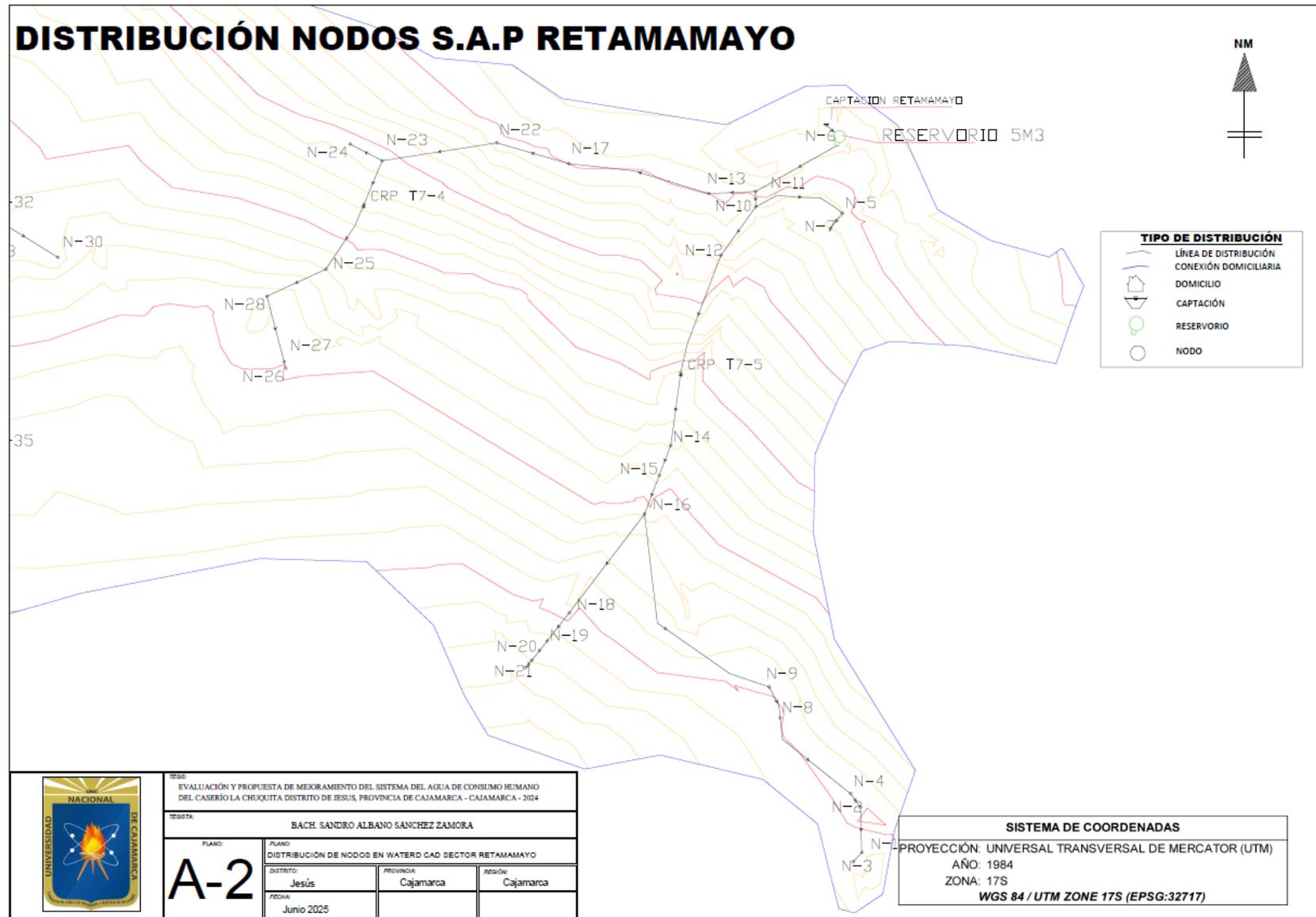


Figura 97. Distribución de casas y puntos de agua S.A.P. Retamamayo

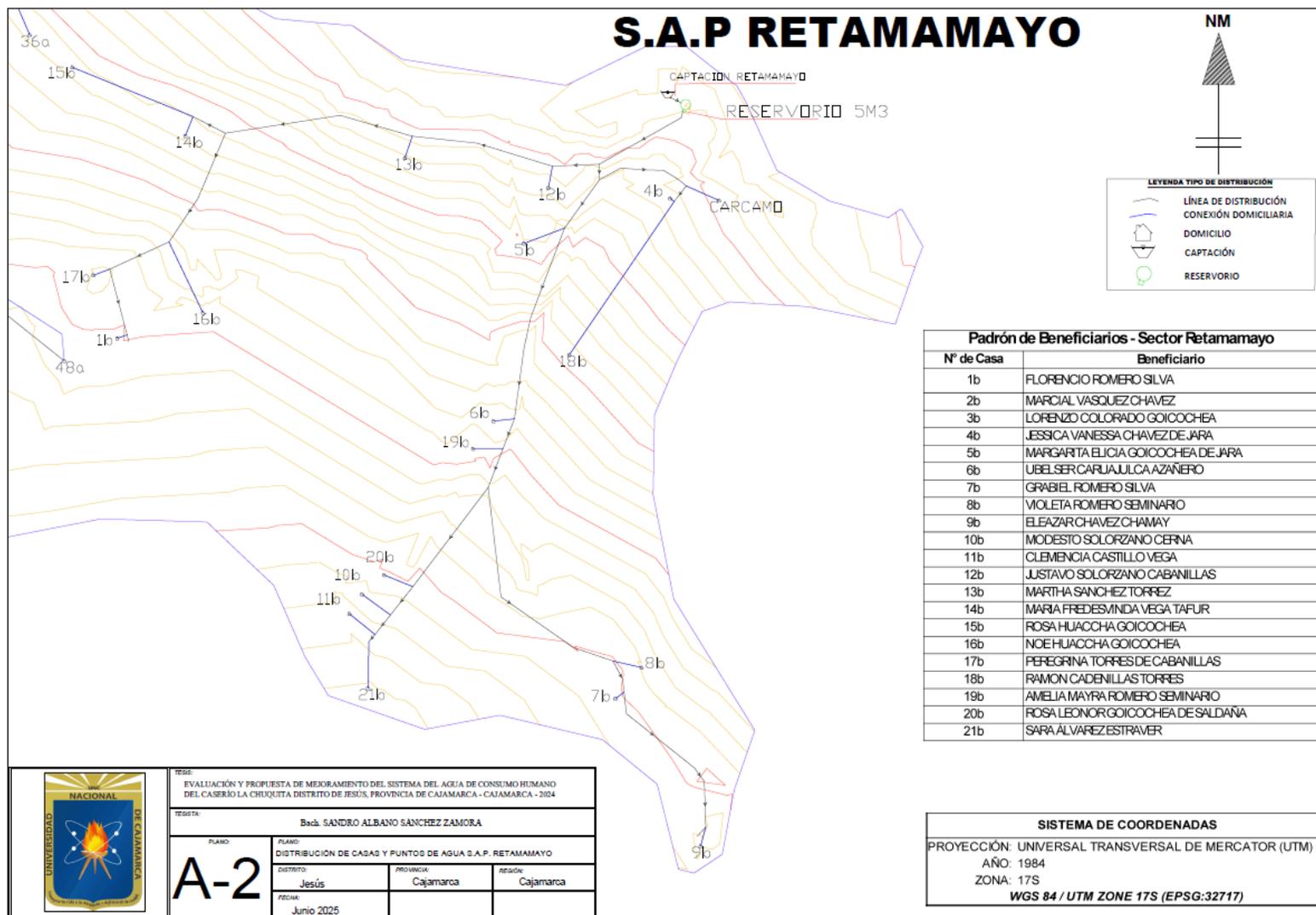
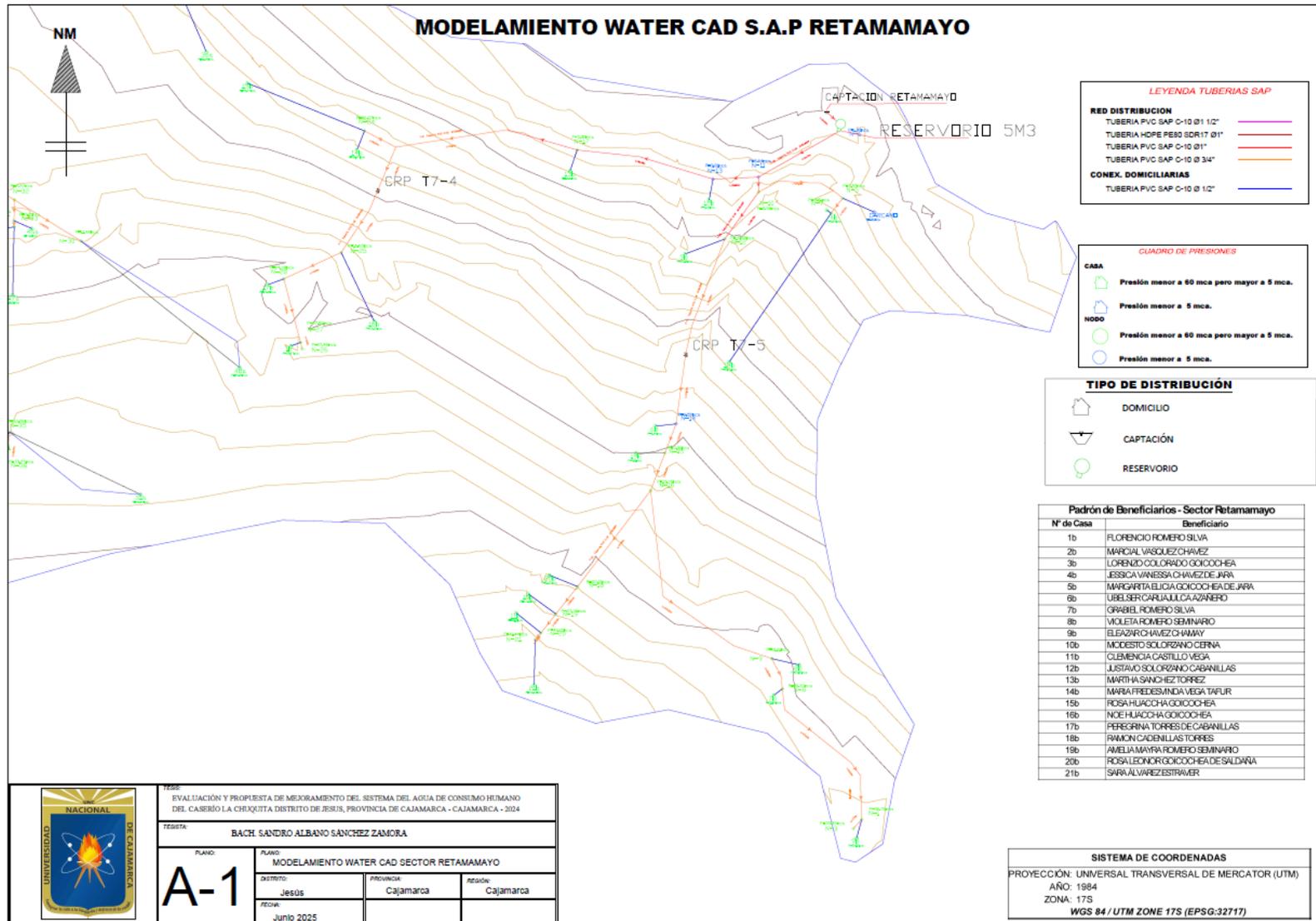


Figura 98. Modelamiento Water-Cad S.A.P. Retamamayo

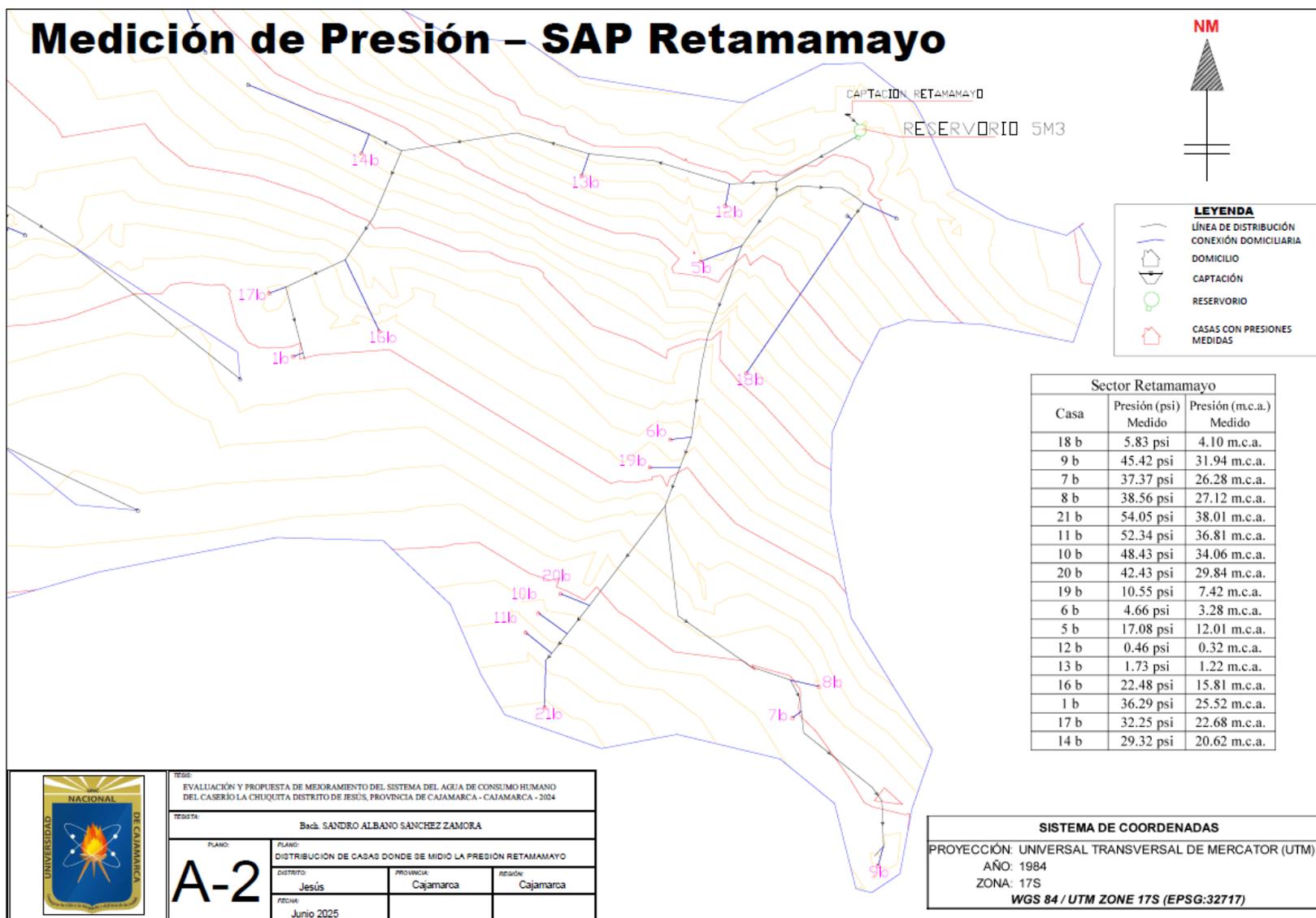


Las medidas de las presiones en las conexiones domiciliarias se realizaron en el día de máximo consumo (Domingo 24 de nov del 2024, 11 p.m. – 3:00 p.m.) y se detallan en la **Tabla 51**. Presiones medidas en Campo Sector Retamamayo.

Tabla 51. Presiones medidas en Campo Sector Retamamayo

Sector Retamamayo				
Casa	Nodo más cercano	Presión (psi) Medido	Presión (m.c.a.) Medido	Condición
18 b	N-7	5.83 psi	4.10 m.c.a.	NO ACEPTABLE
9 b	N-1	45.42 psi	31.94 m.c.a.	ACEPTABLE
7 b	N-8	37.37 psi	26.28 m.c.a.	ACEPTABLE
8 b	N-9	38.56 psi	27.12 m.c.a.	ACEPTABLE
21 b	N-21	54.05 psi	38.01 m.c.a.	ACEPTABLE
11 b	N-20	52.34 psi	36.81 m.c.a.	ACEPTABLE
10 b	N-19	48.43 psi	34.06 m.c.a.	ACEPTABLE
20 b	N-18	42.43 psi	29.84 m.c.a.	ACEPTABLE
19 b	N-15	10.55 psi	7.42 m.c.a.	ACEPTABLE
6 b	N-14	4.66 psi	3.28 m.c.a.	NO ACEPTABLE
5 b	N-12	17.08 psi	12.01 m.c.a.	ACEPTABLE
12 b	N-13	0.46 psi	0.32 m.c.a.	NO ACEPTABLE
13 b	N-17	1.73 psi	1.22 m.c.a.	NO ACEPTABLE
16 b	N-25	22.48 psi	15.81 m.c.a.	ACEPTABLE
1 b	N-27	36.29 psi	25.52 m.c.a.	ACEPTABLE
17 b	N-28	32.25 psi	22.68 m.c.a.	ACEPTABLE
14 b	N-24	29.32 psi	20.62 m.c.a.	ACEPTABLE

Figura 99. Distribución de casas donde se midió la presión en S.A.P. RETAMAMAYO



B. Modelamiento Hidráulico en Water-cad de la Red de Distribución

El modelado hidráulico facilita la simulación del flujo y las presiones dentro de la red de distribución, brindando datos fundamentales para analizar su desempeño y eficiencia.

Tabla 52. Presiones modeladas en Water Cad de la red de distribución Capellanía Chávez

Nodo	Presión (m.c.a.)
N-1	31.94 m.c.a.
N-2	28.27 m.c.a.
N-3	30.73 m.c.a.
N-4	26.37 m.c.a.
N-5	1.21 m.c.a.
N-7	4.10 m.c.a.
N-8	26.28 m.c.a.
N-9	27.12 m.c.a.
N-10	5.45 m.c.a.
N-11	2.50 m.c.a.
N-12	12.01 m.c.a.
N-13	0.32 m.c.a.
N-14	3.28 m.c.a.
N-15	7.42 m.c.a.
N-16	12.68 m.c.a.
N-17	1.22 m.c.a.
N-18	29.84 m.c.a.
N-19	34.06 m.c.a.
N-20	36.81 m.c.a.
N-21	38.01 m.c.a.
N-22	9.13 m.c.a.
N-23	20.20 m.c.a.
N-24	20.62 m.c.a.
N-25	15.81 m.c.a.
N-26	25.11 m.c.a.
N-27	25.52 m.c.a.
N-28	22.68 m.c.a.

Posteriormente se resumen los resultados en la **Tabla 53**. Se ha realizado la comparación de las presiones calculadas con las presiones medidas en las conexiones domiciliarias.

Tabla 53. Comparación de presiones tomadas en campo y Water Cad

Sector Retamamayo				
Casa	Nodo más cercano	Presión m.c.a. Campo	Presión m.c.a. Water Cad	Condición
18 b	N-7	4.60 m.c.a.	4.10 m.c.a.	NO ACEPTABLE
9 b	N-1	33.60 m.c.a.	31.94 m.c.a.	ACEPTABLE
7 b	N-8	29.30 m.c.a.	26.28 m.c.a.	ACEPTABLE
8 b	N-9	27.00 m.c.a.	27.12 m.c.a.	ACEPTABLE
21 b	N-21	34.90 m.c.a.	38.01 m.c.a.	ACEPTABLE
11 b	N-20	34.20 m.c.a.	36.81 m.c.a.	ACEPTABLE
10 b	N-19	35.80 m.c.a.	34.06 m.c.a.	ACEPTABLE
20 b	N-18	30.20 m.c.a.	29.84 m.c.a.	ACEPTABLE
19 b	N-15	9.12 m.c.a.	7.42 m.c.a.	ACEPTABLE
6 b	N-14	4.50 m.c.a.	3.28 m.c.a.	NO ACEPTABLE
5 b	N-12	14.56 m.c.a.	12.01 m.c.a.	ACEPTABLE
12 b	N-13	2.15 m.c.a.	0.32 m.c.a.	NO ACEPTABLE
13 b	N-17	3.45 m.c.a.	1.22 m.c.a.	NO ACEPTABLE
16 b	N-25	17.32 m.c.a.	15.81 m.c.a.	ACEPTABLE
1 b	N-27	25.00 m.c.a.	25.52 m.c.a.	ACEPTABLE
17 b	N-28	22.40 m.c.a.	22.68 m.c.a.	ACEPTABLE
14 b	N-24	25.30 m.c.a.	20.62 m.c.a.	ACEPTABLE

En la presente tabla se observa que solo cuatro viviendas presentan una presión inferior a lo establecido por la Norma Técnica Peruana. En total, se analizaron 17 puntos de agua en este sector.

El análisis realizado con WaterCAD mostró una presión mínima de 0.32 m.c.a. y una máxima de 38.01 m.c.a., mientras que las mediciones en campo arrojaron presiones mínimas y máximas de 2.15 m.c.a. y 35.8 m.c.a., respectivamente.

De los puntos evaluados, 13, que representan el 76.47%, cumplen con las presiones especificadas por el MVCS, manteniéndose cercanas al límite establecido. Los resultados obtenidos en el modelamiento y en las mediciones de campo presentan una diferencia moderada, entre 2 y 4 m.c.a., lo cual se considera aceptable y favorable.

4.2.9. Calidad del agua brindada en el caserío la Chuquita

Para el sector Capellanía Chávez la muestra utilizada para el análisis de agua fue recolectada de la UBS 3a del sector Capellanía Chávez (ver **Fotografía 25**). Posteriormente, se procesó en el laboratorio. Los resultados del análisis están disponibles en el **ANEXO 1**.

Para el sector Retamamayo la muestra utilizada para el análisis de agua fue recolectada de la UBS 15b del sector Retamamayo (ver **Fotografía 24**) . Posteriormente, se procesó en el laboratorio. Los resultados del análisis están disponibles en el **ANEXO 1**.

El informe de calidad del agua del caserío La Chuquita se ha comparado con los Límites Máximos Permisibles. Ver **Tabla 12**.

Parámetros Fisicoquímicos:

- **Turbidez:** El valor medido para "M1 Capellanía Chávez" es de 0.91 NTU, y para "M2 Retamamayo" es de 2.61 NTU, ambos por debajo del LMP de 5 NTU.
- **pH:** Los valores de pH para ambas muestras están dentro del rango permitido de 6.5 - 8.5.
- **Conductividad a 25°C:** Los valores obtenidos son 496.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 460.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, también inferiores al límite máximo de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- **Dureza Total:** Ambas muestras (231.77 mg/l y 185.79 mg/l) cumplen con el límite de 500 mg/l.

Parámetros Microbiológicos:

- **Coliformes Totales:**
 - La muestra M1 Capellanía Chávez presenta un valor de 4.5 NMP/100 ml, lo cual excede el límite permitido de 0 NMP/100 ml.
 - La muestra M2 Retamamayo tiene un valor de 54×10^2 NMP/100 ml, lo que también excede significativamente el límite establecido.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ✓ Durante el cálculo de las variaciones periódicas de ambos reservorios, se observó que los niveles de agua al finalizar los días domingos descienden por debajo de la altura mínima operativa. Esta situación suele deberse a un diseño deficiente en la estructura hidráulica.
- ✓ En ambos Sistemas de Agua Potable, las fuentes actuales de abastecimiento no son suficientes para cubrir las demandas máximas diarias. En el reservorio del sector Capellanía Chávez, el caudal de entrada es de 0.155 l/s, mientras que el consumo máximo diario alcanza los 0.22 l/s, evidenciando un déficit. De manera similar, en el reservorio Retamamayo, el caudal de entrada es de 0.06 l/s, pero el consumo máximo diario es de 0.09 l/s, lo que también refleja una insuficiencia.
- ✓ Después del análisis de agua en ambos sectores se concluye que ninguna de las dos muestras cumple con los límites permisibles en términos microbiológicos. Ambas presentan valores de coliformes totales por encima de lo permitido, lo que las hace no aptas para el consumo humano en su estado actual.
- ✓ Mediante el modelado hidráulico en WaterCAD y las inspecciones realizadas en campo, se identificó que en varios puntos de la red de distribución las presiones registradas están por debajo de los rangos establecidos por el MVCS. Además, el análisis evidenció que en muchos tramos las velocidades en las tuberías no alcanzan los valores mínimos requeridos, lo que podría afectar negativamente el desempeño del sistema.
- ✓ Se recomienda implementar medidas de desinfección, como cloración adecuada que no se ha incorporado a ninguna de los Sistemas de Agua Potable, para garantizar la potabilidad del agua y proteger la salud de los usuarios.

5.2. Propuesta de mejoramiento y Recomendaciones

- ✓ El registro de datos sobre las alturas de regulación en el reservorio Capellanía Chávez revela que los días domingo, cuando el consumo es mayor, el nivel de agua desciende por debajo de la altura mínima operativa. Este comportamiento también se observa durante los lunes, martes, miércoles, viernes y sábado, donde el nivel de agua en el reservorio se aproxima peligrosamente al límite mínimo operativo. Considerando además el crecimiento poblacional reflejado en el índice demográfico, se plantea la construcción de una nueva captación de ladera en la zona de Capellanía Chávez, ubicada en las coordenadas UTM E= 790 478,245. N= 9 199 029,375. Esta medida busca garantizar la sostenibilidad y operatividad del sistema de abastecimiento de agua potable.

Fotografía 1. Construcción de nueva captación de ladera en la zona Capellanía Chávez



- ✓ Una alternativa adicional consiste en modificar el diámetro de las tuberías en determinados tramos de los sistemas de agua potable “Capellanía Chávez” y “Retamamayo”, considerando los rangos de velocidad de operación recomendados por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). Asimismo, se ha estimado la magnitud del golpe de ariete potencial en la red aplicando la fórmula de

Joukowsky, a fin de evaluar la posibilidad de sobrepresiones que comprometan la integridad del sistema. alternativa sería modificar el diámetro de la tubería en ciertos tramos de ambos sistemas de agua potable, tomando en cuenta los rangos de velocidades máximas y mínimas de operación establecidos por el MVCS. También se ha calculado el golpe de ariete en el sistema con la fórmula de Joukowsky.

Ecuación 41. Ecuación de Joukowsky

$$\Delta h = \frac{a * \Delta V}{g}$$

Donde:

- Δh : sobrepresión generada en **metros de columna de agua (mca)**
- a : velocidad de propagación de la onda de presión (m/s) se asume 400 m/s
- ΔV : cambio de velocidad (de V a 0 si hay cierre total)
- g : aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

Para el sector Capellanía Chávez se tiene esta tabla:

Tabla 54. Velocidades en los tramos de la red de distribución del SAP Capellanía Chávez

Tramo	Star Node	Stop Node	Presión m.c.a.	Diámetro (mm)	Clase	Diámetro (pulg)	Espesor (mm)	Velocidad (m/s)	Condición de velocidad	Sobrepresión Δh (Golpe de Ariete)	Pnormal + Δh	Condición de presión
T-4	N-71	N-72	0.3 m.c.a.	43.40 mm	Clase 10	1 1/2 "	2.30 mm	0.32 m/s	ACEPTABLE	13.05 m.c.a.	13.34 m.c.a.	ACEPTABLE
T-4	N-117	N-116	40.7 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.35 m/s	ACEPTABLE	14.27 m.c.a.	54.94 m.c.a.	ACEPTABLE
T-5	N-72	N-74	0.9 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.48 m/s	ACEPTABLE	19.57 m.c.a.	20.42 m.c.a.	ACEPTABLE
T-5	N-116	N-114	40.5 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.18 m/s	NO ACEPTABLE	7.34 m.c.a.	47.87 m.c.a.	ACEPTABLE
T-6	N-74	N-76	1.0 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.46 m/s	ACEPTABLE	18.76 m.c.a.	19.72 m.c.a.	ACEPTABLE
T-7	N-76	N-86	1.5 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.46 m/s	ACEPTABLE	18.76 m.c.a.	20.25 m.c.a.	ACEPTABLE
T-8	N-77	CRP T7-1	41.9 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.32 m/s	ACEPTABLE	13.05 m.c.a.	54.92 m.c.a.	ACEPTABLE
T-8	N-86	N-91	2.8 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.46 m/s	ACEPTABLE	18.76 m.c.a.	21.54 m.c.a.	ACEPTABLE
T-9	N-34	N-33	4.7 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.34 m/s	ACEPTABLE	13.86 m.c.a.	18.51 m.c.a.	ACEPTABLE
T-9	N-91	N-98	3.5 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.45 m/s	ACEPTABLE	18.35 m.c.a.	21.82 m.c.a.	ACEPTABLE
T-10	N-98	N-101	19.3 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.32 m/s	ACEPTABLE	13.05 m.c.a.	32.36 m.c.a.	ACEPTABLE

T-11	N-101	N-103	22.1 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.34 m/s	ACEPTABLE	13.86 m.c.a.	35.94 m.c.a.	ACEPTABLE
T-12	N-94	N-95	5.2 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.35 m/s	ACEPTABLE	14.27 m.c.a.	19.50 m.c.a.	ACEPTABLE
T-12	N-103	N-108	26.3 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.40 m/s	ACEPTABLE	16.31 m.c.a.	42.59 m.c.a.	ACEPTABLE
T-13	N-108	N-109	26.3 m.c.a.	29.48 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.45 m/s	ACEPTABLE	18.35 m.c.a.	44.68 m.c.a.	ACEPTABLE
T-14	N-96	N-97	11.0 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.32 m/s	ACEPTABLE	13.05 m.c.a.	24.04 m.c.a.	ACEPTABLE
T-14	N-109	N-110	26.4 m.c.a.	29.48 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.43 m/s	ACEPTABLE	17.53 m.c.a.	43.89 m.c.a.	ACEPTABLE
T-15	N-39	N-37	0.6 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.50 m/s	ACEPTABLE	20.39 m.c.a.	20.98 m.c.a.	ACEPTABLE
T-15	N-110	N-111	27.4 m.c.a.	29.48 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.25 m/s	NO ACEPTABLE	10.19 m.c.a.	37.62 m.c.a.	ACEPTABLE
T-16	N-111	N-112	30.9 m.c.a.	29.48 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.24 m/s	NO ACEPTABLE	9.79 m.c.a.	40.64 m.c.a.	ACEPTABLE
T-17	N-62	N-57	36.5 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.22 m/s	NO ACEPTABLE	8.97 m.c.a.	45.42 m.c.a.	ACEPTABLE
T-17	N-112	N-115	37.9 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.40 m/s	ACEPTABLE	16.31 m.c.a.	54.16 m.c.a.	ACEPTABLE
T-18	N-115	N-117	43.0 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.38 m/s	ACEPTABLE	15.49 m.c.a.	58.52 m.c.a.	ACEPTABLE
T-19	N-90	N-89	9.4 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.46 m/s	ACEPTABLE	18.76 m.c.a.	28.15 m.c.a.	ACEPTABLE
T-19	N-117	N-118	40.7 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	1.20 m/s	ACEPTABLE	48.93 m.c.a.	89.60 m.c.a.	NO ACEPTABLE
T-20	N-119	N-118	40.2 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	1.30 m/s	ACEPTABLE	53.01 m.c.a.	93.19 m.c.a.	NO ACEPTABLE
T-21	N-83	N-84	14.3 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.20 m/s	NO ACEPTABLE	8.15 m.c.a.	22.41 m.c.a.	ACEPTABLE
T-21	N-119	N-120	40.2 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.14 m/s	NO ACEPTABLE	5.71 m.c.a.	45.89 m.c.a.	ACEPTABLE
T-22	N-120	N-121	39.5 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.12 m/s	NO ACEPTABLE	4.89 m.c.a.	44.37 m.c.a.	ACEPTABLE
T-22	N-32	N-34	5.5 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	1.30 m/s	ACEPTABLE	53.01 m.c.a.	58.52 m.c.a.	ACEPTABLE
T-23	N-41	N-42	8.6 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	1.50 m/s	ACEPTABLE	61.16 m.c.a.	69.73 m.c.a.	NO ACEPTABLE
T-25	N-80	N-81	16.1 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.86 m/s	ACEPTABLE	35.07 m.c.a.	51.14 m.c.a.	ACEPTABLE
T-27	N-93	N-88	21.8 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.83 m/s	ACEPTABLE	33.84 m.c.a.	55.64 m.c.a.	ACEPTABLE
T-28	N-87	N-83	13.7 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.35 m/s	ACEPTABLE	14.27 m.c.a.	27.99 m.c.a.	ACEPTABLE
T-31	N-36	N-35	30.3 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.28 m/s	NO ACEPTABLE	11.42 m.c.a.	41.73 m.c.a.	ACEPTABLE
T-32	N-42	N-43	11.4 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.04 m/s	NO ACEPTABLE	1.63 m.c.a.	13.03 m.c.a.	ACEPTABLE
T-35	N-66	N-68	6.8 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.83 m/s	ACEPTABLE	33.84 m.c.a.	40.68 m.c.a.	ACEPTABLE
T-36	N-38	N-35	25.8 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.32 m/s	ACEPTABLE	13.05 m.c.a.	38.88 m.c.a.	ACEPTABLE
T-39	N-113	N-114	38.6 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.54 m/s	ACEPTABLE	22.02 m.c.a.	60.63 m.c.a.	NO ACEPTABLE
T-41	N-50	N-38	25.9 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.34 m/s	ACEPTABLE	13.86 m.c.a.	39.77 m.c.a.	ACEPTABLE
T-42	N-94	N-90	5.2 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.48 m/s	ACEPTABLE	19.57 m.c.a.	24.80 m.c.a.	ACEPTABLE
T-43	N-41	N-53	8.6 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.78 m/s	ACEPTABLE	31.80 m.c.a.	40.37 m.c.a.	ACEPTABLE
T-44	N-85	N-92	13.4 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.85 m/s	ACEPTABLE	34.66 m.c.a.	48.03 m.c.a.	ACEPTABLE
T-45	N-92	N-96	11.8 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.94 m/s	ACEPTABLE	38.33 m.c.a.	50.17 m.c.a.	ACEPTABLE
T-46	N-79	N-80	17.8 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.26 m/s	NO ACEPTABLE	10.60 m.c.a.	28.42 m.c.a.	ACEPTABLE
T-47	N-61	N-66	6.3 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.25 m/s	NO ACEPTABLE	10.19 m.c.a.	16.48 m.c.a.	ACEPTABLE

T-50	N-89	N-87	10.5 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.45 m/s	ACCEPTABLE	18.35 m.c.a.	28.87 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-51	N-60	N-65	14.6 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.22 m/s	NO ACCEPTABLE	8.97 m.c.a.	23.57 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-52	N-99	N-93	20.7 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.25 m/s	NO ACCEPTABLE	10.19 m.c.a.	30.84 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-53	CRP T7-1	N-82	0.0 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.32 m/s	ACCEPTABLE	13.05 m.c.a.	13.05 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-54	N-99	N-100	20.7 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.25 m/s	NO ACCEPTABLE	10.19 m.c.a.	30.84 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-56	N-45	N-32	4.0 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.47 m/s	ACCEPTABLE	19.16 m.c.a.	23.12 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-57	N-81	N-83	15.4 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.22 m/s	NO ACCEPTABLE	8.97 m.c.a.	24.40 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-62	N-57	N-50	33.4 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.88 m/s	ACCEPTABLE	35.88 m.c.a.	69.26 m.c.a.	NO ACCEPTABLE
T-64	N-84	N-85	14.3 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	1.00 m/s	ACCEPTABLE	40.77 m.c.a.	55.11 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-65	N-85	N-82	13.4 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	1.45 m/s	ACCEPTABLE	59.12 m.c.a.	72.49 m.c.a.	NO ACCEPTABLE
T-66	N-100	N-102	27.9 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.25 m/s	NO ACCEPTABLE	10.19 m.c.a.	38.05 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-67	N-102	N-105	30.5 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.55 m/s	ACCEPTABLE	22.43 m.c.a.	52.96 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-68	N-105	N-107	32.3 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.50 m/s	ACCEPTABLE	20.39 m.c.a.	52.67 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-69	N-29	N-31	13.2 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.68 m/s	ACCEPTABLE	27.73 m.c.a.	40.94 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-70	N-31	N-41	9.8 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.04 m/s	NO ACCEPTABLE	1.63 m.c.a.	11.46 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-71	N-32	N-30	5.5 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.31 m/s	ACCEPTABLE	12.64 m.c.a.	18.15 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-72	N-107	N-106	33.8 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.12 m/s	NO ACCEPTABLE	4.89 m.c.a.	38.68 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-73	N-106	N-104	41.1 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.43 m/s	ACCEPTABLE	17.53 m.c.a.	58.67 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-76	N-59	N-60	14.2 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.70 m/s	ACCEPTABLE	28.54 m.c.a.	42.69 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-77	N-98	N-99	19.3 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	1.23 m/s	ACCEPTABLE	50.15 m.c.a.	69.46 m.c.a.	NO ACCEPTABLE
T-78	N-58	N-59	11.8 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	1.60 m/s	ACCEPTABLE	65.24 m.c.a.	77.08 m.c.a.	NO ACCEPTABLE
T-81	N-46	N-45	2.9 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	1.70 m/s	ACCEPTABLE	69.32 m.c.a.	72.21 m.c.a.	NO ACCEPTABLE
T-82	N-53	N-54	6.3 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	2.00 m/s	ACCEPTABLE	81.55 m.c.a.	87.89 m.c.a.	NO ACCEPTABLE
T-83	N-61	N-53	6.3 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	2.10 m/s	ACCEPTABLE	85.63 m.c.a.	91.92 m.c.a.	NO ACCEPTABLE
T-87	N-50	N-47	25.9 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	2.00 m/s	ACCEPTABLE	81.55 m.c.a.	#####	NO ACCEPTABLE
T-89	N-48	N-46	10.0 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.37 m/s	ACCEPTABLE	15.09 m.c.a.	25.05 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-90	N-54	N-58	8.1 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.73 m/s	ACCEPTABLE	29.77 m.c.a.	37.83 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-92	N-47	N-48	19.6 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.36 m/s	ACCEPTABLE	14.68 m.c.a.	34.30 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-93	N-55	N-60	25.4 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.68 m/s	ACCEPTABLE	27.73 m.c.a.	53.11 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-101	N-55	CRP T7-3	25.4 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.67 m/s	ACCEPTABLE	27.32 m.c.a.	52.70 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-102	CRP T7-3	N-45	0.0 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.67 m/s	ACCEPTABLE	27.32 m.c.a.	27.32 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-104	CRP T7-2	N-61	0.0 m.c.a.	29.48 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.82 m/s	ACCEPTABLE	33.44 m.c.a.	33.44 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-106	N-72	N-73	0.9 m.c.a.	29.48 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.23 m/s	NO ACCEPTABLE	9.38 m.c.a.	10.23 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-108	N-49	N-52	11.5 m.c.a.	29.48 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.83 m/s	ACCEPTABLE	33.84 m.c.a.	45.30 m.c.a.	ACCEPTABLE
T-109	N-52	CRP T7-2	24.5 m.c.a.	29.48 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.82 m/s	ACCEPTABLE	33.44 m.c.a.	57.92 m.c.a.	ACCEPTABLE

T-110	N-39	N-49	0.6 m.c.a.	29.48 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.84 m/s	ACEPTABLE	34.25 m.c.a.	34.84 m.c.a.	ACEPTABLE
T-111	N-75	N-77	36.1 m.c.a.	29.48 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.20 m/s	NO ACEPTABLE	8.15 m.c.a.	44.23 m.c.a.	ACEPTABLE
T-112	N-73	N-75	8.6 m.c.a.	29.48 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.54 m/s	ACEPTABLE	22.02 m.c.a.	30.63 m.c.a.	ACEPTABLE
T-114	N-40	N-39	0.6 m.c.a.	38.00 mm	Clase 10	1 1/4"	2.00 mm	0.52 m/s	ACEPTABLE	21.20 m.c.a.	21.76 m.c.a.	ACEPTABLE
T-115	N-71	N-67	0.3 m.c.a.	38.00 mm	Clase 10	1 1/4"	2.00 mm	0.53 m/s	ACEPTABLE	21.61 m.c.a.	21.90 m.c.a.	ACEPTABLE
T-116	N-67	N-64	0.3 m.c.a.	38.00 mm	Clase 10	1 1/4"	2.00 mm	0.53 m/s	ACEPTABLE	21.61 m.c.a.	21.92 m.c.a.	ACEPTABLE
T-117	N-64	N-63	0.3 m.c.a.	38.00 mm	Clase 10	1 1/4"	2.00 mm	0.57 m/s	ACEPTABLE	23.24 m.c.a.	23.56 m.c.a.	ACEPTABLE
T-118	N-63	N-51	0.3 m.c.a.	38.00 mm	Clase 10	1 1/4"	2.00 mm	0.53 m/s	ACEPTABLE	21.61 m.c.a.	21.93 m.c.a.	ACEPTABLE
T-119	N-51	N-44	0.4 m.c.a.	38.00 mm	Clase 10	1 1/4"	2.00 mm	0.67 m/s	ACEPTABLE	27.32 m.c.a.	27.67 m.c.a.	ACEPTABLE
T-120	N-44	N-40	0.5 m.c.a.	38.00 mm	Clase 10	1 1/4"	2.00 mm	0.53 m/s	ACEPTABLE	21.61 m.c.a.	22.11 m.c.a.	ACEPTABLE

Los siguientes tramos donde se resalta que dice “No Aceptable” son los tramos de tubería que necesariamente se requiere cambio de diámetro de tubería a una mayor.

Para el sector Retamamayo se tiene la **Tabla 55**.

Tabla 55. Velocidades en los tramos de la red de distribución del SAP Retamamayo.

Tramo	Star Node	Stop Node	Presión m.c.a.	Diámetro	CLASE	Diámetro (pulg)	Espesor (mm)	Velocidad (m/s)	Condición	Sobrepresión Δh (Golpe de Ariete)	Pnormal + Δh	Condición de presión
T-2	N-23	N-22	20.20 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.60 m/s	ACEPTABLE	24.46 m.c.a.	44.66 m.c.a.	ACEPTABLE
T-3	N-5	N-7	1.21 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.56 m/s	ACEPTABLE	22.83 m.c.a.	24.04 m.c.a.	ACEPTABLE
T-6	N-23	CRP T7-4	20.20 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.55 m/s	ACEPTABLE	22.43 m.c.a.	42.63 m.c.a.	ACEPTABLE
T-7	CRP T7-4	N-25	0.00 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.55 m/s	ACEPTABLE	22.43 m.c.a.	22.43 m.c.a.	ACEPTABLE
T-10	N-26	N-27	25.11 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.49 m/s	ACEPTABLE	19.98 m.c.a.	45.09 m.c.a.	ACEPTABLE
T-11	N-20	N-21	36.81 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.27 m/s	NO ACEPTABLE	11.01 m.c.a.	47.82 m.c.a.	ACEPTABLE
T-13	N-1	N-3	31.94 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.98 m/s	ACEPTABLE	39.96 m.c.a.	71.90 m.c.a.	NO ACEPTABLE
T-20	N-4	N-2	26.37 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.31 m/s	ACEPTABLE	12.64 m.c.a.	39.01 m.c.a.	ACEPTABLE
T-24	N-20	N-19	36.81 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.29 m/s	NO ACEPTABLE	11.82 m.c.a.	48.63 m.c.a.	ACEPTABLE
T-29	N-15	N-14	7.42 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.72 m/s	ACEPTABLE	29.36 m.c.a.	36.78 m.c.a.	ACEPTABLE
T-30	N-8	N-9	26.28 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.34 m/s	ACEPTABLE	13.86 m.c.a.	40.14 m.c.a.	ACEPTABLE
T-33	N-19	N-18	34.06 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.31 m/s	ACEPTABLE	12.64 m.c.a.	46.70 m.c.a.	ACEPTABLE
T-34	N-24	N-23	20.62 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.05 m/s	NO ACEPTABLE	2.04 m.c.a.	22.66 m.c.a.	ACEPTABLE
T-37	N-16	N-15	12.68 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.70 m/s	ACEPTABLE	28.54 m.c.a.	41.22 m.c.a.	ACEPTABLE
T-40	N-2	N-1	28.27 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.31 m/s	ACEPTABLE	12.64 m.c.a.	40.91 m.c.a.	ACEPTABLE
T-48	N-28	N-25	22.68 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.53 m/s	ACEPTABLE	21.61 m.c.a.	44.29 m.c.a.	ACEPTABLE

T-49	N-27	N-28	25.52 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.51 m/s	ACEPTABLE	20.80 m.c.a.	46.32 m.c.a.	ACEPTABLE
T-55	N-10	N-5	5.45 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.58 m/s	ACEPTABLE	23.65 m.c.a.	29.10 m.c.a.	ACEPTABLE
T-58	N-4	N-8	26.37 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.31 m/s	ACEPTABLE	12.64 m.c.a.	39.01 m.c.a.	ACEPTABLE
T-61	N-18	N-16	29.84 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.34 m/s	ACEPTABLE	13.86 m.c.a.	43.70 m.c.a.	ACEPTABLE
T-63	N-9	N-16	27.12 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.36 m/s	ACEPTABLE	14.68 m.c.a.	41.80 m.c.a.	ACEPTABLE
T-74	N-12	CRP T7-5	12.01 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.74 m/s	ACEPTABLE	30.17 m.c.a.	42.18 m.c.a.	ACEPTABLE
T-75	CRP T7-5	N-14	0.00 m.c.a.	22.90 mm	Clase 10	3/4"	1.80 mm	0.74 m/s	ACEPTABLE	30.17 m.c.a.	30.17 m.c.a.	ACEPTABLE
T-79	N-11	N-10	-0.64 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.82 m/s	ACEPTABLE	33.44 m.c.a.	32.80 m.c.a.	ACEPTABLE
T-84	N-13	N-11	0.32 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.39 m/s	ACEPTABLE	15.90 m.c.a.	16.22 m.c.a.	ACEPTABLE
T-86	N-12	N-10	12.01 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.47 m/s	ACEPTABLE	19.16 m.c.a.	31.17 m.c.a.	ACEPTABLE
T-95	N-17	N-13	1.22 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.38 m/s	ACEPTABLE	15.49 m.c.a.	16.71 m.c.a.	ACEPTABLE
T-100	N-22	N-17	9.13 m.c.a.	29.40 mm	Clase 10	1 "	1.80 mm	0.36 m/s	ACEPTABLE	14.68 m.c.a.	23.81 m.c.a.	ACEPTABLE

Los siguientes tramos donde se resalta que dice “No Aceptable” son los tramos de tubería que necesariamente se requiere cambio de diámetro de tubería a una mayor.

Tabla 56. Nuevos diámetros de tubería en los tramos con baja velocidad S.A.P. CAPELLANÍA CHÁVEZ

Tramo	Star Node	Stop Node	Presión m.c.a.	Diámetro actual	Velocidad (m/s)	Condición	Cambio de diámetro	Cambio de diámetro (pulg)
T-5	N-116	N-114	40.53 m.c.a.	22.90 mm	0.18 m/s	NO ACEPTABLE	29.48 mm	1"
T-15	N-110	N-111	27.43 m.c.a.	29.48 mm	0.25 m/s	NO ACEPTABLE	38.00 mm	1 1/4"
T-16	N-111	N-112	30.85 m.c.a.	29.48 mm	0.24 m/s	NO ACEPTABLE	38.00 mm	1 1/4"
T-17	N-62	N-57	36.45 m.c.a.	22.90 mm	0.22 m/s	NO ACEPTABLE	29.48 mm	1"
T-21	N-83	N-84	14.26 m.c.a.	22.90 mm	0.20 m/s	NO ACEPTABLE	29.48 mm	1"
T-21	N-119	N-120	40.18 m.c.a.	22.90 mm	0.14 m/s	NO ACEPTABLE	29.48 mm	1"
T-22	N-120	N-121	39.48 m.c.a.	22.90 mm	0.12 m/s	NO ACEPTABLE	29.48 mm	1"
T-31	N-36	N-35	30.31 m.c.a.	22.90 mm	0.28 m/s	NO ACEPTABLE	29.48 mm	1"
T-32	N-42	N-43	11.40 m.c.a.	22.90 mm	0.04 m/s	NO ACEPTABLE	29.48 mm	1"
T-46	N-79	N-80	17.82 m.c.a.	22.90 mm	0.26 m/s	NO ACEPTABLE	29.48 mm	1"
T-47	N-61	N-66	6.29 m.c.a.	22.90 mm	0.25 m/s	NO ACEPTABLE	29.48 mm	1"
T-51	N-60	N-65	14.60 m.c.a.	22.90 mm	0.22 m/s	NO ACEPTABLE	29.48 mm	1"
T-52	N-99	N-93	20.65 m.c.a.	22.90 mm	0.25 m/s	NO ACEPTABLE	29.48 mm	1"
T-54	N-99	N-100	20.65 m.c.a.	22.90 mm	0.25 m/s	NO ACEPTABLE	29.48 mm	1"
T-57	N-81	N-83	15.43 m.c.a.	22.90 mm	0.22 m/s	NO ACEPTABLE	29.48 mm	1"
T-66	N-100	N-102	27.86 m.c.a.	22.90 mm	0.25 m/s	NO ACEPTABLE	29.48 mm	1"
T-70	N-31	N-41	9.83 m.c.a.	22.90 mm	0.04 m/s	NO ACEPTABLE	29.48 mm	1"
T-72	N-107	N-106	33.79 m.c.a.	22.90 mm	0.12 m/s	NO ACEPTABLE	29.48 mm	1"
T-106	N-72	N-73	0.85 m.c.a.	29.48 mm	0.23 m/s	NO ACEPTABLE	38.00 mm	1 1/4"

T-111	N-75	N-77	36.08 m.c.a.	29.48 mm	0.20 m/s	NO ACEPTABLE	38.00 mm	1 1/4"
-------	------	------	--------------	----------	----------	--------------	----------	--------

Tabla 57. Nuevos diámetros de tubería en los tramos con baja velocidad S.A.P. Retamamayo

Tramo	Star Node	Stop Node	Presión m.c.a.	Diámetro	Velocidad (m/s)	Condición	Cambio de diámetro	Cambio de diámetro (pulg)
T-11	N-20	N-21	36.81 m.c.a.	22.90 mm	0.27 m/s	NO ACEPTABLE	29.48 mm	1"
T-24	N-20	N-19	36.81 m.c.a.	22.90 mm	0.29 m/s	NO ACEPTABLE	29.48 mm	1"
T-34	N-24	N-23	20.62 m.c.a.	22.90 mm	0.05 m/s	NO ACEPTABLE	29.48 mm	1"

- ✓ Se sugiere evitar cierres bruscos de válvulas y variaciones repentinas en el régimen de operación. Como medida preventiva ante posibles sobrepresiones por golpe de ariete, se aconseja la instalación de dispositivos de protección como válvulas anticipadoras de presión, ventosas o cámaras de aire en puntos críticos de la red.

En la presente investigación se realizó una simulación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío La Chuquita, empleando para ello el software especializado WaterCAD. Esta herramienta permitió analizar detalladamente las condiciones de presión, caudal y velocidad en régimen permanente a lo largo de cada segmento de la red de distribución. Los resultados obtenidos del modelo, en conjunto con los datos registrados durante el trabajo de campo, evidenciaron que los niveles de presión se encuentran dentro de los márgenes aceptables definidos por la Norma Técnica de Diseño de los Servicios de Agua para Consumo Humano (RM N.º 192-2018-VIVIENDA).

Al no registrarse presiones que excedan los valores máximos permitidos ni condiciones de vacío, se concluye que el sistema no presenta riesgos de sobrepresiones por golpe de ariete en condiciones normales de operación. Por tanto, no fue necesario proponer medidas de mitigación ni modificaciones estructurales para este fenómeno.

Sin embargo, se reconoce que en sistemas más complejos o con variabilidad operativa significativa, el análisis de transitorios hidráulicos es fundamental para prevenir daños

en la infraestructura. En el caso evaluado, el sistema presentó un desempeño estable y seguro en lo que respecta al comportamiento de las presiones.

- ✓ Otra alternativa de mejora consiste en implementar un sistema de desinfección más eficiente, puesto que la capacidad actual de los tanques de almacenamiento de cloro resulta insuficiente para garantizar un tratamiento adecuado del agua.

BIBLIOGRAFÍA

1. INEI (2021). Acceso a los servicios básicos en el Perú (1ª ed.). Instituto Nacional de Estadística e Informática.
2. Agüero, R. (2004). Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales (2ª ed.). Editorial HidroAndina.
3. MINAM (2008). Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (1ª ed.). Ministerio del Ambiente del Perú.
4. VIERENDEL (2009). Abastecimiento de agua y alcantarillado (1ª ed.). Editorial Técnica Sanitaria.
5. Agüero, R. (1997). Agua potable para poblaciones rurales (rev. ed.). Editorial RuralTech.
6. Agüero, R. (2004). Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales (2ª ed.). Editorial HidroAndina.
7. Universidad Politécnica de Valencia (2003). Ingeniería hidráulica en los abastecimientos de agua (1ª ed.). UPV Editorial.
8. Eadic (2018). Diseño de redes de agua potable (3ª ed.). Editorial EADIC.
9. Arocha Ravelo (1979). Abastecimientos de agua (1ª ed.). Editorial Acuática.
10. PNUD (2009). Informe de Desarrollo Humano (1ª ed.). Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.
11. Ginebra (2011). Guías para la calidad de agua de consumo humano (2ª ed.). Editorial Salud Ambiental.

12. INEI (2023). Situación de pobreza en el Perú (1ª ed.). Instituto Nacional de Estadística e Informática.
13. MINAM (2008). Estándares de calidad ambiental del agua (1ª ed.). Ministerio del Ambiente del Perú.
14. MVCS (2018). Norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural (1ª ed.). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
15. Perú (2004). Parámetros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para centros poblados rurales (1ª ed.). Ministerio de Salud / OPS.
16. IPE (2023). La mitad de hogares en Cajamarca no accede a la red pública de agua y desagüe (1ª ed.). Instituto Peruano de Economía.
17. NICOLL (2016). Catálogo técnico saneamiento (1ª ed.). Editorial Ingeniería Integral.

LINKOGRAFÍA

1. INEI (2021). Acceso a los servicios básicos en el Perú.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3725246/Acceso%20a%20los%20Servicios%20B%C3%A1sicos%20en%20el%20Per%C3%BA%2C%202021.pdf?v=1664982194>
2. Agüero, R. (2004). Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales. *Monografía en Internet*. Lima, 9.
https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/AGUERO%202004.%20Gu%C3%ADa%20dise%C3%B1o%20y%20construcci%C3%B3n%20de%20captaci%C3%B3n%20de%20manantiales.pdf
3. MINAM (2008). Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Lima. ECA
MINAM DECRETO 002-2008-MINAM
https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf
4. VIERENDEL (2009). ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO.
https://www.academia.edu/26059370/Abastecimiento_de_Agua_y_Alcantarillado_VIERENDEL
5. (Agüero, 1997). AGUA POTABLE PARA POBLACIONES RURALES.
https://www.academia.edu/17665537/Agua_potable_para_poblaciones_rurales_sistemas_de_abastecim
6. (Agüero R. , 2004). GUÍA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CAPTACIÓN DE MANANTIALES
https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/AGUERO%202004.%20Gu%C3%ADa%20dise%C3%B1o%20y%20construcci%C3%B3n%20de%20captaci%C3%B3n%20de%20manantiales.pdf
7. (Universidad Politécnica de Valencia, 2003). INGENIERÍA HIDRÚLICA EN LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA.
https://www.academia.edu/6494429/Ingenieria_Hidraulica_en_Abastecimiento_de_Agua
8. (eadic, 2018) DISEÑO DE REDES DE AGUA POTABLE.
<https://eadic.com/blog/entrada/disenio-de-redes-de-agua-potable/>
9. (Arocha Ravelo, 1979) ABASTECIMIENTOS DE AGUA.
https://www.academia.edu/43224854/Abastecimientos_de_Agua_Teoria_y_Dise%C3%B1o_Simon_Arocha_R

10. ((PNUD), 2009) INFORME DE DESARROLLO HUMANO
<https://hdr.undp.org/system/files/documents/informe-sobre-desarrollo-humano-2009-resumo-espanol.informe-sobre-desarrollo-humano-2009-resumo-espanol>
11. (Ginebra, 2011). GUIAS PARA LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO HUMANO
<https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>
12. (INEI, 2023). SITUACIÓN DE POBREZA EN EL PERÚ
<https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/5558432-cifras-de-pobreza-2023>
13. (MINAM , 2008). ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA.
https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf
14. (MVCS, 2018). NORMA TÉCNICA DE DISEÑO: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1743222/ANEXO%20RM%20192-2018-VIVIENDA%20B.pdf.pdf>
15. (Perú, 2004). Parámetros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para centros poblados rurales.
https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/saneamiento/3_Parametros_de_dise_de_infraestructura_de_agua_y_saneamiento_CC_PP_rurales.pdf
16. (IPE, 2023). La mitad de hogares en Cajamarca no accede a la red pública de agua y desagüe.
[https://www.ipe.org.pe/portal/la-mitad-de-hogares-en-cajamarca-no-accede-a-agua-y-desague/#:~:text=En%20Cajamarca%2C%20el%20acceso%20al,%2C%20Lambayeque%20y%20La%20Libertad\).](https://www.ipe.org.pe/portal/la-mitad-de-hogares-en-cajamarca-no-accede-a-agua-y-desague/#:~:text=En%20Cajamarca%2C%20el%20acceso%20al,%2C%20Lambayeque%20y%20La%20Libertad).)
17. (NICOLL, 2016). CATÁLOGO TÉCNICO SANEAMIENTO.
https://aliasis-aws.s3.us-east-2.amazonaws.com/Cat%3%A1logo_Tuber%3%ADa+PVC_RIB+LOC+y+RIB+STEEL_Nicoll+by+aliasis.pdf

ANEXOS

ANEXO 1. Ensayo de agua del caserío de La Chuquita, Sectores Capellanía Chávez

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084

INACAL
Registro N° LE-084

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

INFORME DE ENSAYO N° IE 11241253

DATOS DEL CLIENTE	
Razon Social/Nombre	SANCHEZ ZAMORA SANDRO
Dirección	
Persona de contacto	SANCHEZ ZAMORA SANDRO
Correo electrónico	sandrozamora180401@gmail.com
Web	l.com

DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	12.11.24	Hora de Muestreo	14:35 a 15:07
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	
Procedimiento de Muestreo			
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	02		
Ensayos solicitados	Fisicoquímicos- Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación		
Referencia de la Muestra:	Jesús- Cajamarca		
Observaciones:			

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC-1466	Cadena de Custodia	CC - 1253 - 24
Fecha y Hora de Recepción	13.11.24	11:17	Inicio de Ensayo 13.11.24 11:23
Reporte Resultado	22.11.24	16:40	Lugar de ejecución de ensayos Laboratorio Regional del Agua (LRA)- Cajamarca

Escanear Codigo QR



Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 22 de Noviembre de 2024

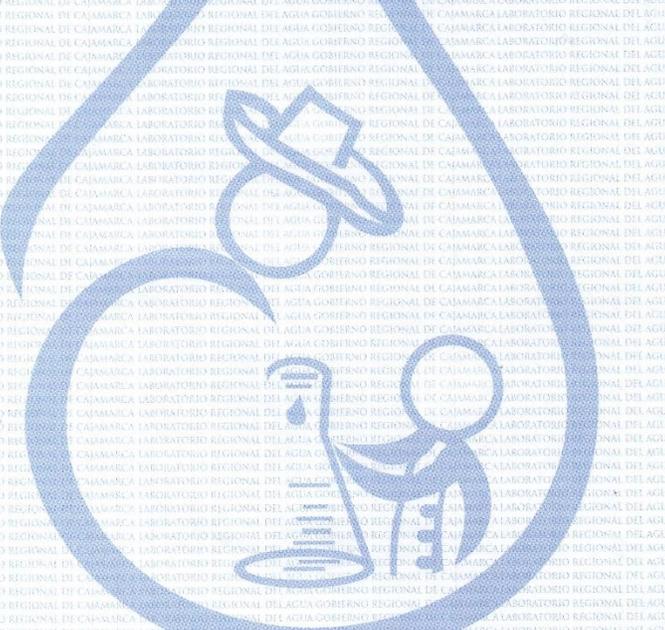
Página: 1 de 4

INFORME DE ENSAYO N° IE 11241253

ENSAYOS			Fisicoquímicos	
Código de la Muestra	M1 Capellania Chavez	M2 Retamamayo		
Código Laboratorio	11241253-01	11241253-02		
Matriz	Natural	Natural		
Descripción	Subterránea-Manantial	Subterránea-Manantial		
Localización de la Muestra	Capellania- La Chuquita	Retamamayo- La Chuquita		
Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos				
Parámetro	Unidad	LCM	0.91	2.61
Turbidez	NTU	0.09	7.46	7.65
pH a 25°C	pH	NA	496.5	460.5
Conductividad a 25°C	µS/cm	NA	231.77	185.79
Dureza Total	mg CaCO3/L	1.04		

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

() Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.*



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 22 de Noviembre de 2024

ANEXO 2. Resolución Directoral de Caudal Manantial Capellanía

RESOLUCION DIRECTORAL Nº 096 -2013. ANA.AAA. M



SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- REGULARIZAR a favor del Comité de Administración de Agua Potable del caserío Chuquita, sector Capellanía la ejecución de obras de aprovechamiento hídrico, conformadas por una captación de concreto, una línea de conducción con tubería PVC SAP, clase 7,5 de 1,5' de 25,00 m., un reservorio de concreto armado de forma cuadrado de 4,00 m², de capacidad con sus respectivos accesorios, una red de distribución con tubería PVC SAP de 1,5' y 1" de una longitud de 2 500 m.

ARTICULO SEGUNDO.- OTORGAR a favor del Comité de Administración de Agua Potable del caserío Chuquita, sector Capellanía licencia de uso de agua superficial con fines poblacionales, en vía de regularización del manantial "Capellanía Chávez" por un volumen anual de hasta 11 037,60 m³, equivalente a un caudal de hasta 0.35 l/s, la captación tiene coordenadas UTM WGS84 zona 18S: 790 491 E - 9 199 022 N a una altitud de 2 618,00 msnm, ubicado en el sector Capellanía, caserío La Chuquita, distrito Jesús, provincia y región Cajamarca; según el siguiente detalle:

Mesa	WGS84 UTM												
	E	N	AAA										
Superficie	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Superficie	107.4	146.7	107.4	107.2	107.4	107.5	107.4	107.4	107.5	107.4	107.5	107.4	107.5

ARTICULO TERCERO.- ESTABLECER que toda acción u omisión, tipificada como infracción a la Ley de Recursos Hídricos, Ley Nº 29338, que afecte la calidad del agua, será sancionada de acuerdo a la normatividad vigente.

ARTICULO CUARTO.- REMITASE copia de la presente resolución a la Oficina de Valor Económico del Agua de la Dirección de Administración de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua, para que emita el recibo por concepto de la retribución económica conforme a lo establecido en el artículo 91º de la Ley de Recursos Hídricos.

ARTICULO QUINTO.- ESTABLECER que el derecho de agua está condicionado a las necesidades reales del objeto al cual se destinan y a las fluctuaciones de las disponibilidades de agua, originadas por causas naturales.

ARTICULO SEXTO.- INSCRIBIR el presente derecho en el Registro Administrativo de Derechos de Uso de Agua de esta autoridad.

ARTICULO SETIMO.- DISPONER que el Comité de Administración de Agua Potable del caserío Chuquita, sector Capellanía, conforme lo establece el artículo 57º de la Ley de Recursos Hídricos, Ley Nº 29338, deberá instalar los dispositivos de control y medición de agua, en un plazo de un (01) año, conservándolos y manteniéndolos en buen estado, con la finalidad de registrar y reportar mensualmente a la Administración Local de Agua Cajamarca, los volúmenes diarios captados y aprovechados del manantial "Capellanía Chávez", el incumplimiento de esta disposición será sancionada conforme lo establece el artículo 277º inciso s, del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, D.S. Nº 001-2010-AG.

ARTICULO OCTAVO.- REMITIR la presente Resolución Directoral a la Administración Local de Agua Cajamarca a fin de que notifique al Comité de Administración de Agua Potable del caserío Chuquita, sector Capellanía, a la Municipalidad Distrital de Jesús, a la Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento y a la Dirección General de Salud Ambiental, en el modo y forma de Ley.

Regístrese y Comuníquese



MINISTERIO DE AGRICULTURA
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA MARAÑÓN
Ing. Emilio Mondragón Santa Cruz
DIRECTOR

ANEXO 3. Resolución Directoral de Caudal Manantial Retamamayo



ANA
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
El fedatario que suscribe certifica que el presente documento que ha tenido a la vista es COPIA FIEL DEL ORIGINAL, y al que me remito en caso necesario de lo que devé la
Cajamarca
25-03-16
Eduardo Vega Salazar
FEDATARIO

RESOLUCION DIRECTORAL N° 349 -2016-ANA-AAA.M

Cajamarca, 28 MAR. 2016

VISTO:

El expediente administrativo, ingresado con CUT N° 11256-2016, tramitado ante la Autoridad Local del Agua Cajamarca, organizado por Segundo Benito Cusquisiban Huamán en calidad de Presidente de la Junta Administradora de los Servicios de Saneamiento JASS del sector Retamamayo, sobre Licencia de Uso de Agua Superficiales con Fines Poblacionales en vía de Formalización en beneficio de la Junta Administradora de los Servicios de Saneamiento JASS del sector Retamamayo, ubicado en el caserío de La Chuquita, distrito Jesús, provincia y región Cajamarca, y;

CONSIDERANDO:

Que, según establece el artículo 15° de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, la Autoridad Nacional del Agua tiene entre otras funciones la de otorgar, modificar y extinguir, previo estudio técnico, derechos de uso de agua;

Que, la segunda Disposición Complementaria Final de la Ley de Recursos Hídricos establece que: "Los Usuarios que no cuenten con Derechos de Uso de Agua pero que estén usando el recurso natural de manera pública, pacífica y continua durante cinco (05) años o más pueden solicitar a la Autoridad Nacional el Otorgamiento de su correspondiente derecho de uso de agua, para lo cual deben acreditar dicho uso de acuerdo con las condiciones establecidas en el reglamento, siempre que no afecte el derecho de tercero, caso contrario, deben tramitar su pedido conforme lo establece la Ley y el Reglamento como derecho de agua;

Que mediante Resolución de Alcaldía N° 213-2015-MDJA, de fecha 25 de agosto del 2015, la Municipalidad Distrital de Jesús, reconoce a la Junta Administradora de los Servicios de Saneamiento JASS del sector Retamamayo ubicado en el caserío de La Chuquita, distrito Jesús, provincia y región Cajamarca; como Organización Comunal responsable de la Administración, Operación y Mantenimiento de los Servicios de Saneamiento;

Que mediante escrito del visto Segundo Benito Cusquisiban Huamán en calidad de Presidente de la Junta Administradora de los Servicios de Saneamiento JASS del sector Retamamayo, solicitó Licencia de Uso de Agua Superficiales con Fines Poblacionales en vía de Formalización, proveniente del manantial El Puquio; ubicado en el caserío de La Chuquita, distrito Jesús, provincia y región Cajamarca. El uso del Recurso Hídrico lo vienen realizando de manera pública, pacífica y continua desde el año 1998;

Que, mediante el Informe Técnico N° 146-2016-ANA-AAA.M-SDARH.MEVS, la Sub Dirección de Administración de Recursos Hídricos de esta Autoridad recomienda que es procedente otorgar a favor de la Junta Administradora de los Servicios de Saneamiento JASS del sector Retamamayo, la Licencia de Uso de Agua Superficial con Fines Poblacionales en vía de Formalización, por un volumen anual de hasta 9 461 m³, proveniente del manantial El Puquio por un caudal de hasta 0,30 l/s, con punto de captación ubicado entre las coordenadas UTM WGS 84 zona 17S: 9 198 532N – 791 144E a una altitud de 2 586 msnm. El punto centroide se ubica entre las coordenada UTM WGS 84 zona 17S: 8 198 174N – 791 127E. Políticamente ubicado en el caserío de La Chuquita, distrito Jesús, provincia y región Cajamarca;



RESOLUCION DIRECTORAL N° 349 -2016-ANA-AAA.M

Que, la infraestructura está conformada por: una (01) captación de concreto tipo ladera con sus accesorios, una (01) línea de conducción con tubería PVC SAP C-10 de Ø 0 1" hasta el reservorio en una longitud de 16.40m, un (01) reservorio de concreto armado con capacidades de 4,0 m³; una (01) cámara rompe presión tipo 7, luna (01) red de distribución con tuberías PVC SAP C-10 de diámetros ½" y 17 conexiones domiciliarias;

Que, estando a lo opinado por la Sub Dirección de Administración de Recursos Hídricos y con el visado de la Unidad de Asesoría Jurídica y en uso de las funciones y atribuciones conferidas a esta Autoridad en el artículo 38º del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua aprobado por Decreto Supremo N° 006-2010-AG, así como la Resolución Jefatural N° 225-2014-ANA, por la cual se designó al Director de la Autoridad Administrativa del Agua Marañón;

SE RESUELVE:



ARTÍCULO PRIMERO.- REGULARIZAR las Obras de Aprovechamiento Hídrico de la Junta Administradora de los Servicios de Saneamiento JASS del sector Retamamayo, conformada por: una (01) captación de concreto tipo ladera con sus accesorios, una (01) línea de conducción con tubería PVC SAP C-10 de Ø 0 1" hasta el reservorio en una longitud de 16.40m, un (01) reservorio de concreto armado con capacidades de 4,0 m³; una (01) cámara rompe presión tipo 7, luna (01) red de distribución con tuberías PVC SAP C-10 de diámetros ½" y 17 conexiones domiciliarias.



ARTICULO SEGUNDO.- OTORGAR a favor de la Junta Administradora de los Servicios de Saneamiento JASS del sector Retamamayo, la Licencia de Uso de Agua Superficial con Fines Poblacionales en vía de Formalización, por un volumen anual de hasta 9 461 m³, proveniente del manantial El Puquio por un caudal de hasta 0,30 l/s, con punto de captación ubicado entre las coordenadas UTM WGS 84 zona 17S: 9 198 532N – 791 144E a una altitud de 2 586 msnm. El punto centroide se ubica entre las coordenada UTM WGS 84 zona 17S: 8 198 174N – 791 127E. Políticamente ubicado en el caserío de La Chuquita, distrito Jesús, provincia y región Cajamarca. La Asignación mensualizada se muestra en el siguiente cuadro:



UNIDAD	VOLUMEN MENSUAL ASIGNADO (m³)												Total m³	
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.		
Caudal l/s	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	
Volumen (m³)	804	726	804	778	804	778	804	804	778	804	778	804	804	9461

ARTICULO TERCERO.- DISPONER, que Junta Administradora de los Servicios de Saneamiento JASS del sector Retamamayo, conforme establece el artículo 57º de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, deberá instalar instrumentos de control y medición de agua, en un plazo de un (01) año, conservándolos y manteniéndolos en buen estado, con la finalidad de registrar y reportar mensualmente a la Administración Local de Agua Cajamarca, los volúmenes diarios captados y aprovechados del manantial El Puquio. El incumplimiento de esta disposición será sancionado conforme se establece en la Ley de Recursos Hídricos, D.S. N° 001-2010-AG.

ARTICULO CUARTO.- ESTABLECER que toda acción u omisión tipificada como infracción a la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, que afecte la calidad del agua, será sancionada de acuerdo a la normatividad vigente.

ARTÍCULO QUINTO.- REMITIR copia de la presente Resolución Directoral a la Oficina de Valor Económico del Agua de la Dirección de Administración de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua, para el cumplimiento del pago de la retribución económica por ser el agua, patrimonio de la Nación.

ARTICULO SEXTO.- REMITIR la presente Resolución Directoral a la Dirección de Administración de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua, para su inscripción en el Registro Administrativo de Derechos de Uso de Agua.

.....
 FIDATARIO
 Eduarndo Vera Salazar
 25/03/16
 FIEL DEL ORIGINAL, y al que me remito en caso necesario de lo que doy fe.
 Cajamarca

ANEXO 4. Constancia de realización de Ensayo de Esclerometría



Universidad Nacional de Cajamarca
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Ensayo de Materiales



El jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca expide, la siguiente:

CONSTANCIA

A nombre del Bach. SÁNCHEZ ZAMORA SANDRO ALBANO, Exalumno de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Hidráulica de la Universidad Nacional de Cajamarca, con la cual se da constancia que se han realizado las siguientes actividades:

ÍTEM	DETALLE
01	Ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido

Para la Tesis Titulada: "EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL CASERÍO LA CHUQUITA DISTRITO DE JESÚS, PROVINCIA DE CAJAMARCA – CAJAMARCA - 2024". Las actividades se desarrollaron del 02 de setiembre de 2024.

Se expide el presente, para fines que se estime conveniente.

Cajamarca, 09 de enero de 2025.

Atentamente:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Mauro Coronación Vargas
JEFE DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

c.c. a:
_Archivo

ANEXO 5. RESULTADOS ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA SECTOR CAPELLANÍA CHÁVEZ



Universidad Nacional de Cajamarca
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



METODO ESTANDAR DEL NUMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO REFERENICA NTP 339.181 (A.S.T.M. C 805)			
MATERIAL:	Concreto	RESPONSABLE LEM:	Ing. Mauro Centurion V.
PROYECTO:	TESIS: "Evaluación y Propuesta de Mejoramiento del Sistema de Agua de Consumo Humano del Caserío La Chuquita Distrito de Jesús, Provincia de Cajamarca - Cajamarca - 2024"		
UBICACIÓN:	CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA		
NORMA TÉCNICA:	NTP: 339.181-2016	OPERADOR:	Tec. Germán Chaffo M.
SOLICITANTE:	Tesista: Sanchez Zamora Sandro Albano	FECHA:	12/diciembre/2024

VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN ENSAYO 01 - RESERVOIRIO 01			
TIPO:	Pared de reservorio R-01	ESCLERÓMETRO:	
RESISTENCIA DE DISEÑO:	210 Kg/cm ²	MARCA:	Zhejiang Tugong
EDAD:	01 años	MODELO / CÓDIGO:	Int/2578

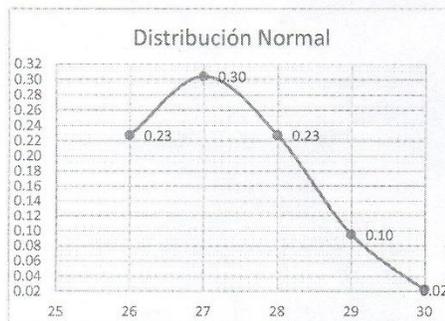
ORIENTACIÓN DEL MARTILLO	Nº REBOTES	VALIDACIÓN
	26	VALIDO
	27	VALIDO
	27	VALIDO
	28	VALIDO
	29	VALIDO
	30	VALIDO



SEGMENTO	DISTRIBUCIÓN NORMAL
26	0.23
27	0.30
28	0.23
29	0.10
30	0.02

PARÁMETRO ESTADÍSTICO	
PROMEDIO	27
DESVIACIÓN ESTARDAR	1.31

PARAMETRO ESTIMADO	
ORIENTACIÓN	α-0°
RESISTENCIA ESTIMADA	165 Kg/cm ²



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
Germán Chaffo Mendoza
 GERENTE LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

METODO ESTANDAR DEL NUMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO

ANEXO 6. RESULTADOS ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA SECTOR RETAMAMAYO



Universidad Nacional de Cajamarca
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



REFERENCIA NTP 339.181 (A.S.T.M. C 805)			
MATERIAL:	Concreto	RESPONSABLE LEM:	Ing. Mauro Centurion V.
PROYECTO:	TESIS: "Evaluación y Propuesta de Mejoramiento del Sistema de Agua de Consumo Humano del Caserío La Chuquita Distrito de Jesús, Provincia de Cajamarca - Cajamarca - 2024"		
UBICACIÓN:	CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA		
NORMA TÉCNICA:	NTP: 339.181-2016	OPERADOR:	Tec. Germán Chaffo M.
SOLICITANTE:	Tesista: Sanchez Zamora Sandro Albano	FECHA:	12/diciembre/2024

VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN ENSAYO 02 - RESERVOIRIO 02			
TIPO:	Pared de reservorio R:02	ESCLERÓMETRO:	
RESISTENCIA DE DISEÑO:	210 Kg/cm ²	MARCA:	Zhejiang Tugong
EDAD:	01 años	MODELO / CÓDIGO:	Int/2578

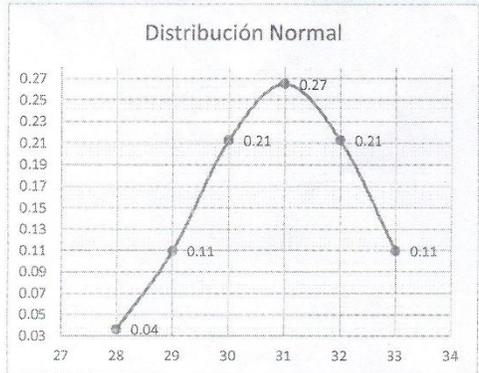
ORIENTACIÓN DEL MARTILLO	Nº REBOTES	VALIDACIÓN
	28	VALIDO
	28	VALIDO
	30	VALIDO
	30	VALIDO
	30	VALIDO
	31	VALIDO
	32	VALIDO
	32	VALIDO
	33	VALIDO



SEGMENTO	DISTRIBUCIÓN NORMAL
28	0.04
29	0.11
30	0.21
31	0.27
32	0.21
33	0.11

PARÁMETRO ESTADÍSTICO	
PROMEDIO	31
DESVIACIÓN ESTARDAR	1.51

PARAMETRO ESTIMADO	
ORIENTACIÓN	α-0°
RESISTENCIA ESTIMADA	220 Kg/cm ²



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERIA
Germán Chaffo
 Germán Chaffo Mendoza
 LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

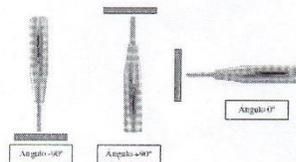
ANEXO 7. TABLA DE POSIBLE RESISTENCIA



Universidad Nacional de Cajamarca
FACULTAD DE INGENIERÍA
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



CUADRO I: PROBABLE RESISTENCIA					
R	$\alpha-90^\circ$	$\alpha-45^\circ$	$\alpha-0^\circ$	$\alpha+45^\circ$	$\alpha+90^\circ$
20	125	115	-	-	-
21	135	125	-	-	-
22	145	135	110	-	-
23	160	145	120	-	-
24	170	160	130	-	-
25	180	170	140	100	-
26	198	185	158	115	-
27	210	200	165	130	105
28	220	210	180	140	120
29	238	220	190	150	138
30	250	238	210	170	145
31	260	250	220	180	160
32	280	235	238	190	170
33	290	280	250	210	190
34	310	290	260	220	200
35	320	310	280	238	218
36	340	320	290	250	230
37	350	340	310	235	245
38	370	350	320	280	260
39	380	370	340	300	280
40	400	380	350	310	295
41	410	400	370	330	310
42	425	415	380	345	325
43	440	430	400	360	340
44	460	450	420	380	360
45	470	460	430	395	375
46	490	480	450	410	390
47	500	495	465	430	410
48	520	510	480	445	430
49	540	525	500	460	445
50	550	540	515	480	460
51	570	560	530	500	480
52	580	570	550	515	500
53	600	590	565	530	520
54	> 600	> 600	580	550	530
55	> 600	> 600	600	570	550



Anexo 8. Autorización para realizar la investigación en el Sector Capellanía Chávez

JUNTA ADMINISTRADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO CAPELLANÍA CHÁVEZ

Teléfono +51 993 348 525

Fecha: 15/08/2024

A quien corresponda:

Por medio de la presente, en mi calidad de Presidente de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) Capellanía Chávez, otorgo autorización al señor **Sandro A. Sánchez Zamora** para realizar la evaluación integral del sistema de agua potable administrado por nuestra JASS, como parte de los estudios correspondientes a su tesis profesional.

Esta evaluación tiene como propósito analizar y proponer mejoras en la operación, mantenimiento y funcionalidad del sistema, contribuyendo al fortalecimiento de nuestro servicio y al bienestar de la comunidad. Confiamos en que este trabajo será llevado a cabo con profesionalismo, responsabilidad y respeto a la infraestructura existente.

Quedamos a disposición para coordinar cualquier detalle adicional que sea necesario para el desarrollo de esta importante labor.

Atentamente,



Walter Jara Quispe

Presidente de la JASS

DNI: 26700081



Bach. Sandro Sánchez Zamora

Bachiller de Ingeniería Hidráulica

DNI: 70199575

Anexo 9. Autorización para realizar la investigación en el Sector Retamamayo

JUNTA ADMINISTRADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO RETAMAMAYO

Teléfono +51 970 293 198

Fecha: 20/09/2024

A quien corresponda:

Por medio de la presente, en mi calidad de Secretario de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) Retamamayo, otorgo autorización al señor **Sandro A. Sánchez Zamora** para realizar la evaluación integral del sistema de agua potable administrado por nuestra JASS, como parte de los estudios correspondientes a su tesis profesional.

Esta evaluación tiene como propósito analizar y proponer mejoras en la operación, mantenimiento y funcionalidad del sistema, contribuyendo al fortalecimiento de nuestro servicio y al bienestar de la comunidad. Confiamos en que este trabajo será llevado a cabo con profesionalismo, responsabilidad y respeto a la infraestructura existente.

Quedamos a disposición para coordinar cualquier detalle adicional que sea necesario para el desarrollo de esta importante labor.

Atentamente,



.....
Eleazar Chávez Chamay

Secretario de la JASS

DNI: 26650863



.....
Bach. Sandro Sánchez Zamora

Bachiller de Ingeniería Hidráulica

DNI: 70199575

Anexo 10. Permiso para ensayo de esclerometría Sector Capellanía Chávez

JUNTA ADMINISTRADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO CAPELLANÍA CHÁVEZ

Teléfono +51 993 348 525

Fecha: 3/12/2024

A quien corresponda:

Por medio de la presente, en mi calidad de presidente de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) **Capellanía Chávez**, autorizo al señor **Sandro A. Sánchez Zamora** a realizar un ensayo de esclerometría en el reservorio de nuestro Sistema de Agua Potable..

Esta autorización se otorga con el objetivo de evaluar las condiciones estructurales del reservorio, bajo la garantía de que el procedimiento se llevará a cabo de forma profesional, siguiendo las normas técnicas correspondientes y sin causar daños a la infraestructura ni afectar el servicio de agua que brindamos.

Agradecemos de antemano el compromiso y la colaboración del señor **Sandro Sánchez Zamora** en este trabajo de importancia para nuestra comunidad.

Atentamente,



Walter Jara Quispe
Presidente de la JASS
DNI: 26700081

Anexo 11. Permiso para ensayo de esclerometría Sector Retamamayo

JUNTA ADMINISTRADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO RETAMAMAYO

Teléfono: +51 970 293 198

Fecha: 3/12/2024

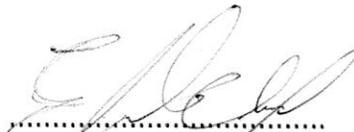
A quien corresponda:

Por medio de la presente, en mi calidad de secretario de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) **Retamamayo**, autorizo al señor **Sandro A. Sánchez Zamora** a realizar un ensayo de esclerometría en el reservorio de nuestro Sistema de Agua Potable.

Esta autorización se otorga con el objetivo de evaluar las condiciones estructurales del reservorio, bajo la garantía de que el procedimiento se llevará a cabo de forma profesional, siguiendo las normas técnicas correspondientes y sin causar daños a la infraestructura ni afectar el servicio de agua que brindamos.

Agradecemos de antemano el compromiso y la colaboración del señor **Sandro Sánchez Zamora** en este trabajo de importancia para nuestra comunidad.

Atentamente,



Eleazar Chávez Chamay

Secretario de la JASS

DNI: 26650863

Anexo 12. Compromiso de reconstrucción de áreas afectadas por ensayo de esclerometría sector Capellanía Chávez

COMPROMISO DE RECONSTRUCCIÓN DE ÁREAS AFECTADAS POR ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA

JUNTA ADMINISTRADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO CAPELLANÍA CHÁVEZ

La Chuquita-Jesús-Cajamarca

Teléfono: +51 993 348 525

Fecha: 3/12/2024

Señor:

Presidente de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) Capellanía Chávez.

Por la presente, me comprometo formalmente, yo **Sandro Albano Sánchez Zamora**, a realizar la reparación y reconstrucción de cualquier parte de la infraestructura del reservorio que pueda resultar afectada durante la ejecución del ensayo de esclerometría autorizado.

Esta reconstrucción será llevada a cabo con materiales de calidad y siguiendo las especificaciones técnicas requeridas, con el fin de garantizar que la estructura recupere sus condiciones originales de funcionalidad y seguridad.

Asimismo, aseguramos que el trabajo será realizado en el menor tiempo posible, minimizando cualquier impacto sobre las operaciones del reservorio y el servicio de agua brindado por la JASS.

Quedamos a su disposición para coordinar cualquier detalle adicional relacionado con este compromiso.

Atentamente,


.....
Bach. Sandro Sánchez Zamora
Bachiller de Ingeniería Hidráulica
DNI: 70199575


.....
Walter Jara Quispe
Presidente de la JASS
DNI: 26700081

Anexo 13. Compromiso de reconstrucción de áreas afectadas por ensayo de esclerometría sector Retamamayo.

COMPROMISO DE RECONSTRUCCIÓN DE ÁREAS AFECTADAS POR ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA

JUNTA ADMINISTRADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO RETAMAMAYO

Caserío "La Chuquita" – Jesús - Cajamarca

Teléfono: +51 970 293 198

Fecha: 3/12/2024

Señor:

Secretario de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) Retamamayo.

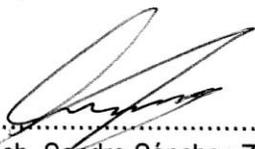
Por la presente, me comprometo formalmente, yo **Sandro Albano Sánchez Zamora**, a realizar la reparación y reconstrucción de cualquier parte de la infraestructura del reservorio que pueda resultar afectada durante la ejecución del ensayo de esclerometría autorizado.

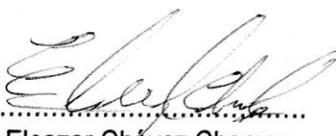
Esta reconstrucción será llevada a cabo con materiales de calidad y siguiendo las especificaciones técnicas requeridas, con el fin de garantizar que la estructura recupere sus condiciones originales de funcionalidad y seguridad.

Asimismo, aseguramos que el trabajo será realizado en el menor tiempo posible, minimizando cualquier impacto sobre las operaciones del reservorio y el servicio de agua brindado por la JASS.

Quedamos a su disposición para coordinar cualquier detalle adicional relacionado con este compromiso.

Atentamente,


.....
Bach. Sandro Sánchez Zamora
Bachiller de Ingeniería Hidráulica
DNI: 70199575


.....
Eleazar Chávez Chamay
Secretario de la JASS
DNI: 26650863

Anexo 14. Ubicación Caserío “La Chuquita”



PANEL FOTOGRAFICO

Fotografía 1. Dimensionando Captación en Sector Capellanía Chávez



Fotografía 2. Midiendo los niveles de la captación para el aforo del manantial



Fotografía 3. Dimensionando la Segunda Captación en Sistema de agua potable Capellanía Chávez



Fotografía 4. Mal estado de limpieza en la Captación “POZO EL VEGA 02”



Fotografía 5. Dado de protección de tubería de rebose de Captación “ Pozo el Vega 02” hacia canal para uso de irrigación



Fotografía 6. Dado de protección de tubería de rebose de Captación “ Pozo el Vega 01” hacia canal para uso de irrigación



Fotografía 7. Canal para uso de riego en la comunidad



Fotografía 8. Estanque del Caserío La Chuquita para uso agrícola



Fotografía 9. Medición de niveles del reservorio Capellanía Chávez. 7:00 P.m



Fotografía 10. Medición de niveles del reservorio Capellanía Chávez 8:00 P.m.



Fotografía 11. Medición de niveles del reservorio Capellanía Chávez 5:00 P.m.



Fotografía 12. Medición de niveles del reservorio 3:00 P.m.



Fotografía 13. Medición de niveles del reservorio Retamamayo



Fotografía 14. Caja de válvulas de control del sistema



Fotografía 15. Visita a Captación “RETAMAMAYO”



Fotografía 16. Dimensionamiento de captación RETAMAMAYO



Fotografía 17. Dado de protección de salida de tubería de rebose y limpia en la Captación Retamamayo.



Fotografía 18. Tubería de drenaje de cunetas en el Reservorio Retamamayo



Fotografía 19. Dado de protección de salida de tubería de rebose y limpia del reservorio Retamamayo



Fotografía 20. Encuestando a la población



Fotografía 21. Artefacto usado para la medición de presiones



Fotografía 22. Medición de presión en UBS Sector Retamamayo



Fotografía 23. Equipamiento para muestreo de aguas en caserío “La Chuquita”



Fotografía 24. Extracción de muestras de agua Sector Retamamayo



Fotografía 25. Adición de reactivo a las muestras de agua del sector Capellanía Chávez



Fotografía 26. Válvula de Purga



Fotografía 27. Dado de protección de tubería de Salida en la válvula de purga



Fotografía 28. Dimensionamiento de las Cámaras Rompe Presión - 7



Fotografía 29. Animales encontrados dentro de la Caja de Válvulas del reservorio Capellanía Chávez



Fotografía 30. Dimensionamiento de las Cámaras Rompe Presión – 7 (cámara 5)



Fotografía 31. Superficie sin tarrajeo para ensayo de esclerometría



Fotografía 32. Ensayo de Esclerometría S.A.P. CAPELLANÍA CHÁVEZ



Fotografía 33. Ensayo de Esclerometría S.A.P. RETAMAMAYO



Dr. Ing. MENDEZ CRUZ GASPAR VIRILO
ASESOR

Bach. Sánchez Zamora Sandro
TESISTA