

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
HIDRÁULICA



TESIS

**“EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE AGUA
POTABLE DEL CASERÍO VALLE VERDE, DISTRITO
DE BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO HIDRÁULICO**

AUTOR:

Bach. OSWALDO DE LA CRUZ VARGAS

ASESOR:

DR. ING. GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ

CAJAMARCA-PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** OSWALDO DE LA CRUZ VARGAS
DNI: 75871554
Escuela Profesional: INGENIERIA HIDRAULICA
- Asesor:** GASPAR VIRILO MENDEZ CRUZ
Facultad: INGENIERIA
- 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 HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO VALLE VERDE,
DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA"
- Fecha de evaluación:** 16 abril 2024
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 20%
- Código Documento:** oid: 3117:347770761
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**

APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 28 mayo 2024



FIRMA DEL ASESOR
GASPAR VIRILO MENDEZ CRUZ

DNI: 26631950



Firmado digitalmente por:
FERNANDEZ LEON Yvonne
Katherine FAU 20148258801 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 28/05/2024 12:41:50-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por brindarme su confianza y apoyo incondicional durante toda mi formación profesional.

A los miembros de la JASS del caserío Valle Verde, por su tiempo y permitir desarrollar mi investigación.

A mi asesor Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz, por su desinteresado apoyo en el desarrollo de mi tesis con sus amplios conocimientos en hidráulica.

Oswaldo De la Cruz Vargas

DEDICATORIA

No temas, porque yo estoy contigo; no desmayes, porque yo soy tu Dios que te esfuerzo; siempre te ayudaré, siempre te sustentaré con la diestra de mi justicia. Isaías 41:10.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.....	I
DEDICATORIA	II
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VVIII
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	IIX
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1 Contextualización.....	1
1.1.2 Descripción del problema.....	1
1.1.3 Formulación del problema.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN EIMPORTNACIA DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.2.1 Justificación científica.....	2
1.2.2 Justificación técnica- práctica.....	2
1.2.3 Justificación institucional y personal.....	2
1.3 ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.4 LIMITACIONES.....	3
1.5 OBJETIVOS.....	3
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
2.1.1 INTERNACIONAL	4
2.1.2 NACIONAL	4
2.1.3 LOCAL.....	4
2.2 BASES TEÓRICAS	5
2.2.1 Eficiencia de los sistemas de agua potable.....	5
2.2.2 Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento.....	5
2.2.3 Manantiales	6
2.2.4 Captación de ladera	6
2.2.5 Aforo volumétrico	8
2.2.6 Bombas Hidráulicas	9
2.2.7 Bombas centrífugas	9
2.2.8 Tipos de bombas centrífugas.....	10
2.2.9 Punto de operación	11
2.2.10 Bombas hidráulicas en paralelo.....	11
2.2.11 Bombas hidráulicas en serie	13

2.2.12	Medidor de surtidor único.....	14
2.2.13	Estación de bombeo.....	15
2.2.14	Caudal de bombeo (Qb).....	16
2.2.15	Ecuación general de la energía.....	17
2.2.16	Numero de Reynolds.....	17
2.2.17	Válvulas y accesorios.....	18
2.2.18	Perdidas por fricción ecuación de Hazen-Williams.....	19
2.2.19	Perdidas por fricción ecuación de Darcy-Weisbach.....	20
2.2.20	Carga Neta Positiva en la Succión requerida (NPSHR).....	21
2.2.21	Carga Neta Positiva en la Succión disponible (NPSD).....	21
2.2.22	Cavitación.....	22
2.2.23	Golpe de ariete.....	23
2.2.24	Operación y mantenimiento de la estación de bombeo.....	24
2.2.25	Línea de impulsión.....	24
2.2.26	Reservor.....	25
2.2.27	Operación y mantenimiento del reservorio.....	27
2.2.28	Volumen de regulación.....	27
2.2.29	Línea de aducción.....	28
2.2.30	Red de distribución.....	29
2.2.31	Tipos de consumo.....	30
2.2.32	Variaciones de consumo.....	31
2.2.33	Parámetros hidráulicos población de diseño.....	33
2.2.34	Funcionamiento hidráulico de la red de distribución del sistema.....	35
2.2.35	Caudal de diseño.....	35
2.2.36	Diámetro mínimo.....	35
2.2.37	Velocidad.....	35
2.2.38	Presión.....	35
2.2.39	Descripción general del paquete computacional WaterGEMS.....	36
2.2.40	Elaboración una simulación hidráulica.....	36
2.2.41	Evaluación del estado de la infraestructura.....	36
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....		37
3.1	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	37
3.1.1	Ubicación geográfica del área de estudio.....	37
3.1.2	Población.....	40
3.1.3	Clima.....	40
3.1.4	Topografía.....	40
3.2	ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO VALLE VERDE.....	40
3.3	MATERIALES, EQUIPOS Y SOFTWARES.....	41
3.3.1	Materiales.....	41
3.3.2	Equipos.....	41
3.3.3	Softwares.....	41
3.4	METODOLOGÍA.....	41
3.5	PROCEDIMIENTO.....	42
3.5.1	Reconocimiento y descripción de los componentes del sistema de agua potable del	

caserío Valle Verde	42
3.5.2 Evaluación de estado de la infraestructura existente del sistema	42
3.5.3 Evaluación hidráulica del sistema de agua potable	43
3.5.4 Operación y mantenimiento del Sistema.....	45
3.5.5 Situación de la Junta Directiva.....	45
CAPÍTULO IV. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	46
4.1 Reconocimiento del Sistema de Agua Potable del caserío Valle Verde	46
4.2 Evaluación de la infraestructura Hidráulica	47
4.2.1 Captación.....	47
4.2.2 Estación de bombeo.....	48
4.2.3 Línea de succión.....	49
4.2.4 Línea de impulsión	50
4.2.5 Reservorio	51
4.2.6 Línea de aducción.....	52
4.2.7 Red de distribución.....	53
4.3 Evaluación hidráulica del sistema de agua potable	53
4.3.1 Reservorio	53
4.3.2 Captación.....	56
4.3.3 Tubería de conducción	60
4.3.4 Estación de bombeo.....	63
4.3.5 Línea de succión.....	73
4.3.6 Línea de impulsión	78
4.3.7 Línea de aducción.....	79
4.3.8 Red de distribución.....	80
4.4. Operación y mantenimiento del sistema de agua potable	81
4.5. Situación de la Junta Administrativa.....	81
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
5.1 Conclusiones	83
5.2 Recomendaciones.....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
Bibliografía	85
Linkografía.....	88
ANEXOS:	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento.....	5
Figura 2: Tipos de captación.....	6
Figura 3: Perfil de captación de ladera.....	7
Figura 4: Tipo de bombas centrífugas.....	10
Figura 5: Tipo de bombas centrífugas.....	10
Figura 6: Punto de operación del sistema.	11
Figura 7: Esquema de conexión en paralelo y curva H vs Q	12
Figura 8: Bombas en paralelo curva carga vs Capacidad.....	12
Figura 9: Esquema de conexión en serie y curva H vs Q	13
Figura 10: El funcionamiento en serie, curva carga vs Capacidad	14
Figura 11: Medidor de agua de chorro único.....	14
Figura 12: Estación de bombeo.....	15
Figura 13: Presión en un proceso de cavitación hidrodinámica.....	22
Figura 14: Presión en un proceso de cavitación hidrodinámica.....	23
Figura 15: Golpe de ariete aumento de presión en la línea piezométrica	24
Figura 16: Reservorio de regulación.....	25
Figura 17: volumen de regulación de un reservorio usando diagrama de masa	28
Figura 18: Red de distribución cerrada	29
Figura 19: Red de distribución abierta.....	30
Figura 20: Gasto de consumo máximo diario	31
Figura 21: Gasto de consumo máximo horario.....	32
Figura 22: Mapa político del Perú	37
Figura 23: Mapa de los departamentos de Cajamarca	38
Figura 24: Mapa de los distritos de Cajamarca.....	38
Figura 25: Ubicación del Caserío Valle Verde	39
Figura 26: Ubicación del Caserío Valle Verde	39
Figura 27: Esquema del sistema de abastecimiento de agua potable existente.....	46

Figura 28: Captación del sistema	48
Figura 29: Bombas hidráulicas instaladas en paralelo	49
Figura 30: Especificaciones técnicas de las bombas hidráulicas	49
Figura 31: Tubería de impulsión.....	50
Figura 32: Tubería de impulsión en mal estado.....	51
Figura 33: Reservorio del sistema.....	52
Figura 34: Tubería de aducción	52
Figura 35: Red de distribución.....	53
Figura 36: Caudal máximo diario	54
Figura 37: Caudal máximo horario	55
Figura 38: Medidas de la cámara húmeda tomadas en campo.....	58
Figura 39: Esquema de instalación de bombas	63
Figura 40: Selección de bomba hidráulica	70
Figura 41: Selección de bomba según diámetro del impulsor	70
Figura 42: Curva del sistema	71
Figura 43: Punto de operación del sistema	72
Figura 44: Esquema de sumergencia	75
Figura 45: Esquema de succión	76
Figura 46: Opinión de los usuarios respecto al manejo de la Junta Directiva	82
Figura 47: Reservorio circular	89
Figura 48: Visita a la captación del sistema.....	89
Figura 49: Válvulas del Reservorio.	90
Figura 50: Tubería de impulsión.....	90
Figura 51: Tubería de aducción	91
Figura 52: Válvula de aire.....	91
Figura 53: Tubería de impulsión.....	92
Figura 54: Medidas de presiones	92
Figura 55: Caserío Valle Verde	93

Figura 56: Vista del caserío Valle Verde	93
Figura 57: Esquema sistema de agua potable	110
Figura 58: Perfil de la línea de impulsión	111
Figura 59: Red de distribución	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coeficiente K de pérdidas por accesorios	19
Tabla 2: Coeficiente de Hazen-Williams para diferentes materiales	20
Tabla 3: Actividades de mantenimiento para reservorios	27
Tabla 4: Dotación de agua según forma de disposición de excretas	33
Tabla 5: Resultados del aforo en la captación.....	34
Tabla 6: Resultados de aforo.....	64
Tabla 7: Resultados metales disueltos.....	62
Tabla 8: Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos.....	62
Tabla 9: Resultados de aforos bomba 1 (azul).....	64
Tabla 10: Resultados de aforos bomba 2 (gris).....	64
Tabla 11: Comparación de pérdidas por fricción	68
Tabla 12: Comparación de diámetros de la tubería de impulsión	79
Tabla 13: Presiones medidas en el sistema	80

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Altura de agua en captación	7
Ecuación 2: Altura total de agua en captación	7
Ecuación 3: Longitud de canastillas.....	8
Ecuación 4: Diámetro de tubería de rebose.....	8
Ecuación 5: Caudal en tuberías	8
Ecuación 6: Aforo volumétrico.....	9

Ecuación 7: Sugerencia mínima.....	15
Ecuación 8: Condición hidráulica de sugerencia	15
Ecuación 9: Caudal de bombeo.....	16
Ecuación 10: Altura dinámica total en el sistema de bombeo.....	16
Ecuación 11: Potencia de la bomba	16
Ecuación 12: Volumen de cámara de bombeo	17
Ecuación 13: Ecuación de la energía	17
Ecuación 14: Numero de Reynolds.....	18
Ecuación 15: Perdidas por accesorios.....	18
Ecuación 16: Perdidas por fricción Hazen-Williams	20
Ecuación 17: Perdidas por fricción Darcy-Weisbach	20
Ecuación 18: Factor de Fricción para flujo laminar	21
Ecuación 19: Factor de Fricción para flujo turbulento.....	21
Ecuación 20: Carga Neta Positiva en la Succión disponible.....	21
Ecuación 21: Diámetro de tubería en función al caudal de bombeo	25
Ecuación 22: Volumen de almacenamiento.....	29
Ecuación 23: Variación de consumo diario.....	32
Ecuación 24: Variación de consumo horario	32
Ecuación 25: Densidad poblacional	33
Ecuación 26: Caudal medio	34
Ecuación 27: Calculo de caudal medio	34
Ecuación 28: Dotación.....	34
Ecuación 29: Caudal máximo diario.....	34
Ecuación 30: Caudal máximo horario.....	34

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Panel fotográfico.....	89
Anexo 2: Registro de caudales 01/08/2023 a 08/08/2023	94

Anexo 3: Registro de caudales 09/08/2023 a 16/08/2023	95
Anexo 4: Registro de caudales 17/08/2023 a 24/08/2023	96
Anexo 4: Registro de caudales 25/08/2023 a 31/08/2023	97
Anexo 5: Caudales generados para la curva del sistema.	98
Anexo 6: Validación de encuesta.....	101
Anexo 7: Formato de encuesta.....	102
Anexo 8: Ensayo físico químico	104
Anexo 9: Coeficientes de rugosidad absoluta.....	108
Anexo 10: Planos	109

RESUMEN

El propósito principal de la presente investigación fue evaluar el sistema de agua potable del Caserío Valle Verde, Distrito de Baños del Inca – Cajamarca 2023. El sistema presenta ciertas deficiencias como bajas presiones, las estructuras hidráulicas se encuentran en proceso de deterioro. El sistema está compuesto por una captación tipo manantial de ladera (2664.80 m.s.n.m.), línea de conducción, estación de bombeo (2661.19 m.s.n.m.), reservorio (2896.85 m.s.n.m.), línea de aducción y la red de distribución. Se desarrolló una metodología de tipo descriptiva, evaluando la funcionalidad de las estructuras hidráulicas, aforando los volúmenes de consumo diario y horario en el reservorio, realizando la medida de las presiones en las viviendas, dando como resultado, que el sistema hidráulicamente es funcional aunque se encuentra en un estado de deterioro, los caudales de consumo son: $Q_m = 0.375$ L/s, $Q_{md} = 0.433$ L/s, $Q_{mh} = 0.769$ L/s, los coeficientes de variación de consumo son: $K_1 = 1.155$, $K_2 = 2.053$, la dotación de la población es de $Dot = 76.41$ L/p/d, estos parámetros son aceptables ya que estos valores se aproximan a lo normado (MVCS, 2018), el reservorio tiene una capacidad de 25 m³ lo que es aceptable para un bombeo discontinuo, la línea de aducción y la red de distribución presentan una condición de desempeño no deseado debido a que las velocidades obtenidas en software WaterGEMS son menores a 0.6 m/s, valor que sugiere (MVCS, 2018), las presiones obtenidas en la red de distribución son de 5.10 m.c.a. hasta los 48.00 m.c.a. La operación del sistema está bajo la responsabilidad de un operador remunerado, contratado por la JASS, el mantenimiento se realiza dos veces al año, los usuarios realizan un pago de 2.50 soles por metro cúbico de agua, no existe usuarios exonerados. Sobre la administración del sistema de agua potable el 25% de la población cree que se realiza una mala administración, 34% de la población cree que se realiza una administración regular, 41% de la población cree que la administración actual es buena.

Palabras clave: Evaluación hidráulica, sistema de agua potable, bombas hidráulicas, caudal medio (Q_m), caudal máximo diario (Q_{md}), caudal máximo horario (Q_{mh}), coeficiente de variación diario (K_1), coeficiente de variación horario (K_2), dotación (Dot).

ABSTRACT

The main purpose of this investigation was to evaluate the drinking water system of the Caserío Valle Verde, Baños del Inca District - Cajamarca 2023. The system has certain deficiencies such as low pressures, the hydraulic structures are in the process of deterioration. The system is composed of a hillside spring-type catchment (2664.80 m.a.s.l.), conduction line, pumping station (2661.19 m.a.s.l.), reservoir (2896.85 m.a.s.l.), adduction line and the distribution network. A descriptive methodology was developed, evaluating the functionality of the hydraulic structures, gauging the volume of daily and hourly consumption in the reservoir, measuring the pressures in the homes, resulting in the system being hydraulically functional although it is in a state of deterioration, the consumption flows are: $Q_m = 0.375$ L/s, $Q_{md} = 0.433$ L/s, $Q_{mh} = 0.769$ L/s, the consumption variation coefficients are: $K_1 = 1.155$, $K_2 = 2.053$, The population's endowment is $Dot = 76.41$ L/p/d, these parameters are acceptable since these values are close to the regulations (MVCS, 2018), the reservoir has a capacity of 25 m³, which is acceptable for pumping discontinuous, the adduction line and the distribution network present an undesirable performance condition because the velocities obtained in WaterGEMS software are less than 0.6 m/s, a value that suggests (MVCS, 2018), the pressures obtained in the network distribution are 5.10 m.c.a. up to 48.00 m.c.a. The operation of the system is under the responsibility of a paid operator, hired by the JASS, maintenance is carried out twice a year, users pay 2.50 soles per cubic meter of water, there are no exempt users. Regarding the administration of the drinking water system, 25% of the population believes that poor administration is carried out, 34% of the population believes that regular administration is carried out, 41% of the population believes that the current administration is good.

Keywords: Hydraulic evaluation, drinking water system, hydraulic pumps, average flow (Q_m), maximum daily flow (Q_{md}), maximum hourly flow (Q_{mh}), daily coefficient of variation (K_1), hourly coefficient of variation (K_2), equipment (Dot).

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 Contextualización

El Perú viene acarreado serios inconvenientes en el abastecimiento de agua a potable a la población en especial en las zonas rurales, debido a la falta de información sobre el estado en que se encuentran los diversos sistemas de agua potable a esto se le suma la desconfianza por parte de los usuarios y miembros de las JASS ante cualquier estudio que se intente realizar, por ello es necesario evaluar los sistemas de agua potable para poder garantizar el adecuado servicio de agua potable a la población. No solo se debe garantizar un suministro continuo y de calidad a los usuarios si no también, económico pues las zonas más alejadas del Perú son también las más afectadas por la reciente crisis económica. La ausencia de una fuente de agua adecuada para abastecer a la población es una clara limitante a la hora de desarrollar proyectos de saneamiento básico rural, así mismo la ubicación de los manantiales determinan si el sistema funcionaria por gravedad o bombeo, el cual resulta más costoso tanto en ejecución como en el mantenimiento.

1.1.2 Descripción del problema

El sistema de abastecimiento de agua potable funciona por bombeo y para su distribución a las conexiones domiciliarias es por gravedad, la red de distribución ha sufrido cambios debido a la incorporación de nuevos usuarios, sumado a esto el sistema tiene más de 16 años de antigüedad lo que se refleja en el deterioro de las estructuras y máquinas hidráulicas, lo cual provoca una serie de inconvenientes y malestares en la prestación del servicio de agua potable a los usuarios; tales como presiones bajas, interrupciones en el servicio, la captación se encuentra en mal estado con presencia de materia orgánica en descomposición, recibe una desinfección semestral con hipoclorito de sodio disminuyendo la población microbiana, pero las concentraciones de sodio, calcio y los valores de pH están aumentando en las líneas impulsión y distribución, presentando un potencial riesgo para la salud de la población del caserío Valle verde.

1.1.3 Formulación del problema

El agua bombeada disponible no cubre la demanda y las concentraciones de sodio, calcio y valor de PH van en aumento en el sistema de agua potable de caserío Valle Verde, en el distrito de Baños del Inca-Cajamarca.

1.2 JUSTIFICACIÓN EIMPORTNACIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Justificación científica

Es necesario realizar estudios científicos de los sistemas de abastecimiento de agua potable pues no existe información detallada del funcionamiento de estos sistemas, en especial en las zonas rurales. Al realizar la presente investigación la información recolectada nos brindará una comprensión detallada del funcionamiento del sistema de agua potable y recopilará datos esenciales para el diseño de sistemas hidráulicos de bombeo, de igual forma servirá de referencia para estudios científicos posteriores relacionados con el saneamiento básico, sirviendo como material de consulta para estudiantes e investigadores.

1.2.2 Justificación técnica- práctica

La presente investigación permite tener conocimiento del estado actual del sistema de agua potable del caserío Valle Verde ubicado en la provincia de Cajamarca, información que servirá para tomar las acciones necesarias para su mejoramiento en los aspectos: infraestructura, operación, gestión, y mantenimiento; asimismo, contribuirá para que la comunidad y organismos encargados de administrar estos servicios asuman nuevas políticas que direccionen hacia un mejor uso de este servicio ya que hasta la fecha no existe ningún estudio de investigación en el sistema.

1.2.3 Justificación institucional y personal

Estos trabajos competen a la Ingeniería Hidráulica, la cual es una carrera profesional única en el Perú y pertenece a la Universidad Nacional de Cajamarca, tiene el deber de participar en la solución de problemas relacionados con el aprovechamiento hídrico, teniendo en cuenta a todas las poblaciones sean rurales o urbanas. En el ámbito personal permitirá al tesista superarse en el ámbito académico logrando obtener su título profesional.

1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se centrará en el sistema de agua potable del caserío Valle Verde, Baños del Inca-Cajamarca, durante el año 2023. La recopilación de información se realizó durante los meses el agosto y setiembre, en ese tiempo se realizó las mediciones en el reservorio, la toma de presiones dinámicas en las viviendas y aforos en la captación. Se abordaron conceptos y teorías de la hidráulica, gestión de recurso hídricos, topografía e hidrología. Lo peculiar de este sistema rural, es que abastece de agua a la comunidad, con

un proceso de impulsión apoyado por bombeo.

1.4 LIMITACIONES

Existen problemas sociales relacionados al manejo de los recursos hídricos debido a su escasez, esto ocasiona una desconfianza en la población y miembros de la JASS ante cualquier estudio que se realice en la zona, debido a esto las visitas a las máquinas y estructuras hidráulicas para realizar mediciones se vieron seriamente limitadas lo que impide un análisis exhaustivo del sistema. Debido a la negativa de los miembros de la JASS no se pudo realizar una evaluación estructural del sistema, por lo que solo realizo una inspección de manera visual y el registro de caudales en el reservorio se llevó a cabo durante el mes de agosto.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el sistema de agua potable del caserío Valle Verde distrito de Baños del Inca Cajamarca.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Describir los componentes del sistema de agua potable del caserío Valle Verde.
- ❖ Evaluar la infraestructura hidráulica del sistema de agua potable del caserío Valle Verde.
- ❖ Evaluar la operación y mantenimiento del sistema de agua potable en el caserío Valle Verde.
- ❖ Evaluar la Gestión (administración) de la JASS (Juntas Administradoras de Servicio de Saneamiento), del sistema de agua potable del caserío Valle Verde.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 INTERNACIONAL

En la investigación: “ **Evaluación de la calidad del servicio de abastecimiento de agua potable a partir de la percepción de personas usuarias: El caso en Cartago, Costa Rica**”, Este estudio examina las opiniones y percepciones de residentes de cuatro cantones de la provincia de Cartago (Jiménez, Oreamuno, Turrialba y Alvarado) respecto de los servicios de agua potable que reciben en sus comunidades. Se encontró que existían importantes asimetrías entre algunos de los sistemas existentes, así como problemas relacionados con el grado de continuidad del suministro de agua y las propiedades organolépticas. Se recomienda que dichas solicitudes se repitan periódicamente para obtener información adicional y valiosa que ayude a las autoridades regionales a tomar decisiones para mejorar el sistema. (Zúñiga, 2020).

2.1.2 NACIONAL

En la investigación: “**Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable y su incidencia en la condición sanitaria de la población de la comunidad de Cachubamba, distrito Bolognesi, provincia de Pallasca, departamento de Áncash – 2021**”, como resultado de evaluar el sistema de agua potable, se logró definir que se encuentra en un estado ineficiente por lo cual se necesita de un mejoramiento. Recomienda evaluar eventualmente las estructuras del sistema de abastecimiento de agua potable, aplicando su respectivo mantenimiento, permitiendo prevenir problemas a futuro. (Cabrera, 2021).

2.1.3 LOCAL

En la investigación: “**Evaluación del sistema de agua potable en el centro poblado Casa Blanca, distrito de san Gregorio – San Miguel,2021**”, evalúa el estado de la infraestructura hidráulica realizando pruebas de bombeo, y para caracterizar el sistema de agua potable del centro poblado Casa Blanca, hace uso de manómetro para medir presiones en los puntos críticos del sistema, para después compararlo con el modelamiento que realizo en el programa WaterCAD tomando en consideración la demanda de cada vivienda, concluye que el sistema de agua potable es funcional, pero la infraestructura se encuentra en estado de deterioro, recomienda instalar un nuevo sistema

de bombeo así mismo recomienda la instalación de micromedidores para controlar los consumos que no son de uso doméstico. (Tacilla, 2021).

2.2 BASES TEÓRICAS

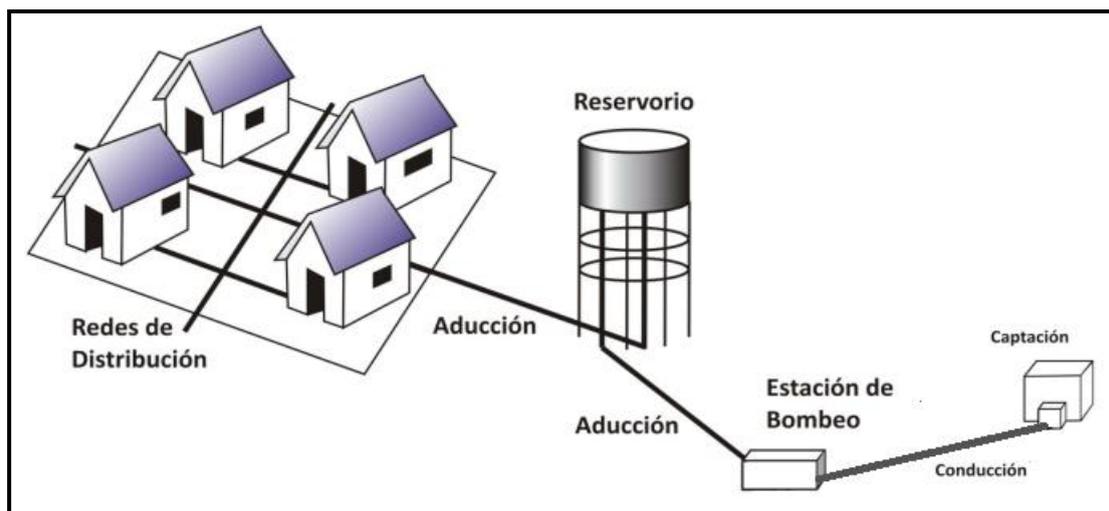
2.2.1 Eficiencia de los sistemas de agua potable.

La eficiencia de un sistema de agua potable esta refiera a la capacidad de regular, extraer, conducir, potabilizar y distribuir los caudales, de manera óptima y con un servicio continuo y de calidad, desde un manantial o captación hasta los usuarios, cobrando tarifas fijas o variables por los servicios prestados y brindando a los pobladores la atención que necesitan. (Comisión Nacional del Agua, 2012).

2.2.2 Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento.

Cuando la captación se encuentra a una elevación menor a la de las viviendas se opta por un sistema de abastecimiento por bombeo. El agua debe ser bombeada para su distribución a los usuarios finales, las estructuras que conforman este tipo de sistema son: Captación de la ladera, estación de bombeo, reservorio de regulación, línea de aducción, red de distribución y las conexiones domiciliarias, en estos sistemas la desinfección o cloración se hace por bomba de inyección, en consecuencia, los precios resultan muy elevados y muchas veces el servicio es limitado a algunas horas del día. (Barrios, Torres, Cristina, & Roger, 2009).

Figura 1: Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento.

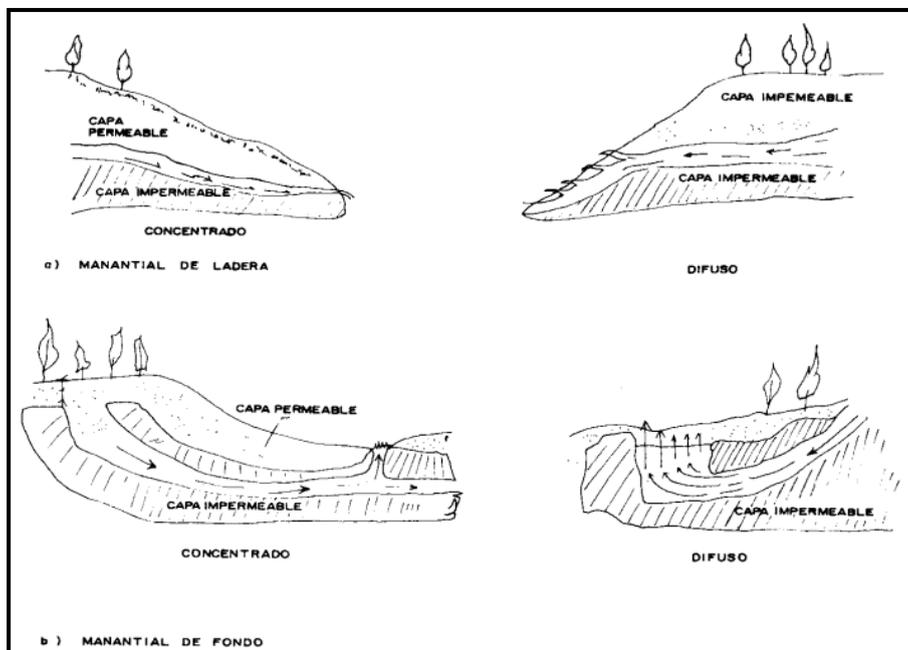


Fuente: Adaptado de (Barrios, Torres, Cristina, & Roger, 2009), p.41

2.2.3 Manantiales

Se puede definir como manantial un lugar o zona donde surge un afloramiento natural de agua. El agua de manantiales fluye generalmente a través de formaciones de estratos de grava, arena o rocas. Los manantiales muchas veces se localizan en las laderas de las colinas y en los valles ribereños. En los manantiales de ladera el agua aflora de manera horizontal, pero cuando el agua aflora de manera vertical se llama manantial de fondo. Cuando el afloramiento es por un único punto y sobre un área reducida, es un manantial concentrado y cuando el agua aflora por dos o más puntos en un área mayor, es considerado un manantial difuso. (Agüero P. R., 1997).

Figura 2: Tipos de captación.



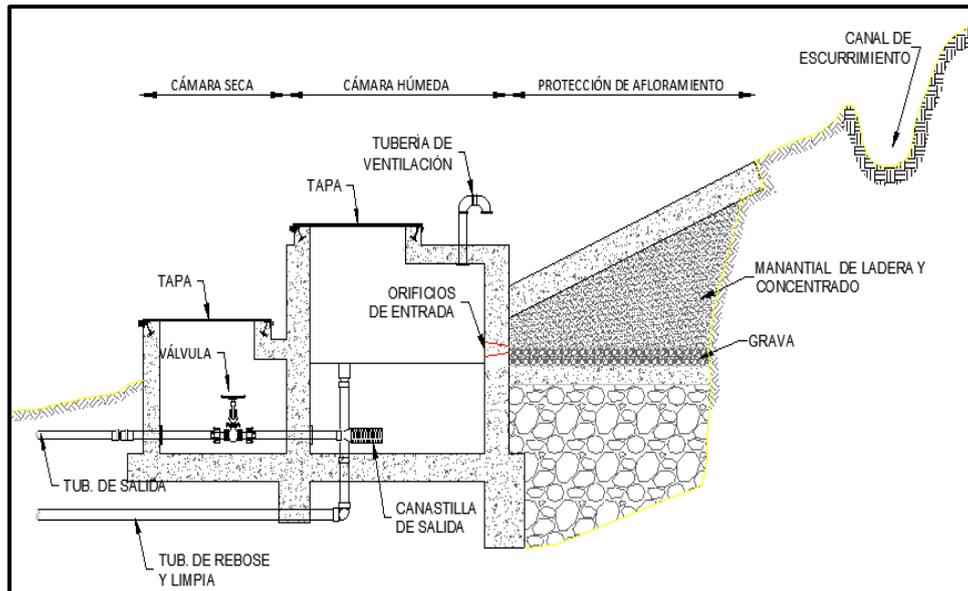
Fuente: (Agüero P. R., 1997), p.29

2.2.4 Captación de ladera

Las captaciones de ladera constan generalmente de tres partes: la primera llamada cámara de filtros, se encarga de la protección del afloramiento; la segunda, es llamada cámara húmeda la cual cumple la función de regular el caudal a utilizarse y la tercera es llamada cámara seca que cumple la función de proteger la válvula de control. Para la protección de la fuente se hace uso de una losa de concreto la cual cubre toda la extensión del afloramiento de tal forma que no haya contacto con el ambiente exterior, quedando de esa forma sellada para evitar posibles contaminaciones. La cámara de filtros consta de una cantidad de material granular clasificado, que tiene por función evitar la socavación. La

cámara húmeda tiene una canastilla a la salida y un cono de rebose que cumple la función de eliminar el exceso de caudal. (Agüero P. R., 1997).

Figura 3: Perfil de captación de ladera.



Fuente: (Agüero P. R., 1997), p.38.

Para calcular la altura de agua en la captación podemos usar:

$$H = 1.56 * \frac{Q_{md}^2}{2 * g} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

H: Altura de agua (m)

Q_{md}: caudal máximo diario (m³/s)

g: Gravedad

La altura total que alcanza el agua se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$H_t = A + B + H + E \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

A: Altura desde la base de la caja hasta la tubería de salida (m)

B: Diámetro de la tubería de salida (m)

E: Borde libre (m)

H: Altura de agua sobre la canastilla (m)

El diámetro de la canastilla debe ser de dos veces el diámetro de la tubería de conducción. (MVCS, 2018).

La longitud que tener la canastilla se puede calcular con la siguiente formula:

$$3D_c < L_c < 6D_c \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

Lc: Longitud de la canastilla (m).

Dc: Diámetro de tubería de conducción (m).

$$D = \frac{0.71Q^{0.38}}{S^{0.21}} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

D: Diámetro en pulgadas.

Q: Máximo caudal de la fuente (L/s).

S: Pendiente (m/m).

La cantidad de agua que puede transportar un conducto está en función de la velocidad y del área, de acuerdo con la ecuación de continuidad. (MVCS, 2018).

$$Q = V * A \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

Q: Caudal expresado (m³ /s).

V: Velocidad (m/s).

T: Área (m²).

2.2.5 Aforo volumétrico

Entre los diversos métodos de aforo se encuentra el método volumétrico, este es usado para afloramientos de agua pequeños o riachuelos, siendo este el método más usado y exacto, generalmente se usa un depósito lo suficientemente grande para que pueda medir el caudal de forma precisa. Se basa en llenar un depósito cuyo volumen es conocido y contar el tiempo en que el llena el depósito, la división entre el volumen y el tiempo nos brinda el caudal. (Suárez,2018).

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

Ec. 6

Donde:

Q: Caudal expresado en m³ /s.

V: Volumen dado en m³.

T: Tiempo en segundos.

2.2.6 Bombas Hidráulicas

Una bomba hidráulica es considerada una turbo máquina generada para fluidos. La bomba hidráulica toma energía mecánica y luego la restituye al fluido que la atraviesa. Las bombas hidráulicas se usan para bombear cualquier tipo de líquidos (agua, aceites, combustibles, líquidos alimenticios: cerveza, jugos carbonatados, leche, etc.). También son usadas para bombear líquidos densos con sólidos suspendidos, como pastas, mezclas de concreto, mieles, desperdicios, etc. **(Valencia,2019)**.

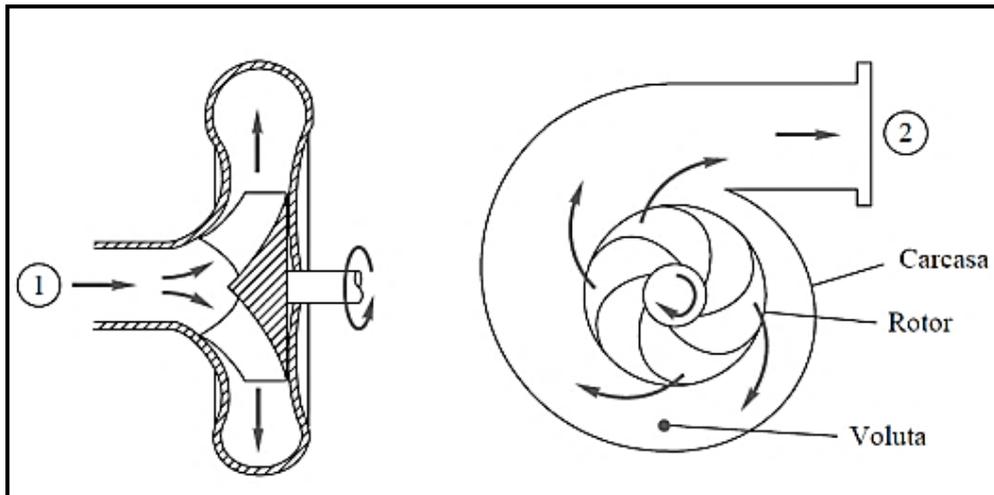
2.2.7 Bombas centrífugas

Las bombas centrífugas cumplen la función de transformar la energía mecánica a energía hidráulica. Estas bombas generalmente están compuestas por una parte fija (carcasa) y una parte móvil (rodete o impulsor), que hacen uso de un eje el cual está conectado a una fuente de potencia. El líquido se introduce axialmente a través del eje de la bomba, luego, el rodete obliga al líquido a tomar un movimiento tangencial y se crea un flujo de tipo radial, haciendo que el líquido salga perpendicular al eje y luego es recogido por una carcasa. **(Espejo,2020)**.

Impulsor: está conformado por álabes generalmente curvados hacia atrás, pero también existen álabes curvados hacia adelante lo que crea un cambio en la presión de salida del fluido. **(Espejo,2020)**.

Voluta: Realiza la función de transportar el fluido desde la salida del rodete hacia la brida de descarga. Está formada por un canal cuya sección se incrementa gradualmente hasta que logra llegar a la salida de la bomba. **(Espejo,2020)**.

Figura 4: Tipo de bombas centrífugas



Fuente: (Espejo,2020), p.21

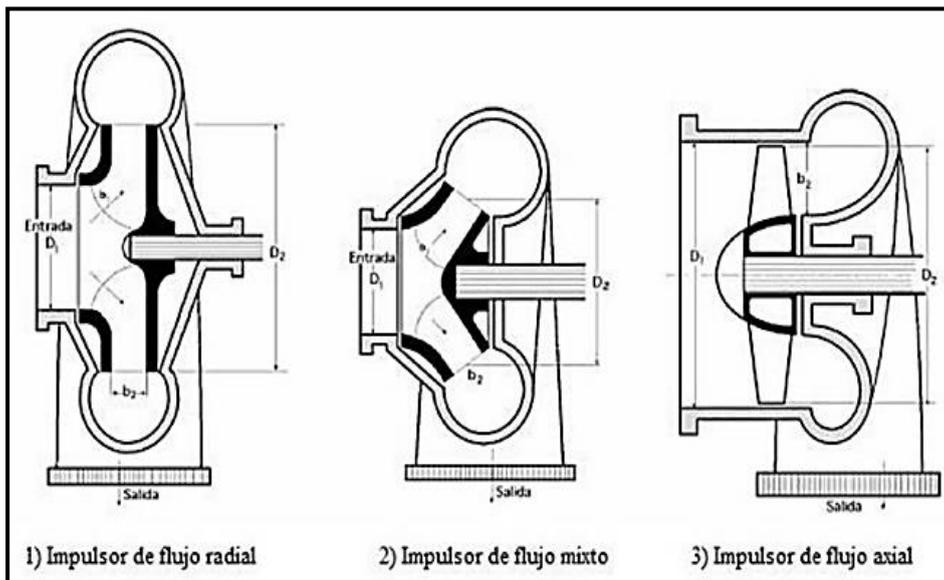
2.2.8 Tipos de bombas centrífugas

Bombas centrífugas de flujo radial: son generalmente utilizadas principalmente para grandes alturas y caudales reducidos. (Espejo,2020).

Bombas centrífugas de flujo axial: el rodete toma forma de hélice y es muy utilizada para grandes caudales y alturas muy pequeñas. (Espejo,2020).

Bombas centrífugas diagonales: son generalmente utilizadas para sistemas que demandan un caudal y altura intermedia, también llamado de flujo mixto. (Espejo,2020).

Figura 5: Tipo de bombas centrífugas

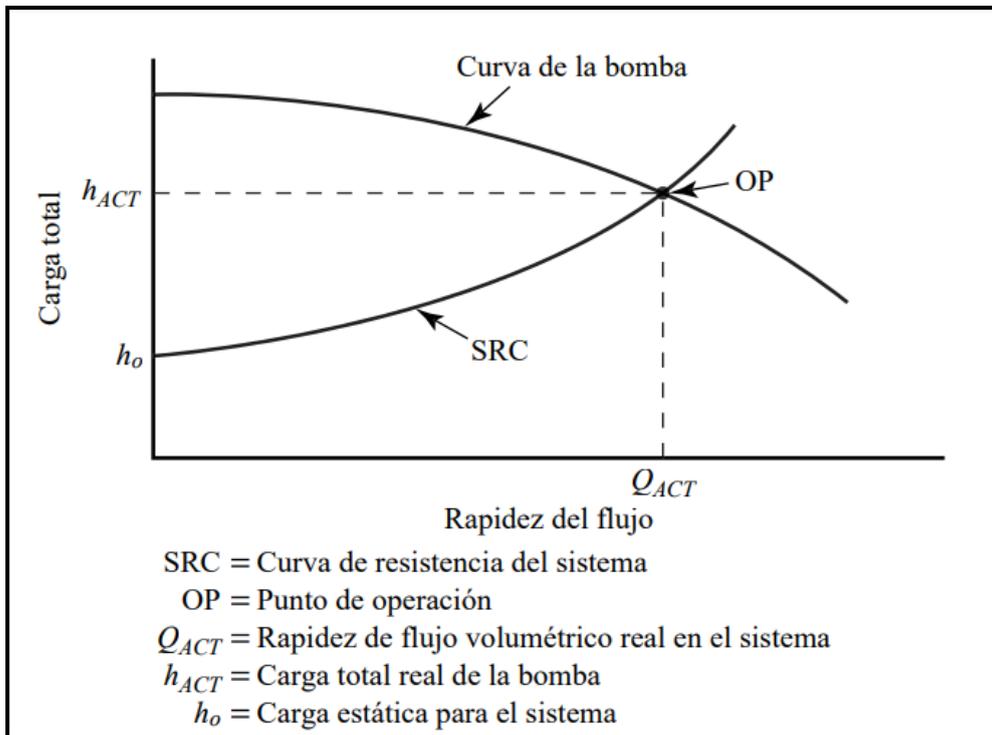


Fuente: (Espejo,2020), p.22

2.2.9 Punto de operación

Para determinar el punto de operación se superpone la curva de desempeño de la bomba (caudal vs altura) sobre la curva del sistema. La intersección de ambas curvas nos proporciona el punto de operación. (Mott,2006).

Figura 6: Punto de operación del sistema.

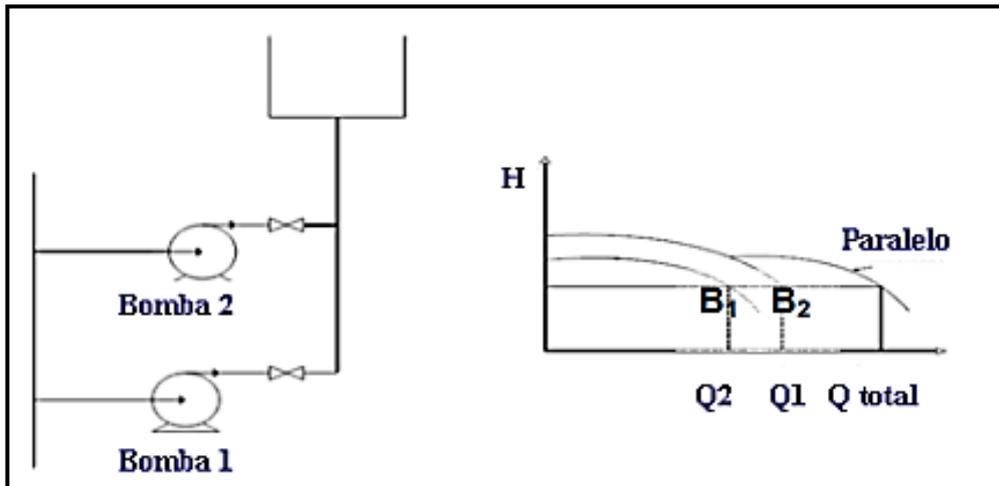


Fuente: (Mott,2006), p.350

2.2.10 Bombas hidráulicas en paralelo

Cuando el caudal de una única bomba no es suficiente, se puede aumentar el caudal conectando múltiples bombas en paralelo. Se entiende como sistema de bombeo en paralelo a un sistema hidráulico conformado por dos o más bombas operando al mismo tiempo y con sus descargas conectadas a una tubería común. (Villarreal, 2008).

Figura 7: Esquema de conexión en paralelo y curva H vs Q



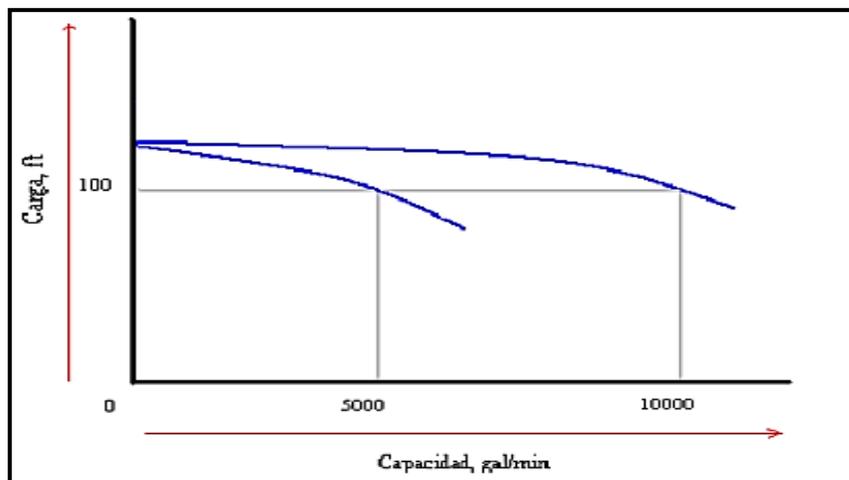
Fuente: (Valencia,2019), p.27

Para (Villarreal, 2008), los sistemas de impulsión de agua se usan por lo general cuando existen una serie de condiciones que restringen el empleo de bombas individuales descargando a través de una sola tubería. Entre estas condiciones se podemos mencionar:

El caudal de bombeo que se requiere nuestro sistema es demasiado elevado con relación a la capacidad de las bombas hidráulicas disponibles en el mercado. Por lo tanto, no puede usarse una sola bomba hidráulica. (Villarreal, 2008).

El caudal de bombeo puede ser proporcionado por una sola bomba, pero existen otras condiciones como facilidades de mantenimiento, que requieren la colocación de bombas hidráulicas en paralelo. (Villarreal, 2008).

Figura 8: Bombas en paralelo curva carga vs Capacidad.

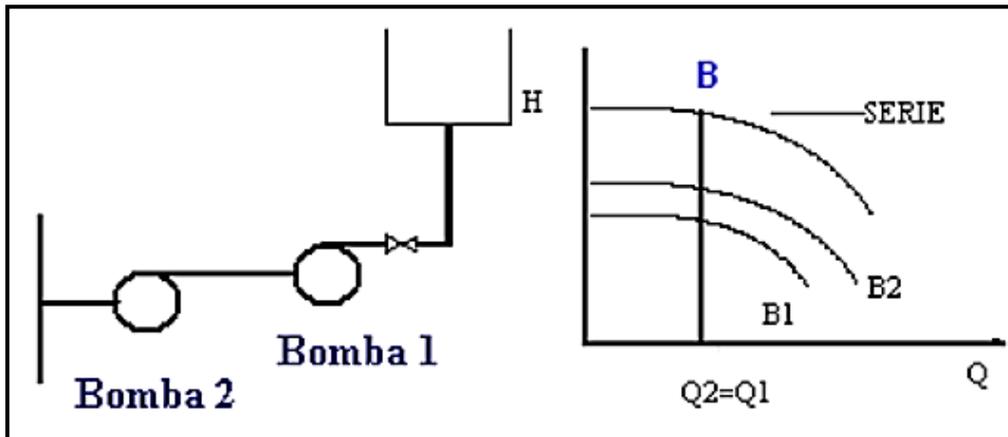


Fuente: (Valencia,2019), p.28

2.2.11 Bombas hidráulicas en serie

Se elige la disposición de dos o varias bombas, una a continuación de la otra (conexión en serie) cuando no basta una sola bomba centrífuga para llegar a la altura de elevación de diseño. En un sistema de bombeo en serie las alturas se suman manteniendo un mismo caudal. (Villarreal, 2008).

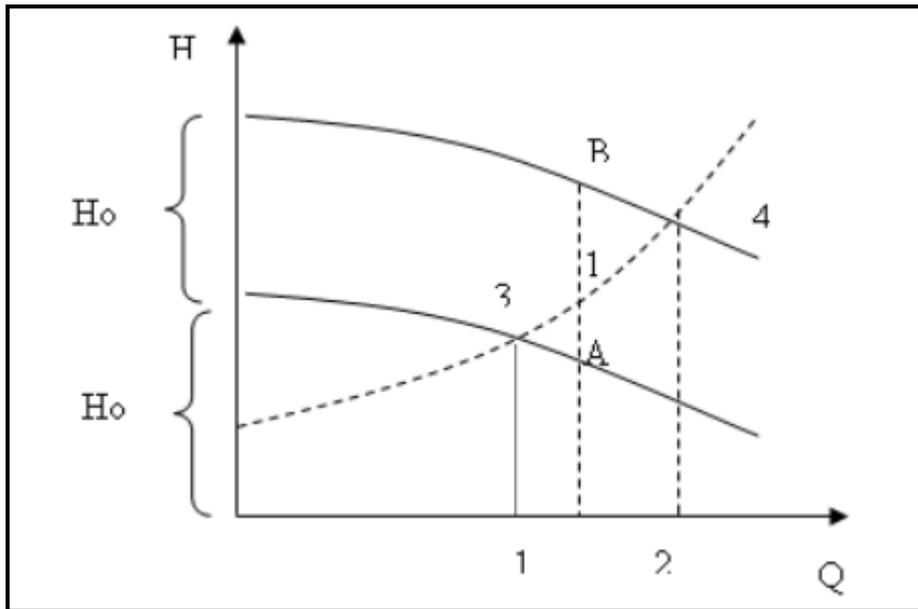
Figura 9: Esquema de conexión en serie y curva H vs Q



Fuente: (Valencia,2019), p.31

Este tipo de disposición se usa cuando la altura a alcanzar en el sistema no es obtenida por bombas convencionales. En la práctica para sistemas de bombeo de agua a más de 120 m de desnivel, donde las longitudes de la tubería son muy grandes y se requieren de grandes potencias para poder vencer las pérdidas por fricción. Es importante tener en cuenta que la presión que se presenta en la caja del sello mecánico de la segunda bomba aumenta según la presión de la primera bomba. Si las bombas instaladas en serie son iguales, entonces la altura desarrollada se duplicará si hay dos bombas, o se triplicará si hay tres, y así sucesivamente. (Valencia,2019).

Figura 10: El funcionamiento en serie, curva carga vs Capacidad

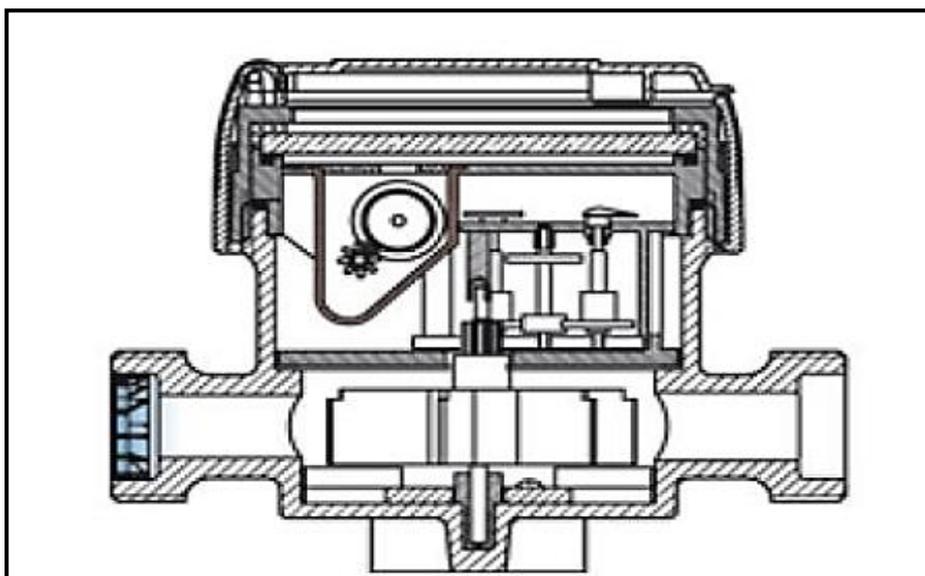


Fuente: (Valencia,2019), p.32

2.2.12 Medidor de surtidor único.

El medidor de agua de chorro único es comúnmente utilizado como registro de consumo en las redes domésticas, su funcionamiento se fundamenta en que el flujo de agua permite accionar la turbina, el giro a través de los engranes se marca en metros cúbicos o la unidad de medida deseada. La entrada y salida se encuentran en el mismo plano horizontal, por lo que el agua pasa por la cámara de medición sin sufrir cambios. (Farinango,2018).

Figura 11: Medidor de agua de chorro único

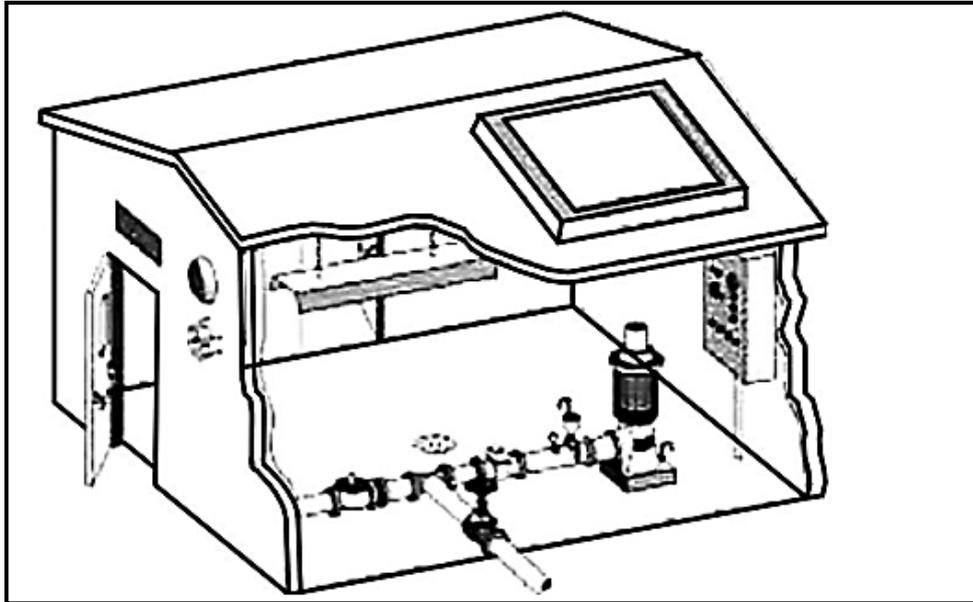


Fuente: (Farinango,2018), p.13

2.2.13 Estación de bombeo

Son un conjunto de estructuras hidráulicas, equipos electromecánicos, accesorios, y tuberías, que toman el agua de forma indirecta o directa de una fuente de abastecimiento para luego impulsarla a un reservorio de almacenamiento. (MVCS, 2018).

Figura 12: Estación de bombeo



Fuente: (MVCS, 2018), pag.106

Sugerencia mínima, cuando se usan bombas centrífugas de eje horizontal se debe verificar la sugerencia, se entiende por sumergencia el desnivel mínimo que debe existir entre el cárcamo y la parte superior del colador. (MVCS, 2018).

$$S = 2.5 * D + 0.1 \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

S: Sumergencia mínima en (m)

D: Diámetro (m)

$$S > 2.5 * \left(\frac{V^2}{2g}\right) + 0.2 \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

S: Sumergencia mínima en (m)

D: Diámetro (m)

V: Velocidad (m/s)

2.2.14 Caudal de bombeo (Qb)

Se define como el caudal necesario para abastecer al reservorio, en donde interviene también el número de horas de bombeo, factor que se asume para el caso del día de consumo máximo puede desarrollarse en intervalos para poder lograr un diseño más económico. (MVCS, 2018).

$$Q_b = \frac{24}{N} * Q_{md} \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

Qb: Caudal de bombeo L/s,

N: Número de horas de bombeo (h),

Qmd: Caudal máximo diario L/s.

Altura dinámica total (H_{dt}):

$$H_{dt} = H_g + H_{f_{total}} + P_s \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

H_{dt}: Altura dinámica total en el sistema de bombeo (m).

H_{f total}: Pérdida de carga (totales) (m).

P_s: Presión de llegada al reservorio/planta (se recomienda 3 m)

H_g: Altura geométrica, esto es la diferencia de nivel (m).

Potencia de la bomba:

$$\text{Pot. Bomba} = \frac{Q_b * H * \rho * g}{746 * \epsilon} \quad \text{Ec. 11}$$

Donde:

P_b: Potencia del equipo de bombeo en HP.

Q_b: Caudal de bombeo (L/s).

H_t: Altura dinámica total(m).

ε: Eficiencia Teórica (%).

g: Gravedad (m/s²)

ρ: Densidad (kg/m³)

Volumen de cámara de bombeo:

$$V_a = Q_{md} * T$$

Ec. 12

Donde:

Qmd: Caudal máximo diario (m³/s).

T: Tiempo más largo de descanso de las bombas (s).

2.2.15 Ecuación general de la energía

La ecuación general de la energía es comúnmente conocida como una extensión de la famosa ecuación de Bernoulli, esta ecuación permite analizar el comportamiento que tiene un fluido a través de un sistema de flujo tomando en cuenta dos secciones del sistema. (Álvarez,2021).

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_B - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

Ec. 13

Donde:

P1: Presión en la primera sección (Pa).

γ : Peso específico del fluido (KN/m³)

Z1: Cabeza de elevación en la primera sección (m).

V1: Velocidad del fluido en la primera sección (m).

g: Gravedad (m/s²).

hB: Energía del dispositivo mecánico al fluido (m).

hL: Perdidas por accesorios y fricción (m).

P2: Presión en la segunda sección (Pa).

V2: Velocidad del fluido en la segunda sección (m/s).

Z2: Cabeza de elevación en la segunda sección (m).

2.2.16 Numero de Reynolds

Es un parámetro adimensional que describe la relación que existe entre las fuerzas inerciales de un flujo y las fuerzas viscosas. Se usa generalmente para describir el tipo de flujo en el sistema, este puede ser laminar o turbulento, se considera como flujo laminar si el número de Reynolds es menor que 2000 y si el número de Reynolds es mayor que

4000 se considera como turbulento. (Álvarez,2021).

$$Re = \frac{V \cdot D \cdot \rho}{\eta} = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad \text{Ec. 14}$$

Donde:

Re: Número de Reynolds

V: Velocidad del fluido (m/s).

D: Diámetro de la tubería (m)

ρ : Densidad del fluido (kg/m³).

η : Viscosidad dinámica del fluido (Pa-s).

ν : Viscosidad cinemática del fluido (m²/seg).

2.2.17 Válvulas y accesorios

Es relativamente común que, aquellos elementos que controlan la rapidez o la dirección de flujo de un fluido en un sistema ocasionen ciertas turbulencias locales en el fluido, lo que provoca disipación de energía en forma de calor. En un sistema de gran tamaño, la magnitud de las pérdidas debido a las válvulas y accesorios suele ser pequeña a comparación con las pérdidas por fricción ocasionadas en las tuberías. Por ende, dichas pérdidas se denominan pérdidas menores. (Mott,2006).

$$h_a = K \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ec. 15}$$

Donde:

h_a: Pérdida de carga debida a la fricción (m).

K: Factor de fricción.

V: Velocidad promedio del fluido (m/s).

g: Aceleración de la gravedad (m²/s)

Tabla 1: Coeficiente K de pérdidas por accesorios

Elemento	Coeficiente k
Válvulas	
Válvula de globo, completamente abierta	10.00
Válvula en ángulo, completamente abierta	5.00
Válvula check completamente abierta	2.50
Válvula de compuerta, completamente abierta	0.20
Válvula de compuerta, con $\frac{1}{2}$ de apertura	1 a 1.15
Válvula de compuerta, con $\frac{1}{3}$ de apertura	5.60
Válvula de compuerta, con $\frac{1}{4}$ de apertura	24.00
Accesorios	
Codo de radio corto ($r/d = \pm 1$)	0.90
Codo de radio mediano	0.75 a 0.80
Codo de gran radio ($r/d = \pm 1.5$)	0.60
Codo de 45°	0.4 a 0.42
Retorno (curva en U)	2.20
Tee en sentido recto	0.30
Tee a través de la salida lateral	1.80
Unión	0.30
Ye de 45°, en sentido recto	0.30
Ye de 45°, salida lateral	0.80
Entrada recta a tope	0.50
Entrada con boca acampanada	0.10
Entrada con tubo reentrante	0.90
Salida	1.00
Depósito a tubería (pérdida a la entrada)	
Conexión a ras de la pared	0.50
Tubería entrante	1.00
Conexión abocinada	0.05
De tubería a depósito (pérdida a la salida)	1.00
Contracción brusca (ver Tabla 3.3)	k_c
Codos y tees	
Codo de 45°	0.35 – 0.45
Codo de 90°	0.50 – 0.75
Tees	1.50 – 2.00

Fuente: (Conagua,2007), p.15

2.2.18 Pérdidas por fricción ecuación de Hazen-Williams

Una de las fórmulas más populares en el ámbito de sistemas de agua potable, sobre todo en Américas, es la de Hazen-Williams, la cual se viene utilizando desde 1902, es respaldada por experimentos de los autores y por los múltiples trabajos que los precedieron. La ecuación de Hazen-Williams desde su publicación en la primera década del siglo XX (1905) ha sido una herramienta de suma importancia en manos de los ingenieros en el ámbito hidráulico los que se dedican al diseño de redes hidráulicas. Su uso está limitado al flujo de agua en tuberías mayores de dos pulgadas de diámetro (50,8 mm). (Alegret,2019).

$$hf = 10.672 \frac{L}{D^{4.871}} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \quad \text{Ec. 16}$$

Donde:

hf: Pérdidas de carga en un conducto circular de longitud.

L: Longitud de la tubería (m).

D: Diámetro interior o hidráulico de la conducción (m).

Q: Caudal de circulación (m³/s).

C: Coeficiente de pérdidas de Hazen-Williams.

Tabla 2: Coeficiente de Hazen-Williams para diferentes materiales

Material	C	Material	C
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

Fuente: (Alegret,2019), p.45

2.2.19 Pérdidas por fricción ecuación de Darcy-Weisbach

Esta ecuación fue creada por Henry Darcy y mejorada por Julius Weisbach, es por eso que lleva como nombre la unión de ambos apellidos. Con la ecuación de Darcy Weisbach podemos determinar las pérdidas de carga que genera la fricción a lo largo de todo un conducto cerrado, es usada para cualquier tipo de fluido siempre y cuando este sea newtoniano. (Duran,2022).

$$hf = f \frac{V^2 * L}{2 * g * D} \quad \text{Ec. 17}$$

Donde:

hf: Pérdida de carga debida a la fricción (m).

f: Factor de fricción de Darcy-Weisbach.

L: Longitud de la tubería (m).

D: Diámetro interno de la tubería (m).

V: Velocidad promedio del fluido (m/s).

g: Aceleración de la gravedad (m/s²)

Cuando el flujo es laminar:

$$f = \frac{64}{Re} \quad \text{Ec. 18}$$

Donde:

f: Factor de fricción de Darcy-Weisbach.

Re: Numero de Reynolds.

Cuando el flujo es turbulento

$$f = \frac{0.25}{\left[\text{Log} \left(\frac{1}{3.7(D/\varepsilon)} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad \text{Ec. 19}$$

Donde:

f: Factor de fricción de Darcy-Weisbach.

ε : Rugosidad absoluta (m).

D: Diámetro interno (m).

Re: Numero de Reynolds.

2.2.20 Carga Neta Positiva en la Succión requerida (NPSHR)

La carga neta positiva en la succión requerida es la que el equipo de bombeo requiere para prevenir la cavitación y es generalmente suministrado por el fabricante. (Monteagudo,2018).

2.2.21 Carga Neta Positiva en la Succión disponible (NPSD)

La carga neta positiva en la succión disponible es que depende esencialmente de las condiciones de operación y de la geometría del sistema de bombeo. (Monteagudo,2018).

$$NPSH_D = \frac{P_{sp}}{\rho g} - h_s - hf - \frac{P_{vap}}{\rho g} \quad \text{Ec. 20}$$

Donde:

P_{sp} : Presión absoluta (KPa).

ρ : Densidad del fluido (kg/m³).

g : Aceleración de la gravedad (m/s²).

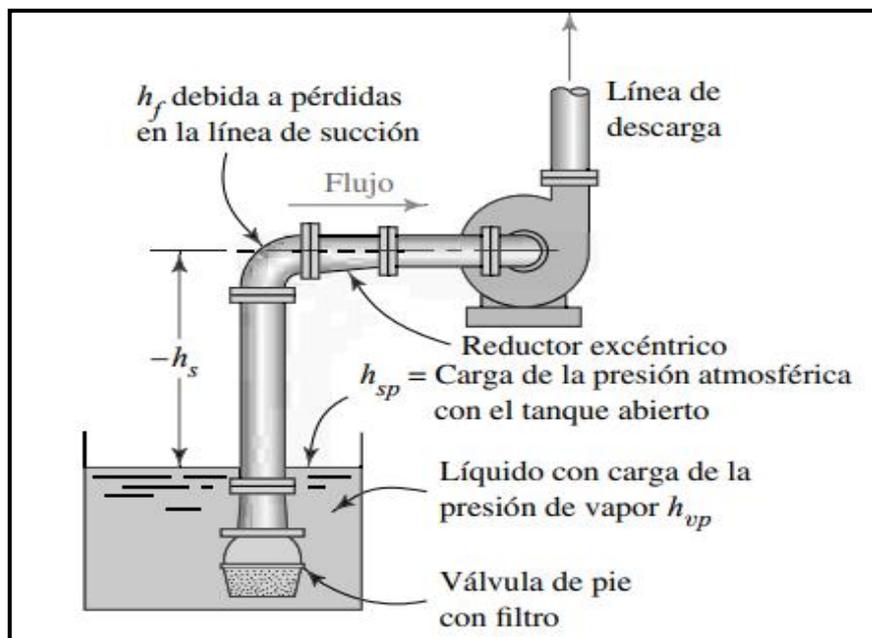
h_s : Altura de aspiración (m).

V : Velocidad del fluido en la tubería (m/s).

h_f : Pérdidas friccionales en la tubería (m).

P_{vap} : Presión de saturación a la temperatura del líquido (Pa).

Figura 13: Presión en un proceso de cavitación hidrodinámica.

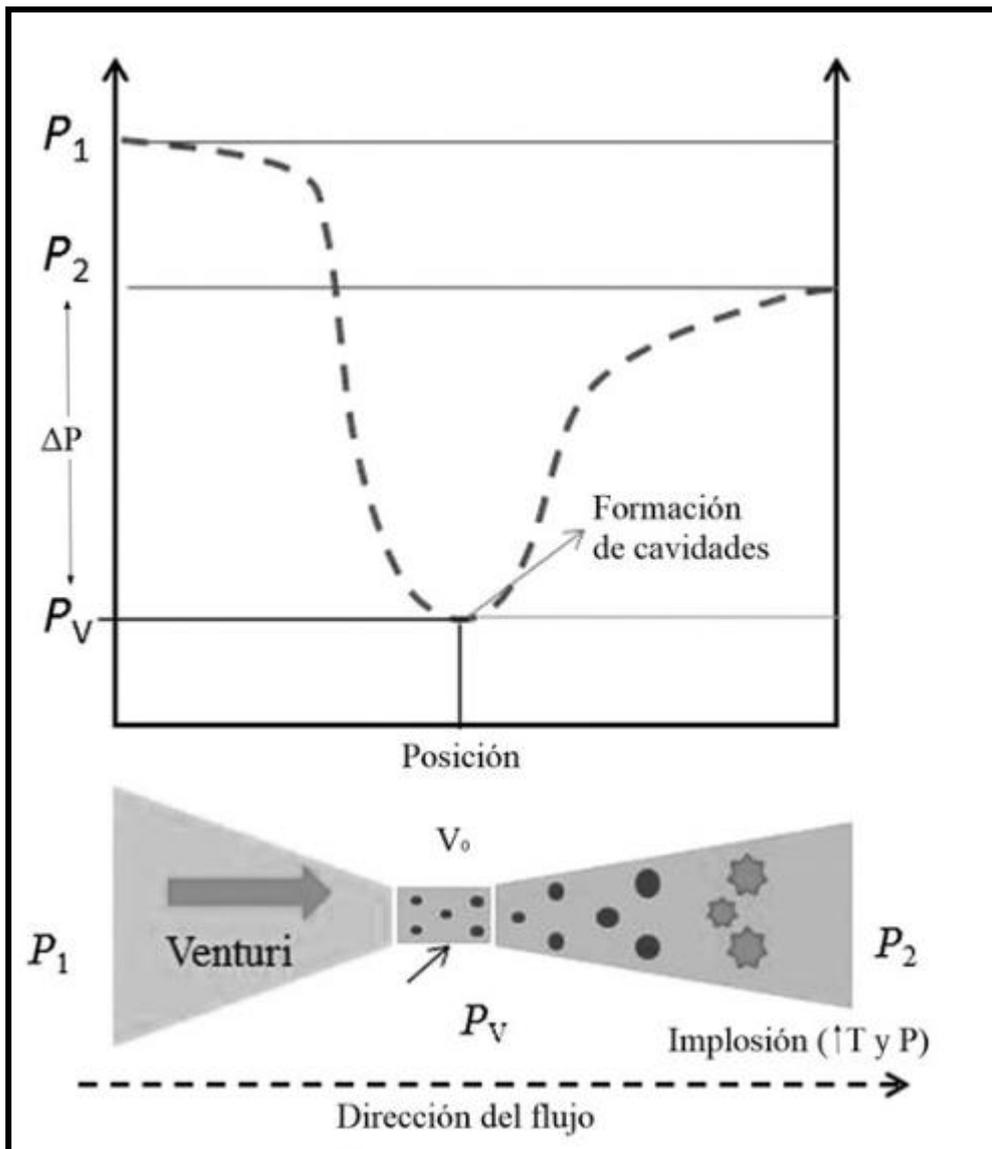


Fuente: (Mott, 2006), p.344

2.2.22 Cavitación

La cavitación hidrodinámica es el fenómeno de formación, desarrollo, crecimiento y colapso de cavidades o burbujas en un medio líquido. Esto ocurre debido a un cambio de presión en el fluido después de un aumento repentino de su velocidad debido a un cambio repentino en la geometría y/o el área de la sección transversal de la línea de transporte. Durante la compresión, la energía cinética de un fluido aumenta debido a la presión. Cuando la estrangulación es efectiva, la presión en el sistema cae a presión de vapor, lo que resulta en la vaporización inmediata del continuo en el líquido y la migración de algunos gases disueltos a esta nueva fase gaseosa. (Gutiérrez,2019).

Figura 14: Presión en un proceso de cavitación hidrodinámica

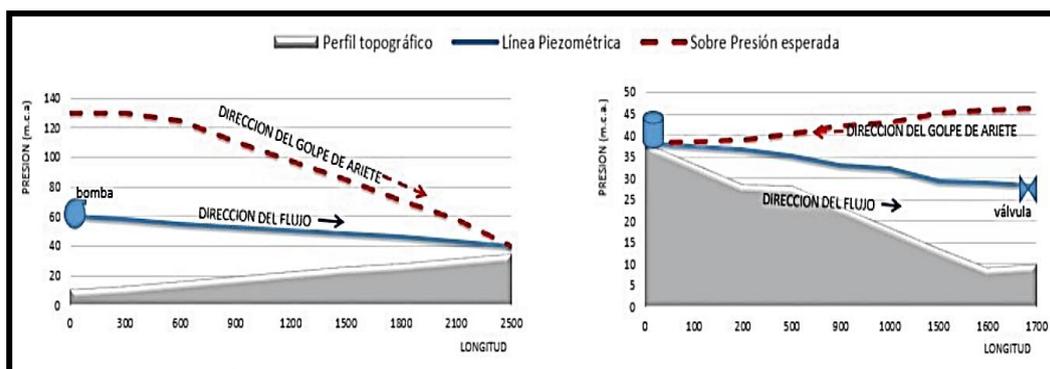


Fuente: (Gutiérrez, 2019), p.4

2.2.23 Golpe de ariete

El golpe de ariete consiste en la variación de caídas de presión y sobrepresiones debido al movimiento oscilante del agua en la tubería, el cual es producto de cambios en los caudales. El fenómeno se manifiesta por un cambio en la presión en la tubería, que es causado principalmente tanto en tuberías por gravedad como en sistemas de bombeo a presión por la inercia del líquido en movimiento en la tubería que se detiene repentinamente. (Guevara,2021).

Figura 15: Golpe de ariete aumento de presión en la línea piezométrica



Fuente: (Guevara, 2021), p.3

2.2.24 Operación y mantenimiento de la estación de bombeo

Es común que las estaciones de bombeo tengan forma rectangular, todos los ambientes deben ser accesibles, debiendo ser debidamente adecuados para poder realizar actividades la operación y mantenimiento como introducir o extraer los equipos instalados en caso de una avería o sustitución, el manejo del sistema de bombeo se debe realizar por un personal calificado para poder operar las maquinas hidráulicas durante y después del bombeo de agua, el mantenimiento se debe realizar de manera preventiva y periódica, verificando siempre el estado y adecuado funcionamiento de válvulas, la línea de succión, impulsión y sensores que controlan el encendido y apagado de la bomba, siempre se debe orientar y capacitar al operador respecto al funcionamiento del sistema, ya que un buen funcionamiento permitirá que el sistema sea eficiente. **(CONAGUA, 2007).**

2.2.25 Línea de impulsión

Cuando la fuente de abastecimiento se encuentra a un nivel menor al depósito o a los usuarios, el agua captada se debe impulsar por bombeo. Cuando se tiene este caso, se debe elegir el diámetro adecuado haciendo un análisis económico. Los diámetros pequeños de tuberías dan como resultado pérdidas por fricción más altas y un elevado costo de la operación debido a la necesidad de usar bombas de mucha potencia. Por el lado contrario, los diámetros de tubería más grandes dan como resultado menores perdidas y alturas de bombeo de agua más bajas, lo que se refleja en costos de bomba más bajos. **(Rodríguez, 2001).**

La elección del diámetro depende también de la velocidad e la tubería, en donde las velocidades muy bajas provocan sedimentación y velocidades muy altas lo que produce vibraciones en la tubería, así como perdidas de carga mayores, lo que traduce en un costo

más elevado de operación, las velocidades recomendables son de 0.60 m/s a 2.00 m/s. (MVCS, 2018).

$$D = 0.96 * \left(\frac{N}{24}\right)^{0.25} * Q_b^{0.45} \quad \text{Ec. 21}$$

Donde:

D: Diámetro interior aproximado(m).

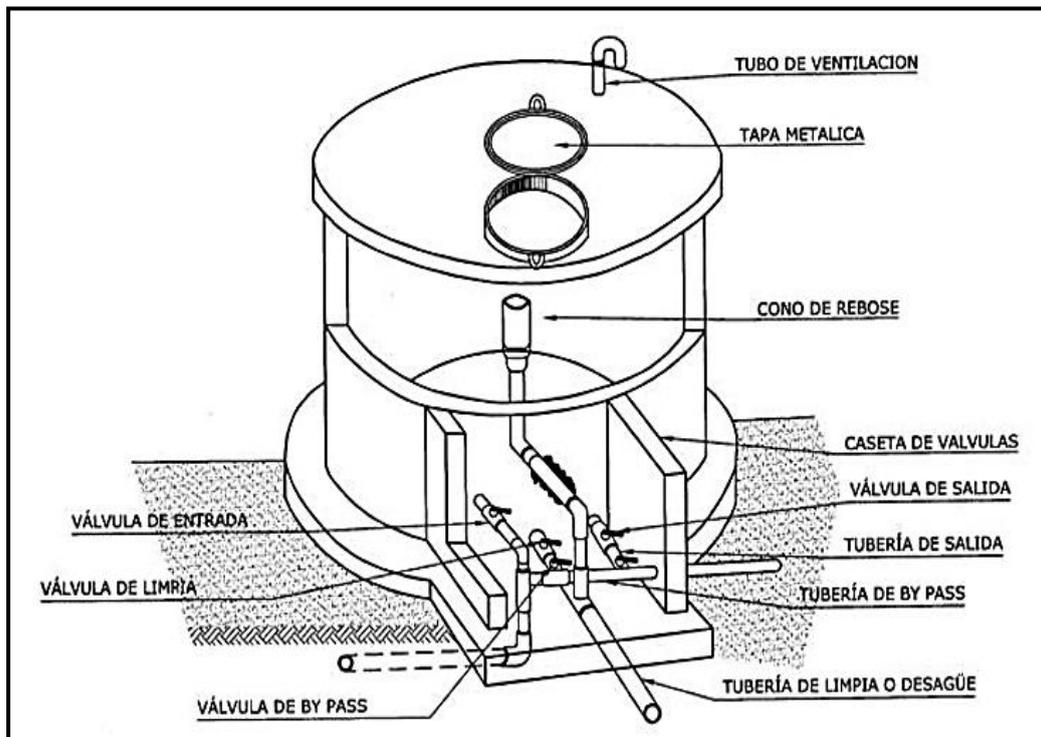
Q_b: Caudal de bombeo igual al caudal del diseño (m³/s).

N: Número de horas de bombeo al día.

2.2.26 Reservoirio

Es una estructura que tiene por objetivo almacenamiento de agua antes de la distribución. Su función es regular las variaciones dadas en el consumo de la población en el transcurso del día, generalmente en los reservorios se realiza el proceso de cloración. (Barrios, Torres, Cristina, & Roger, 2009).

Figura 16: Reservoirio de regulación



Fuente: (García, 2009), p.50

Partes de un reservorio de circular:

- ❖ Tanque de almacenamiento, estructura circular de hormigón armado que se utiliza para almacenar y clorar el agua. La capacidad de almacenamiento debe ser de 25% a 30% del caudal promedio (Q_m), suponiendo que el agua se suministre continuamente desde la fuente. Con suministro intermitente la productividad debe ser de al menos el 30% del Q_m . **(MVCS, 2018)**.
- ❖ Tubería de entrada, tubería generalmente de PVC que permite que el agua fluya hacia el tanque de almacenamiento. La tubería de entrada debe tener un mecanismo de control de llenado, generalmente una válvula de flotador, y debe tener una válvula que permita tomar muestras para el análisis de la calidad del agua. **(MVCS, 2018)**.
- ❖ Tubería de salida, tubería generalmente de PVC que permite la salida de agua del reservorio o tanque de almacenamiento hacia la línea de aducción, la tubería de salida debe contar con una canastilla la cual se debe situar a 10 cm por encima de la parte inferior para evitar la posible entrada de algunos sedimentos. **(MVCS, 2018)**.
- ❖ Tubería de rebose y de limpia, el reservorio debe contar con una tubería de rebose, la cual debe estar conectada a la tubería de limpieza, para que se pueda descargar del excedente de caudal en el momento que sea necesario, cumple con la función de eliminar el excedente de agua y para realizar el respectivo mantenimiento del reservorio de almacenamiento. **(MVCS, 2018)**.
- ❖ Caseta de válvulas, es una estructura de concreto armado, cumple con la función de proteger los sistemas hidráulicos del reservorio de regulación, está compuesta de una tapa de concreto o metálica la cual protege las válvulas, la caseta de válvulas debe disponer de un desagüe para evacuar el agua que pueda verterse. **(MVCS, 2018)**.
- ❖ Tapa sanitaria, es una tapa de concreto o metálica, que cumple la función de permitir el ingreso al reservorio de regulación, esto para poder realizar las labores de desinfección, mantenimiento, limpieza. **(MVCS, 2018)**.
- ❖ Tubería de ventilación, la tubería de ventilación del reservorio debe tener dimensiones reducidas para impedir la entrada de animales, permite la circulación del aire, debe tener una malla que evite el ingreso de cuerpos extraños al tanque de almacenamiento. **(MVCS, 2018)**.
- ❖ Se debe instalar un bypass, con dispositivo de interrupción, que conecte las tuberías de entrada con las tuberías de salida, pero en el diseño debe prever la instalación de sistemas para reducir la presión antes o después del reservorio con el fin de prevenir

sobre presiones en la distribución. (MVCS, 2018).

- ❖ Se debe proteger los límites del reservorio mediante un cerco perimétrico de valla metálica hasta una altura no menor de 2,20 m, con una puerta de acceso con cerradura. (MVCS, 2018).

2.2.27 Operación y mantenimiento del reservorio

La operación es un conjunto de acciones oportunas y adecuadas que se hacen para garantizar el funcionamiento continuo, eficiente y de calidad del reservorio, para ponerlo en funcionamiento se debe abrir la válvula de entrada hacia el reservorio y la válvula que da la salida hacia la línea de distribución, así mismo se debe cerrar la válvula del by pass y de limpia o desagüe. La operación se debe realizar después de hecha la limpieza y desinfección de la parte interna y externa del reservorio de almacenamiento, el mantenimiento se debe realizar siempre con el objetivo de corregir o prevenir posibles daños que se pueden producir en las instalaciones, es recomendable realizar las actividades de mantenimiento según el cuadro adjunto. (Agüero, 2004).

Tabla 3: Actividades de mantenimiento para reservorios

Frecuencia	Actividades	Herramientas y materiales
Mensual	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Manipular las válvulas de entrada, salida y rebose para poder mantenerlas óptimas. ❖ Restituir el cloro en el hipoclorador. 	
Trimestral	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Realizar limpieza de piedras y malezas de la zona cercana al reservorio. ❖ Realizar la limpieza del dado de protección de la tubería de desagüe, limpieza y el emboquillado del canal de limpia. ❖ Realizar la limpieza del canal de escurrimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Lampa, Pico y machete. ❖ Reloj, libreta de campo, balde graduado en litros.
Semestral	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Desinfectar el reservorio. ❖ Aceitar y lubricar las válvulas de control. ❖ Revisar el estado general en el que se encuentra el reservorio y su protección, y de ser necesario resanarlo. ❖ Verificar el estado en el que se encuentra la tapa sanitaria y de la tubería de ventilación. ❖ Pintar las escaleras de acceso del reservorio. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Escobilla, escoba, brocha, lija. ❖ Hipoclorito de sodio, cemento, pintura y arena.
Anual	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Usar pintura anticorrosiva en todos los elementos metálicos. ❖ Pintar el techo del reservorio y las paredes externas. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Lija, pintura y brocha

Fuente: (Agüero R., 2004), p.12

2.2.28 Volumen de regulación

Los reservorios deben ser capaces de cubrir íntegramente la demanda máxima de

consumo, así como los cambios de consumo registrados cada 24 horas al día y asegurar una presión suficiente en la red de distribución. La función que tienen los reservorios es almacenar el agua potable sobrante esto cuando el caudal de consumo es menor que el de abastecimiento y se logra aportar la diferencia entre ambos cuando mayor es la demanda de caudal. Cuando las horas de bombeo aumentan menor es la capacidad que debe tener el reservorio y viceversa; aunque, cuando se incrementa el tiempo de bombeo aumentan también los costos de mantenimiento y operación, de tal modo que la solución más óptima viene definida por razones de continuidad de servicio y económicas. (CEPIS, 2005).

$$V_{\text{almac}} = 0.3 * \frac{Q_m * 86400}{1000} \quad \text{Ec. 22}$$

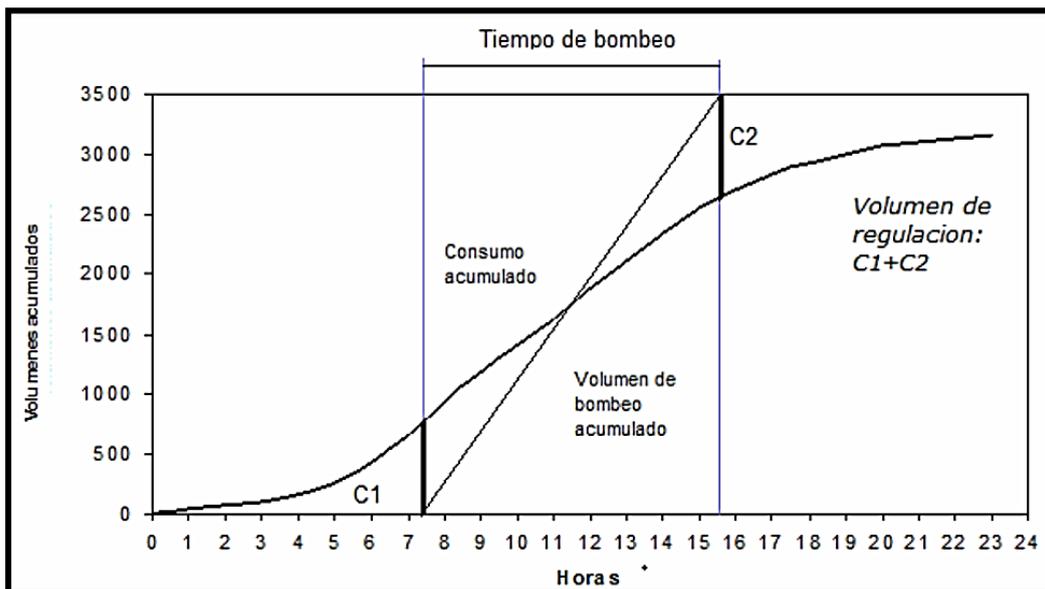
Donde:

V_{almac} : Volumen de regulación (m³).

Q_m : Caudal medio (L/s)

C : porcentaje de regulación 25% o 30%.

Figura 17: volumen de regulación de un reservorio usando diagrama de masa



Fuente: (CEPIS, 2005), p.9

2.2.29 Línea de aducción

La línea de aducción se define como la tubería instalada desde el reservorio hasta el inicio de la red de distribución, la tubería debe tener la capacidad de conducir el caudal máximo horario. (García,2009).

La línea de aducción, debe poder manejar al menos el caudal máximo horario (Qmh), por lo que la velocidad en la tubería no debe ser inferior a 0.60 m/s ni superar los 3.0 m/s para evitar sedimentación y erosión en las tuberías. (MVCS, 2018).

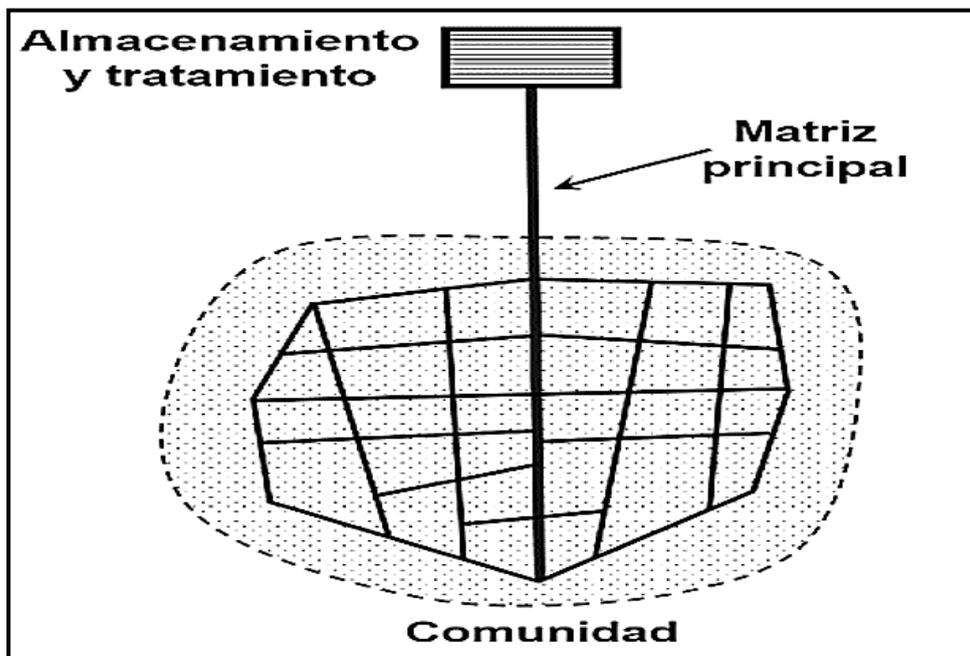
2.2.30 Red de distribución

La red de distribución está conformada por un conjunto de tuberías, de diferentes diámetros con la capacidad de suministrar el agua en cantidad y calidad a los usuarios, en zonas rurales no se toma en cuenta dotación adicional contra incendios, la red de distribución debe tener la capacidad adecuada para poder conducir el caudal máximo horario (Qmh). (MVCS, 2018).

a) Red de distribución cerrada

Está conformada por un conjunto de tuberías las cuales están enterradas en una calle urbana y de ellas surgen las tomas domiciliarias que se encargan de llevar el agua hasta la puerta de la casa del usuario. Está formado por una tubería principal, también conocido como tubería de circuitos y los tubos secundarias o tubos de relleno que derivan de la tubería principal, la fuente de alimentación de los tramos a la red de distribución se da por diversos lados, evitando así la recesión de agua. (Rodríguez, 2001).

Figura 18: Red de distribución cerrada

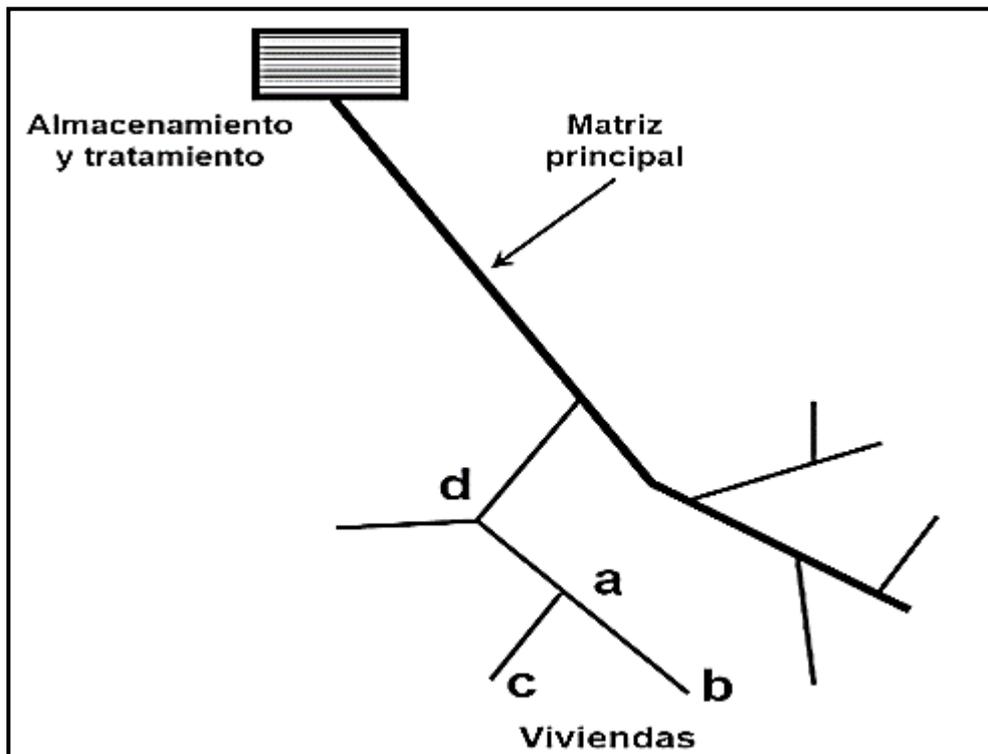


Fuente: (USAID, 2016), p.34

b) Red de distribución abierta

Consiste principalmente de una tubería principal que se instala en las zonas de mayor consumo, se va disminuyendo de diámetro a medida que se va alejando de la del reservorio de abastecimiento, de esta tubería se derivan otras de menor diámetro las cuales llevan por nombre secundarias o de relleno para poder lograr completar la red, esta red tiene la forma de esqueleto de pescado o raíz, se recomienda para poblaciones pequeñas, donde la población es muy dispersa (caseríos, centros poblados, etc.). **(Rodríguez, 2001).**

Figura 19: Red de distribución abierta



Fuente: (USAID, 2016), p.34

2.2.31 Tipos de consumo

a) Consumo doméstico

El consumo de tipo doméstico varía dependiendo de los hábitos de los pobladores, abundancia, nivel de vida, nivel de desarrollo y la disponibilidad de agua potable, condiciones climatológicas y costumbres, etc. En nuestro país el consumo de agua potable para uso doméstico está estimada entre 75 y 100 lit/hab/día, esta es la cantidad primordial para el consumo doméstico, lo que incluye necesidades fisiológicas, cocina, lavado de ropa y vajilla, calefacción y aire acondicionado, riego de algunas plantas y jardines privados, limpieza de la vivienda, etc. **(Rodríguez, 2001).**

b) Consumo público

Este consumo se refiere al consumo de edificios y objetos públicos, por ejemplo: riego de escuelas, mercados, hospitales, mataderos, cuarteles, calles, céspedes y jardines. Este consumo es variable, pero en nuestro país se estima entre el 20% y el 30% del consumo de tipo doméstico. El consumo público suele ser excesivo por descuido, ya que los residuos de ese uso público resultan de fallos de tuberías, grifos o accesorios. (Rodríguez, 2001).

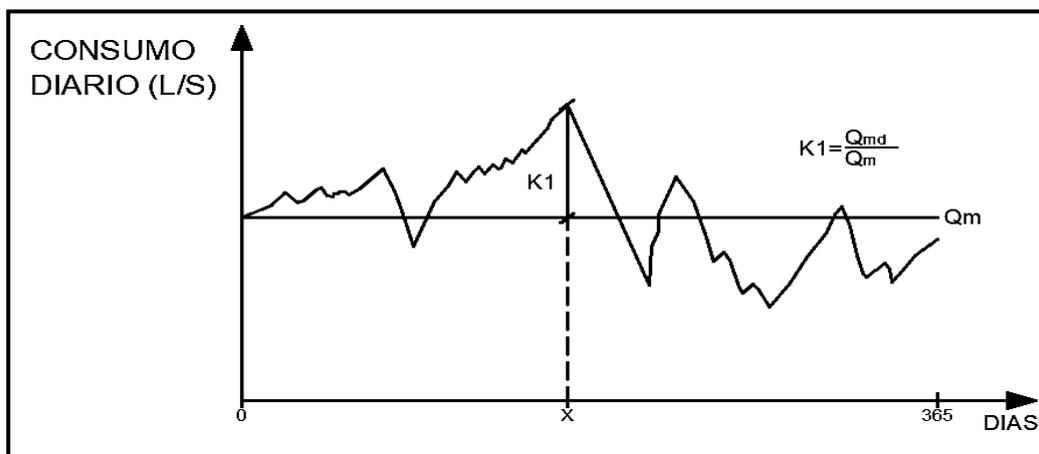
2.2.32 Variaciones de consumo

El consumo del agua en saneamiento no suele ser constante a lo largo de todo del año, se presentan diferencias de consumo horario, diario y mensual, actividades de la población, la temperatura, lugar, etc. Para estimar estos valores es necesario utilizar coeficientes de consumo diario y horario. (Rodríguez, 2001).

❖ Variación diaria

Las estadísticas nos demuestran que hay días del año con consumos mayores y otros con consumos menores con respecto al consumo promedio diario, esto depende muchos de factores como: actividades de la población, temperatura, distribución de lluvias en la región, etc. Para obtener un valor que represente estas variaciones se utiliza un valor numérico adimensional que se denomina coeficiente de variación diaria. (Rodríguez, 2001).

Figura 20: Gasto de consumo máximo diario



Fuente (Agüero P. R., 1997), p.25

La variación de consumo diario se presenta por la variable K_1 , que se expresa como la

relación entre el caudal máximo diario de consumo sobre el caudal medio diario.

$$K1 = \frac{(Q_{md})}{(Q_m)} \quad \text{Ec. 23}$$

Donde:

K1: Variación de consumo diario.

Qmd: Caudal máximo diario (L/s)

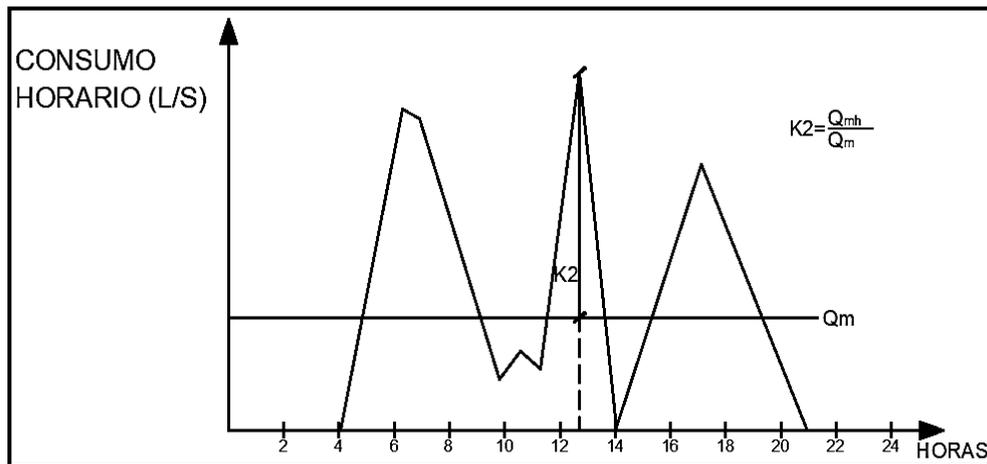
Qm: Caudal medio diario (L/s).

Según el (MVCS, 2018), para la elaboración de proyectos de inversión pública de agua y saneamiento recomienda utilizar $K1 = 1.3$, para variación de consumo diaria.

❖ Variación horaria.

Existen variaciones durante las horas con respecto al caudal máximo diario, el cual no es consumido por los usuarios en forma constante en el transcurso de las 24 horas del día, pero en determinados lapsos de tiempo serán menores o mayores que el caudal máximo diario, es por eso que para poder satisfacer las demandas máximas que surgen durante el día, se debe aumentar el valor del caudal máximo diario con un determinado coeficiente que logre cubrir esas demandas máximas horarias. (Rodríguez, 2001).

Figura 21: Gasto de consumo máximo horario



Fuente: (Agüero P. R., 1997), p.43

Las distintas variaciones de consumo horario vienen representadas por la variable K2, que se expresa con la relación entre el caudal máximo horario entre el caudal medio diario.

$$K2 = \frac{(Q_{mh})}{(Q_m)} \quad \text{Ec. 24}$$

Donde:

K2: Variación de consumo horario.

Qmd: Caudal máximo horario (L/s)

Qm: Caudal medio diario (L/s).

El (MVCS, 2018), recomienda asumir el valor de **K2** no menor a **1.8** y no mayor a **2.5**, para la elaboración de proyectos referidos a sistemas de agua y saneamiento.

2.2.33 Parámetros hidráulicos población de diseño

Para diseñar podemos tomar datos proporcionados por los gobiernos locales o distritales estos datos están asociados con los censos y con el conteo de viviendas. (García, 2009).

❖ Densidad poblacional

Es la relación que existe entre la población total y el número de viviendas habitadas por la población en estudio.

$$D_p = \frac{\text{Poblacion actual}}{\text{Numero de viviendas}} \quad \text{Ec. 25}$$

❖ Dotación de agua

Se puede definir como la cantidad de agua que logra satisfacer las necesidades diarias de consumo de cada miembro de una familia, su selección depende del tipo de opción tecnológica para la disposición sanitaria de excretas y la región en la cual se implementen. (MVCS, 2018).

Tabla 4: Dotación de agua según forma de disposición de excretas

REGIÓN GEOGRÁFICA	DOTACIÓN – UBS SIN ARRASTRE HIDRAULICO (l/hab.d)	DOTACIÓN – UBS CON ARRASTRE HIDRÁULICO (l/hab.d)
COSTA	60	90
SIERRA	50	80
SELVA	70	100

Fuente: (MVCS, 2018), p.16

❖ Caudal medio

Es la cantidad de agua que requiere un habitante en un día cualquiera del año de consumo promedio. (Rodríguez, 2001).

$$Q_m = \frac{P_d * \text{Dot}}{86400} \quad \text{Ec. 26}$$

Donde:

Pd: Población de diseño en habitantes (hab).

Dot: Dotación en l/hab/día.

86400: Segundos que tiene un día.

Qm: Caudal medio diario L/s.

$$Q_m = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}{n} \quad \text{Ec. 27}$$

Donde:

Pd: Caudal promedio de cada día

n: Numero de datos.

$$\text{Dotación} = \frac{Q_m}{\text{hab}} \quad \text{Ec. 28}$$

Donde:

Qm: Caudal medio (Lit/día)

hab: Número de habitantes.

❖ Caudal máximo diario

Se referido al máximo gasto diario requerido para poder satisfacer las necesidades de una población en un mes de consumo. (CONAGUA, 2012).

$$Q_{md} = K_1 * Q_m \quad \text{Ec. 29}$$

Donde:

Qmd: Caudal máximo diario l/s.

K1: Coeficiente de caudal máximo diario

Qm: Caudal medio diario l/s.

❖ Caudal máximo horario

Referido al máximo gasto horario requerido para poder satisfacer las necesidades de una población durante el día. (CONAGUA, 2012).

$$Q_{mh} = K_2 * Q_m \quad \text{Ec. 30}$$

Donde:

Q_{md} : Caudal máximo horario l/s.

K_2 : Coeficiente de caudal máximo horario.

Q_m : Caudal medio diario l/s.

2.2.34 Funcionamiento hidráulico de la red de distribución del sistema

Lo que respecta a la red de distribución, se debe de tener un diseño adecuado a la localización de las tuberías principales y secundarias, así como criterio técnico para la elección de sus diámetros con presiones adecuadas en todas las zonas por abastecer de agua potable y, principalmente, el costo más bajo posible manteniendo un buen diseño, acorde a la topografía y la planimetría de la localidad, la ubicación del reservorio de regularización debe ser el adecuado para garantizar presiones y velocidades óptimas en toda la red de distribución. **(Rodríguez, 2001)**.

2.2.35 Caudal de diseño

Las redes de distribución se deben diseñar para que estas puedan conducir el caudal máximo horario (Q_{mh}).

(MVCS, 2018).

2.2.36 Diámetro mínimo

Los diámetros mínimos que deben tener las tuberías principales para redes cerradas deben ser menores de 25 mm (1"), pero en redes abiertas, se admite un diámetro de hasta 3/4" (20 mm) para ramales. **(MVCS, 2018)**.

2.2.37 Velocidad

La velocidad mínima que debería existir en la tubería de la red de distribución no debe ser menor de 0.60m/s, esto para evitar sedimentación en las tuberías. En ninguna circunstancia deben presentarse velocidades superiores a 3.00 m/s. **(MVCS, 2018)**.

2.2.38 Presión

La presión dinámica mínima en cualquiera de los puntos de la red de distribución no debe ser menor a 5 m.c.a y las presiones estáticas según modelamiento de tipo hidráulico no debe ser mayor a 60 m.c.a. **(MVCS, 2018)**.

2.2.39 Descripción general del paquete computacional WaterGEMS

El software WaterGEMS fue desarrollado originalmente por la Empresa Haestad Methods, la cual fue adquirida por Bentley Systems en el 2004 a través de sus múltiples herramientas, permite realizar diferentes cálculos. **(Orbe,2021)**.

De la misma manera que WaterCAD, el programa aplica un algoritmo de análisis hidráulico basado en el método del gradiente conjugado, el cual nos permite resolver las ecuaciones lineales haciendo uso de matrices simétricas de una manera eficiente, ya que disminuye el manejo de datos, memoria del equipo y reduce el número de iteraciones. **(De la Cruz,2020)**.

2.2.40 Elaboración una simulación hidráulica

WaterGEMS es un programa de modelado y diseño de sistemas de abastecimiento de agua, el primer paso consiste en construir el dibujo de la red, en el segundo paso consta de alimentar los elementos del mismo con la información física obtenida en campo, consumo de agua, operación y condiciones de frontera, requerida para una adecuada simulación, en el tercer paso, consiste en crear escenarios y alternativas que permiten modelar un número infinito de soluciones de una manera rápida, sencilla y organizada dentro de un solo modelo, el cuarto paso, consiste en ejecutar la simulación para poder obtener resultados, el quinto paso, consiste en interpretar los resultados, entre los cuales podemos enumerar presiones, caudales, y velocidades. **(Bentley, 2012)**.

2.2.41 Evaluación del estado de la infraestructura

El buen funcionamiento hidráulico de un sistema de agua potable depende del desempeño de sus componentes, tales como: captación, la estación de bombeo, la línea de impulsión, reservorio, la línea de suministro o aducción y la red de distribución. En este sentido, es importante resaltar que para que funcione bien la infraestructura debe estar bien diseñada, tanto estructural como hidráulicamente. **(CONAGUA, 2012)**.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1.1 Ubicación geográfica del área de estudio

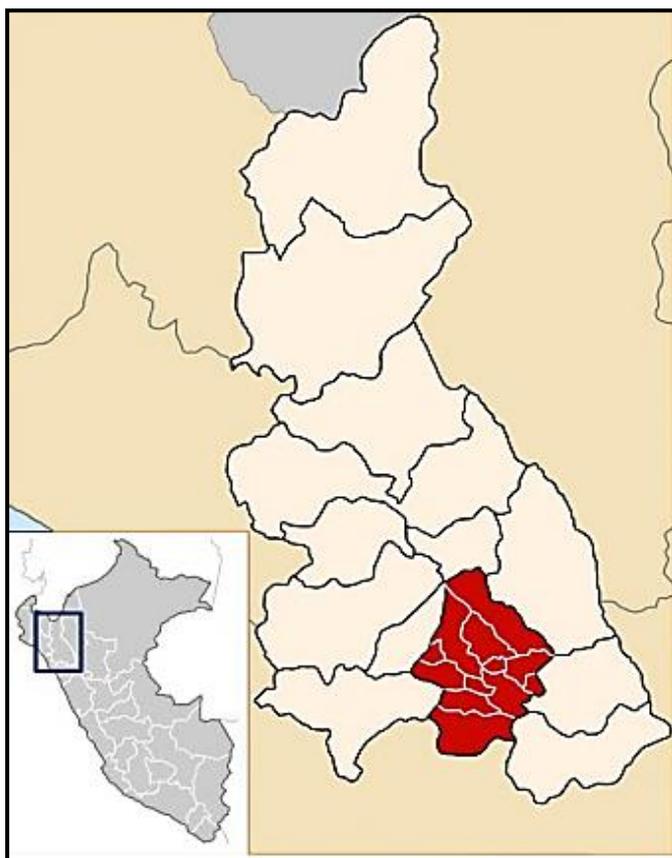
El caserío Valle Verde se ubica en el distrito de Baños Del Inca, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca, se encuentra a una altitud de 2661.19 m.s.n.m. (Altitud de la estación de bombeo), según la clasificación de las regiones naturales del Perú sustentado por el Dr. Javier Pulgar Vidal, el caserío Valle Verde se encuentra en la región sierra, en el límite del distrito de Baños del Inca y Huayrapongo, en las coordenadas UTM, N: 9205857.4950, E: 780823.6110, carta nacional del Perú Cajamarca (15-G), el acceso al caserío Valle Verde, es por la carretera a Llacanora la cual se encuentra en regulares condiciones.

Figura 22: Mapa político del Perú



Fuente: (Bardales, 2022), p.60

Figura 23: Mapa de los departamentos de Cajamarca



Fuente: (Bardales, 2022), p.60

Figura 24: Mapa de los distritos de Cajamarca



Fuente: (Oliva, 2019), p.50

Figura 25: Ubicación del Caserío Valle Verde



Fuente: Google Earth, 2023

Figura 26: Ubicación del Caserío Valle Verde



3.1.2 Población

Lamentablemente no existen censos poblacionales por año o en un período cercano al actual. Según el Censo Nacional de 2017 realizado por el INEI, la población del caserío Valle Verde fue de 678 personas, en la actualidad cuenta con 848 habitantes en total, según el registro del padrón de asociados de la junta administradora de servicios de saneamiento se cuenta con 163 usuarios de agua potable, lo que resulta en 5.2 habitantes por vivienda, datos reales actualizados al año 2023.

3.1.3 Clima

El clima que presenta el caserío Valle Verde es variado debido a su altitud de 2661.18 m.s.n.m.; como no se cuenta con una estación meteorológica en la zona de estudio, los datos de identificación climática se tomaron de la estación meteorológica Augusto Weberbauer ubicada en la Universidad nacional de Cajamarca, la cual determina que la temperatura es muy variable, entre 10°C y 20°C, con un promedio anual de 12°C, sus temperaturas máximas se dan en los meses de enero y febrero 20°C a 30°C, de clima templado, moderadamente lluvioso.

3.1.4 Topografía

El caserío Valle Verde al estar situado en la región sierra, el terreno presenta una topografía agreste presenta pendientes de hasta 9 %, el terreno es bastante inclinado, presenta cerros empinados y lomas de mediana altura, planicies extensas, se observa un suelo del tipo grava arcillosa con presencia de rocas.

3.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO VALLE VERDE

El abastecimiento de agua potable al caserío Valle Verde es por bombeo, fue construido por la Municipalidad de Cajamarca en el año 2007, el sistema consiste en captar el agua subterránea mediante un manantial de ladera para luego ser conducida a la estación de bombeo donde luego es impulsada mediante bombas hidráulicas al reservorio ubicado en la parte superior del cerro, finalmente se realiza la distribución de agua potable a las viviendas, la operación, mantenimiento y único responsable de la prestación de servicio del sistema de agua potable es la junta administradora de servicios de saneamiento (JASS).

3.3 MATERIALES, EQUIPOS Y SOFTWARES

3.3.1 Materiales

- Formatos para realizar la evaluación del estado de la infraestructura existente del sistema de agua potable.
- Formatos para registrar: aforos de consumo máximo horario y diario.
- Formato para registrar la presión en los domicilios de los usuarios.
- Formatos de encuestas realizadas los usuarios y la junta administradora de servicios de saneamiento (JASS) para recopilar la información sobre la operación y mantenimiento del sistema.

3.3.2 Equipos

- GPS diferencial Trimble R10
- Manómetro de glicerina
- Cámara fotográfica
- Laptop Toshiba Core i7

3.3.3 Softwares

- AutoCAD Civil 3D – 2023
- Microsoft Office 2019
- WaterGEMS

3.4 METODOLOGÍA

El tipo de metodología aplicada en la presente investigación es del nivel descriptivo, aplicando el método científico con fines de análisis, deductivo, descriptivo y con respecto a la estrategia se aplica una metodología hipotética.

3.5 PROCEDIMIENTO

3.5.1 Reconocimiento y descripción de los componentes del sistema de agua potable del caserío Valle Verde

El reconocimiento y descripción consistió en realizar visitas de campo con la finalidad de identificar las estructuras y máquinas hidráulicas que componen el sistema de agua potable del caserío Valle Verde, para realizar el recorrido del sistema se contó con el apoyo de algunos miembros de la junta administradora de servicios de saneamiento (JASS) y las autoridades de la localidad.

3.5.2 Evaluación de estado de la infraestructura existente del sistema

a) Captación

Se realizó visitas a la captación con el propósito de identificar y describir el tipo de captación y conocer el estado actual en el que se encuentra la estructura hidráulica.

b) Línea de conducción

Se realizó el recorrido de la línea de conducción del sistema de agua potable, iniciando en la captación y terminando en la estación de bombeo, esto con la finalidad de verificar, reconocer el estado actual de la tubería e identificar el material, diámetro y accesorios de la tubería.

c) Estación de bombeo

Se visitó la estación de bombeo con la finalidad de reconocer e identificar los componentes como: accesorios, maquinas hidráulicas y verificar el estado actual en el que se encuentran.

d) Línea de impulsión

Se realizó levantamiento topográfico y se recorrió la línea de impulsión del sistema de agua potable del caserío Valle Verde, la cual impulsa el agua desde la estación de bombeo hasta el reservorio, el recorrido sirvió para evaluar el estado actual de la línea de impulsión, e identificar los accesorios de la tubería, el tipo de material y diámetro de la tubería.

e) Reservorio

Se realizó visitas al reservorio tomar el registro de caudales e identificar el tipo de reservorio (circular), el estado actual de la infraestructura hidráulica, identificar

deficiencias en la operación y mantenimiento, y dar las recomendaciones necesarias.

f) Línea de aducción

Se realizó el levantamiento topográfico de la línea de aducción con la finalidad de modelar la tubería en el software WaterGEMS. Se realizó el recorrido de la tubería de aducción para poder identificar el estado actual en el que se encuentra la tubería y reconocer el diámetro y accesorios de la misma, el recorrido inicio en el reservorio y termino en el inicio la red de distribución,

g) Red de distribución

Se realizó el levantamiento topográfico de la línea de distribución con la finalidad de realizar el modelamiento en el software WaterGEMS, así mismo se evaluó el estado de las tuberías de la red.

3.5.3 Evaluación hidráulica del sistema de agua potable

a) Captación

Se realizó el aforo de la captación y usando la ecuación 1 calculamos el caudal que nos proporciona, se tuvo en cuenta que el caudal obtenido debería ser mayor a la demanda del consumo. Posteriormente se tomaron las medidas de la captación de ladera esto con el fin de verificar si el dimensionamiento de la pantalla, la cámara húmeda y los demás componentes son los adecuados para lograr recepcionar el volumen de agua que fluye del manantial. Se realizó el análisis físico-químico del agua para comprobar si está es adecuada para el consumo humano.

b) Estación de bombeo

Se identificaron los equipos de la estación de bombeo tales como, bomba hidráulica, sistema de bombeo y accesorios que forman parte del sistema.

Para calcular el caudal de bombeo se hizo uso de la ecuación 9, la cual está en función al caudal medio y las horas de bombeo, es importante mencionar que a menor horas de bombeo mayor es el caudal.

c) Línea de conducción

En la línea de aducción se calculó el diámetro máximo y mínimo que debería tener la línea de aducción, haciendo uso de la velocidad máxima y mínima que sugiere el (MVCS, 2018), y se verificó si el diámetro existente se encuentra dentro de estos rangos.

d) Línea de succión

Se determinó el NPSH disponible de las bombas hidráulicas para luego ser comparado con el NPSH requerido especificado por el fabricante para su buen funcionamiento, esto se calculará con ayuda de la ecuación 20. Se determinó si la sumergencia de la bomba hidráulica es la adecuada para evitar remolidos o vórtices que puedan afectar el buen funcionamiento.

e) Línea de impulsión

Se determinó si la velocidad a la que está trabajando la línea de impulsión se encuentra dentro del rango que sugiere el (MVCS, 2018).

Se calculó el diámetro mínimo y máximo para luego ser comparado con el diámetro existente.

Se calcularon las pérdidas por fricción en la tubería haciendo uso de la ecuación 16, y se calcularon las pérdidas por accesorios usando la ecuación 15, esto con el propósito de conocer la altura dinámica total a la que la bomba debe elevar el agua.

f) Reservorio

El sistema de agua potable cuenta con un reservorio circular en el cual se evaluó el estado actual en el que se encuentra, y se tomaron las medidas para comprobar si el volumen es el adecuado para satisfacer las demandas de los usuarios.

El reservorio de caserío Valle Verde cuenta con un medidor general dentro de la caseta de válvulas, esto nos ayuda a poder registrar los caudales de consumo de manera más precisa y así determinamos el caudal medio, caudal máximo horario, caudal máximo diario y coeficientes de variación de consumo, **K1 y K2**.

- ❖ Los registros se tomaron cada hora, desde las 4:00 am hasta las 8:00 pm, durante el mes de agosto.
- ❖ Los datos fueron registrados en tablas hechas a conveniencia para luego ser digitalizados y procesados en Excel, con el procesamiento de los datos podemos determinar el caudal medio, caudal máximo diario y caudal máximo horario.
- ❖ Una vez determinado el caudal medio, caudal máximo diario y caudal máximo horario, se determinaron los coeficientes de variación **K1 y K2**, usando las ecuaciones 18 y 19 respectivamente.

g) Línea de aducción

Se calculó el diámetro máximo y mínimo que debería tener la línea de aducción, haciendo uso de la velocidad máxima y mínima que sugiere el (MVCS, 2018), y se verificó si el diámetro existente está dentro del rango calculado, con ayuda del software WaterGEMS se verificó la presión a la que está trabajando, la cual no debe ser mayor a 60 m.c.a.

h) Red de distribución

Se realizó el modelamiento de la red de distribución apoyándonos del software WaterGEMS, se verificó que la presión obtenida no sea menor de 5 m.c.a y no mayor de 60 m.c.a y la velocidad en la tubería no sea menor de 0.60 m/s y no mayor de 3.0 m/s, valores que sugiere el (MVCS, 2018).

En campo se tomaron las medidas de las presiones con manómetro de glicerina en las conexiones domiciliarias y así verificar si las presiones son menores a 60 m.c.a y mayores a 5 m.c.a, valores que sugiere el MVCS, 2018.

3.5.4 Operación y mantenimiento del Sistema

Se investigó sobre quienes son las personas encargadas de operar y manipular la estación de bombeo y válvulas del sistema, así mismo sobre los periodos en los que se realiza las actividades de limpieza y mantenimiento para cada estructura hidráulica que constituye el sistema de agua potable.

3.5.5 Situación de la Junta Directiva

Se investigó el sistema por el cual que se elige a los integrantes de la junta directiva y por el lapso de tiempo que son elegidos, y si es que asumir estos cargos implica tener algún tipo de subvención económica o de otro tipo de beneficios.

Se analizó la satisfacción de los usuarios del caserío Valle Verde con respecto al desempeño que realiza la junta directiva actual.

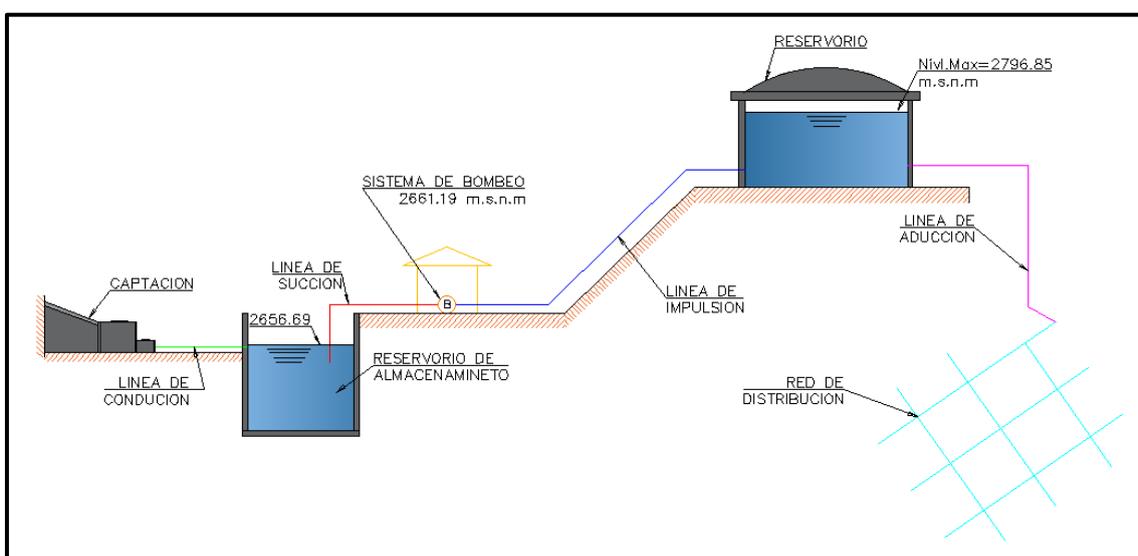
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Reconocimiento del Sistema de Agua Potable del caserío Valle Verde

El sistema consta de captación, estación de bombeo, red de impulsión, reservorio y red de distribución.

Como podemos observaren en el esquema la línea de conducción está representada en color verde, la línea de succión en color rojo, la línea de impulsión en color azul, la línea de aducción y la línea de distribución en color turquesa.

Figura 27: Esquema del sistema de abastecimiento de agua potable existente



a) Captación

El sistema de agua potable del caserío Valle Verde es abastecido mediante una fuente subterránea que es aprovechada con una captación de ladera ubicada en las coordenadas E: 780327.16 N: 9206474.27, UTM, Zona 17S, a una altura de 2664.80 m.s.n.m., la captación colinda con el Bim Zepita N°7.

b) Línea de succión

La tubería de succión instalada es de 4 pulgadas, hasta el momento no ha sido cambiada, la cual cumple con la función de transportar el agua desde el reservorio de almacenamiento (2656.69m.s.n.m.) hasta las bombas hidráulicas instaladas en la estación de bombeo (2661.19 m.s.n.m.).

c) Estación de bombeo

La estación de bombeo está compuesta por dos bombas hidráulicas las cuales funciona en paralelo, las bombas centrífugas de eje horizontal son iguales y son de la marca Hidrostral de 20 HP de capacidad y cuyo diámetro del impulsor es de 265 mm y cada una de las bombas conecta con un motor de 3535 RPM de la marca SIEMENS.

d) Línea de impulsión

La tubería de impulsión es 4 pulgadas (0.0946 m de diámetro interno) y material hierro dúctil lo cual le permite soportar las grandes presiones, tiene una longitud de 427.6 metros y cumple con la función de transportar el agua desde la estación de bombeo hasta el reservorio de distribución.

e) Reservorio

El reservorio de distribución se encuentra ubicados en las coordenadas E: 781161.87N: 9205997.47, UTM, Zona 17S, a una altura de 2796.85 m.s.n.m., es de forma circular con cúpula, es un reservorio típico apoyado, con una capacidad de almacenar 25 m³, en donde la distribución de agua a la población es por gravedad.

f) Línea de aducción

La tubería de 2" de diámetro, HDPE (polietileno de alta densidad), tiene una longitud de 877.48 metros, cumple con la función de transportar el agua del reservorio al inicio de la red de distribución, esto se realiza por gravedad.

g) Red de distribución

La red de distribución que existe en el caserío es de tipo abierta, después de su construcción inicial ha sufrido muchas modificaciones a consecuencia de adicionar nuevos ramales y así brindar el servicio de agua potable a nuevos usuarios.

4.2 Evaluación de la infraestructura Hidráulica

4.2.1 Captación

La captación de sistema de agua potable tiene una antigüedad de dieciséis años se encuentra está ubicada a 2664.80 m.s.n.m., la infraestructura presenta algunas fisuras, cuenta con cerco perimétrico, la zona de filtros se encuentra protegida con un techo de concreto, la cámara de húmeda y caja de válvulas se cuentan con tapa metálica la cual se encuentra oxidada, la canastilla y la tubería de rebose se encuentran en mal estado debido

a que no recibe mantenimiento, es importante aclarar que los alrededores de la captación sirven para pastoreo de ganado lo cual puede afectar la calidad del agua.

Figura 28: Captación del sistema



4.2.2 Estación de bombeo

La estación de bombeo cumple la función de elevar el caudal hasta el reservorio, cuenta con dos bombas hidráulicas dispuestas en paralelo las cuales presentan ligera corrosión. Las bombas hidráulicas instaladas son iguales y del tipo centrifuga de la marca Hidrostral con número de serie 40 - 250 - 9HE - E500 – AS, con un impulsor de Ø265 mm y 20 HP (al ser bombas iguales la potencia del sistema seria de 40 HP). Según recomendaciones de los fabricantes debería instalarse una válvula check para evitar dañar el sistema de impulsión al momento de parar el bombeo. Las bombas centrifugas ya fueron cambiadas en dos ocasiones pues estas se descompusieron y provocaron fallas en el sistema.

Figura 29: Bombas hidráulicas instaladas en paralelo



Figura 30: Especificaciones técnicas de las bombas hidráulicas



4.2.3 Línea de succión

La tubería de succión cumple la función de conducir el agua desde el fondo del reservorio de almacenamiento hasta las bombas hidráulicas, es de material hierro dúctil de 4 pulgadas de diámetro, con una válvula check canastilla, se encuentra anclada a la pared del reservorio tiene una longitud de 6.2 metros, se encuentra 20 centímetros por encima del fondo del reservorio de almacenamiento, y cuenta con una válvula check.

4.2.4 Línea de impulsión

La tubería de impulsión cumple con la función de conducir el agua desde la estación de bombeo hasta el reservorio, la tubería se encuentra expuesta en la mayor parte de su recorrido y se encuentra anclado con concreto y rocas, la tubería es de material hierro dúctil de 4 pulgadas de diámetro, tiene una longitud de 427.60 metros, hay presencia de seis codos de 45°, dos codos de 90° y dos válvulas compuerta. En enero del presente año se realizó el cambio de un tramo de la tubería donde pudimos observar que hay presencia de sarro dentro de la tubería, esta se encuentra solidificada con un espesor de 2 mm, lo que nos indica que la tubería se encuentra en mal estado.

Figura 31: Tubería de impulsión



Figura 32: Tubería de impulsión en mal estado



4.2.5 Reservorio

El reservorio del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío Valle Verde se encuentra a una altura de 2796.85 m.s.n.m. y es de forma circular con un volumen de 25 m³, está construido de concreto armado, presenta ligeros agrietamientos en la parte superior y presenta maleza en los alrededores, algo impórtate que destacar es que no cuenta con tubería de tubería de ventilación, tampoco cuenta con caseta de cloración (la cloración se realiza en la estación de bombeo). La caseta de válvulas se encuentra en buen estado. El cerco perimétrico se encuentra totalmente caído.

Figura 33: Reservorio del sistema



4.2.6 Línea de aducción

La línea de aducción es de 2” pulgadas de diámetro y de material HDPE. En muchas partes se encuentra expuesta, lo que la hace proclive a fugaz y daños debido a las inclemencias del clima cajamarquino, también presenta válvulas de aire las cuales no tienen protección y se encuentran expuestas.

Figura 34: Tubería de aducción



4.2.7 Red de distribución

La red de distribución del caserío Valle Verde es del tipo abierta, presenta diversos diámetros de tubería, 3/4", 1" y 1.5", en algunos tramos las conexiones domiciliarias se encuentran expuestas. La red presenta válvulas de regulación en algunos tramos, las cuales se encuentran expuestas. La red de distribución cuenta con 163 conexiones domiciliarias.

Figura 35: Red de distribución



4.3 Evaluación hidráulica del sistema de agua potable

4.3.1 Reservorio

En el caserío Valle Verde, se presta el servicio por dieciséis horas al día, la distribución de agua potable comienza a las 4:00 am (Bombeo), se bombea el agua durante 2 horas al día en forma discontinua, el primer bombeo inicia a las 4:00 am hasta las 5:00 am, el segundo bombeo inicia a las 11:00 am hasta las 12:00 pm.

Con la intención de determinar los valores del caudal medio, máximo diario y máximo horario, se toman las lecturas del medidor ubicado a la salida del reservorio diariamente en los horarios de 4:00 am, a 8:00 pm, durante el mes de agosto.

❖ Caudal medio (Qm)

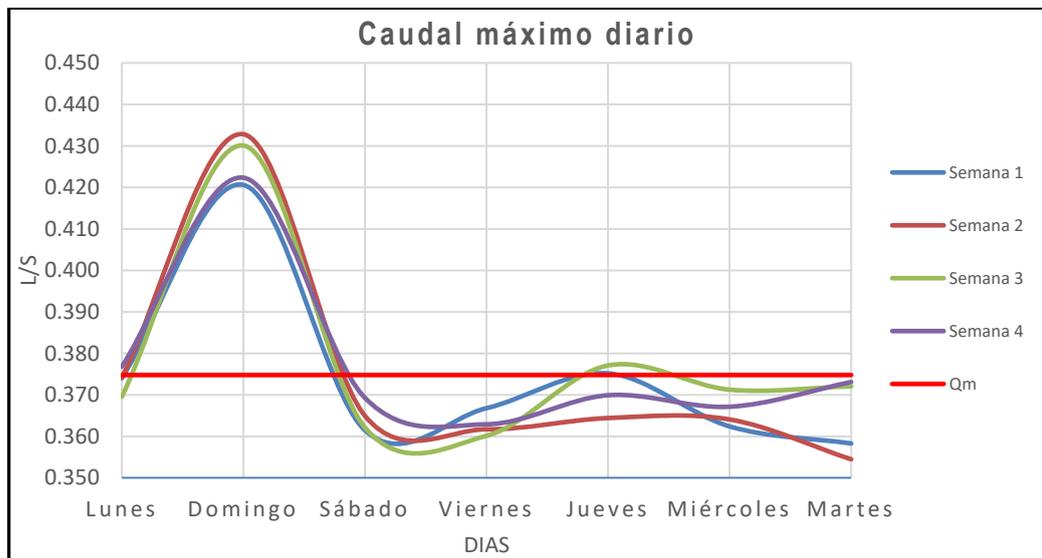
Con los valores obtenidos del registro de caudales detallados en el Anexo 2, se calcula el caudal usando la ecuación 27, el cual está definido como el promedio de los caudales diarios.

Según los valores registrados en el Anexo 2, calculando el promedio se define que el caudal medio es: ($Q_m = 0.375 \text{ L/s}$).

❖ Caudal máximo diario (Qmd)

Los valores obtenidos de la toma de datos del medidor detallados en el Anexo 2, se representados en la figura 36, esto nos permite determinar el caudal máximo diario (Qmd), definido como el máximo valor obtenido de todos los días registrados.

Figura 36: Caudal máximo diario



Según la figura 36, se define:

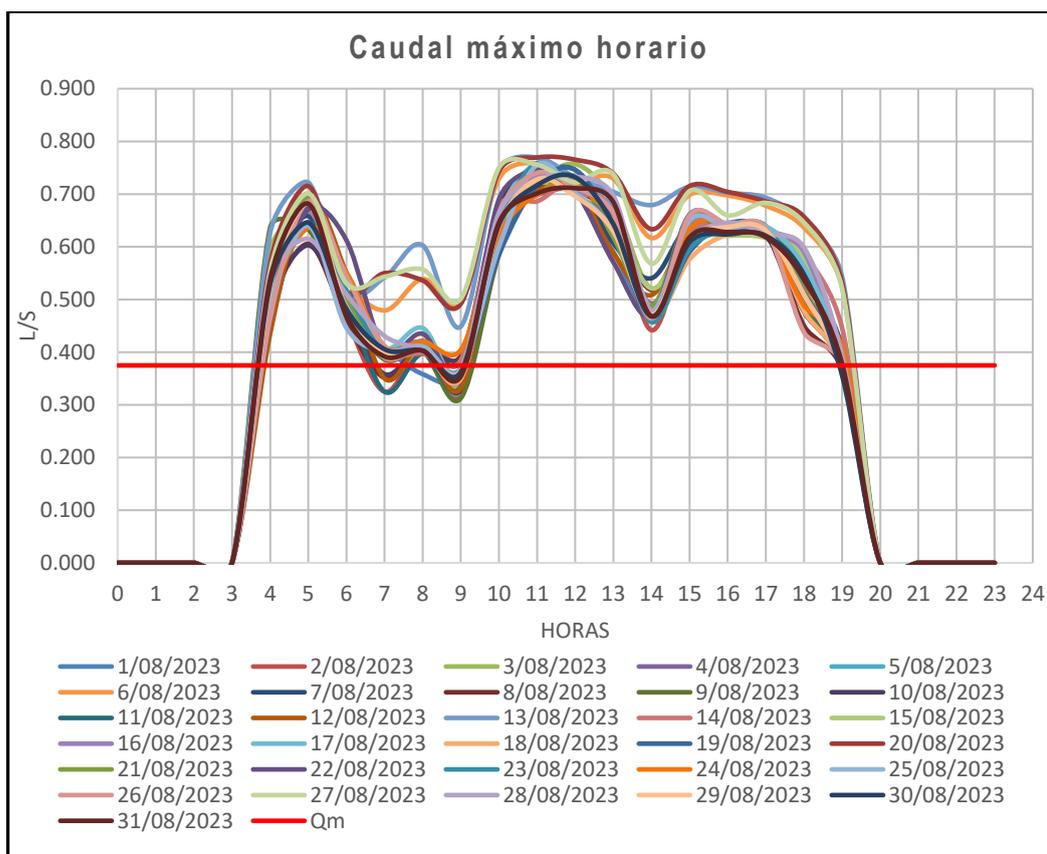
El día domingo como día de máximo consumo

El valor del caudal máximo diario es: ($Q_{md} = 0.433 \text{ L/s}$)

❖ Caudal máximo horario (Qmh)

Con los valores de consumo obtenidos apreciados en el Anexo 2, representados en la figura 37, permite determinar el caudal máximo horario (Qmh), para lo cual se tomó el valor máximo de una hora de consumo registrado durante todo el día.

Figura 37: Caudal máximo horario



Según la figura 37, se define:

La hora de máximo consumo, de 11:00 am – 12:00 am.

El valor del caudal máximo horario es: ($Q_{mh} = 0.769$ L/s).

❖ **Coefficiente de variación diaria (K1)**

Utilizando la ecuación 23, reemplazando los valores de cauda medio (Q_m), caudal máximo diario (Q_{md}), obtenemos el valor del coeficiente de consumo diario (K1).

$$K1 = \frac{Q_{md}}{Q_m} = \frac{0.433}{0.375} = 1.155$$

❖ **Coefficiente de variación horaria (K2)**

Utilizando la ecuación 24, reemplazando los valores de cauda medio (Q_m), caudal máximo horario (Q_{mh}), obtenemos el valor del coeficiente de consumo diario (K2).

$$K2 = \frac{Q_{mh}}{Q_m} = \frac{0.769}{0.375} = 2.053$$

❖ **Dotación**

La dotación se calcula usando la ecuación 28, dividiendo el caudal medio entre el número de habitantes. La población es de 375 personas y el número de conexiones domiciliarias es de 75 lo cual da un promedio de 5 habitantes por vivienda.

$$\text{Dotación} = \frac{0.375 * 86400}{375 \text{ Hab}} = 86.35 \text{ Lit/hab/día}$$

La dotación recomendada por el ministerio de vivienda construcción y saneamiento es de 80 Lit/hab/día para la región sierra, como podemos ver el valor de 86.35 Lit/hab/día, obtenido para el caserío Valle Verde es muy cercano.

❖ **Volumen de almacenamiento**

Para calcular el volumen de almacenamiento usamos la ecuación 22, haremos la verificación para el caudal máximo diario.

$$V_{\text{almac.}} = 0.3 * \frac{Q_{\text{md}} * 86400}{1000}$$
$$V_{\text{almac.}} = 0.3 * \frac{0.43 * 86400}{1000} = 11.22 \text{ m}^3$$

Al haber calculado el volumen de almacenamiento el cual es de 11.22 m³, esto indica que es suficiente con el reservorio de 25 m³ para almacenar el agua y que no es necesaria por el momento la construcción de un reservorio de mayor capacidad.

4.3.2 Captación

La captación es de ladera y cuenta con cerco perimétrico, la zona de filtros se encuentra protegida con un techo de concreto, la cámara de reunión y caja de válvulas cuenta con su respectiva tapa metálica las cuales se encuentran oxidadas, la canastilla se encuentra sucia debido a que no recibe limpieza, es importante aclarar que los alrededores de la captación sirven para pastoreo de ganado lo cual puede afectar la calidad del agua.

❖ **Aforo del caudal en la captación**

Para realizar el aforo de la captación usamos el método volumétrico, obteniendo los siguientes resultados. (Aforo realizado en marzo).

Tabla 5: Resultados del aforo en la captación

CAUDAL		
N° De vez	Volumen (L)	Tiempo (seg)
1	20	2.23
2	20	2.25
3	20	2.22
4	20	2.26
5	20	2.25
Tiempo promedio		2.242

Usando la ecuación 6 calculamos el caudal

Entonces el caudal: $20/2.242 = 8.92$ l/seg.

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

Donde:

Q: Caudal (l/seg)

V: Volumen (litros)

t: tiempo (segundos)

$$Q = \frac{20 \text{ L}}{2.242 \text{ seg}} = 8.921 \text{ L/seg}$$

De esta manera determinamos que el caudal que proporciona la captación es de 8.92 l/seg.

$$8.92 \text{ L/seg} > 0.43 \text{ L/seg}$$

Verificamos que el caudal aforado es mucho mayor al caudal máximo diario calculado (esto debido a que el manantial abaste a otro sistema), lo cual garantiza que la demanda será cumplida.

❖ **Cámara húmeda**

Verificamos las dimensiones de la cámara húmeda. Se debe verificar que se retenga el caudal de diseño en un lapso de tiempo entre 3 a 5 minutos.

Tómanos como tiempo 3 minutos

$$\text{Vol} = Q * t = 8.921 * 300 = 1605 \text{ litros}$$

Donde:

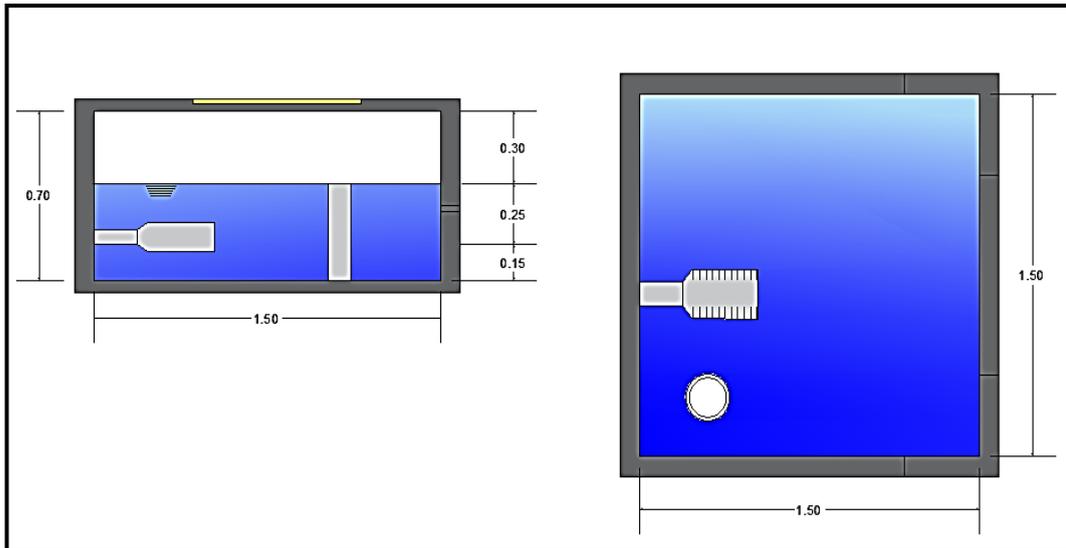
Q: Caudal (l/seg)

t: Tiempo (seg)

Vol: Volumen que debe tener la cámara

Las medidas de la cámara húmeda tomadas en campo son las siguientes

Figura 38: Medidas de la cámara húmeda tomadas en campo



El volumen de la cámara húmeda calcula con las medidas tomadas en campo es de 1575 litros, lo cual nos indica que las dimensiones de la cámara húmeda no son las correctas, pues para este volumen el tiempo de retención es de 2.95 minutos.

❖ **Ancho de pantalla**

el ancho de pantalla medido en campo es de 1.5 m, en donde se encuentran 3 tuberías de 2" las cuales permiten el paso del caudal de los filtros hacia la cámara húmeda.

❖ **Altura total de la cámara húmeda**

La altura de la carga de agua en la cámara húmeda de la captación, se calculó haciendo uso de la ecuación 1.

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

Entonces tenemos

$$H = 1.56 * \frac{0.41^2}{2 * 9.81} = 0.03 \text{ m}$$

$H_t = A + B + H + E \geq$ Altura que alcanza el agua

A= 0.15 m (Altura desde la base de la caja hasta la tubería de salida)

B= 0.060 m (Diámetro de la tubería de salida)

E= 0.40 m (Borde libre)

H1= 0.04 m (Altura de agua sobre la canastilla, medido en campo)

H2= 0.03 m (Altura de agua sobre la canastilla, según cálculo)

Ht = 0.70 m (altura de agua medida en campo)

Ht = 0.64 m (altura de agua según cálculo)

Según los cálculos podemos confirmar que el diseño es el correcto, pues la altura medida en campo (0.70 m) es muy cercana a la altura según el cálculo (0.64 m).

❖ **Dimensiones de la canastilla**

Las dimensiones de la canastilla medidas en campo son las siguientes:

Dímetro de la tubería de conducción = 6" (152 mm diámetro interno)

Dímetro de la canastilla = 8"

Longitud de la canastilla = 50 cm.

De esta manera verificamos que la longitud de la canastilla se encuentre dentro de los siguientes rangos $3D_c < L_c < 6D_c$.

Entonces:

$$45.6 \text{ cm} < 50 \text{ cm} < 91.2 \text{ cm}$$

De esta manera podemos afirmar que la longitud de la canastilla es la adecuada, pues la longitud de 50 cm está dentro de los límites permitidos.

❖ **Tubería de rebose y limpia**

Hacemos uso de la ecuación 4

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

Donde:

D = Diámetro en pulgadas

Q = Máximo caudal de la fuente en L/s

S = Pendiente en m/m.

$$D = \frac{0.71 * 8.92^{0.38}}{0.01^{0.21}} = 4.28''$$

De esta manera el diámetro mínimo que la tubería de rebose y de limpia deberías tener es de 4.5'', pero en la visita a campo observamos que dichas tuberías son de solo 4'' lo cual no garantiza un buen funcionamiento.

4.3.3 Tubería de conducción

La línea de conducción es de 6'' de diámetro, esto debido a que esta línea de conducción abastece también al centro poblado Shaullo chico, haciendo uso de la ecuación 5 podemos determinar el diámetro mínimo y máximo que la tubería de conducción podría tener.

Tabla 6: Resultados de aforo

CAUDAL		
N° De vez	Volumen (L)	Tiempo (seg)
1	20	2.23
2	20	2.25
3	20	2.22
4	20	2.26
5	20	2.25
Tiempo promedio		2.242

Entonces el caudal: $20/2.242 = 8.92$ L/s

La tubería de conducción parte de la captación y termina en el reservorio de almacenamiento, a lado de la estación de bombeo.

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

Donde:

D: diámetro (m)

Q: Caudal (m³/s)

V: Velocidad (m/s)

Procedemos a calcular el diámetro mínimo que puede tener la tubería de conducción, la velocidad no debe ser superior a 3.00 m/s según recomendación del (MVCS,2018).

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.00892}{\pi * 3.0}} = 0.06 \text{ m} \approx 2.5''$$

Procedemos a calcular el diámetro máximo que puede tener la tubería de conducción, la velocidad no debe ser inferior a 0.60 m/s según recomendación del (MVCS,2018).

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.00892}{\pi * 0.6}} = 0.14 \text{ m} \approx 5.5''$$

Con estos resultados podemos afirmar que el diámetro de 6'' de la tubería de conducción no es el apropiado, pues resulta mayor al máximo calculado.

Con la ecuación 5 procedemos a calcular la velocidad en la tubería de conducción, tomando en cuenta que la tubería de conducción se diseña con el caudal máximo diario.

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

Donde:

$$Q_{md} = 8.92 \text{ L/s}$$

$$D = 0.152 \text{ m}$$

$$\text{Reemplazando } A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

Entonces

Se toma el diámetro interno de la tubería de 2 pulgadas (51.6 mm).

$$V = \frac{4 * 0.00892}{\pi * 0.152^2} = 0.49 \text{ m/s}$$

Según los cálculos realizados determinamos que la velocidad en la tubería de conducción es inadecuada pues debería ser mayor a 0.6 m/s y menor a 3.0 m/s, debemos mencionar que la velocidad de 0.49 m/s es proclive a provocar sedimentación en la tubería de conducción.

❖ **Análisis físico químico del agua**

El análisis fue realizado en el laboratorio regional del agua en el mes de septiembre, esto nos permite determinar si el agua es apta para el consumo humano.

Tabla 7: Resultados metales disueltos

Resultados de Metales Disueltos			
Parámetro	Unidad	Máximo permitido (NINAM)	Resultado
Aluminio (Al)	mg/L	0.90	0.047
Boro (B)	mg/L	2.40	0.535
Bario (Ba)	mg/L	0.70	0.1
Calcio (Ca)	mg/L	100.00	109.4
Potasio (K)	mg/L	20.0'0	3.597
Litio (Li)	mg/L	10.00	0.078
Magnesio (Mg)	mg/L	50.00	5.766
Sílice (SiO ₂)	mg/L	100.00	38.31
Fósforo (P)	mg/L	0.50	0.047
Azufre (S)	mg/L	250.00	16.67
Silicio (Si)	mg/L	100.00	17.91
Estroncio (Sr)	mg/L	4.00	0.649

Fuente: Laboratorio regional del agua.

El análisis realizado en el laboratorio regional de agua, nos demuestra la presencia de, Aluminio, Boro, Fosforo, Potasio, estroncio, Silicio, aunque ninguno de estos por encima de los límites permitidos. El análisis realizado nos demuestra la presencia de Calcio en altas concentraciones, la dureza del agua es de 350 mg CaCo₃/L un valor muy alto, aunque sigue por debajo del límite permitido (500 mg CaCo₃/L).

Tabla 8: Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos

Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos			
Parámetro	Unidad	Máximo permitido (NINAM)	Resultado
Turbidez	NTU	5	0.13
pH a 25°C	pH	6.5-8.5	7.87
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1000	501
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	500	340.4
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg CaCO ₃ /L	500	296.3
(*) Sabor	FTN	N.A.	1
(*) Olor	TON	N.A.	1

Fuente: Laboratorio regional del agua.

Otros parámetros analizados como PH, Turbidez, Alcalinidad, sabor, olor, y Solido disueltos totales se encuentran dentro de los límites permitidos por el ministerio del ambiente.

Según el análisis físico químico el agua de la captación se encuentra en la categoría 1-A1, aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

4.3.4 Estación de bombeo

La estación de bombeo cuenta con dos bombas hidráulicas colocadas en paralelo lo cual permite elevar más caudal a una misma altura.

❖ Caudal de bombeo

Para calcular el caudal de bombeo se utilizó la ecuación 9.

$$Q_b = \frac{24}{N} * Q_{md}$$

Donde:

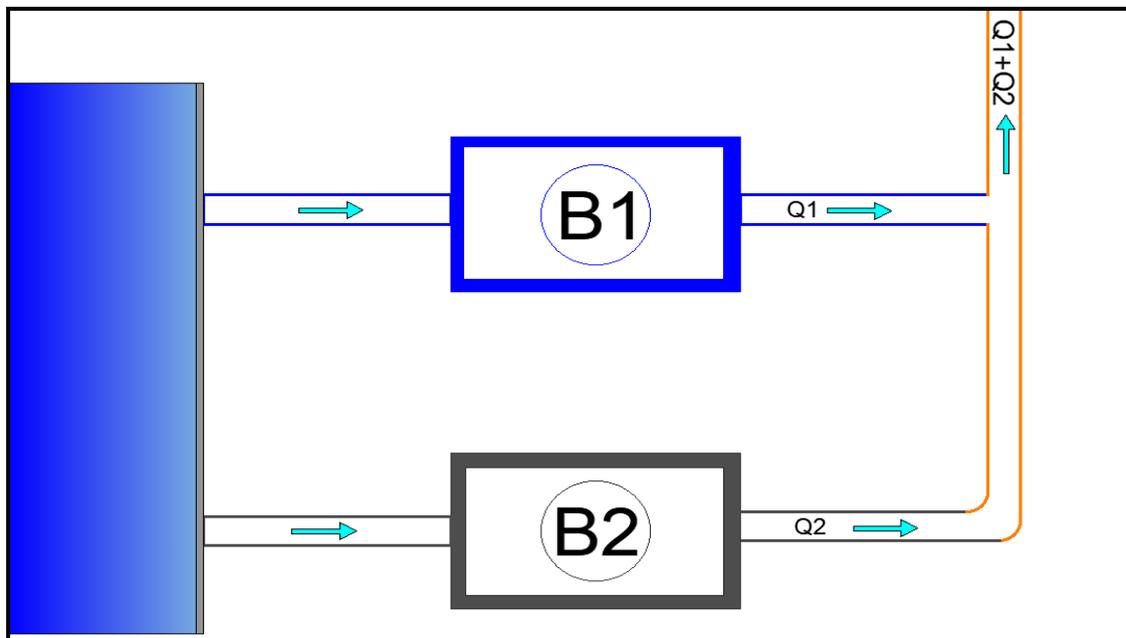
N: 2 horas.

Q_{md}: 0.433 L7s.

$$Q_b = \frac{24}{2} * 0.433 \text{ L/s} = 5.20 \text{ L/s}$$

El caudal de bombeo es de 5.20 L/s, esto es lo que aporta las dos bombas hidráulicas dispuestas en paralelo.

Figura 39: Esquema de instalación de bombas



Realizamos aforos para determinar el caudal que aporta cada bomba (Aforo realiza en septiembre)

Tabla 9: Resultados de aforos bomba 1 (azul)

Nº veces	Tiempo (min)	Hi (m)	Diámetro del reservorio (m)	Vol. Bombeado (m3)
-	0	0.55	4.00	-
1	8.14	0.65	4.00	1.257
2	8.13	0.75	4.00	1.257
3	8.11	0.85	4.00	1.257
4	8.13	0.95	4.00	1.257
5	8.11	1.05	4.00	1.257
6	8.13	1.15	4.00	1.257
7	8.12	1.25	4.00	1.257

Con los datos presentados en la tabla 8 procedemos a calcular el caudal

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

Donde:

$$V = 1.257 \text{ m}^3$$

$$T = 8.12 \text{ min} = 487.46 \text{ seg}$$

$$Q_1 = \frac{1257 \text{ L}}{487.46 \text{ seg}} = 2.58 \text{ L/s}$$

Tabla 10: Resultados de aforos bomba 2 (gris)

Nº veces	Tiempo (min)	Hi (m)	Diámetro del reservorio (m)	Vol. Bombeado (m3)
-	0	0.55	4.00	-
1	8.03	0.65	4.00	1.257
2	8.02	0.75	4.00	1.257
3	8.03	0.85	4.00	1.257
4	8.02	0.95	4.00	1.257
5	8.05	1.05	4.00	1.257
6	8.06	1.15	4.00	1.257
7	8.02	1.25	4.00	1.257

Con los datos presentados en la tabla 9 procedemos a calcular el caudal

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

Donde:

$$V = 1.257 \text{ m}^3$$

$$T = 8.12 \text{ min} = 481.97 \text{ seg}$$

$$Q_2 = \frac{1257 \text{ L}}{481.97 \text{ seg}} = 2.62 \text{ L/s}$$

Como podemos ver según los cálculos el $Q_1 = 2.58 \text{ L/s}$ y el $Q_2 = 2.62 \text{ L/s}$.

Procedemos calcular la velocidad en la tubería de impulsión con ayuda de la ecuación 5, teniendo en cuenta que la tubería de impulsión de 0.0946 m de diámetro interno.

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

Donde:

$$Q = 5.20 \text{ L/s}$$

$$D = 0.0946 \text{ m}$$

$$\text{Reemplazando } A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

Entonces

$$V = \frac{4 \cdot 0.00520}{\pi \cdot 0.0946^2} = 0.74 \text{ m/s}$$

La velocidad de 0.74 m/s es producto de ambas bombas hidráulicas en funcionamiento.

❖ **Potencia y eficiencia de las bombas hidráulicas**

Podemos calcular el número de Reynolds usamos la ecuación 14.

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

Donde:

$$V = 0.37 \text{ m/s}$$

$$D = 0.0946 \text{ m}$$

$$\nu = 1.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{0.37 \cdot 0.0946}{1.14 \times 10^{-6}}$$

$$R_e = 30672.79$$

El régimen es turbulento

Calculamos el coeficiente de fricción con la ecuación 19.

$$f = \frac{0.25}{\left[\text{Log} \left(\frac{1}{3.7(D/\epsilon)} + \frac{5.74}{R_e^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$D = 0.0946 \text{ m}$$

$$\epsilon = 1.50 \cdot 10^{-3} \text{ m (rugosidad para tubería desgastada)}$$

$$R_e = 30672.79$$

Reemplazamos datos:

$$f = \frac{0.25}{\left[\text{Log} \left(\frac{1}{3.7(0.0946/1.5 \cdot 10^{-3})} + \frac{5.74}{30672.79^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0.0465$$

Las bombas hidráulicas deben elevar el caudal hasta el reservorio, teniendo en cuenta la diferencia de cotas topográficas a esto se llama altura estática a lo cual debemos sumar la altura dinámica producto de las pérdidas por fricción y accesorios, para hallar la altura total a la que se debe elevar el caudal hacemos uso de la ecuación 13.

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_B - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

Remplazando los datos obtenidos en campo

$$0 + Z_1 + 0 + h_B - h_L = 0 + Z_2 + 0$$

$$h_B = (Z_1 - Z_2) + h_L$$

$$Z_1: \text{cota de pelo de agua, reservorio de almacenamiento: } 2656.69 \text{ m.s.n.m.}$$

$$Z_2: \text{cota de pelo de agua, reservorio: } 2796.85 \text{ m.s.n.m.}$$

$$h_B = (2656.69 - 2796.85) + h_L$$

$$h_B = (140.16) + h_L$$

Para calcular las pérdidas por fricción hacemos uso de la ecuación 17.

Entonces

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

L= 433.8 m (línea de impulsión + línea de succión)

D= 0.0946 m

V= 0.37 m/s

Retemplamos valores

$$hf = 0.0465 * \frac{0.37^2 * 433.8}{2 * 9.81 * 0.0946}$$

hf = 1.49 m. c. a.

Para calcular las pérdidas por accesorios hacemos uso de la ecuación 15.

$$ha = K * \frac{V^2}{2g}$$

K codo 45°= 0.4

K codo 90°= 0.5

K válvula compuerta= 10

K canastilla= 0.8

$$ha = (0.4 * 6 + 0.5 * 2 + 10 + 0.8) * \frac{0.37^2}{2 * 9.81}$$

ha = 0.17 m. c. a.

Otra forma de calcular las perdidas por fricción es usando la ecuación 15 (Hazen y Williams) la cual se puede usar para tuberías de 2 pulgadas o más. Usamos C= 100 (Tubería de hierro dúctil desgastada)

$$hf = 10.672 \frac{L}{D^{4.871}} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852}$$

$$hf = 10.672 \frac{433.8}{0.0946^{4.871}} \left(\frac{0.00262}{100}\right)^{1.852}$$

hf = 1.45 m. c. a

Tabla 11: Comparación de pérdidas por fricción

Colebrook White	Hazen y Williams
$f \frac{V^2 * L}{2 * g * D}$	$10.672 \frac{L}{D^{4.871}} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852}$
1.49 m.c. a	1.45 m.c.a

Tomaremos el valor mayor

Entonces el total de perdidas es:

$$h_L = h_f + h_a = 1.49 + 0.17 + 0.01 = 1.67 \text{ m. c. a}$$

Sumando las perdidas por fricción y las pérdidas por accesorios con la altura estática, de esta manera obtenemos la altura de bomba.

$$H = 140.16 + 1.67 = 141.83 \text{ m}$$

Para calcular la potencia de la bomba hacemos uso de la ecuación 11. Considerando que el caudal que aportan las dos bombas hidráulicas dispuestas en paralelo es 5.20 L/s.

$$\text{Pot. Bomba} = \frac{Q_b * H * g * \rho}{746 * \varepsilon}$$

$$\text{Pot. Bomba 1} = \frac{2.58 * 141.83 * 998 * 9.81}{746 * 0.3}$$

$$\text{Pot. Bomba 1} = 16.11 \text{ Hp}$$

$$\text{Pot. Bomba 2} = \frac{2.62 * 141.83 * 998 * 9.81}{746 * 0.3}$$

$$\text{Pot. Bomba 2} = 16.16 \text{ Hp}$$

Calculamos la eficiencia de las bombas despejando la eficiencia de la ecuación 11.

$$\varepsilon = \frac{Q_b * H * g * \rho}{746 * \text{Pot. Bomba}}$$

Bomba 1

$$\frac{2.62 * 141.83 * 998 * 9.81}{746 * 20} = 24.38\%$$

Bomba 2

$$\frac{2.58 * 141.83 * 998 * 9.81}{746 * 20} = 24.01\%$$

Calculamos en que porcentaje ha disminuido la eficiencia de las bombas

Bomba 1

$$\frac{24.38 \%}{30 \%} = 81.27 \%$$

Disminución de 18.73%

Bomba 2

$$\frac{24.01 \%}{30 \%} = 80.03\%$$

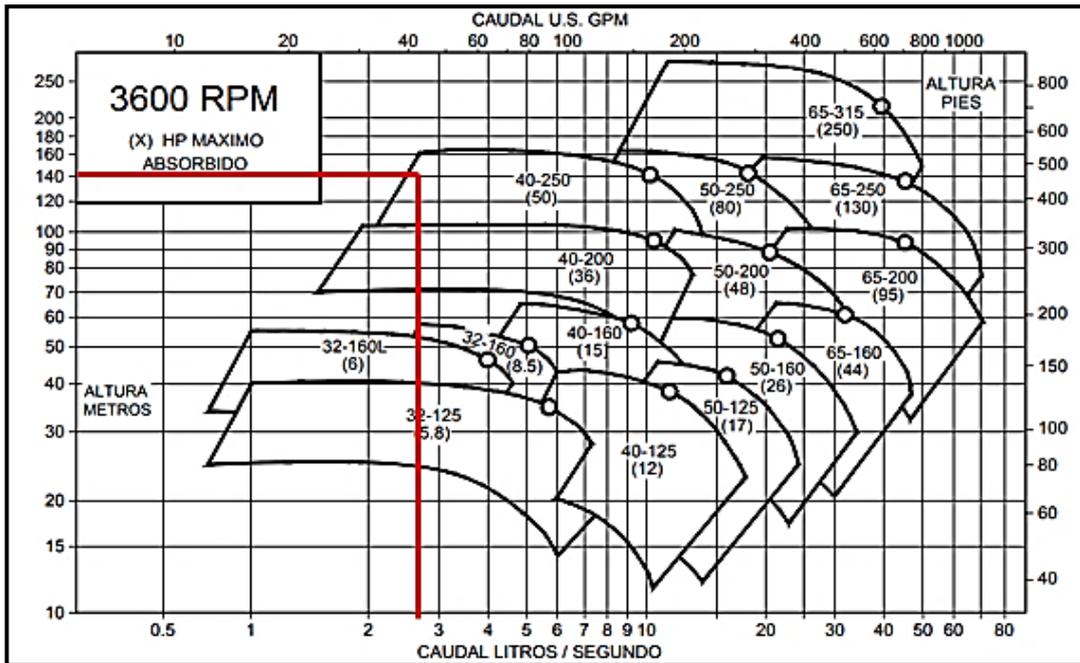
Disminución de 19.97%

Según los cálculos la eficiencia de las bombas hidráulicas ha disminuido considerablemente, en 18,73 % para la primera bomba y en 19,97 % para la segunda bomba, esto producto de los años de uso.

La potencia de la bomba hidráulica instalada es de 20 HP y la calculada es de 16.16 HP, por lo cual no presentan problemas relacionados a la potencia.

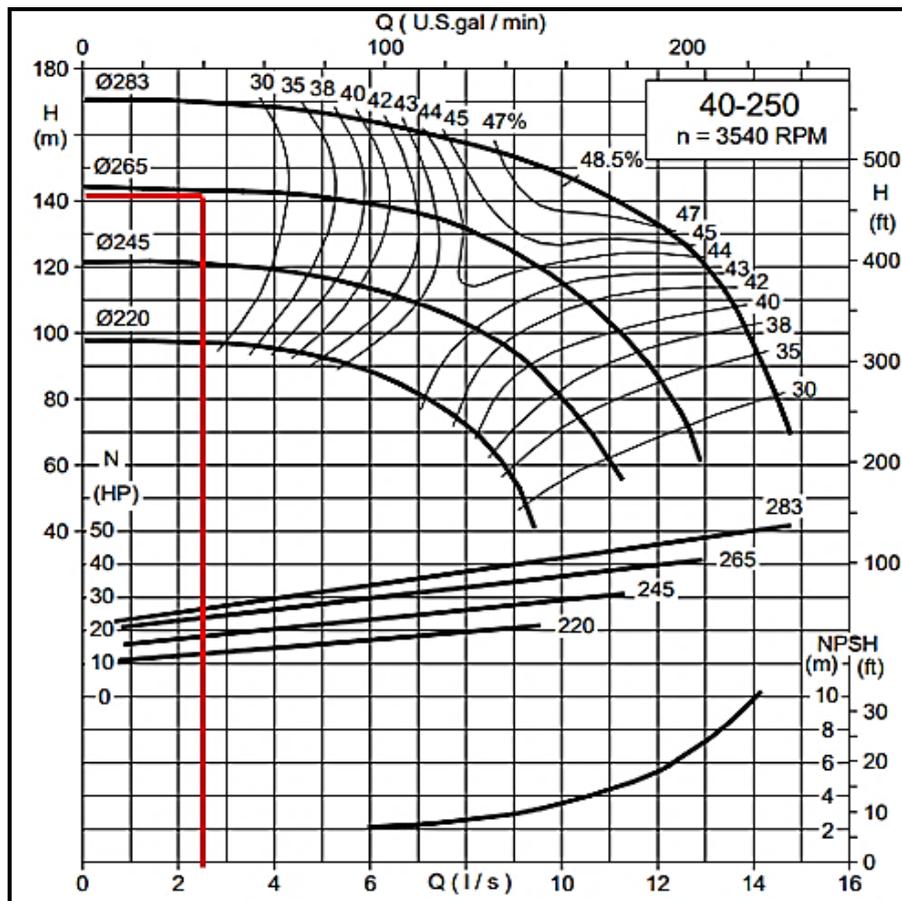
Como se puede apreciar en la figura 40, para el un caudal de 2.62 L/s y una altura de 141.83 m se debe optar por una bomba 40-250, esto coincide con la bomba hidraulica instalada.

Figura 40: Selección de bomba hidráulica



Fuente: (Hidrostal, 2015), p.3

Figura 41: Selección de bomba según diámetro del impulsor



Fuente: (Hidrostal, 2015), p.11

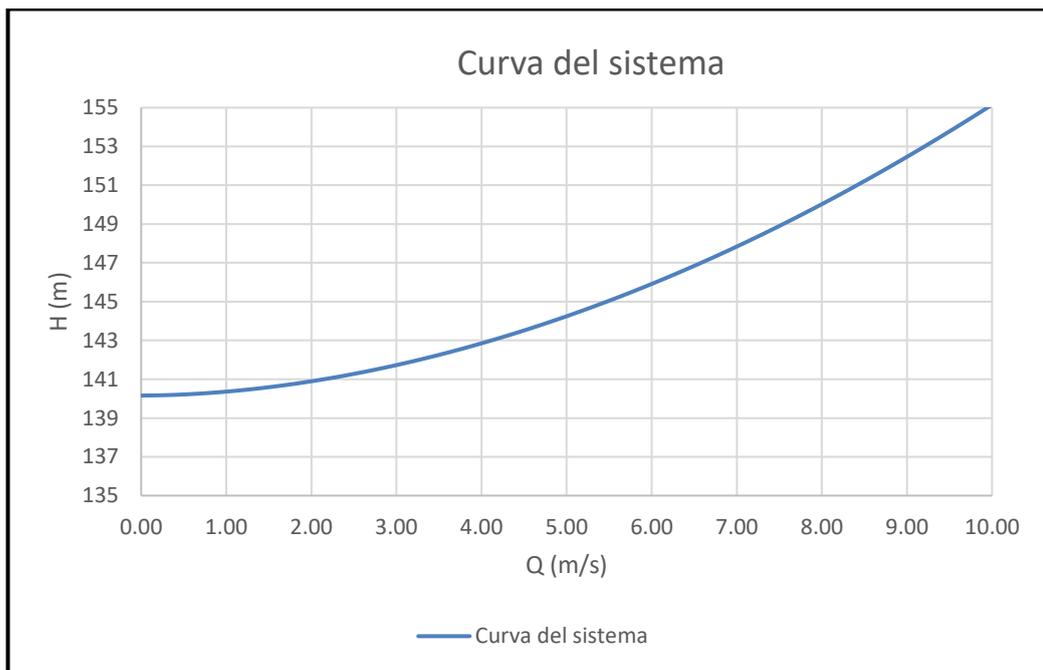
Apreciamos en la figura que el diámetro del impulsor por el cual se debe optar es de 265, el cual es igual al diámetro de las bombas hidráulicas instaladas.

Con los resultados obtenidos podemos confirmar que las características de las bombas hidráulicas instaladas son las correctas para garantizar un buen funcionamiento del sistema, aunque al no recibir mantenimiento estas bombas hidráulicas se encuentran en estado de deterioro.

❖ Curva del sistema

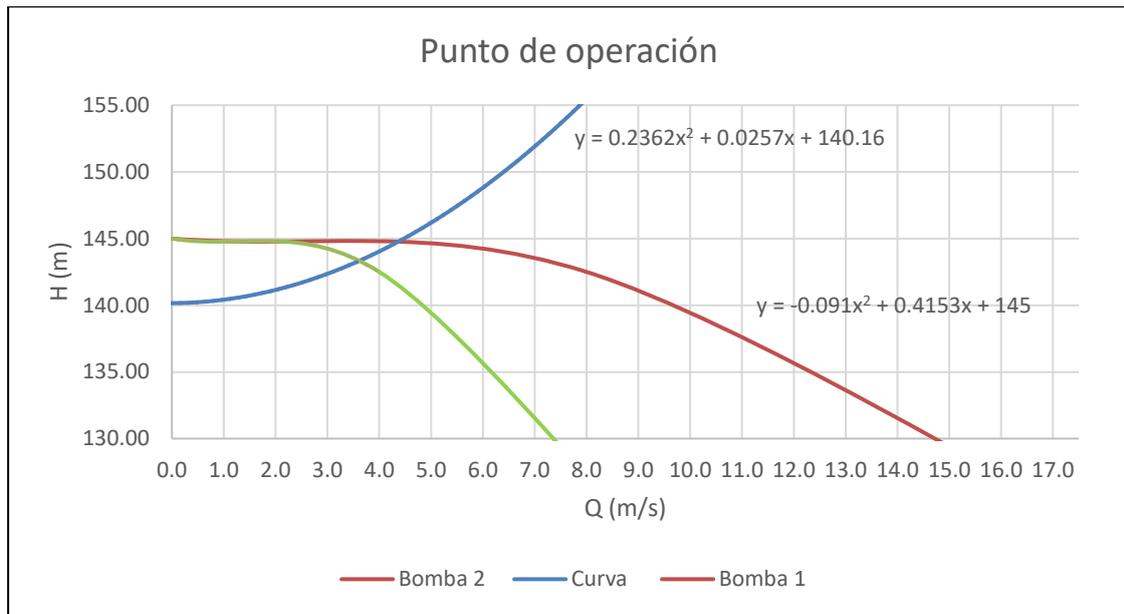
Usamos diferentes caudales para encontrar distintas alturas de bombeo como se muestra en el Anexo 5, para las pérdidas por fricción usaremos la fórmula de Darcy Weisbach y para las pérdidas por accesorios usaremos la ecuación 15.

Figura 42: Curva del sistema



Como podemos apreciar en el gráfico, la curva del sistema tiene una forma exponencial. A este gráfico podemos agregar la curva de la bomba (impulsor $\varnothing 265$) que proporciona el fabricante para así poder encontrar el punto de operación.

Figura 43: Punto de operación del sistema



Como las bombas hidráulicas funcionan en paralelo el caudal se sumaría, pero se manteniéndose la altura. La curva de la bomba a usar sería la que se representa en color rojo, la intersección de esta curva con la curva del sistema es el punto de operación.

Resolvemos las ecuaciones de la figura 43.

$$0.2362(Q)^2 + 0.0257(Q)^1 + 140.16 = -0.091(Q)^2 - 0.4153(Q)^1 + 145$$

$$Q = 4.49 \text{ L/s}$$

Como podemos ver el punto de operación para las bombas hidráulicas instaladas en paralelo es de 4.49 L/s, existiendo una variación considerable con respecto al caudal de bombeo teórico (5.20 L/s) es debido al aumento de la rugosidad en la tubería de impulsión. El diámetro del impulsor ($\varnothing 265$) si es el apropiado para las condiciones de bombeo actuales.

❖ Volumen de la cámara de bombeo

Para calcular el volumen de la cámara de bombeo usaremos la ecuación 12.

$$V_a = Q_{md} * T$$

$$V_a = 0.000866 * 11 * 60 * 60 = 34.29 \text{ m}^3$$

El volumen de la cámara de bombeo es de 35 m³ lo que nos indica que el volumen es el adecuado y no es necesaria una ampliación.

4.3.5 Línea de succión

La línea de succión es de material hierro dúctil con diámetro de 4" (0.94 m de diámetro interno) y una longitud de 6.20 metros, la diferencia de cotas entre las bombas hidráulicas y el pelo de agua del reservorio de almacenamiento es de 0.50 metros.

Verificamos el diámetro de la tubería de succión.

Procedemos a calcular el diámetro máximo que puede tener la tubería de conducción, la velocidad no debe ser superior a 3.00 m/s según recomendación del (MVCS,2018).

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.0026}{\pi * 3.0}} = 0.074 \text{ m} \approx 3''$$

Procedemos a calcular el diámetro mínimo que puede tener la tubería de succión, la velocidad no debe ser inferior a 0.60 m/s según recomendación del (MVCS,2018).

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.0026}{\pi * 0.6}} = 0.033 \text{ m} \approx 1.5''$$

Con estos resultados podemos afirmar que el diámetro de 4" de la tubería de conducción no es el apropiado, pues resulta mayor al máximo calculado.

Con la ecuación 5 procedemos a calcular la velocidad en la tubería de succión.

❖ Velocidad para los caudales Q_1 Y Q_2

Para el caudal 1

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

Donde:

$$Q = 2.58 \text{ L/s}$$

$$D = 0.0946 \text{ m}$$

$$\text{Reemplazando } A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

Entonces

$$V = \frac{4 * 0.00258}{\pi * 0.0946^2} = 0.37 \text{ m/s}$$

Para el caudal 2

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

Donde:

$$Q = 2.62 \text{ L/s}$$

$$D = 0.0946 \text{ m}$$

$$\text{Reemplazando } A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

Entonces

$$V = \frac{4 * 0.00262}{\pi * 0.0946^2} = 0.37 \text{ m/s}$$

Según los cálculos realizados determinamos que la velocidad en la tubería de succión es inadecuada pues debería ser mayor a 0.6 m/s y menor a 3.00 m/s.

❖ **Condición de sumergencia**

Cuando se usa bombas hidráulicas de eje horizontal debemos verificar que se cumpla con la sumergencia mínima, esto lo calculamos con ayuda de la ecuación 7.

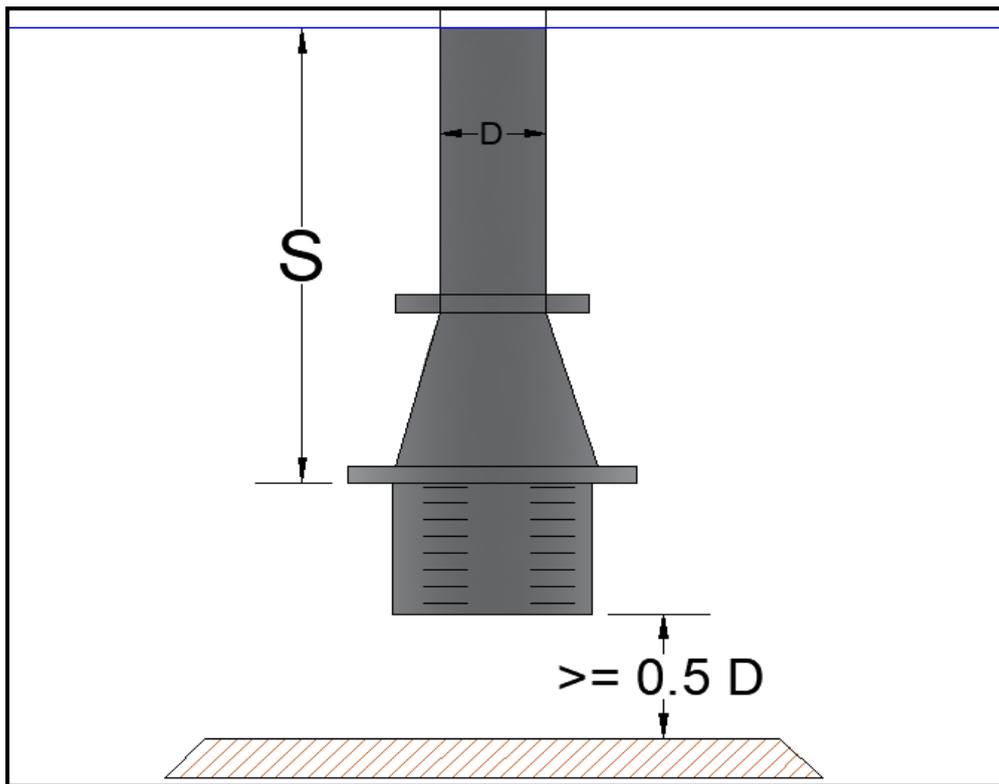
$$S = 2.5 * D + 0.1$$

Donde:

S: Sumergencia mínima en (m)

D: Diámetro (m)

Figura 44: Esquema de sumergencia



Entonces

$$S = 2.5 * 0.0946 + 0.1 = 0.34 \text{ m}$$

Para calcular la condición hidráulica de sumergencia usamos la ecuación 8.

$$S > 2.5 * \left(\frac{V^2}{2g} \right) + 0.2$$

Donde:

S: Sumergencia mínima en (m)

D: Diámetro (m)

V: Velocidad (m/s)

$$S > 2.5 * \left(\frac{V^2}{2g} \right) + 0.2$$

La velocidad de la línea de impulsión es de 0.74 m/s y según los cálculos realizados la velocidad de la línea de succión es de 0.37 m/s.

$$S > 2.5 * \left(\frac{0.37^2}{2 * 9.81} \right) + 0.2$$

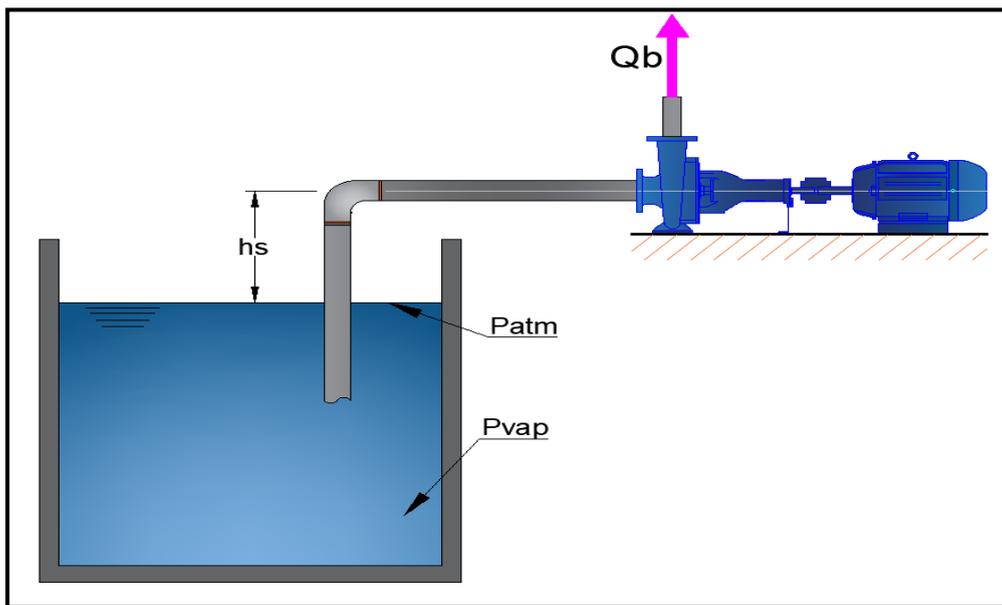
$$S > 0.22$$

Con los datos tomados en campo, la sumergencia medida fue de 41 cm, lo que indica que la condición de sumergencia se cumple.

❖ NPSH disponible

Calculamos el NPSH disponible por cada bomba con ayuda de la ecuación 20, para lo cual primero procedemos a calcular las pérdidas por fricción.

Figura 45: Esquema de succión



Calculamos el número de reynolds, para determinar si el flujo es turbulento esto lo hacemos con la ecuación 14.

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

Donde:

$$V = 0.37 \text{ m/s}$$

$$D = 0.0946 \text{ m}$$

$$\nu = 1.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$R_e = \frac{0.37 * 0.0946}{1.14 \times 10^{-6}}$$

$$R_e = 30672.79$$

El régimen es turbulento

Calculamos el coeficiente de fricción con la ecuación 19.

$$f = \frac{0.25}{\left[\text{Log} \left(\frac{1}{3.7(D/\epsilon)} + \frac{5.74}{R_e^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$D = 0.0946 \text{ m}$$

$$\epsilon = 1.50 \cdot 10^{-3} \text{ m (tubería usada)}$$

$$N_R = 30672.79$$

Reemplazamos datos:

$$f = \frac{0.25}{\left[\text{Log} \left(\frac{1}{3.7(0.0946/1.5 \cdot 10^{-3})} + \frac{5.74}{30672.79^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0.0465$$

Calculamos las pérdidas por fricción

Para calcular las pérdidas por fricción hacemos uso de la ecuación 16.

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

$$L = 6.2 \text{ m}$$

$$D = 0.0946 \text{ m}$$

$$V = 0.37 \text{ m/s}^2$$

Reemplazamos los datos

$$hf = 0.0465 * \frac{0.37^2 * 6.2}{2 * 9.81 * 0.0644}$$

$$hf = 0.02 \text{ m. c. a.}$$

Para calcular las pérdidas por accesorios hacemos uso de la ecuación 15.

$$ha = K * \frac{V^2}{2g}$$

$$K \text{ codo } 90^\circ = 0.5$$

$$K \text{ canastilla} = 0.8$$

$$ha = (0.5 + 0.8) * \frac{0.37^2}{2 * 9.81}$$

$h_a = 0.01$ m. c. a.

Ahora calculamos el $NPSH_D$

$$NPSH_D = \frac{P_{sp}}{\rho g} - h_s - h_f - \frac{P_{vap}}{\rho g}$$

De los datos obtenidos en campo

$h_s = 4.10$ m (caso más desfavorable)

$P_{sp} = 74100$ Pa.

$\rho = 998$ Kg/m³

$V = 0.37$ m/s

$P_{vap} = 2340$ Pa.

$$NPSH_D = \frac{74100}{9790.38} - 4.1 - 0.03 - \frac{2340}{9790.38}$$

$NPSH_D = 3.21$ m

El $NPSH$ requerido según el fabricante es de 2.00 m a lo que se le suma 0.5 m por seguridad dando un total de 2.5 m.

$NPSH_R < NPSH_D$

2.5 m < 3.21 m

Podemos confirmar que la altura neta positiva de aspiración es la adecuada.

4.3.6 Línea de impulsión

La línea de impulsión es de material hierro dúctil con un diámetro 4" (0.0946 m diámetro interno) y una longitud de 427.6 metros la cual inicia en la estación de bombeo y termina en el reservorio.

El ministerio de vivienda construcción y saneamiento nos recomienda usar la fórmula de Brease (ecuación 21) para calcular el diámetro óptimo para la línea de impulsión.

$$D = 0.96 * \left(\frac{N}{24}\right)^{0.25} * Q_b^{0.45}$$

$$D = 0.96 * \left(\frac{1.5}{24}\right)^{0.25} * 0.0052^{0.45}$$

$D = 0.0575$ m \approx 2.5"

El diámetro calculado usando la fórmula de Brease es de 2.5 pulgadas, debemos recalcar que el diámetro existente es de 4 pulgadas.

Diámetro máximo y mínimo

Con los datos obtenido anteriormente procedemos a calcular el diámetro mínimo y máximo que puede tener la tubería de impulsión.

Para calcular el diámetro máximo tenemos en cuenta que la velocidad no debe ser inferior a 0.60 m/s valor recomendado por el (MVCS,2018).

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.00520}{\pi * 0.6}} = 0.1050 \text{ m} \approx 4.5''$$

Para calcular el diámetro mínimo tenemos en cuenta que la velocidad no debe ser superior a 2.0 m/s, valor recomendado por el (MVCS,2018).

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.00520}{\pi * 2.0}} = 0.0575 \text{ m} \approx 2.5''$$

Tabla 12: Comparación de diámetros de la tubería de impulsión

Diámetro existente	Diámetro según Bresse	Diámetro máximo	Diámetro mínimo
4''	2.5''	4.5''	2.5''

De esta manera podemos decir que el diámetro existente en la tubería de impulsión es la correcta pues es mayor a 2.5'' y menor a 4.5'', lo que garantiza un buen funcionamiento, cabe recalcar que si bien podemos disminuir el diámetro de la tubería esto conllevaría a un aumento en las pérdidas por fricción y accesorios.

4.3.7 Línea de aducción

Según el modelamiento en el software WaterGEMS la velocidad en la tubería de aducción es de 0.38 m/s, esta velocidad no es aceptable, pues el mínimo establecido por el ministerio de vivienda construcción y saneamiento es de 0.60 m/s, lo cual evidencia que se debería optar por un diámetro de tubería menor.

4.3.8 Red de distribución

Se realizó la medida de las presiones en la red, para luego ser comparadas con las presiones obtenidas en el software WaterGEMS, los resultados se muestran a continuación.

La red de distribución presenta velocidades de 0.30 m/s lo cual es inaceptable en redes de distribución abiertas, debido a que las velocidades mínimas aceptables son de 0.6 m/s.

Tabla 13: Presiones medidas en el sistema

Vivienda	Elevación	Este	Norte	Presión (bar)	Presión (m.c.a)
H-1	2676.65	780776.13	9206062.15	0.50	5.10
H-2	2675.96	780789.79	9206049.88	0.55	5.61
H-3	2674.91	780768.48	9206042.35	0.65	6.63
H-4	2669.95	780751.24	9206016.13	1.10	11.22
H-5	2666.68	780743.48	9206000.06	1.40	14.28
H-6	2664.46	780736.75	9205987.48	1.60	16.32
H-7	2674.83	780799.17	9206034.02	0.65	6.63
H-8	2674.08	780780.80	9206027.88	0.70	7.14
H-9	2673.92	780787.67	9206021.62	0.70	7.14
H-10	2673.28	780794.70	9206014.97	0.75	7.65
H-11	2674.74	780806.22	9206026.14	0.75	7.65
H-12	2673.56	780814.14	9206014.96	0.75	7.65
H-13	2673.10	780800.97	9206008.36	0.75	7.65
H-14	2672.91	780825.63	9206000.19	0.80	8.16
H-15	2672.37	780808.62	9205998.08	0.80	8.16
H-16	2671.66	780816.98	9205986.99	0.85	8.67
H-17	2672.37	780831.59	9205991.73	0.85	8.67
H-18	2671.76	780836.22	9205983.87	0.90	9.18
H-19	2671.22	780845.26	9205969.72	0.95	9.69
H-20	2666.25	780807.97	9205941.22	1.35	13.77

Según el (MVCS, 2018) la presión mínima de servicio en cualquier punto de la red no debe ser menor de 5 m.c.a o mayor a 60 m.c.a, en los datos mostrados tenemos que la presión dinámica mínima es de 5.10 m.c.a, y la presión máxima es de 16.32 m.c.a., por lo que podemos afirmar que las presiones registradas están dentro de los parámetros requeridos por el (MVCS, 2018).

4.4. Operación y mantenimiento del sistema de agua potable

Para comprender la operación y mantenimiento que se realiza en el sistema de agua potable del caserío Valle Verde, se realizó una encuesta a los usuarios, operadores y miembros de la JASS (las encuestas se pueden apreciar en el Anexo 7.) el operador es el encargado de realizar la operación del sistema de agua potable, el operador es contratado por la Junta directiva, el mantenimiento realiza dos veces por año y es realizado por el operador. Después de la construcción del sistema no se realizó ninguna inversión por alguna entidad pública o privada para su mantenimiento o mejora.

En el caserío Valle Verde, se presta el servicio por 24 horas al día, la distribución de agua potable (Bombeo) comienza de 4:00 am, se bombea el agua durante dos horas al día en forma discontinua. Los usuarios hacen el pago de 2.5 soles por metro cubico consumido, no existen usuarios exonerados, con lo que se recauda al mes, cubren los gastos del operador e insumos necesarios para poner en funcionamiento el sistema, es importante recalcar que no existe un plan de mantenimiento.

Según (MVCS 2018), nos menciona que las estructuras como: Captación, Línea de conducción, Estación de bombeo, Reservorio, Línea de aducción y Red de distribución.

Tienen un periodo de diseño de 20 años, los usuarios declaran que la construcción del sistema no ha contado con un control de calidad estricto durante el tiempo de ejecución, motivo por el que hasta la fecha presenta ciertas deficiencias y los gastos para realizar el mantenimiento son muy elevados, en especial el sistema de bombeo en el cual cada mes gastan más de mil soles en electricidad la cual usan para poner en funcionamiento las bombas hidráulicas.

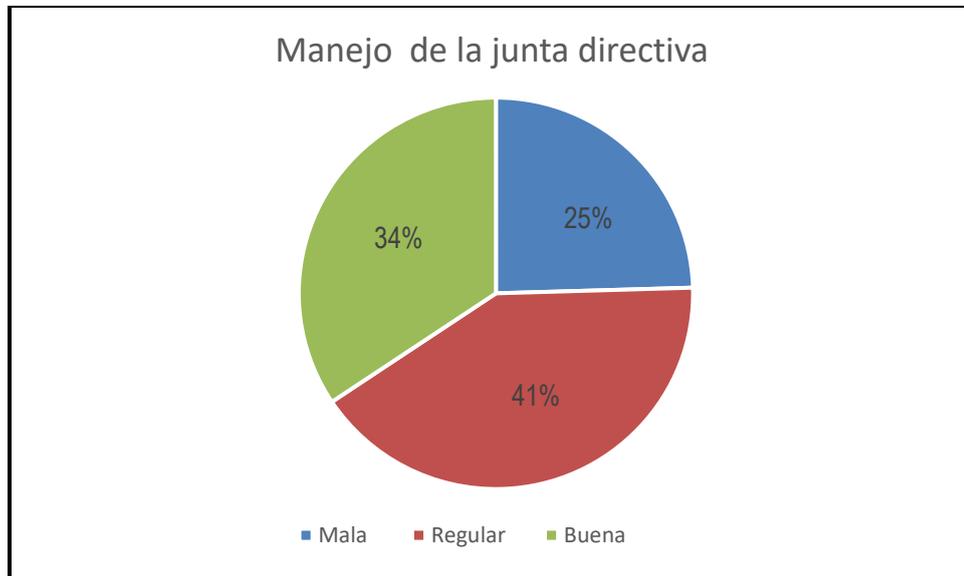
4.5. Situación de la Junta Administrativa

La administración del sistema de agua potable del caserío Valle Verde está a cargo de la JASS Valle Verde. Los miembros de la junta directiva son elegidos mediante elecciones democráticas, donde se tiene contar con la participación de la mayoría de usuarios del sistema de agua potable, en el proceso se inscriben las listas para luego ser revisadas y se deciden si son válidas para participar en el proceso electoral, la lista ganadora tiene un periodo de mandato de 2 años, en caso de que no se presenten listas, los miembros del comité son reelegidos automáticamente.

Los miembros de la junta directiva, manifiestan que existe una cierta molestia los usuarios del caserío Valle Verde, esto debido al alto costo elevado del agua potable que comparado

con otros sistemas resulta hasta seis veces más costoso, esto genera una problemática de tipo social lo que ocasiona una pobre participación de los usuarios e impide que se cumplan las metas marcadas por la Junta directiva actual. Cabe aclarar que los miembros de la Junta directiva no reciben sueldo alguno o están exentos a pagar por el agua potable.

Figura 46: Opinión de los usuarios respecto al manejo de la Junta Directiva



Según la encuesta realizada a los 75 usuarios, el 34% opina que el desempeño actual de la junta directiva es malo, el 41% opina que el desempeño actual de la junta directiva es regular, el 25% opina que el desempeño actual de la junta directiva es bueno.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- ❖ De la evaluación del sistema de agua potable del caserío Valle Verde, se demuestra que el sistema es funcional, aunque se encuentra en estado de deterioro, esto debido al deterioro de las bombas hidráulicas.
- ❖ De la evaluación de la infraestructura hidráulica del sistema de agua potable del caserío Valle Verde, demuestra que la potencia de 20 HP de cada una de las bombas hidráulicas es la adecuada para un buen funcionamiento del sistema, aunque actualmente no reciben manteniendo lo que puede provocar daños futuros.
- ❖ De la evaluación de la infraestructura hidráulica del sistema de agua potable del caserío Valle Verde, demuestra que la línea de impulsión tiene un diámetro adecuado (0.0946 m), aunque se encuentra en mal estado, la tubería presenta corrosión y se encuentra expuesta en varios puntos.
- ❖ De la evaluación de la infraestructura hidráulica del sistema de agua potable del caserío Valle Verde, demuestra que la línea de succión tiene un diámetro superior al necesario, lo que provoca una velocidad de 0.37 m/s valor muy inferior al mínimo recomendado 0.60 m/s (MVCS, 2018), la sumeria mínima y NPSH disponible son los adecuados para un buen funcionamiento.
- ❖ De la evaluación de la infraestructura hidráulica del sistema de agua potable del caserío Valle Verde, demuestra que las velocidades en la línea de aducción y red de distribución no son las adecuadas, pues son inferiores a los valores recomendados por el (MVCS, 2018).
- ❖ De la evaluación de la operación y mantenimiento, las bombas hidráulicas y válvulas de control se manipulan cada día para brindar agua potable al caserío Valle Verde, en cuanto al mantenimiento las estructuras hidráulicas se realizan dos veces por año.
- ❖ De la evaluación de la administración del sistema de agua potable, la administración se realiza mediante una JASS y de acuerdo a las encuestas realizadas el 25% de los usuarios cree que realizan un buen trabajo, el 41% de los usuarios creen que realizan un trabajo regular y el 34% de los usuarios cree que la directiva realiza un mal trabajo.

5.2 Recomendaciones

- ❖ Tener una bomba en stand by para que sea usada en caso de emergencia o cuando se esté realizando mantenimiento a las otras bombas hidráulicas.
- ❖ Realizar mantenimiento constante a las estructuras hidráulicas y bombas hidráulicas para evitar que el sistema se deteriore aún más.
- ❖ Se recomienda a la JASS y autoridades del caserío Valle Verde, solicitar a la municipalidad provincial de Baños del Inca, un proyecto hidráulico orientado a mejorar y ampliar del sistema de agua potable existente, con su respectiva planta de tratamiento de aguas residuales.
- ❖ Elaborar un plan de operación y mantenimiento, que comprenda fechas para realizar mantenimiento a las bombas hidráulicas, la limpieza y desinfección de las estructuras hidráulicas, capacitación del operador del sistema para mejorar la prestación de servicio.
- ❖ Realizar campañas de sensibilización a la población para crear consciencia sobre el uso adecuado y aprovechamiento eficaz del agua potable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

- Agüero, P. R. (2009). Agua potable para poblaciones rurales. Lima: Asociación servicios educativos rurales.
- Agüero, R. (2004). Procedimientos para la operación y mantenimiento de capacitaciones y reservorio de almacenamiento. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Alegret Breña, E., & Martínez Valdés, Y. (2019). Coeficiente de Hazen-Williams en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 40(3), pag 41-55.
- Álvarez Vitola, L. M., & Briceño Miranda, R. A. (2021). Diseño y elaboración de un sistema de tuberías para el análisis de la ecuación general de la energía.
- Barrios, N. C., Torres, R. R., Cristina, L. T., & Roger, A. P. (2009). Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades. Asociación Servicios Educativos Rurales, 125.
- Bentley Institute. (2012). WaterCAD/GENS V8i. Curso de Modelación y Diseño de Sistemas de Distribución, intermedio (Sistema métrico). Bentley Institute. Colombia.
- Bardales Valdez, Y. A. (2022). Evaluación del sistema de agua potable de la localidad de Jesús–Cajamarca.
- Cabrera Marquina, C. A. Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable y su incidencia en la condición sanitaria de la población de la comunidad de Cachubamba, distrito Bolognesi, provincia de Pallasca, departamento de Áncash–2021.
- CEPIS. (2005). Guías para el diseño de reservorios elevados de agua potable. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Chávez Garay, H. R., & Prado Fernandez, K. E. (2020). Sectorización de la red de agua potable para mejorar la eficiencia del sistema en los distritos de Castilla y Piura.

- CONAGUA-. (2007). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento rehabilitación de pozos. coyoacán: Mexico.
- CONAGUA. (2012). Manual de incremento de eficiencia física, hidráulica y energética ensistemas de agua potable. Comisión Nacional de Agua, 175.
- De La Cruz Rojas, R. A. (2020). Watergems frente al diseño convencional de redes de agua para la ciudad de Querecotillo.
- Duran, M. A., Ascanio, J. G., & Tarazona, B. E. (2022). Evaluación de la pérdida de energía en un fluido en tuberías de diferente material, usando la ecuación de Darcy-Weisbach, mediante la variación de temperatura y caudal.
- Espejo Ramírez, J. C., & Garzón Manrique, E. L. (2020). Renovación del banco de pruebas de bombas en serie y paralelo del laboratorio de máquinas hidráulicas de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital.
- Farinango Tuquerres, J. C. (2018). Sistema de medidor inteligente de agua potable domiciliario para la junta administradora de agua “El Abra” (Bachelor's thesis).
- Garcia, T. E. (2009). Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales. Lima: Fondo Peru-Alemania.
- Guevara-Rodríguez, G., Vargas-Obando, A., & Quesada-Chanto, J. I. (2021). Prevención del golpe de ariete mediante el control del tiempo de cierre, al usar válvulas hidráulicas automatizadas. *Revista Tecnología en Marcha*, 34(1), 143-154.
- Gutiérrez-Mosquera, L. F., Arias-Giraldo, S., & Cardona-Naranjo, D. F. (2019). Cavitación Hidrodinámica: un Enfoque desde la Ingeniería y la Agroindustria. *Scientia et technica*, 24(2), 283-304.
- Monteagudo Yanes, J. P., & Jiménez Borges, R. (2018). Análisis de falla operacional de un sistema hidroneumático en instalación hospitalaria. *INGE CUC*, 14(1), 151-158.
- Mott, R. L., Untener, J. A., Murrieta, J. E. M., & Cárdenas, R. H. (2006). *Mecánica de fluidos*.

- MVCS. (2018). Norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural. Lima: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.
- Oliva, R. A. (2019). Gestión del Big Data y su importancia para el desarrollo de la Región Cajamarca. *Revista Caxamarca*, 18(1-2).
- Orbe Pinchao, L. V., & Ramos Bermeo, V. P. (2021). Evaluación hidrológica-hidráulica y optimización del sistema de riego “virgen de las nieves”, comunidad compañía obraje del cantón colta-provincia de Chimborazo mediante el uso de watergems y cropwat (Bachelor's thesis, Quito, 2021).
- Rodríguez, R. P. (2001). Abastecimiento de agua. OAXACA: Instituto Tecnológico de Oaxaca.
- Suárez Agudelo, E. (2018). AFORO DE CAUDALES.
- Tacilla Mantilla, M. (2022). Evaluación del Sistema de Agua Potable en el Centro Poblado Casa Blanca, Distrito de San Gregorio-San Miguel, 2021.
- USAID, U. S. (2016). Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable por gravedad. Tegucigalpa (Honduras): Manual 23, Servicios Públicos, caja de herramientas 2.
- Valencia Maldonado, J. C. (2019). Prototipo experimental para la caracterización de bombas en serie y en paralelo.
- Villarreal López, W. J. (2008). Diseño de un banco para ensayo de bombas en serie y paralelo.
- Zúñiga, N. C., & Mora, E. C. (2020). Evaluación de la calidad del servicio de abastecimiento de agua potable a partir de la percepción de personas usuarias: El caso en Cartago, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 95-122.

Linkografía

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua, México). 2012. Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable (en línea). D.F., México. 191 p. Consultado 20 jun. 2018.

Disponible en

http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGA_PDS-1-12.pdf

La caja de herramientas de ingeniería (2003). Rugosidad y coeficientes de superficie. Obtenido de: https://www.engineeringtoolbox.com/surface-roughness-ventilation-ducts-d_209.html

Reglamento nacional de edificaciones. (2006). OS.10. Obtenido de:

<https://www.urbanistasperu.org/rne/pdf/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>

Reglamento nacional de edificaciones. (2006). OS.100. Obtenido de:

<https://www.urbanistasperu.org/rne/pdf/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>

ANEXOS:

Anexo 1: Panel fotográfico

Figura 47: Reservorio circular



Figura 48: Visita a la captación del sistema.



Figura 49: Válvulas del Reservorio.



Figura 50: Tubería de impulsión.



Figura 51: Tubería de aducción



Figura 52: Válvula de aire



Figura 53: Tubería de impulsión



Figura 54: Medidas de presiones



Figura 55: Caserío Valle Verde



Figura 56: vista del caserío Valle Verde



Anexo 2: Registro de caudales 01/08/2023 a 07/08/2023

Hora		Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes
		Registro en L/h						
0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	2	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	0	0	0	0
3	4	0	0	0	0	0	0	0
4	5	1805	1990	2135	1845	1610	1990	1915
5	6	2325	2280	2385	2400	2315	2525	2370
6	7	1710	1670	1765	1930	1625	1940	1705
7	8	1475	1170	1270	1220	1460	1725	1415
8	9	1290	1475	1450	1455	1495	1940	1515
9	10	1275	1155	1230	1355	1175	1780	1375
10	11	2175	2410	2325	2120	2245	2625	2355
11	12	2540	2515	2590	2625	2650	2730	2665
12	13	2530	2555	2725	2505	2580	2605	2615
13	14	2125	2390	2470	2275	2380	2625	2185
14	15	1720	1590	1875	1930	1660	2220	1945
15	16	2215	2240	2275	2255	2255	2515	2315
16	17	2260	2250	2315	2275	2280	2510	2265
17	18	2240	2255	2250	2230	2300	2440	2270
18	19	1840	1910	1985	1835	1795	2290	1930
19	20	1430	1455	1370	1435	1405	1880	1475
20	21	0	0	0	0	0	0	0
21	22	0	0	0	0	0	0	0
22	23	0	0	0	0	0	0	0
23	24	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 3: Registro de caudales 08/08/2023 a 15/08/2023

Hora		Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes
		Registro en L/h						
0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	2	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	0	0	0	0
3	4	0	0	0	0	0	0	0
4	5	1725	2290	1780	1740	1565	2255	1720
5	6	2180	2280	2170	2325	2485	2600	2405
6	7	1655	1735	1730	1795	1980	1855	1760
7	8	1265	1390	1290	1170	1260	1950	1435
8	9	1475	1445	1495	1430	1485	2170	1430
9	10	1180	1125	1415	1205	1195	1615	1385
10	11	2155	2105	2430	2315	2280	2680	2435
11	12	2560	2675	2690	2625	2540	2770	2470
12	13	2565	2535	2590	2685	2565	2635	2615
13	14	2310	2295	2380	2310	2115	2535	2390
14	15	1865	1770	1720	1665	1830	2445	1760
15	16	2210	2225	2215	2215	2270	2570	2275
16	17	2295	2265	2290	2240	2265	2530	2270
17	18	2250	2230	2240	2280	2290	2495	2265
18	19	1620	1770	1715	1775	2025	2335	2105
19	20	1315	1320	1335	1475	1380	1955	1605
20	21	0	0	0	0	0	0	0
21	22	0	0	0	0	0	0	0
22	23	0	0	0	0	0	0	0
23	24	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 4: Registro de caudales 16/08/2023 a 22/08/2023

Hora		Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes
		Registro L/h						
0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	2	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	0	0	0	0
3	4	0	0	0	0	0	0	0
4	5	1990	1875	1910	1795	1660	2045	1815
5	6	2465	2405	2445	2435	2445	2575	2505
6	7	1805	1780	1790	1745	1730	1860	1825
7	8	1455	1400	1465	1405	1450	1980	1445
8	9	1455	1460	1605	1455	1465	1930	1500
9	10	1280	1255	1275	1260	1325	1770	1295
10	11	2230	2290	2370	2305	2105	2675	2330
11	12	2630	2655	2730	2590	2580	2770	2515
12	13	2515	2530	2575	2515	2685	2755	2640
13	14	2335	2420	2460	2310	2291	2660	2225
14	15	1875	1660	1740	1670	1675	2280	1750
15	16	2210	2310	2230	2075	2125	2575	2375
16	17	2235	2300	2285	2245	2320	2535	2245
17	18	2220	2270	2300	2260	2265	2470	2260
18	19	2085	2125	2025	1720	1790	2365	1865
19	20	1360	1340	1375	1330	1375	1915	1340
20	21	0	0	0	0	0	0	0
21	22	0	0	0	0	0	0	0
22	23	0	0	0	0	0	0	0
23	24	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 4: Registro de caudales 22/08/2023 a 28/08/2023

Hora		Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes
		Registro en L/h						
0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	2	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	0	0	0	0
3	4	0	0	0	0	0	0	0
4	5	1740	1910	1760	1755	1670	1995	1960
5	6	2415	2315	2290	2305	2470	2525	2215
6	7	2205	1860	1985	1605	1960	1910	1835
7	8	1455	1440	1480	1445	1480	1955	1550
8	9	1565	1480	1515	1480	1455	2005	1455
9	10	1290	1280	1455	1320	1290	1805	1325
10	11	2485	2280	2240	2160	2390	2700	2390
11	12	2685	2730	2515	2720	2665	2720	2615
12	13	2540	2510	2580	2530	2565	2600	2640
13	14	2055	2315	2320	2270	2390	2655	2510
14	15	1690	1645	1725	1715	1670	2045	1720
15	16	2380	2145	2285	2340	2375	2540	2195
16	17	2285	2270	2320	2290	2315	2375	2325
17	18	2260	2260	2255	2270	2285	2460	2250
18	19	1840	1965	1760	1835	1575	2325	2155
19	20	1345	1315	1475	1315	1350	1875	1415
20	21	0	0	0	0	0	0	0
21	22	0	0	0	0	0	0	0
22	23	0	0	0	0	0	0	0
23	24	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 5: Caudales generados para la curva del sistema.

Q (L/s)	V (m/s)	Re	f	Hb	Perdidas por Coolebrock (m)	Perdidas accesorias (m)	Perdidas por Hazen y Willians (m)	Total (m)
0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	140.16
0.20	0.03	2.36E+03	0.0613	140.16	0.01	0.00	0.01	140.17
0.40	0.06	4.72E+03	0.0542	140.16	0.04	0.00	0.05	140.21
0.60	0.09	7.08E+03	0.0515	140.16	0.09	0.01	0.10	140.27
0.80	0.11	9.45E+03	0.0500	140.16	0.15	0.02	0.16	140.34
1.00	0.14	1.18E+04	0.0491	140.16	0.23	0.02	0.25	140.43
1.20	0.17	1.42E+04	0.0484	140.16	0.33	0.04	0.35	140.54
1.40	0.20	1.65E+04	0.0479	140.16	0.44	0.05	0.46	140.67
1.60	0.23	1.89E+04	0.0476	140.16	0.58	0.06	0.59	140.82
1.80	0.26	2.13E+04	0.0473	140.16	0.72	0.08	0.74	140.98
2.00	0.28	2.36E+04	0.0470	140.16	0.89	0.10	0.89	141.15
2.20	0.31	2.60E+04	0.0468	140.16	1.07	0.12	1.07	141.35
2.40	0.34	2.83E+04	0.0467	140.16	1.27	0.14	1.25	141.56
2.60	0.37	3.07E+04	0.0465	140.16	1.49	0.17	1.45	141.78
2.80	0.40	3.31E+04	0.0464	140.16	1.72	0.20	1.67	142.02
3.00	0.43	3.54E+04	0.0463	140.16	1.97	0.22	1.90	142.28
3.20	0.46	3.78E+04	0.0462	140.16	2.24	0.26	2.14	142.55
3.40	0.48	4.01E+04	0.0461	140.16	2.52	0.29	2.39	142.84
3.60	0.51	4.25E+04	0.0461	140.16	2.82	0.32	2.66	143.14
3.80	0.54	4.49E+04	0.0460	140.16	3.14	0.36	2.94	143.46
4.00	0.57	4.72E+04	0.0459	140.16	3.48	0.40	3.23	143.79
4.20	0.60	4.96E+04	0.0459	140.16	3.83	0.44	3.53	144.13
4.40	0.63	5.19E+04	0.0458	140.16	4.20	0.48	3.85	144.50
4.60	0.65	5.43E+04	0.0458	140.16	4.58	0.53	4.18	144.87
4.80	0.68	5.67E+04	0.0457	140.16	4.98	0.58	4.53	145.26
5.00	0.71	5.90E+04	0.0457	140.16	5.40	0.62	4.88	145.67
5.20	0.74	6.14E+04	0.0456	140.16	5.84	0.68	5.25	146.08
5.40	0.77	6.38E+04	0.0456	140.16	6.29	0.73	5.63	146.52
5.60	0.80	6.61E+04	0.0456	140.16	6.76	0.78	6.02	146.96
5.80	0.83	6.85E+04	0.0455	140.16	7.25	0.84	6.43	147.43
6.00	0.85	7.08E+04	0.0455	140.16	7.75	0.90	6.84	147.90
6.20	0.88	7.32E+04	0.0455	140.16	8.27	0.96	7.27	148.39
6.40	0.91	7.56E+04	0.0455	140.16	8.81	1.02	7.71	148.89
6.60	0.94	7.79E+04	0.0454	140.16	9.36	1.09	8.16	149.41
6.80	0.97	8.03E+04	0.0454	140.16	9.94	1.15	8.63	149.94
7.00	1.00	8.26E+04	0.0454	140.16	10.52	1.22	9.10	150.49
7.20	1.02	8.50E+04	0.0454	140.16	11.13	1.29	9.59	151.04
7.40	1.05	8.74E+04	0.0454	140.16	11.75	1.37	10.09	151.62
7.60	1.08	8.97E+04	0.0453	140.16	12.39	1.44	10.60	152.20
7.80	1.11	9.21E+04	0.0453	140.16	13.05	1.52	11.12	152.80

8.00	1.14	9.45E+04	0.0453	140.16	13.72	1.60	11.66	153.41
8.20	1.17	9.68E+04	0.0453	140.16	14.41	1.68	12.20	154.04
8.40	1.20	9.92E+04	0.0453	140.16	15.11	1.76	12.76	154.68
8.60	1.22	1.02E+05	0.0453	140.16	15.84	1.85	13.33	155.33
8.80	1.25	1.04E+05	0.0452	140.16	16.58	1.93	13.91	156.00
9.00	1.28	1.06E+05	0.0452	140.16	17.33	2.02	14.50	156.68
9.20	1.31	1.09E+05	0.0452	140.16	18.11	2.11	15.10	157.37
9.40	1.34	1.11E+05	0.0452	140.16	18.90	2.21	15.71	158.08
9.60	1.37	1.13E+05	0.0452	140.16	19.71	2.30	16.34	158.80
9.80	1.39	1.16E+05	0.0452	140.16	20.53	2.40	16.97	159.53
10.00	1.42	1.18E+05	0.0452	140.16	21.37	2.50	17.62	160.28
10.20	1.45	1.20E+05	0.0452	140.16	22.23	2.60	18.28	161.04
10.40	1.48	1.23E+05	0.0452	140.16	23.11	2.70	18.95	161.81
10.60	1.51	1.25E+05	0.0451	140.16	24.00	2.81	19.63	162.60
10.80	1.54	1.28E+05	0.0451	140.16	24.91	2.91	20.32	163.39
11.00	1.57	1.30E+05	0.0451	140.16	25.83	3.02	21.02	164.20
11.20	1.59	1.32E+05	0.0451	140.16	26.78	3.13	21.74	165.03
11.40	1.62	1.35E+05	0.0451	140.16	27.74	3.24	22.46	165.87
11.60	1.65	1.37E+05	0.0451	140.16	28.71	3.36	23.20	166.72
11.80	1.68	1.39E+05	0.0451	140.16	29.71	3.48	23.94	167.58
12.00	1.71	1.42E+05	0.0451	140.16	30.72	3.60	24.70	168.46
12.20	1.74	1.44E+05	0.0451	140.16	31.74	3.72	25.47	169.34
12.40	1.76	1.46E+05	0.0451	140.16	32.79	3.84	26.25	170.25
12.60	1.79	1.49E+05	0.0451	140.16	33.85	3.96	27.04	171.16
12.80	1.82	1.51E+05	0.0451	140.16	34.93	4.09	27.84	172.09
13.00	1.85	1.53E+05	0.0451	140.16	36.02	4.22	28.65	173.03
13.20	1.88	1.56E+05	0.0450	140.16	37.13	4.35	29.47	173.98
13.40	1.91	1.58E+05	0.0450	140.16	38.26	4.48	30.30	174.94
13.60	1.93	1.61E+05	0.0450	140.16	39.41	4.62	31.14	175.92
13.80	1.96	1.63E+05	0.0450	140.16	40.57	4.75	32.00	176.91
14.00	1.99	1.65E+05	0.0450	140.16	41.75	4.89	32.86	177.91



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TESIS: EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO VALLE VERDE, DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA

INSTRUMENTO: ENCUESTA

I. REFERENCIAS

- 1.1. **Nombre y apellidos:** GASPAR VIRILO MENDEZ CRUZ
- 1.2. **Documento de Identidad:** 26631950
- 1.3. **Grado académico:** DOCTOR EN INGENIERIA CIVIL
- 1.4. **Especialidad:** INGENIERO CIVIL
- 1.5. **Institución Laboral:** UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
- 1.6. **Lugar y fecha:** 30 DE OCTUBRE DEL 2023

II. INDICACIONES:

En anexo se presentan los formatos y la encuesta que deben evaluarse para determinar su validez y confiabilidad. La evaluación consiste en asignar (colocar en el cuadro adjunto), un valor a cada instrumento según la siguiente escala. (Escala de Likert.)

1: Excelente. 2: Muy bien. 3: Bien. 4: Regular. 5: Deficiente.

III. VALIDACIÓN:

N°	ASPECTOS A VALIDAR	INSTRUMENTOS / VALORACIÓN
		Ficha de evaluación
1	Pertinencia de indicadores	2
2	Formulado con lenguaje apropiado	2
3	Adecuado para el objeto de estudio	2
4	Facilita la prueba de hipótesis	2
5	Suficiencia para medir las variables	2
6	Facilita la interpretación del instrumento	2
7	Acorde al campo en estudio	2
8	Expresado en hechos perceptibles	2
9	Tiene secuencia lógica	2
10	Basado en aspectos teóricos	2
	Total	20

CONCLUSIÓN: ES UNA ENCUESTA MUY VIABLE PARA LOGRAR EL OBJETIVO DEL ESTUDIO.

.....
Dr. Ing° GASPAR V. MENDEZ CRUZ

Anexo 7: Formato de encuesta.

ENCUESTA SOBRE ADMINISTRACION DE LOS SERVICIOS

Comunidad / Caserío:

Distrito: Provincia: Departamento:

1. ¿Quién es responsable de la administración del servicio de agua?

Municipalidad Autoridades.....

Junta Administradora..... EPS.....

2. ¿Quién tiene el expediente técnico, memoria descriptiva o expediente replanteado?

Municipalidad JASS.....

Comunidad..... No existe.....

3. ¿Cuántos usuarios existen en el padrón de asociados del sistema?

4. ¿Cuánto cuesta el m³ de agua potable? Soles

5. ¿Cómo es el sistema de abastecimiento?

Por gravedad..... Por bombeo.....

6. ¿Cuántas veces se reúne la directiva con los usuarios del sistema?

Una o dos veces por año Sólo cuando es necesario.....

Tres por año o más No se reúnen.....

7. ¿Considera que la actual administración está haciendo un trabajo?

Bueno..... Regular..... Malo.....

8. ¿Cada qué tiempo cambian la Junta Directiva?

Al año ... A los tres al año... A los dos años ... Más de tres años...

9. ¿Qué tipo de fuente agua abastece al sistema?

Manantial..... Pozo Agua superficial.....

10. ¿Han recibido cursos de capacitación?

SI... NO... Charlas a veces.....

11. ¿Cuántas personas viven en su hogar? Personas.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

12. ¿Quién es responsable de la operación y mantenimiento del servicio de agua?

Municipalidad.....

Autoridades.....

Nadie.....

JASS reconocida...

Junta Administradora....

13. ¿Se han realizado nuevas inversiones, después de entregado el proyecto a la comunidad?

SI

NO.....

14. ¿Existe un plan de mantenimiento?

SI, y se cumple.....

SI, pero no se cumple.....

SI, se cumple a veces.....

NO existe.....

15. ¿Los usuarios participan en la ejecución del plan de mantenimiento?

SI

A veces algunos.....

NO

Solo la Junta.....

16. ¿Cada que tiempo realizan la limpieza y desinfección del sistema?

Una vez al año.....

Tres veces al año.....

Dos veces al año.....

No se hace

17. ¿Cómo se conserva fuente de agua, en el área de influencia del manantial existen?

Zanjas de infiltración.....

Conservación de la vegetación.....

Forestación.....

No existe.....

18. ¿Quién se encarga de los servicios de gasfitería?

Operador...

Los usuarios...

Los directivos...

Nadie...

19. ¿Es remunerado el encargado de los servicios de gasfitería?

SI.....

NO.....

20. ¿El sistema tiene las herramientas necesarias para la operación y mantenimiento?

SI...

Algunas...

NO...

Son del gasfitero...

Anexo 8: Ensayo físico químico



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 09231241

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre	OSWALDO DE LA CRUZ VARGAS		
Dirección	-		
Persona de contacto	OSWALDO DE LA CRUZ VARGAS	Correo electrónico	odelacruzv15_2@unc.edu.pe

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo	26.09.23	Hora de Muestreo	08:30
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	01		
Ensayos solicitados	Químicos Instrumentales- Físicoquímicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación		
Referencia de la Muestra:	Evaluación hidráulica del sistema de agua potable del caserío Valle Verde- Baños del Inca.		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	SC-1323	Cadena de Custodia	CC - 1241 - 23	
Fecha y Hora de Recepción	26.09.23	10:02	Inicio de Ensayo	26.09.23 10:10
Reporte Resultado				



Firmado digitalmente por NEYRA JAICO
Edder Miguel FAU 20453744168 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 05/10/2023 05:15 p.m.

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 05 de Octubre de 2023

INFORME DE ENSAYO N° IE 09231241

ENSAYOS			Químicos Instrumentales					
Código de la Muestra			Captación Valle Verde	-	-	-	-	-
Código Laboratorio			09231241-01	-	-	-	-	-
Matriz			Natural	-	-	-	-	-
Descripción			Subterránea-Manantial	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Valle Verde	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Disueltos					
Plata (Ag)	mg/L	0.0190	<LCM	-	-	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	0.047	-	-	-	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.0050	<LCM	-	-	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.0260	0.535	-	-	-	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.0040	0.100	-	-	-	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.0030	<LCM	-	-	-	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.0160	<LCM	-	-	-	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.1240	109.4	-	-	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	-	-	-	-	-
Cerio (Ce)	mg/L	0.0040	<LCM	-	-	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	<LCM	-	-	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.0030	<LCM	-	-	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	-	-	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.0230	<LCM	-	-	-	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.0510	3.597	-	-	-	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.0050	0.078	-	-	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.0190	5.766	-	-	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	<LCM	-	-	-	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.0020	<LCM	-	-	-	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.0260	29.36	-	-	-	-	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.0060	<LCM	-	-	-	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.0240	0.047	-	-	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	<LCM	-	-	-	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.0910	16.67	-	-	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.0050	<LCM	-	-	-	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.0070	<LCM	-	-	-	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.1040	17.91	-	-	-	-	-
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	<LCM	-	-	-	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.0030	0.649	-	-	-	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.0040	<LCM	-	-	-	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.0030	<LCM	-	-	-	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.0040	<LCM	-	-	-	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.0040	<LCM	-	-	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.0180	<LCM	-	-	-	-	-
Sílice (SiO ₂)	mg/L	0.2225	38.31	-	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Firmado digitalmente por
NEYRA JAICO Edder Miguel
FAU 20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 05/10/2023 05:14 p.m.

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FONO:599000 anexo 1140.

Cajamarca, 05 de Octubre de 2023

INFORME DE ENSAYO N° IE 09231241

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra	Captación Valle Verde		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	09231241-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	Natural		-	-	-	-	-	-
Descripción	Subterránea-Manantial		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Valle Verde		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Turbidez	NTU	0.09	0.13	-	-	-	-	-
pH a 25°C	pH	NA	7.87	-	-	-	-	-
Color Verdadero	UC	4.0	<LCM	-	-	-	-	-
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	2.5	501.0	-	-	-	-	-
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	1.04	340.4	-	-	-	-	-
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg CaCO ₃ /L	0.85	296.3	-	-	-	-	-
Acidez Total (CaCO ₃)	mg CaCO ₃ /L	1.0	<LCM	-	-	-	-	-
(*) Salinidad (NaCl)	PSU	NA	0.393	-	-	-	-	-
(*) Sabor	FTN	N.A.	1	-	-	-	-	-
(*) Olor	TON	N.A.	1	-	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Firmado digitalmente por
NEYRA JAICO Edder Miguel
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 05/10/2023 05:14 p.m.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 05 de Octubre de 2023

INFORME DE ENSAYO N° IE 09231241

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, SiO ₂ , Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado-Modificado) 2020.Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Turbidez	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24 th Ed. 2023: Turbidity. Nephelometric Method
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24 th Ed. 2023: pH Value. Electrometric Method
Color Verdadero	UC	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 24 th Ed. 2023 : Color. Spectrophotometric method
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A, C, 24 th Ed. 2023: Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180 oC
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 24 th Ed. 2023: Hardness EDTA Titrimetric Method
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 24 th Ed. 2023 : Alkalinity. Titration Method
Acidez Total (CaCO ₃)	mg CaCO ₃ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2310 B, 24 th Ed. 2023: Acidity. Titration Method
Salinidad (NaCl)	PSU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2520 B, 24 th Ed. 2023: Electrical Conductivity Method
Olor	TON	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2150-C, 24 th Ed. 2023: Odor. Total Intensity of Odor
Sabor	FTN	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2160 C, 24 th Ed. 2023: Taste. Flavor Rating Assessment

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(°) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditacion otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 05 de Octubre de 2023



Firmado digitalmente por
NEYRA JAICO - Edder Miguel
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 05/10/2023 05:15 p.m.

Anexo 9: Coeficientes de rugosidad absoluta

Superficie	Coeficiente de rugosidad absoluta	
	- k -	
	($10^{-3}m$)	(pies)
Cobre trefilado, plomo, latón, aluminio (nuevo) y similares	0.001 – 0.002	$(3.28 – 6.56) \times 10^{-5}$
PVC, PE y otros tubos de plástico lisos	0.0015 – 0.007	$(0.49 – 2.30) \times 10^{-5}$
Acero inoxidable, granallado	0.001 – 0.006	$(0.00328 – 0.0197) \times 10^{-3}$
Acero inoxidable, torneado	0.0004 – 0.006	$(0.00131 – 0.0197) \times 10^{-3}$
Acero inoxidable, pulido electrónico.	0.0001 – 0.0008	$(0.000328 – 0.00262) \times 10^{-3}$
Acero comercial o hierro forjado.	0.045 – 0.09	$(1.48 – 2.95) \times 10^{-4}$
Acero estirado	0.015	4.95×10^{-5}
Acero de soldadura	0.045	1.48×10^{-4}
Acero galvanizado	0.15	4.92×10^{-4}
Acero oxidado (corrosión)	0.15 – 4	$(4.92 – 13.1) \times 10^{-4}$
hierro fundido nuevo	0.25 – 0.8	$(8.2 – 26.2) \times 10^{-4}$
Hierro dúctil desgastado	0.8 – 1.5	$(2.62 – 4.92) \times 10^{-3}$
Hierro fundido en chapa o asfaltado	0.01 – 0.015	$(3.28 – 4.92) \times 10^{-5}$
Cemento alisado	0.3	0.98×10^{-3}
Hormigón ordinario	0.3 – 1	$(0.98 – 3.28) \times 10^{-3}$
Hormigón grueso	0.3 – 5	$(0.98 – 16.4) \times 10^{-3}$
Estufa de leña	0.18 – 0.9	
Madera bien cepillada	0.18 – 0.9	$(5.9 – 29.5) \times 10^{-4}$
Madera ordinaria	5	16.4×10^{-3}

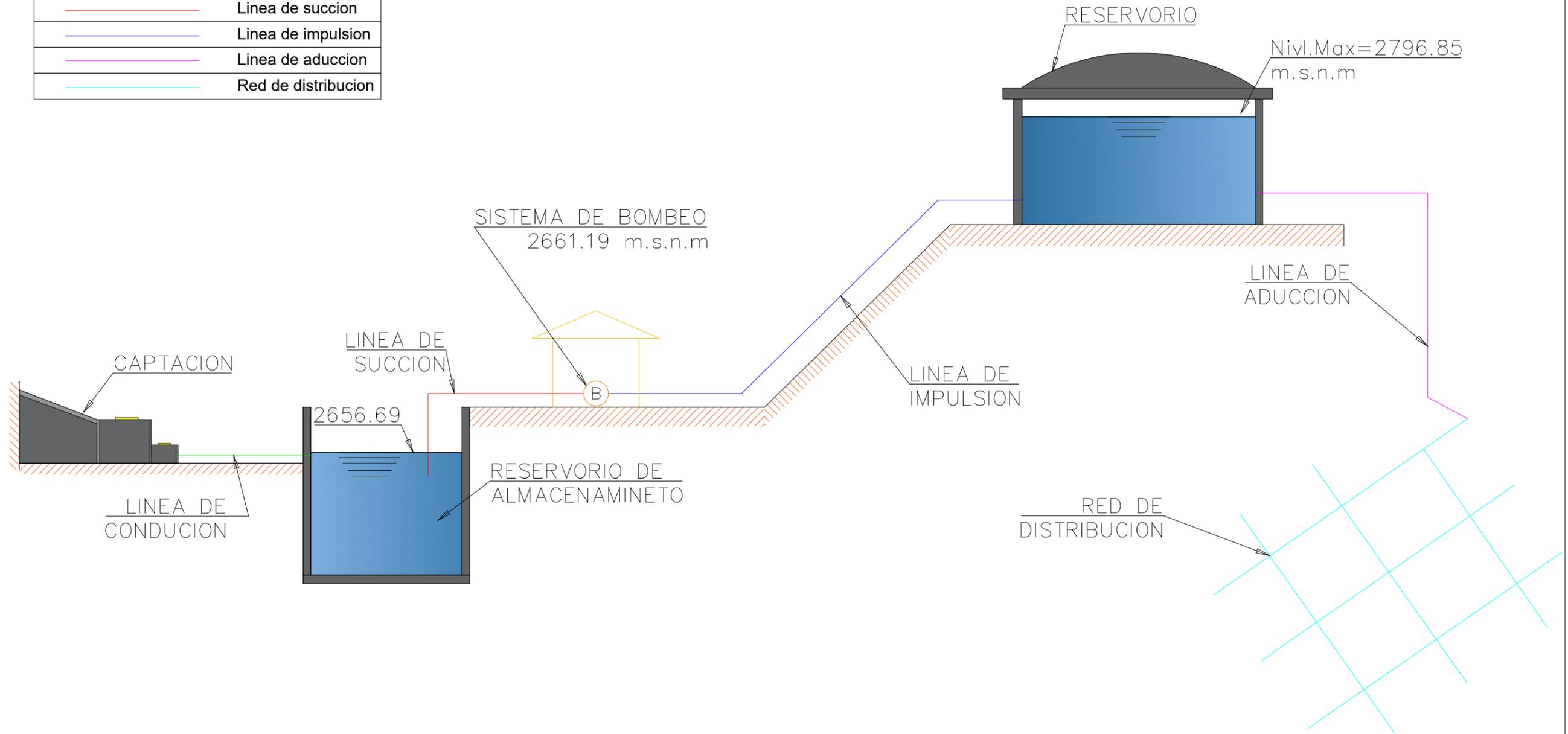
(La caja de herramientas de ingeniería ,2003)

Anexo 10: Planos

LEYENDA

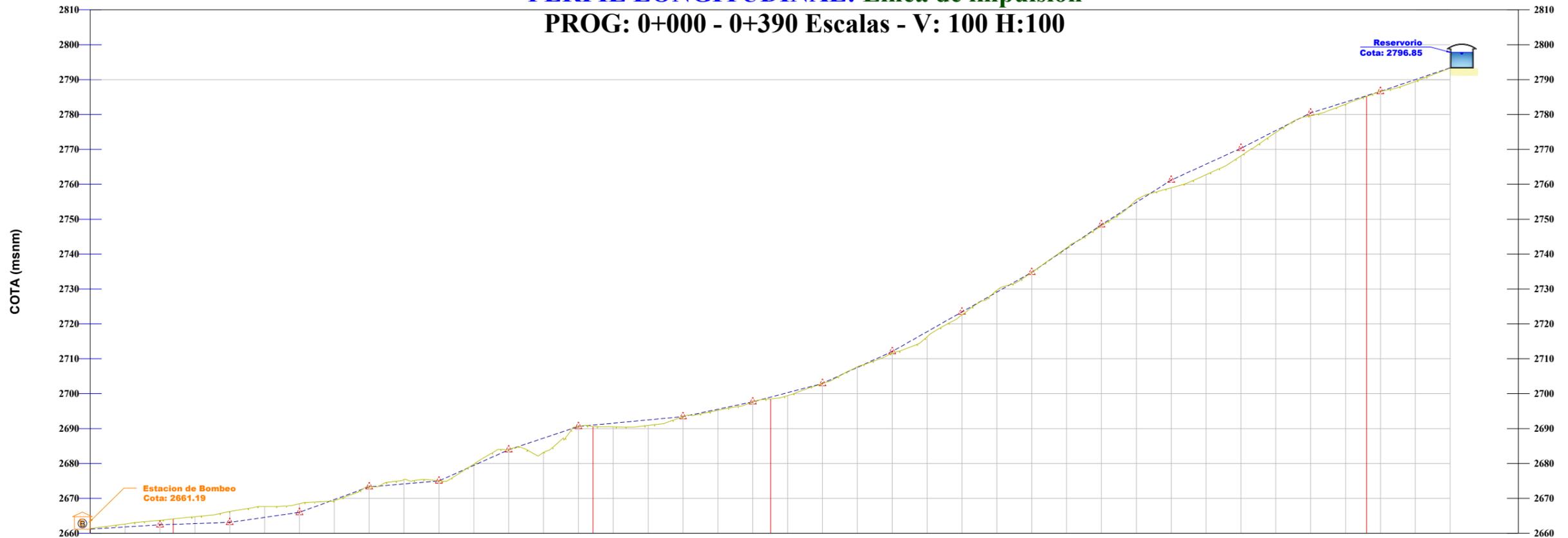
	Linea de conduccion
	Linea de succion
	Linea de impulsion
	Linea de aduccion
	Red de distribucion

ESQUEMA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE



PERFIL LONGITUDINAL: Línea de impulsión

PROG: 0+000 - 0+390 Escalas - V: 100 H:100



PROGRESIVA	0+000.00 - 0+010.00 - 0+020.00 - 0+030.00 - 0+040.00 - 0+050.00 - 0+060.00 - 0+070.00 - 0+080.00 - 0+090.00 - 0+100.00 - 0+110.00 - 0+120.00 - 0+130.00 - 0+140.00 - 0+150.00 - 0+160.00 - 0+170.00 - 0+180.00 - 0+190.00 - 0+200.00 - 0+210.00 - 0+220.00 - 0+230.00 - 0+240.00 - 0+250.00 - 0+260.00 - 0+270.00 - 0+280.00 - 0+290.00 - 0+300.00 - 0+310.00 - 0+320.00 - 0+330.00 - 0+340.00 - 0+350.00 - 0+360.00 - 0+370.00 - 0+380.00 - 0+390.00																																							
COTA TERRENO	2661.41	2662.67	2663.71	2664.75	2666.26	2667.70	2668.48	2669.33	2673.33	2675.42	2675.02	2679.83	2683.94	2683.23	2690.62	2690.49	2690.93	2693.43	2695.24	2697.69	2699.46	2702.96	2707.70	2711.68	2716.35	2722.62	2729.65	2734.78	2741.76	2748.08	2755.64	2759.03	2762.76	2768.20	2774.87	2779.68	2782.96	2786.62	2789.47	2793.32
SUB RASANTE	2661.19	2661.81	2662.44	2662.78	2663.13	2664.56	2665.99	2669.66	2673.33	2674.17	2675.00	2679.47	2683.94	2687.28	2690.62	2691.56	2692.49	2693.43	2695.56	2697.69	2700.32	2702.96	2707.63	2712.10	2717.77	2723.44	2729.11	2734.78	2741.61	2748.44	2754.82	2761.21	2765.78	2770.34	2775.41	2780.48	2783.55	2786.62	2790.00	2793.39
CORTE (-) RELLENO (+)	-0.217	-0.852	-1.268	-1.965	-3.128	-3.145	-2.489	+0.332	0.000	-1.255	-0.017	-0.365	0.000	+4.044	0.000	+1.069	+1.565	0.000	+0.318	0.000	+0.857	0.000	-0.177	+0.417	+1.418	+0.825	-0.533	0.000	-0.151	+0.357	-0.813	+2.179	+3.013	+2.144	+0.540	+0.796	+0.592	0.000	+0.532	+0.064
DIAGRAMA HORIZONTAL	L=23.81m		L=120.38m										L=50.95m			L=170.92m						L=25.31m																		
PENDIENTE	6.22% en 20.00m		3.46% en 20.00m		14.31% en 20.00m		36.72% en 20.00m		8.33% en 20.00m		44.68% en 20.00m		33.43% en 20.00m		9.36% en 30.00m		21.28% en 20.00m		26.35% en 20.00m		45.73% en 20.00m		56.71% en 20.00m		56.71% en 20.00m		68.26% en 20.00m		63.87% en 20.00m		45.65% en 20.00m		50.68% en 20.00m		30.73% en 20.00m		33.82% en 21.37m			



PROYECTO: "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERIO VALLE VERDE, DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA"

LUGAR: CASERIO VALLE VERDE

TESISTA : OSWALDO DE LA CRUZ VARGAS

UBICACION:
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
PROVINCIA: CAJAMARCA
DISTRITO: BAÑOS DEL INCA

PLANO: PERFIL LINEA DE IMPULSION, DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.

ESCALA: 1/1200

FECHA: 5/06/2024

DATUM: DWG 84

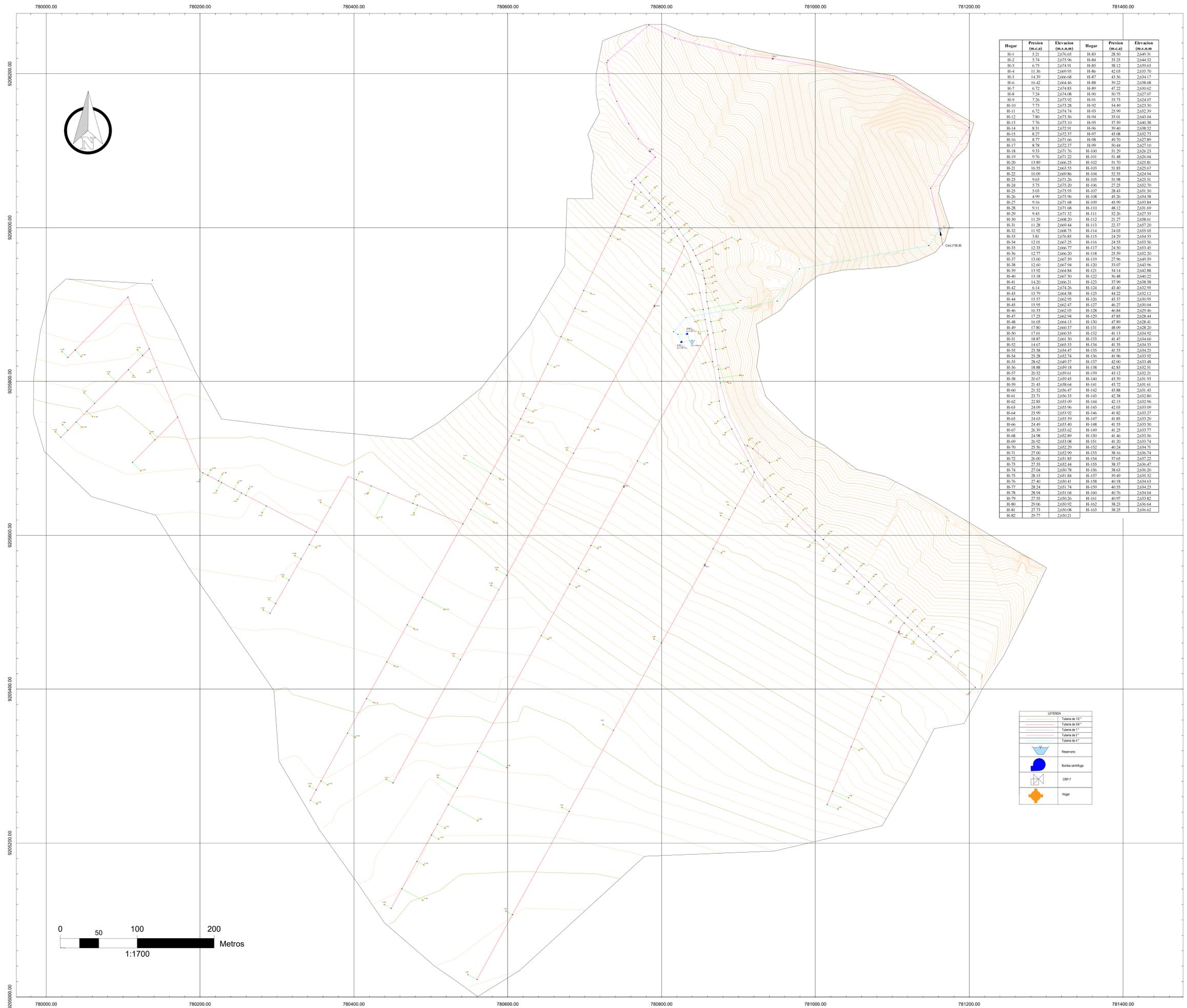
PROYECCION: UNIVERSAL TECNICAL MERCATOR, UTM

ZONA UTM: 18 SUR

CARTA NACIONAL IGN. 15 G

FIGURA 58

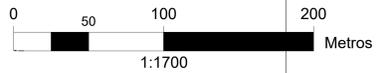
RED DE DISTRIBUCION



Hogar	Presion (m.c.a.)	Elevacion (m.s.n.m.)	Hogar	Presion (m.c.a.)	Elevacion (m.s.n.m.)
H-1	5.21	2676.65	H-83	28.50	2649.31
H-2	5.74	2675.96	H-84	33.25	2644.52
H-3	6.75	2674.91	H-85	38.12	2639.61
H-4	11.36	2669.95	H-86	42.03	2634.70
H-5	14.39	2666.88	H-87	45.86	2634.17
H-6	16.42	2664.46	H-88	39.22	2638.68
H-7	6.72	2674.63	H-89	47.22	2630.62
H-8	7.24	2674.08	H-90	50.75	2627.07
H-9	7.26	2673.92	H-91	53.73	2624.07
H-10	7.73	2673.28	H-92	54.80	2623.20
H-11	6.72	2674.74	H-93	25.99	2652.70
H-12	7.80	2673.36	H-94	35.01	2643.04
H-13	7.76	2673.10	H-95	37.89	2640.38
H-14	8.11	2672.91	H-96	39.49	2638.52
H-15	8.27	2672.37	H-97	45.08	2632.73
H-16	8.77	2671.66	H-98	49.70	2627.89
H-17	8.78	2672.27	H-99	50.44	2627.10
H-18	9.33	2671.76	H-100	51.29	2626.23
H-19	9.76	2671.22	H-101	51.48	2626.04
H-20	13.89	2666.25	H-102	51.70	2625.81
H-21	16.55	2663.55	H-103	51.83	2625.67
H-22	10.09	2669.86	H-104	52.55	2624.94
H-23	9.63	2671.26	H-105	51.98	2625.31
H-24	5.75	2675.20	H-106	27.52	2652.70
H-25	5.03	2675.93	H-107	28.43	2651.50
H-26	4.99	2675.96	H-108	45.26	2634.58
H-27	9.16	2671.68	H-109	45.99	2633.84
H-28	9.11	2671.68	H-110	48.12	2631.69
H-29	9.45	2671.32	H-111	52.26	2627.55
H-30	11.29	2668.20	H-112	21.27	2658.64
H-31	11.28	2669.44	H-113	22.37	2657.20
H-32	11.92	2668.75	H-114	24.03	2655.08
H-33	3.81	2676.85	H-115	24.29	2654.35
H-34	12.01	2667.25	H-116	24.53	2653.86
H-35	12.35	2666.77	H-117	24.50	2653.45
H-36	12.77	2666.20	H-118	25.69	2652.20
H-37	13.00	2667.89	H-119	27.86	2649.89
H-38	12.60	2667.04	H-120	33.07	2643.96
H-39	13.92	2664.84	H-121	34.14	2642.88
H-40	13.18	2667.30	H-122	36.48	2640.22
H-41	14.20	2666.21	H-123	37.99	2638.58
H-42	6.14	2674.26	H-124	43.40	2632.95
H-43	15.79	2664.58	H-125	44.22	2632.12
H-44	15.87	2662.95	H-126	45.37	2630.96
H-45	15.95	2662.47	H-127	46.27	2630.04
H-46	16.33	2662.03	H-128	46.84	2629.46
H-47	17.25	2662.04	H-129	47.85	2628.41
H-48	16.05	2664.15	H-130	47.89	2628.41
H-49	17.89	2660.37	H-131	48.09	2628.20
H-50	17.61	2660.33	H-132	41.13	2634.02
H-51	18.87	2661.30	H-133	41.47	2634.60
H-52	14.67	2665.53	H-134	41.35	2634.35
H-53	23.38	2654.47	H-135	41.53	2634.28
H-54	25.28	2655.74	H-136	41.96	2633.92
H-55	28.62	2649.37	H-137	42.00	2633.48
H-56	18.88	2659.18	H-138	42.83	2632.21
H-57	20.52	2659.01	H-139	43.12	2632.21
H-58	20.67	2659.45	H-140	43.39	2631.93
H-59	21.45	2658.64	H-141	43.72	2631.61
H-60	21.52	2656.47	H-142	43.88	2631.45
H-61	23.71	2656.35	H-143	42.38	2632.80
H-62	22.85	2655.09	H-144	42.15	2632.96
H-63	24.09	2655.96	H-145	42.03	2633.09
H-64	23.99	2653.92	H-146	41.82	2633.27
H-65	24.63	2655.39	H-147	41.85	2633.20
H-66	24.49	2653.40	H-148	41.55	2633.30
H-67	26.39	2653.62	H-149	41.25	2633.77
H-68	24.98	2652.89	H-150	41.46	2633.56
H-69	26.92	2653.08	H-151	41.20	2633.74
H-70	25.56	2652.79	H-152	40.24	2634.71
H-71	27.00	2652.99	H-153	38.16	2636.74
H-72	26.00	2651.85	H-154	37.65	2637.22
H-73	27.55	2652.44	H-155	38.37	2636.47
H-74	27.04	2650.78	H-156	38.63	2636.20
H-75	28.15	2651.84	H-157	39.49	2635.32
H-76	27.40	2650.41	H-158	40.18	2634.63
H-77	28.24	2651.74	H-159	40.55	2634.25
H-78	28.94	2651.04	H-160	40.76	2634.04
H-79	27.55	2650.26	H-161	40.97	2633.82
H-80	29.06	2650.02	H-162	38.23	2636.64
H-81	27.73	2650.08	H-163	38.25	2636.62
H-82	29.77	2650.21			

LEYENDA

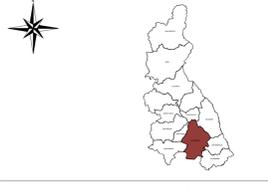
	Tubo de 1/2"
	Tubo de 3/4"
	Tubo de 1"
	Tubo de 2"
	Tubo de 4"
	Reservorio
	Bomba centrífuga
	CBP-7
	Hogar



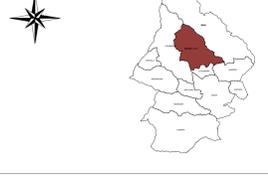
MAPA POLITICO DEL PERÚ



MAPA DEL PROVINCIAL DE CAJAMARCA



MAPA DISTRITAL DE CAJAMARCA



PROYECTO: "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERIO VALLE VERDE, DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA CAJAMARCA"

TESISTA : OSWALDO DE LA CRUZ VARGAS

UBICACION: DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
PROVINCIA: CAJAMARCA
DISTRITO: BAÑOS DEL INCA

PLANO PROYECCION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

ESCALA: 1/1700
FECHA: 17/03/2024

DATUM: DWG 84
PROYECCION: TECNICAL MERCATOR, UTM
ZONA UTM: 18 SUR
CARTA NACIONAL IGN: 15 G

FIGURA 59