



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable con fines de mejoramiento de la calidad del agua que consumen los pobladores del centro poblado San Juan de Pacayzapa - Alonso de Alvarado – Lamas - San Martín

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

Edin Germán Llanos Chanta

Lleyson Leder Mera Vargas

ASESOR:

Ing. M. Sc. Juvenal Vicente Diaz Agip

Tarapoto - Perú

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



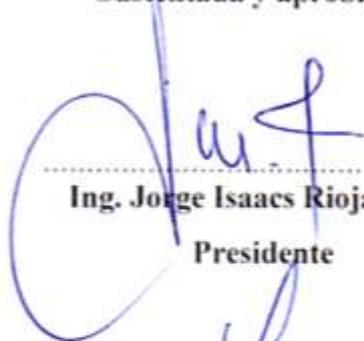
Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua potable con fines de mejoramiento de la calidad del agua que consumen los pobladores del centro poblado San Juan de Pacayzapa-Alonso de Alvarado- Lamas- San Martín

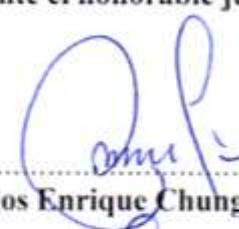
AUTOR:

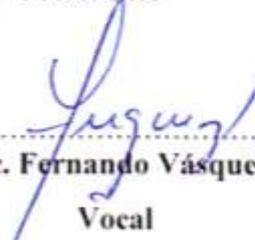
Edin Germán Llanos Chanta

Lleyson Leder Mera Vargas

Sustentada y aprobada el día 20 de agosto del 2020, ante el honorable jurado:


.....
Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz
Presidente


.....
Ing. Carlos Enrique Chung Rojas
Secretario


.....
Ing. M. Sc. Fernando Vásquez Vásquez
Vocal


.....
Ing. M. Sc. Juvenal Vicente Diaz Agip
Asesor

Declaratoria de autenticidad

Edin Germán Llanos Chanta, con DNI N° 48347532 y **Lleyosn Leder Mera Vargas**, con DNI N° 73501682, egresados de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable con fines de mejoramiento de la calidad del agua que consumen los pobladores del centro poblado San Juan de Pacayzapa - Alonso de Alvarado – Lamas - San Martín.**

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de nuestro accionar, sometiéndonos a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 20 de agosto del 2020.



Bach. Edin Germán Llanos Chanta

DNI N° 48347532



Bach. Lleyosn Leder Mera Vargas

DNI N° 73501682

Declaración jurada

Edin Germán Llanos Chanta, con DNI N° 48347532, Domicilio en el Jirón 3 de octubre N°134- Distrito de Tarapoto y **Lleyosn Leder Mera Vargas**, con DNI N° 73501682, Domicilio en Jirón Victoria Vasquez N°398- Distrito de Morales, a efecto de cumplir con las Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **Declaramos bajo juramento que**, todos los documentos, datos e información en la presente tesis, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 20 de agosto del 2020.



.....
Bach. Edin Germán Llanos Chanta

DNI N° 48347532



.....
Bach. Lleyosn Leder Mera Vargas

DNI N° 73501682

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Llanos Chanta Edin Germán	
Código de alumno :	123144	Teléfono: 976151372
Correo electrónico :	egllanos@alumno.unsm.edu.pe DNI: 48347532	

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Civil y Arquitectura
Escuela Profesional de:	Ingeniería Civil

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	"Diseño del Sistema de Abastecimiento de agua potable con fines de mejoramiento de la calidad del agua que consumen los pobladores del centro poblado San Juan de Pacayzapa - Alonso de Albarado - Lamas - San Martín"
Año de publicación:	2020

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma y huella del Autor

8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

24 / 08 / 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Mera Vargas Lleyson Leder	
Código de alumno :	123146	Teléfono: 921992763
Correo electrónico :	lmerav@alumno.unsm.edu.pe	DNI: 73501682

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Civil y Arquitectura
Escuela Profesional de:	Ingeniería Civil

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	"Diseño del Sistema de Abastecimiento de agua potable con fines de mejoramiento de la calidad del agua que consumen los pobladores del Centro Poblado San Juan de Pacayaza - Alonso de Alvarado - Lamas - San Martín."
Año de publicación:	2020

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma y huella del Autor

8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

24 / 08 / 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, **Humberto Llanos Alejandría** y **Teodomira Chanta Guarnizo** por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, éste logro es gracias a ustedes porque siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos.

Edin Germán

A mis padres, **Adelmar Mera Mera, Nelida Vargas Becerra**, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, por el ejemplo brindado formándome con principios, gracias a ustedes pude llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

Lleyson Leder

Agradecimiento

A la Universidad Nacional De San Martin – Tarapoto por habernos albergado en su alma mater y haber cotejado mis estudios en cuanto a lo práctico, teórico y laboral durante mi formación profesional.

A nuestros Docentes, por la labor generosa de impartir los conocimientos para nuestro desarrollo profesional en las aulas de clase.

A nuestros padres, **Humberto Llanos Alejandría, Teodomira Chanta Guarnizo y Ademar Mera Mera, Nelida Vargas Becerra**, por darnos el apoyo para permitir estudiar esta carrera en beneficio de la sociedad.

Los Autores.

Índice

	Pág.
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Resumen.....	xx
Abstract.....	xxi
 Introducción.....	 1
CAPÍTULO I.....	2
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
1.1. Realidad Problemática.....	2
1.1.1. Ubicación Geografía de la zona de estudio.....	3
1.1.2. Aspectos Generales de la zona de estudio.....	5
1.1.2.1. Altitud.....	5
1.1.2.2. Clima, Topografía, Suelo y Sismología.....	5
1.1.2.2.1. Clima.....	5
1.1.2.2.2. Topografía.....	5
1.1.2.2.3. Sismología.....	6
1.1.3. Vías de Comunicación.....	6
1.1.4. Población beneficiaria.....	6
1.1.5. Actividad Económica.....	6
1.1.6. Educación.....	7
1.1.7. Salud.....	7
1.2. Trabajos previos.....	7
1.2.1. Antecedente Internacional.....	7
1.2.2. Antecedentes Nacionales.....	9
1.2.3. Antecedentes Locales.....	11
1.3. Teoría relacionada al tema.....	13
1.3.1. Requisitos de calidad del agua para consumo humano.....	13
1.3.1.1. Agua apta para el consumo humano.....	13
1.3.1.2. Calidad del agua.....	13
1.3.1.3. Análisis Físicos, Químicos y Bacteriológicos.....	13
1.3.2. Parámetros de diseño.....	17

1.3.2.1. Periodo de diseño.....	17
1.3.2.2. Población Futura.....	17
1.3.2.3. Dotación.....	19
1.3.2.4. Variaciones de consumo.....	19
1.3.2.4.1. Consumo Promedio Diario Anual (Qp).....	19
1.3.2.4.2. Consumo Máximo Diario (Q m.d.) y Consumo Máximo Horario (Qm.h.)	20
1.3.3. Opciones tecnológicas en abastecimiento de agua.....	20
1.3.3.1. Sistemas convencionales de abastecimiento de agua	22
1.3.4. Fuentes de Abastecimiento	24
1.3.4.1. Tipos de Fuentes de Agua	24
1.3.4.1.1. Agua de Lluvia	24
1.3.4.1.2. Aguas Superficiales	25
1.3.4.1.3. Aguas Subterráneas	25
1.3.4.2. Captación.....	26
1.3.4.2.1. Aguas Superficiales	26
1.3.3.2.1.1. Barraje Fijo sin Canal de Derivación.....	27
1.3.4.3. Línea de conducción.....	36
1.3.4.3.1. Línea de Gradiente Hidráulica.....	37
1.3.4.3.2. Cálculo Hidráulico de Tuberías a Presión.....	37
1.3.4.3.3. Diseño de Tuberías a Presión	38
1.3.4.3.4. Trazado de la línea de conducción	38
1.3.4.3.5. Material de tubería.....	39
1.3.4.3.6. Clase de Tubería	39
1.3.4.3.7. Velocidades de diseño	41
1.3.4.3.8. Diámetros mínimos.....	41
1.3.4.3.9. Pendientes.....	41
1.3.4.3.10. Pérdidas de carga	42
1.3.4.3.11. Presiones Máximas y Mínimas.....	44
1.3.4.3.12. Tuberías	46
1.3.4.3.13. Profundidad de Instalación	47
1.3.4.3.14. Puentes Colgantes.....	48
1.3.4.3.15. Sifón Invertido.....	48
1.3.4.3.16. Instalación de Válvulas.....	49
1.3.4.3.17. Pase Aéreo	52

1.3.4.3.18. Cajas de Rompe-Presión (CRP)	53
1.3.4.4. Planta de Tratamiento de Agua para el Consumo Humano.....	55
1.3.4.4.1. Ubicación.....	56
1.3.4.4.2. Capacidad	56
1.3.4.4.3. Tipos de planta a considerar	56
1.3.4.4.4. Unidad de tratamiento	57
1.3.3.4.1.1.Sedimentador	57
1.3.3.4.1.2.Prefiltro de grava	58
1.3.3.4.1.3.Filtro lento de arena	59
1.3.3.4.4.1.1.Requisitos Generales	60
1.3.3.4.4.1.2.Componentes.....	60
1.3.3.4.4.1.3.Dimensionamiento	63
1.3.4.5. Almacenamiento de Agua para el Consumo Humano.....	63
1.3.4.5.1. Aspectos Generales.....	64
1.3.3.5.1.1. Tipos de Reservorio.....	64
1.3.3.5.1.2. Ubicación del Reservorio	64
1.3.3.5.1.3. Volumen de Almacenamiento	65
1.3.3.5.1.3.1.Volumen de Regulación	65
1.3.3.5.1.4. Funcionamiento	65
1.3.3.5.1.5. Criterios de Diseño	65
1.3.4.5.2. Sistema de Desinfección.....	67
1.3.3.5.1.6. Sistema de Desinfección por Goteo.....	68
1.3.4.6. Línea de Aducción.....	69
1.3.4.7. Distribución de Redes.....	73
1.3.4.7.1. Aspectos Generales.....	73
1.3.4.7.2. Velocidades Admisibles	73
1.3.4.7.3. Trazado	73
1.3.4.7.4. Materiales	74
1.3.4.7.5. Presiones de Servicio.....	74
1.3.4.7.6. Criterios de diseño	74
1.3.4.7.7. Válvula de Control.....	77
1.3.3.7.1.1. Memoria de Cálculo Hidráulico	77
1.3.4.8. Conexión Domiciliaria	77
1.3.5. Marco Conceptual: Terminología básica	78

1.3.5.1. Agua Subterránea.	78
1.3.5.2. Calidad de Agua.	79
1.3.5.3. Población de diseño	79
1.3.5.4. Caudal Máximo Diario.....	79
1.3.5.5. Caudal Máximo Diario Horario.....	79
1.3.5.6. Golpe de ariete.....	79
1.3.5.7. Nivel de Carga Estática.	79
1.3.5.8. Afluente	79
1.3.5.9. Cloro residual.	79
1.3.5.10. Efluente.....	79
1.3.5.11. Filtración.....	79
1.3.5.12. Metales pesados.....	80
1.3.5.13. Tratamiento de agua.	80
1.3.5.14. Caja de filtro.	80
1.3.5.15. Redes de distribución.....	80
1.3.5.16. Ramal distribuidor.....	80
1.3.5.17. Tubería Principal.	80
1.3.5.18. Conexión Domiciliaria de Agua Potable.....	80
1.3.5.19. Vida útil	80
1.4. Formulación del problema.....	81
1.5. Justificación del estudio.....	81
1.5.1. Justificación teórica.....	81
1.5.2. Justificación Metodológica.....	81
1.5.3. Justificación Técnica.....	82
1.5.4. Justificación Práctica.....	82
1.5.5. Justificación social.....	82
1.6. Hipótesis.....	82
1.7. Objetivos.....	82
1.7.1. Objetivo General	82
1.7.2. Objetivo específico.....	82
CAPÍTULO II.....	84
MATERIAL Y MÉTODOS.....	84
2.1. Diseño de investigación.....	84

2.2. Variables, operacionalización.....	85
2.2.1. Sistema de Variables.....	85
2.2.1.1. Variable Independiente.....	85
2.2.1.2. Variable Dependiente.....	85
2.2.1. Operacionalización de Variables.....	86
2.3. Población y muestra.....	87
2.3.1. Universo.....	87
2.3.2. Población.....	87
2.3.3. Muestra.....	87
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	87
2.4.1. Técnicas.....	87
2.4.2. Instrumentos.....	87
2.4.3. Validación y confiabilidad del instrumento.....	87
2.5. Métodos de análisis de datos.....	88
2.5.1. Bases de Diseño Sistema de Agua Potable.....	88
2.5.2. Cálculo de Parámetros de Diseño.....	89
2.5.2.1. Periodo de diseño.....	89
2.5.2.2. Exploración de campo y entrevistas.....	90
2.5.2.3. Tasa de crecimiento.....	90
2.5.2.4. Población Actual.....	91
2.5.2.5. Población de Diseño.....	92
2.5.2.6. Dotación y Caudal de Diseño.....	93
2.5.2.6.1. Dotación de Agua.....	93
2.5.2.6.2. Caudal de Diseño.....	94
2.5.2.6.2.1. Cálculo del Caudal Promedio Diario Anual (Q p.).....	94
2.5.2.6.2.2. Cálculo del Caudal Máximo Diario (Qm.d) y Máximo Horario (Qm.h.).....	96
2.5.2.6.3. Caudal Disponible en la Fuente.....	97
2.5.3. Cálculo de los Componentes del Sistema de Agua Potable.....	97
2.5.3.1. Captación.....	97
2.5.3.1.1. Barraje Fijo Sin Canal De Derivación.....	97
2.5.3.1.2. Ancho del encauzamiento.....	97
2.5.3.1.3. Tirante del Río.....	98
2.5.3.1.4. Cresta Creager.....	99
2.5.3.1.5. Diseño del Colchón Disipador.....	103

2.5.3.1.6. Bloque de amortiguamiento.....	107
2.5.3.1.7. Diseño de Ventana de Captación.....	108
2.5.3.2. Línea de Conducción.....	109
2.5.3.2.1. Diseño Hidráulico De La Línea De Conducción.....	109
2.5.3.2.2. Tramo km 0+000 - km 0+400 (Captación – PTAP).....	109
2.5.3.2.3. Tramo km 0+400 - km 1+820 (PTAP-CRP)	111
2.5.3.2.4. Tramo km 1+820 - km 3+531 (CRP – RESERVORIO)	112
2.5.3.3. Planta de Tratamiento de Agua Potable	114
2.5.3.3.1. Sedimentador	114
2.5.3.3.2. Prefiltros de grava.....	115
2.5.3.3.3. Filtro Lento de Arena	118
2.5.3.3.1.1. Caudal de diseño y tasas de trabajo	118
2.5.3.3.1.2. Dimensionamiento del Filtro	119
2.5.3.3.1.3. Características Granulométricas de la Arena.....	120
2.5.3.3.1.4. Características Granulométricas de la Grava.....	120
2.5.3.3.1.5. Dimensionamiento del sistema de drenaje	120
2.5.3.4. Reservorio.....	121
2.5.3.4.1. Capacidad del Reservorio	121
2.5.3.4.2. Forma del Reservorio	122
2.5.3.4.3. Dimensiones	122
2.5.3.4.4. Dimensionamiento de Canastilla	123
2.5.3.4.5. Dimensionamiento de la tubería de rebose y limpia.....	123
2.5.3.5. Línea de Aducción y Redes de Distribución	124
2.5.3.6. Otros.....	127
2.5.3.6.1. Sistema de Desinfección por Goteo con Hipoclorito de Calcio	127
2.6. Aspectos éticos.....	128
CAPÍTULO III	129
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	129
3.1. Captación.....	150
3.1.1. Captación Tipo Barraje Fijo sin Canal de Derivación	150
3.2. Línea de Conducción.....	130
3.3. Planta de Tratamiento.....	131
3.3.1. Sedimentador.....	131

3.3.2. Prefiltro de grava	131
3.3.3. Filtro Lento de Arena	132
3.4. Reservorio.....	132
3.5. Línea de Aducción y Redes de Distribución.....	133
3.6. Discusión de resultados.....	135
3.6.1. Fuente de abastecimiento y análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua (cruda).....	135
3.6.2. Parámetros de Diseño.....	136
3.6.3. Componentes del Sistema de Agua Potable.....	136
3.6.3.1. Captación.....	136
3.6.3.2. Planta de Tratamiento.....	136
3.6.3.3. Línea De Conducción	137
3.6.3.4. Reservorio Apoyado	137
CONCLUSIONES	139
RECOMENDACIONES.....	142
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143
ANEXOS.....	145
ANEXO N°01: Matriz de consistencia.....	146
ANEXO N°02: Panel fotográfico	147
ANEXO N°03: Padrón de beneficiarios	149
ANEXO N°04: Estudio topográfico	161
ANEXO N°05: Estudio hidrológico del río Pucayacu.....	168
ANEXO N°06: Cálculo de aforo de la quebrada Santa Clara	193
ANEXO N°07: Análisis físico, químico y bacteriológico.....	195
ANEXO N°08: Estudio de la fuente de agua.....	199
ANEXO N°09: Planos	205

Índice de tablas

Tabla 1: Estándares de calidad de aguas superficiales destinadas a producción de agua potable	15
Tabla 2: Periodo de diseño de infraestructura sanitaria.....	17
Tabla 3: Dotación de agua para consumo humano	19
Tabla 4: Dotación de agua para centros educativos.....	19
Tabla 5: Coeficiente de Variación de Consumo Según RNE	20
Tabla 6: Factores que considerar en la selección de opciones tecnológicas.....	21
Tabla 7: Coeficientes de rugosidad de Manning.....	29
Tabla 8: Velocidades máximas admisibles.....	29
Tabla 9: Coeficiente K en función de Ls y el tirante normal.....	34
Tabla 10: Clase de tuberías PVC y máxima presión de trabajo	40
Tabla 11: Velocidades máximas permisibles en tuberías.....	41
Tabla 12: Valores del coeficiente Chw de Hazen – Williams.....	43
Tabla 13: Coeficiente para el cálculo de la pérdida de carga localizada en las piezas especiales y en las válvulas.....	44
Tabla 14: Deflexión máxima en tuberías.....	47
Tabla 15: Selección del proceso de tratamiento del agua para consumo humano.....	57
Tabla 16: Criterios de diseño	58
Tabla 17: Velocidad de Filtración de acuerdo al número de procesos preliminares.....	61

Índice de cuadros

Cuadro 1. Principales Enfermedades del centro de salud San Juan de Pacayzapa	3
Cuadro 2. Población beneficiaria del Proyecto	90
Cuadro 3. Tasa de crecimiento	91
Cuadro 4. Cálculo de la Población de diseño, periodo 20 años por el Método Aritmético – centro poblado San Juan de Pacayzapa.	92
Cuadro 5. Dotación de agua	93
Cuadro 6. Dotación de agua para centros educativos.....	94
Cuadro 7. Verificación de Tirante del Rio.....	98
Cuadro 8. Valores Perfil Creager-Curva Y´	101
Cuadro 9. Valores Perfil Creager-Curva Y	101
Cuadro 10. Calculo hidráulico red de distribución de agua potable centro poblado San Juan de Pacayzapa	124
Cuadro 11. Caudales de Presiones por nudo en Red de Distribución	126
Cuadro 12. Resultados de la captación.....	129
Cuadro 13. Resultados de la Línea de Conducción.....	130
Cuadro 14. Resultados de Sedimentador´.....	131
Cuadro 15. Resultados de Prefiltro.....	131
Cuadro 16. Resultados de Filtro Lento	132
Cuadro 17. Resultados del Reservorio	132
Cuadro 18. Resultado del cálculo hidráulico- reportes de nudos-centro poblado San Juan de Pacayzapa, en el programa WaterCAD V10.0	133
Cuadro 19. Resultado del cálculo hidráulico- reporte de tuberías-centro poblado San Juan de Pacayzapa, en el programa WaterCAD V10.0	134

Índice de figuras

Figura 1: Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento.	23
Figura 2: Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento	24
Figura 3: Captacion de agua de Lluvia	25
Figura 4: Captación de agua Superficial.....	25
Figura 5: Captación de agua Subterráneas.	26
Figura 6: Barraje fijo sin canal de derivación.....	27
Figura 7: Tirante de la Quebrada.....	30
Figura 8: Cálculo de diseño de la Cresta Creager.	30
Figura 9: Calculo Velocidad sobre la Cresta del Azud.	31
Figura 10: Altura del Azud.....	31
Figura 11: colchón disipador.....	33
Figura 12: Calculo Radio de Enlace ($V1 > 1.5$ m/s)..	34
Figura 13: Bloques de Amortiguamiento.	35
Figura 14: Esquema Ventana Captación..	35
Figura 15: Línea de Conducción	36
Figura 16: Presiones Residuales Positivas y Negativas.....	37
Figura 17: Presiones máximas de trabajo para diferentes clases de tuberías PVC.....	40
Figura 18: Energía de posición y presión.	45
Figura 19: Equilibrio de Presiones Dinámicas.	46
Figura 20: Deflexión en una tubería	46
Figura 21: Puente colgante cruzando un rio o quebrada.	48
Figura 22: Sifón invertido cruzando una quebrada	49
Figura 23: Válvula de Aire Manual	51
Figura 24: Válvula de purga.	52
Figura 25: Detalles técnicos del pase aéreo.....	53
Figura 26: Cámara Rompe-Presión	54
Figura 27: Ubicación de estructuras complementarias.....	56
Figura 28: Esquema sedimentador	58
Figura 29: Esquema prefiltro.....	59
Figura 30: Esquema Filtro Lento de arena.	60
Figura 31: Reservorio	64

Figura 32: Sistema de desinfección por goteo.....	68
Figura 33: : Línea gradiente hidráulica de la aducción a presión.....	70
Figura 34: Línea gradiente hidráulica.....	72
Figura 35: Tipos de Redes.....	74
Figura 36: Cámara de válvula de control para red de distribución.....	77
Figura 37: Conexión domiciliarias.....	78

Índice de gráficos

Grafico 1: Curva Creager Y' ..	101
Grafico 2: Perfil Creager – Curva Y	101

Resumen

El presente trabajo de investigación titulado: Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable con fines de mejoramiento de la calidad del agua que consumen los pobladores del centro poblado San Juan de Pacayzapa - Alonso de Alvarado – Lamas - San Martín, se desarrolló en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. Este proyecto de investigación surgió ante la necesidad de la población del centro poblado San Juan de Pacayzapa, de solucionar los diversos problemas causados por el deficiente servicio de agua para consumo, tanto en calidad como en cantidad. Estos problemas, enfocados en la calidad del agua, generan la aparición y propagación de enfermedades infectocontagiosas, enfermedades diarreicas agudas EDAs, desnutrición, etc., por lo que el presente proyecto de investigación busca solucionar estos problemas empezando con un análisis de las condiciones de salubridad y disponibilidad del agua de la quebrada, como fuente de agua apta para consumo humano, para el diseño hidráulico de un sistema de abastecimiento de agua potable con tratamiento, según los resultados obtenidos del análisis físico, químico y bacteriológico del agua de la fuente. Para el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable se realizaron cálculos de hidráulica, complementándolo con los conocimientos adquiridos en las aulas de clase referidos al estudio topográfico, mecánica de fluidos, estableciéndose como parámetro fijo el número de habitantes a los cuales se les prestará el servicio, determinándose el caudal aproximado que requieren el centro poblado San Juan de Pacayzapa y así, poder satisfacer las necesidades domésticas de esas poblaciones. Y, por último, simular el sistema con el programa waterCad para poder verificar el funcionamiento del mismo y obtener unos resultados más satisfactorios. El sistema de abastecimiento de agua potable estará conformado por el diseño hidráulico de los siguientes componentes: captación, planta de tratamiento (filtro lento), línea de conducción, reservorio, línea de aducción, redes de distribución, conexiones domiciliarias, de esta manera se estaría contribuyendo al desarrollo económico, social y cultural del centro poblado San Juan de Pacayzapa, mejorando la calidad de vida de la población.

Palabras clave: Diseño, Hidráulico, abastecimiento, agua, potable, centro poblado San Juan de Pacayzapa.

ABSTRACT

The present research work entitled: Design of the drinking water supply system with aims of improvement of the quality of the water that the inhabitants of the town of San Juan de Pacayzapa - Alonso de Alvarado - Lamas - San Martin, was developed in the Faculty of Civil Engineering of the National University of San Martin - Tarapoto. This research project emerged from the need of the population of the town of San Juan de Pacayzapa, to solve the several problems caused by poor water service for consumption, both in term of quality and quantity. These problems, focused on the water quality, produce the appearance and propagation of infectious diseases, acute diarrheal diseases (ADD), malnutrition, etc., so this research project aims to solve these problems starting with an analysis of the conditions of health and availability of water from the stream, so the suitability of the source for human consumption can be verified. For the hydraulic design of the drinking water supply system, hydraulic calculations were made, complementing it with the knowledge acquired in the classrooms referred to the topographic and fluid mechanics study, establishing as a fixed parameter the number of inhabitants to whom the service will be provided, determining the approximate flow required by the population. Finally, a simulation of the drinking water supply system with the waterCad program was made in order to verify its operation and obtain more satisfactory results. This system will be made up of the hydraulic design of the following components: collection, treatment plant (Sedimentator, Pre-filter and slow filter), conduction line, reservoir, adduction line, distribution networks and home connections, thus contributing to the economic, social and cultural development of the San Juan de Pacayzapa population center, improving the quality of the water consumed by the population.

Key words: Disegn, Hydraulic, Supply, Water, Potable, Town, San Juan de Pacayzapa.



Introducción

La tesis titulada: Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable con fines de mejoramiento de la calidad del agua que consumen los pobladores del centro poblado San Juan de Pacayzapa - Alonso de Alvarado – Lamas - San Martín, surgió ante la necesidad de dar solución a los problemas que acogen los pobladores del centro poblado San Juan de Pacayzapa, por la deficiente calidad en el servicio de agua potable ya que cuenta con un sistema de abastecimiento rústico, sin tomar en cuenta las especificaciones técnicas normadas en el reglamento nacional de edificaciones, exponiendo la integridad física de los pobladores de adquirir enfermedades infecciosas.

El centro poblado San Juan de Pacayzapa en la actualidad cuenta con servicio de agua captada de la quebrada Santa Clara, construida por los mismos pobladores, una captación a base de un pequeño encauzamiento mediante piedra con arena, tubo y una canastilla que no garantiza agua apta para consumo ya que está expuesta a agentes extraños y patógenos, y que en épocas de lluvia intensa requiere de mantenimientos periódicos ya que la turbiedad aumenta y deteriora a la captación y obstruye la tubería.

Las condiciones en las que el agua llega a las viviendas tampoco son óptimas para consumo ya que en el trayecto de la captación a la vivienda no existo ningún tipo de tratamiento al agua captada, el consumo es directo de la quebrada a la vivienda, sin tampoco darle mantenimiento a la tubería.

La presente tesis fue desarrollada con la finalidad de dar solución al problema planteado, el sistema de abastecimiento de agua potable estará conformado por el diseño hidráulico de los siguientes componentes: captación, planta de tratamiento(filtro lento), línea de conducción, reservorio, línea de aducción, redes de distribución, conexiones domiciliarias, de esta manera se estaría contribuyendo al desarrollo económico, social y cultural del centro poblado San Juan de Pacayzapa, mejorando la calidad del agua que consume la población.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Realidad problemática

En la actualidad, ante el crecimiento acelerado de la población en nuestro país y en general en el mundo entero, los diferentes servicios y recursos del que se dispone tienen que ser mejor administrados. La optimización de los recursos ha alcanzado todos los niveles de la vida humana. En el caso del agua, dicha optimización adquiere gran importancia, ya que la disponibilidad del vital líquido disminuye cada vez más y por lo tanto su obtención se dificulta y encarece de manera importante.

El centro poblado San Juan de Pacayzapa se encuentran con este problema durante mucho tiempo, la falta de agua potable, una situación que pone en riesgo la salud de los pobladores de la zona, las enfermedades diarreicas agudas continúan siendo uno de los principales problemas de salud pública, a causa de consumo de agua contaminada, sin tratamiento adecuado y sin la posibilidad de obtener agua limpia para beber, cocinar y lavar, constituyen una de las causas principales de mortalidad y morbilidad en el mundo, afectan a todos los grupos de edad, pero los más afectados son los niños y los ancianos, específicamente en zonas con condiciones de pobreza. En consecuencia, los pobladores específicamente del centro poblado San Juan de Pacayzapa no se encuentran ajenos a esta problemática, las condiciones de vida a las que se encuentran expuestas son propicias para el desarrollo de estas enfermedades a causas del consumo de agua sin tratamiento.

El centro poblado San Juan de Pacayzapa en la actualidad cuenta con servicio de agua captada de la quebrada Santa Clara, construida por los mismos pobladores, una captación a base de un pequeño encauzamiento mediante piedra con arena, tubo y una canastilla que no garantiza agua apta para consumo ya que está expuesta a agentes extraños y patógenos, y que en épocas de lluvia intensa requiere de mantenimientos periódicos ya que la turbiedad aumenta y deteriora a la captación y obstruye la tubería.

Las condiciones en las que el agua llega a las viviendas tampoco son óptimas para consumo ya que en el trayecto de la captación a la vivienda no existo ningún tipo de tratamiento al agua captada, el consumo es directo de la quebrada a la vivienda, sin tampoco darle mantenimiento a la tubería.

En estas condiciones llega el agua a las viviendas para el consumo de los pobladores del centro poblado San Juan de Pacayzapa, trayendo como consecuencias las EDAs, enfermedades diarreicas agudas, ocasionadas por muy diversos organismos bacterianos, víricos y parásitos, la mayoría de los cuales se transmiten por agua contaminada.

Cuadro 1

Principales Enfermedades del centro de salud San Juan de Pacayzapa

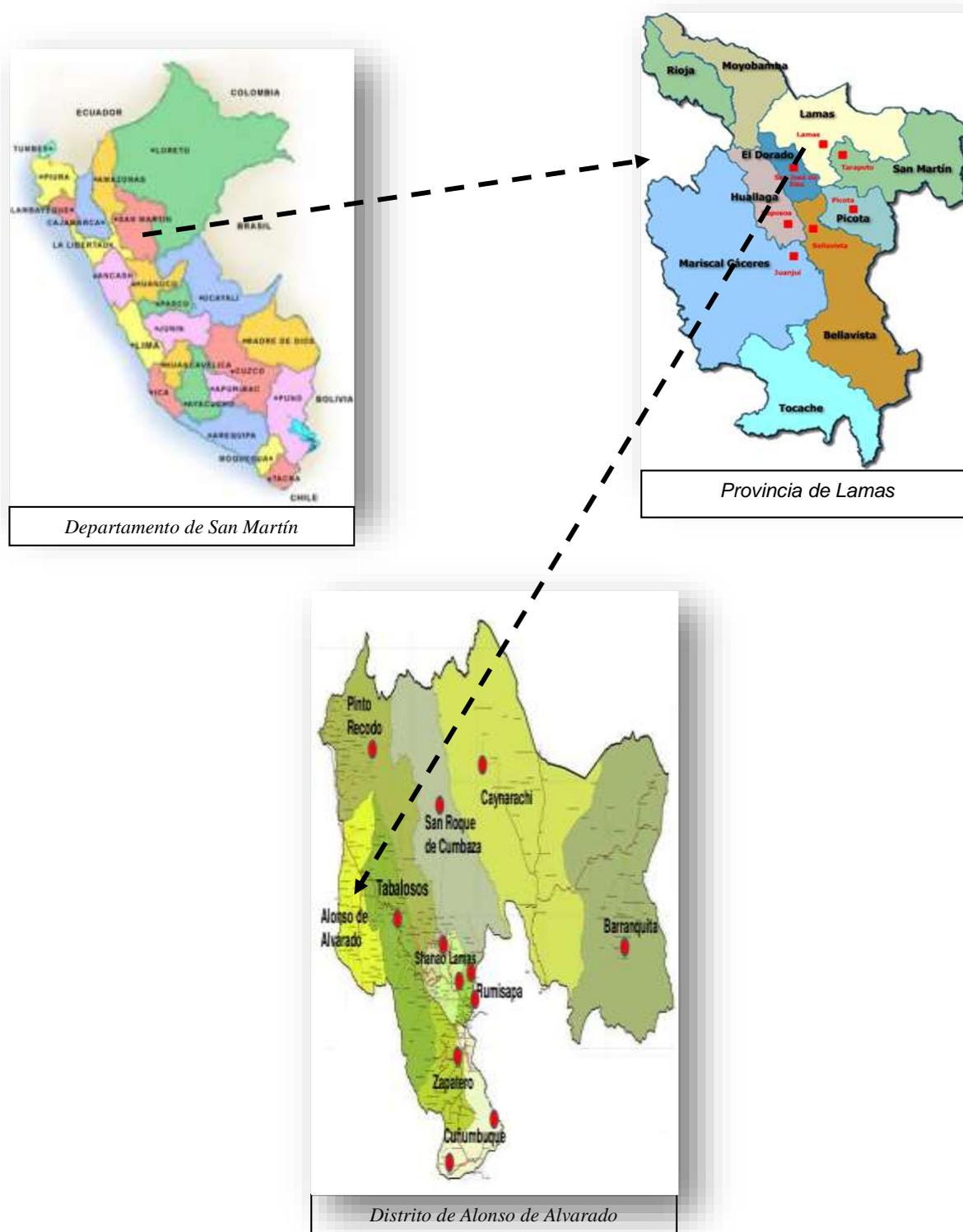
EDADES	ENFERMEDADES	CASOS/MES
Menores de 5	Parasitosis Intestinales	10-15
Menores de 5	Infección Intestinales	15-20
Menores de 5	Dermatitis	10
Adultos	Dermatitis	15
Menores de 5	Piodermatitis Atópica	10
Adultos	Piodermatitis Atópica	15
Menores de 5	Tinea Corporis	10
Adultos	Tinea Corporis	15

Fuente: Centro de Salud – San Juan de Pacayzapa

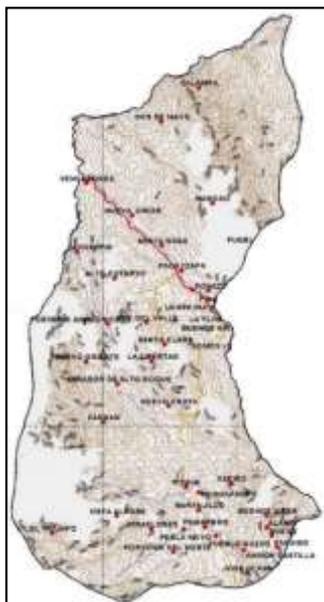
1.1.1. Ubicación Geografía de la zona de estudio

La localidad donde se ejecutará el proyecto, políticamente pertenece al Centro poblado San Juan de Pacayzapa, Distrito de Alonso de Alvarado, Provincia de Lamas y Región San Martín. El proyecto está situado en la región Nor-Oriente del Perú geográficamente se ubica 06° 16' 48" latitud sur (Hemisferio Sur) y 76° 45' 42" longitud oeste del meridiano de Greenwich.

- Departamento : San Martín
- Provincia : Lamas
- Distrito : Alonso de Alvarado
- Sector : San Juan de Pacayzapa



Mapa 1: Ubicación de la Provincia de San Martín en el Perú. (Fuente: Municipalidad Distrital Alonso de Alvarado).



San Juan de Pacayzapa

Mapa 2: Ubicación del Proyecto. (Fuente: Municipalidad Distrital Alonso de Alvarado).

1.1.2. Aspectos Generales de la zona de estudio

1.1.2.1. Altitud

La zona de estudio en cuestión cuenta con una altitud promedio de 940 msnm.

1.1.2.2. Clima, Topografía, Suelo y Sismología

1.1.2.2.1. Clima

El clima es cálido y húmedo, con presencia notoria de las estaciones del año: verano los meses de junio a octubre; e invierno durante los meses de noviembre, a mayo. La precipitación media anual es de 1000 a 1200mm, alcanzando sus valores más elevados en los meses de enero a mayo.

Según el mapa de clasificación del Perú por el SENAMHI, el promedio de humedad relativa varía entre 77% y 80% y una temperatura mínima promedio de 18.2 °C. y una temperatura máxima promedio de 28.6 °C

1.1.2.2.2. Topografía

La zona de estudio se asienta en una topografía con tendencia de terreno entre ondulado a pendientes pronunciadas. El estudio topográfico (para lo cual se utilizaron diferentes

instrumentos de precisión como estación total, nivel de ingeniero y GPS entre otros); posibilito la ubicación precisa y dimensionamiento de obras de arte hidráulicas.

1.1.2.2.3. Sismología

El centro poblado San Juan de Pacayzapa se encuentra ubicado dentro del ámbito de la zona III de sismicidad (Según el Reglamento Nacional de Edificaciones E-030-p. 398), que corresponde a la zona de sismicidad media-alta.

1.1.3. Vías de Comunicación

Las vías de acceso hacia el centro poblado de San Juan de Pacayzapa, con respecto al distrito de Tarapoto, tiene los siguientes tramos:

Ruta	Distancia	Tiempo	Tipo De Vía
Tarapoto –San Juan de Pacayzapa	100 km	90 min, en automóvil	Carretera asfaltada

1.1.4. Población beneficiaria

Al 2019 (Año base del proyecto), la población beneficiaria total del centro poblado San Juan de Pacayzapa es de 1296 habitantes.

1.1.5. Actividad Económica

las principales actividades económicas es la agricultura (Basándose en cultivos de café, cacao y maíz) y la ganadería. En menor proporción tenemos, al cultivo de frejol, yuca y plátano, para ser comercializados en los mercados locales; y la crianza de aves de corral, porcinos, etc.

Agricultura: La agricultura constituye la principal fuente de ingresos económico, para el sustento familiar. La agricultura es generalmente de autoconsumo, y participan todos los miembros de la familia. Los productos de la zona son el café, cacao, maíz, entre otros.

Ganadería: La ganadería es una actividad menor, siendo muy pocas las familias de las localidades, que se dedican a este rubro, y solo crían ganado vacuno. Así mismo, crían animales menores, como el cuy y conejos; en aves las gallinas, patos y pavos, entre otros. Los cuales son vendidos para los gastos de la época escolar o algunos gastos de imprevistos.

Comercio: Esta actividad económica es la menos implementada en las localidades, existiendo pequeñas bodegas las cuales cuentan con productos de primera necesidad.

1.1.6. Educación

Según información de MINEDU, la localidad de San Juan de Pacayzapa, cuenta con la institución educativa N° 0638 que cuenta con los niveles de inicial, primaria y secundaria

INSTITUCIONES EDUCATIVAS	Alumnos		Docentes
	Hombres	Mujeres	
I.E. Inicial San Juan de Pacayzapa	11	8	2
I.E. Primaria San Juan de Pacayzapa	70	63	7
I.E. Secundaria San Juan de Pacayzapa	58	56	7
TOTAL	139	127	16

Fuente: ESCALE/MINEDU- 2019

1.1.7. Salud

En la localidad de San Juan de Pacayzapa existe un puesto de salud de **categoría I-I**. Este puesto de salud cuenta con una obstetra como responsable de dicho establecimiento, atiende a los pacientes que llegan por diferentes casos de enfermedad, los complicados son referenciados a los hospitales de las ciudades de Tarapoto o Moyobamba. De la información proporcionada por la institución las principales causas de morbilidad registradas en dicho puesto de salud son las infecciones gastrointestinales y las infecciones respiratorias.

1.2. Trabajos previos

1.2.1. Antecedente Internacional

(Lam, J.2011), *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Captzín Chiquito, municipio de San Mateo Ixtatán, Huehuetenango potable*. (Tesis de Pregrado), Universidad de San Carlo de Guatemala. Guatemala.

El resumen es el siguiente:

El presente trabajo de graduación contiene en forma detallada el procedimiento con el cual se desarrolló el proyecto denominado: Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Captzín Chiquito, municipio de San Mateo Ixtatán, Huehuetenango.

El mismo contiene la investigación de campo realizada, la cual generó la información monográfica del lugar. Ésta muestra a su vez, un cuadro general de las condiciones físicas, económicas y sociales de la población, que registrarán todos los criterios adoptados en este estudio.

Se buscó promover la utilización racional y eficiente de los recursos disponibles y obtenibles del sector, para mejorar las condiciones de vida de la población y por consiguiente, se determinó elaborar la planificación de un sistema de agua potable por gravedad que beneficie directamente a 150 familias con un total de 825 habitantes. Dicha construcción se estima ejecución aproximadamente en 6 meses.

El proyecto consiste en un sistema de agua potable el cual consta de las siguientes unidades: una captación, siete mil ciento ochenta y dos metros lineales de línea de conducción de tubería PVC y HG de varios diámetros, una caja rompe-presión, ocho válvulas de aire y siete válvulas de limpieza. periodo.

Las conclusiones son:

- ✓ El sistema de agua potable para la aldea Captzín Chiquito, se diseñó por gravedad, aprovechando las ventajas topográficas que presenta el lugar, para una población de 850 habitantes distribuidas en 150 viviendas. Además, el sistema de distribución funcionará por medio de ramales abiertos, debido a la dispersión de las viviendas.
- ✓ El criterio para determinar la dotación dependió directamente de poder tener una vida útil adecuada para que el sistema sea viable y funcional. Además por la magnitud del proyecto se designó la dotación mínima para optimizar y reducir los costos.
- ✓ Por otra parte, los beneficiarios del proyecto formulado podrán solucionar y mejorar la situación actual en que viven, al ejecutar el sistema con los componentes adecuados para conducir, almacenar, desinfectar y distribuir el vital líquido. Antecedentes Nacionales.

(Espejo, A.2013), *Estudios y diseños del sistema de agua potable del barrio San Vicente, parroquia Nambacola, cantón Gonzanamá. (Tesis de Pregrado), Universidad Técnica particular de Loja. Ecuador.*

En su tesis nos indica que: El presente estudio se constituye la herramienta fundamental para la ejecución o construcción, será posible implementar un sistema de abastecimiento para la comunidad de San Vicente, que cumpla las condiciones de cantidad y calidad y de esta manera garantizar la demanda en los puntos de abastecimiento y la salud para los moradores de este sector. Para tratar la potabilización del agua del barrio San Vicente, se diseñó la planta de tratamiento; que consta de: dos filtros lentos, unidad de cloración y tanque de reserva con capacidad de 15 m³. Cabe destacar que de acuerdo con la normativa ecuatoriana se debería diseñar un filtro lento descendente según la población que tenemos, pero se han colocado dos unidades por cuestiones de mantenimiento

1.2.2. Antecedentes Nacionales

(Meza, J.2010), *Diseño de un sistema de agua potable para la comunidad nativa de Tsoroja, analizando la incidencia de costos siendo una comunidad de difícil acceso.* (Tesis de Pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima-Perú.

El resumen es el siguiente:

El presente trabajo de tesis consiste en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad para la Comunidad Nativa de Tsoroja, perteneciente al distrito de Río Tambo, Provincia de Satipo, Departamento de Junín. Localidad que no cuenta con acceso terrestre ni fluvial. Lo que implica un incremento en los costos de transporte al lugar de la obra, de materiales de construcción y personal, por el alquiler de helicópteros como medio de transporte aéreo. Hecho que hace necesario el análisis de alternativas de solución contemplando la minimización de costos, considerando el factor transporte como crítico dentro del presupuesto. En primera instancia se diseñó el sistema de abastecimiento de agua potable, considerando toda estructura de concreto armado, al que se denominó, Sistema Convencional. Se observó que era posible optimizar el uso de materiales de construcción utilizando estructuras de materiales alternativos, por lo que se elaboró un nuevo diseño del sistema de abastecimiento al que se denominó, Sistema Optimizado.

Las conclusiones son:

- ✓ El presente trabajo de tesis presenta el diseño de un sistema de abastecimiento de agua para consumo humano en una comunidad rural de la selva del Perú, que se encuentra aislada geográficamente debido a la falta de vías de transporte adecuado.
- ✓ El diseño cumple con los requisitos que señala la norma técnica peruana así como toma en cuenta recomendaciones contenidas en guías para el saneamiento en poblaciones rurales. En base al análisis de costos de dos alternativas de diseño, “sistema convencional” y “sistema optimizado”, se puede concluir que la condición de difícil acceso geográfico en la que se encuentran comunidades nativas en la selva del Perú incide más que duplicando el costo de los sistemas de agua potable.
- ✓ El diseño hidráulico y el análisis de costos aportan a la evaluación de la factibilidad técnico-económica de sistemas de agua potable en el ámbito rural y al objetivo de reducir la brecha en infraestructura en el país.
- ✓ Es recomendable la ejecución de obra entre los meses de abril a noviembre, época en la cual la frecuencia de lluvias es menor. Así mismo es pertinente indicar que el avance

físico estará de acuerdo a la disponibilidad de la mano de obra, factores climatológicos y remesas oportunas de dinero para la adquisición de los materiales.

(Lossio, M.2012), *Sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro poblados rurales del distrito de Lancones.* (Tesis de Pregrado), Universidad de Piura. Piura-Perú.

El resumen es el siguiente:

El propósito del presente trabajo de tesis es contribuir técnicamente, proponiendo criterios de diseño para sistemas de abastecimiento de agua similares en zonas rurales de nuestro ámbito regional, teniendo en cuenta las normas nacionales y la experiencia de diseño, construcción, evaluación y transferencia de sistemas rurales de abastecimiento de agua que en los últimos años ha desarrollado la Universidad de Piura. Se ha utilizado la tecnología solar fotovoltaica como una buena alternativa de aplicación en estas zonas de características tan particulares donde la energía solar ofrece mayores ventajas frente al uso de otros tipos de energía.

También se ha realizado una evaluación de la sostenibilidad económica del proyecto y del impacto ambiental con las respectivas medidas de mitigación. Además, se ha resaltado la importancia de la participación comunitaria en la gestión, administración, operación y mantenimiento del servicio de agua, no sólo para garantizar la viabilidad y sostenibilidad del proyecto, sino también, porque queda sentada una base sólida de organización para que en el futuro la población pueda gestionar nuevos proyectos que impulsen el desarrollo de su comunidad.

Las conclusiones son:

- ✓ Formulando programas de obras en zonas rurales y construyendo obras adecuadas a los entornos del medio rural, económicos, sencillos y prácticos de operar y conservar, en las cuales se aplique en su mayor parte la tecnología rural, se puede asegurar que el nivel en el suministro de agua potable a las comunidades rurales será el que en justicia les corresponde.
- ✓ En la fase de operación y mantenimiento, el proyecto genera efectos positivos en la salud de la población, pues la población contará con agua potable de calidad que le permitirá realizar todas sus actividades en forma normal y sin ningún riesgo de contraer enfermedades.

- ✓ La cobertura final y funcionamiento adecuado de las obras realizadas en condiciones estables, así como el monitoreo del área, permitirá visualizar las obras y proceder a algún ajuste si se diera el caso.

(Doroteo, F.2012), *Diseño del sistema de agua potable, conexiones domiciliarias y alcantarillado del asentamiento humano “Los Pollitos” – Ica, usando los programas Watercad y Sewercad.* (Tesis de Pregrado), Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Perú.

En su tesis nos indica que: De acuerdo con la Norma OS.050 la presión estática en cualquier punto de la red no deberá ser mayor de 50 m H₂O; por lo tanto, al revisar la presión máxima que posee el sistema (ver Tabla 11) se concluye que el diseño cumple la normativa vigente al presentar una presión máxima de 24.90 m H₂O. De acuerdo con la Norma OS.050, en condiciones de demanda máxima horaria, la mínima presión no será menor de 10 m H₂O; por lo tanto, al revisar la presión mínima que posee el sistema (ver Tabla 13) se concluye que el diseño cumple la normativa vigente al presentar una presión mínima de 17.10 m H₂O. De acuerdo con la Norma OS.050 la velocidad máxima en la red de agua potable deberá ser de 3 m/s; por lo tanto, al revisar los valores obtenidos (Tabla 14) se concluye que el diseño cumple con la normativa vigente dado que la velocidad máxima es de 3.17 m/s lo que indica que la diferencia entre lo estipulado por la norma y el valor obtenido es mínima y se acepta como velocidad máxima.

1.2.3. Antecedentes Locales

(Reyna, C. 2003). *Abastecimiento de agua potable del distrito de Barranquita.* (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto-Perú.

El resumen es el siguiente:

Surge ante la necesidad de solucionar uno de los principales problemas que influye directamente en la salud de la población de barranquita. El presente trabajo plantea captar el agua de la única fuente capaz de abastecer por gravedad, siendo este la quebrada del Negroyacu; llevarlo a la planta de tratamiento que está constituido por una caja de distribución de caudales, cuatro sedimentadores, cuatro filtros lentos, una caja de recolección de agua filtrada y reservorio circular de 250m³. A través de las válvulas compuertas se

regulara la alimentación en las redes de distribución para finalmente dotarles de instalaciones domiciliarias a todos los beneficiarios.

Las conclusiones son:

Para el diseño hidráulico de los componentes del sistema se ha tomado como referencia la guía para diseño de plantas de filtración lenta para medio rural de OMS, OPS. El diseño estructural de los componentes se desarrolló basándose en las Tablas de "Portland Cement Association (PCA) y diseño de concreto armado vigente en el Reglamento Nacional de Construcciones. Para el diseño hidráulico de la red de agua, se ha utilizado el programa de computo LOOP, el cual está basado en el método de cálculo de Hardy Cross y la fórmula de Haz en Williams.

(Arce, P y Saavedra, V.2011). *Diseño del sistema de agua potable y alcantarillado de la comunidad de Nuevo Celendín, distrito de zapatero provincia de lamas.* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto-Perú.

El resumen es el siguiente:

Surgió ante la necesidad de la población de la localidad de nuevo Celendín de solucionar los múltiples problemas originados por la carencia de estos servicios de saneamiento básico que generaba la proliferación de distintas enfermedades infectocontagiosas en la población. El diseño del sistema de agua potable y alcantarillado de la comunidad de nuevo Celendín se desarrolló siguiendo los procedimientos establecidos y aceptados de los diseños hidráulicos y estructurales establecidos en el reglamento nacional de edificaciones vigente y complementándose con el conocimiento obtenido en las aulas de clase.

Las conclusiones son:

- ✓ Para elaborar un proyecto de alcantarillado sanitario y agua potable es necesario tener bastante claro los conceptos de saneamiento básico, desde el punto de vista de implementar los servicios de una adecuada disposición de excretas.
- ✓ Es importante hacer un análisis detallado y minucioso del crecimiento histórico de la población en estudio, estudiar sus características y el comportamiento de la curva para la aplicación de un método adecuado de proyección de la población de diseño, el cual es factor importante para el diseño de agua potable y alcantarillado sanitario eficiente y responsable que garantice su funcionalidad.

1.3. Teoría relacionada al tema

1.3.1. Requisitos de calidad del agua para consumo humano

1.3.1.1. Agua apta para el consumo humano

El agua potable es el agua de superficie tratada y el agua no tratada, pero sin contaminación que proviene de manantiales naturales, pozos y otras fuentes. Sin agua potable, la gente no puede llevar una vida sana y productiva. Abundar en el tema de la calidad del agua se torna todavía más complejo, si entendemos que diariamente alrededor de cinco mil personas mueren en el planeta a causa de una enfermedad de origen hídrico y que, de éstas, el 90 por ciento son niños. como la Tifoidea, Paratifoidea, disenteria, gastroenteritis, la Bilharziasis y el Cólera. **(Rodríguez, 2001, p.2).**

1.3.1.2. Calidad del agua.

El estudio de la calidad del agua se funda en la investigación de las características fisicoquímicas de la fuente ya sea subterránea, superficial o de precipitación pluvial. Para verificar si el agua es o no apta para el consumo humano, debe satisfacer determinados requisitos de potabilidad, denominadas normas de calidad del agua, esto en virtud de que en la actualidad ya no es tan fácil disponer de una fuente de aprovechamiento de agua, apropiada para dotar a una población de dicho liquido potable, pues en los últimos años debido al crecimiento de las ciudades, de las industrias, etc. las cuales vierten sus aguas residuales sin tratamiento a las corrientes naturales, tales como ríos, lagos y lagunas las han llevado a contaminar en gran medida que ya no es posible su aprovechamiento. Recordemos que la contaminación es una Bomba de “tiempo retardado”. El hombre se preocupa solo por la cantidad del agua, y no por su calidad, pero pasado los años cuando se presente el problema de la contaminación, obliga al hombre a preocuparse también por la calidad y es esta la etapa actual que requiere una atención urgente para evitar “la crisis del agua”. Para conocer las características del agua es necesario hacer una serie de análisis y ensayos de laboratorio. Se dice que un agua es Potable Aquélla que es apta para el consumo humano y que cumpla con los requisitos físicos, químicos y microbiológicos establecidos en la norma. **(Rodríguez, 2001, p.12).**

1.3.1.3. Análisis Físicos, Químicos y Bacteriológicos.

ANÁLISIS FÍSICOS: Estos análisis consisten en determinar la turbiedad, color, olor, sabor y temperatura. La turbiedad se refiere a la materia orgánica en suspensión: arcillas, barros,

materia orgánica y otros organismos microscópicos, etc. Sanitariamente es inocua si es debida a arcilla o a otras sustancias minerales, pero es peligrosa si la turbiedad proviene de aguas calcáreas o residuos industriales. El color proviene generalmente de la descomposición de materia vegetal o de las sales de hierro. No debe exceder del grado 20 de la escala normal de cobalto, pero es preferible se mantenga por debajo de 10. El olor y el sabor son dos sensaciones que tienen una relación íntima y van casi siempre unidos; sin embargo, a veces puede haber sabor en el agua sin que se aprecie olor alguno. No existe forma de medir el olor y el sabor, por lo tanto, en los análisis solo se indica si este es aromático, rancio, etc.

ANÁLISIS QUÍMICO: El análisis químico tiene dos objetivos:

Averiguar la composición mineral del agua y su posibilidad de empleo para la bebida, los usos domésticos o industriales.

Averiguar los indicios sobre la contaminación por el contenido de cuerpos incompatibles con su origen geológico

ANÁLISIS MICROSCÓPICO. Este análisis explica la presencia de olores y sabores inconvenientes, la presencia de aguas negras y la presencia de un exceso de desechos tóxicos. La mayor utilidad de los análisis microscópicos es encontrar las algas que producen el olor y el sabor.

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS: Las bacterias son seres microscópicos de vida unicelular. Existen en diferentes lugares, pero por lo general cada tipo en su ambiente natural y su presencia en otro medio es meramente accidental. El examen se hace para determinar el número de bacterias que pueden desarrollarse bajo condiciones comunes, así como detectar la presencia de bacterias del grupo intestinal, que, en caso afirmativo, constituye un índice de que la contaminación es de origen fecal. El agua potable está libre de gérmenes patógenos de la contaminación fecal humana: Se considera que un agua está libre de gérmenes patógenos, cuando la investigación bacteriológica da como resultado final: a) Menos de 20 organismos del grupo Coli y Coliformes por litro de muestra, definiéndose como organismos de los grupos Coli y Coliforme todos los bacilos esporógenos, gram negativo que fomentan el caldo lactosado con formación de gas. b) Menos de 200 colonias bacterianas por c.c. de muestra en placa de agar incubada a 37 ° C por 24 hrs. c) Ausencia de colonias bacterianas licuantes de la gelatina, cromógenas o fétidas en la siembra de un

centímetro cúbico de muestra en gelatina incubada a 20 ° C por 48 hrs. (Rodríguez, 2001, p.13).

Tabla 1

Estándares de calidad de aguas superficiales destinadas a producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FISICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₈ - C ₂₀)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(e)	1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodoclorometano	mg/L	0,06	**	**
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
I. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
II. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

Fuente: DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM

1.3.2. Parámetros de diseño

1.3.2.1. Periodo de diseño

“Un sistema de abastecimiento de agua se proyecta de modo de atender las necesidades de una comunidad durante un determinado periodo. En la fijación del tiempo para el cual se considera funcional el sistema, intervienen una serie de variables que deben ser evaluadas para lograr un proyecto económicamente aconsejable. Por tanto, el periodo de diseño puede definirse como el tiempo para el cual el sistema es eficiente 100 por 100, ya sea por capacidad en la conducción del gasto deseado, o por la resistencia física de las instalaciones” (Arocha, 1977, p.24).

“Para determinar el periodo de diseño se consideran factores como: durabilidad o vida útil de las instalaciones, factibilidad de construcción y posibilidades de ampliación o sustitución, tendencias de crecimiento de la población y posibilidades de financiamiento” (Agüero, 1997, p.19).

Tabla 2

Periodo de diseño de infraestructura sanitaria

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

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

1.3.2.2. Población Futura

“La predicción de crecimiento de la población deberá estar perfectamente justificada de acuerdo a las características de la ciudad, sus factores socio-económicos y su tendencia de desarrollo” (Vierendel, 2009, p.9).

Método Aritmético: Este método se emplea cuando la población se encuentra en franco crecimiento.

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

P_i : Poblacion Inicial

P_d : Poblacion Futura o de diseño

r : Tasa de crecimiento anual (%)

t : Periodo de diseño (años)

- ❖ Método Geométrico: La población crece en forma semejante a un capital puesto en interés compuesto. Este método se emplea cuando está en su iniciación o periodo de saturación más no cuando está en el periodo de franco crecimiento.

$$P_d = P_i * r^{(t-t_0)} \dots \dots \dots (2)$$

$$r = \sqrt[t_{i+1}-t_i]{\frac{P_{i+1}}{P_i}}$$

P_i : Poblacion Inicial

P_d : Poblacion Futura o de diseño

r : Factor de cambio de la poblaciones

t : Tiempo en que se calcula la poblacion

t_0 : Tiempo final

Es importante indicar:

La tasa de crecimiento anual debe corresponder a los períodos intercensales, de la localidad específica.

En caso de no existir, se debe adoptar la tasa de otra población con características similares, o en su defecto, la tasa de crecimiento distrital rural.

En caso, la tasa de crecimiento anual presente un valor negativo, se debe adoptar una población de diseño, similar a la actual ($r = 0$), caso contrario, se debe solicitar opinión al INEI. (**Norma Técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural, 2018, p.31**).

1.3.2.3. Dotación

La dotación es la cantidad de agua que satisface las necesidades diarias de consumo de cada integrante de una vivienda, las dotaciones de agua según la opción tecnológica para la disposición sanitaria de excretas y la región en la cual se implemente son:

Tabla 3

Dotación de agua para consumo humano

REGIÓN	DOTACIÓN SEGÚN TIPO DE OPCION TECNOLÓGICA (l/hab.d)	
	SIN ARRASTRE HIDRÁULICO (COMPOSTERA Y HOYO SECO VENTILADO)	CON ARRASTRE HIDRÁULICO (TANQUE SÉPTICO MEJORADO)
COSTA	60	90
SIERRA	50	80
SELVA	70	100

Fuente: Norma Técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural

Tabla 4

Dotación de agua para centros educativos

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

Fuente: Norma Técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural

1.3.2.4. Variaciones de consumo

“Para suministrar eficientemente agua a la comunidad, es necesario que cada una de las partes que constituyen el sistema satisfaga las necesidades reales de la población; diseñando cada estructura de tal forma que las cifras de consumo y variaciones de las mismas no desarticulen todo el sistema, sino que permitan un servicio de agua eficiente y continuo” (Agüero, 1997, p.24).

1.3.2.4.1. Consumo Promedio Diario Anual (Qp.)

“El consumo promedio diario anual, se define como el resultado de una estimación del consumo per cápita para la población futura del periodo de diseño, expresada en litros por segundo (l/s) y se determina mediante la siguiente relación” (Agüero, 1997, p.24):

$$Q_p = \frac{P_f * Dotación(d)}{86400 (s/día)} \dots \dots \dots (3)$$

donde:

Q_p : Consumo Promedio Diario (l/s)

P_f : Poblacion Futura o de diseño (hab)

d : Dotación (l/hab/día)

1.3.2.4.2. Consumo Máximo Diario (Q m.d.) y Consumo Máximo Horario (Qm.h.)

“El consumo máximo diario se define como el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año; mientras que el consumo máximo horario, se define como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo” (Agüero, 1997, p.24).

Los gastos máximo diario y máximo horario se obtienen a partir del gasto medio

$$Q_{md} = Q_p * k_1 \dots \dots \dots (4)$$

$$Q_{mh} = Q_p * k_2 \dots \dots \dots (5)$$

donde:

k_1 : Coeficiente de variación diaria

k_2 : Coeficiente de variación horaria

Según el RNE en los abastecimientos por conexiones domiciliarias, los coeficientes de las variaciones de consumo, referidas al promedio diario anual de la demanda, deberán ser fijados en base al análisis de información estadística comprobada. De lo contrario se podrán considerar los siguientes coeficientes, indicados en el Tabla 5:

Tabla 5

Coeficiente de Variación de Consumo Según RNE – Habilitaciones Urbanas

Item	Coeficiente	Valor
1	Coeficiente Máximo Anual de la Demanda Diaria (K1)	1.3
2	Coeficiente Máximo Anual de la Demanda Horaria (K2)	1.8 a 2.5

Fuente: Guía de orientación para elaboración de expedientes técnicos de proyectos de saneamiento.

1.3.3. Opciones tecnológicas en abastecimiento de agua

Las opciones tecnológicas son las diferentes soluciones de ingeniería que se ajustan a las características físicas, económicas y sociales de las poblaciones. Permiten seleccionar la

manera óptima de dotar servicios de calidad de agua potable y saneamiento a un costo compatible con la realidad local. Las opciones tecnológicas para abastecimiento de agua están condicionadas por el rendimiento y la ubicación de las fuentes, por el tamaño y dispersión de la población, por su ubicación geográfica, condiciones climáticas, etc. Estas condiciones determinarán que la opción tecnológica sea "convencional " o "no convencional".

Para las poblaciones rurales, en la mayoría de los casos es posible utilizar sistemas de tecnología simple, que no demandan personal calificado o altos costos operativos. En su mayoría se constituyen de captaciones directas de las fuentes de abastecimiento; en algunos casos será necesario implantar una planta de tratamiento de agua, generalmente por proceso de filtración directa.

Tabla 6

Factores que considerar en la selección de opciones tecnológicas

Tipo de población	Concentrada
	Dispersa
Características locales	Clima
	Topografía
	Accesibilidad
Fuentes de abastecimiento disponibles	Subterránea
	Superficial
	Protección de la fuente
Caudal disponible	Cantidad
	Permanente
	Variable
Conducción del agua	Por gravedad
	Por bombeo
Calidad de la fuente / tratamiento requerido	Desinfección
	Tratamiento simplificado/desinfección
	Tratamiento químico/ desinfección
Mantenimiento requerido	Simple
	Intermedio
	Complejo
Niveles de pobreza	Muy pobre
	Pobre
	Regular
Capacidades locales	Muy baja
	Regular
	Buena

Los tipos de fuentes de abastecimiento de agua disponibles varían según la ubicación geográfica. Asimismo, la dotación de agua para el dimensionamiento de la infraestructura básica varía según la ubicación geográfica de la comunidad (costa, sierra o selva). **(Orientaciones sobre agua y saneamiento para zonas rurales, 2008, p.17).**

1.3.3.1. Sistemas convencionales de abastecimiento de agua

Son sistemas que son diseñados y construidos a partir de criterios de ingeniería claramente definidos y tradicionalmente aceptados, con un resultado preciso para el nivel de servicio establecido por el proyecto, ya sea a nivel de vivienda mediante conexiones domiciliarias o a nivel comunitario con piletas públicas. Los sistemas convencionales están conformados por una combinación de unidades, de acuerdo con las características de la fuente de abastecimiento y de la población que se va a abastecer. Las unidades son:

Captación.

Línea de conducción o impulsión.

Estación de bombeo de agua.

Planta de tratamiento de agua.

Reservorio.

Línea de aducción.

Red de distribución.

Conexiones domiciliarias y/o piletas públicas.

La estación de bombeo de agua y planta de tratamiento de agua se tendrán según el requerimiento. Para zonas rurales, es usual denominar los “sistemas por gravedad”, cuando la fuente de agua se encuentra a más altitud que los usuarios; y “sistemas por bombeo”, cuando la fuente se encuentra más abajo y se requiere el uso de bombas para entregar el agua a los usuarios. (**Orientaciones sobre agua y saneamiento para zonas rurales, 2008, p.19**).

a) Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento

Son sistemas donde la fuente de abastecimiento de agua es de buena calidad y no requiere tratamiento complementario previo a su distribución; adicionalmente, no requieren ningún tipo de bombeo para que el agua llegue hasta los usuarios. Las fuentes de abastecimiento son aguas subterráneas o subálveas. Las primeras afloran a la superficie como manantiales y la segunda es captada a través de galerías filtrantes.

La captación, de manantiales puede ser de ladera o de fondo, y para galerías filtrantes por drenes sub superficiales. En estos sistemas, la desinfección no es muy exigente, ya que el agua que ha sido filtrada en los estratos porosos del subsuelo presenta buena calidad

bacteriológica. Los sistemas por gravedad sin tratamiento tienen una operación bastante simple, sin embargo, requieren un mantenimiento mínimo para garantizar el buen funcionamiento. Las ventajas de los sistemas de gravedad sin tratamiento son:

Las ventajas de los sistemas de gravedad sin tratamiento son:

Bajo costo de inversión, operación y mantenimiento.

Requerimientos de operación y mantenimiento reducidos.

No requiere operador especializado.

Baja o nula contaminación.



Figura 1: Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento

b) Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento

Cuando las fuentes de abastecimiento son aguas superficiales captadas en canales, acequias, ríos, etc., requieren ser clarificadas y desinfectadas antes de su distribución. Cuando no hay necesidad de bombear el agua, los sistemas se denominan “por gravedad con tratamiento”. Las plantas de tratamiento de agua deben ser diseñadas en función de la calidad física, química y bacteriológica del agua cruda.

Estos sistemas tienen una operación más compleja que los sistemas sin tratamiento, y requieren mantenimiento periódico para garantizar la buena calidad del agua. Al instalar sistemas con tratamiento, es necesario crear las capacidades locales para operación y mantenimiento, garantizando el resultado esperado.

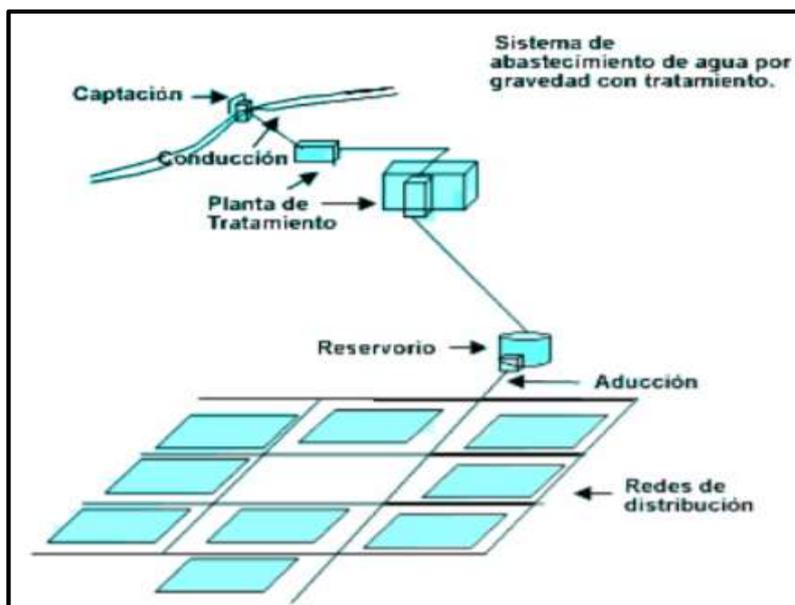


Figura 2: Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento

1.3.4. Fuentes de Abastecimiento

“A fin de definir la o las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, se deberán realizar los estudios que aseguren la calidad y cantidad que requiere el sistema, entre los que incluyan: identificación de fuentes alternativas, ubicación geográfica, topografía, rendimientos mínimos, variaciones anuales, análisis físico químicos, vulnerabilidad y microbiológicos y otros estudios que sean necesarios.

La fuente de abastecimiento a utilizarse en forma directa o con obras de regulación, deberá asegurar el caudal máximo diario para el período de diseño.” (R.N.E., 2017, p. 134).

“Para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, es importante seleccionar una fuente adecuada o una combinación de fuentes para abastecer de agua en cantidad suficiente a la población. De acuerdo a la forma de abastecimiento se consideran tres tipos principales de fuente: aguas de lluvia, aguas superficiales y aguas subterráneas.” (Agüero, 1997, p.27).

1.3.4.1. Tipos de Fuentes de Agua

1.3.4.1.1. Agua de Lluvia

“La captación de agua de lluvia se emplea en aquellos casos en los que no es posible obtener aguas superficiales y subterráneas de buena calidad y cuando el régimen de lluvias sea

importante. Para ello se utilizan los techos de las casas o algunas superficies impermeables para captar el agua y conducirla a sistemas cuya capacidad depende del gasto requerido y del régimen pluviométrico. En el Figura 4, se muestra la captación del agua de lluvia mediante el techo de una vivienda.” (Agüero, 1997, p.27).

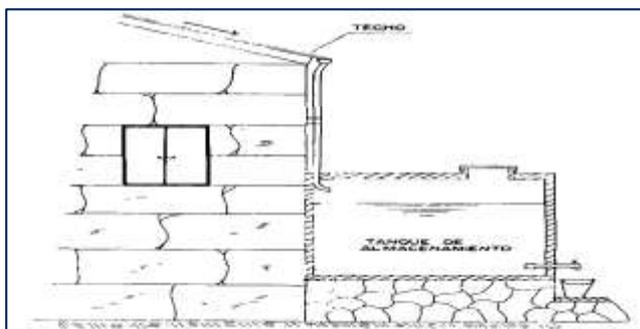


Figura 3: Captacion de agua de Lluvia. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

1.3.4.1.2. Aguas Superficiales

“Las aguas superficiales están constituidas por los arroyos, ríos, lagos, etc. que discurren naturalmente en la superficie terrestre. Estas fuentes no son tan deseables, especialmente si existen zonas habitadas o de pastoreo animal aguas arriba. Sin embargo a veces no existe otra fuente alterativa en la comunidad, siendo necesario para su utilización, contar con información detallada y completa que permita visualizar su estado sanitario, caudales disponibles y calidad de agua (ver Figura 5).” (Agüero, 1997, p.28).

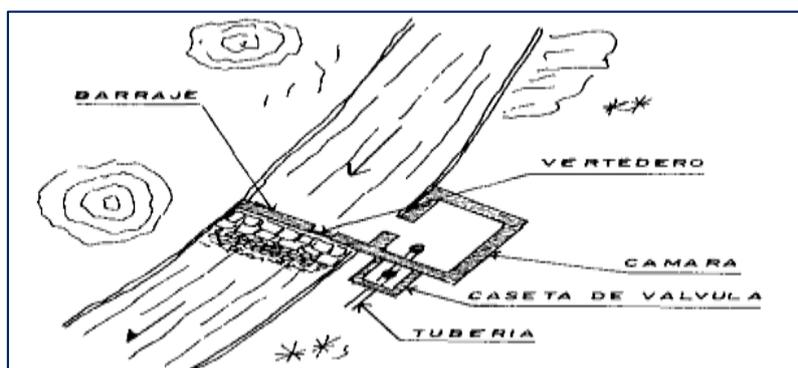


Figura 4: Captación de agua Superficial. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

1.3.4.1.3. Aguas Subterráneas

“Parte de la precipitación en la cuenca se infiltra en el suelo hasta la zona de saturación, formando así las aguas subterráneas. La explotación de éstas dependerá de las características hidrológicas y de la formación geológica del acuífero.

La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos (excavados y tubulares). En la Figura 6, se observa una de las muchas formas de aprovechamiento del agua subterránea con fines de consumo humano.” (Agüero, 1997, p.28).

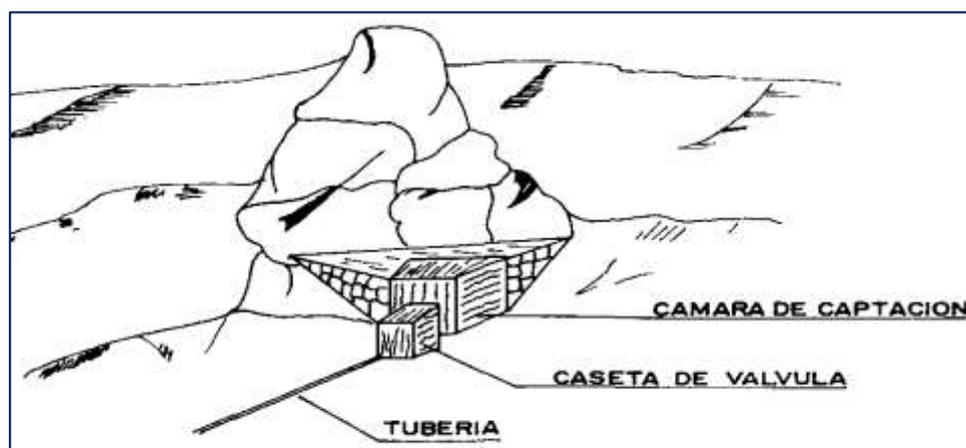


Figura 5: Captación de agua Subterráneas. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

1.3.4.2. Captación

Consiste en una estructura colocada directamente en la fuente, a fin de captar el gasto deseado y conducirlo a la línea de aducción.

“El diseño de las obras deberá garantizar como mínimo la captación del caudal máximo diario necesario protegiendo a la fuente de la contaminación. Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones generales:” (R.N.E, 2017, p. 134).

1.3.4.2.1. Aguas Superficiales

a) “Las obras de toma que se ejecuten en los cursos de aguas superficiales, en lo posible no deberán modificar el flujo normal de la fuente, deben ubicarse en zonas que no causen erosión o sedimentación y deberán estar por debajo de los niveles mínimos de agua en periodos de estiaje.

b) Toda toma debe disponer de los elementos necesarios para impedir el paso de sólidos y facilitar su remoción, así como de un sistema de regulación y control. El exceso de captación deberá retornar al curso original.

c) La toma deberá ubicarse de tal manera que las variaciones de nivel no alteren el funcionamiento normal de la captación.”(R.N.E., 2017, p. 134).

1.3.3.2.1.1. Barraje Fijo sin Canal de Derivación

“Las bocatomas de barraje fijo son aquellas que tienen una presa sólida, para elevar el tirante frente a las compuertas de captación, tanto en épocas de avenida y en estiaje.

Esta alternativa es posible cuando el régimen del río es uniforme y la capacidad de captación de la toma es menor que la descarga promedio del río, por lo que no es necesario ninguna regulación, ya que el exceso de agua pasará encima de la presa.” (Guía de Opciones Tecnológicas de Sistemas de Saneamiento para el Ámbito Rural, 2018, p. 03).

Ancho del encauzamiento

Caudal de diseño:

Q : Caudal (m³/s)

Br : Ancho de la quebrada (m)

S : Pendiente de la quebrada (m/m)

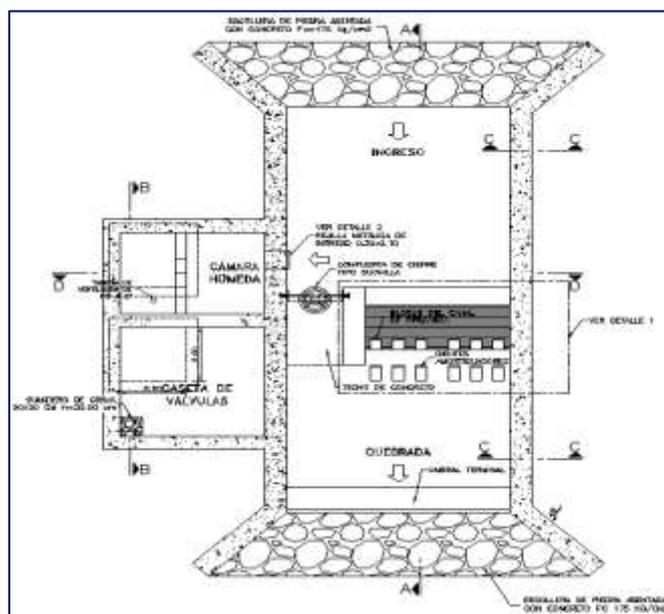


Figura 6: Barraje fijo sin canal de derivación. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

Componentes Principales

Los componentes principales para el diseño del canal de derivación son:

Canal, el dimensionamiento se debe realizar con la fórmula de diseño de canales. De forma general, se puede expresar como:

$$A_c = \frac{Q_{md}}{V}$$

Donde:

A_c : Área efectiva del flujo del agua en m²

Q_{md} : Caudal máximo diario en l/s

V : Velocidad de flujo en m/s (no debe ser < 0,6 m/s)

Boca de toma, consiste en una estructura acoplada al canal de derivación, donde se encuentran empotradas las rejas que permiten el paso del agua y retienen los sólidos flotantes, debe de cumplirse lo siguiente:

La sección efectiva se determina en función del caudal máximo diario (Q_{md}), el diseño de la reja de protección y a los niveles de fluctuación del curso de agua.

La boca toma debe estar sumergida para captar al menos el caudal máximo horario (Q_{mh}) para el nivel mínimo del curso o cuerpo de agua.

La regulación de entrada se realiza a través de una compuerta, preferentemente del tipo plana deslizante vertical.

Para el dimensionamiento de las rejas debe remitirse al “cálculo de la boca de toma”. Se recomienda la instalación de por lo mínimo dos rejas con diferente espaciamiento entre barras. La distancia mínima entre rejas debe ser de 0,8 m, previéndose una cámara o canal de limpieza entre rejas.

La primera reja, que se encuentra en contacto directo con el río, debe ser gruesa (espacio entre barras de 7,5 cm a 15 cm) o mediana (espacio entre barras de 2 cm a 4 cm), y preferentemente debe orientarse en sentido paralelo al flujo del río para favorecer la auto limpieza.

La segunda reja debe tener una malla fina de diámetro libre de orificio de 3 mm a 5mm, y debe orientarse con una inclinación de 70° a 80° en relación con la horizontal

Obras de encauzamiento y protección, dependiendo de las características morfológicas del lugar de toma, deben construirse muros de protección y/o encauzamiento.

Es recomendable la construcción de un enrocado con concreto ciclópeo de las paredes del cauce, en una longitud mínima de 1,0 m y una altura mínima de 0,30 m, para evitar el desmoronamiento del terreno y dar protección a la toma. También la colocación de rocas sobre el lecho del cauce aguas arriba de la captación, con la finalidad de reducir la velocidad del flujo y elevar el tirante de agua en el área de captación.

Para la comprobación hidráulica se aplica la fórmula de Manning-Strickler:

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

Donde:

Rh : Radio hidráulico (m), es la relación entre área de escurrimiento y el perímetro mojado

i : Pendiente del canal en el tramo en m/m

n : Coeficiente de rugosidad de Manning

Tabla 7

Coefficientes de rugosidad de Manning

MATERIAL	n
Concreto	0,015
Ladrillo	0,015
Mampostería de piedra	0,020
Tierra	0,025 - 0,040

Fuente: RM-192-2018 - VIVIENDA, página 45.

La velocidad mínima debe ser de 0,60 m/s. Las velocidades máximas según el tipo de material se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 8

Velocidades máximas admisibles

MATERIAL	v (m/s)
Concreto de:	
140 kg/cm ²	2,0
210 kg/cm ²	3,3
250 kg/cm ²	4,0
280 kg/cm ²	4,3
315 kg/cm ²	5,0
Ladrillo	2 - 3
Mampostería de piedra	3 - 5
Tierra	< 1

Fuente: RM-192-2018 - VIVIENDA, página 45

Tirante de la Quebrada

Tirante Normal del Rio

n : 0.04 Material considerado

Br : Ancho del Rio (m)

Qrio : Caudal que transporta el Rio (m³/s)

S rio : Pendiente del Rio (m/m)

g : 9.81 m/s²

$$Q_R = \frac{A^{\frac{5}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n \cdot P^{\frac{2}{3}}} = \frac{(B_r \cdot Y_{nr})^{5/3} \cdot S^{1/2}}{n(2Y_{nr} + B)^{2/3}}$$



Figura 7: Tirante de la Quebrada. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

Debe calcularse el valor de Ynr por tanteo o por software “Hcanales”

También tirante crítico Yc

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Qr^2}{g \cdot Br^2}}$$

- Cálculo de velocidad media del Rio

$$V_r = \frac{Qr}{A_r}$$

$$A_r = y_{nr} \cdot B_r$$

- Cálculo de Diseño de la Cresta Creager

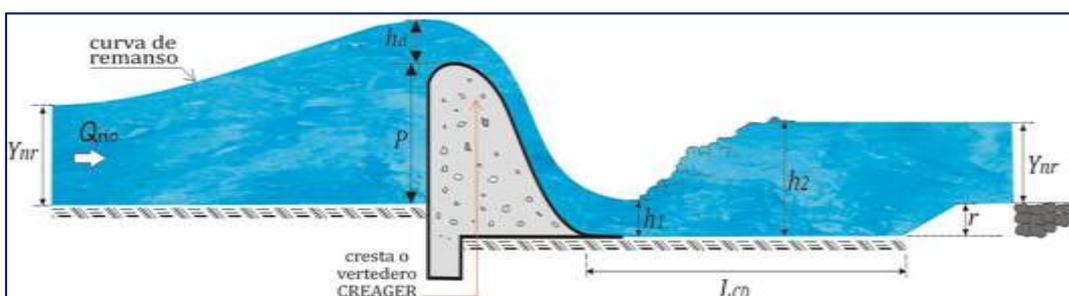


Figura 8: Cálculo de diseño de la Cresta Creager. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.).

Carga sobre el barraje

$$Q = \frac{2}{3} (u \cdot b \cdot \sqrt{2g}) \left[\left(h_d + \frac{v^2}{2g} \right)^{3/2} - \left(\frac{v^2}{2g} \right)^{3/2} d_2 \right]$$

Donde:

U : Coeficiente según forma de la cresta (u = 0.75)

b : Ancho del encausamiento (m)

v : Velocidad de acercamiento del Rio (m/s)

g : Gravedad (g = 9.81 m/s²)

hd : Altura de carga hidráulica o tirante de agua sobre la cresta del vertedero

Cálculo de la velocidad de agua sobre la cresta del azud

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

$$A = b \cdot h_d$$

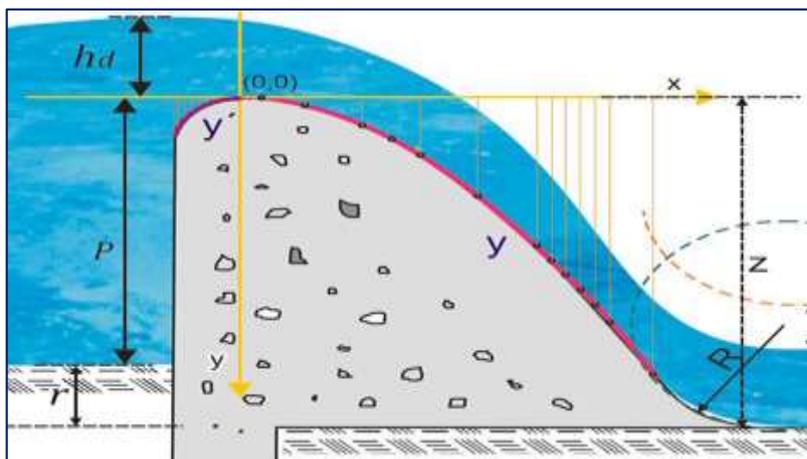


Figura 9: Calculo Velocidad sobre la Cresta del Azud. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

Cresta del barraje

$$y' = 0.724 \cdot \left(\frac{x + 0.27h_d}{h_d^{0.35}} \right)^{1.85} + 0.126 h_d - 0.4315 h_d^{0.375} \cdot (x + 0.27 h_d)^{0.625} \dots \dots \dots (15)$$

$$y = \frac{x^{1.85}}{2 \cdot h_d^{0.85}} \dots \dots \dots (16)$$

Altura del azud

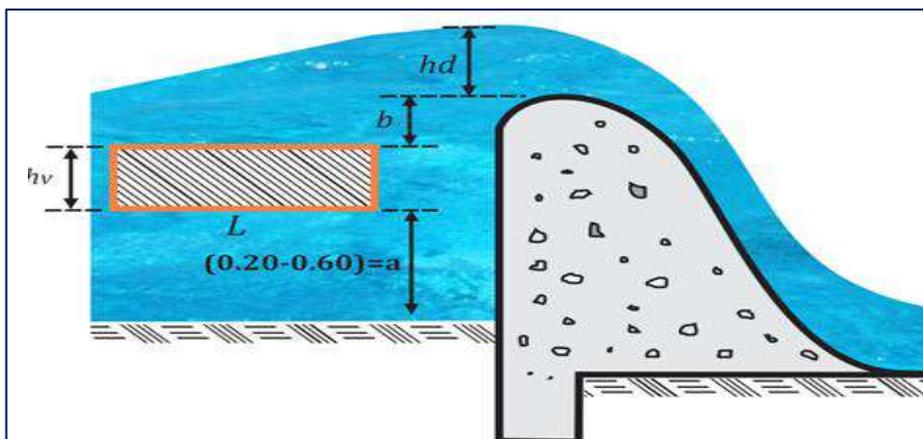


Figura 10: Altura del Azud. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

Donde:

Z : Altura del vertedero (m)

Br : Ancho del encauzamiento (m)

Q : Caudal máximo de diseño

a : Altura del umbral del vertedero de captación (m)

h_v : Altura de la ventana de captación (m)

P : Altura del Azud (m)

Dimensionamiento del canal de derivación

Por relación de áreas

El área hidráulica del canal desarenador tiene una relación de 1/10 del área obstruida por el aliviadero.

$$A_1 = \frac{A_2}{10} \dots \dots \dots (17)$$

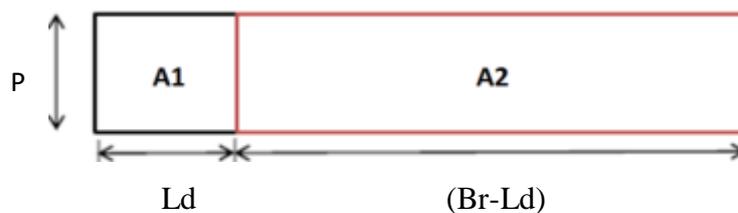
Donde:

N de pilares : 1

A₁ : Área del barraje móvil

A₂ : Área del barraje fijo

Numero de componente: 1.00



Diseño del Colchón Disipador

Fórmula aproximada de Merriam

$$h_2 = 0.45 \frac{q}{\sqrt{h_1}} \quad q = Q = B$$

Donde:

V : velocidad (m/s)

Q : caudal (m³/s)

Br : ancho del canal (m)

h₁ : Tirante contrario o espesor de la lámina vertiente al pie del azud (m)

h₂ : Profundidad agua abajo (m)

Y_{nr} : (m)

g : 9.81 m/s²

q : Caudal específico de agua sobre el azud

Velocidad de caída será:

$$V_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h}$$

$$q = \frac{Q_{rio}}{B_r}$$

$$q = A \cdot V_1$$

Reemplazando en la Fórmula de Merriam:

$$h_2 = 0.45 \frac{q}{\sqrt{h_1}}$$

La altura de agua H_e sobre el lecho de la quebrada aguas arriba es:

$$H_e = P + h_d + \frac{V^2}{2g}$$

Por tanto, la profundidad del colchón será:

$$H_e - \Delta h - h_1$$

De acuerdo con la fórmula de Merriam, el requerimiento de aguas abajo es:

Si: $h_2 > h_2'$ Cumple la condición de diseño.

Si: $h_2 < h_2'$ No Cumple la condición de diseño.

$$h_2 = 0.45 \frac{q}{\sqrt{h_1}}$$

Si no cumplierse la condición se debe aumentar la profundidad del colchón en su respectiva diferencia.

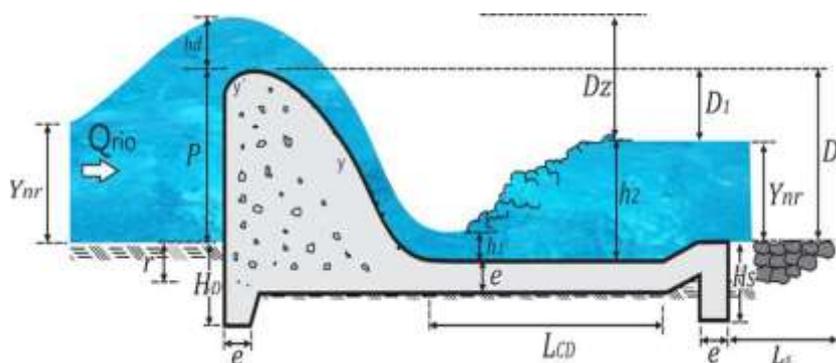


Figura 11: Colchón disipador (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

Cálculo de la longitud de protección y enrocado

$$L_s = 0.6 C.D^{1/2} \left[1.12 \left(\frac{q \cdot D_b}{D_1} \right)^{1/2} - 1 \right]$$

$$D_1 = P - Y_{nr}$$

$$D_b = D_1 + Y_{nr}$$

$$q = \frac{Q_{río}}{B_r}$$

Reemplazando:

$$H_s = K \cdot \sqrt{q \sqrt{Dz} - Y_{nr}}$$

Tabla 9

Coficiente K en función de Ls y el tirante normal

Ls/Y _{nr}	< 5	5	10	20
k	1.4	1.3	1.21	1.0

Fuente: Manual: criterios de diseños de obras hidráulicas-ANA.

Cálculo de "e"; espesor para resistir el impacto del agua que baje al colchón disipador

Por Criterio Estructural

$$e = \frac{4}{3} \left(\frac{Y}{Y_c} \right) h_{sp}$$

$$Y = 1,800 \text{ kg/m}^3$$

$$Y_c = 2,400 \text{ kg/m}^3$$

Cálculo del radio de enlace

$$R = 10 \left[\frac{V^1 + 6.4 \cdot hd}{3.6 h + 64} \right]$$

Dónde:

R : Radio de enlace (m)

V : velocidad (pie/s)

hd : (pies)

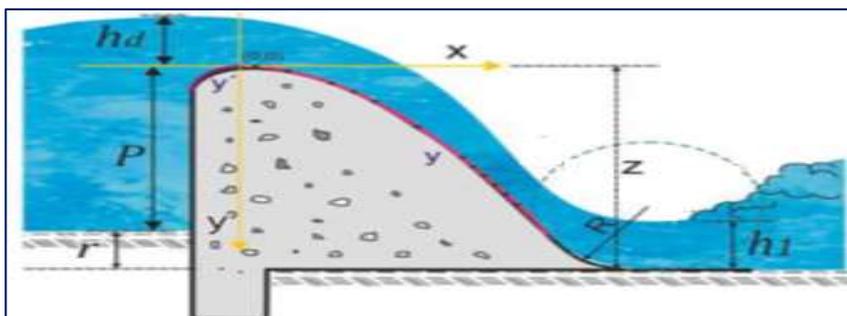


Figura 12: Cálculo Radio de Enlace ($V_1 > 1.5 \text{ m/s}$). (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

Dónde:

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{Q}{h_1 \cdot B_r}$$

Bloque de amortiguamiento

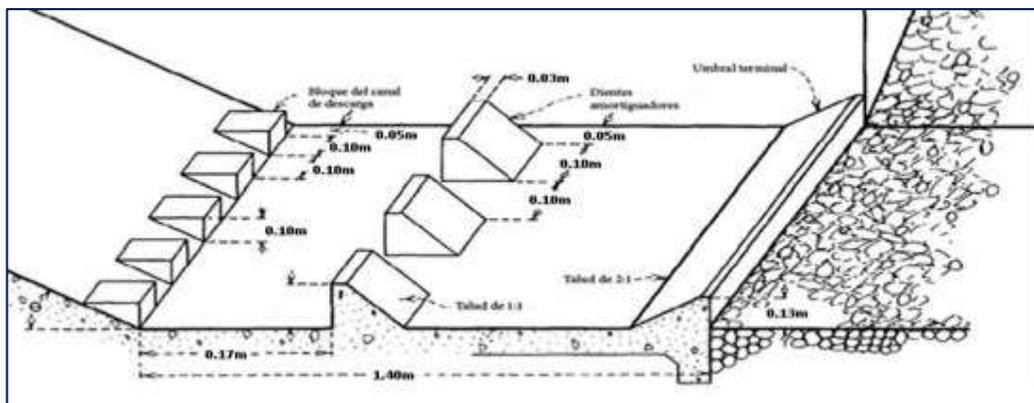


Figura 13: Bloques de Amortiguamiento. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

Diseño de Ventana de Captación

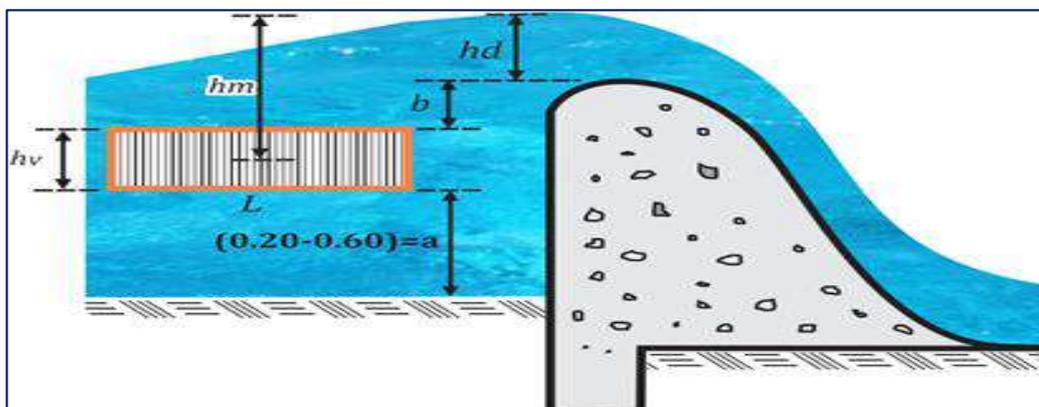


Figura 14: Esquema Ventana Captación. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

• Cálculo de la selección de la ventana

Tenemos la ecuación general para un orificio

Nº ventanas = 1.00

$$Q_o = C \cdot A \cdot (2 \cdot g \cdot h_m)^{1/2}$$

Dónde:

Qd : Caudal de derivación (m³/s)

Qo : Caudal del orificio de descarga (m³/s)

C : Coeficiente del vertedero (0.6)

g : Gravedad (g = 9.81 m/s²)

hm : Altura desde el medio de la ventana hasta N.A (m)

hv : Alto de la ventana hv = 0.10m (Se estima 0.10-0.30 m)

L : Longitud de la ventana (m)
 A : Área de la ventana = $h_v \times L$
 Despejando:

$$L = \frac{Q_o}{C \cdot h_v \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_m}}$$

1.3.4.3. Línea de conducción

“Se denomina obras de conducción a las estructuras y elementos que sirven para transportar el agua desde la captación hasta al reservorio o planta de tratamiento. La estructura deberá tener capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo diario.” (R.N.E., 2017, p. 135).

“Es la estructura que permite conducir el agua desde la captación hasta la siguiente estructura, que puede ser un reservorio o planta de tratamiento de agua potable. Este componente se diseña con el caudal máximo diario de agua; y debe considerar: anclajes, válvulas de purga, válvulas de aire, cámaras rompe presión, cruces aéreos, sifones. El material a emplear debe ser PVC; sin embargo, bajo condiciones expuestas, es necesario que la tubería sea de otro material resistente.” (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas de Sistemas de Saneamiento para el Ámbito Rural, 2018, p. 76).

Caudales de Diseño

La Línea de Conducción debe tener la capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo diario (Qmd), si el suministro fuera discontinuo, se debe diseñar para el caudal máximo horario (Qmh).

La Línea de Aducción debe tener la capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo horario (Qmh).

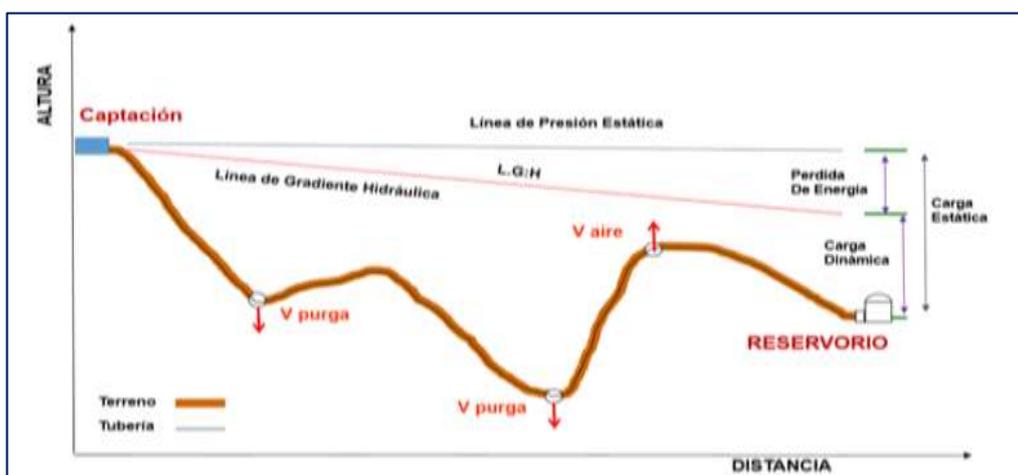


Figura 15: Línea de Conducción. (Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas de Sistemas de Saneamiento para el Ámbito Rural).

1.3.4.3.1. Línea de Gradiente Hidráulica

“La línea de gradiente hidráulica (L.G.H.) indica la presión de agua a lo largo de la tubería bajo condiciones de operación. Cuando se traza la línea de gradiente hidráulica para un caudal que descarga libremente en la atmósfera (como dentro de un tanque), puede resultar que la presión residual en el punto de descarga se vuelva positiva o negativa, como se ilustra en la Figura 18.” (Agüero, 1997, p.56).

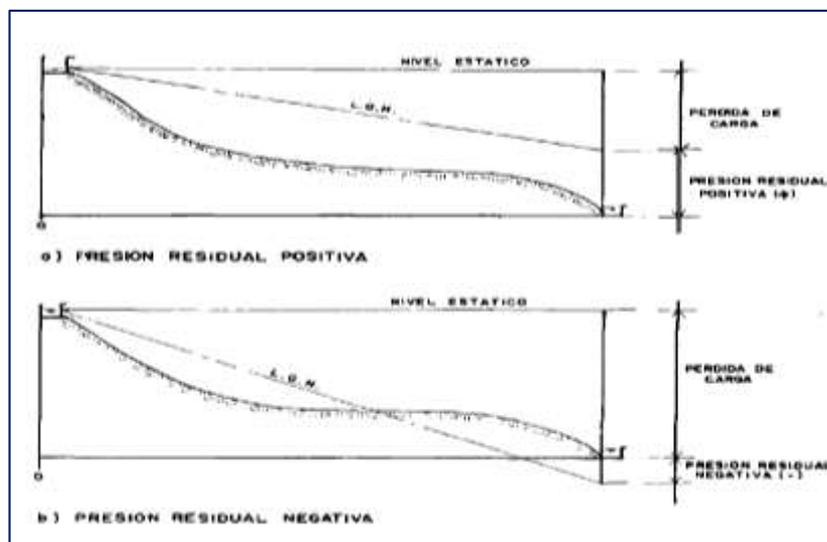


Figura 16: Presiones Residuales Positivas y Negativas. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

“En el Figura 18a. se observa la presión residual positiva, que indica que hay un exceso de energía gravitacional; quiere decir, que hay energía suficiente para mover el flujo. En la Figura 18b se observa la presión residual negativa, que indica que no hay suficiente energía gravitacional para mover la cantidad deseada de agua; motivo suficiente para que la cantidad de agua no fluya. Se puede volver a trazar la L.G.H. usando un menor caudal y/o un diámetro mayor de tubería con la finalidad de tener en toda la longitud de la tubería una carga operativa de agua positiva.” (Agüero, 1997, p.56).

1.3.4.3.2. Cálculo Hidráulico de Tuberías a Presión

Para el cálculo de las tuberías que trabajan con flujo a presión se utilizarán fórmulas racionales. En caso de aplicarse la fórmula de Hazen y Williams, se utilizarán los coeficientes de fricción que se establecen en la Tabla N° 12. Para el caso de tuberías no consideradas, se deberá justificar.

1.3.4.3.3. Diseño de Tuberías a Presión

Para el diseño deben considerarse los siguientes elementos:

- Trazado de la línea de conducción
- Caudal de diseño
- Material y clase de tubería
- Velocidad
- Diámetros mínimos
- Pendientes.

1.3.4.3.4. Trazado de la línea de conducción

El trazado de la línea de conducción debe realizarse previo reconocimiento en campo del relieve topográfico, geológico y tipo de suelo, en lo posible paralelo a las vías públicas y caminos e uso general de la población.

En el trazado además de considerar el caudal de diseño, vida útil, y análisis económico, los siguientes factores:

Que la conducción sea cerrada (en lo posible a presión).

Que el trazado sea lo más directo posible desde la fuente a la planta de tratamiento y/o tanque de almacenamiento o red de distribución.

Que la línea evite, en lo posible los tramos de difícil construcción o inaccesibles

Que este siempre por debajo de la línea piezométrica a fin de evitar zonas de depresión que representa un peligro de aplastamiento de la tubería y posibilidad de cavitación.

Que eviten presiones superiores a las máximas permisibles que afectan la seguridad de la conducción.

Que la línea evite, en lo posible, zonas de deslizamiento e inundaciones.

Que se eviten tramos de pendiente y contra pendiente que pueden causar bloqueos de aire en la línea.

Se debe estudiar variantes para acortar la longitud de conducción (trazados en túnel), o evitar terrenos que tengan aguas freáticas muy superficiales.

Se deben determinar las cotas del terreno de los siguientes puntos:

Obra de toma.

Pasos de los accidentes topográficos sobre la línea del trazado.

Cambios bruscos de sentido y pendiente.

Tanque de almacenamiento o planta de tratamiento.

Otros puntos relevantes del terreno que determinen el trazado de la tubería.

La diferencia de elevación entre el punto de ingreso de agua y cualquier punto tubería abajo, determinará la presión estática interna en la tubería.

La presión estática entre puntos extremos de la tubería de conducción, determinará el material y las características mecánicas de trabajo de la tubería y la necesidad de colocar válvulas o cámaras rompe presión.

1.3.4.3.5. Material de tubería

La elección del material debe ser efectuada con base en:

- Las características topográficas.
- Calidad del agua.
- Tipo de suelo.
- Resistencia a la corrosión y agresividad del suelo.
- Resistencia a esfuerzos mecánicos producidos por cargas externas e internas.
- Características de comportamiento hidráulico (velocidades, presiones, golpe de ariete).
- Vida útil del proyecto.
- Costos de operación y mantenimiento.
- Análisis económico.

Un sistema de conducción puede estar constituido por tramos de diferentes materiales elegidos de acuerdo a su funcionamiento, operación y mantenimiento, condiciones de implementación en el terreno y esfuerzos actuantes.

El material de las tuberías debe ser seleccionado de acuerdo a las características que satisfagan las necesidades del proyecto, considerando principalmente los costos iniciales y de mantenimiento, así como la seguridad de la tubería.

1.3.4.3.6. Clase de Tubería

Las clases de tubería a seleccionarse estarán definidas por las máximas presiones que ocurran en la línea representada por la línea de carga estática. Para la selección se debe considerar una tubería que resista la presión más elevada que pueda producirse, ya que la presión máxima no ocurre bajo condiciones de operación, sino cuando se presenta la presión estática, al cerrar la válvula de control en la tubería.

En la mayoría de los proyectos de abastecimiento de agua potable se utilizan tuberías de PVC. Este material tiene ventajas comparativas con relación a otro tipo de tuberías: es económico, flexible, durable, de poco peso y de fácil transporte e instalación.

En la Tabla 10 y la Figura 19, se presentan las clases comerciales de tuberías PVC con sus respectivas cargas de presión.

Tabla 10

Clase de tuberías PVC y máxima presión de trabajo

CLASE	PRESIÓN MÁXIMA DE PRUEBA (m.)	PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO (m.)
5	50	35
7.5	75	50
10	105	70
15	150	100

Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.

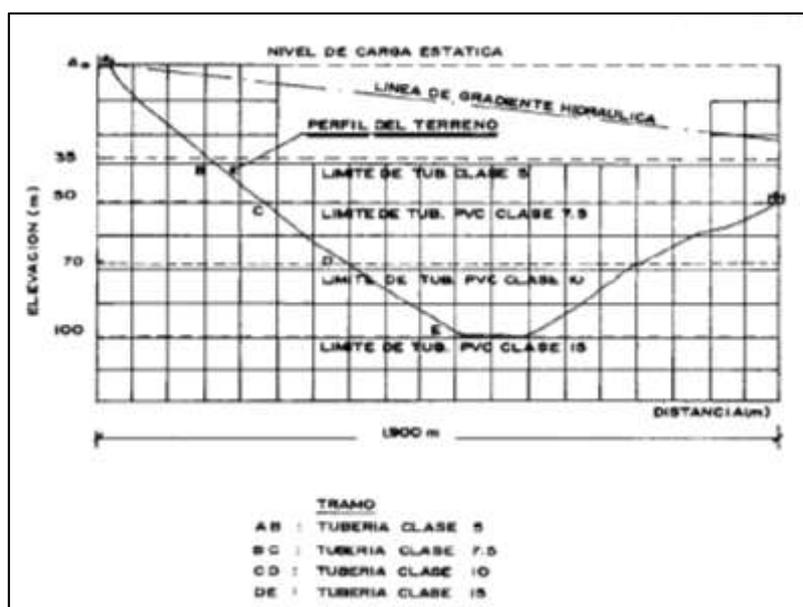


Figura 17: Presiones máximas de trabajo para diferentes clases de tuberías PVC (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

Cuando las presiones sean mayores a las que soporta la tubería PVC, Cuando la naturaleza del terreno haga antieconómica la excavación y donde sea necesaria la construcción de acueductos, se recomienda utilizar tubería de fierro galvanizado.

1.3.4.3.7. Velocidades de diseño

La velocidad máxima debe ser considerada en función del tipo de material de la tubería, de acuerdo a la Tabla 11.

Tabla 11

Velocidades máximas permisibles en tuberías

Material	Velocidad (m/s)
Tubería revestida de hormigón simple	3,00
Tubería de hormigón centrifugado	3,50
Tubería de asbesto cemento	5,00
Tubería de PVC	5,00
Tubería de hierro fundido	5,00
Tubería acero galvanizado	5,00
Tubería de acero	5,00

Fuente: Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable.

A objeto de mitigar los efectos por golpe de ariete, y en general cuando éste sea inminente, se recomienda que la velocidad máxima no deba superar a 1,50 m/s.

La velocidad mínima en la tubería debe ser establecida en función de la velocidad de auto limpieza. La velocidad mínima recomendada es de 0,60 m/s.

1.3.4.3.8. Diámetros mínimos

Para la selección del diámetro de la tubería de conducción deben analizarse las presiones disponibles, las velocidades de escurrimiento y las longitudes de la línea de conducción.

La elección debe estar basada en un estudio comparativo técnico económico mediante las técnicas de optimización que tornen mínima la función costo anual.

La experiencia indica que en conducciones el diámetro mínimo es de 2 pulgadas (zona rural) por motivos socioeconómicos.

1.3.4.3.9. Pendientes

Con el objeto de permitir la acumulación del aire en los puntos altos y su eliminación por las válvulas colocadas para tal efecto y facilitar el arrastre de sedimentos hacia los puntos bajos para el desagüe de las tuberías, éstas no deben colocarse en forma horizontal.

Las pendientes mínimas deben ser:

$j = 0,04\%$, cuando el aire circula en el sentido de escurrimiento del agua

$j = 0,10\%$ a $0,15\%$, cuando el aire circula en el sentido contrario al escurrimiento del agua.

En este último caso la pendiente no debe ser menor que la pendiente de la línea piezométrica de ese tramo.

Cuando se considere necesario uniformar pendientes a costa de mayor excavación a efectos de evitar un gran número de válvulas de aire y cámaras de limpieza, debe realizarse una comparación económica de ambas variantes.

1.3.4.3.10. Pérdidas de carga

La pérdida de carga es el gasto de energía necesario para vencer las resistencias que se oponen al movimiento del fluido de un punto a otro en una sección de la tubería. Las pérdidas de carga pueden ser lineales o de fricción y singulares o locales. Las primeras, son ocasionadas por la fuerza de rozamiento en la superficie de contacto entre el fluido y la tubería; y las segundas son producidas por las deformaciones de flujo, cambio en sus movimientos y velocidad (estrechamientos o ensanchamientos bruscos de la sección, torneado de las válvulas, grifos, compuertas, codos, etc.).

Cuando las pérdidas locales son más del 10% de las pérdidas de fricción, la tubería se denomina corta y el cálculo se realiza considerando la influencia de estas pérdidas locales.

Debido a que en la línea de conducción las pérdidas locales no superan el 10%, para realizar los cálculos hidráulicos solamente se consideran las pérdidas por fricción.

Para el cálculo de la pérdida de carga continua, pueden utilizarse muchas fórmulas, sin embargo una de las más usadas en conductos a presión, es la de Hazem y Williams. Con diámetros mayores a 2 pulg.

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

Siendo:

H_f , pérdida de carga continua, en m.

Q , Caudal en m³/s

D , diámetro interior en m (ID)

C, Coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

L, Longitud del tramo, en m.

Tabla 12

Valores del coeficiente C_{hw} de Hazen - Williams

Material	C_{hw}
Acero sin costura	120
Acero soldado en espiral	100
Hierro fundido dúctil con revestimiento	140
Hierro galvanizado	100
Polietileno	140
PVC	150

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones.

Se deben calcular las pérdidas de carga localizadas ΔH_i en las piezas especiales y en las válvulas, las cuales se evaluarán mediante la siguiente expresión:

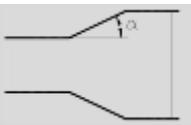
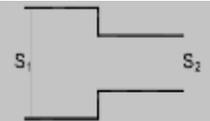
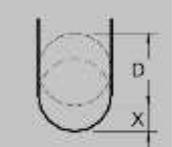
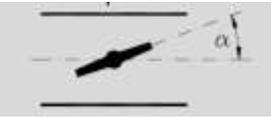
$$\Delta H_i = K_i \frac{V^2}{2g}$$

Dónde:

- ΔH_i , pérdida de carga localizada en las piezas especiales y en las válvulas, en m.
- K_i , coeficiente que depende del tipo de pieza especial o válvula (ver Tabla).
- V, máxima velocidad de paso del agua a través de la pieza especial o de la válvula en m/s.
- G, aceleración de la gravedad, m/s².

Tabla 13

Coficiente para el cálculo de la pérdida de carga localizada en las piezas especiales y en las válvulas

ELEMENTO		COEFICIENTE k_i							
Ensanchamiento gradual 	α	5°	10°	20°	30°	40°	90°		
	k_i	0,16	0,40	0,85	1,15	1,15	1,00		
Codos circulares 	R/DN	0,1	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	K_{90°	0,09	0,11	0,20	0,31	0,47	0,69	1,00	1,14
		$k_i = K_{90^\circ} \times \alpha/90^\circ$							
Codos segmentados 	α	20°	40°	60°	80°	90°			
	k_i	0,05	0,20	0,50	0,90	1,15			
Disminución de sección 	S_2/S_1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8			
	k_i	0,5	0,43	0,32	0,25	0,14			
Otras	Entrada a depósito							$k_i=1,0$	
	Salida de depósito							$k_i=0,5$	
Válvulas de compuerta 	x/D	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	8/8
	k_i	97	17	5,5	2,1	0,8	0,3	0,07	0,02
Válvulas mariposa 	α	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	
	k_i	0,5	1,5	3,5	10	30	100	500	
Válvulas de globo		Totalmente abierta							
	k_i	3							

Fuente: RM N° 192-2018 – VIVIENDA. Página 78

1.3.4.3.11. Presiones Máximas y Mínimas

En la línea de conducción, la presión representa la cantidad de energía gravitacional contenida en el agua. En un tramo de tubería que está operando a tubo lleno, podemos plantear la ecuación de Bernoulli:

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

Donde:

- Z, cota altimétrica respecto a un nivel de referencia en m.
- P/γ , altura de carga de presión, en m, P es la presión y γ el peso específico del fluido.
- V, velocidad del fluido en m/s.
- H_f , pérdida de carga de 1 a 2, incluyendo tanto las pérdidas lineales (o longitudinales) como las locales.

Se asume que la velocidad es despreciable debido a que ha carga de velocidad, considerando las velocidades máximas y mínimas, es de 46cm. y 18cm. En base a esta consideración la ecuación queda definida como:

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + H_f$$

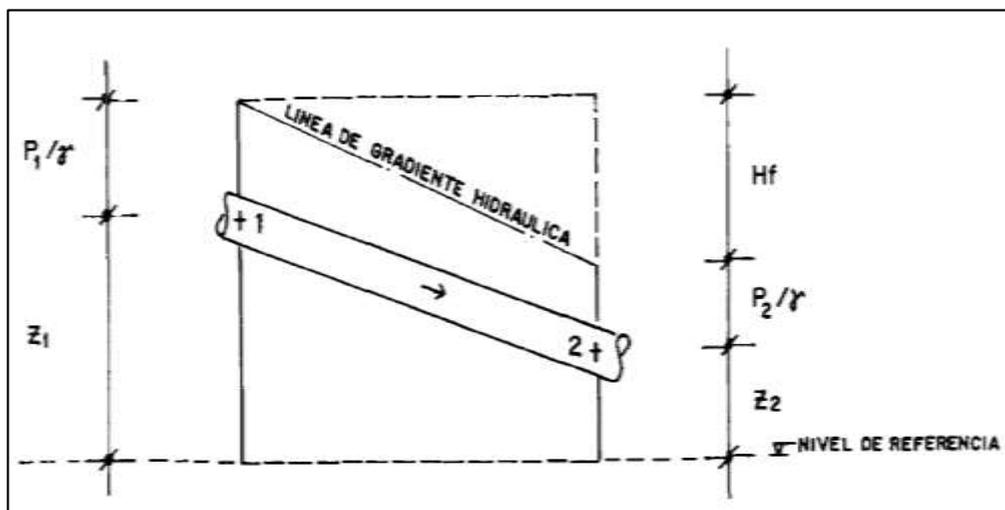


Figura 18: Energía de posición y presión. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

Se recomienda iniciar el diseño desde la cámara de captación. En esta estructura la presión es igual a la presión atmosférica, por lo que la carga de presión se asume como cero. El mismo criterio se aplica cuando se considera en el diseño como punto de partida una cámara rompe presión, resultando al final del tramo:

$$\frac{P_2}{\gamma} = Z_1 - Z_2 - H_f$$

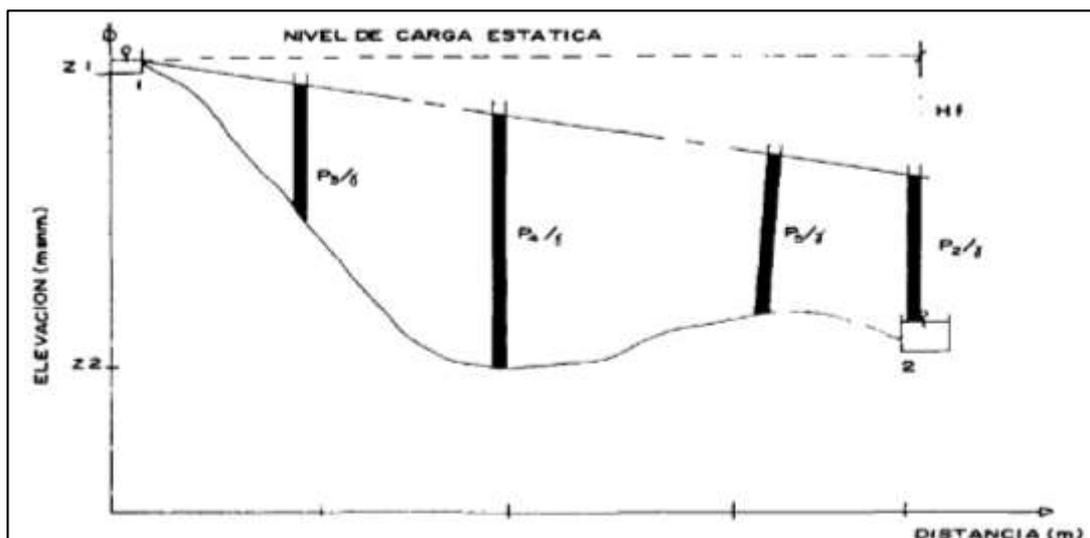


Figura 19: Equilibrio de Presiones Dinámicas. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

1.3.4.3.12. Tuberías

Las conducciones formadas por segmentos rectos, podrán ser dispuestas en curva, si es necesario, mediante la deflexión de las tuberías en sus juntas, si las mismas son de tipo flexible.

La deflexión cada junta a excepción de las juntas con características especiales, es función del diámetro y no debe ser mayor a lo especificado en la Tabla 12 y Figura 22.

Los accesorios (uniones, codos, té, reducciones, válvulas, anclajes, etc.), elementos importantes complementarios a la instalación de tuberías, deben ser compatibles entre sí, en lo que se refiere a presiones de trabajo, dimensiones (diámetros, espesores, sistemas de unión).

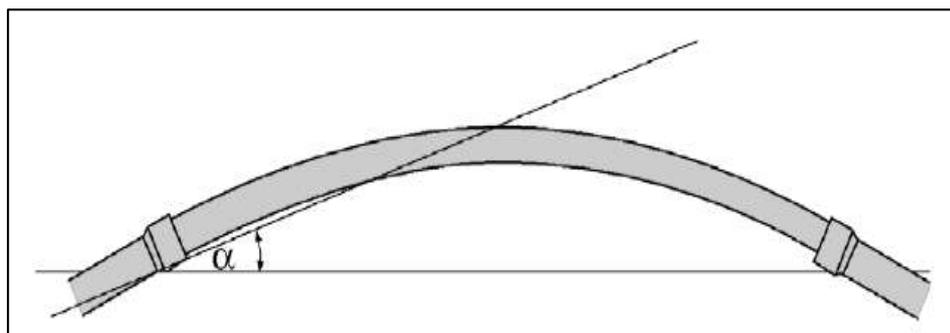


Figura 20: Deflexión en una tubería. (Fuente: Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable).

Tabla 14*Deflexión máxima en tuberías*

Diámetro de la tubería (mm)	Deflexiones α (grados – minutos)
100	3° 0'
150	3° 0'
200	3° 0'
250	3° 0'
300	3° 0'
400	2° 40'
450	2° 25'
500	2° 10'
600	1° 45'
750	1° 25'
900	1° 10'
1000	1° 5'

Fuente: Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable

1.3.4.3.13. Profundidad de Instalación

La profundidad mínima para el tendido de la tubería de conducción debe ser mayor o igual a 0,60 m sobre la clave de la misma.

En áreas de cultivo, cruce de caminos, líneas de ferrocarril o aeropuertos, la profundidad mínima debe ser de 1,00 m sobre la clave de la tubería. El proyectista debe justificar el uso de valores menores al indicado si éstos cuentan con un sistema de protección.

En el caso de suelos rocosos e inestables, el proyectista debe tomar medidas de protección necesarias como revestimientos de hormigón simple y anclajes.

En zonas con pendiente fuerte se deben adoptar tendidos superficiales siempre y cuando se tenga en cuenta apoyos y anclajes anti deslizables. En el caso de tuberías de PVC y PEAD deben necesariamente estar enterrados.

Cuando por la naturaleza del terreno, es necesario colocar la tubería muy próxima a la superficie, deben preverse los elementos de protección que aseguren que la misma no será sometida a esfuerzos o deformaciones que puedan provocar roturas o afectar su funcionamiento normal.

En el caso de tuberías sujetas a submergencia temporaria debe tenerse en cuenta que podrá ocurrir un levantamiento máximo debido a la subpresión, estando la tubería vacía. En este

caso debe preverse la colocación de protecciones si las características de la capa freática presentasen condiciones de agresividad.

Debe verificarse que la línea piezométrica de la línea de conducción mediante tubería a presión quede ubicada en las condiciones más desfavorables de escurrimiento previsto por lo menos 2,00 m por encima de la generatriz superior de la tubería y por lo menos 1,00 m por encima de la superficie del terreno.

1.3.4.3.14. Puentes Colgantes

Los puentes colgantes son estructuras compuestas por: pilares de soporte ($H^{\circ}C^{\circ}$ o metal) y cables de sujeción de la tubería de F.G. en hormigón armado o celosías de metal que permiten el paso del agua sobre alguna depresión natural o curso de agua (ver Figura 23).

Los puentes colgantes se calculan considerando que el cable principal debe formar una catenaria. El principal estado de cargas (solicitud) en el puente, considerará los pesos propios de la tubería, cables y agua dentro de la tubería, debiéndose mayorar para prevenir el efecto de la vibración por el flujo del agua y la velocidad del viento.

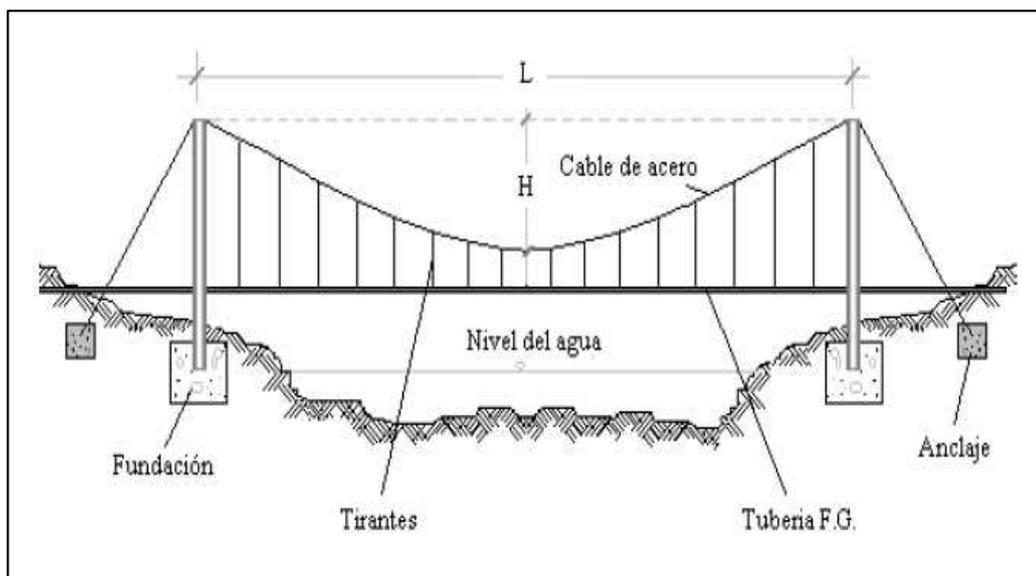


Figura 21: Puente colgante cruzando un río o quebrada. (Fuente: Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable).

1.3.4.3.15. Sifón Invertido

Los sifones invertidos son conductos de agua que atraviesan depresiones topográficas por presión hidráulica. Esta estructura tiene aplicación para conducir el agua potable debajo de cursos de agua y quebradas (ver Figura 24).

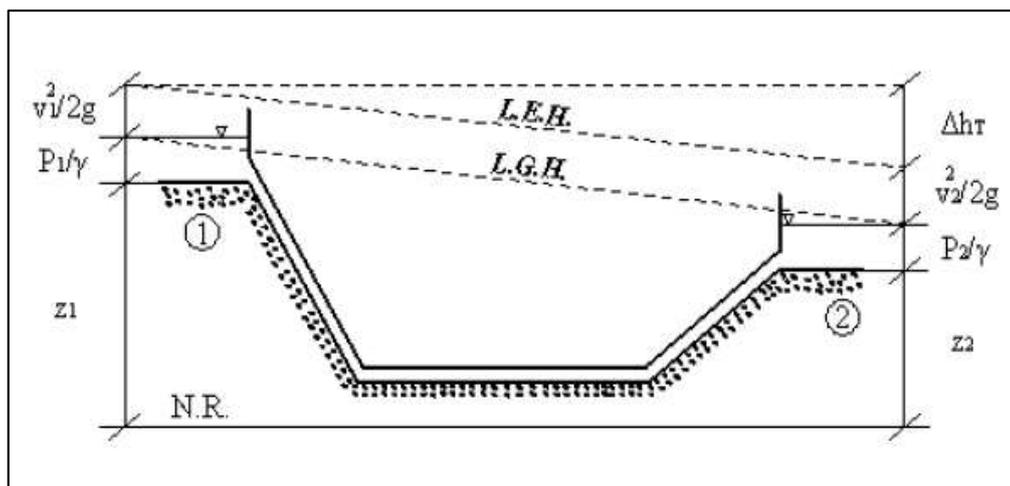


Figura 22: Sifón invertido cruzando una quebrada. (Fuente: Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable).

El diseño de esta estructura, se realiza mediante el análisis de las pérdidas de carga hidráulica entre el punto de entrada y salida, empleando la ecuación de Bernoulli:

$$\Delta H = E_1 - E_2 = \left(\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + Z_1 \right) - \left(\frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + Z_2 \right) \dots \dots \dots (35)$$

Donde:

v = Velocidad del agua en m/s

g = Aceleración de la gravedad en m/s^2

p = Presión interna en la tubería en kg/m^2

γ = Peso específico del agua en kg/m^3

z = Elevación o cota sobre un nivel de referencia conocido en m

ΔH = Carga hidráulica

Subíndice 1 posición al ingreso del sifón - Subíndice 2 posición a la salida del sifón.

Se estima aceptable la velocidad mínima en sifones es de 0,6 m/s.

1.3.4.3.16. Instalación de Válvulas

Las válvulas deberán soportar las presiones de diseño y ser instalados en cajas de concreto con tapas metálicas aseguradas para evitar su manipuleo por extraños al manejo del sistema.

Las válvulas más usuales son:

- Válvula de compuerta

Se instalará al inicio de la línea para el cierre del agua en caso se requiera realizar reparaciones en la línea.

- Válvula de aire

Son dispositivos hidromecánicos previstos para efectuar automáticamente la expulsión y entrada de aire a la conducción, necesarias para garantizar su adecuada explotación y seguridad.

Las necesidades de entrada/salida de aire a las conducciones, son las siguientes:

Evacuación de aire en el llenado o puesta en servicio de la conducción, aducción e impulsión.

Admisión de aire en las operaciones de descarga o rotura de la conducción, para evitar que se produzcan depresiones o vacío.

Expulsión continúa de las bolsas o burbujas de aire que aparecen en el seno del flujo de agua por arrastre y desgasificación (purgado).

Se deben disponer válvulas de aire/purgas en los siguientes puntos de la línea de agua:

Puntos altos relativos de cada tramo de la línea de agua, para expulsar aire mientras la instalación se está llenando y durante el funcionamiento normal de la instalación, así como admitir aire durante el vaciado.

Cambios marcados de pendiente, aunque no correspondan a puntos altos relativos.

Al principio y al final de tramos horizontales o con poca pendiente y en intervalos de 400 a 800 m.

Agua arriba de caudalímetros para evitar imprecisiones de medición causadas por aire atrapado.

Memoria de cálculo hidráulico

Válvula de aire manual

Para sistemas de abastecimiento de agua en el ámbito rural, se recomienda una sección interior mínima de 0,60 x 0,60 m², tanto por facilidad constructiva, como para permitir el alojamiento de los elementos.

La estructura será de concreto armado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ cuyas dimensiones internas son 0,60 m x 0,60 m x 0,70 m, para el cual se utilizará cemento portland tipo I.

Válvula de aire automática

Para sistemas de abastecimiento de agua en el ámbito rural, se recomienda una sección interior mínima de 0,60 x 0,60 m², tanto por facilidad constructiva como para permitir el alojamiento de los elementos.

La estructura será de concreto armado $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ cuyas dimensiones internas son 0,60 m x 0,60 m x 0,70 m, para el cual se utilizará cemento portland tipo

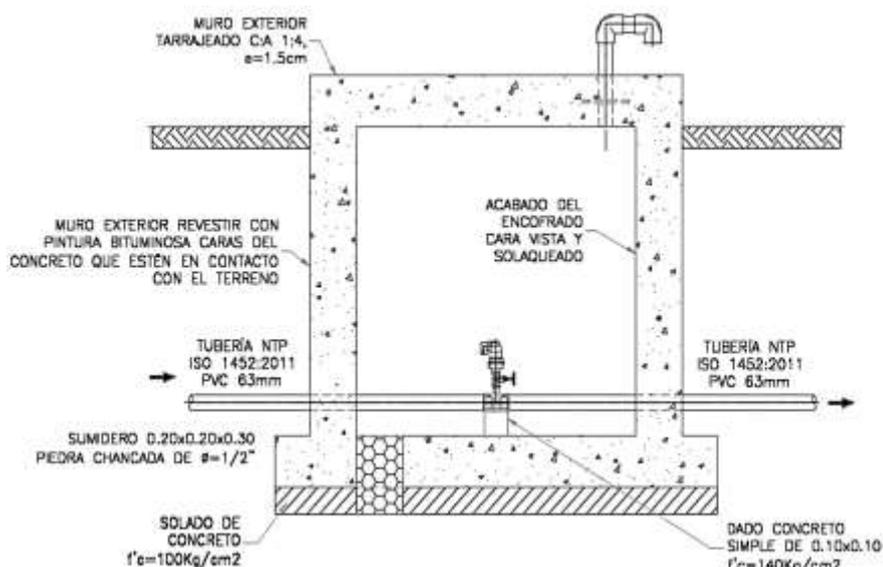


Figura 23: Válvula de Aire Manual. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

- Válvulas de purga o limpia

Es una derivación instalada sobre la tubería a descargar, provista de una válvula de interrupción (compuerta o mariposa, según diámetro) y un tramo de tubería hasta un punto de desagüe apropiado.

Calculo Hidráulico

Los sedimentos acumulados en los puntos bajos de la línea de conducción con topografía accidentada provocan la reducción del área de flujo del agua, siendo necesario instalar válvulas de purga que permitan periódicamente la limpieza de tramos de tuberías.

La estructura sea de concreto armado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, cuyas dimensiones internas son 0,60 m x 0,60 m x 0,70 m y el dado de concreto simple $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$, para ello se debe utilizar el tipo de concreto según los estudios realizados.

El cierre de la cámara será estanco y removible, para facilitar las operaciones de mantenimiento.

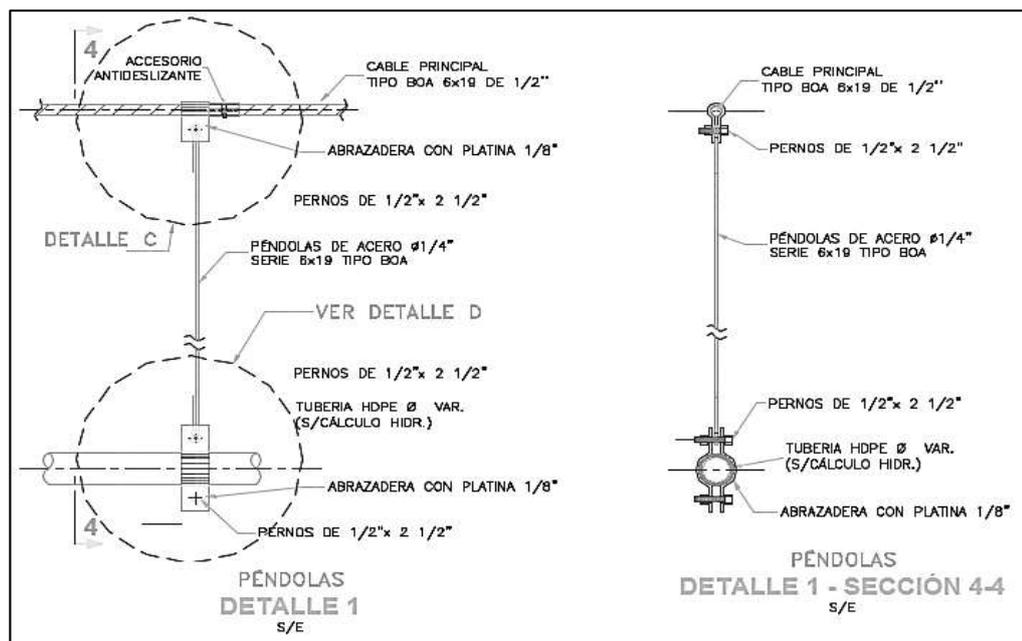


Figura 25: Detalles técnicos del pase aéreo. (Fuente: RM N° 192-2018 – Vivienda. Página 88).

1.3.4.3.18. Cajas de Rompe -Presión (CRP)

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

Para ello, se recomienda:

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

La altura de la cámara rompe presión se calcula mediante la suma de tres conceptos:

Altura mínima de salida, mínimo 10 cm

Resguardo a borde libre, mínimo 40 cm

Carga de agua requerida, calculada aplicando la ecuación de Bernoulli para que el caudal de salida pueda fluir.

La tubería de entrada a la cámara estará por encima de nivel del agua.

La tubería de salida debe incluir una canastilla de salida, que impida la entrada de objetos en la tubería.

La cámara dispondrá de un aliviadero o rebose.

El cierre de la cámara rompe presión será estanco y removible, para facilitar las operaciones de mantenimiento. (Norma Técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural, 2018, p.82).

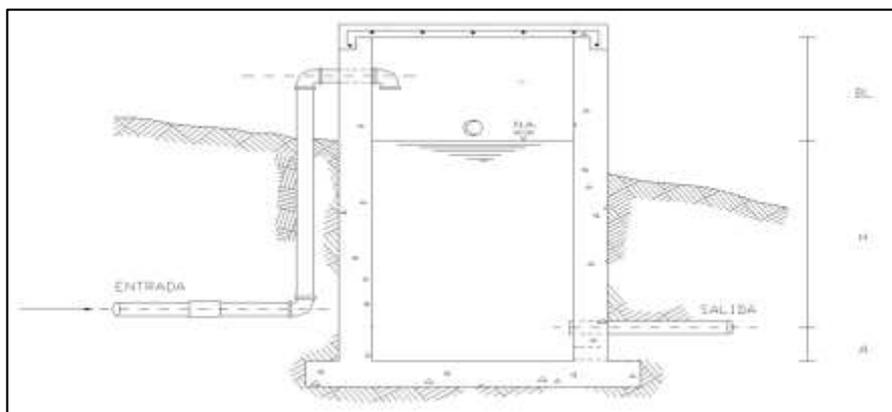


Figura 26: Cámara Rompe-Presión. (Fuente: RM N° 192-2018 – VIVIENDA. Página 82).

Cálculo de la Cámara Rompe Presión Del gráfico:

A : altura mínima (0.10 m)

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

BL : borde libre (0.40 m)

Ht : altura total de la Cámara Rompe Presión

$$Ht = A + H + BL$$

- Para el cálculo de carga requerida (H)

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

Con menor caudal se necesitan menor dimensión de la cámara rompe presión, por lo tanto, la sección de la base debe dar facilidad del proceso constructivo y por la instalación de accesorios, por lo que se debe considerar una sección interna de 0,60 x 0,60 m.

Cálculo de la Canastilla

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

$$Dc = 2D$$

La longitud de la canastilla (L) debe ser mayor 3D y menor que 6D

$$3D < L < 6D$$

Área de ranuras:

$$A_s = \frac{\pi D_s^2}{4}$$

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

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

El número de ranuras resulta:

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

Rebose

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

$$D = 4,63 \times \frac{Q_{md}^{0,38}}{C^{0,38} \times S^{0,21}}$$

Donde:

D : diámetro (pulg)

Qmd : caudal máximo diario (l/s)

S : pérdida de carga unitaria (m/m)

En la Figura 29, se ilustra la ubicación de las estructuras complementarias de la línea de conducción.

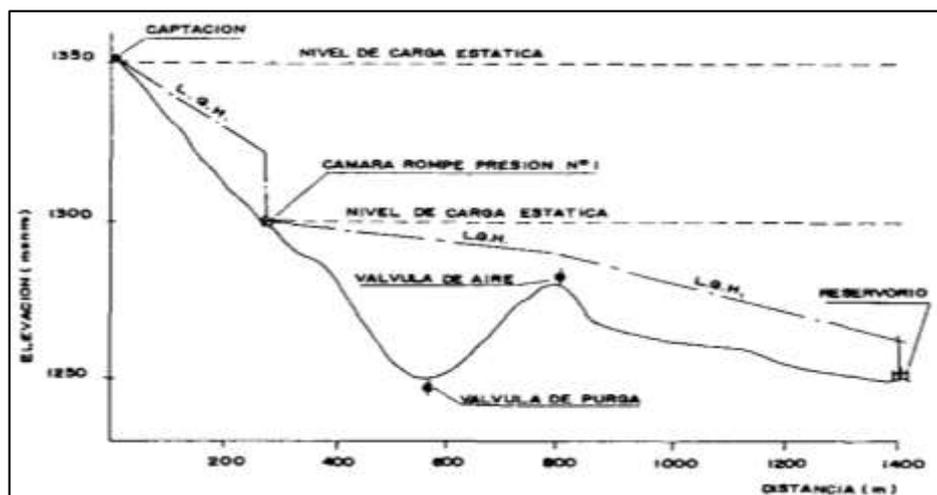


Figura 27: Ubicación de estructuras complementarias. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

1.3.4.4. Planta de Tratamiento de Agua para el Consumo Humano

“El objetivo del tratamiento es la remoción de los contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos del agua de bebida hasta los límites establecidos en las NORMAS NACIONALES DE CALIDAD DE AGUA vigentes en el país.” (RNE, 2017, p. 136).

Los factores fisicoquímicos y microbiológicos a considerar son:

- Turbiedad.
- Color.
- Alcalinidad.
- pH.
- Dureza.
- Coliformes totales.
- Coliformes Fecales.
- Sulfatos.
- Nitratos.
- Nitritos.
- Metales pesados.

1.3.4.4.1. Ubicación

“La planta debe estar localizada en un punto de fácil acceso en cualquier época del año. Para la ubicación de la planta, debe elegirse una zona de bajo riesgo sísmico, no inundable, por encima del nivel de máxima creciente del curso de agua.

En la selección del lugar, se debe tener en cuenta la factibilidad de construcción o disponibilidad de vías de acceso, las facilidades de aprovisionamiento de energía eléctrica, las disposiciones relativas a la fuente y al centro de consumo, el cuerpo receptor de descargas de agua y la disposición de las descargas de lodos. Se debe dar particular atención a la naturaleza del suelo a fin de prevenir problemas de cimentación y construcción, y ofrecer la posibilidad de situar las unidades encima del nivel máximo de agua en el subsuelo.” (RNE, 2017, p. 138).

1.3.4.4.2. Capacidad

“La capacidad de la planta debe ser la suficiente para satisfacer el gasto del día de máximo consumo correspondiente al período de diseño adoptado.” (RNE, 2017, p. 138).

1.3.4.4.3. Tipos de planta a considerar

“Dependiendo de las características físicas, químicas y microbiológicas establecidas como meta de calidad del efluente de la planta, el ingeniero proyectista deberá elegir el tratamiento más económico con sus costos capitalizados de inversión, operación y mantenimiento. Se

establecerá el costo por metro cúbico de agua tratada y se evaluará su impacto en la tarifa del servicio.” (RNE, 2017, p. 140).

“Las unidades de la PTAP que deben diseñarse deben ser seleccionadas de acuerdo con las características del cuerpo de agua de donde se captará el agua cruda, tal como indica la tabla siguiente:” (RM-192-2018-VIVIENDA, p. 89).

Tabla 15

Selección del proceso de tratamiento del agua para consumo humano

ALTERNATIVAS	LIMITES DE CALIDAD DEL AGUA CRUDA	
	80% DEL TIEMPO	ESPORADICAMENTE
Filtro lento (F.L.) solamente	$T_0 \leq 20$ UT $C_0 \leq 40$ UC	$T_0 \text{ Max} \leq 100$ UT
F.L.+ prefiltro de grava (P.G.)	$T_0 \leq 60$ UT $C_0 \leq 40$ UC	$T_0 \text{ Max} \leq 150$ UT
F.L.+ P.G.+ sedimentador (S)	$T_0 \leq 200$ UT $C_0 \leq 40$ UC	$T_0 \text{ Max} \leq 500$ UT
F.L.+ P.G.+ S+ presedimentador	$T_0 \leq 200$ UT $C_0 \leq 40$ UC	$T_0 \text{ Max} \leq 1000$ UT

Fuente: RM-192-2018-VIVIENDA, página 89.

T₀: turbiedad del agua cruda presente el 80% del tiempo.

C₀: color del agua cruda presente el 80% del tiempo.

T₀ Max: turbiedad máxima del agua cruda, considerando que este valor se presenta por lapsos cortos de minutos u horas en alguna eventualidad climática o natural.

T₀: Turbiedad del agua cruda.

UC: Unidades de color cloro platinado de cobalto.

UT: Unidades nefelométricas de turbiedad.

“Cualquiera de las 04 alternativas señaladas anteriormente puede ser complementada por un desarenador si esta contiene arenas. Adicionalmente, y en forma obligatoria, se deberá incluir Cerco Perimétrico y Lechos de secado de lodos.” (RM-192-2018-VIVIENDA, p. 89).

1.3.4.4. Unidad de tratamiento

1.3.3.4.1.1. Sedimentador

Se debe incluir este componente cuando se compruebe que, mediante una prueba de sedimentación natural, se llega a remover la turbiedad por solidos suspendidos y cuyo efluente resulte con alrededor de 50 UNT. Un sedimentador puede remueve partículas en

suspensión gruesa y arena, inferiores a 0,2 mm y superiores a 0,05 mm. En la tabla siguiente se muestra los parámetros de diseños para un sedimentador.

Tabla 16

Criterios de diseño

Nº	PARÁMETROS	UNIDADES	VALORES OBTENIDOS	ÓPTIMOS
1	Tasa de sedimentación (qs)	m ³ /m ² .d	2,79 a 7,30	2 -10
2	Periodo de retención (To)	horas	7,76 a 3,30	3 a 6
3	Tasa de recolección agua sedimentada (qr)	l/s.m	0,15 a 0,45	1,3 a 3,0

En todos los casos los diseños propuestos deben cumplir con las relaciones de largo/ancho de la zona de sedimentación $3 < L/B < 6$ y con la relación de largo/alto de la zona de sedimentación $5 < L/H < 20$.

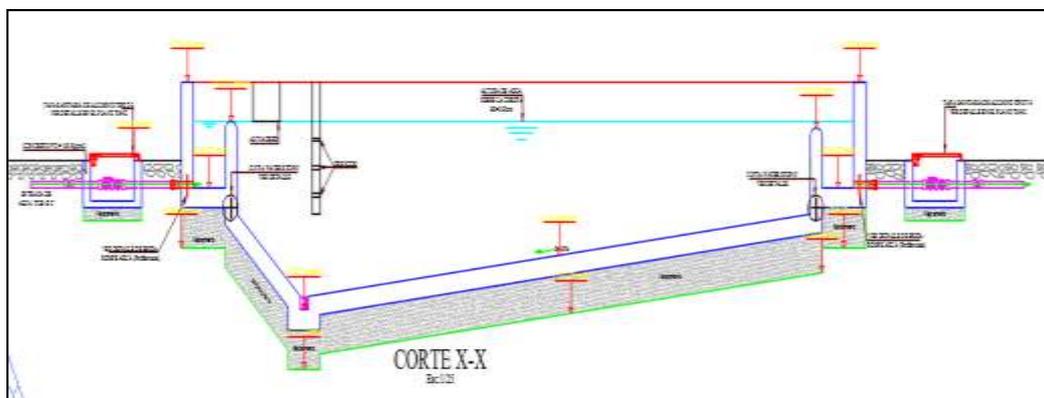


Figura 28: Esquema sedimentador. (Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural).

1.3.3.4.1.2. Prefiltro de grava

Es utilizado para disminuir la carga de material en suspensión antes de la filtración lenta en arena.

Los prefiltros como unidades independientes pueden asumir dos funciones:

Como proceso de remoción exclusivamente físico para atenuar altas turbiedades. En este caso operan con velocidades altas y carreras cortas.

Como proceso físico y biológico, como único tratamiento para aguas relativamente claras. En este caso la unidad opera con velocidades bajas y carreras largas.

Criterios de diseño

Se pueden tratar turbiedades medias de 100 a 400 UNT con límites máximos de 500 a 600 UNT.

En todos los casos la altura de la grava es de 50 cm.

La graduación del tamaño de la grava en cada cámara es la siguiente

Cámara 1, grava de 3,0 a 4,0 cm

Cámara 2, grava de 1,5 a 3,0 cm

Cámara 3, grava de 1,0 a 1,5

Cuando el objetivo de la unidad es actuar como proceso de remoción de turbiedad antes de un filtro lento, las velocidades de diseño de las cámaras varían entre 1,00 y 0,60 m/h.

Cuando el objetivo es físico y biológico las velocidades deben variar entre 0,80 y 0,10 m/h

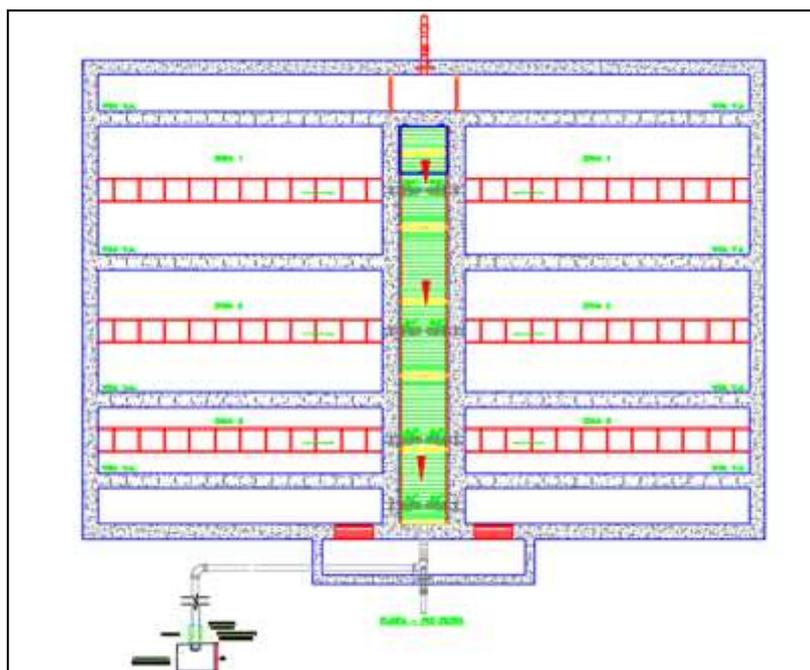


Figura29: Esquema prefiltro. (Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural).

1.3.3.4.1.3. Filtro lento de arena

“La filtración lenta en arena es el tipo de tratamiento del agua más antiguo y eficiente utilizado por la humanidad, además de ser muy fácil de operar y mantener. Simula el proceso de purificación del agua que se da en la naturaleza, al atravesar el agua de lluvia las capas de la corteza terrestre, hasta encontrar los acuíferos o ríos subterráneos.” (RM-192-2018-VIVIENDA, p. 90).

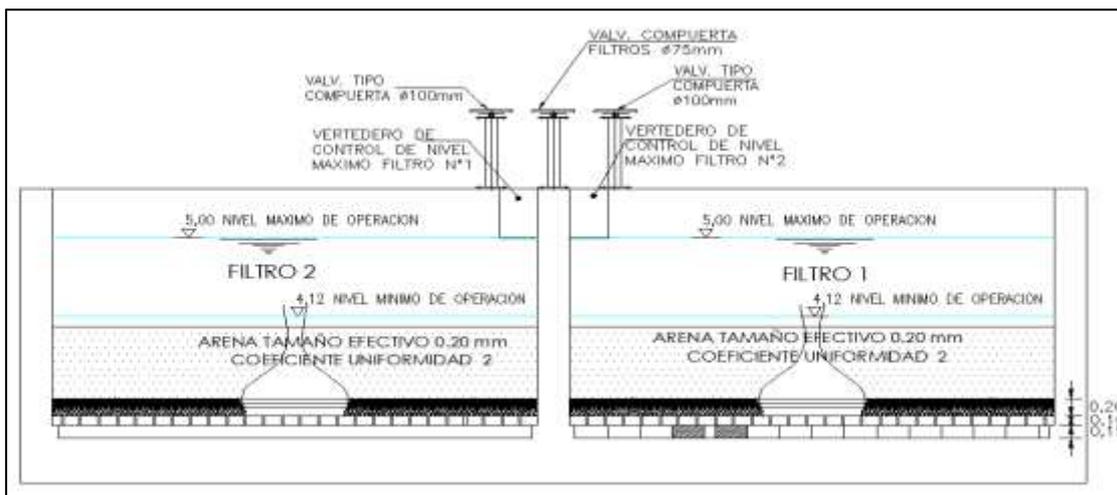


Figura 30: Esquema Filtro Lento de arena. (Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural).

1.3.3.4.4.1.1. Requisitos Generales

“La turbiedad del agua cruda, sedimentada o prefiltrada del afluente deberá ser inferior a 50 UNT, se podrán aceptar picos de turbiedad no mayores de 100 UNT por pocas horas (no más de 4 horas).” (RNE, 2017, p. 144).

“El filtro lento debe proyectarse para operar las 24 horas en forma continua, para que pueda mantener su eficiencia de remoción de microorganismos. La operación intermitente debilita al zooplancton responsable del mecanismo biológico debido a la falta de nutrientes para su alimentación.” (RNE, 2017, p. 144).

“Se debe tener un mínimo de dos unidades, las que deberán estar interconectadas a través de la estructura de salida para que se pueda llenar en forma ascendente, después de cada operación de limpieza (raspado), por el filtro colindante en operación.” (RNE, 2017, p. 144).

1.3.3.4.4.1.2. Componentes

Los elementos que conforman un Filtro Lento de Arena son:

Entrada: se debe considerar:

- Instalaciones para medir y regular el caudal en forma sencilla, mediante vertedero triangular o rectangular, antecedido de una válvula, o compuerta, para regular el flujo de ingreso y un aliviadero para eliminar excesos.
- Un canal que distribuya equitativamente el caudal a todas las unidades.
- Compuertas o válvulas para aislar las unidades.

Lecho filtrante: Sus consideraciones son:

- La grava se colocará en tres capas, la primera de 15 cm, con tamaños de 19 a 50 mm, seguida de dos capas de 5 cm de espesor cada una, con tamaños de 9,5 mm a 19 mm y de 3 mm a 9,5 mm, respectivamente. No debe colocarse grava en zonas cercanas a las paredes o a las columnas.
- El espesor de la arena deberá ser de 80 a 100 cm. El valor mínimo considerado, después de raspados sucesivos durante la operación de limpieza, será de 50 cm.
- El tamaño efectivo de la arena debe estar entre 0,2 a 0,3 mm, y el coeficiente de uniformidad no mayor de 3.
- El parámetro de diseño más importante en un Filtro Lento de Arena (FLA) es la velocidad de filtración (V_f). La misma debe tener un valor en el rango: 0,1 m³ /m² hora - 0,3 m³ /m² hora Se debe notar que [m³ /m² hora] = [m/hora].

Tabla 17

Velocidad de Filtración de acuerdo al número de procesos preliminares

Procesos	V_f (m/h)
FLA	0,10 – 0,20
Sedimentación (S) + FLA	0,15 – 0,30
Prefiltración (PF) + FLA	0,15 – 0,30
S + PF + FLA	0,30 – 0,50

Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

Caja filtro: Sus consideraciones son:

- La caja del filtro posee un área superficial condicionada por el caudal a tratar, la velocidad de filtración y el número de filtros especificados para operar en paralelo. Se recomiendan áreas de filtración máxima por módulo de 100 m² para facilitar las labores manuales de operación y mantenimiento el filtro.
- El sistema de drenaje, podrá ser:
 - Drenes formados por un colector principal y un número adecuado de ramales laterales. La pérdida de carga máxima en este sistema no deberá ser mayor que el 10% de la pérdida de carga en la arena, cuando ésta se encuentra con su altura mínima (50 cm) y limpia. Este sistema es apropiado para unidades de sección circular.

- Canales formados por ladrillos colocados de canto y asentados con mortero, cubiertos encima con otros ladrillos colocados de plano (apoyados en su mayor superficie) y separados con ranuras de 2 cm, que drenan hacia un colector central. Con este tipo de drenaje se consigue una recolección uniforme del flujo en toda la sección y la pérdida de carga es prácticamente nula. Es apropiado para unidades de sección rectangular y cuadrada.
- La altura máxima de agua en la caja de filtro deberá ser de 0,80 a 1,0 m.

La estructura de salida: deberá estar conformada por:

- Un vertedero de salida de agua filtrada, ubicado a 0,10 m por encima del nivel del lecho filtrante para evitar que la película biológica quede sin la protección de una capa de agua. Este vertedero descargará hacia una cámara de recepción de agua filtrada.
- Un aliviadero para controlar el nivel máximo en la caja del filtro. Este vertedero, además, indicará el término de la carrera de filtración y el momento de iniciar la operación de raspado. Los filtros lentos pueden operar con nivel variable sin menoscabo de su eficiencia. Este vertedero rebasará hacia una cámara de desagüe.
- Una regla graduada dentro de la caja del filtro, haciendo coincidir el cero de la regla con el nivel del vertedero de salida para controlar la pérdida de carga. A medida que el nivel se incrementa se podrá leer conjuntamente la pérdida de carga inicial y la pérdida de carga por colmatación.

Accesorios de regulación y control: normalmente incluyen:

- Válvula para controlar entrada de agua pretratada y regular velocidad de filtración,
- Conexión para llenar lecho filtrante con agua limpia,
- Válvula para drenar lecho filtrante,
- Válvula para desechar agua tratada,
- Válvula para suministrar agua tratada al depósito de agua tratada,
- Vertedero de entrada,
- Indicador calibrado de flujo,
- Vertedero de salida y
- Vertedero de excesos

1.3.3.4.4.1.3. Dimensionamiento

- Cálculo del área unitaria de filtro (A_f):

$$A_s = \frac{Q_{md}}{N \times V_f}$$

Donde:

Q_{md} : caudal (m³/h)

N : número de filtros

V_f : velocidad de filtración

- Cálculo de coeficiente de mínimo costo (K)

$$K = \frac{(2 * N)}{(N + 1)}$$

- Longitud de la unidad

$$L = \sqrt{(A_s * K)}$$

- Ancho de la unidad

$$b = \sqrt{(A_s/K)}$$

- Sistema de drenaje: Los drenes se diseñarán con el criterio de que la velocidad límite en cualquier punto de estos no sobrepase de 0.30 m/s. La relación de velocidades entre el dren principal (V_p) y los drenes secundarios (V_s) debe ser de: $V_p/V_s < 0.15$, para obtener una colección uniforme del agua filtrada.

1.3.4.5. Almacenamiento de Agua para el Consumo Humano

“Los sistemas de almacenamiento tienen como función suministrar agua para consumo humano a las redes de distribución, con las presiones de servicio adecuadas y en cantidad necesaria que permita compensar las variaciones de la demanda. Asimismo, deberán contar con un volumen adicional para suministro en casos de emergencia como incendio, suspensión temporal de la fuente de abastecimiento y/o paralización parcial de la planta de tratamiento” (R.N.E., 2017, p.155).

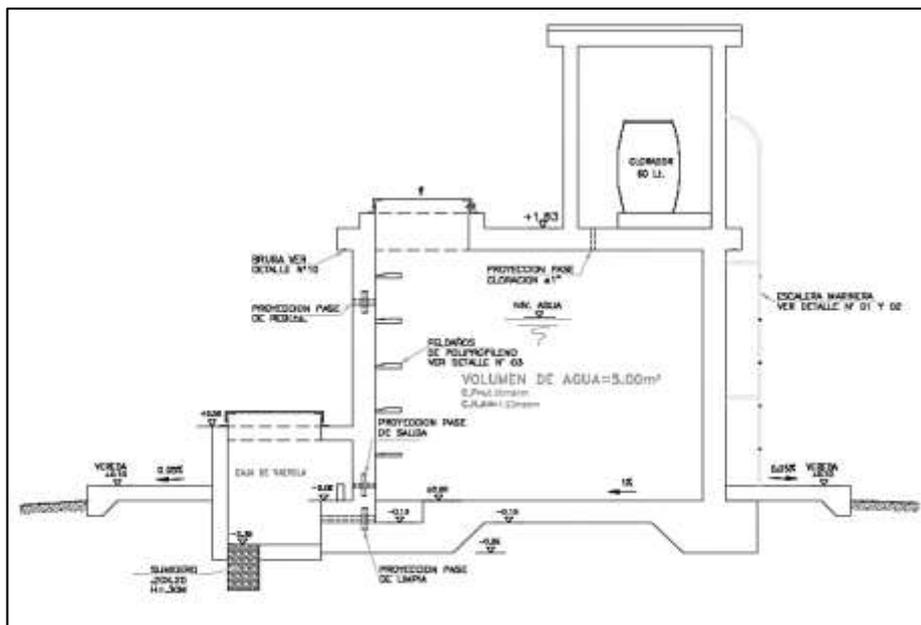


Figura 31: Reservorio. (Fuente: RM-192-2018-VIVIENDA, página 115).

1.3.4.5.1. Aspectos Generales

1.3.3.5.1.1. Tipos de Reservorio

“Los reservorios de almacenamiento pueden ser elevados, apoyados y enterrados. Los elevados, que generalmente tienen forma esférica, cilíndrica y de paralelepípedo, son construidos sobre torres, columnas, pilotes, etc. Los apoyados, que principalmente tienen forma rectangular y circular, son construidos directamente sobre la superficie del suelo; y los enterrados, de forma rectangular, son construidos por debajo de la superficie del suelo (cisternas).” (Agüero, 1997, p.78).

1.3.3.5.1.2. Ubicación del Reservorio

“La ubicación está determinada principalmente por la necesidad y conveniencia de mantener la presión en la red dentro de los límites de servicio, garantizando presiones mínimas en las viviendas más elevadas y presiones máximas en las viviendas más bajas.” (Agüero, 1997, p.78).

“De acuerdo a la ubicación, los reservorios pueden ser de cabecera o flotantes. En el primer caso se alimentan directamente de la captación, pudiendo ser por gravedad o bombeo y elevados o apoyados, y alimentan directamente de agua a la población. En el segundo caso, son típicos reguladores de presión, casi siempre son elevados y se caracterizan por que la entrada y la salida del agua se hace por el mismo tubo.” (Agüero, 1997, p.78).

1.3.3.5.1.3. Volumen de Almacenamiento

“El volumen total de almacenamiento estará conformado por el volumen de regulación, volumen contra incendio y volumen de reserva.” (R.N.E., 2017, p.155).

1.3.3.5.1.3.1. Volumen de Regulación

El volumen de regulación será calculado con el diagrama masa correspondiente a las variaciones horarias de la demanda.

Cuando se comprueba la no disponibilidad de esta información, se deberá adoptar como mínimo el 25% del promedio anual de la demanda como capacidad de regulación, siempre que el suministro de la fuente de abastecimiento sea calculado para 24 horas de funcionamiento. En caso contrario deberá ser determinado en función al horario del suministro.

1.3.3.5.1.4. Funcionamiento

“Deberán ser diseñados como reservorio de cabecera. Su tamaño y forma responderá a la topografía y calidad del terreno, al volumen de almacenamiento, presiones necesarias y materiales de construcción a emplearse. La forma de los reservorios no debe representar estructuras de elevado costo.” (R.N.E., 2017, p.156).

“Debe ser construido de tal manera que se garantice la calidad sanitaria del agua y la total estanqueidad. El material por utilizar es el concreto, su diseño se basa en un criterio de estandarización, por lo que el volumen final a construir será múltiplo de 5 m³. El reservorio debe ser cubierto, de tipo enterrado, semi enterrado, apoyado o elevado. Se debe proteger el perímetro mediante cerco perimetral. El reservorio debe disponer de una tapa sanitaria para acceso de personal y herramientas.” (RM-192-2018-VIVIENDA, p. 115).

1.3.3.5.1.5. Criterios de Diseño

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

Se deben aplicar los siguientes criterios:

Disponer de una tubería de entrada, una tubería de salida una tubería de rebose, así como una tubería de limpia. Todas ellas deben ser independientes y estar provistas de los dispositivos de interrupción necesarios.

La tubería de entrada debe disponer de un mecanismo de regulación del llenado, generalmente una válvula de flotador.

La tubería de salida debe disponer de una canastilla y el punto de toma se debe situar 10 cm por encima de la solera para evitar la entrada de sedimentos.

La embocadura de las tuberías de entrada y salida deben estar en posición opuesta para forzar la circulación del agua dentro del mismo.

El diámetro de la tubería de limpia debe permitir el vaciado en 2 horas.

Disponer de una tubería de rebose, conectada a la tubería de limpia, para la libre descarga del exceso de caudal en cualquier momento. Tener capacidad para evacuar el máximo caudal entrante.

Se debe instalar una tubería o bypass, con dispositivo de interrupción, que conecte las tuberías de entrada y salida, pero en el diseño debe preverse sistemas de reducción de presión antes o después del reservorio con el fin de evitar sobre presiones en la distribución. No se debe conectar el bypass por períodos largos de tiempo, dado que el agua que se suministra no está clorada.

La losa de fondo del reservorio se debe situar a cota superior a la tubería de limpia y siempre con una pendiente mínima del 1% hacia esta o punto dispuesto.

Los materiales de construcción e impermeabilización interior deben cumplir los requerimientos de productos en contacto con el agua para consumo humano. Deben contar con certificación NSF 61 o similar en país de origen.

Se debe garantizar la absoluta estanqueidad del reservorio.

El reservorio se debe proyectar cerrado. Los accesos al interior del reservorio y a la cámara de válvulas deben disponer de puertas o tapas con cerradura.

Las tuberías de ventilación del reservorio deben ser de dimensiones reducidas para impedir el acceso a hombres y animales y se debe proteger mediante rejillas que dificulten la introducción de sustancias en el interior del reservorio.

Para que la renovación del aire sea lo más completa posible, conviene que la distancia del nivel máximo de agua a la parte inferior de la cubierta sea la menor posible, pero no inferior a 30 cm a efectos de la concentración de cloro.

Se debe proteger el perímetro del reservorio mediante cerramiento de fábrica o de valla metálica hasta una altura mínima de 2,20 m, con puerta de acceso con cerradura.

Es necesario disponer una entrada practicable al reservorio, con posibilidad de acceso de materiales y herramientas. El acceso al interior debe realizarse mediante escalera de peldaños

anclados al muro de recinto (inoxidables o de polipropileno con fijación mecánica reforzada con epoxi).

Los dispositivos de interrupción, derivación y control se deben centralizar en cajas o casetas, o cámaras de válvulas, adosadas al reservorio y fácilmente accesibles.

La cámara de válvulas debe tener un desagüe para evacuar el agua que pueda verterse. Salvo justificación razonada, la desinfección se debe realizar obligatoriamente en el reservorio, debiendo el proyectista adoptar el sistema más apropiado conforme a la ubicación, accesibilidad y capacitación de la población. (Norma Técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural, 2018, p.115).

1.3.4.5.2. Sistema de Desinfección

“Este sistema permite asegurar que la calidad del agua se mantenga un periodo más y esté protegida durante su traslado por las tuberías hasta ser entregado a las familias a través de las conexiones domiciliarias. Su instalación debe estar lo más cerca de la línea de entrada de agua al reservorio y ubicado donde la iluminación natural no afecte la solución de cloro contenido en el recipiente. El cloro residual activo se recomienda que se encuentre como mínimo en 0,3 mg/l y máximo a 0,8 mg/l en las condiciones normales de abastecimiento, superior a este último son detectables por el olor y sabor, lo que hace que sea rechazada por el usuario consumidor. Para su construcción debe utilizarse diferentes materiales y sistemas que controlen el goteo por segundo o su equivalente en ml/s, no debiéndose utilizar metales ya que pueden corroerse por el cloro.” **(RM-192-2018-VIVIENDA, p. 119).**

Desinfectantes empleados

La desinfección se debe realizar con compuestos derivados del cloro que, por ser oxidantes y altamente corrosivos, poseen gran poder destructivo sobre los microorganismos presentes en el agua y pueden ser recomendados, con instrucciones de manejo especial, como desinfectantes a nivel de la vivienda rural. Estos derivados del cloro son:

- Hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$ o HTH). Es un producto seco, granulado, en polvo o en pastillas, de color blanco, el cual se comercializa en una concentración del 65% de cloro activo.
- Hipoclorito de sodio (NaClO). Es un líquido transparente de color amarillo ámbar el cual se puede obtener en establecimientos distribuidores en garrafas plásticas de 20 litros con concentraciones de cloro activo de más o menos 15% en peso.
- Dióxido de cloro (ClO_2). Se genera normalmente en el sitio en el que se va a utilizar, y, disuelto en agua hasta concentraciones de un 1% ClO_2 (10 g/L) pueden almacenarse de

manera segura respetando ciertas condiciones particulares como la no exposición a la luz o interferencias de calor.

1.3.3.5.1.6. Sistema de Desinfección por Goteo

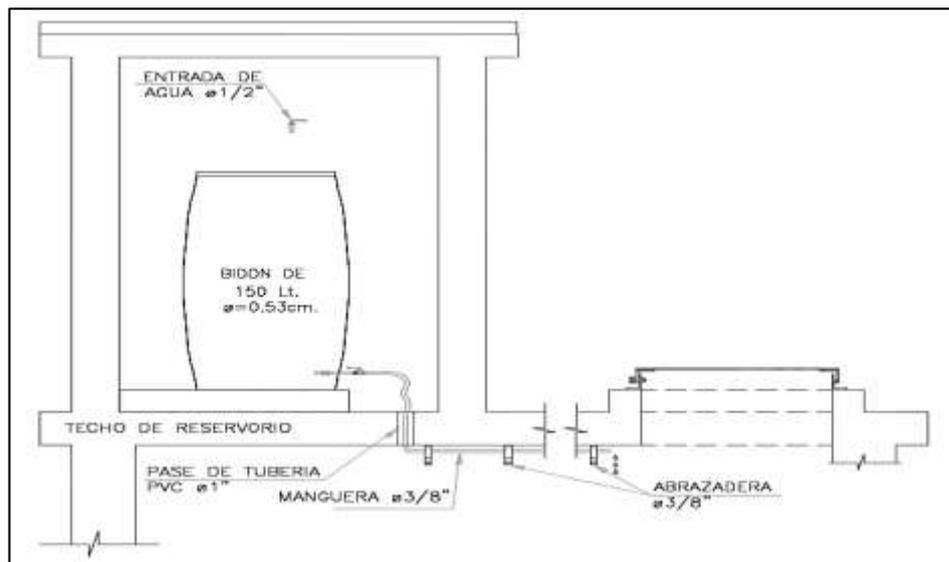


Figura 32: Sistema de desinfección por goteo Fuente: RM-192-2018-VIVIENDA, página 120.

- Cálculo del peso de hipoclorito de calcio o sodio necesario.

$$P = Q * d \dots \dots \dots (40)$$

Donde:

P : peso de cloro en gr/h

Q : caudal de agua a clorar en m³/h

d : dosificación adoptada en gr/m³

- Cálculo del peso del producto comercial en base al porcentaje de cloro.

$$P_c = P * \frac{100}{r} \dots \dots \dots (41)$$

Donde:

P_c : peso producto comercial gr/h

r : porcentaje del cloro activo que contiene el producto comercial (%)

- Cálculo del caudal horario de solución de hipoclorito (q_s) en función de la concentración de la solución preparada. El valor de "q_s" permite seleccionar el equipo dosificador requerido.

$$q_s = P_c * \frac{100}{c} \dots \dots \dots (42)$$

Donde:

P_c : peso producto comercial gr/h

q_s : demanda horaria de la solución en l/h, asumiendo que la densidad de 1 litro de solución pesa 1 kg

c : concentración solución (%)

- Calculo del volumen de la solución, en función del tiempo de consumo del recipiente en el que se almacena dicha solución

$$V_s = q_s * t \dots \dots \dots (43)$$

Donde:

V_s : volumen de la solución en lt (correspondiente al volumen útil de los recipientes de preparación).

t : tiempo de uso de los recipientes de solución en horas h

t se ajusta a ciclos de preparación de: 6 horas (4 ciclos), 8 horas (3 ciclos) y 12 horas (2 ciclos) correspondientes al vaciado de los recipientes y carga de nuevo volumen de solución.

1.3.4.6. Línea de Aducción

Para el trazado de la línea debe tenerse en cuenta lo siguiente:

Se debe evitar pendientes mayores del 30% para evitar altas velocidades, e inferiores al 0,50%, para facilitar la ejecución y el mantenimiento.

Con el trazado se debe buscar el menor recorrido, siempre y cuando esto no conlleve excavaciones excesivas u otros aspectos. Se evitarán tramos de difícil acceso, así como zonas vulnerables.

En los tramos que discurran por terrenos accidentados, se suavizará la pendiente del trazado ascendente pudiendo ser más fuerte la descendente, refiriéndolos siempre al sentido de circulación del agua.

Mantener las distancias permisibles de vertederos sanitarios, márgenes de ríos, terrenos aluviales, nivel freático alto, cementerios y otros servicios.

Utilizar zonas que sigan o mantengan distancias cortas a vías existentes o que por su topografía permita la creación de caminos para la ejecución, operación y mantenimiento.

Evitar zonas vulnerables a efectos producidos por fenómenos naturales y antrópicos.

Establecer los puntos donde se ubicarán instalaciones, válvulas y accesorios, u otros accesorios especiales que necesiten cuidados, vigilancia y operación.

Diseño de la línea de aducción

Caudal de diseño:

La Línea de Aducción tendrá capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo horario (Qmh).

Carga estática y dinámica:

La carga estática máxima aceptable será de 50 m y la carga dinámica mínima será de 1 m

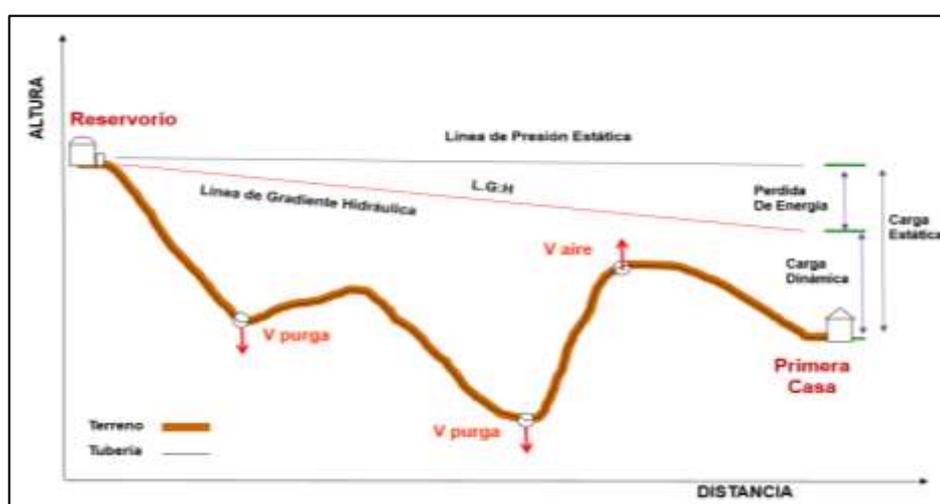


Figura 33: Línea gradiente hidráulica de la aducción a presión. (Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento).

Diámetros:

El diámetro se diseñará para velocidades mínima de 0,6 m/s y máxima de 3,0 m/s. El diámetro mínimo de la línea de aducción es de 25 mm (1") para el caso de sistemas rurales.

Dimensionamiento:

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

La línea gradiente hidráulica (L.G.H.): La línea gradiente hidráulica estará siempre por encima del terreno. En los puntos críticos se podrá cambiar el diámetro para mejorar la pendiente.

Pérdida de carga unitaria (h_f): Para el propósito de diseño se consideran:

Ecuaciones de Hazen y Williams para diámetros mayores a 2", y

Ecuaciones de Fair Whipple para diámetros menores a 2".

Cálculo de diámetro de la tubería podrá realizarse utilizando las siguientes fórmulas:

Para tuberías de diámetro superior a 50 mm, Hazen-Williams:

$$H_f = 10,674 \times \frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,86}} \times L$$

Donde:

H_f : pérdida de carga continua (m)

Q : caudal en (m³/s)

D : diámetro interior en m (ID)

C : coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

Acero sin costura C=120

Acero soldado en espiral C=100

Hierro fundido dúctil con revestimiento C=140

Hierro galvanizado C=100

Polietileno C=140

PVC C=150

L : longitud del tramo (m)

Para tuberías de diámetro igual o inferior a 50 mm, Fair-Whipple:

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

Donde:

H_f : pérdida de carga continua (m)

Q : caudal en (l/min)

D : diámetro interior (mm)

L : longitud (m)

Salvo casos excepcionales que deberán ser justificados, la velocidad de circulación del agua establecida para los caudales de diseño deberá cumplir lo siguiente:

La velocidad mínima no será menor de 0,60 m/s.

La velocidad máxima admisible será de 3 m/s, pudiendo alcanzar los 5 m/s si se justifica razonadamente.

Presión: En la línea de aducción, la presión representa la cantidad de energía gravitacional contenida en el agua.

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

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

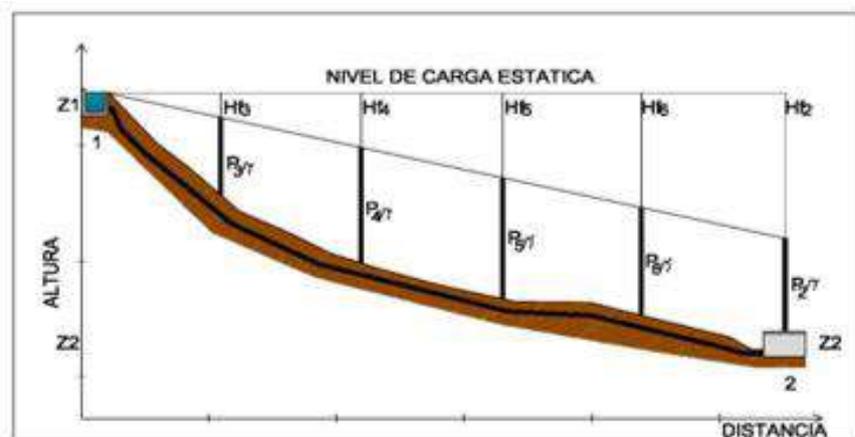


Figura 34: Línea gradiente hidráulica (Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento).

Donde:

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

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

V : velocidad del fluido en m/s.

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

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

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

La presión estática máxima de la tubería no debe ser mayor al 75% de la presión de trabajo especificada por el fabricante, debiendo ser compatibles con las presiones de servicio de los accesorios y válvulas a utilizarse.

Se calcularán las pérdidas de carga localizadas ΔH_i en las piezas especiales y en las válvulas, las cuales se evaluarán mediante la siguiente expresión:

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

Dónde:

ΔH_i : pérdida de carga localizada en las piezas especiales y en las válvulas (m)

K_i : coeficiente que depende del tipo de pieza especial o válvula.

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

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

(Norma Técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural, 2018, p.124).

1.3.4.7. Distribución de Redes

“Es un componente del sistema de agua potable, el mismo que permite llevar el agua tratada hasta cada vivienda a través de tuberías, accesorios y conexiones domiciliarias.” (**Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento, 2018, p. 127**).

1.3.4.7.1. Aspectos Generales

“Para la red de distribución se debe cumplir lo siguiente:

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

Los diámetros mínimos de las tuberías principales para redes cerradas deben ser de 25 mm (1”), y en redes abiertas, se admite un diámetro de 20 mm ($3/4$ ”) para ramales.

En los cruces de tuberías no se debe permitir la instalación de accesorios en forma de cruz y se deben realizar siempre mediante piezas en tee de modo que forme el tramo recto la tubería de mayor diámetro. Los diámetros de los accesorios en tee, siempre que existan comercialmente, se debe corresponder con los de las tuberías que unen, de forma que no sea necesario intercalar reducciones.

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

1.3.4.7.2. Velocidades Admisibles

“Para la red de distribución se debe cumplir lo siguiente:

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

1.3.4.7.3. Trazado

“El trazado de la red se debe ubicar preferentemente en terrenos públicos siempre que sea posible y se deben evitar terrenos vulnerables.” (**Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento, 2018, p. 127**).

1.3.4.7.4. Materiales

“El material de la tubería que conforma la red de distribución debe ser de PVC y compatible con los accesorios que se instale para las conexiones prediales.” (**Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento, 2018, p. 127**).

1.3.4.7.5. Presiones de Servicio

Para la red de distribución se deberá cumplir lo siguiente:

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

La presión estática no debe ser mayor de 60 m.c.a.

De ser necesario, a fin de conseguir las presiones señaladas se debe considerar el uso de cámaras distribuidora de caudal y reservorios de cabecera, a fin de sectorizar las zonas de presión

Tipos de redes

“Según la forma de los circuitos, existen dos tipos de sistemas de distribución: el sistema abierto o de ramales abiertos y el sistema de circuito cerrado, conocido como malla, parrilla, etc.” (**Agüero, 1997, p.94**).

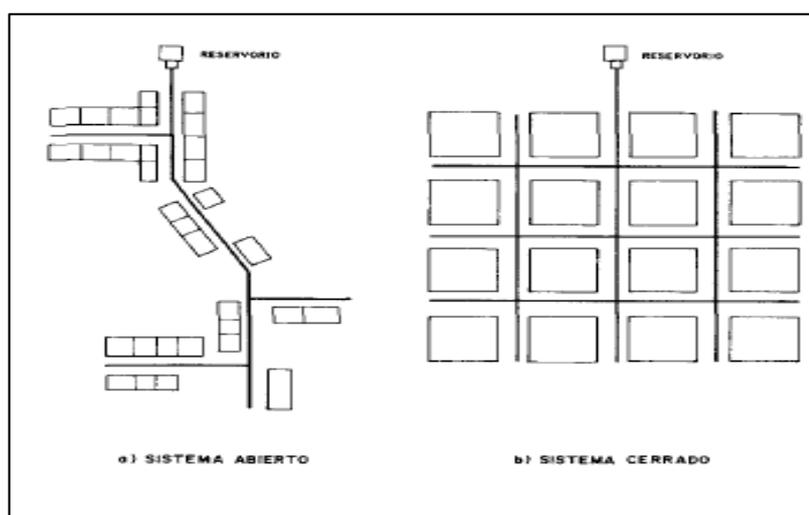


Figura 35: Tipos de Redes. (Fuente: Agua potable para poblaciones rurales, Sistema de abastecimiento por gravedad).

1.3.4.7.6. Criterios de diseño

a. Redes malladas

Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando circuitos cerrados o mallas. Cada tubería que reúna dos nudos debe tener la posibilidad de ser seccionada y

desaguada independientemente, de forma que se pueda proceder a realizar una reparación en ella sin afectar al resto de la malla. Para ello se debe disponer a la salida de los dos nudos válvulas de corte.

El caudal en el nudo es:

$$Q_i = Q_p * P_i$$

Donde:

Q_i : Caudal en el nudo “i” en l/s.

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

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

Donde:

Q_t : Caudal máximo horario en l/s.

P_t : Población total del proyecto en hab.

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

Para el análisis hidráulico del sistema de distribución, puede utilizarse el método de Hardy Cross o cualquier otro equivalente.

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

El flujo total que llega a un nudo es igual al que sale.

La pérdida de carga entre dos puntos a lo largo de cualquier camino es siempre la misma.

Estas condiciones junto con las relaciones de flujo y pérdida de carga nos dan sistemas de ecuaciones, los cuales pueden ser resueltos por cualquiera de los métodos matemáticos de balanceo.

En sistemas anillados se deben admitir errores máximos de cierre:

De 0,10 mca de pérdida de presión como máximo en cada malla y/o simultáneamente debe cumplirse en todas las mallas.

De 0,01 l/s como máximo en cada malla y/o simultáneamente en todas las mallas.

Se recomienda el uso de un caudal mínimo de 0,10 l/s para el diseño de los ramales. La presión de funcionamiento (OP) en cualquier punto de la red no debe descender por debajo del 75% de la presión de diseño (DP) en ese punto.

Tanto en este caso como en las redes ramificadas, se debe adjuntar memoria de cálculo, donde se detallen los diversos escenarios calculados:

Para caudal mínimo.

Caudal máximo.

Presión mínima.

Presión máxima.

b. Redes ramificadas

Constituida por tuberías que tienen la forma ramificada a partir de una línea principal; aplicable a sistemas de menos de 30 conexiones domiciliarias

En redes ramificadas se debe determinar el caudal por ramal a partir del método de probabilidad, que se basa en el número de puntos de suministro y en el coeficiente de simultaneidad. El caudal por ramal es:

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

Donde:

Q_{ramal} : Caudal de cada ramal en l/s.

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

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

Donde:

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

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

Si se optara por una red de distribución para piletas públicas, el caudal se debe calcular con la siguiente expresión:

$$Q_{\text{pp}} = N * \frac{D_c}{24} * C_p * F_u \frac{1}{E_f}$$

Donde:

Q_{pp} : Caudal máximo probable por pileta pública en l/h.

N : Población a servir por pileta. Un grifo debe abastecer a un número máximo de 25 personas).

D_c : Dotación promedio por habitante en l/hab.d.

C_p : Porcentaje de pérdidas por desperdicio, varía entre 1,10 y 1,40.

E_f : Eficiencia del sistema considerando la calidad de los materiales y accesorios. Varía entre 0,7 y 0,9.

F_u : Factor de uso, definido como $F_u = 24/t$. Depende de las costumbres locales, horas de trabajo, condiciones climatológicas, etc. Se evalúa en función al tiempo real de horas de servicio (t) y puede variar entre 2 a 12 horas. (**Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento, 2018, p. 128**).

1.3.4.7.7. Válvula de Control

Las cámaras donde se instalarán las válvulas de control deben permitir una cómoda construcción, pero además la correcta operación y mantenimiento del sistema de agua, además de regular el caudal en diferentes sectores de la red de distribución.

La estructura que alberga será de concreto simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Los accesorios serán de bronce y PVC.” (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento, 2018, p. 132).

1.3.3.7.1.1. Memoria de Cálculo Hidráulico

- ✓ “La ubicación y cantidad de válvulas de control se determinan con la finalidad de poder aislar un tramo o parte de la red en caso de reparaciones o ampliaciones.
- ✓ En poblaciones concentradas deben proveerse de una válvula de ingreso a la red y en los puntos donde exista un ramal de derivación importante.
- ✓ Se recomienda una sección interior mínima de 0,60 x 0,60 m, tanto por facilidad constructiva como para permitir el alojamiento de los elementos.
- ✓ El cierre de la cámara será estanco y removible, para facilitar las operaciones de mantenimiento.” (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento, 2018, p. 132).

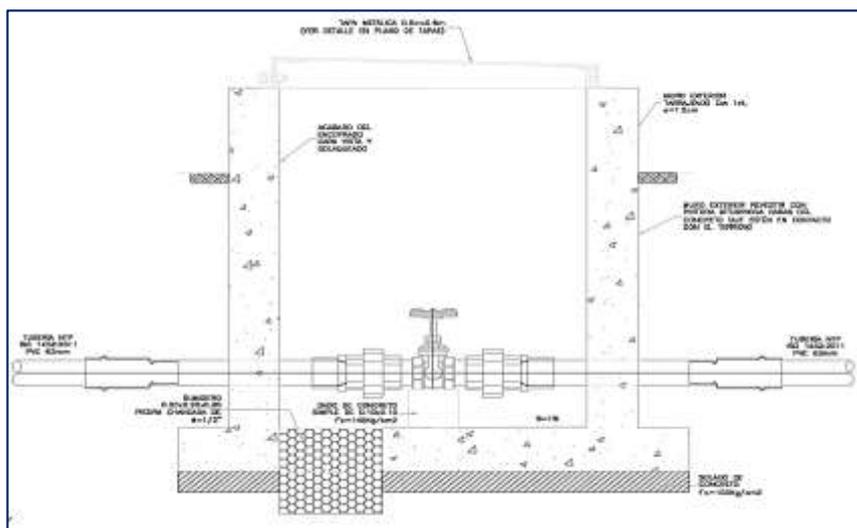


Figura 36: Cámara de válvula de control para red de distribución. (Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento).

1.3.4.8. Conexión Domiciliaria

Cuando el suministro se realice mediante redes de distribución, cada vivienda debe dotarse de una conexión predial y de esta conexión hasta la UBS y el lavadero multiusos.

Se debe ubicar al frente de la vivienda y próxima al ingreso principal.

El diámetro mínimo de la conexión domiciliaria debe ser de 15 mm (1/2”).

La conexión debe contar con los siguientes elementos:

Elementos de toma: mediante accesorios tipo TEE y reducciones.

Elemento de conducción: es la tubería de conducción que empalma desde la transición del elemento de toma hasta la conexión predial, ingresando a ésta con una inclinación de 45°.

Elemento de unión con la instalación interior: para facilitar la unión con la instalación interna del predio se debe colocar a partir de la cara exterior de la caja un niple de 0.30 m; para efectuar la unión, el propietario obligatoriamente debe instalar al ingreso y dentro de su predio una llave de control.

La conexión domiciliaria se realizará a través de una caja prefabricada de concreto u material termoplástico, e ir apoyada sobre el solado de fondo de concreto.” (Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para. Sistemas de Saneamiento, 2018, p. 134).

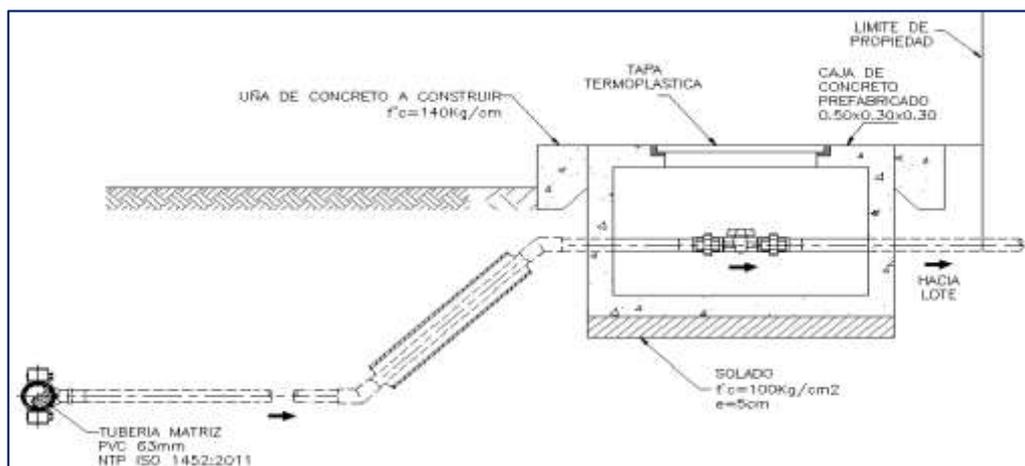


Figura 37: Conexión domiciliaria. (Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento).

1.3.5. Marco Conceptual: Terminología básica

1.3.5.1. Agua Subterránea.

Agua localizada en el subsuelo y que generalmente requiere de excavación para su extracción.

1.3.5.2. Calidad de Agua.

Características físicas, químicas, y bacteriológicas del agua que la hacen aptas para el consumo humano, sin implicancias para la salud, incluyendo apariencia, gusto y olor.

1.3.5.3. Población de diseño

Número de habitantes que se espera tener al final del período de diseño

1.3.5.4. Caudal Máximo Diario.

Caudal más alto en un día, observado en el periodo de un año, sin tener en cuenta los consumos por incendios, pérdidas, etc.

1.3.5.5. Caudal Máximo Diario Horario.

Se define como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo.

1.3.5.6. Golpe de ariete.

Se denomina a la sobrepresión que reciben las tuberías, por efecto del cierre brusco del flujo de agua.

1.3.5.7. Nivel de Carga Estática.

Representa la carga máxima a la que puede estar sometida una tubería al agua cuando se interrumpe bruscamente el flujo.

1.3.5.8. Afluente

Agua que entra a una unidad de tratamiento, o inicia una etapa, o el total de un proceso de tratamiento.

1.3.5.9. Cloro residual.

Es la cantidad total de cloro (cloro disponible libre y/o combinado) que queda en el agua después de un periodo de contacto definido.

1.3.5.10. Efluente.

Agua que sale de un depósito o termina una etapa o el total de un proceso de tratamiento.

1.3.5.11. Filtración.

Es un proceso terminal que sirve para remover del agua los sólidos o materia coloidal más fina, que no alcanzó a ser removida en los procesos anteriores.

1.3.5.12. Metales pesados

Se refiere a cualquier elemento químico metálico que tiene una densidad relativamente alta y es tóxico o venenoso en concentraciones bajas.

1.3.5.13. Tratamiento de agua.

Remoción por métodos naturales o artificiales de todas las materias objetables presentes en el agua, para alcanzar las metas especificadas en las normas de calidad de agua para consumo humano.

1.3.5.14. Caja de filtro.

Estructura dentro de la cual se emplaza la capa soporte y el medio filtrante, el sistema de drenaje, el sistema colector del agua de lavado, etc.

1.3.5.15. Redes de distribución.

Conjunto de tuberías principales y ramales distribuidores que permiten abastecer de agua para consumo humano a las viviendas

1.3.5.16. Ramal distribuidor.

Es la red que es alimentada por una tubería principal, se ubica en la vereda de los lotes y abastece a una o más viviendas

1.3.5.17. Tubería Principal.

Es la tubería que forma un circuito de abastecimiento de agua cerrado y/o abierto y que puede o no abastecer a un ramal distribuido

1.3.5.18. Conexión Domiciliaria de Agua Potable.

Conjunto de elementos sanitarios incorporados al sistema con la finalidad de abastecer de agua a cada lote.

1.3.5.19. Vida útil

Tiempo en el cual la infraestructura o equipo debe funcionar adecuadamente, luego del cual debe ser reemplazado o rehabilitado.

1.4. Formulación del problema

¿Cómo influye el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable en mejorar la calidad del agua que consumen los pobladores del centro poblado San Juan de Pacayzapa?

1.5. Justificación del estudio

Sabemos que el agua, como fuente de vida, es de gran importancia para el desarrollo de una sociedad, la falta de este recurso hídrico pone en riesgo la integridad física de las personas, y el centro poblado San Juan de Pacayzapa no se encuentra ajena a esta realidad, ya que no cuenta un servicio de agua que garantice el bienestar de sus pobladores, en la actualidad cuenta con un servicio de abastecimiento de agua que no está basado en los parámetros de la ingeniería, ante este problema es necesario realizar una investigación para conocer la calidad de la fuente natural de agua y los estudios necesarios para el diseño del sistema de abastecimiento de agua del centro poblado San Juan de Pacayzapa, para así dar el bienestar y la seguridad a las familias, para la satisfacción de su necesidad por el consumo de agua saludable.

1.5.1. Justificación teórica

Para realizar esta investigación, se utilizaron teorías relacionadas en el campo de la hidrología, topografía, hidráulica que nos ayudaran a encontrar datos exactos y confiables para la propuesta del sistema de abastecimiento.

Valor Teórico: Permitirá ampliar conocimientos sobre la calidad de agua que es consumida actualmente, las características topográficas de la zona, la cantidad de población actual, información que garantiza que los resultados servirán a los entes interesados como una herramienta que ayude a realizar un buen aprovechamiento de este recurso hídrico.

1.5.2. Justificación Metodológica

El trabajo de investigación se efectuó de acuerdo a los pasos que se siguen en la investigación científica, lo que nos llevó a desarrollar procedimientos y técnicas de investigación como: Revisión bibliográfica de la zona de estudio, recolección de datos hidrológicos, y la utilización de conocimientos en la estadística, todo esto se realizó con el fin de establecer una metodología de investigación en el análisis del problema, que en consecuencia nos dirija a conclusiones que son críticas y que nuestras recomendaciones ayuden al manejo del recurso hídrico.

1.5.3. Justificación Técnica

Utilizar los recursos tecnológicos que sean necesarios para llevar a cabo la investigación, definir la fuente de abastecimiento, captación, almacenamiento, las curvas de nivel comprendidas en esta zona, definir las pendientes, presiones, caudales afluentes y efluentes, posteriormente realizar el diseño del sistema de abastecimiento.

1.5.4. Justificación Práctica

Esta investigación nos permite conocer las condiciones reales en las que se encuentra el centro poblado San Juan de Pacayzapa, por la carencia de un sistema de abastecimiento de agua.

1.5.5. Justificación social

Se necesita para ello tener un acercamiento con la sociedad, hablar con las personas más antiguas del pueblo y recolectar antecedentes orales que nos puedan brindar, generando confianza y bienestar en la sociedad debido a la realización de esta investigación.

1.6. Hipótesis

El diseño hidráulico del sistema de abastecimiento agua potable permite contar con una alternativa de solución para un servicio eficiente; así mismo, mejorará la calidad del agua que consumen en la actualidad los pobladores del Centro Poblado San Juan de Pacayzapa, distrito de Alonso de Alvarado, provincia de Lamas-Región San Martín.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

- Realizar el diseño hidráulico de un sistema de Abastecimiento de agua potable para mejorar la calidad del agua que consumen los pobladores del centro poblado San Juan de Pacayzapa.

1.7.2. Objetivo específico

- Identificar la fuente principal para abastecimiento de agua a la población.

- Realizar los estudios de cantidad y calidad del agua, correspondientes para su debido tratamiento y potabilización para el consumo humano.
- Realizar estudios topográficos en la zona, para determinar la configuración y cotas del terreno, así como, la ubicación de todos los componentes.
- Diseñar los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable: captación, línea de conducción, planta de tratamiento, almacenamiento, aducción y red de distribución.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Diseño de investigación

La investigación se llevará a cabo en cuatro etapas:

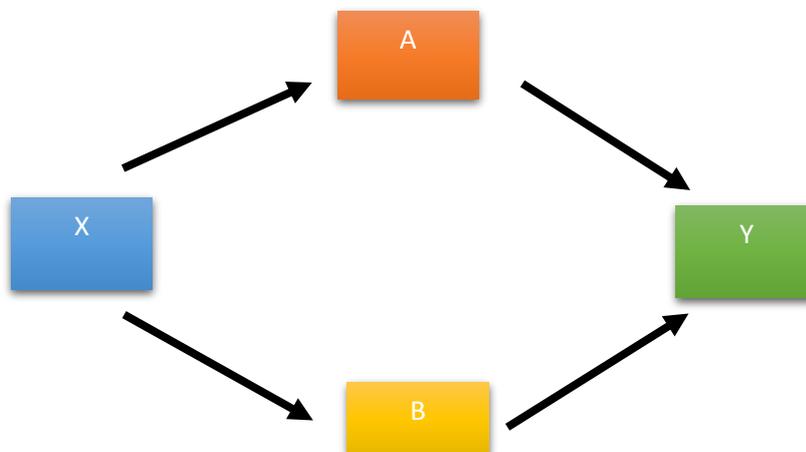
En la primera etapa, se harán visita a la zona (reconocimiento de las calles en estudio), variando los días de visita para estar pendiente de los constantes cambios climáticos que se tiene en dicha zona y así tener la dimensión e importancia de la obra que se está construyendo.

En la segunda etapa de la investigación, se tomarán los datos que se consideren necesario en campo por ejemplo la cantidad de familias que residen en esta zona, el clima, tipo de utilización del agua, etc.

La tercera etapa consistirá en la ejecución de ensayos y pruebas de laboratorio siguiendo las especificaciones técnicas que se necesiten. Estos estudios nos permitirán efectuar los posteriores métodos y sistemas que se requieran para el saneamiento básico de agua potable en el centro poblado San Juan de Pacayzapa; como por ejemplo el agua, la fuente de captación, el sistema de distribución, etc.

La última etapa de la investigación se evaluará e interpretarán los métodos obtenidos mediante los ensayos y pruebas que se efectuaron para el posterior sistema de saneamiento en el centro poblado San Juan de Pacayzapa.

El diseño de investigación es el siguiente:



Donde:

X: Situación de la Investigación en la fase de estudio

A: estudios para determinar el caudal de diseño

B: estudios de ingeniería para fundamentar el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento en la zona.

Y: resultado del estudio de evaluación, que presenta la alternativa de solución.

2.2. Variables, operacionalización

2.2.1. Sistema de Variables

2.2.1.1. Variable Independiente

Diseño hidráulico del Sistema de Abastecimiento de agua potable.

2.2.1.2. Variable Dependiente

Mejorar la calidad del agua que consumen los pobladores del centro poblado San Juan de Pacayzapa.

2.2.1. Operacionalización de Variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Diseño hidráulico del Sistema de Abastecimiento de agua potable	Es la actividad económica encaminada a cubrir las necesidades de consumo de una unidad económica en tiempo, forma y calidad, aplicándose muy especialmente cuando ese sujeto económico es una ciudad.	Es aquella que facilita que el agua avance desde el punto de captación hasta el de distribución en condiciones aptas para su consumo.	La fuente de abastecimiento	Caudal	Nominal
			La cantidad de agua	Dotación	
			Población futura.	Cantidad de población	
Mejorar la calidad del agua que consumen los pobladores del centro poblado San Juan de Pacayzapa.	la calidad del agua se funda en la investigación de las características fisicoquímicas de la fuente ya sea subterránea, superficial o de precipitación pluvial. Para verificar si el agua es o no apta para el consumo humano.	Se considera de buena calidad cuando es salubre y limpia es decir cuando no contiene microorganismos patógenos ni contaminantes a niveles capaces de afectar adversamente la salud de los consumidores.	Características físicas	Turbidez	Nominal
			Características químicas	PH (potencial de hidrogeno)	
			Características bacteriológicas	Coliformes totales	

2.3. Población y muestra

2.3.1. Universo.

Estará compuesto por todos los sistemas de abastecimiento de agua potable del Departamento de San Martín.

2.3.2. Población.

Está compuesto por la población futura del centro poblado San Juan de Pacayzapa.

2.3.3. Muestra.

Está compuesto por la dotación diaria para los habitantes del centro poblado San Juan de Pacayzapa.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas

- **El análisis de Documentos:** Esta técnica nos permitirá obtener la información necesaria respecto a la investigación en la cual se sustentará la misma.

2.4.2. Instrumentos

Para la recolección de información de la presente investigación se utilizará:

- **La lista de cotejo:** Lista que contendrá datos de los últimos censos poblacionales obtenidos del INEI (Compendio Estadístico San Martín 2017), así mismo se recaudó información de la cantidad de población específicamente del centro poblado San Juan de Pacayzapa para el cálculo de la tasa de crecimiento y la población de diseño. Se recaudó también información de las enfermedades que padecen los pobladores por el consumo de agua sin tratamiento con la que cuentan actualmente.

2.4.3. Validación y confiabilidad del instrumento

La validación y confiabilidad del instrumento durante el proceso de la investigación se basa en la obtención de la información y/o datos con certeza y reales de entidades públicas, mediante la supervisión y consulta a expertos en los temas relacionados a la investigación, a fin de procesar la información y obtener resultados de acuerdo a los parámetros ya definidos en la normas y a criterios experimentales. Entre aquellos datos utilizados como fuentes confiables tenemos a SENAMHI, INEI, así como los programas de ingeniería como AUTOCAD 2018, AUTOCAD CIVIL 3D 2018, WATER CAD v10.00, a los parámetros a

los cuáles serán aplicadas las variables de estudio y poder realizar los cálculos y operaciones matemáticas complejas mediante el uso dinámico del Excel.

2.5. Métodos de análisis de datos

Luego de recopilar y cotejar la información de la fuente de los informantes y de campo se realizó el análisis de los datos de forma computarizada empleando el apoyo de programas de ingeniería, como es el caso del programa de dibujo automatizado AutoCAD 2018, AutoCAD Civil 3D 2018 para el procesamiento de la información topográfica, así mismo se empleó el programa WaterCAD v10.00 para procesar los datos de la red de distribución. Se toman en cuenta el análisis mediante fórmulas expuestas en el marco teórico, se empleó el programa Microsoft Excel, con la cual generar hojas de cálculo que hicieron más factible y rápido el diseño hidráulico y su exposición a través del programa de textos Microsoft Word.

2.5.1. Bases de Diseño Sistema de Agua Potable

Es considerada la fase más importante de todo proyecto, ya que determina los parámetros y dimensiones reales con los cuáles se diseñan las estructuras, por ello es necesario establecer con exactitud dichos parámetros para el beneficio de la zona en estudio tales como: población actual, población futura y el periodo de diseño.

El presente estudio está constituido por los diferentes elementos que forman parte del sistema de abastecimiento de agua y que serán diseñadas de acuerdo a la función que cumple cada uno de ellos, dando al sistema la factibilidad de poder entregar un buen producto siendo en este caso la materia en cuestión “el agua”.

Para los diseños que exige la presente tesis se empleará el documento de “OBRAS DE SANEAMIENTO”, el cuál es una información completa brindado por el REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, y que sirve de guía para la formulación de proyectos presentes en el Perú de manera exitosa.

La elaboración de un proyecto de agua potable amerita de tres parámetros básicos, los cuáles rigen el diseño óptimo de todo sistema de abastecimiento de agua potable.

- Periodo de diseño.
- Población de diseño.
- Caudal de diseño.

2.5.2. Cálculo de Parámetros de Diseño

2.5.2.1. Periodo de diseño

Cuando se trata de diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable, es obligatorio fijar la vida útil de todos los componentes del sistema. Se denomina periodo de diseño del proyecto al número de años para el cual se diseña una obra de abastecimiento de agua potable considerando que durante ese periodo se proporcionara un servicio de calidad y eficiente, sin incurrir en costos innecesarios y optimizando la economía del proyecto sin descuidar los elementos técnicos y de sostenibilidad. El periodo de diseño del proyecto se define basado en el requerimiento previsible de la población el monto de las inversiones y las necesidades de operación. Su elección debe apoyarse en un estudio previo de posibilidades financieras de la población, de la vida útil estimada para los materiales y del equipo para operar el sistema.

Factores de importancia en esta determinación son:

- Vida útil de las estructuras y equipo tomados en cuenta obsolescencia, desgaste y daños.
- Ampliaciones futuras y planeaciones de las etapas de construcción del proyecto.
- Cambios en el desarrollo social y económico de la población: La fijación de un período de diseño está íntimamente ligado a factores económicos y su asignación está ajustado a criterios económicos, los cuales están regidos por los costos de construcción que inducirán a mayores o menores periodos de inversión, para atender la demanda que el crecimiento poblacional obliga.
- Comportamiento hidráulico: El análisis hidráulico de las obras cuando no estén funcionando a su plena capacidad.
- Tendencias de crecimiento de la población: el crecimiento poblacional es función de factores económicos y sociales. Un sistema de abastecimiento de agua debe de propiciar y estimular el desarrollo, no de frenarlo. De acuerdo a las tendencias de crecimiento de la población es conveniente elegir periodos de diseño más largos para crecimientos lentos y viceversa.

La determinación de la capacidad del sistema de abastecimiento de agua de una comunidad debe ser dependiente de su costo total capitalizado. Generalmente estos sistemas se diseñan y se construyen para satisfacer una población mayor que la actual (población futura).

El periodo considerado para el diseño del presente proyecto es de 20 años con un año de inicio determinada, llegando a cúspide o límite.

Año de Inicio = 2019

Año Límite = 2039

2.5.2.2. Exploración de campo y entrevistas

De acuerdo a la primera fase del estudio se hizo una supervisión técnica situacional del Centro poblado San Juan de Pacayzapa, para conocer las condiciones actuales en las cuales se encuentra la zona y verificar la factibilidad del diseño a elaborarse.

Se realizaron entrevistas, para poder elaborar un padrón de usuarios. Se obtuvo la cantidad de los usuarios en el año de estudio mostrado en el **Cuadro 2**, cantidad total de las viviendas que prevalecen en el centro poblado San Juan de Pacayzapa, y la cantidad de habitantes por vivienda.

La formulación de encuestas (**Anexo N° 03**) permite conocer con precisión la cantidad de población en el centro poblado San Juan de Pacayzapa, población futura, a fin de prevenir y evitar errores en los dimensionamientos de las estructuras a proyectarse, ya que se encuentra ligados factores de desarrollo social, económico, de una sociedad en pleno crecimiento.

Cuadro 2

Población beneficiaria del Proyecto

Población Beneficiaria del Proyecto						
Región-Provincia	Distrito	Sector	Área	Viviendas (a)	Hab/viv (b)	Habitantes 2019 (a×b)
San Martín-Lamas	Alonso de Alvarado	San Juan de Pacayzapa	Rural	290	4.47	1296
Instituciones Publicas				8		
Total				298		1296

Fuente: Empadronamiento del Centro poblado San Juan de Pacayzapa. Anexo N° 03.

2.5.2.3. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento viene a ser uno de los parámetros más importantes, como antes lo habíamos mencionado, para la obtención de la población futura de diseño en un proyecto de ingeniería como es el sistema de agua potable en un espacio de tiempo o periodo de diseño de los elementos que conforman el estudio en cuestión.

La tasa de crecimiento poblacional se obtuvo de los datos de la fuente INEI, ya que no se cuenta con los datos poblacionales en el Centro poblado San Juan de Pacayzapa. Se consideró la siguiente fórmula para la obtención de la tasa de crecimiento poblacional:

$$r = \left[\frac{P_f}{P_i} \right]^{1/(T_f - T_i)} - 1$$

Donde:

r : Tasa de crecimiento poblacional promedio anual (Porcentual)

P_f : Población Nominalmente Censada de 2017

P_a : Población Nominalmente Censada de 2007

T_f-T_i : Años transcurridos entre censos

La corroboración del resultado obtenido con respecto a la tasa de crecimiento poblacional se presenta en tablas de la fuente Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI.

Cuadro 3

Tasa de crecimiento

País	Departamento	Provincia	Distrito	Tema	Sub Tema	Descripción	Clase	Total
							Medidas	Valor
Perú	San Martín	Lamas	Alonso De Alvarado	Demográfico	General	Tasa de Crecimiento de la población (1993-2007)		3.87

Fuente: INEI

La tasa de crecimiento utilizada es la tasa de crecimiento distrital (3.87%), por ser la que más se ajusta a las características demográficas actuales de la zona de estudio.

2.5.2.4. Población Actual

Se realizó el empadronamiento en la respectiva área de estudio, elaborado en el centro poblado San Juan de Pacayzapa, que pertenece al distrito de Aloanso de Alvarado. Se recopiló la información en las visitas de campo. **Anexo n° 02**

Los resultados del empadronamiento son los siguientes:

Población Actual = Habitantes Correspondientes al Año 2019

Población Actual = 1296 Habitantes

Densidad = 4.47 hab/viv

2.5.2.5. Población de Diseño

Se consideró con el Método Aritmético, empleando la población beneficiaria obtenida de las encuestas de empadronamiento del 2019 como año de inicio para una proyección considerada de 20 años como periodo de diseño (Año de inicio 2019-Año Límite 2039) observado en el **Cuadro 4**, la población de diseño en el Centro poblado San Juan de Pacayzapa será:

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

$$P_{f2039} = 1296 * \left(1 + \frac{3.87 * 20}{100} \right)$$

$$P_{f2039} = 2299 \text{ hab.}$$

Cuadro 4

Cálculo de la Población de diseño, periodo 20 años por el Método Aritmético – centro poblado San Juan de Pacayzapa.

Año	Aritmético (hab.)
2019	1296
2020	1346
2021	1396
2022	1446
2023	1497
2024	1547
2025	1597
2026	1647
2027	1697
2028	1747
2029	1798
2030	1848
2031	1898
2032	1948
2033	1998
2034	2048
2035	2098
2036	2149
2037	2199
2038	2249
2039	2299

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2.6. Dotación y Caudal de Diseño

Para la elaboración de un proyecto de sistema de suministro de agua potable, es necesario establecer la cantidad requerida, esto exige obtener información precisa sobre el número de habitantes que serán atendidos a la necesidad del recurso y su consumo de agua per cápita, se realizó un análisis de los principales factores que pueden afectar al consumo directamente; entre estos podemos nombrar: tamaño de la población, desarrollo, educación, cultura, clima, hábito de consumo de agua de los pobladores, finalidad de uso, etc.

La demanda de agua es aquella cantidad de agua potable consumida cotidianamente para satisfacer las necesidades básicas del recurso para el consumo y uso de los pobladores, incluye los siguientes consumos: domestico, comercial, industrial, publico, consumo por desperdicios y fugas; para fines de diseño se los expresa en lt/hab./día.

El consumo de agua de una población se obtiene dividiendo el volumen total de agua que se utiliza en un año sobre el número de habitantes de la misma y para el número de días del año. Constituido por el consumo familiar de agua destinada para beber, lavado de ropa, baño y aseo personal, cocina, limpieza, riego de jardín, adecuado funcionamiento de las instalaciones sanitarias.

2.5.2.6.1. Dotación de Agua

La dotación es la cantidad de agua que satisface las necesidades diarias de consumo de cada integrante de una vivienda, las dotaciones de agua según la opción tecnológica para la disposición sanitaria de excretas y la región en la cual se implemente son: los valores indicados en el cuadro 6:

Cuadro 5

Dotación de agua

REGIÓN	DOTACIÓN SEGÚN TIPO DE OPCION TECNOLÓGICA (l/hab.d)	
	SIN ARRASTRE HIDRÁULICO (COMPOSTERA Y HOYO SECO VENTILADO)	CON ARRASTRE HIDRÁULICO (TANQUE SÉPTICO MEJORADO)
COSTA	60	90
SIERRA	50	80
SELVA	70	100

Fuente: Norma Técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural

Cuadro 6

Dotación de agua para centros educativos

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

Fuente: Norma Técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural

Considerando que la disposición sanitaria de excretas sea con arrastre hidráulico y la región (selva), se recomienda una dotación de 100 Lt. /Hab. /Día,

La zona de estudio también comprende los niveles de educación como son los de inicial, primaria y secundaria de la I.E 0638, para ello se considera una dotación extra de 20 Lt./Alum./Día y 25 Lt./Alum./Día. En conclusión, se sumarán todos los caudales promedio (Qp).

2.5.2.6.2. Caudal de Diseño

2.5.2.6.2.1. Cálculo del Caudal Promedio Diario Anual (Q p.)

- **Cálculo del Caudal Promedio Diario Anual – Viviendas (Q p1.)**

➤ Dotación = 100 lts./hab./día.

➤ Caudal Promedio Diario Anual (Q p.1)

$$Q_{p1} = \frac{Pf \times D}{86400} \quad \text{En l/s}$$

Dónde:

Q p1. = Caudal promedio diario anual por habitante, en l/s.

Pf = Población futura.

D = Dotación en litros/ habitantes - día.

86400 = segundos que tiene un día.

$$Q_{p1} = \frac{2299 \times 100}{86400}$$

$$Q_{p1} = 2.66 \text{ l/s}$$

- **Cálculo del Caudal Promedio Diario Anual – Alumnos (Q p.2)**

INSTITUCIONES EDUCATIVAS	Alumnos		Docentes
	Hombres	Mujeres	
I.E. Inicial San Juan de Pacayzapa	11	8	2
I.E. Primaria San Juan de Pacayzapa	70	63	7
I.E. Secundaria San Juan de Pacayzapa	58	56	7
TOTAL	139	127	16

Fuente: ESCALE/MINEDU- 2019

➤ Caudal Promedio Diario Anual (Q p.2)

$$Q_{p.2} = \frac{N^{\circ}Alum.x D}{86400} \quad \text{En l/s}$$

Dónde:

Q p.2 = Caudal promedio diario anual por alumno, en l/s.

N° Alum.= Número total de alumnos.

D = Dotación en litros/ Alumno - día.

86400 = segundos que tiene un día.

$$Q_{p.2} = \frac{21 \times 20}{86400} + \frac{140 \times 20}{86400} + \frac{121 \times 25}{86400}$$

$$Q_{p.2} = 0.07 \text{ lts /seg}$$

• Cálculo del Caudal Promedio Diario Anual – instituciones públicas (Q p.3)

$$Q_{p.3} = \frac{N^{\circ}ip.x DxDens}{86400} \quad \text{En l/s}$$

- Dónde:
- Q p.3 = Caudal promedio diario anual de instituciones públicas, en l/s.
- N° ip.= Número de instituciones publicas
- D = Dotación en litros/ Alumno - día.
- Dens = Densidad poblacional
- 86400 = segundos que tiene un día.

$$Q_{p.3} = \frac{6 \times 100 \times 4.47}{86400}$$

$$Q_{p.3} = 0.03 \text{ lts /seg}$$

- Por lo tanto el Caudal promedio diario anual será:

$$Q_{p.(TOTAL)} = Q_{p.1} + Q_{p.2} + Q_{p.3}$$

$$Q_{p.(TOTAL)} = 2.76 \text{ l /s}$$

2.5.2.6.2.2. Cálculo del Caudal Máximo Diario (Qm.d) y Máximo Horario (Qm.h.)

Con este valor de consumo obtenido, calculamos los caudales máximo diario y horario con las variaciones de consumo, para lo cual utilizaremos factor de amplificación para que sea más conservador; los factores son: K1= 1.30, empleado para el Caudal Máximo Diario; K2 = 2.00 para el Caudal Máximo Horario de donde obtenemos los siguientes valores.

- Caudal Máximo Diario (Q m.d.)

$$Q_{m.d.} = Q_p. \times k_1$$

Dónde:

Q m.d. = Caudal máximo Diario, l/s

Q p. = Caudal promedio diario, en l/s

K₁ = coeficiente de variación diaria, se aplica 1.3

$$Q_{m.d.} = 2.76 \times 1.30$$

$$Q_{m.d.} = 3.59 \text{ lts/seg}$$

- Caudal Máximo Horario (Q m.h.)

$$Q_{m.h.} = Q_p. \times 2.00$$

Dónde:

Q m.h. = Caudal máximo Horario, l/s

Q p. = Caudal promedio diario, en l/s

K₂ = coeficiente de variación horaria, se aplica 2.

$$Q_{m.h.} = 2.76 \times 2.00$$

$$Q_{m.h.} = 5.53 \text{ lts/seg}$$

2.5.2.6.3. Caudal Disponible en la Fuente

Según las características, condiciones de la fuente, tablas estadísticas de las variaciones del caudal (presentes en el **Anexo N° 06**) en la zona de la captación trabajamos con los siguientes datos:

$$\text{Caudal Máximo (Época de Máximas Avenidas)} = \mathbf{0.093 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

$$\text{Caudal Mínimo (Época de Estiaje)} = \mathbf{0.052 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

De los resultados anteriores se considera para el diseño el caudal de máxima avenida de la Fuente de Abastecimiento, es decir el Caudal máximo, ya que este sería considerado el más crítico.

$$\text{Caudal Máximo de la Fuente} = \mathbf{0.093 \text{ m}^3/\text{seg}}$$

Las condiciones de la fuente están en óptimas condiciones para la captación.

2.5.3. Cálculo de los Componentes del Sistema de Agua Potable

2.5.3.1. Captación

2.5.3.1.1. Barraje Fijo Sin Canal De Derivación

2.5.3.1.2. Ancho del encauzamiento

Caudal de diseño:

$$\begin{aligned} Q &= 0.00359 \text{ m}^3/\text{s} \\ Br &= 6.00 \text{ m Ancho del Río} \\ S &= 0.001 \text{ Pendiente del Río} \end{aligned}$$

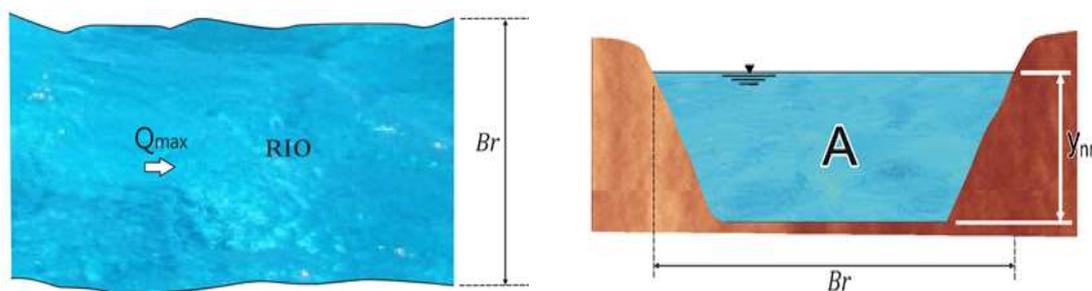


Ilustración 1: Ancho del encauzamiento. (Fuente: Programa Nacional de Saneamiento).

2.5.3.1.3. Tirante del Río

Tirante Normal del Río

n	=	0.05	Material considerado
Br	=	6.00 m	Ancho del Río
Qrio	=	0.093 m ³ /s	Caudal que transporta del Río
Srio	=	0.0010	Pendiente del Río
g	=	9.81	m/s ²

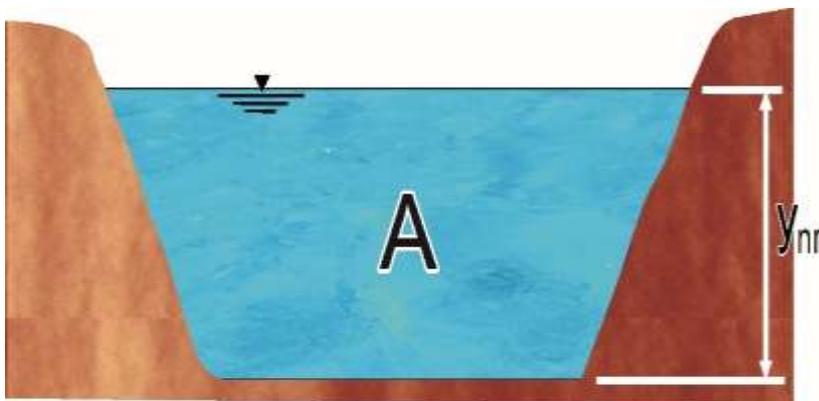


Ilustración 2: Tirante del Río. (Fuente: Programa Nacional de Saneamiento).

Luego por tanteo

$$Q_R = \frac{A^{\frac{5}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n \cdot P^{\frac{2}{3}}} = \frac{(B_r \cdot Y_{nr})^{5/3} \cdot S^{1/2}}{n(2Y_{nr} + B)^{2/3}}$$

Cuadro 7

Verificación de Tirante del Río

QR	Br	n	S	Ynr	Q	QR - Qi = 0
0.093	6.00	0.04	0.010	0.495	3.99	0.01
						OK

Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural

Entonces $Y_{nr} = 0.495 \text{ m} = 0.50 \text{ m}$

También tirante crítica Y_c

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Qr^2}{g \cdot Br^2}} \rightarrow Y_c = 0.356 \text{ m} = 0.36 \text{ m}$$

Cálculo de velocidad media del Río

$$V_r = \frac{Qr}{A_r} \rightarrow V_r = 1.33 \text{ m/s}$$

$$A_r = y_{nr} \cdot B_r \rightarrow A_r = 3.00 \text{ m}^2$$

2.5.3.1.4. Cresta Creager

Cálculo de Diseño de la Cresta Creager

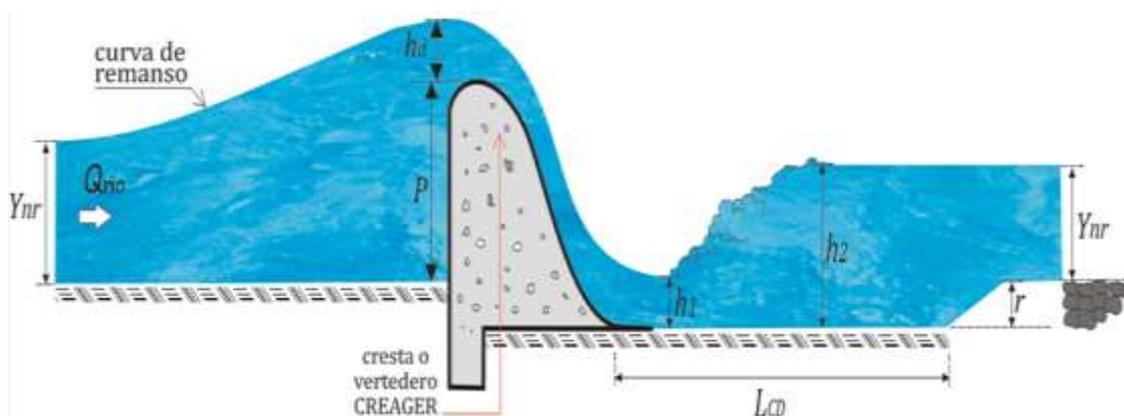


Ilustración 3: Cálculo de diseño de la Cresta Creager. (Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural).

Carga sobre el barraje

$$Q = \frac{2}{3} (u \cdot b \cdot \sqrt{2g}) \left[\left(h_d + \frac{v^2}{2g} \right)^{3/2} - \left(\frac{v^2}{2g} \right)^{3/2} \right]$$

Dónde:

u	:	Coef. Según forma de la cresta	u = 0.75
b	:	Ancho del encausamiento	b = 6.00 m
v	:	Velocidad de acercamiento del Río	v = 1.33 m/s
g	:	Gravedad	g = 9.81 m/s ²
hd	:	Altura de carga hidráulica o tirante de agua sobre la cresta del vertedero.	

hd = 0.35 m (por tanteo)

Q = 3.52 m³/s

Cálculo de la velocidad de agua sobre la cresta del azud

$$Q = V_H \cdot A \rightarrow V_H = \frac{Q}{A}$$

$$A = b \cdot h d$$

$$A = 2.10 \text{ m}^2 \quad V_H = 1.68 \text{ m/s}$$

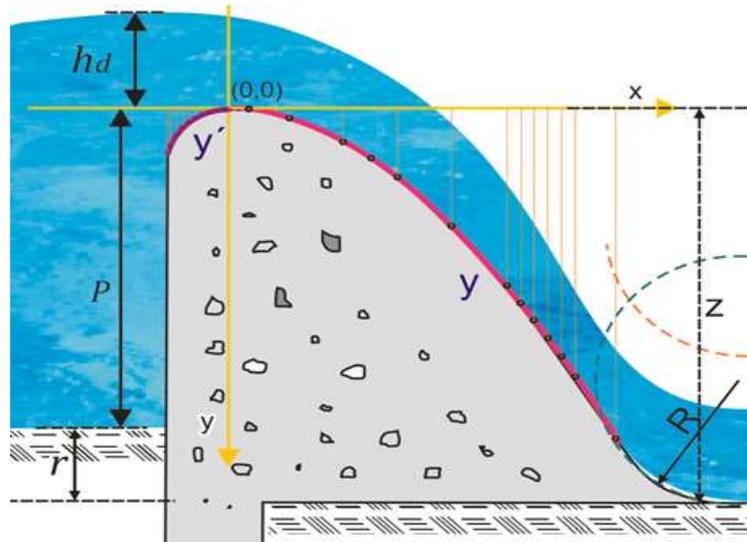


Ilustración 4: Cálculo Velocidad sobre la Cresta del Azud.
(Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural).

Cresta del barraje

$$hd = 0.35 \text{ m}$$

$$0.282xh_d = 0.099 \text{ m}$$

$$0.175xh_d = 0.061 \text{ m}$$

Luego:

$$y' = 0.724 \cdot \left(\frac{x + 0.27h_d}{hd^{0.35}} \right)^{1.85} + 0.126 h_d - 0.4315 h_d^{0.375} \cdot (x + 0.27 h_d)^{0.625}$$

$$y = \frac{x^{1.85}}{2 \cdot hd^{0.85}}$$

Cuadro 8

Valores Perfil Creager-Curva Y'

y'	
x	y
-0.07	-0.019
-0.06	-0.016
-0.05	-0.014
-0.04	-0.014

Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural

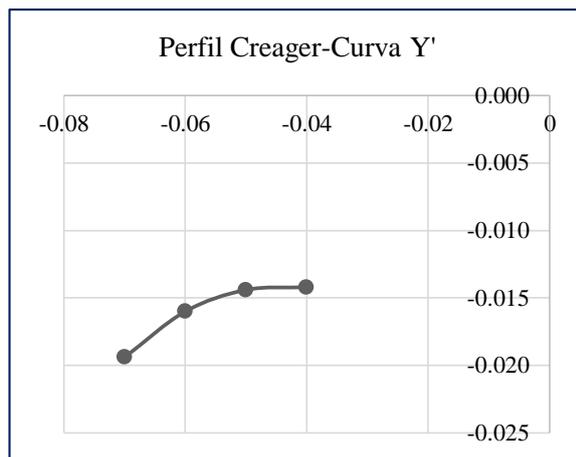


Grafico 1: Curva Creager Y'. (Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural).

Cuadro 9

Valores Perfil Creager-Curva Y

y	
x	y
0.01	-0.0002
0.05	-0.0048
0.20	-0.0621
0.40	-0.2240
0.50	-0.3385
0.60	-0.4743
0.80	-0.8077
1.00	-1.2204
1.05	-1.3357
1.10	-1.4558
1.15	-1.5805
1.20	-1.7100
1.25	-1.8441
1.40	-2.2743

Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural

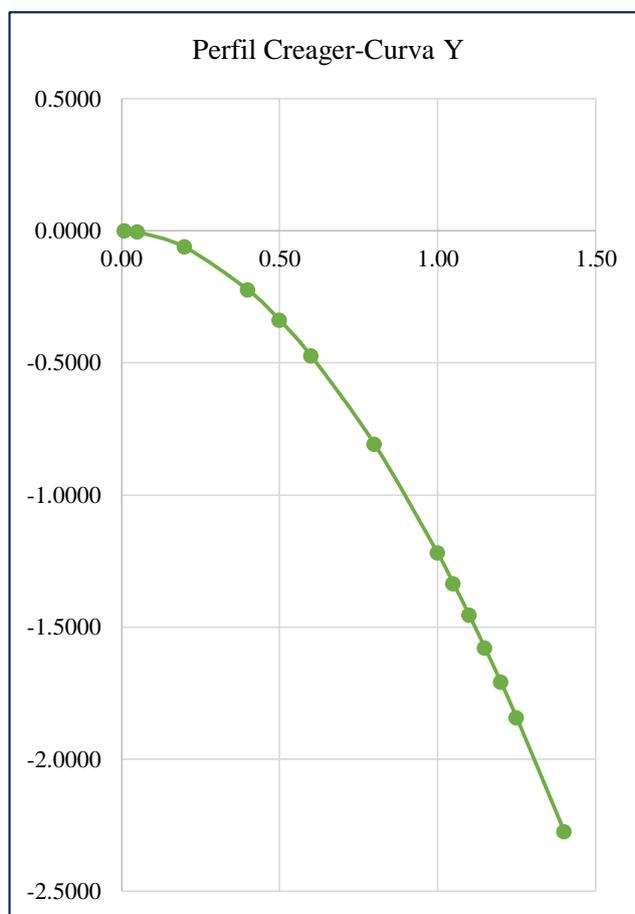


Grafico 2: Perfil Creager – Curva Y. (Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural).

Altura del azud

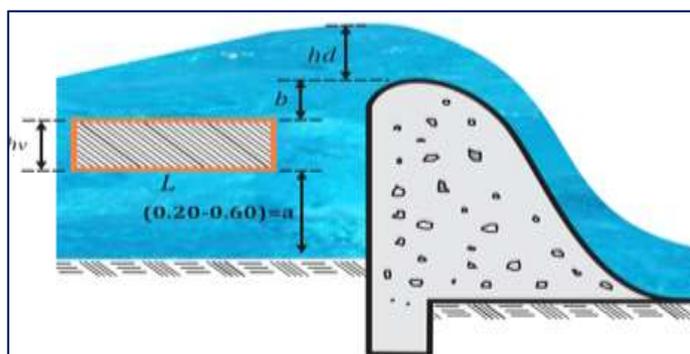


Ilustración 5: Altura del Azud. (Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural).

Dónde:

Z	=	Altura del vertedero (m)
Br	=	Ancho del encauzamiento (m)
Q	=	Caudal máximo de diseño
a	=	Altura del umbral del vertedero de captación (m)
hv	=	Altura de la ventana de captación (m)
P	=	Altura del Azud (m)
b	=	Corrige efectos de oleaje y de coeficientes de a formula (m)

Tabla 1

Valores Recomendados Asumidos

VALORES RECOMENDADOS

P		r	
b	hv	a	$r \leq 1.00$
0.20	0.1	0.6	0.60

Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural

$$z = P + r \dots \text{Condición}$$

$$P = 0.90 \text{ m}$$

$$Z = 1.50 \text{ m}$$

Dimensionamiento del canal de derivación

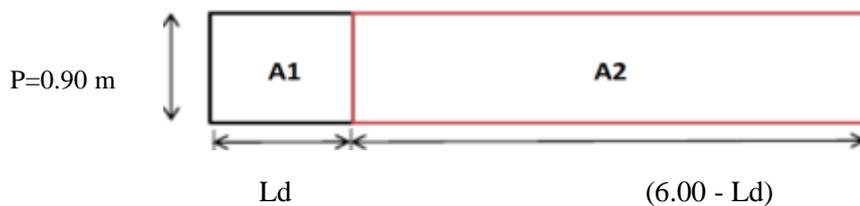
Por relación de áreas

El área hidráulica del canal desarenador tiene una relación de 1/10 del área obstruida por el aliviadero.

$$A_1 = \frac{A_2}{10}$$

Dónde:

N de pilares = 1
 A1 = Área del barraje móvil
 A2 = Área del barraje fijo
 Numero de componente = 1.00



$$A_1 = P \times Ld$$

$$A_2 = P (6.00 - Ld)$$

Reemplazando valores tenemos que:

$$0.90 \times Ld = 0.90 \times (6.00 - Ld) / 10$$

$$Ld = 0.55\text{ m}$$

Se asume $Ld = 0.80\text{ m}$

Entonces:

$$(6.00 - Ld) = 5.20\text{ m}$$

2.5.3.1.5. Diseño del Colchón Disipador

Calculo de h1

De acuerdo a la figura:

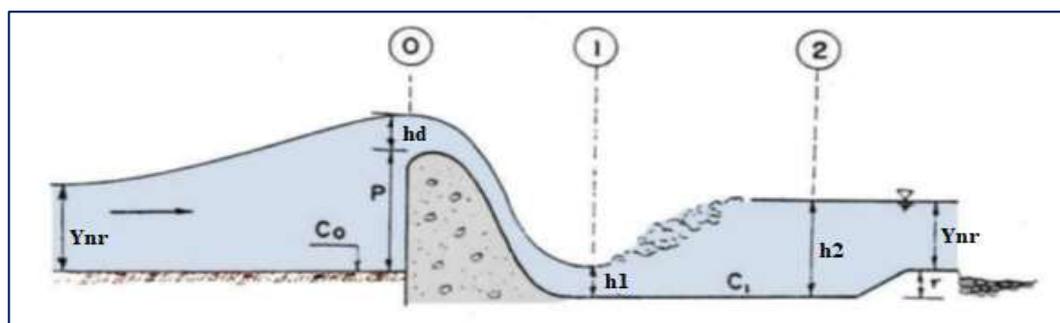


Ilustración 6: Parámetros Hidráulicos

$$E_o = C_o + P + h_d + \frac{VH^2}{2g}$$

$$E1 = C1 + h1 + V1^2 / 2g$$

Par Bernoulli: $Eo = E1 + hf_{0-1}$

Reemplazando en Bernoulli:

$$Co + P + hd + VH^2 / 2g = C1 + h1 + V1^2 / 2g + hf_{0-1}$$

$$V1^2 / 2g = Co - C1 + P + hd - h1 + VH^2 / 2g - hf_{0-1}$$

$$V1 = (2g \times (Co - C1 + P + hd - h1 + VH^2 / 2g - hf_{0-1}))^{1/2}$$

Donde:

Co : cota del terreno en 0

C1 : cota del colchón disipador

P : altura del barraje

hd : altura de lámina vertiente

h1 : tirante del río al pie del talud

hf₀₋₁ : pérdida por fricción entre 0 y 1

VH : velocidad en la cresta del barraje vertedero

V1 : velocidad al pie del talud

Para resolver es necesario asumir ciertos valores tales como:

$$r = (Co - C1), 0.35 \text{ m}$$

$$h_{fo-1} = (0.1 \times VH^2 / 2g), (\text{en m.})$$

$$h1 \geq 0.1 \text{ m.}$$

Reemplazando

$$V1 = (2g \times (r + p + hd - h1 + 0.9 \times VH^2 / 2g))^{1/2}$$

$$V1 = (2 \times 9.81 \times (0.60 + 0.90 + 0.35 - h1 + 0.9 \times 1.33^2 / 2 \times 9.81))^{1/2}$$

Este valor calculado por la ecuación necesita una comprobación, ya que:

$$V1 = Q1 / A1 = Q1 / (b1 \cdot h1) = 4.20 / (6 \times h1)$$

$$V1 = 0.7 / h1$$

Reemplazando la ecuación se tiene:

$$V_1 = 4.67 \text{ m/s}$$

El valor encontrado se reemplaza en la ecuación

$$h_1 = 0.15 \text{ m}$$

Cálculo de tirante conjugado mayor (h_2)

$$h_2 = -\frac{h_1}{2} + \sqrt{\frac{h_1^2}{2} + \frac{2 * V_1^2 * h_1}{g}}$$

$$h_2 = -\frac{0.15}{2} + \sqrt{\frac{0.15^2}{2} + \frac{2 * 4.67^2 * 0.15}{9.81}}$$

$$h_2 = 0.75 \text{ m}$$

Comprobando:

$$h_2 \leq Y_{nr} + r$$

$$0.75 \leq 1.1 \quad (\text{ok})$$

Longitud del colchón Disipador

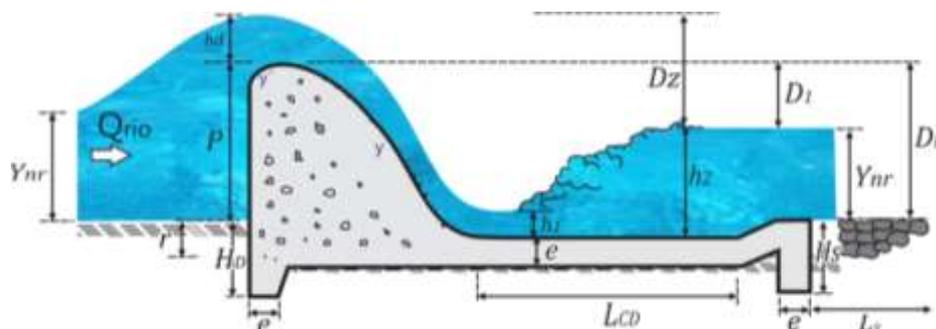


Ilustración 7: Cálculo Longitud Colchón Disipador. (Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural).

$$L = 4 * h_2 = 3.00 \text{ m}$$

Longitud promedio:

$$L = 5 * (h_2 - h_1) = 3.00 \text{ m}$$

$$L_{cd} = 3.20 \text{ m}$$

$$F_1 = v_1 / (g * h_1)^{0.5} = 3.74 \text{ m}$$

$$L = 6 * h_1 * F_1 = 3.460 \text{ m}$$

Tomamos $L_{cd} = 3.20 \text{ m}$

Cálculo de la longitud de protección y enrocado

$$L_s = 0.6 C.D^{1/2} \left[1.12 \left(\frac{q.D_b}{D_1} \right)^{1/2} - 1 \right]$$

$C = 4-8$ para gravas y arenas

$C = 5$ se considera: $P = 0.90$ m ; $Y_{nr} = 0.50$ m

$$D_1 = P - Y_{nr} \rightarrow D_1 = 0.40$$
 m

$$D_b = D_1 + Y_{nr} \rightarrow D_b = 0.90$$
 m

$$q = \frac{Q_{\text{río}}}{B_r} \rightarrow q = 0.67 \text{ m}^3/\text{s}$$

Reemplazando:

$L_s = 2.22$ m

Se considera: $L_s = 2.00$ m

$D_z = (P + h_d - Y_{nr}) = 0.80$ m

$HD = D_z = 0.80$ m

$$H_s = K \cdot \sqrt{q \sqrt{D_z} - Y_{nr}}$$

H_s , es la profundidad del dentello del colchón disipador aguas abajo para evitar la socavación de la quebrada. Según VYSGO:

K ; encontramos en la tabla con:

$$\frac{L_s}{Y_n} = 4.44 \text{ m} \quad K = 1.4$$

Reemplazando:

$H_s = 0.58$ m Tomamos para este caso 0.80 m

Cálculo del radio de enlace

$$R = 10 \left[\frac{V^1 + 6.4 \cdot h_d}{3.6 h + 64} \right]$$

Dónde:

R = Radio de enlace (m)

V = velocidad en 1(pie/s) = 15 pies/s

h_d = (pies) = 1.15 pies

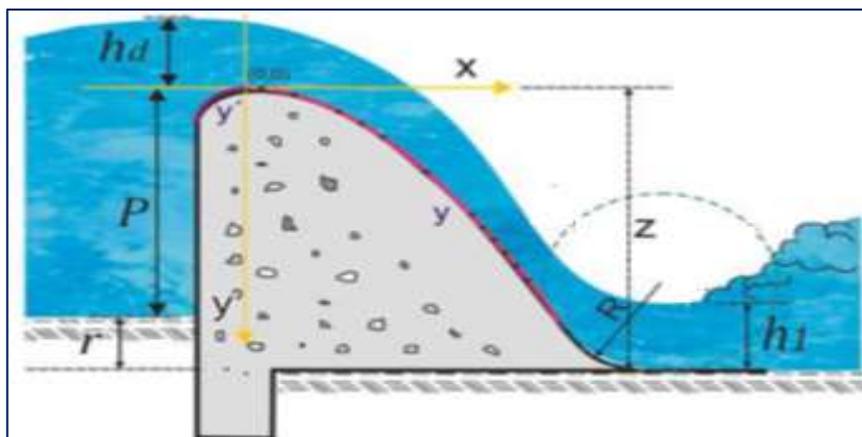


Ilustración 8: Cálculo Radio de Enlace ($V_1 > 1.5$ m/s). (Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural).

Dónde:

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{Q}{h_1 \cdot B_r}$$

$$V_1 = 4.44 \text{ m/s}$$

$$V_1 = 15 \text{ pie/s}$$

Reemplazando

$$R = 0.28 \text{ m}$$

2.5.3.1.6. Bloque de amortiguamiento

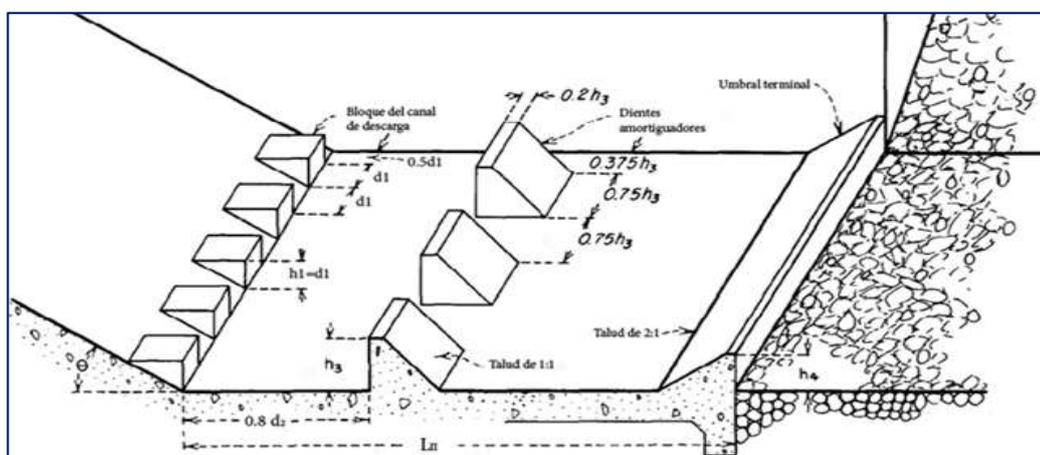


Ilustración 9: Esquema Bloques de Amortiguamiento. (Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural).

Datos:

$$h_1 = 0.15$$

$$F = 3.85$$

De la ilustración 9 del libro Bocatomas-Ing. Msc. José Arbulu Ramos

Ubicación de los dientes amortiguadores

$$d_2 = \frac{L_c}{1.071 + 0.358F - 0.025F^2 + 0.00055F^3}$$

$$d_2 = \frac{3.6}{1.071 + 0.358 * 5.28 - 0.025 * 5.28^2 + 0.00055 * 5.28^3}$$

$$d_2 = 1.53$$

Altura de los bloques amortiguadores y del umbral terminal

$$h_3 / h_1 = 1.40$$

$$h_3 = 0.21 \text{ m}$$

$$h_4 / h_1 = 1.25$$

$$h_4 = 0.19 \text{ m}$$

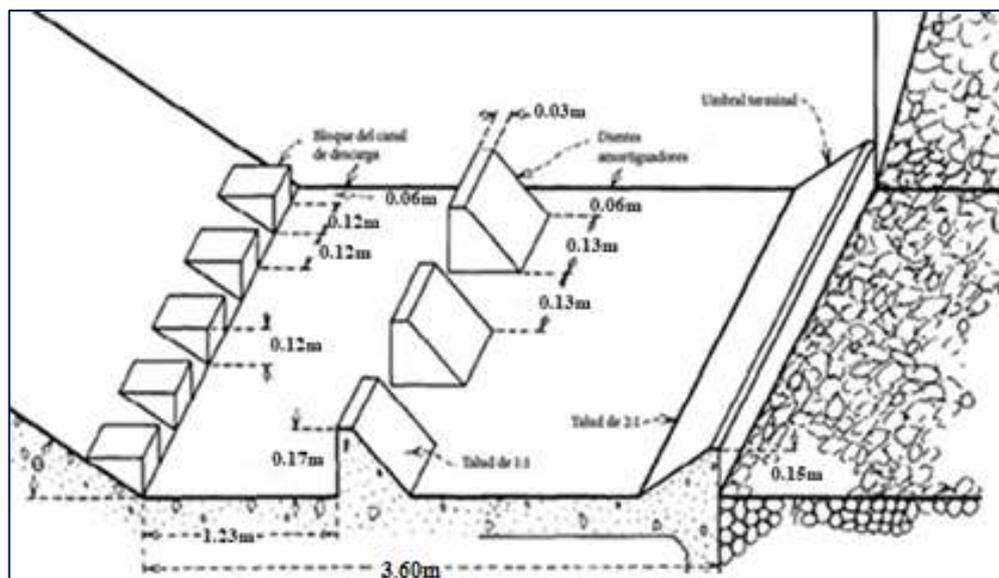


Ilustración 10: Bloques de Amortiguamiento. (Fuente: Elaboración propia).

2.5.3.1.7. Diseño de Ventana de Captación

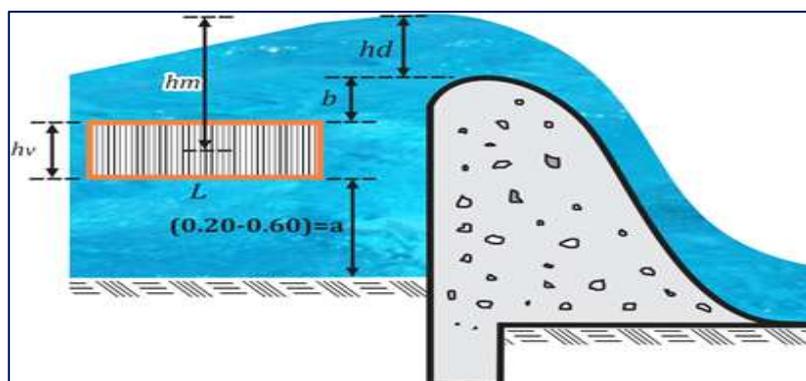


Ilustración 11: Esquema Ventana Captación. (Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural).

Cálculo de la selección de la ventana

Tenemos la ecuación general para un orificio

Nº ventanas = 1.00

$$Q_o = C.A.(2.g.h_m)^{1/2}$$

Dónde:

Qd = Caudal de derivación

Qo = Caudal del orificio de descarga

C = Coef del vertedero

g = Gravedad

hm = Altura desde el medio de la ventana hasta N.A

Qd = 0.0035 m³/s

Qo = 0.0035 m³/s

C = 0.6

g = 9.81 m/s²

hm = 0.60m

h_v = Alto de la ventana

$h_v = 0.10\text{m}$ (Se estima 0.10-0.30m)

L = Longitud de la ventana

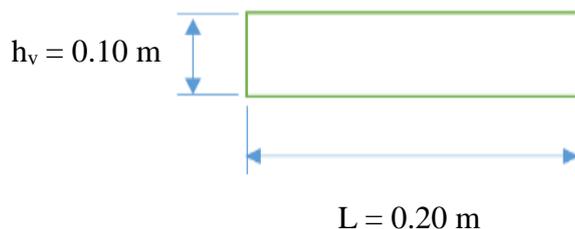
A = Área de la ventana = $h_v \times L = 0.10 \times L$

Despejando:

$$L = \frac{Q_o}{C \cdot h_v \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_m}}$$

$$L = 0.017 \text{ m}$$

Consideramos para este caso el ancho de la ventana $L = 0.20\text{m}$



2.5.3.2. Línea de Conducción

2.5.3.2.1. Diseño Hidráulico De La Línea De Conducción

A continuación, se muestra el cálculo de las presiones aplicando la fórmula de Hazen – Williams.

2.5.3.2.2. Tramo km 0+000 - km 0+400 (Captación – PTAP)

- Caudal De Diseño (Q_{md})

$$Q_{md} = 3.59 \text{ L/s}$$

$$Q_{md} = 0.00359 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Cota Piezométrica En Captación (C_{0PZ})

$$C_{0PZ} = 1090.85 \text{ m. s. n. m}$$

- Cota De Terreno En PTAP (C_{TN})

$$C_{TN} = 1066.40 \text{ m. s. n. m}$$

- Longitud de la tubería (L)

$$L = 400.00 \text{ m}$$

- Tipo de Tubería (Tub.)

$$Tub. = PVC \ C - 10$$

- Coeficiente De Hazen – Williams ($C_{H\&W}$)

$$C_{H\&W} = 150 \dots \dots (tuberia PVC)$$

- Diámetro Nominal ($\emptyset Nm$)

$$\emptyset Nm = 3 \text{ pulg.}$$

- Diámetro Interior ($\emptyset Int$)

$$\emptyset Int = 81.40 \text{ mm.}$$

- Área(A_{\emptyset})

$$A_{\emptyset} = \frac{\pi * \emptyset Int^2}{4} m^2$$

$$A_{\emptyset} = \frac{\pi * 0.0814^2}{4} m^2$$

$$A_{\emptyset} = 0.0052 m^2$$

- Velocidad (V)

$$V = \frac{Qmd}{A_{\emptyset}} m/s$$

$$V = \frac{0.00359}{0.0052} m/s$$

$$V = 0.69 m/s$$

- Perdida De Carga En El Tramo (hf_{0-1})

$$hf_{0-1} = 10.674 * \left(\frac{Qmd^{1.852}}{C_{H\&W}^{1.852} * D^{4.86}} \right) * L$$

$$hf_{0-1} = 10.674 * \left(\frac{0.00359^{1.852}}{150^{1.852} * 0.0814^{4.86}} \right) * 400$$

$$hf_{0-1} = 2.33 \text{ m}$$

- Calculo De La Cota Piezométrica En PATP (C_{PZ})

$$C_{PZ} = C_{0PZ} - hf_{0-1}$$

$$C_{PZ} = 1090.85 - 2.33$$

$$C_{PZ} = 1088.52 \text{ m. s. n. m.}$$

- Presión En La Tubería En PTAP (P_{PTAP})

$$P_{PTAP} = C_{PZ} - C_{TN}$$

$$P_{PTAP} = 1088.52 - 1066.40$$

$$P_{PTAP} = 22.12 \text{ m. c. a}$$

2.5.3.2.3. Tramo km 0+400 - km 1+820 (PTAP-CRP)

- Caudal De Diseño (Qmd)

$$Q_{md} = 3.59 \text{ L/s}$$

$$Q_{md} = 0.00359 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Cota Piezométrica de salida En PTAP (C_{PTAP})

$$C_{PTAP} = 1066.40 \text{ m. s. n. m}$$

- Cota De Terreno En CRP (C_{TN})

$$C_{TN} = 1018.25 \text{ m. s. n. m}$$

- Longitud de la tubería (L)

$$L = 1420.00 \text{ m}$$

- Tipo de Tubería (Tub.)

$$Tub. = PVC \text{ C} - 10$$

- Coeficiente De Hazen – Williams ($C_{H\&W}$)

$$C_{H\&W} = 150 \dots \dots (\text{tubería PVC})$$

- Diámetro Nominal ($\emptyset Nm$)

$$\emptyset Nm = 3 \text{ pulg.}$$

- Diámetro Interior ($\emptyset Int$)

$$\emptyset Int = 81.40 \text{ mm.}$$

- Área (A_{\emptyset})

$$A_{\emptyset} = \frac{\pi * \emptyset Int^2}{4} \text{ m}^2$$

$$A_{\emptyset} = \frac{\pi * 0.0814^2}{4} m^2$$

$$A_{\emptyset} = 0.0052 m^2$$

- Velocidad (V)

$$V = \frac{Qmd}{A_{\emptyset}} m/s$$

$$V = \frac{0.00359}{0.0052} m/s$$

$$V = 0.69 m/s$$

- Perdida De Carga En El Tramo (hf_{1-2})

$$hf_{0-1} = 10.674 * \left(\frac{Qmd^{1.852}}{C_{H\&W}^{1.852} * D^{4.86}} \right) * L$$

$$hf_{0-1} = 10.674 * \left(\frac{0.00359^{1.852}}{150^{1.852} * 0.0814^{4.86}} \right) * 1420$$

$$hf_{1-2} = 8.26 m$$

- Cálculo De La Cota Piezométrica En CRP (C_{PZ})

$$C_{PZ} = C_{TN} - hf_{1-2}$$

$$C_{PZ} = 1066.40 - 8.26$$

$$C_{PZ} = 1058.14 m. s. n. m.$$

- Presión En La Tubería En CRP (P_{CRP})

$$P_{CRP} = C_{PZ} - C_{TN}$$

$$P_{CRP} = 1058.14 - 1018.25$$

$$P_{CRP} = 39.89 m. c. a$$

2.5.3.2.4. Tramo km 1+820 - km 3+531 (CRP – Reservorio)

- Caudal De Diseño (Qmd)

$$Qmd = 3.59 L/s$$

$$Qmd = 0.00359 m^3/s$$

- Cota Piezométrica de salida En CRP (C_{CRP})

$$C_{CRP} = 1018.25 \text{ m. s. n. m}$$

- Cota De Terreno En RESERVORIO (C_{TN})

$$C_{TN} = 1001.52 \text{ m. s. n. m}$$

- Longitud de la tubería (L)

$$L = 1711.00 \text{ m}$$

- Tipo de Tubería (Tub.)

$$Tub. = PVC \text{ C} - 10$$

- Coeficiente De Hazen – Williams ($C_{H\&W}$)

$$C_{H\&W} = 150 \dots \dots \dots (\text{tuberia PVC})$$

- Diámetro Nominal ($\emptyset Nm$)

$$\emptyset Nm = 3 \text{ pulg.}$$

- Diámetro Interior ($\emptyset Int$)

$$\emptyset Int = 81.40 \text{ mm.}$$

- Área (A_{\emptyset})

$$A_{\emptyset} = \frac{\pi * \emptyset Int^2}{4} m^2$$

$$A_{\emptyset} = \frac{\pi * 0.0814^2}{4} m^2$$

$$A_{\emptyset} = 0.0052 m^2$$

- Velocidad (V)

$$V = \frac{Qmd}{A_{\emptyset}} m/s$$

$$V = \frac{0.00359}{0.0052} m/s$$

$$V = 0.69 m/s$$

- Perdida De Carga En El Tramo (hf_{2-3})

$$hf_{2-3} = 10.674 * \left(\frac{Qmd^{1.852}}{C_{H\&W}^{1.852} * D^{4.86}} \right) * L$$

$$hf_{2-3} = 10.674 * \left(\frac{0.00359^{1.852}}{150^{1.852} * 0.0814^{4.86}} \right) * 1711$$

$$hf_{2-3} = 11.6 \text{ m}$$

- Cálculo De La Cota Piezométrica En RESERVORIO (C_{PZ})

$$C_{PZ} = C_{CRP} - hf_{2-3}$$

$$C_{PZ} = 1018.25 - 11.60$$

$$C_{PZ} = 1006.25 \text{ m. s. n. m.}$$

- Presión En La Tubería En RESERVORIO (P_R)

$$P_R = C_{PZ} - C_{TN}$$

$$P_R = 1006.65 - 1001.52$$

$$P_R = 5.13 \text{ m. c. a}$$

2.5.3.3. Planta de Tratamiento de Agua Potable

2.5.3.3.1. Sedimentador

Datos de diseño:

Caudal máximo diario	$Q_d =$	4 l/s	
Caudal máximo diario	$Q_d =$	0.004 m ³ /s	
Número de unidades	$N =$	2	
Caudal unitario	$q_d =$	0.002 m ³ /s	
Ancho del sedimentador	$B =$	2.5 m	
Altura del sedimentador	$H =$	1.5 m	1.5 - 2.5 m
Tasa de decantación superficial	$q_s =$	8.6 m ³ /m ² .d	2 - 10 m ³ /m ² .d
Pendiente de fondo de sedimentador	$S =$	10 %	≥10%
Pendiente de fondo canal de limpieza	$S' =$	5 %	5 - 10 %
Velocidad de paso entre orificios	$V_o =$	0.1 m/s	≤ 0.15
Diámetro de orificio	$d_o =$	0.0254 m	
Tasa de producción de lodo	$q_l =$	0.01 L.L/s	
Altura de pantalla difusora	$h =$	0.90 m	
Longitud de la zona de entrada	$L_1 =$	1.00 m	

Procedimiento de cálculo

Pantalla difusora

Área total de orificios	$A_o =$	q_d/V_o	0.02	m ²
Área de cada Orificio	$a_o =$	$[(d_o)^2 \cdot 3.1416]/4$	0.0005	m ²
Numero de orificios	$N' =$	A_o/a_o	40	
Altura útil de pantalla difusora	$h_u =$	$h - h/4 - h/5$	0.57	
Numero de filas	$n_f =$		5	
Numero de columnas	$n_c =$	N'/n_f	9	
Espaciamiento entre filas	$a_1 =$	h_u/n_f	0.23	m
Espaciamiento entre columnas	$a_2 =$	h_u/n_c	0.23	m

Zona de sedimentación

Velocidad de sedimentación	$V_s =$	$q_s/86400$	0.0001	m/s
Área Superficial	$A_s =$	q_d/V_s	20.09	m ²
Largo del sedimentador	$L =$	A_s/B	8.10	m
Relación Largo/Ancho	$R =$	L/B	3.24	3-6
Relación Largo/Profundidad	$r =$	L/H	5.40	5-20
Longitud total del sedimentador	$L_t =$	$L + L_1$	9.10	m
Velocidad Horizontal	$V_h =$	$100 \cdot q_d / (B \cdot H)$	0.053	cm/s ≤ 0.55
Relación V_h/V_s	$r' =$	$V_h \cdot 0.01 / V_s$	5.4	5-20
Tiempo de retención	$T_o =$	$A_s \cdot H / (3600 \cdot q_d)$	4.19	horas
Altura Máxima	$H_m =$	$H + S \cdot L / 100$	2.31	m

2.5.3.3.2. Prefiltros de grava

El pretratamiento utilizando prefiltros de grava para disminuir la carga de material en suspensión antes de la filtración en arena consta de varias cámaras llenas de piedras de diámetro decreciente, en las cuales se retiene la materia en suspensión con diámetro mayor a 10 mm.

El caudal de diseño es el caudal máximo diario.

$$Q_{md} = \boxed{4.00} \text{ lps}$$

$$Q_{md} = \boxed{0.004} \text{ m}^3/\text{seg}$$

El número de unidades a diseñarse será

$$N = \boxed{2} \text{ unidades}$$

Velocidad optima de filtración:

$$V_f = \boxed{0.80} \text{ m/hora}$$

Area de filtración

$$A = \frac{3600 * Q}{N * V_f} = \boxed{9.00} \text{ m}^2$$

Considerando la profundidad de la grava de $H = \boxed{2.00} \text{ m}$.

Entonces el ancho de la unidad será B:

$$B = \frac{A}{H} = \boxed{4.50} \text{ m.}$$

Adoptamos $\boxed{B = 4.50 \text{ m.}}$

VALORES EXPERIMENTALES DEL MODULO DE EMPEDIMIENTO

VELOC.	DIAMETROS (cm)					
	TERCERO		SEGUNDO		PRIMERO	
m/hr	1 -- 2		2 -- 3		3 -- 4	
0.1	1.000	1.400	0.700	0.900	0.400	0.800
0.2	0.700	1.000	0.600	0.800	0.300	0.700
0.3	0.650	0.950	0.500	0.750	0.275	0.650
0.4	0.600	0.900	0.400	0.700	0.250	0.600
0.5	0.575	0.875	0.375	0.675	0.225	0.575
0.6	0.550	0.850	0.350	0.650	0.200	0.550
0.7	0.525	0.825	0.325	0.625	0.175	0.525
0.8	0.500	0.800	0.300	0.600	0.150	0.500

Dimensionamiento de la unidad

PRIMER TRAMO:

Para la grava de 3 a 4 cm. Se obtiene $l = \boxed{0.33}$ y considerando una turbiedad máxima con $\boxed{500}$ U.T., y para el efluente una turbiedad con $\boxed{250}$ U.T.

$$L1 = \frac{-\ln (cl/co)}{l}$$

Siendo:

- cl = Turbiedad de salida (UN)
 co = Turbiedad de entrada (UN)
 Li = Longitud del tramo i del Pre-Filtro
 l = Modulo de Impedimento

Reemplazando valores

$$L1 = 2.13 \text{ m.}$$

Adoptamos,

$$L_1 = 2.15 \text{ m.}$$

SEGUNDO TRAMO:

Para la grava de 2 a 3 cm. Se obtiene $\theta = 0.45$ y considerando una turbiedad máxima $co = 250$ U.T., y para el efluente una turbiedad $cl = 100$ U.T.

$$L2 = \frac{-\ln (cl/co)}{l} = 2.04 \text{ m.}$$

Adoptamos,

$$L_2 = 2.05 \text{ m.}$$

TERCER TRAMO:

Para la grava de 1 a 2 cm. Se obtiene $\theta = 0.65$ y considerando una turbiedad máxima $co = 100$ U.T., y para el efluente una turbiedad $cl = 50$ U.T.

$$L3 = \frac{-\ln (cl/co)}{l} = 1.07 \text{ m.}$$

Adoptamos,

$$L_3 = 1.10 \text{ m.}$$

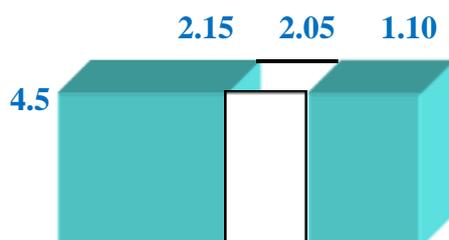
Longitud total de la unidad,

$$L = L1 + L2 + L3$$

Reemplazando valores:

$$L = 5.30 \text{ m. (Longitud total de la Unidad).}$$

Dimensiones internas por unidad



2.5.3.3.3. Filtro Lento de Arena

2.5.3.3.1.1. Caudal de diseño y tasas de trabajo

- Caudal de diseño

$$Q_d = 4.00 \text{ l/s.}$$

- Número de unidades

$$N = 2 \text{ und.}$$

- Caudal unitario de diseño

$$Q_{du} = \frac{Q_d}{N}$$

$$Q_{du} = \frac{4.00}{2}$$

$$Q_{du} = 2.00 \text{ l/s}$$

- Coeficiente de funcionamiento

$$C = 1.00$$

- Relación de mínimo costo(K)

$$K = \frac{2 * N}{N + 1}$$

$$K = \frac{2 * 2}{2 + 1}$$

$$K = 1.33$$

- Velocidad de Filtración (V_f)

– Filtración lenta : 0.10 – 0.30 m/h

$$\therefore V_f = 0.24 \text{ m/h}$$

- Turbiedad del agua cruda (T_0)

$$T_0 = 21 \text{ UNT}$$

- Aceleración de la gravedad (g)

$$g = 9.81 \text{ m/seg}^2$$

2.5.3.3.1.2. Dimensionamiento del Filtro

- Área Superficial del Filtro (A_s)

$$A_s = \frac{Q_{du} * 3600}{V_f}$$

$$A_s = \frac{2.00 * 3600}{0.24}$$

$$A_s = 30.00 \text{ m}^2$$

- Ancho de la Unidad (B)

$$B = \sqrt{\left(\frac{A_s}{K}\right)}$$

$$B = \sqrt{\left(\frac{30.00}{1.33}\right)}$$

$$B = 4.75 \text{ m}$$

$$\therefore B = 4.80 \text{ m}$$

- Largo de la Unidad (L)

$$L = \sqrt{A_s * K}$$

$$L = \sqrt{30 * 1.33}$$

$$L = 6.32 \text{ m}$$

$$\therefore L = 6.40 \text{ m}$$

- Velocidad de filtración real

$$V'_f = \frac{Q_{du} * C * 3.6}{B * L}$$

$$V'_f = \frac{2 * 1.00 * 3.6}{4.80 * 6.40}$$

$$V'_f = 0.23 \frac{\text{m}}{\text{hrs}}$$

- Borde libre (B)

$$h_B = 0.20 \text{ m}$$

- Altura de ladrillo colocado de cabeza

$$h_L = 0.10 \text{ m}$$

- Altura máxima del agua sobre el lecho filtrante <0.80 m – 1.00 m>

$$h_a = 1.00 \text{ m}$$

2.5.3.3.1.3. Características Granulométricas de la Arena

- Diámetro efectivo (D_{10}); <0,15 - 0,35>

$$D_{10}=0.25\text{mm}$$

- Coeficiente de uniformidad (C_U); <1,80 - 2,00>

$$C_u=2.00$$

- Profundidad inicial del lecho de arena (H_o); <0,70 - 1,00>

$$H_o=0.75 \text{ m}$$

- Profundidad mínima del lecho de arena (H_f); <0,30 - 0,50>

$$H_f=0.50 \text{ m}$$

2.5.3.3.1.4. Características Granulométricas de la Grava

- Coeficiente de uniformidad (C_u); <1,50 - 3,00>

$$C_u=1.50$$

- Diámetro de grava en capa de soporte 1; < 3,00 – 9,50 >

$$D_{G1}=5.0 \text{ mm}$$

- Diámetro de grava en capa de soporte 2; < 9,50 - 19,00 >

$$D_{G2}=15.0 \text{ mm}$$

- Diámetro de grava en capa de soporte 3; < 19,0 - 50,00 >

$$D_{G3}=30.0 \text{ mm}$$

- Altura de capa de soporte 1 (H_{G1})

$$H_{G1}= 0.075\text{m}$$

- Altura de capa de soporte 2 (H_{G2})

$$H_{G2}= 0.075\text{m}$$

- Altura de capa de soporte 3 (H_{G3})

$$H_{G3}= 0.15\text{m.}$$

2.5.3.3.1.5. Dimensionamiento del sistema de drenaje

- Velocidad en el dren principal (V_d); máx. 0.30 m/s

$$V_d=0.20\text{m/s}$$

- Ancho del canal principal (b)

$$b = 1.4048 * \sqrt{\frac{Q_{du}}{V_d}}$$

$$b = 1.4048 * \left(\sqrt{\frac{2}{0.20}} \right) * 0.0254$$

$$b = 0.11 \text{ m}$$

$$\therefore b_c = 0.20 \text{ m}, h_c = 0.20 \text{ m}$$

- Altura de raspado de arena

$$h_r = 0.15 \text{ m}$$

- Altura total del Filtro Lento

$$H_t = h_c + hL + H_{G1} + H_{G2} + H_{G3} + H_0 + h_r + h_a + h_b$$

$$H_t = 0.20 + 0.10 + 0.075 + 0.075 + 0.15 + 0.75 + 0.15 + 1.00 + 0.20$$

$$H_t = 2.70 \text{ m}$$

2.5.3.4. Reservorio

Se requiere la construcción de un Reservorio Apoyado, para regular el caudal en las horas de máxima demanda.

2.5.3.4.1. Capacidad del Reservorio

- Caudal Promedio Diario Anual (Q p.) = 2.76 l/s

Las consideraciones de diseño son las siguientes según el Reglamento Nacional de Edificaciones:

- Volumen de regulación = 25 % Q p.

- Volumen de reserva = 0.00.

De ser el caso, se debe justificar un volumen adicional de reserva. Para nuestro caso no se considera.

- Volumen contra incendio = 0.00

Es obligatorio 50 m³ solo para poblaciones mayores o iguales a 10,000.00 habitantes, de acuerdo a la norma OS.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

- Consumo de producción: (Q p.)

$$Q p. = 2.76 \text{ l/s}$$

$$\therefore Q p. = 238.826 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- Volumen de almacenamiento

$$V_{alm.} = V_{reg.} + V_{res.} + V_{coinc.}$$

$$V_{reg.} = 25 \% Q_p.$$

$$V_{reg.} = 0.25(238.826)$$

$$V_{reg.} = 59.70 \text{ m}^3$$

$$V_{alm.} = 59.70 + 00 + 00 \text{ m}^3$$

$$V_{alm.} = 59.70 \text{ m}^3$$

$$\therefore V_{reservorio.} = 60 \text{ m}^3$$

2.5.3.4.2. Forma del Reservorio

Según los cálculos se diseñará un reservorio circular de una capacidad de 60 m³.

2.5.3.4.3. Dimensiones

- Cálculo de la Altura (H) y del Diámetro (D) y Volumen (V) del Reservorio

$$V = A_s * H$$

$$A_s = 3.14 * D^2 / 4$$

Considerando un diámetro D = 5.20 m

$$A_s = 3.14 * 5.2^2 / 4$$

$$A_s = 21.24 \text{ m}^2$$

Cálculo de la altura de reservorio H

$$H = \frac{V}{A_s}$$

$$H = \frac{60}{21.24}$$

$$H = 2.80 \text{ m}$$

Volumen nuevo

$$V = 3.14 * \frac{5.2^2}{4} * 2.80$$

$$V = 60.00 \text{ m}^3 \dots\dots\dots \text{ok}$$

- Altura de borde libre (bl)

$$bl = 0.30 \text{ m}$$

- Altura total interna

$$Ht = H + bl$$

$$Ht = 2.80 + 0.30$$

$$Ht = 3.10 \text{ m.}$$

2.5.3.4.4. Dimensionamiento de Canastilla

- Diámetro de Salida (Ds)

$$Ds = 3 \text{ pulg.}$$

- Diámetro de canastilla (Dc) debe ser dos veces el diámetro de la línea de aducción

$$Dc = 6 \text{ pulg}$$

$$Dc = 6 \text{ pulg (Comercial)}$$

- Se recomienda que la longitud de la canastilla (Lc) sea mayor a 3Ds y menor que 6Ds:

$$Lc = 4 * Ds$$

$$Lc = 4 * 3$$

$$Lc = 12 \text{ pulg.}$$

- Área de ranuras (Ar)

$$Dr = 7 \text{ mm}$$

$$Ar = \frac{\pi * 7^2}{4}$$

$$Ar = 38.48 \text{ mm}^2$$

2.5.3.4.5. Dimensionamiento de la tubería de rebose y limpia

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

Tiempo de evacuación no será mayor de 2 horas.

Asumiremos:

$$Tev = 2 \text{ horas.}$$

Caudal evacuado

$$Qev = \frac{60 * 1000}{2 * 60 * 60}$$

$$Qev = 8.33 \text{ l/s.}$$

Cálculo del diámetro de la tubería de rebose

$$Dr = \frac{0.71 * Q_{ev}^{0.38}}{hf^{0.21}}$$

$$Dr = \frac{0.71 * 8.33^{0.38}}{0.015^{0.21}}$$

$$Dr = 3.84 \text{ pulg.}$$

$$Dr = 4 \text{ pulg.}$$

2.5.3.5. Línea de Aducción y Redes de Distribución

- ✓ Gasto Medio Diario Anual (Q_p) $Q_p = 2.76 \text{ l/s}$
- ✓ Consumo máximo diario ($Q_{m.d.}$) $Q_{m.d.} = 3.59 \text{ lts/seg}$
- ✓ Consumo máximo horario ($Q_{m.h.}$) $Q_{m.h.} = 5.53 \text{ lts/seg}$
- ✓ Longitud total de la red (L_t) $L_t = 3869.27 \text{ m}$
- ✓ Caudal unitario por vivienda (Q_u) $Q_u = 0.01856 \text{ lts/seg/viv}$

Cuadro 10

Cálculo hidráulico red de distribución de agua potable centro poblado San Juan de Pacayapa

CUADRO DE TUBERÍAS							
DE	A	LONGITUD (m)	DIAMET. (in)	MATERIAL	Hazen-Williams C	CAUDAL (L/s)	VELOC. (m/s)
RES.	N-1	59.67	3.00	PVC C/10	150	5.530	1.21
N-1	N-2	86.41	3.00	PVC C/10	150	5.530	1.21
N-2	N-3	108.90	3.00	PVC C/10	150	5.530	1.21
N-3	N-4	23.05	3.00	PVC C/10	150	5.326	1.17
N-4	N-5	17.04	3.00	PVC C/10	150	5.233	1.15
N-5	N-10	22.85	2.50	PVC C/10	150	3.934	1.24
N-10	N-31	77.88	2.50	PVC C/10	150	3.414	1.08
N-31	N-30	5.16	2.50	PVC C/10	150	2.858	0.90
N-30	N-14	68.07	2.00	PVC C/10	150	1.874	0.92
N-5	N-42	347.82	1.50	PVC C/10	150	1.299	1.14
N-14	N-8	100.51	1.50	PVC C/10	150	1.113	0.98
N-30	N-11	11.38	1.50	PVC C/10	150	0.984	0.86
N-11	N-33	188.65	1.50	PVC C/10	150	0.928	0.81
N-14	N-6	32.84	1.00	PVC C/10	150	0.761	1.50
N-8	N-13	33.18	1.00	PVC C/10	150	0.668	1.32
N-6	N-7	17.22	1.00	PVC C/10	150	0.501	0.99
N-8	N-9	23.01	1.00	PVC C/10	150	0.445	0.88
N-10	N-27	81.84	1.00	PVC C/10	150	0.427	0.84

N-7	N-35	85.95	1.00	PVC C/10	150	0.408	0.81
N-42	N-43	201.15	1.50	PVC C/10	150	0.408	0.36
N-39	N-40	123.83	1.00	PVC C/10	150	0.390	0.77
N-9	N-39	150.02	1.00	PVC C/10	150	0.390	0.77
N-13	N-15	32.93	1.00	PVC C/10	150	0.315	0.62
N-15	N-25	273.49	1.00	PVC C/10	150	0.260	0.51
N-13	N-18	93.37	1.00	PVC C/10	150	0.260	0.51
N-6	N-38	119.01	1.00	PVC C/10	150	0.260	0.51
N-36	N-37	101.64	2.00	PVC C/10	150	0.241	0.12
N-25	N-36	128.20	1.00	PVC C/10	150	0.241	0.48
N-33	N-41	176.33	1.00	PVC C/10	150	0.241	0.48
N-27	N-28	55.00	1.00	PVC C/10	150	0.186	0.37
N-33	N-34	79.98	1.00	PVC C/10	150	0.186	0.37
N-31	N-44	400.82	1.00	PVC C/10	150	0.186	0.37
N-18	N-29	58.08	1.00	PVC C/10	150	0.130	0.26
N-3	N-21	60.62	1.00	PVC C/10	150	0.111	0.22
N-7	N-16	37.98	1.00	PVC C/10	150	0.093	0.18
N-4	N-24	50.09	1.00	PVC C/10	150	0.093	0.18
N-27	N-32	62.18	1.00	PVC C/10	150	0.093	0.18
N-21	N-22	45.79	1.00	PVC C/10	150	0.074	0.15
N-9	N-12	25.32	1.00	PVC C/10	150	0.056	0.11
N-11	N-17	33.41	1.00	PVC C/10	150	0.056	0.11
N-15	N-20	34.49	1.00	PVC C/10	150	0.056	0.11
N-18	N-19	34.46	1.00	PVC C/10	150	0.037	0.07
N-21	N-23	49.44	1.00	PVC C/10	150	0.037	0.07
N-25	N-26	50.21	1.00	PVC C/10	150	0.019	0.04
		3869.27					

Fuente: elaboración propia

Cantidad de tubería según diámetros

TUBERIA SAP PVC - C10 1.0" = 2449.09 m

TUBERIA SAP PVC - C10 1.5" = 849.51 m

TUBERIA SAP PVC - C10 2.0" = 169.71 m

TUBERIA SAP PVC - C10 2.5" = 105.89 m

TUBERIA SAP PVC - C10 3" = 295.07 m

TOTAL = 3869.27 m

Cuadro 11*Caudales de Presiones por nudo en Red de Distribución*

DESCRIPCION	ELEVACION (m)	DEMANDA (L/s)	GRADIENTE HIDRAULICO (m)	PRESION (m H2O)
N-1	992.79	0	1000.58	7.77
N-2	973.57	0	998.99	25.37
N-3	949.34	0.093	996.99	47.56
N-4	946.38	0	996.6	50.11
N-5	942.73	0	996.32	53.48
N-6	937.62	0	989.85	52.12
N-7	936.38	0	989.07	52.58
N-8	942	0	990.3	48.2
N-9	947.5	0	989.46	41.88
N-10	940.7	0.093	995.77	54.96
N-11	936	0	994.04	57.92
N-12	947.37	0.056	989.44	41.99
N-13	942.12	0.093	987.74	45.53
N-14	937.14	0	993.07	55.82
N-15	945.29	0	987.11	41.73
N-16	936.16	0.093	988.99	52.73
N-17	936.69	0.056	994.01	57.2
N-18	937.72	0.093	986.49	48.67
N-19	935.56	0.037	986.47	50.81
N-20	948.98	0.056	987.08	38.03
N-21	965.43	0	996.82	31.33
N-22	979.02	0.074	996.76	17.71
N-23	964.63	0.037	996.81	32.11
N-24	954.25	0.093	996.5	42.16
N-25	946	0	983.43	37.36
N-26	946	0.019	983.43	37.35
N-27	961.14	0.148	993.02	31.81
N-28	972.45	0.186	992.62	20.14
N-29	943.74	0.13	986.27	42.45
N-30	936	0	994.29	58.17
N-31	936.26	0.371	994.35	57.97
N-32	949.21	0.093	992.9	43.59
N-33	932.12	0.501	990.32	58.08
N-34	930.07	0.186	989.75	59.56
N-35	937.31	0.408	986.4	49
N-36	946	0	981.93	35.86
N-37	927.88	0.241	981.89	53.9
N-38	944.9	0.260	988.25	43.26
N-39	946.94	0.000	985.19	38.17
N-40	954.44	0.390	981.67	27.18
N-41	945.5	0.241	988.26	42.68
N-42	940.75	0.891	983.55	42.72
N-43	948.34	0.408	982.69	34.28
N-44	945	0.186	991.47	46.37

Fuente: elaboración propia

Estos valores obtenidos son los resultados del cálculo hidráulico planteado en el programa de ingeniería WaterCAD V10.0.

2.5.3.6. Otros

2.5.3.6.1. Sistema de Desinfección por Goteo con Hipoclorito de Calcio

- Caudal de ingreso al Reservorio (Q m.d.)

$$Q_{MD} = 3.59 \text{ L/seg}$$

$$Q_{MD} = 3.59 * \frac{3600}{1000}$$

$$Q_{MD} = \mathbf{12.92 \text{ m}^3/\text{h}}$$

- Dosis de hipoclorito de calcio 65% (D)

$$D = \mathbf{3.00 \text{ mg/L}}$$

- Concentración de la solución (C)

$$C = \mathbf{0.50 \%}$$

- Cálculo del peso de hipoclorito de calcio

$$P = Q_{md} * D$$

$$P = 12.92 * 3$$

$$P = \mathbf{38.76 \text{ gr/h}}$$

- Cálculo del peso del producto comercial en base al porcentaje de cloro

$$P_C = P * \frac{100}{r}$$

$$P_C = 38.76 * \frac{100}{65}$$

$$P_C = \mathbf{59.63 \text{ gr/h}}$$

- Cálculo del caudal horario de solución de hipoclorito (qs) en función de la concentración de la solución preparada. El valor de "qs" permite seleccionar el equipo dosificador requerido

$$q_S = P_C * \frac{100}{c}$$

$$q_S = 59.63 * \frac{100}{0.5 * 1000}$$

$$q_S = \mathbf{11.93 \text{ l/h}}$$

- Tiempo de uso de los recipientes de solución en horas h

$$t = \mathbf{12 \text{ h}}$$

- Cálculo del volumen de la solución, en función del tiempo de consumo del recipiente en el que se almacena dicha solución

$$V_S = q_S * t$$

$$V_S = 11.93 * 12$$

$$V_S = 143.16 \text{ l}$$

$$\therefore V_S = \mathbf{150 \text{ l}}$$

2.6. Aspectos éticos

La presente investigación en propuesta y realizada por el propio investigador, de acuerdo a los parámetros de diseño del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y de la Resolución Ministerial N° 192-2018-VIVIENDA “Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural.” El investigador se responsabiliza por los contenidos y la base teórica de la cual se compone el mencionado trabajo.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Captación

3.1.1. Captación Tipo Barraje Fijo sin Canal de Derivación

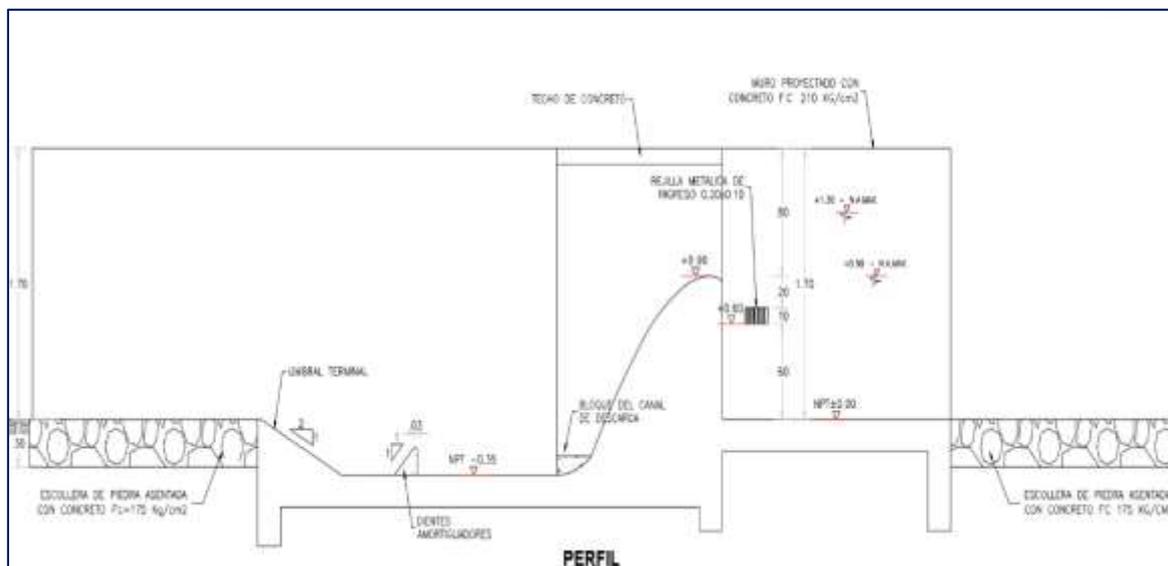


Ilustración 12: Captación tipo barraje fijo sin canal de derivación. (Fuente: Elaboración propia.)

Cuadro 12

Resultados de la captación

PARÁMETRO DE DISEÑO	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
Ancho de la Captación	Br	6.00	m
Altura de barraje	P	0.90	m
Ancho del canal de derivación	Ld	0.80	m
Dimensiones del orificio de captación			
- Ancho	L	0.20	m
- Altura	hv	0.10	m
Longitud del colchón disipador	Lcd	3.20	m
Profundidad de colchón disipador	r	0.35	m
Altura del muro	h	1.70	m

Fuente: Elaboración propia

3.2. Línea de Conducción

Cuadro 13

Resultados de la Línea de Conducción

TRAMO	TRAMO		COTA DEL TERRENO (msnm)		LONGITUD (Km)	CAUDAL DEL TRAMO (L/S)	CLASE TUB.	DIAMETRO COM. (pulg)	DIAMETRO INT. (m)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA DE CARGA (Hf)	C H&W	COTA PIEZOMETRICA (msnm)	PRESION (m-c-a)	CLASE DE TUBERIA
	Ni	Nj	Ci	Cj											
01	CAPTACION	PTAP	1090.85	1066.40	0.4	3.59	PVC	3.00	0.0814	0.69	2.33	150	1088.52	22.12	C-10
02	PTAP	CRP-T6	1066.40	1018.25	1.42	3.59	PVC	3.00	0.0814	0.69	8.26	150	1058.14	39.89	C-10
03	CRP-T6	RESERVORIO	1018.25	1001.52	1.71	3.59	PVC	3.00	0.0814	0.69	11.60	150	1006.65	5.13	C-10

Fuente: Elaboración propia

3.3. Planta de Tratamiento

3.3.1. Sedimentador

Cuadro 14

Resultados de Sedimentador

Parámetro de Diseño	Símbolo	Cantidad	Unidad
Número de unidades del filtro	N	02	-
Velocidad de sedimentación	V _s	0.001	m/s
Área superficial del filtro	A _s	20.09	m ²
Altura del sedimentador	H	1.50	m
Ancho del Sedimentador	B	2.50	m
Largo del Sedimentador	L	8.10	m
Relación Largo/Ancho	R	3.24	-
Relación Largo/Profundidad	r	5.40	-
Longitud total del sedimentador	L _t	9.10	m
Numero de orificios	No	40	-
Numero de filas	cf	5	-
Numero de columnas	nc	9	-
Espaciamiento entre filas	A1	0.23	m
Espaciamiento entre columnas	a2	0.23	m

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Prefiltro de grava

Cuadro 15

Resultados de Prefiltro

Parámetro de Diseño	Símbolo	Cantidad	Unidad
Número de unidades del filtro	N	02	-
Velocidad de filtración	V' _f	0.80	m/h
Área de filtración	A	9.00	m ²
Profundidad de la grava	H	2.00	m
Ancho del prefiltro	B	4.50	m
Longitud primer tramo	L1	2.15	m
Longitud segundo tramo	L2	2.05	m
Longitud tercer tramo	L3	1.10	m
Longitud total	L	5.30	m

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Filtro Lento de Arena

Cuadro 16

Resultados de Filtro Lento

Parámetro de Diseño	Símbolo	Cantidad	Unidad
Número de unidades del filtro	N	02	-
Velocidad de filtración	V'_f	0.24	m/h
Área superficial del filtro	A_s'	30.00	m ²
Coefficiente del mínimo costo	k	1.33	
Ancho del filtro lento	B'	4.80	m
Largo del filtro lento	L'	6.40	m
Diámetro efectivo del lecho de arena	D_{10}	0.25	mm
Diámetro de grava en capa de soporte 1	D_{G1}	5	mm
Diámetro de grava en capa de soporte 2	D_{G2}	15	mm
Diámetro de grava en capa de soporte 3	D_{G3}	30.00	mm
Profundidad del lecho de arena	H_0	0.75	m
Altura de capa de soporte 1	H_{G1}	0.075	mm
Altura de capa de soporte 2	H_{G2}	0.075	mm
Altura de capa de soporte 3	H_{G3}	0.15	mm

Fuente: Elaboración propia

3.4. Reservorio

Cuadro 17

Resultados del Reservorio

Parámetro De Diseño	Símbolo	Cantidad	Unidad
Volumen de Reservorio	V reserv.	60.00	m ³
Dimensiones del reservorio			
- Diámetro	D	5.20	m
- Altura	H	2.80	m
- Borde Libre	bl	0.30	m
- Altura total	Ht	3.10	m

Fuente: Elaboración propia

3.5. Línea de Aducción y Redes de Distribución

Cuadro 18

Resultado del cálculo hidráulico- reportes de nudos-centro poblado San Juan de Pacayzapa, en el programa WaterCAD V10.0

DESCRIPCION	ELEVACION (m)	DEMANDA (L/s)	GRADIENTE HIDRAULICO (m)	PRESION (m H ₂ O)
N-1	992.79	0	1000.58	7.77
N-2	973.57	0	998.99	25.37
N-3	949.34	0.093	996.99	47.56
N-4	946.38	0	996.6	50.11
N-5	942.73	0	996.32	53.48
N-6	937.62	0	989.85	52.12
N-7	936.38	0	989.07	52.58
N-8	942	0	990.3	48.2
N-9	947.5	0	989.46	41.88
N-10	940.7	0.093	995.77	54.96
N-11	936	0	994.04	57.92
N-12	947.37	0.056	989.44	41.99
N-13	942.12	0.093	987.74	45.53
N-14	937.14	0	993.07	55.82
N-15	945.29	0	987.11	41.73
N-16	936.16	0.093	988.99	52.73
N-17	936.69	0.056	994.01	57.2
N-18	937.72	0.093	986.49	48.67
N-19	935.56	0.037	986.47	50.81
N-20	948.98	0.056	987.08	38.03
N-21	965.43	0	996.82	31.33
N-22	979.02	0.074	996.76	17.71
N-23	964.63	0.037	996.81	32.11
N-24	954.25	0.093	996.5	42.16
N-25	946	0	983.43	37.36
N-26	946	0.019	983.43	37.35
N-27	961.14	0.148	993.02	31.81
N-28	972.45	0.186	992.62	20.14
N-29	943.74	0.13	986.27	42.45
N-30	936	0	994.29	58.17
N-31	936.26	0.371	994.35	57.97
N-32	949.21	0.093	992.9	43.59
N-33	932.12	0.501	990.32	58.08
N-34	930.07	0.186	989.75	59.56
N-35	937.31	0.408	986.4	49
N-36	946	0	981.93	35.86
N-37	927.88	0.241	981.89	53.9
N-38	944.9	0.260	988.25	43.26
N-39	946.94	0.000	985.19	38.17

N-40	954.44	0.390	981.67	27.18
N-41	945.5	0.241	988.26	42.68
N-42	940.75	0.891	983.55	42.72
N-43	948.34	0.408	982.69	34.28
N-44	945	0.186	991.47	46.37

Fuente: Elaboración Propia, datos obtenidos del WaterCad V10.0

Cuadro 19

Resultado del cálculo hidráulico- reporte de tuberías-centro poblado San Juan de Pacayaza, en el programa WaterCAD V10.0.

DE	A	LONGIT. (m)	DIAMET. (in)	MAT.	Hazen- Williams	CAUDAL (L/s)	VELOC. (m/s)
RES.	N-1	59.67	3.00	PVC C/10	150	5.530	1.21
N-1	N-2	86.41	3.00	PVC C/10	150	5.530	1.21
N-2	N-3	108.90	3.00	PVC C/10	150	5.530	1.21
N-3	N-4	23.05	3.00	PVC C/10	150	5.326	1.17
N-4	N-5	17.04	3.00	PVC C/10	150	5.233	1.15
N-5	N-10	22.85	2.50	PVC C/10	150	3.934	1.24
N-10	N-31	77.88	2.50	PVC C/10	150	3.414	1.08
N-31	N-30	5.16	2.50	PVC C/10	150	2.858	0.90
N-30	N-14	68.07	2.00	PVC C/10	150	1.874	0.92
N-5	N-42	347.82	1.50	PVC C/10	150	1.299	1.14
N-14	N-8	100.51	1.50	PVC C/10	150	1.113	0.98
N-30	N-11	11.38	1.50	PVC C/10	150	0.984	0.86
N-11	N-33	188.65	1.50	PVC C/10	150	0.928	0.81
N-14	N-6	32.84	1.00	PVC C/10	150	0.761	1.50
N-8	N-13	33.18	1.00	PVC C/10	150	0.668	1.32
N-6	N-7	17.22	1.00	PVC C/10	150	0.501	0.99
N-8	N-9	23.01	1.00	PVC C/10	150	0.445	0.88
N-10	N-27	81.84	1.00	PVC C/10	150	0.427	0.84
N-7	N-35	85.95	1.00	PVC C/10	150	0.408	0.81
N-42	N-43	201.15	1.50	PVC C/10	150	0.408	0.36
N-39	N-40	123.83	1.00	PVC C/10	150	0.390	0.77
N-9	N-39	150.02	1.00	PVC C/10	150	0.390	0.77
N-13	N-15	32.93	1.00	PVC C/10	150	0.315	0.62
N-15	N-25	273.49	1.00	PVC C/10	150	0.260	0.51
N-13	N-18	93.37	1.00	PVC C/10	150	0.260	0.51
N-6	N-38	119.01	1.00	PVC C/10	150	0.260	0.51
N-36	N-37	101.64	2.00	PVC C/10	150	0.241	0.12
N-25	N-36	128.20	1.00	PVC C/10	150	0.241	0.48
N-33	N-41	176.33	1.00	PVC C/10	150	0.241	0.48
N-27	N-28	55.00	1.00	PVC C/10	150	0.186	0.37
N-33	N-34	79.98	1.00	PVC C/10	150	0.186	0.37
N-31	N-44	400.82	1.00	PVC C/10	150	0.186	0.37
N-18	N-29	58.08	1.00	PVC C/10	150	0.130	0.26
N-3	N-21	60.62	1.00	PVC C/10	150	0.111	0.22

N-7	N-16	37.98	1.00	PVC C/10	150	0.093	0.18
N-4	N-24	50.09	1.00	PVC C/10	150	0.093	0.18
N-27	N-32	62.18	1.00	PVC C/10	150	0.093	0.18
N-21	N-22	45.79	1.00	PVC C/10	150	0.074	0.15
N-9	N-12	25.32	1.00	PVC C/10	150	0.056	0.11
N-11	N-17	33.41	1.00	PVC C/10	150	0.056	0.11
N-15	N-20	34.49	1.00	PVC C/10	150	0.056	0.11
N-18	N-19	34.46	1.00	PVC C/10	150	0.037	0.07
N-21	N-23	49.44	1.00	PVC C/10	150	0.037	0.07
N-25	N-26	50.21	1.00	PVC C/10	150	0.019	0.04

Fuente: Elaboración Propia, datos obtenidos del WaterCad V10.0

3.6. Discusión de resultados

3.6.1. Fuente de abastecimiento y análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua (cruda).

La fuente superficial donde se establecerá la captación para el sistema de abastecimiento de agua potable es de las aguas de la quebrada San Juan de Pacayzapa, la cual garantiza la disponibilidad del recurso hídrico en todas las épocas del año, es decir el caudal de dicha fuente en épocas de estiaje ($Q_{\text{río}} = 1200 \text{ l/s}$), es mayor al requerido ($Q_{\text{md}} = 3.59 \text{ l/s}$).

Con respecto a la calidad del agua a de la fuente, se verificó in situ las propiedades del recurso hídrico que se toman en cuenta para el consumo en el mismo punto de la captación de la quebrada San Juan de Pacayzapa, se han tomado muestras inalteradas para regir el proceso de estudio de la fuente.

Para el ensayo del Análisis Físico, Químico y Bacteriológico se utilizó como norma de contraste el “Reglamento de la calidad del Agua para el Consumo Humano” así también como las “Guías para la Calidad del Agua Potable”, en la que se determinó según el Ensayo que la muestra obtenida in situ de la referencia, CUMPLE y es benéfico con todos los requisitos según el Anexo N°08, el estudio de la Fuente de Agua.

No obstante, los resultados obtenidos durante el ensayo realizado: concentraciones de aluminio (0.304 mg/l) fueron comparados con respecto a los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, efectuando el contraste con la sub categoría A-1 (0.9 mg/l), estando por debajo de sus estándares. Estas Aguas pueden ser potabilizadas con desinfección, pero considerando que en la zona los periodos de avenidas son importantes en frecuencia y duración principalmente durante los meses que van de noviembre a mayo y que en éstos periodos los niveles de turbiedad se elevan considerablemente en relación a los que se

obtienen en épocas de estiaje donde predomina el color; por lo tanto, de acuerdo a los resultados del análisis de agua de la fuente, se hace indispensable el diseño y construcción de una Planta de Tratamiento y Sistema de Desinfección.

3.6.2. Parámetros de Diseño

El cálculo de los parámetros de Diseño del Sistema de abastecimiento de Agua Potable como son:

- La población futura se calculó con el método aritmético y se utilizó la población beneficiaria actual obtenida del empadronamiento realizado, así como la tasa de crecimiento distrital proporcionada por el INEI.
- El cálculo de los caudales de diseño de los componentes se tomó una dotación de 100 lts/hab./día a lo que le sumamos 20 lts/hab./día por la presencia de Instituciones Educativa de nivel Inicial y Primaria y 25 lts/hab./día por la presencia de Instituciones Educativa de nivel secundaria, según la guía de saneamiento rural, los parámetros están dispuestos para un período de diseño de 20 años durante los cuales el sistema prestará con eficiencia el servicio para el cual es diseñada y que no habrán futuras modificaciones o mantenimientos considerables en cuanto a lo económico-social y estructural, para el aprovechamiento óptimo del sistema planteado.

3.6.3. Componentes del Sistema de Agua Potable

3.6.3.1. Captación.

Para la ubicación de este componente, se tuvo en cuenta diferentes variables y aspectos: la topografía, hidrología, la calidad de la fuente. La preferencia de escoger la fuente en una ubicación estratégica, es a causa de evitar tener problemas durante la vida útil de la estructura.

La estructura de captación es de tipo convencional, es conformada por un barraje fijo, ventana de captación y caja de válvulas. Dicha captación se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 18 M E: 305695.045 y N: 9301935.735 con una altura de 1090.85 m.s.n.m.

3.6.3.2. Planta de Tratamiento

La planta de tratamiento tiene como función principal remover la turbidez del agua y reducir considerablemente el número de microorganismos (bacterias, virus y quistes). Este proceso

que se da tiene la similitud con la percolación del agua a través del subsuelo debido al movimiento lento del agua. La selección de las unidades de tratamiento del agua cruda se realizó teniendo en cuenta los resultados del Ensayo de los análisis físicos-químicos y bacteriológicos en base a estos valores obtenidos de sus variables se consideraron las unidades necesarias para potabilizar el agua cruda de la quebrada; la planta de tratamiento está conformada por un sedimentador, prefiltro y filtro lento de arena según la categorización todas estas unidades garantizan entregar a la población agua que cumpla con los requisitos exigidos en el reglamento nacional de calidad. El mantenimiento y la operación de la planta, tiene una ubicación prioritaria para el fácil acceso con la finalidad de que estas estructuras no colapsen y puedan generar daños irreparables. Su ubicación en las coordenadas está dada por UTM 18 M E: 305800.79 y N: 93017663.31, con una cota de 1066.40 m.s.n.m.

3.6.3.3. Línea De Conducción

EL trazo de la línea de conducción se encuentra ligado en gran medida a las condiciones topográficas y económicas. El levantamiento topográfico, en altimetría y planimetría, de toda el área de influencia que abarca el proyecto de investigación, permitirá tener diferentes opciones para el trazado de la línea de conducción, así aminorar costos durante la ejecución del proyecto. Para el trazo propuesto de la línea de conducción del proyecto se aprovechó la pendiente y la accesibilidad hacia los terrenos, para así evitar los problemas con la servidumbre de paso, escogiendo la trayectoria más económica y tomando en cuenta los desniveles para el óptimo funcionamiento hidráulico de la línea de conducción desde la captación a la planta de tratamiento de agua potable.

La línea de conducción está conformada por tubería de PVC – SAP con diámetros nominales de 90 mm, con válvulas de aire y purga sujetas a las características que presenta el perfil longitudinal del terreno y para conducir el caudal máximo diario del proyecto ($Q_{md} = 3.59$ lts/seg). La línea de conducción involucra una distancia total de km 03+531 donde estarán establecidas las tuberías antes mencionadas.

3.6.3.4. Reservorio Apoyado

El Centro poblado San Juan de Pacayzapa contará con su propio reservorio de concreto armado de sección circular con la capacidad de almacenamiento $V = 60$ m³, con la finalidad de suministrar el caudal máximo horario a la red de distribución y poder mantener las presiones adecuadas en toda la red. Para poder coincidir y cumplir con los objetivos mencionados se estipuló la ubicación de los reservorios en cotas por encima de la localidad

para garantizar las presiones de diseño en la zona actual y zonas de expansión, así el recurso pueda llegar y abastecer con toda normalidad en el Centro poblado San Juan de Pacayzapa. El reservorio tiene las siguientes coordenadas UTM 18 M E: 305474.60 y N: 9305156.88, con una altura de 1001.52 m.s.n.m.

CONCLUSIONES

La microcuenca Qda. Santa Clara en el punto de captación está ubicada en las coordenadas UTM: X=0306083 y Y= 9300987, a una altitud de 1109 msnm, estando así en una cota alta con pendientes pronunciadas que su vez en épocas de avenidas el agua tiende a estar muy turbia, generando así una gran cantidad de sedimentos, por lo que se diseñará el sistema de abastecimiento de agua potable con tratamiento convencional para un servicio de calidad y continuo, ya que dicha quebrada cumple con los ECA's del agua para consumo humano.

La propuesta de Diseño Hidráulico del Sistema de Agua Potable, concluye con los diseños hidráulicos de los siguientes componentes:

- Captación. – Estructura de concreto armado que tiene la finalidad de captar el caudal requerido, $Q_{md}=3.59$ l/s, de la quebrada Santa Clara, para transportar el agua captada hasta la planta de tratamiento mediante la línea de conducción. Cuyas dimensiones son 6m de ancho, 1.70 m de alto y la ventana de captación 0.20m de ancho y 0.10 alto.
- Línea de Conducción. - Esta línea une el punto de captación con el reservorio, tiene una longitud de 3531 m con tubería cuyo diámetro nominal es de 90 mm PVC-SAP de clase 10. El caudal de diseño es el Caudal Máximo Diario cuyo valor es igual a 3.59 l/s.
- Sedimentador. - La estructura será de concreto armado y tendrá las siguientes dimensiones internas: 10.90 m. de largo, 5.60 m. de ancho y 2.60m de altura.
- Prefiltro. - Se han considerado, 02 unidades de prefiltros de grava, cada uno con tres compartimientos, para un caudal máximo diario de 3.90 L/s, con la finalidad de atenuar la turbiedad a la entrada a los filtros lentos.

Serán construidos de concreto armado y lecho filtrante de grava con las siguientes dimensiones 10.80 m de largo, 8.0 m de ancho, 3.75 m de altura y contará con la siguiente distribución:

Compartimiento N° 1: esta zona tiene 2.15 m de ancho, con 2 cámaras de 4.50 m de largo cada uno y profundidad variable de 2.75 m a 2.85 m. En esta zona se instalará grava de 4" a 3" de diámetro, sobre una cama de soporte, que a su vez se apoya sobre un falso fondo compuesto de 24 losas de concreto removibles de 0.40 x 0.40 x 0.05 m separadas 2.00 cm, el agua filtrada pasará de al siguiente compartimiento a través de las paredes, formadas por un muro construido de canto con ladrillo prefabricado de 05 huecos de 0.24x0.13x0.09 cm.

Compartimiento N° 2: esta zona tiene 2.05 m de ancho, con 2 cámaras de 4.50 m de largo cada uno y profundidad variable de 2.75 m a 2.85 m. En esta zona se instalará grava de 3" a 2" de diámetro, sobre una cama de soporte, que a su vez se apoya sobre un falso fondo compuesto de 24 losas de concreto removibles de 0.40 x 0.40 x 0.05 m separadas 2.00 cm, el agua filtrada pasará de al siguiente compartimiento a través de las paredes, formadas por un muro construido de canto con ladrillo prefabricado de 05 huecos de 0.24x0.13x0.09 cm.

Compartimiento N° 3: esta zona tiene 1.10 m de ancho, con 2 cámaras de 4.50 m de largo cada uno y profundidad variable de 2.75 m a 2.85 m. En esta zona se instalará grava de 2" a 1" de diámetro, sobre una cama de soporte, que a su vez se apoya sobre un falso fondo compuesto de 24 losas de concreto removibles de 0.40 x 0.40 x 0.05 m separadas 2.00 cm, el agua filtrada pasará de al siguiente compartimiento a través de las paredes, formadas por un muro construido de canto con ladrillo prefabricado de 05 huecos de 0.24x0.13x0.09 cm.

- Filtro Lento. - Es una estructura de concreto armado, con la finalidad de realizar la depuración y desinfección del agua para su posterior almacenamiento y distribución, este tratamiento se realiza mediante la filtración lenta en arena. El filtro lento es utilizado principalmente para eliminar la turbiedad del agua. Mide 12.70 m. de largo, 9.50 m de ancho y alto de 2.65m, con una profundidad de lecho de arena de 0.75 m.
- Reservorio Apoyado 60 m³. - Esta estructura permitirá almacenar el agua con la finalidad de cubrir la demanda en horas de máximo consumo. La estructura es circular de 5.20 m de diámetro y una altura de agua de 2.80 m. Tendrá un revestimiento interior impermeabilizado tanto en paredes como en pisos y permitirá almacenar 225 m³ de agua de acuerdo a las medidas obtenidas. Cuenta, además, con una caseta de válvulas y accesorios de acero bridados. Para la limpieza de la estructura cuenta con un drenaje y una cámara de limpia y rebose.
- Red de Distribución. - Componen las tuberías empleadas en el Centro poblado San Juan de Pacayzapa, cuyos diámetros son de 90mm, 75m, 63mm, 48mm y 33mm de clase 10, la red de distribución es abierta, debido a la disposición de las viviendas en la zona del proyecto. El diseño se hizo empleando el programa WaterCAD V10.0.
- Conexiones Domiciliarias. - Se ha considerado dotar de agua en forma directa a las 290 viviendas, 02 institución educativa nivel inicial y primario y secundario y 06

instituciones públicas. Estas conexiones domiciliarias cuentan con válvulas y accesorios de PVC para el correcto funcionamiento de la misma.

Según el estudio de prospección que se realizó en la zona, se determinó que la fuente más apropiada sea la quebrada Santa Clara, ya que ofrece las condiciones de cantidad y calidad adecuadas; además se opta por minimizar el costo de la Línea de Conducción.

Al realizar Diseño Hidráulico del Sistema de Agua Potable en el Centro poblado San Juan de Pacayzapa, se contemplará la mejora del caudal y la presión con la que llegara el agua potable a las viviendas del proyecto, así mismo se podrá garantizar el consumo de agua salubre y apta, incrementando la calidad de agua que consumen los pobladores.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que al momento de ejecución del proyecto de investigación se tome en cuenta los criterios, parámetros y normas establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones, Obras de Saneamiento, para garantizar el óptimo funcionamiento de las estructuras durante el tiempo para el cual ha sido diseñado.
- Se recomienda establecer el mantenimiento y operación periódica del sistema con el fin de salvaguardar la vida útil de las estructuras diseñadas y continuar con el normal funcionamiento de los componentes del sistema; es necesario destinar a una persona local encargada de la operación y manipulación de los componentes.
- Se recomienda que la planta de tratamiento trabaje de acuerdo al caudal de diseño para el normal funcionamiento de la estructura, respetando las dimensiones planteadas en los planos.
- Se recomienda que, para efectos bibliográficos o guía para elaboración de proyectos de sistemas de agua potable, tener en consideración el contenido de la presente tesis de investigación con el fin de tener un sustento fehaciente y diseños proyectados basados en la Norma del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Se deben de realizar charlas educativas sobre el tema de saneamiento (promovidas por La Junta Administrativa Servicio de Saneamiento, JASS), así como el debido consumo del agua potable y promover los estilos de vida saludables, el agua es vida, pero se debe orientar el buen uso de esta en los hábitos, costumbres y el comportamiento frente a este recurso hídrico.
- Formalizar y concientizar el pago razonable de un monto mínimo para cubrir el mantenimiento y operación del sistema de suministro de agua potable, para que se pueda brindar un servicio de calidad constante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Rodríguez, P, (2001). *“Abastecimiento de Agua”*. Instituto tecnológico de Oaxaca, México.

Agüero, R, (1997). *“Agua Potable para Poblaciones Rurales”* Editorial Asociación Servicios Educativos Rurales (SER), 1997. Lima – Perú

Arce, P, & Saavedra, V, (2011). *Diseño del sistema de agua potable y alcantarillado de la comunidad de Nuevo Celendín, distrito de zapatero provincia de lamas* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.

Mansen, A, (2002). *“Diseño de Bocatomas”*. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de ingeniería civil, Departamento académico de hidráulica e hidrología

Jiménez, J, (2007). *”Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario”* Universidad de Veracruz, México

Reyna, C, (2003), *Abastecimiento de agua potable del distrito de Barranquita* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.

Meza, J, (2010), *Diseño de un sistema de agua potable para la comunidad nativa de tsoroja, analizando la incidencia de costos siendo una comunidad de difícil acceso* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Descargado de: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/188>

Lossio, M, (2012), *Sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro poblados rurales del distrito de Lancones* (tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura, Perú.

Descargado de: <http://pirhua.udep.edu.pe/handle/123456789/2053>

Mata, J, (2014), *Comparativa técnica, operativa y financiera entre un sistema de velocidad variable y un tanque elevado en el abastecimiento de agua potable* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Descargado de:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5849/Tesis.pdf?sequence=1>

Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental, (2011), *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*, Lima-Peru.

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, (2018), Norma Técnica de Diseño: *Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural*, Lima-Perú.

Reglamento Nacional de Edificaciones, (2006), *Obras de Saneamiento*, Lima- Perú.

PNSU, Programa Nacional de Saneamiento Urbano, (2016), *Guía de orientación para elaboración de expedientes técnicos de proyectos de saneamiento*, Lima- Perú.

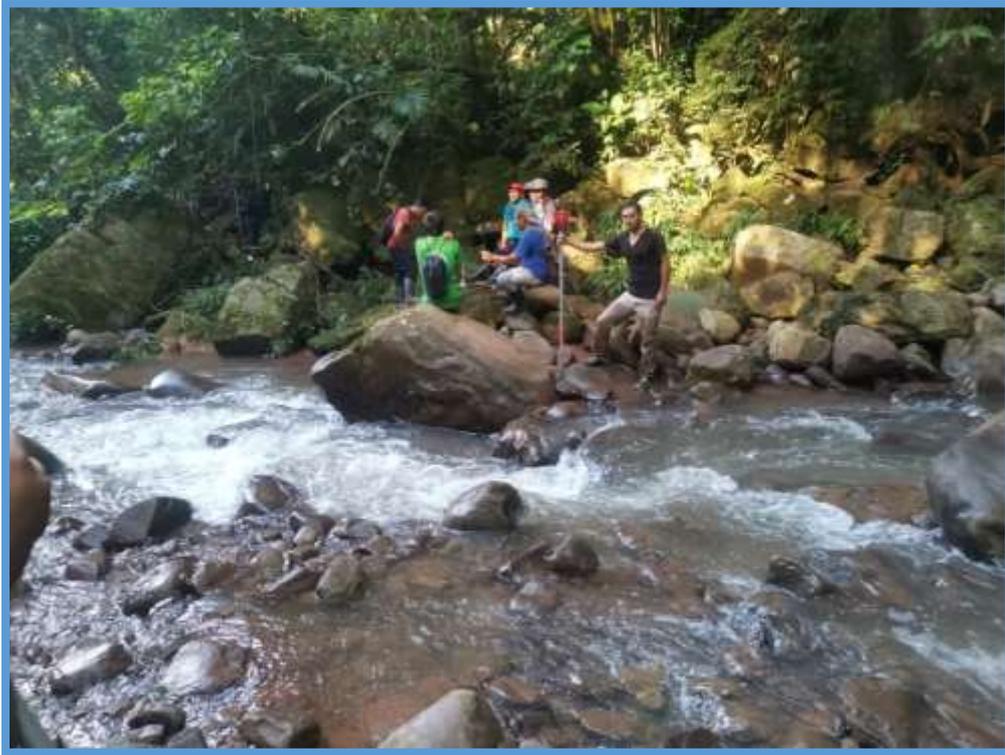
ANEXOS

Anexo N°01: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	POBLACION Y MUESTRA	DISEÑO	
¿Cómo influye el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable en mejorar la calidad del agua que consumen los pobladores del centro poblado San Juan de Pacayzapa?	Objetivo General	El diseño hidráulico del sistema de abastecimiento agua potable permite contar con una alternativa de solución para un servicio eficiente; así mismo, mejorará la calidad del agua que consumen en la actualidad los pobladores del Centro Poblado San Juan de Pacayzapa, distrito de Alonso de Alvarado, provincia de Lamas-Región San Martín	Variable	Está compuesto por la población del centro poblado San Juan de Pacayzapa.	Diseño de la investigación Aplicativo	
	Realizar el diseño hidráulico de un sistema de Abastecimiento de agua potable para mejorar la calidad del agua que consumen los pobladores del centro poblado San Juan de Pacayzapa.		Diseño Hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable			
			Mejorar la calidad del agua que consumen los pobladores del centro poblado San Juan de Pacayzapa			
			Indicadores			
	Objetivos Específicos			Caudal		
	Identificar la fuente principal para abastecimiento de agua a la población.			Dotación		Tipo de investigación
	Realizar los estudios de cantidad y calidad del agua, correspondientes para su debido tratamiento y potabilización para el consumo humano			Población de diseño	Está compuesto por la dotación diaria para los habitantes del centro poblado San Juan de Pacayzapa.	Descriptiva-explicativa-Cuantitativa
				Turbidez		
Realizar estudios topográficos en la zona, para determinar la configuración y cotas del terreno, así como, la ubicación de todos los componentes.		PH (potencial de hidrogeno)				
Diseñar los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable: captación, línea de conducción, planta de tratamiento, almacenamiento, aducción y red de distribución			Coliformes totales			

Anexo N°02: Panel fotográfico

Ubicación de la captación Santa Clara



En esta imagen se muestra la captación existente en malas condiciones



Reservorio existente del centro poblado San Juan de Pacayzapa



Tramos de la línea de conducción existente, donde podemos apreciar que están en mala estado, rotas y al interperie

Anexo N°03: Padrón de Beneficiarios

N° de Orden	Jefes de Familia			cantidad		
	Apellido Paterno	Apellido Materno	Nombres	N° de Varones	N° de Mujeres	Total
1	Matta	Morrales	Modesto Morge	3	2	5
2	Izquierdo	Sanchez	Angilberto	2	2	4
3	Izquierdo	Ramos	Guillermo	2	1	3
4	Cotrina	Alvarado	Dermali	2	1	3
5	Gomez	Cordova	Eleno	2	2	4
6	Alvarado	Guevara	Maria Carmen	3	2	5
7	Cieza	Cabrera	Mariano	4	3	7
8	Cotrina	Alvarado	Erix Yanina	2	2	4
9	Vasquez	Perez	Alejandrina	3	2	5
10	Neyra	Cruz	Bisney Charly	3	2	5
11	Guevara	Collantes	Maximandro	2	2	4
12	Neyra	Cruz	Segundo I.	1	2	3
13	Diaz	Hoyos	Maria Marlene	1	1	2
14	Tantalean	Torres	Jose Ever	3	2	5
15	Tafur	Melendez	Janina	3	3	6
16	Tafur	Grandez	Pedro Pascual	1	3	4
17	Parinango	Torres	Adan	2	1	3
18	Fernandez	Diaz	Norvil	1	1	2
19	Herrera	Tarrillo	Adelmo	1	3	4
20	Parinango	Torres	William	1	1	2
21	Parinango	Vidarte	Vicente	2	2	4
22	Cerna	Izquierdo	Elgar	2	1	3

23	Cubas	Coronel	Imelda	3	1	4
24	Parinango	Estela	Wilton	1	3	4
25	Camacho		Wisman	2	3	5
26	Bautista	Vasquez	Anibal	2	3	5
27	Cachique	Camacho	Rosita	2	2	4
28	Hernandez	Suece	Rodolfo	1	3	4
29	Guerrero	Cordova	Eduardo	3	1	4
30	Izquierdo	Salazar	Arcadio	2	2	4
31	Melendez	Lopez	Nelly	1	2	3
32	Rojas	Cubas	Hilda	1	3	4
33	Sanchez	Linares	Jose	3	1	4
34	Iglesia Adventista					
35	Izquierdo	Cabanillas	Sixto	3	1	4
36	Izquierdo	Salazar	Aurelia	3	2	5
37	Tarrillo	Salazar	Jose	1	3	4
38	Gaona	Linares	Wilder	1	1	2
39	Gaona	Cabanillas	Pedro	2	2	4
40	Briones	Linares	Javier	3	2	5
41	Briones	Escobal	Gilmer	2	3	5
42	Quispe	Villalobos	Evarista	2	1	3
43	Gonzales	Ramos	Rodomiro	3	3	6
44	Bustamante	Quintana	Aladino	2	2	4
45	Bustamante	Caruajulca	Yovani	2	2	4
46	Bustamante	Quintana	Fermin	1	3	4
47	Quispe	Villalobos	Camilo	3	1	4
48	Hernandez	Ramos	Doris	2	1	3
49	Bustamante	Quintana	Cesar	2	1	3

50	Huaman	Neyra	Gloria	1	2	3
51	Ramirez	Peña	Manuel	2	2	4
52	Bustamante	Castillo	Jose Elias	3	2	5
53	Iglesia Nasareno					
54	Izquierdo	Salazar	Felipe	2	2	4
55	Perez	Gonzales	Miguel	4	2	6
56	Rafael	Sarmiento	Margarita	3	1	4
57	Leon	Izquierdo	Sarayva	3	2	5
58	Tenazoa	Chisquipama	Segundo	2	2	4
59	Barboza	Rafael	Juan de Dios	2	3	5
60	Barboza	Huaman	Isaias	3	2	5
61	Huaman	Cubas	Mel	1	2	3
62	Huaman	Cubas	Nancy	2	2	4
63	Huaman	Rufasto	Rut	2	2	4
64	Rufasto	Montenegro	Senaida	1	1	2
65	Oblitas	Cadenillas	Alfredo	3	1	4
66	Lopez	Huaman	Levy	2	3	5
67	Lopez	Medina	Bernardino	3	1	4
68	Huaman	Rufasto	Didi	2	2	4
69	Municipalidad de San Juan de Pacayzapa					
70	Huaman	Cubas	Elvi	1	3	4
71	Huaman	Medina	Ambrosio	3	2	5
72	Huaman	Sanchez	Rosa	1	2	3
73	Bustamante	Herrera	Francisca	1	5	6
74	Linares	Bustamante	Brisalina	1	2	3
75	Castañeda	Lopez	Paulino	2	3	5
76	Castañeda	Jimenez	Temistocles	3	1	4

77	Lopez	Huaman	Bernardino	1	3	4
78	Lozano	Burga	Luis	2	3	5
79	Carranza	Campos	Emelina	1	4	5
80	Huaman	Rufasto	Eufemia	1	3	4
81	Carranza	Campos	Manuel	3	1	4
82	Guevara	Burga	S. Agapito	2	2	4
83	Castañeda	Jimenez	Temistocles	1	3	4
84	Linarez	Bustamante	Marcos	2	4	6
85	Cayotopa	Nuñes	Santiago	1	3	4
86	Quintana	Irigoín	Segundo	1	1	2
87	Rojas	Cayotopa	Abel	3	2	5
88	Bustamante	Diaz	Rodis	1	2	3
89	Perez	Vasquez	Gilmer	2	1	3
90	Bostamante	Días	Rody	1	2	3
91	Campos	Campos	Nestor	2	2	4
92	Bustamante	Vasquez	Analinda	3	1	4
93	Tarrillo	Vasquez	Graciela	3	3	6
94	Guevara	Guevara	Segundo Agapito	2	3	5
95	Sanchez	Fernandez	Maria	2	2	4
96	Huaman	Sanchez	Percy	3	1	4
97	Izquierdo	Salazar	Victoriano	3	2	5
98	Gaona	Herrera	Vidalina	1	3	4
99	Cayotopa	Gaona	Norbil	2	2	4
100	Herrera	Bustamante	Geiner	2	2	4
101	Tarrillo	Irigoín	Hector	3	2	5
102	Copia	Coronel	Ever	2	2	4
103	Posta Medica de San Juan de Pacayzapa					

104	Cabrera	Hernandez	Luciano	3	2	5
105	Rojas	Ramos	Mirian Belen	3	2	5
106	Rojas	Chumbe	Lucy Libertad	2	4	6
107	Rojas	Chumbe	Sonia	3	2	5
108	Rojas	Chumbe	Atler	4	2	6
109	Cabrera	Rojas	Abner	1	3	4
110	Fernandez	Rojas	Angel Augusto	1	1	2
111	Ceopa	Shupingahua	Maximo	2	3	5
112	Montenegro	Perez	Betty Mirian	3	2	5
113	Sigueñas	Diaz	Juan Alcides	1	3	4
114	Oblitas	Medina	Alcira	2	2	4
115	Rubio	Chavez	Saturnino	3	1	4
116	Huaman	Rufasto	Lila	1	3	4
117	Cotrina	Tenorio	Noemy	1	1	2
118	Cotrina	Tenorio	Jairo	2	2	4
119	Lozano	Burga	Lisardo	3	2	5
120	Cotrina	Tenorio	Rosa	3	2	5
121	Lozano	Perez	Gerardo	2	2	4
122	Lozano	Huancas	Richard	2	2	4
123	Barboza	Nuñez	Ausberto	4	3	7
124	Fustamante	Cotrina	Manuel D.	3	1	4
125	Bustamante	Quintana	Fermin	3	2	5
126	Tenorio	Cotrina	Segundo	3	1	4
127	Lizana	Huancas	Remigio	4	2	6
128	Fernandez	Huamuro	Demostenes	1	2	3
129	Bustamante	Diaz	Hilmer	2	2	4
130	Abad	Cotrina	Esther	2	2	4

131	Chumbe	Linares	Britaldo	1	2	3
132	Garcia	Chihuanta	Lazaro	3	1	4
133	Sanchez	Fernandez	Dina	1	1	2
134	Dominguez	Velasquez	Sipriano	1	1	2
135	Bustamante	Coronel	Cirilo	1	2	3
136	Cotrina	Herrera	Anibal	3	2	5
137	Izquierdo	Salazar	Ermitanio	2	2	4
138	Palomino	Sanchez	Adela	3	3	6
139	Barboza	Herrera	Flor	2	2	4
140	Sanchez	Linares	Hernan	1	3	4
141	Sandoval	Romero	Welinton	1	1	2
142	Saboya	Guerra	Josias	3	2	5
143	Perez	Gonzales	Marcial	3	1	4
144	Herrera	Gonzales	Santos	3	2	5
145	Carrasco	Rufasto	Adelfio	2	2	4
146	Dominguez	Velasquez	Francisco	4	2	6
147	Huaman	Rufasto	Leydo	3	3	6
148	Piña	Sanchez	Jose Gilberto	2	3	5
149	Alvarado	Guevara	Victoria	2	4	6
150	Copia	Sanchez	Santiago	2	3	5
151	Cubas	Servera	Maria Emma	2	2	4
152	Castillo	Alva	Segundo	3	2	5
153	Cotrina	Alvarado	Fredy Manuel	2	2	4
154	Campoverde	Abad	Pedro	2	2	4
155	Piña	Sanchez	Neider	3	2	5
156	Villegas	Collantes	Gerardo	2	2	4
157	Tarrillo	Delgado	Selmira	2	3	5

158	Fernandez	Malca	Jorge	2	2	4
159	Camacho	Chumbe	Luzmila	3	1	4
160	Fernandez	Malca	Homero	2	2	4
161	Huanca	Avellaneda	Abraham	3	1	4
162	Barboza	Montenegro	Hermogenes	3	4	7
163	Delgado	Tello	Maria Magdalena	2	2	4
164	Montenegro	Estela	Maria Lucibet	2	1	3
165	Castillo	Delgado	Maria Magali	3	3	6
166	Sandoval	Piña	Mamerto	3	2	5
167	Piña	Camacho	Clinton	1	3	4
168	Rimay	Diaz	Reina	3	2	5
169	Campos	Fernandez	Maria Rosa	1	4	5
170	Campos	Chavez	Susana	3	2	5
171	Oblitas	Cadenillas	Clemente	2	3	5
172	Rubio	Chavez	Saturdino	1	3	4
173	Campoverde	Abad	Beatriz	2	1	3
174	Fernandez	Cruzado	Ebed	4	2	6
175	Guevara	Guevara	Enrique	3	3	6
176	Rimay	Diaz	Carmen Ydalina	2	2	4
177	Herrera	Cotrina	Martha	2	2	4
178	Fernandez	Saucedo	Elsa	3	2	5
179	Tello	Herrera	Pablo	3	2	5
180	Tello	Herrera	Enrique	2	3	5
181	Perez	Davila	Segundo Wenseslao	1	3	4
182	Hoyos	Chavez	Maria Pefania	2	4	6
183	Barboza	Herrera	Delmira	2	4	6
184	Herrera	Gonzales	Ramon	2	3	5

185	Herrera	Tarrillo	Marino	2	3	5
186	Bustamante	Quintana	Samuel	3	3	6
187	Tenorio	Cotrina	Isidoro	2	3	5
188	Tenorio	Cotrina	Adan	2	3	5
189	Tenorio	Izquierdo	Leopoldo	2	3	5
190	Carrero	Paredes	Ranulfo	4	2	6
191	Neira	Cruz	Adriano	2	2	4
192	Dominguez	Velasquez	Martin	2	1	3
193	Sanchez	Fernandez	Segundo Lorenzo	2	4	6
194	Sanchez	Blanco	Lorenzo	2	2	4
195	Vargas	Sanchez	Elena	3	1	4
196	Sanchez	Fernandez	Cesar Enrique	1	2	3
197	Bustamante	Cotrina	Felix	2	4	6
198	Pangoa	Linares	Genrri	3	2	5
199	INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°0638					
200	Sanchez	Chujutalli	Witman	3	3	6
201	Chujutalli	Chujutalli	Gilberto	2	5	7
202	IGLESIA CATOLICA					
203	Piña	Cachique	Pedro	2	3	5
204	Tangoa	Saboya	Javier	2	1	3
205	Tangoa	Linares	Francisco	4	4	8
206	Piña	Linares	Wilder	2	1	3
207	Guevara	Torres	Jose Luis	2	4	6
208	Huaman	Sanchez	Eliseo	2	1	3
209	Sanchez	Fernandez	Jose Tito	2	3	5
210	Caruajulca	Colunche	Victor	3	2	5
211	Chujutalli	Chujutalli	Withson	3	3	6

212	Guillen	Angeles	Sabina Julia	3	1	4
213	Abad	Rivera	Victor Manuel	2	2	4
214	Chujutalli	Chumbe	Neicith	2	2	4
215	Sanchez	Chujutalli	Belsamira	2	2	4
216	Sanchez	Chujutalli	Tito	3	4	7
217	Herrera	Herrera	Sergio	2	2	4
218	Vargas	Huancas	Rogelio	4	2	6
219	Fernandez	Saucedo	Feliciano	1	1	2
220	Fernandez	Burga	Luciano	3	3	6
221	Yangua	Campoverde	Salomon	2	3	5
222	Lozano	Burga	Enrique	3	3	6
223	Cotrina	Tenorio	Abner	4	3	7
224	Izquierdo	Salazar	Efigenia	1	1	2
225	Castañeda	Jimenez	Victor	1	1	2
226	Azañero	Escovedo	Antonio	2	3	5
227	Burgos	Malca	Doralisa	3	2	5
228	Sanches	De Piña	Celia	3	2	5
229	Delgado	Tocto	Manuel Olmedo	4	2	6
230	Tuanama	Sinarahua	Aquiles	2	2	4
231	Chumbe	Linares	Elvis	2	3	5
232	Bustamante	Barboza	Marleni	2	2	4
233	Izquierdo	Leon	Hugo Alexander	3	1	4
234	IGLESIA PEREGRINOS					
235	Flores	Perez	Lindli	3	2	5
236	Cotrina	Fernandez	Tito Alberto	2	2	4
237	Sanchez	Cotrina	Segundo Teofilo	4	2	6
238	Sanchez	Fernandez	Roberto	2	3	5

239	Montenegro	Leiva	Maria Natividad	1	2	3
240	Llaja	Sempertegui	Reyes	1	2	3
241	Montenegro		Juan	3	2	5
242	Estela	Chamaya	Israel	2	3	5
243	Cieza	Tarrillo	Octavio	2	2	4
244	Medina	Becerra	Consuelo	3	2	5
245	Piña	Cachique	Marlith	2	3	5
246	Rojas	Chumbe	Milner	3	2	5
247	Linares	Leon	Rosaura	4	3	7
248	Rojas	Chumbe	Juan	2	3	5
249	Linares	Torres	Catalino	2	3	5
250	Linares	Leon	Marilu Edita	2	3	5
251	Cieza	Cabrera	Mariano	2	3	5
252	Chumbe	Sanchez	Alicia	4	2	6
253	Huaman	Laban	Enrique	2	3	5
254	Melendez	Pusma	Eliberto	3	2	5
255	Campoverde	Abad	Pedro	3	2	5
256	Ramos	Alarcon	Angel	2	2	4
257	Colunche	Tapia	Elevith	3	1	4
258	Cruz	Huaman	Jesus	3	2	5
259	Gatica	Silva	Celfa	2	3	5
260	Ocampo	Cuipal	Victoria	4	1	5
261	Rojas	Vela	Dan Howar	1	2	3
262	Hoyos	Quinto	Eliseo	1	2	3
263	Hoyos	Cuipal	Lucas	2	3	5
264	Cigueñas	Diaz	Hipolito Ubil	2	2	4
265	Cigueñas	Oblitas	Jose	4	3	7

266	I.E. INICIAL N° 002					
267	Huamán	Labán	Enrique	2	2	4
268	Alvarado	Coronel	Soriano	3	2	5
269	Bustamante	Barboza	Audel	2	2	4
270	Navarro	Flores	Anastacio	3	1	4
271	Barboza	Gonzales	Eriberto	1	2	3
272	Barboza	Montenegro	Francisco	2	1	3
273	Bustamante	Barboza	Maria Luzmira	2	1	3
274	Leiva	Mego	Cesar	2	3	5
275	Mego	Ruiz	Dario	3	3	6
276	Colunche	Diaz	Emilio	4	2	6
277	Colunche	Tapia	Felina	2	4	6
278	Barboza	Gonzales	Gilmer	3	3	6
279	Fuentes	Tapia	Wilder	1	3	4
280	Parinango	Estela	Jose Santos	3	2	5
281	Leon	Cotrina	Bitelio	2	4	6
282	Matta	Gonzales	Gerardo	2	3	5
283	Campoverde	Chinchay	Valerio	3	2	5
284	Aguilar	Collantes	Victor Raúl	2	2	4
285	Cena	Leon	Pedrito	2	2	4
286	Garcia	Chiuanta	Belizario	1	1	2
287	Sanchez	Linares	Levil	1	1	2
288	Sanchez	Isuisa	Harlin	2	1	3
289	Cubas	Cerna	Antonio	4	3	7
290	Valdivia	Linares	Roberto	2	3	5
291	Barboza	Gonzales	Deidita	2	3	5
292	Bustamante	Coronel	Cirilo	3	2	5

293	Delgado	Vasquez	Royler	2	3	5
294	Cena	Leon	Oscar	2	2	4
295	Delgado	Huaman	Ayda	3	6	9
296	Alarcon	Torres	Demetrio	4	3	7
297	Fernandez	Diaz	Esteban	3	3	6
298	Parinango	Estela	Antonio	2	3	5
TOTAL				651	645	1296

Anexo N°04: Estudio Topográfico**ESTUDIO TOPOGRAFICO****INDICE**

1. Memoria Descriptiva
 - 1.1.Generalidades
 - 1.2.Ubicación y Descripción del Área de Estudio

2. Levantamiento Topográfico
 - 2.1.Objetivo y Alcances del Levantamiento Topográfico

 - 2.2.Trabajo de Campo
 - 2.2.1 Reconocimiento de área de estudio
 - 2.2.2 Equipo y personal empleado
 - 2.2.3 Medición de Ángulos Horizontales y Verticales

3. Trabajo de Gabinete
 - 3.1.Equipo empleado
 - 3.2.Plano topográfico

4. Panel fotográfico

MEMORIA DESCRIPTIVA.**1. GENERALIDADES.**

A continuación, se presenta el informe técnico en el cual se desarrollaron las actividades propias del Levantamiento Topográfico, necesarias para generar la información requerida para el estudio.

1.2.Ubicación y Descripción del Área de Estudio.

Departamento / Región : San Martín

Provincia : Lamas

Distrito : Alonso de Alvarado

Localidad : San Juan de Pacayzapa

Cuadro N° 01 Ubicación y coordenadas (WGS -84)

COORDENADAS UTM			
DESCRIPCIÓN	NORTE	ESTE	ALTITUD (msnm)
Captación	9301935.735	305695.045	1090.80
Reservorio	9305156.88	305474.60	1101.52
Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)	9301763.310	305800.790	1066.40

LISTA DE BMS			
DESCRIPCIÓN	NORTE	ESTE	ALTITUD (msnm)
BM - A	9301000.674	306085.561	1150.00
BM - 01	9305185.220	304978.47	941.95
BM - 02	9305218.700	304954.350	945.13
BM - 03	9305182.400	305456.470	1001.05

2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

2.1. Objetivo y Alcances del Levantamiento Topográfico

El objetivo del Estudio Topográfico es proporcionar información básica y necesaria basada en informes recopilados y evaluados, la data topográfica tomada en campo y procesada en gabinete mediante el uso de las herramientas de la topografía.

El objetivo secundario es obtener Benchs Marks o Puntos de control en un número suficiente como para desarrollar trabajos de verificación y ubicación en campo de las estructuras a proyectarse según demande el estudio. Tener cotas de referencia para los trabajos a licitarse, *los cuales se dejaron 3 puntos de apoyos o BMs que se muestran en los planos.*

El objetivo de un levantamiento topográfico es la determinación, tanto en planimetría como en altimetría, de puntos del terreno necesarios para la representación fidedigna de un determinado sector del terreno a fin de:

1. Realizar el levantamiento topográfico, correspondiente al sitio de interés donde se construirán las obras propias de este proyecto.
2. Generar toda la información del terreno, por medio de nube de puntos, detallando las características topográficas de la franja a levantar, los cambios de pendiente.
3. Aplicar conocimientos básicos de topografía para la generación de información primaria usando equipos de última tecnología.
4. Hacer los amarres en coordenadas y cota, partiendo de dos Puntos tomados con un GPS navegador.
5. Elaborar planos topográficos a escalas adecuadas.
6. Proporcionar información de base para los estudios hidráulicos, geológicos, canteras, fuentes de agua, suelos, y de impacto ambiental.

2.2. Trabajos de Campo

El Levantamiento Topográfico se refiere al establecimiento de puntos de control horizontal y vertical, los cuales tiene que ser enlazados a un sistema de referencia, en este caso al Sistema de control Horizontal y Vertical del IGN, y a

la toma de una cantidad adecuada de puntos de levantamiento a fin de representar fidedignamente el terreno existente en planos topográficos.

La automatización del trabajo se efectuó de la siguiente manera:

1. Toma de datos de campo durante el día
2. Bajada de información al caer la luz del sol
3. Verificación en la computadora de la información tomada en campo
4. Procesamiento de la información

2.2.1. Reconocimiento de área de estudio

Como primer trabajo se ubicó los Puntos de partida tomados con GPS navegador las cuales fueron dos uno con la nominación de BM-2 y el otro punto BM-1 nuestra referencia, apuntando hacia el norte magnético.

Se reconoció el tramo con los lugareños para tomar los puntos de la franja a levantar, por donde están dando permiso los propietarios de sus parcelas.

2.2.2. Equipo y personal empleado

Personal Empleado:

- ✓ 01 Topógrafo
- ✓ 02 Prismeros
- ✓ 01 Estaquero
- ✓ 04 Desbrozadores

Recursos Empleados:

- ✓ 01 Estación total TopCom ES-105 serie BS0688
- ✓ 02 Prismas.
- ✓ 03 Entre otros accesorios como trípodes, baterías, wincha, pintura, cemento, etc.
- ✓ 04 GPS Garmin (78s)

2.2.3. Medición de Ángulos Horizontales y Verticales

La medición de los ángulos horizontales se efectuó con una (01) Estación Total TopCom System **ES-105 serie BS0688** con motor Servo especial para replanteo, la cual elimina los errores del cálculo de ángulos horizontales y verticales que se producen normalmente en los teodolitos convencionales. El principio de lectura está basado en la lectura de una señal integrada sobre la superficie completa del dispositivo electrónico horizontal y vertical y la obtención de un valor angular medio. De esta manera, se elimina completamente la falta de precisión que se produce debido a la excentricidad y a la graduación, el sistema de medición de ángulos facilita la compensación automática en los siguientes casos:

1. Corrección automática de errores del sensor de ángulos.
2. Corrección automática del error de colimación y de la inclinación del eje de muñones.
3. Corrección automática de error de colimación del seguidor.
4. Cálculo de la medida aritmética para la eliminación de los errores de puntería.

3. TRABAJOS DE GABINETE

Los trabajos de gabinete consistieron básicamente en:

- ✓ Procesamiento de la información topográfica tomada en campo.
- ✓ Elaboración de planos topográficos a escalas adecuadas.

3.1. Equipo Empleado

- ✓ 01 PC Intel (R) (TM) i5 CPU 2.93 GHz de 6.0 GB de RAM.
- ✓ Software Top Com Link, para transmitir toda la información tomada en el campo a una PC.
- ✓ Software AutoCAD Civil 3D 2016 para el procesamiento de los datos topográficos.
- ✓ Software AutoCAD 2013 para la elaboración de los planos correspondientes.

PANEL FOTOGRÁFICO



Se muestra la captación proyectada



En la foto se aprecia el equipo que se utilizó para realizar el levantamiento topográfico.



En la foto se aprecia la franja en estudio para el levantamiento.



En la foto se aprecia los BMs planteados.

ESTUDIO HIDROLOGICO**INDICE****RESUMEN EJECUTIVO****1. ASPECTOS GENERALES****1.1 INTRODUCCIÓN****1.2 Antecedentes****1.3 Objetivos del estudio****Objetivo General****Objetivos Específicos****1.4 Justificación del estudio****2. EVALUACIÓN HIDROLÓGICA DE LA MICROCUENCA****2.1 Descripción General de la Microcuenca y del Curso Principal de la fuente****2.1.1 Ubicación y demarcación de la unidad hidrográfica****2.1.2 Accesibilidad y vías de comunicación****2.1.3 Aspectos Socio-Económicos****2.1.4 Geomorfología.****2.1.5 Geología y sismicidad de la zona****2.1.6 Aspectos ecológicos de la Microcuenca****Flora y fauna****Clima****Suelos****2.1.7 Calidad del agua**

- 2.2 Análisis y tratamiento de la información hidrométrica e hidrológica**
 - 2.2.1. Análisis de la Variables Meteorológicas**
 - 2.2.2. Tratamiento de la Información Hidrometeorológica e hidrométrica**
- 2.3 Disponibilidad hídrica**
 - 2.3.1 Disponibilidad de agua**
 - 2.3.2 Análisis de Persistencia de Probabilidad de Ocurrencia de Caudales**
- 2.4 Usos y Demanda de Agua de la Microcuenca de la Quebrada Santa Clara**
 - 2.4.1. Consumo Actual y Futuro del Agua**
- 2.5 Balance Hídrico**
 - 2.5.1 Disponibilidad Hídrica**
 - 2.5.2. Demanda Hídrica Total en Situación Actual y Situación Futura**
 - 2.5.2.1. Balance Hídrico en Situación Actual**
 - 2.5.1.2. Balance Hídrico en la Situación Futura**
- 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso socioeconómico escaso y vital. La creciente demanda de agua para fines tanto domésticos como industriales amenaza la sostenibilidad de las aguas subterráneas, y afecta a la agricultura, la silvicultura, la industria y el agua potable. Es esencial que los recursos hídricos sean gestionados de manera estratégica y sostenible.

La fuente de agua superficial representa el elemento vital para promover el desarrollo sostenible de una comunidad, más aún cuando este lo utiliza para los diversos usos, entre los de mayor importancia están los de abastecimiento para uso poblacional, agrícola, pecuario, minero, energético y otros de menor envergadura como para el uso y mantenimiento de las especies silvestres de flora y fauna existentes (uso ecológico), por lo tanto es necesario definir, su ubicación, cantidad, calidad, y distribución dentro de la unidad básica de planificación y desarrollo llamado cuenca.

El presente estudio de aprovechamiento hídrico, tiene el objetivo de efectuar la evaluación hidrológica de la microcuenca Quebrada Santa Clara, para facilitar y lograr el propósito que persigue el Proyecto: “Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua potable con fines de mejoramiento de la calidad del agua que consumen los pobladores del centro poblado San Juan de Pacayzapa-Alonso Alvarado- Lamas- San Martín”.

Mediante el Estudio Hidrológico podemos conocer y evaluar sus características físicas y geomorfológicas de la microcuenca, analizar y tratar la información hidrometeorológica existente, analizar y evaluar la escorrentía mediante registros históricos, conocer el comportamiento hidrológico de la microcuenca y determinar la demanda de agua para uso poblacional; además de determinar el balance hídrico de la microcuenca.

Así mismo, el presente estudio tiene la finalidad de determinar la disponibilidad hídrica actual y futuro del curso principal de la microcuenca de la Quebrada Santa Clara y generar la información necesaria para justificar el uso y aprovechamiento de agua superficial para abastecer agua para uso poblacional a 1296 hab inicialmente y a una población proyectada de 2299 hab.

1.2 Antecedentes

A partir de los años 1,960, en el Perú se han iniciado estudios hidrológicos para la evaluación y cuantificación de los recursos hídricos en cuencas de mayor y menor importancia para el desarrollo agropecuario de nuestro país.

A partir del año 1,973, el Ministerio de Agricultura asumió oficialmente esta disciplina, creando en La Dirección General de Aguas una Subdirección de Manejo de Cuencas con tres unidades: Ordenación de Cuencas, Sistema de Conservación y Sistema de Protección.

En los años 1975 y 1976, con el objetivo de afirmar la institucionalización del Manejo de Cuencas, el Proyecto cambia de denominación y pasó a llamarse Proyecto de Manejo de Cuencas, proponiéndose como meta formular los estudios a nivel nacional de 30 cuencas.

A partir del año 2001, la Intendencia de Recursos Hídricos del ex Instituto Nacional de Recursos Naturales, ha desarrollado estudios hidrológicos en las cuencas del Perú, como es el caso de las cuencas de los ríos Cañete, Chancay-Huaral, Chili, Caplina, Ica, San Juan, entre otros; y consiente de la necesidad del País de disponer del conocimiento integral y homogéneo del potencial de sus recursos hídricos que conlleven a un uso racional y planificado, desde los puntos de vista social, económico, ecológico y considerando la participación de todos los agentes consumidores de agua de la cuenca, dentro de este contexto la Autoridad Nacional del Agua, prosigue con sus objetivos iniciales extendiendo estos estudios en otras cuencas, como es el presente caso del río Rímac.

También en este contexto, entre los años 2004 -2007, el Proyecto DIAM –en coordinación con la JUCAM y la Autoridad Local de Aguas (Administración Técnica del Distrito de Riego Alto Mayo) ha facilitado la conformación de tres organizaciones, teniendo como base institucional, la visión y el concepto de cuenca hidrográfica. Las organizaciones conformadas forman parte de la Junta de Usuarios: la Comisión de Regantes Avisado (CRA), la Comisión de Regantes Tioyacu-La Unión (CRT) y la Comisión de Regantes Huasta (CRH). Así mismo, se apoyó de manera puntual al Comité de Regantes Soritor-Progreso (margen derecha del río Mayo).

El continuo desabastecimiento de agua del centro poblado involucrado, origina que la población, se vea obligada muchas veces a almacenar el agua en baldes, cilindros, para consumirlo en el resto del día, muchas veces estos recipientes no cuentan con el tratamiento necesario, trayendo como consecuencia el consumo de agua contaminada y que está

originando en la población sobre todo en los niños la presencia de parásitos y desnutrición. En el peor de los casos, se abastecen de las quebradas que circundan que actualmente se encuentran contaminadas y que no cuentan con la más mínima garantías de salubridad para el consumo humano.

1.3 Objetivos del estudio

Objetivo General

Realizar el estudio hidrológico que muestre el ciclo hídrico de la Microcuenca de la Quebrada Santa Clara, que abarque el análisis de los principales componentes hidrometeorológicos: como la precipitación, la escorrentía superficial como parámetro principal e importante y el análisis de caudales en el punto de la captación.

Objetivos Específicos

Diagnosticar las características generales de la Microcuenca: Ecología, geología, suelos y sismicidad, geomorfología, accesibilidad y socioeconómica.

Evaluar la precipitación en la microcuenca, como una base para la modelación matemática precipitación – escorrentía.

Determinar la demanda hídrica poblacional y oferta hídrica a nivel mensual de la microcuenca.

Realizar el balance hídrico en la microcuenca a nivel mensual y anual, proyectado a la vida útil del proyecto.

1.4 Justificación del estudio

El estudio hidrológico de la Microcuenca de la Quebrada Santa Clara - Lamas, se justifica porque:

Genera información para evitar conflictos entre usuarios que habitan en la microcuenca baja, microcuenca media y alta que utilizan el agua de la Quebrada Santa Clara.

El estudio hidrológico está orientado principalmente a la evaluación, cuantificación y simulación de la microcuenca, es decir el comportamiento de oferta y demanda hídrica, mediante el estudio de los procesos de

funcionamiento de la microcuenca; así como de sus componentes geomorfológicos, coadyuvando a ellos, los elementos meteorológicos y la escorrentía superficial.

2. EVALUACIÓN HIDROLÓGICA DE LA MICROCUENCA

2.1 Descripción General de la Microcuenca y del Curso Principal de la fuente

2.1.1 Ubicación y demarcación de la unidad hidrográfica.

La Microcuenca de la Quebrada Santa Clara se ubica en el distrito de Alonso de Alvarado, provincia de Lamas, departamento de San Martín, a una altitud de 1151.91 m.s.n.m. Geográficamente, se encuentra ubicado entre las coordenadas UTM ESTE (X): 306083, NORTE (Y): 9300987.

La microcuenca de la Quebrada de Santa Clara, que pertenece a la parte baja de la Unidad Hidrográfica de la cuenca del Río Mayo. La microcuenca de la Quebrada de Santa Clara actúa como un sistema natural de drenaje de las aguas lluvias y las características que posee, establecen el comportamiento y la forma de cómo se realiza dicho drenaje. Por tanto, entre el comportamiento hidrológico y las características fisiográficas de la microcuenca existe una relación directa.

La Microcuenca de la Quebrada Santa Clara, tiene las siguientes características físicas morfológicas:

Cuadro N° 01

Características Físicas y Geomorfológicas de la Microcuenca

Características Físicas y Geomorfológicas de la Microcuenca Qda. Santa Clara			
No.	Característica	Valor	Interpretación
1	Área (Km ²)	4.6695	Por su tamaño, según PRONAMACHS- MINAG, es una Microcuenca
2	Perímetro (Km)	15.09	Corresponde a una microcuenca alargada.
3	Longitud del Curso Principal (Km)	7.886	Gran influencia en la escorrentía
4	Ancho de la Microcuenca (m)	2.8	Corresponde a una microcuenca alargada.
5	Desnivel Altitudinal (m)	200.00	Gran variabilidad climática y ecológica. Único
7	Coefficiente de Compacidad	1.96	Forma Alargada
8	Lado Mayor del Rectángulo Equivalente (Km)	6.88	Forma Redondeada de la microcuenca.
9	Pendiente Uniforme	0.025	Pendiente mínima

Fuente: Elaboración propia

Al interior de la Cuenca se encuentra la Estación Meteorológica Pacayzapa, por lo que se ha determinado la precipitación de diseño con respecto a esta estación.

2.1.3 Aspectos Socio-Económicos

En el proceso de desarrollo del estudio del proyecto, se ha observado que las principales actividades económicas es la agricultura (Basándose en cultivos de café, cacao y maíz) y la ganadería. En menor proporción tenemos, al cultivo de frejol, yuca y plátano, para ser comercializados en los mercados locales; y la crianza de aves de corral, porcinos, etc.

Actividades que desarrollan

Agricultura: La agricultura constituye la principal fuente de ingresos económico, para el sustento familiar. La agricultura es generalmente de autoconsumo, y participan todos los miembros de la familia. Los productos de la zona son el café, cacao, maíz, entre otros.

Fuente: Diagnóstico Técnico.

Ganadería: La ganadería es una actividad menor, siendo muy pocas las familias de las localidades, que se dedican a este rubro, y solo crían ganado vacuno. Así mismo, crían animales menores, como el cuy y conejos; en aves las gallinas, patos y pavos, entre otros.

Los cuales son vendidos para los gastos de la época escolar o algunos gastos de imprevistos.

Fuente: Diagnóstico Técnico.

Comercio: Esta actividad económica es la menos implementada en las localidades, existiendo pequeñas bodegas las cuales cuentan con productos de primera necesidad. Fuente:

Diagnóstico Técnico.

2.1.4 Geomorfología

Los rasgos geomorfológicos de la localidad de San Juan de Pacayzapa, están estrechamente controlados por: las estructuras resultantes de los procesos Tectónicos recientes, el tipo de rocas y la intensidad con que actúan los fenómenos geológicos - climáticos; Factores que se han encargado de darle la configuración actual al relieve de la zona.

Del análisis realizado se determinó lo siguiente:

La topografía donde se ubican los centros poblados se encuentra en un terreno con tendencia entre ondulado y pendientes pronunciadas.

La captación del sistema se encuentra dentro de un terreno con ondulaciones pronunciadas y pendientes moderadas.

Las líneas de conducción y aducción pasan por relieves con pendientes moderadas.

La planta de tratamiento se encuentra en una zona de pendiente moderada.

El reservorio se encuentra en una zona de pendiente moderada.

2.1.5 Geología y sismicidad de la zona.

En el área de estudio afloran unidades estratigráficas cuyos rangos de edad van desde el cretácico medio, terciario inferior, terciario superior y el cuaternario antiguo o pleistoceno.

Dentro del ámbito geográfico del distrito de Moyobamba según estudios realizados por el Proyecto Especial Alto Mayo – en el marco de la Zonificación Ecológica y Económica se pueden identificar varios tipos de formaciones geológicas, entre los cuales destacan:

Formación Chonta - Cretácico medio.

Constituida por calizas y margas de coloración blanquecina a crema, además, por secuencias de lutitas grises oscuras, limolitas y algunos niveles de calizas grises, y el conjunto en estratos conspicuamente definidos.

Formación Yahuarango - Terciario inferior-Paleógeno

Corresponde a un conjunto litológico denominado “Capas Rojas”, unidad que da comienzo a la depositación continental, con pequeñas interrupciones de leves transgresiones marinas. Está separada en la parte superior por una secuencia de limo arcillitas rojas (lodolitas rojizas), limolíticas; y hacia la base, conglomerados redondeados a sub angulosos con estratificación sesgada. Fuente: ZEE- Alto Mayo, 2011.

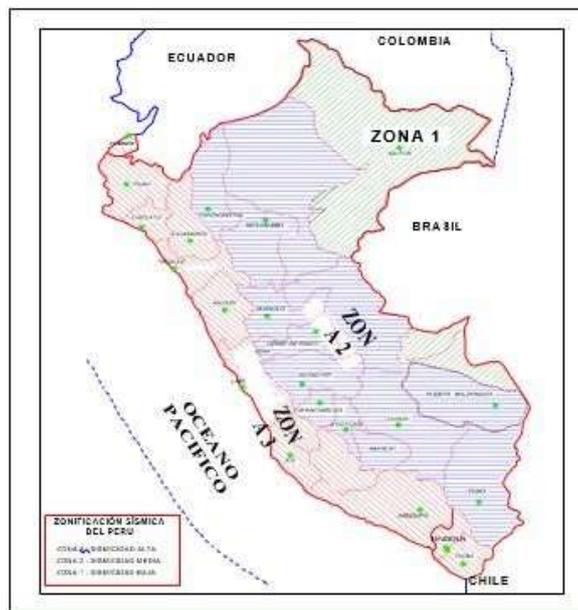
La actividad sísmica del área se relaciona con la subducción de la placa oceánica bajo la placa continental sudamericana, subducción que se realiza con un desplazamiento del orden de diez centímetros por año, ocasionando fricciones de la corteza, con la consiguiente liberación de energía mediante sismos, los cuales son en general tanto más violentos cuando menos profundos son en su origen.

Como los sismos del departamento se originan en las fricciones corticales debidas a la subducción de la placa oceánica bajo la continental, resulta que a igualdad de condiciones los sismos resultan más intensos en las regiones costeras, decreciendo generalmente hacia la sierra y selva, donde la subducción y fricción cortical es paulatinamente más profunda. Las zonas alejadas del oriente amazónico, sufren de pocos eventos sísmicos precisamente por la gran profundidad en que se produce la subducción bajo este departamento, en comparación a lo que ocurre bajo la costa.

En el Mapa N° 01, se presenta el Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú realizado por Alva et al (1984), el cual se basó en Mapas de Isosistas de Sismos Peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos recientes.

Mapa N° 02

Zonificación Sísmica del Perú



2.1.6 Aspectos ecológicos de la Microcuenca

El ámbito de estudio comprende tres zonas de vida según los parámetros del mapa ecológico de ONERN 1976, el mapa forestal del Perú; sin embargo, predomina la zona de vida de Bosque Húmedo – Premontado Tropical cuyas precipitaciones pluviales varían entre 1800 y 2000 mm.

Bosque Húmedo - Premontano Tropical (bh-PT), geográficamente se extiende a lo largo del departamento latitudinal tropical del país. Esta formación vegetal se distribuye entre los 500 y 2000 msnm, características que corresponden a la zona en la que se encuentra ubicado el ámbito de estudio del centro poblados de San Juan de Pacayzapa.

El clima de la microcuenca Quebrada Santa Clara, es Subtropical Cálido - Húmedo, propios de la zona de la selva alta, la época de precipitaciones pluviales se presenta durante los 12 meses del año y con período muy húmedos entre los meses de Diciembre a Marzo. Normalmente las temperaturas oscilan entre 21.5 C y 24.7°C. La altitud media es de 1115 m.s.n.m.

Flora y fauna

La vegetación climática es un bosque siempre, alto y tupido, que contiene volúmenes apreciables de madera para usos diversos.

Entre las variedades de especies arbóreas, arbustivas, pastos entre otras, identificadas en el ámbito de estudio, se tiene:

Cuadro N° 04. Relación de especies identificadas en la zona de estudio

Flora		
Nombre común	Nombre científico	Situación actual
Maíz	<i>Zea mays</i>	No se encuentra en peligro de extinción
Aguaje	<i>Mauritia flexuosa</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Café	<i>Coffea</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Naranja	<i>Citrus auranteu</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Arroz	<i>Oryza sativa</i>	No se encuentra en peligro de extinción
Mango	<i>Manguifera indica</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Cedro	<i>Cedrela adórate</i>	Vulnerable

Fuente: Conhydra, 2019

En zonas alejadas de estas localidades, se pueden observar algunas especies de fauna. Por otro lado las poblaciones se dedican a la crianza de ganado vacuno, porcino y aves de corral la que realizan a campo abierto. Dentro de las más representativas especies de fauna tenemos los siguientes:

Cuadro N° 05. Especies de fauna identificadas en el área de estudio

Mamíferos		
Nombre común	Nombre científico	Situación actual
Añuje	<i>Dasyprocta fuliginosa.</i>	No se encuentra en peligro de extinción
Pelejo	<i>Bradipus variegatus</i>	No se encuentra en peligro de extinción
Achuni	<i>Nasua nasua</i>	No se encuentra en peligro de extinción
Picuro	<i>Cuniculus paca</i>	No se encuentra en peligro de extinción
Reptiles		
Loro Machaco	<i>Bothrops bilineatus.</i>	No se encuentra en peligro de extinción
Jergón	<i>Bothrops spp.</i>	Vulnerable
Aves		
Loro	<i>Amazona spp.</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Paúcar	<i>Cacicas spp.</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Gallinazo	<i>Ortalis erythroptera.</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Paloma	<i>Columba canops.</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Tijera Chupa	<i>Elanoides forficatus</i>	No se encuentra en peligro de extinción.

Fuente: D.S N°004-2014-MINAGRI.

Clima

El clima es cálido y húmedo, con presencia notoria de las estaciones del año: verano los meses de junio, julio y agosto, y se pronuncia durante los meses de diciembre, enero y febrero, siendo la época de invierno durante los meses de septiembre, octubre, noviembre, marzo, abril y mayo.

Según el mapa de clasificación del Perú por el SENAMHI, las precipitaciones fluviales anuales se encuentran entre 1200 y 2000 mm/año, el promedio de humedad relativa varía entre 77% y 80% y una temperatura mínima promedio de 18.2 °C. y una temperatura máxima promedio de 28.6 °C.

Así mismo cabe señalar que por versiones de la población entrevistada en campo manifiestan que durante el año el clima varía entre cálido y húmedo. Con sensación templada durante ciertas horas del día, así mismo indican que no han ocurrido temperaturas extremas, como heladas y otros.

La precipitación media anual es de 1000 a 1200mm, alcanzando sus valores más elevados en los meses de Enero a Mayo.

Cuadro 6

Temperatura promedio año 2019-Estación Meteorológica Pacayzapa

Mes	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)
Enero	27,38	18,17
Febrero	27,85	18,88
Marzo	27,38	18,50
Abril	28,27	18,83
Mayo	28,38	19,00
Junio	29,07	17,33
Julio	29,25	17,64
Agosto	29,38	17,33
Septiembre	29,92	17,50
Octubre	28,91	19,17
Noviembre	28,00	19,00
Diciembre	28,43	19,11
Promedio	28,62	18,28

Fuente: SENAMHI-2019

Suelos

En cuanto a la capacidad de uso mayor en el área de estudio, al ser una zona rural, las familias se dedican principalmente a la agricultura, está se desarrolla con fines del cultivo de café, éste se comercializa con la finalidad de obtener poder adquisitivo, pero presenta ciertas limitaciones que enfrenta el agricultor como son los fenómenos climatológicos adversos en las diferentes etapas del proceso productivo, presencia de plagas (Roya) y enfermedades, insuficiente o inadecuada infraestructura de riego, empleo de tecnología rudimentaria, falta de asistencia técnica y crediticia.

2.1.7 Calidad del agua

Las características de calidad del agua de una fuente, es determinante en el funcionamiento de un sistema de agua potable y más aún en la salud de los usuarios del agua. Los que además deben estar conforme con criterios de calidad admisibles. Por lo que, se destaca entonces la necesidad y conveniencia de establecer con razonable precisión las características microbiológicas y físico-químicas del agua.

Las aguas dulces son caracterizadas por contener bajas concentraciones de solutos (Kirschner 1991). En este contexto se encuentran la gran mayoría de los cuerpos de agua amazónicas (Sioli 1984; Junk and Furch 1985; Furch and Junk

1997), en la Microcuenca de la Qda. Santa Clara, esta característica también es un común denominador. En ese sentido, las características físicas y químicas de los cuerpos de agua sufren pequeñas variaciones cuando son analizadas en ese espectro temporal. Los valores de temperatura, pH, oxígeno disuelto, contenido de sólidos disueltos, alcalinidad y dureza son característicos de aguas saludables y de diferentes grados de productividad potencial. Algunos contaminantes como: arsénico, cadmio, cobre, cromo, manganeso, mercurio, níquel y plomo se encuentran con concentraciones muy reducidas y no son amenazas para la vida acuática ni para la salud de las poblaciones humanas.

En el Cuadro No. 07, se muestra el cuadro comparativo entre los resultados del Informe de Ensayo Con Valor Oficial N° 056085L/17-MA-MB y los ECAS (Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 1

Poblacional y Recreacional, A1, A2 y A3 que corresponden a Aguas Superficiales destinadas a la producción de agua potable).

Cuadro 7

Análisis de calidad de agua de la Quebrada Santa Clara

Parámetros	Unidad	Informe de ensayo con valor oficial N° 56085L/17-MA-MB	ECAS-AGUA Categoría 1 (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM de fecha 07.06.2017)		
			A1	A2	A3
			Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FISICOS QUIMICOS					
Aceites y grasas	Mg/L	<1.0	0.5	1.7	1.7
Conductividad	us/cm	117.9	1 500	1 600	**
pH	Unid.	7.2	6.5 – 8.5	5.5 – 9.0	5.5 – 9.0
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	78.0	1 000	1 000	1 500
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	<3.0	-	-	-
Turbidez	UNT	3.4	5	100	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	2.1	3	5	10
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0.047	1.5	1.5	**
INORGANICOS					
Aluminio	mg/L	0.1149	0.9	5	5
Antimonio	mg/L	<0.0002	0.02	0.02	**
Arsénico	mg/L	<0.0004	0.01	0.01	0.15
Bario	mg/L	0.0395	0.7	1	**
Berilio	mg/L	<0.0008	0.012	0.04	0.1
Boro	mg/L	<0.0012	2.4	2.4	2.4
Cadmio	mg/L	<0.0002	0.003	0.005	0.01
Cobre	mg/L	0.0033	2	2	2
Cromo hexavalente	mg/L	<0.02	0.05	0.05	0.05
Hierro	mg/L	0.4191	0.3	1	5
Manganeso	mg/L	0.0081	0.4	0.4	0.5
Mercurio	mg/L	<0.0001	0.001	0.002	0.002
Molibdeno	mg/L	<0.0002	0.07	**	**
Niquel	mg/L	0.0021	0.07	**	**
Plomo	mg/L	0.0012	0.01	0.05	0.05
Selenio	mg/L	<0.0002	0.04	0.04	0.05
Uranio	mg/L	<0.0003	0.02	0.02	0.02
Vanadio	mg/L	0.0011	-	-	-
Zinc	mg/L	0.1463	3	5	5
MICROBIOLOGICO					
Coliformes Totales	NMP/100ml	>23	50	**	**
Coliformes Fecales	NMP/100ml	>23	20	2 000	20 000

Fuente: Laboratorio de ensayo Inspectorate Services Perú S.A.C A Berau Veritas Group Company

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de agua, se observa que los parámetros microbiológicos con rangos mayores a los permisibles, por lo que se deberá realizar el tratamiento previo, para que este recurso sea de buena calidad y apto para consumo humano.

2.2 Análisis y tratamiento de la información hidrométrica e hidrológica

El recurso hídrico proveniente del escurrimiento superficial originado por la precipitación ocurrida en la microcuenca es de tipo orográfico y tiene mayor presencia en alturas superiores a los 1,800 msnm, y correlativamente son registradas en la Estación Pacayzapa, ubicado en el Distrito de Alonso de Alvarado - Lamas, no requieren ser naturalizadas, por cuanto, no existe ninguna obra de regulación mayor y su comportamiento de entrada y salida es natural.

Para la evaluación hidrológica de la Microcuenca Quebrada Santa Clara (466.95 Has), se ha considerado la fuente secundaria de la precipitación a nivel Bajo Mayo (Provincia de Lamas), toda vez que no existe estaciones meteorológicas dentro de la microcuenca. Para calcular la precipitación de diseño se ha utilizado el criterio del Polígono de Thiessen, el mismo que es muy aceptado técnicamente. Ver Anexo 02

Asimismo, no existe información hidrométrica, por lo que el caudal de diseño en la captación (caudal de descarga de la microcuenca), es calculado en base a la escorrentía superficial y el coeficiente de escorrentía, este último ajusta las pérdidas por infiltración, evaporación y consumos por las condiciones ecosistémicas de la microcuenca (bosques, biodiversidad, hábitas y ecosistemas locales) como servicios ambientales hídricos que produce la microcuenca en estudio

2.2.1. Análisis de la Variables Meteorológicas

La precipitación es la principal variable a considerar en el presente estudio. Desde el punto de vista estrictamente físico (meteorológico) existen factores que afectan la magnitud de la lluvia y son complejos para su evaluación. En la selva alta de la amazonía peruana, las lluvias son de tipo orográfico, es decir la variación de la precipitación en el área de la Microcuenca Quebrada Santa Clara, está en función a la altitud (930 msnm a 1200 msnm).

El comportamiento de los caudales del curso principal de la Microcuenca Quebrada Santa Clara, está en función a la precipitación media de la microcuenca.

Las variables meteorológicas de temperatura, humedad, evaporación, infiltración y otros consumos o pérdidas, son considerado en el cálculo del coeficiente de escorrentía superficial: 0.498, como un factor de ajuste hidrológico.

2.2.2. Tratamiento de la Información Hidrometeorológica e hidrométrica

En la Microcuenca Quebrada Santa Clara, no existe registros hidrometeorológicos ni hidrométricos. Sin embargo, SENAMHI registra información de precipitación en la estación de Pacayzapa.

Para realizar la proyección de la precipitación pluvial, es necesario haber construido el polígono de Thiessen, la cual permite determinar cuál es la estación meteorológica influyente en la microcuenca de estudio, para nuestro caso se considera la estación meteorológica ubicada en el distrito de Alonso de Alvarado por ser la más cercana.

Del Polígono de Thiessen sobre el mapa de la provincia de Lamas, se determina que la Microcuenca Quebrada Santa Clara, se ubica en el ámbito de influencia de la estación Pacayzapa cuya información de precipitación histórica mensual (2007 – 2019).

Por lo tanto, la precipitación promedio (P_p prom.) mensual de la Microcuenca Quebrada Santa Clara, es equivalente lo que registra la estación meteorológica de Pacayzapa.

Cuadro8

Indicadores Estadísticos de la precipitación en la estación Pacayzapa

ESTACIÓN: CO "PACAYZAPA"

Latitud : 6° 17' 0"

Departamento : SAN MARTIN

Longitud : 76° 51' 0"

Provincia : LAMAS

Altura : 900 m.s.n.m.

Distrito : ALONSO DE ALVARADO

DATOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
MEDIA	83.25	75.28	129.25	114.6	93.27	76.83	50.51	48.71	56.54	100.22	77.13	83.55
MAX	195.7	167.0	265.0	195.7	189.9	115.6	62.1	79.7	80.2	172.5	128.0	212.0
MIN	16.9	32.4	67.5	55.1	35.8	48.2	36.2	22.9	26.4	54.2	45.2	45.3
VARIANZA	2190.77	1380.46	3202.77	2091.91	1621.73	453.79	86.39	280.67	331.56	999.20	678.00	2256.54
DES. STAND.	46.81	37.15	56.59	45.74	40.27	21.30	9.29	16.75	18.21	31.61	26.04	47.50

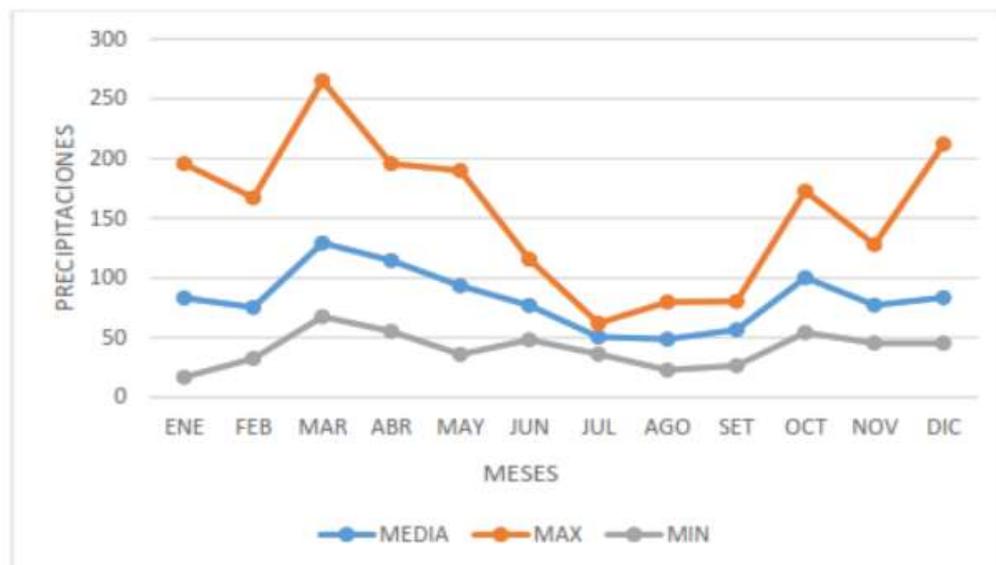


Grafico 1. Curva de precipitación (Pp) mensual – Microcuenca de la Qda. Santa Clara (Fuente: Elaboración Propia).

Del gráfico N° 01, y en referencia de la Microcuenca de la quebrada Santa Clara, se evidencia que existe una precipitación durante 12 meses al año; además el período húmedo se registra entre los meses de Octubre a Diciembre prolongándose hasta el mes de Junio y el período seco entre los meses de Julio a Setiembre. Asimismo, la precipitación media (Pp prom) mensual varía desde 48.71 mm (Mes de Agosto) hasta 129.25 mm (Mes de Marzo); la Precipitación Mínima (Pp min) mensual varía desde 16.9 mm (Mes de Enero) hasta 67.5 mm (Mes de Marzo); la Precipitación Máxima (Pp máx) mensual varía desde 62.1 mm (Mes de Julio) hasta 265.0 mm (Mes de Marzo).

2.3 Disponibilidad hídrica

2.3.1 Disponibilidad de agua

La estimación de la disponibilidad de agua, en la descarga o caudal de salida, de la Microcuenca Quebrada Santa Clara, es determinado por modelos hidrológicos determinísticos, basado en los procesos de Precipitación- Escorrentía.

La Microcuenca Quebrada Santa Clara (466.95 Has) es relativamente pequeño, y no tiene datos hidrométricos. Para calcular la disponibilidad de agua, se ha utilizado los siguientes datos:

Dónde:

V : Volumen de agua de escorrentía superficial (m³.)

Ces : Coeficiente de escorrentía superficial

Pp : Precipitación media anual histórica (mm)

Ac : Área de la microcuenca (Km²)

Existe relación entre la precipitación y la escorrentía ($C = Q/P$) sobre el área de la microcuenca y para encontrar la relación existente entre la precipitación y la escorrentía superficial, se ha evaluado la precipitación media mensual y anual de la microcuenca, transformándola a m³/s para uniformizar las unidades entre el caudal y la precipitación.

El coeficiente de escurrimiento anual encontrado para la microcuenca de la Quebrada Santa Clara, es igual $Ces = 0.498$ con los caudales medios mensuales históricos registrados (Datos completados y extendidos).

Cuadro N° 09

Caudales del curso principal de la Microcuenca de la Qda. Santa Clara

CAUDAL DE SALIDA DE QUEBRADA SANTA CLARA (Área de la Quebrada 466.950 Has)	Pp diseño acumulado anual	Caudal Teórico (m ³ /seg)	Caudal Real (m ³ /seg)	Coef. Esco.	Pérdidas en (m ³ /seg)
Qmin	706.9	0.0528	0.0317	0.498	0.0211
Qmed	989.14	0.0739	0.0476	0.498	0.0263
Qmax	1255.7	0.0939	0.0634	0.498	0.0305

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 10

Caudal Mensualizado del Curso Principal de la Microcuenca de la Qda. Santa Clara (Caudales en el punto de captación)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL
Pp prom (mm)	83.25	75.28	129.25	114.6	93.27	76.83	50.51	48.71	56.54	100.22	77.13	83.55	82.43
Pp max (mm)	195.7	167.0	265.0	195.7	189.9	115.6	62.1	79.7	80.2	172.5	128.0	212.0	155.28
Pp min (mm)	16.9	32.4	67.5	55.1	35.8	48.2	36.2	22.9	26.4	54.2	45.2	45.3	40.51
Qmed	0.07469	0.06754	0.11596	0.10281	0.08368	0.06893	0.04532	0.04370	0.05072	0.08991	0.06920	0.07496	0.07395
Qmax	0.17557	0.14982	0.23774	0.17557	0.17037	0.10371	0.05571	0.07150	0.07195	0.15476	0.11484	0.19020	0.13931
Qmin	0.01516	0.02907	0.06056	0.04943	0.03212	0.04324	0.03248	0.02054	0.02368	0.04863	0.04055	0.04064	0.03634

Fuente: Elaboración Propia

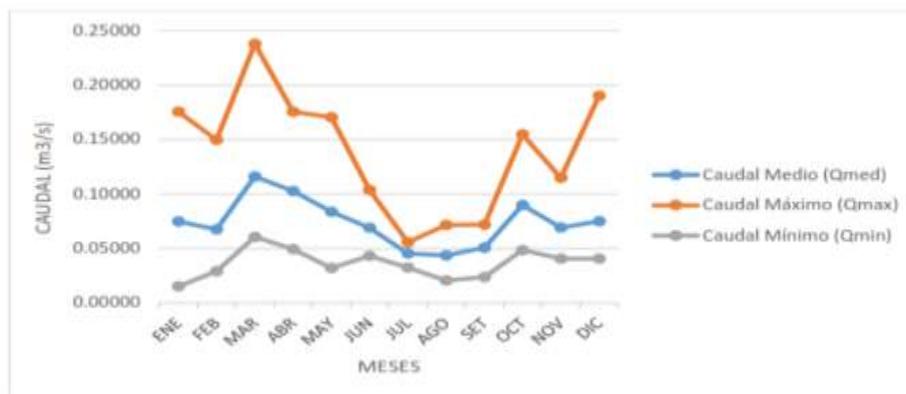


Gráfico 2. Curva del Caudal Mensual del Curso Principal de la Microcuenca Quebrada Santa Clara. (Fuente: Elaboración Propia).

Del Cuadro 17 y Gráfico 02, en referencia al curso principal de la Microcuenca Quebrada Santa Clara, se evidencia que existe volumen de escorrentía superficial de agua, durante los 12 meses al año; además el período húmedo se registra entre los meses de Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero, Marzo, Abril, Mayo y el período seco entre los meses de Junio, Julio y Agosto. Asimismo, el caudal medio mensual histórico varía desde 0,043 m³/seg. (Mes de Agosto) hasta 0,116 m³/seg. (Mes de Marzo); el caudal mínimo mensual histórico varía desde los 0,015 m³/seg. (Mes de Enero) hasta 0,061 m³/seg. (Mes de Marzo) y el caudal máximo mensual histórico varía desde 0,056 m³/seg. (Mes de Julio) hasta 0,238 m³/seg. (Mes de Marzo).

Además, en promedio el caudal mínimo mensual (Qmin) del curso principal de la Microcuenca Quebrada Santa Clara (en el punto de captación), es de 0,036 m³/seg., el caudal medio mensual es de 0,073 m³/seg y el caudal máximo mensual es de 0,139 m³/seg.

2.3.2 Análisis de Persistencia de Probabilidad de Ocurrencia de Caudales

La frecuencia de ocurrencia de los caudales en el punto de captación son, a partir de la precipitación media anual y coeficiente de escorrentía en la Microcuenca de la Quebrada Santa Clara, se detalla probabilidades de ocurrencia en porcentaje (P) y período de retorno en años (T) de los caudales en punto de captación, se tiene que la probabilidad de ocurrencia del caudal promedio 73,95 L/seg., es de 91,67 % y el período de retorno será de 01 año, es decir se prevé que el caudal mínimo esperado para cualquier año será de 52.85 L/seg., con una probabilidad del 83,33 %. Asimismo, la probabilidad de ocurrencia del caudal máximo 93,88 L/seg., es de 8,33 % y el período de retorno será de 12 años, es decir se prevé que el caudal máximo esperado de 93,88 L/seg., con una probabilidad de 8,33 %.

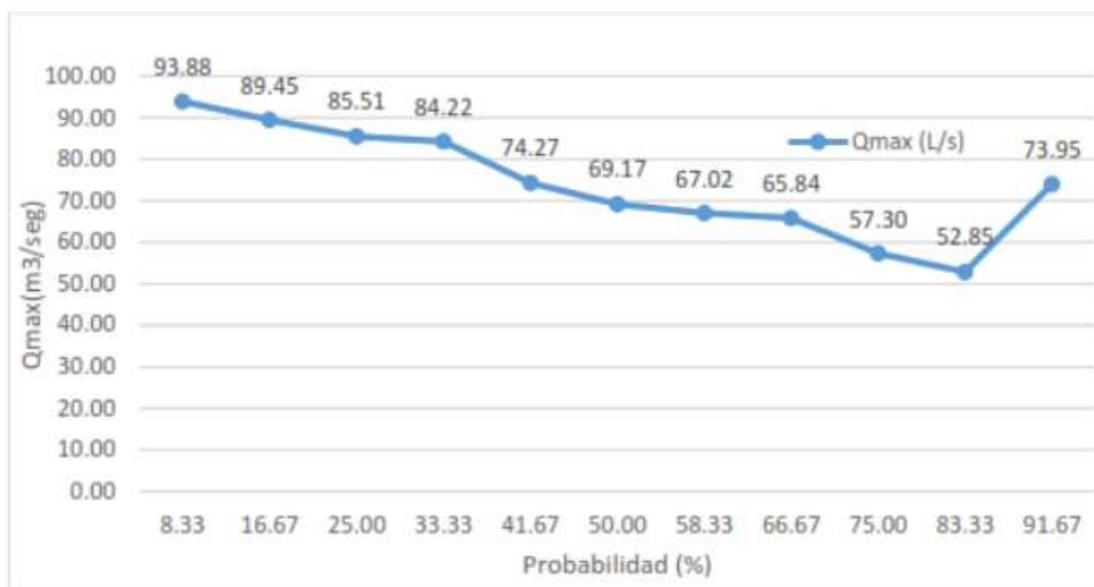


Gráfico 3. Caudal de Ocurrencia – Microcuenca Qda. Santa Clara. (Fuente: Elaboración Propia)

2.4 Balance Hídrico

Para el presente estudio, el balance hídrico de la Microcuenca de la Quebrada Santa Clara, se calcula en función del uso total del agua superficial (demanda hídrica) y el agua superficial disponible (oferta hídrica). El balance hídrico, es calculado considerando tres escenarios, es decir cuando se tiene una oferta hídrica mínima, media y máximo; además de considerar la demanda hídrica futuro total (para el presente estudio uso futuro poblacional del agua).

2.4.1 Disponibilidad Hídrica

A partir del Anexo 01 y Anexo 04, se tiene la disponibilidad hídrica en promedio histórico mensualizado (m³/seg), en el punto de captación de agua del proyecto en estudio, en dos escenarios.

a) Cuando se tiene el caudal mínimo mensual (52,85 Lts/seg) en el curso principal de la Microcuenca de la Qda. Santa Clara, cuya probabilidad de ocurrencia es del 83,33%, con un período de retorno de 1 año. Este escenario es considerado como un escenario de oferta hídrica mínima.

b) Cuando se tiene el caudal máximo mensual (93,88 Lts/Seg.) en el curso principal, de la Microcuenca de la Qda. Santa Clara, cuya probabilidad de ocurrencia es del 8,33 %, con un período de retorno de 10 años. Este escenario es considerado como un escenario de oferta hídrica máximo.

Cuadro 12

Disponibilidad Hídrica (m³/seg) del curso principal de la Microcuenca de la Qda. Santa Clara (Caudal efectivo mensualizado en el punto de captación)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL
Pp promedio (mm)	83.25	75.28	129.25	114.6	93.27	76.83	50.51	48.71	56.54	100.22	77.13	83.55	82.43
Pp máxima (mm)	195.7	167.0	265.0	195.7	189.9	115.6	62.1	79.7	80.2	172.5	128.0	212.0	155.28
Pp Mínima (mm)	16.9	32.4	67.5	55.1	35.8	48.2	36.2	22.9	26.4	54.2	45.2	45.3	40.51
Caudal Medio (Qmed)	0.07469	0.06754	0.11596	0.10281	0.08368	0.06893	0.04532	0.04370	0.05072	0.08991	0.06920	0.07496	0.07395
Caudal Máximo (Qmax)	0.17557	0.14982	0.23774	0.17557	0.17037	0.10371	0.05571	0.07150	0.07195	0.15476	0.11484	0.19020	0.13931
Caudal Mínimo (Qmin)	0.01516	0.02907	0.06056	0.04943	0.03212	0.04324	0.03248	0.02054	0.02368	0.04863	0.04055	0.04064	0.03634

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 13

Disponibilidad Hídrica Mensual (m³) del Qda. Santa Clara (Oferta hídrica efectiva mensualizada en el punto de captación)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Promedio Anual
Caudal Promedio (m ³ /mes)	193590.47	175056.94	300559.37	266492.10	216891.08	178661.33	117456.51	113270.77	131478.74	233052.69	179358.95	194288.09	191679.75
Caudal máximo (m ³ /mes)	455082.93	388343.64	616233.92	455082.93	441595.55	268817.51	144408.02	185335.26	186497.96	401133.40	297652.61	492987.13	361097.57
Caudal mínimo (m ³ /mes)	39299.45	75343.32	156965.24	128130.15	83249.71	112084.81	84179.88	53251.91	61390.85	126037.28	105108.58	105341.12	94198.52

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 14

Caudal Promedio Anual Histórico de la Qda. Santa Clara (en el Punto de Captación)

CAUDAL DE SALIDA DE QUEBRADA SANTA CLARA (Área de la Quebrada 466.950 Has)	Pp diseño acumulado anual	Caudal Teórico (m3/seg)	Caudal Real (m3/seg)	Coef. Esco.	Pérdidas en (m3/seg)
Caudal mínimo (Qmin)	706.9	0.0528	0.0317	0.498	0.0211
Caudal medio (Qmed)	989.14	0.0739	0.0476	0.498	0.0263
Caudal máximo (Qmax)	1255.7	0.0939	0.0634	0.498	0.0305

Fuente: Elaboración Propia

2.5.2. Demanda Hídrica Total en Situación Actual y Situación Futura

A partir del Cuadro 19, se tiene el Total de demanda hídrica proyectado (m3/seg), en el punto de captación.

Cuadro 15

Demanda Hídrica Actual (2019) y Demanda Hídrica Futura (2039)

Periodo	Año	DEMANDA TOTAL DE AGUA	
		m3/mes	m3/año
0	2018	6,546.33	78556
1	2019	6,814.33	81772
2	2020	6,882.75	82593
3	2021	6,956.92	83483
4	2022	7,025.33	84304
5	2023	7,093.83	85126
6	2024	7,167.92	86015
7	2025	7,236.33	86836
8	2026	7,310.50	87726
9	2027	7,378.92	88547
10	2028	7,447.42	89369
11	2029	7,521.50	90258
12	2030	7,590.00	91080
13	2031	7,664.08	91969
14	2032	7,732.58	92791
15	2033	7,801.00	93612
16	2034	7,875.08	94501
17	2035	7,943.58	95323
18	2036	8,017.67	96212
19	2037	8,086.17	97034
20	2038	8,154.58	97855

Fuente: Elaboración Propia

2.5.2.1. Balance Hídrico en Situación Actual

De los Cuadros 11 y Cuadro 12, se tiene el balance hídrico para los siguientes tres escenarios posibles:

a) Cuando se tiene una oferta mínima mensual (Período Seco)

La oferta hídrica mínima mensual del curso principal de la Qda. Santa Clara, en el punto de captación de agua del proyecto en referencia, en el año 2018, varía desde 0,013 m³/seg (Enero) hasta 0,058 m³/seg (Marzo) y considerando una demanda hídrica total de 2,53 Lts/seg, en el año 2019, se tiene una excedencia de agua en la fuente que varía desde el 83,31% en el mes de Enero hasta 95,82 % en el mes de Marzo y una excedencia de agua en la fuente en promedio anual del 93,04 %. Ver Cuadro 16 y Gráfico 04.

Cuadro 16

Balance Hídrico y Excedencia, en el punto de captación de agua cuando se tiene oferta mínima y una demanda hídrica total

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL	
Qmin(m ³ /seg)	0.01516	0.02907	0.06056	0.04943	0.03212	0.04324	0.03248	0.02054	0.02368	0.04863	0.04055	0.04064	0.03634	
Demanda Hídrica Total (m ³ /seg)	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253	
Balance Hídrico (año 2018)	(m ³ /seg)	0.01263	0.02654	0.05803	0.04690	0.02959	0.04071	0.02995	0.01801	0.02115	0.04610	0.03802	0.03811	0.03381
	(m ³ /día)	1091.39	2292.85	5013.58	4052.41	2556.40	3517.57	2587.40	1556.47	1827.77	3982.65	3285.03	3292.78	2921.36
Excedencia (%)	83.31	91.30	95.82	94.88	92.12	94.15	92.21	87.69	89.32	94.80	93.76	93.77	93.04	

Fuente: Elaboración Propia

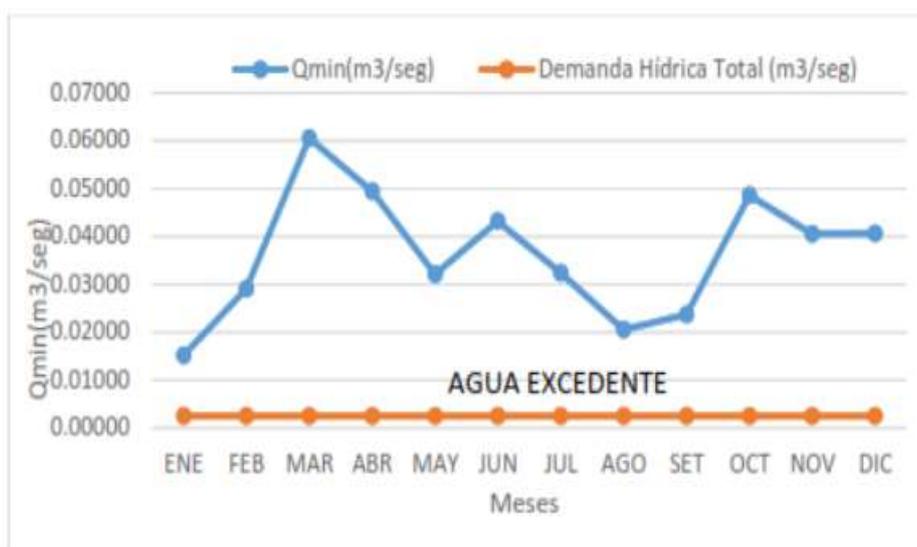


Gráfico 4. Nivel de excedencia cuando se tiene una oferta hídrica mínima y una demanda total. (Fuente: Elaboración Propia).

b) Cuando se tiene una oferta media mensual (Período Medio)

La oferta hídrica media mensual del curso principal de la Qda. Santa Clara, en el punto de captación de agua del proyecto en referencia, varía desde 0,041 m³/seg (Agosto) hasta 0,113 m³/seg (Marzo) y considerando una demanda hídrica total de 2, 53 Lts/seg, en el año 2019, se tiene una excedencia de agua en la fuente que varía desde el 94,21 % en el mes de Agosto hasta 97,82 % en el mes de Marzo y una excedencia de agua en la fuente en promedio anual del 96,58 %. Ver Cuadro 17 y Gráfico 05.

Cuadro 17

Balance hídrico y excedencia de agua en el punto de captación de agua cuando se tiene una oferta hídrica media y una demanda hídrica total

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL
Qmed(m ³ /seg)	0.07469	0.06754	0.11596	0.10281	0.08368	0.06893	0.04532	0.04370	0.05072	0.08991	0.06920	0.07496	0.07395
Demanda Hídrica Total (m ³ /seg)	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253	0.00253
Balance Hídrico (año 2018)	(m ³ /seg)	0.07216	0.06501	0.11343	0.10028	0.08115	0.06640	0.04279	0.04117	0.04819	0.08738	0.06667	0.07243
	(m ³ /día)	6234.42	5616.64	9800.05	8664.48	7011.11	5736.79	3696.62	3557.10	4164.03	7549.83	5760.04	6257.68
Excedencia (%)	96.61	96.25	97.82	97.54	96.98	96.33	94.42	94.21	95.01	97.19	96.34	96.62	96.58

Fuente: Elaboración Propia

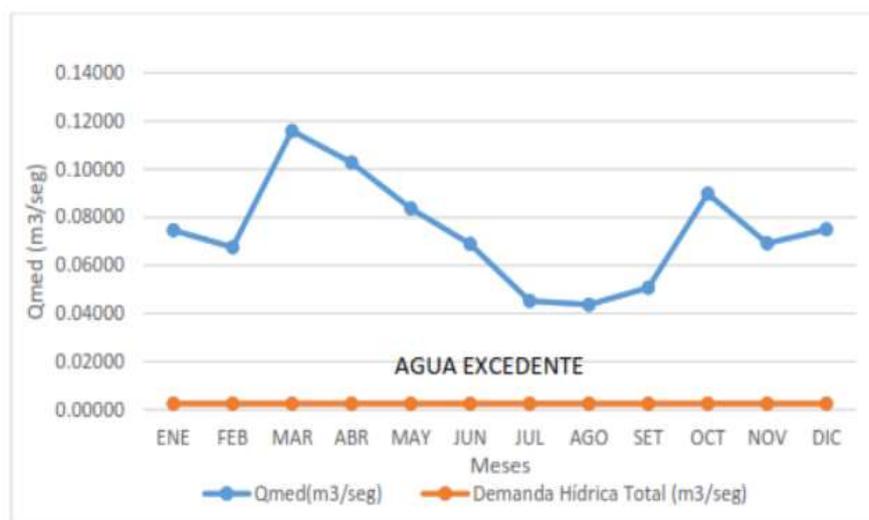


Gráfico 5. Nivel de excedencia de agua cuando se tiene una oferta hídrica mínima y una demanda hídrica total. (Fuente: Elaboración Propia).

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La ejecución del proyecto: “Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua potable con fines de mejoramiento de la calidad del agua que consumen los pobladores del centro poblado San Juan de Pacayzapa-Alonso Alvarado- Lamas- San Martín”, beneficiará a 1296 habitantes en año 2019 y a 2299 habitantes el año 2039.

Hidrológicamente, el aprovechamiento hídrico será del curso principal de la Microcuenca de la Quebrada Santa Clara, que pertenece a la parte baja de la Unidad Hidrográfica de la cuenca del Río Mayo. Geopolíticamente, la Microcuenca se encuentra en la parte alta del Centro Poblado de Santa Clara, tiene un relieve montañoso típico de selva alta con pendientes pronunciadas (2%) hasta pendientes muy fuertes (44%), con una temperatura ambiental que varía de 18.2°C a 28.6°C y una precipitación media anual de 1000 mm a 1200 mm, alcanzando sus valores más elevados en los meses de Enero a Mayo. Geográficamente, los puntos de la microcuenca, punto de captación, se encuentra ubicado entre las coordenadas UTM X: 0306083E, Y: 9300987N y una Altitud: 1109 m.s.n.m.

La Microcuenca de la Quebrada Santa Clara, tiene una extensión aproximada de 466,95 há., un perímetro de 15.09 Km., un coeficiente de compacidad de 1,96 una longitud del curso principal de 7.886 Km., ancho 2.8 m, una altitud media de 1035 msnm y su altitud varía entre 920 msnm a 1150 msnm. Al no existir ninguna estación meteorológica al interior de la microcuenca, se ha determinado la precipitación de diseño con respecto a la estación meteorológica Pacayzapa (criterio del Polígono de Thiessen, Anexo N°02) gestionado por SENAMHI entre los años 2007-2016. El punto de la captación de agua, se encuentra aproximadamente a 2.4 Km. del Centro Poblado Santa Clara, en la coordenadas UTM: X=0306083 y Y= 9300987, a una altitud de 1109 msnm (aproximadamente está ubicado casi en la naciente, lejos de la salida de la descarga del curso principal). Al interior de la microcuenca, no se encuentra ningún centro poblado, sin embargo se observa poblaciones posesionarios relativamente muy disperso en la parte baja, media y alta de la microcuenca.

La población beneficiaria del proyecto: “Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua potable con fines de mejoramiento de la calidad del agua que consumen los pobladores del centro poblado San Juan de Pacayzapa-Alonso Alvarado- Lamas- San Martín”, es de 1296 habitantes en año 2019 y a 2299 habitantes el año 2039., los mismos que demanda 100 Lts/habxdía de agua para consumo poblacional.

La calidad física, química y bacteriológica del agua, según análisis presentado en el Anexo5, es de alta calidad, toda vez que la escorrentía superficial proviene de bosques naturales montañosos y no existe actividades económicas ni domésticas, aguas arriba, que afecte la calidad del agua.

La oferta hídrica, del curso principal de la Qda. Santa Clara, en el punto de la captación de agua, es de 0,0528 m³/seg en períodos extremadamente secos (con precipitaciones mínimas históricos), 0,0739 m³/seg. en períodos medios con precipitaciones medias históricos) y 0,0939 m³/seg. en períodos húmedos (con precipitaciones máximas históricos).

El balance hídrico, en todo el escenario reporta excedencia de agua, para períodos secos varía del 83.31 % al 95.82 % de excedencia de agua, para períodos medios la excedencia de agua varía del 94.21 % al 97.82 % y para períodos húmedos la excedencia de agua varía del 95.46 % al 98.94 %.

Anexo N°06: Cálculo de aforo de la quebrada Santa Clara

CÁLCULO DE AFORO

RESUMEN

A. Nombre del Proyecto:

“Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable con fines de mejoramiento de la calidad del agua que consumen los pobladores del centro poblado San Juan de Pacayzapa-Alonso Alvarado- Lamas- San Martín”.

B. Características:

El centro poblado San Juan de Pacayzapa se encuentra ubicado en las siguientes:

Cuadro 1

PAIS	PERU
DEPARTAMENTO	SAN MARTIN
PROVINCIA	LAMAS
DISTRITO	ALONSO DE ALVARADO
CENTRO POBLADO	SAN JUAN DE PACAYZAPA

C. Objetivo general

Calcular el aforo de la quebrada Santa Clara para el abastecimiento de uso poblacional para el centro poblado San Juan de Pacayzapa.

D. Metas:

Las metas que se quiere alcanzar son las siguientes:

Comparar el resultado del caudal obtenido de la fuente actual con el caudal que requiere la población beneficiaria.

E. Conclusiones:

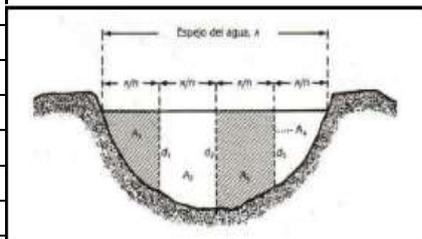
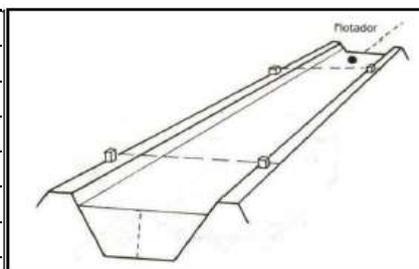
Según la evaluación realizada, la captación del agua proveniente de la quebrada “Santa Clara” si cubre la demanda requerida, dado que dicha fuente tiene un caudal mayor al requerido para el abastecimiento del centro poblado San Juan de Pacayzapa.

Cuadro 2

AFORO DE LA FUENTE DE AGUA		
PARTAMENTO: SAN MARTIN	PROVINCIA: LAMAS	DISTRITO: ALONSO DE ALVARA
NOMBRE DE LA FUENTE: QUEBRADA SANTA CLARA		
METODO DE AFORO: AREA-VELOCIDAD		

1. DATOS BASICOS

LONGITUD DEL TRAMO	LT	3.00	m
ESPEJO DE AGUA	E	6.00	m
DIST. ENTRE SEGMENTOS	x/n	1.50	m
# SEGMENTOS		4.00	und
FACTOR DE CORRECCION	Fc	0.70	
FACTOR DE REDUCCION	Fr	0.56	
TIEMPOS:			
Tiempo Parcial	T1	12.45	seg
Tiempo Parcial	T2	12.41	seg
Tiempo Parcial	T3	12.40	seg
Tiempo Parcial	T4	12.42	seg
Tiempo Parcial	T5	12.40	seg
ALTURAS:			
Alturas verticales	d1	0.10	m
Alturas verticales	d2	0.18	m
Alturas verticales	d3	0.09	m

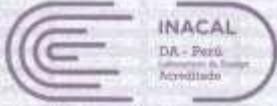
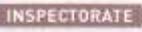


2. CALCULOS

VELOCIDADES			
Velocidad Parcial	V1	0.24	m/s
Velocidad Parcial	V2	0.24	m/s
Velocidad Parcial	V3	0.24	m/s
Velocidad Parcial	V4	0.24	m/s
Velocidad Parcial	V5	0.24	m/s
Velocidad Promedio Parcial	Vp	0.24	m/s
Velocidad Corregida	Vc	0.17	m/s
AREAS			
Area Parcial	Ap 01	0.08	m ²
Area Parcial	Ap 02	0.21	m ²
Area Parcial	Ap 03	0.20	m ²
Area Parcial	Ap 04	0.07	m ²
Area Total		0.56	m²
CAUDAL DE LA FUENTE			
	Qf	0.0939	m ³ /s
	Qf	93.87	l/s
CAUDAL DE LA FUENTE EPOCAS DE ESTIAJE			
	Qfe	52.57	l/s



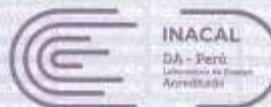
Anexo N°07: Análisis físico, químico y bacteriológico

 LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 031 	
 Registo N° LE - 031	
Pág. 1 / 4	
INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 56085L/17-MA-MB	
CLIENTE	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ALONSO DE ALVARADO
DIRECCIÓN	JR. MOYOBAMBA NRO. 478 SAN MARTIN - LAMAS - ALONSO DE ALVARADO
PRODUCTO	Agua para uso y consumo humano
MATRIZ	Agua para uso y consumo humano
NÚMERO DE MUESTRAS	11
PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS	Frascos de plástico, Frascos de vidrio ámbar, Frascos de plástico estéril
PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS	Muestras enviadas por el cliente.
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	No Apíca
FECHA DE MUESTREO	2017-05-19
LUGAR DE MUESTREO	Alonso de Alvarado - Lamas - San Martín
REFERENCIA DEL CLIENTE	San Juan de Pacayzapa
FECHA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS	2017-05-19
FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO	2017-05-19
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO	2017-05-26
ORDEN DE SERVICIO	05031-17/LMA
 REGA TERENA YACUBIAN CABRO C.R.P. 1183 JEFE DE LABORATORIO MICROBIOLOGIA	 ING. EVELYN F. OJEDA LORBINA C.R.P. 98202 LABORATORIO MEDIO AMBIENTE
Callao, 27 de Mayo de 2017	
<p style="font-size: small;">Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C. Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada. No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como parte de un sistema de calidad de la entidad que lo produce. "Valor" significa no cuantificación superior al límite máximo de cuantificación indicado. "Valor" significa no cuantificación superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable. A excepción de las pruebas presentadas los demás de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis. Este informe estará válido desde 7 días hasta 3 meses sobre muestra.</p>	
Av. Elmer Faucett N° 444 Callao - Perú / Central: (511) 613-8080 Fax: (511) 628-9010 www.inspectorate.com.pe	



INSPECTORATE

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



Registro N° LE - 031

Pág. 2 / 4

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 56085L/17-MA-MB

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Estación de Muestras		P54A-01		
Fecha de Muestreo		2017-05-19		
Hora de Muestreo		07:30		
Código de Laboratorio		06738 00001		
Matriz		ALCOH		
Ensayo	Unidad	C.C.	L.O.	
Cromo Hexavalente	mg/L CrVI	0.02	0.01	<0.02
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L O2	2.0	1.0	2.1
pH	Unidad de pH			7.2 (1)
Turbidez	UNT	0.1	0.07	3.4
Conductividad Específica	µs/cm	1.0	1.0	117.8
Aceites y Grasas (1)(*)	mg/L	1.0	0.6	<1.0
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	10.0	5.4	78.0
Sólidos Totales Suspensos	mg/L	5.0	1.3	<3.0
Nitrogeno Amoniacal	mg/L	0.015	0.008	0.047
Coliformes Totales	NMP/100ml	1.1	-	<23
Coliformes Fecales	NMP/100ml	1.1	-	<23

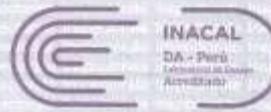
Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Simoes Perú S.A.C.
Los resultados presentados corresponden solo a los muestra indicada.
No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
"ND" significa no cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
"Velo" significa no cuantificable superior al límite máximo de concentración indicado, cuando sea aplicable.
A excepción de los productos perecibles los tiempos de validez dependen del laboratorio que realice el análisis.
Este tiempo vale desde 7 días hasta 3 meses según muestra.

Av. Eimer Faucett N° 444 Callao - Perú / Central: (511) 613-8080 Fax: (511) 628-9016
www.inspectorate.com.pe



INSPECTORATE

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



Registro N° LE - 031

Fig. 3/4

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 56085L/17-MA-MB

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Etiquetas de Muestras	PMA-01
Fecha de Muestreo	2017-05-19
Hora de Muestreo	07:30
Código de Laboratorio	04746
Método	00001
	A024

Elemento	Unidad	L.C.	L.D.
----------	--------	------	------

Metas Totales (C-M)

Elemento	Unidad	L.C.	L.D.	Resultado
Li (Tot)	mg/L	0.0012	0.0003	0.0038
B (Tot)	mg/L	0.0012	0.0008	<0.0012
Be (Tot)	mg/L	0.0006	0.0003	<0.0006
N (Tot)	mg/L	0.0016	0.0010	0.1148
F (Tot)	mg/L	0.0033	0.0015	0.0312
Ti (Tot)	mg/L	0.0004	0.0002	0.0011
V (Tot)	mg/L	0.0003	0.0002	0.0011
Cr (Tot)	mg/L	0.0003	0.0002	<0.0005
Mn (Tot)	mg/L	0.0003	0.0001	0.0081
Co (Tot)	mg/L	0.0002	0.0001	<0.0002
Ni (Tot)	mg/L	0.0004	0.0002	0.0021
Cu (Tot)	mg/L	0.0001	0.0001	0.0033
Zn (Tot)	mg/L	0.0002	0.0001	0.1483
As (Tot)	mg/L	0.0004	0.0002	<0.0004
Se (Tot)	mg/L	0.0002	0.0001	<0.0002
Sr (Tot)	mg/L	0.0020	0.0010	0.0281
Mo (Tot)	mg/L	0.0002	0.0001	<0.0002
Ag (Tot)	mg/L	0.0002	0.0001	<0.0002
Cd (Tot)	mg/L	0.0003	0.0001	<0.0002
Sr (Tot)	mg/L	0.0004	0.0003	<0.0004
Rb (Tot)	mg/L	0.0002	0.0001	<0.0002
Ba (Tot)	mg/L	0.0004	0.0002	0.0395
Ga (Tot)	mg/L	0.0003	0.0001	<0.0003
Hg (Tot)	mg/L	0.0001	0.0001	<0.0001
Tl (Tot)	mg/L	0.0003	0.0002	<0.0003
Pb (Tot)	mg/L	0.0002	0.0001	0.0012
Bi (Tot)	mg/L	0.0003	0.0001	<0.0003
Th (Tot)	mg/L	0.0010	0.0005	<0.0010
U (Tot)	mg/L	0.0003	0.0001	<0.0003
Na (Tot)	mg/L	0.0100	0.0050	3.7713
Mg (Tot)	mg/L	0.0356	0.0178	3.4263
K (Tot)	mg/L	0.0237	0.0118	3.3116
Ca (Tot)	mg/L	0.0303	0.0152	14.5086
Fe (Tot)	mg/L	0.0031	0.0015	0.4191
Si (Tot) (*)	mg/L	0.1000	0.0500	7.4886

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Servicios Perú S.A.C.

Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.

No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como resultado del sistema de gestión de calidad de la entidad que lo produce.

*Valor "C" significa concentración cuantificada inferior al límite de cuantificación indicado.

A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependen del laboratorio que realice el análisis.

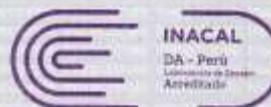
Este tiempo varía entre 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Callao - Perú / Central: (511) 613-0000 Fax: (511) 628-9616
www.inspectorate.com.pe



INSPECTORATE

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



Registro N° LE - 031

Pág. 4 / 4

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 56085L/17-MA-MB

MÉTODOS DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Cromo Hexavalente	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500 Cr-B, 22nd Ed. 2012 - Chromium, Colorimetric Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012 - Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test.
pH	EPA Method 150.1 1999, pH (Electrometric)
Turbidez	EPA Method 180.1 1999 Turbidity, Nephelometric
Conductividad Específica	EPA Method 120.1 1999 Conductance, Specific Conductance
(*) Acetres y Grasas	EPA 1664 Rev B, Febrero, 2010, N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Sólidos Totales Disueltos	EPA Method 160.1 1999 Residue, Filterable (Gravimetric, Dried at 100 °C)
Sólidos Totales Suspendidos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012 Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Nitrogeno Amoniacal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3-D, 22nd Ed 2012 Nitrogen (Ammonia), Ammonia-Selective Electrode Method.
Coliformes Fecales	SSMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 22nd Ed. 2012 Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure, 1. Thermotolerant Coliform Test (FC Medium).
Coliformes Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 22nd Ed. (Except Item 1. Samples) 2012, Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique.
METALES TOTALES Y DISUELTOS EN AGUA POR ICP MS: Al, Si, As, Ba, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Hg, Mo, Ni, Se, Ag, Ti, Th, U, V, Zn. METALES TOTALES Y DISUELTOS VALIDADOS: B, P, Sr, Li, B, Na, Ca, Tl, Sn, Cs, Mg, Fe, K.	EPA 200.8, Revision 5.4 1999 Determination of trace elements in waters and wastes by inductively coupled plasma mass spectrometry
(*) METALES TOTALES Y DISUELTOS EN AGUA POR ICP MS: Si.	EPA 200.8, Revision 5.4 1999 Determination of trace elements in waters and wastes by inductively coupled plasma mass spectrometry

MATRICES

MATRIZ	DESCRIPCIÓN
AUCH	Agua para uso y consumo humano

NOTAS

Las muestras ingresaron al Laboratorio en cooler, con refrigerante y preservadas.

"L.C." significa Límite de cuantificación.

"L.D." significa Límite de detección.

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA

(†) El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera de la acreditación otorgada por INACAL-DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo: por exceder el tiempo máximo de conservación.

(‡) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL-DA para la matriz indicada.

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
"valor" significa un cuantificable inferior al límite de cuantificación indicado.
">valor" significa un cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.
A excepción de los productos perecederos los tiempos de custodia dependen del laboratorio que realice el análisis.
Este servicio varía desde 7 días hasta 3 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Callao - Perú / Central: (511) 613-0080 Fax : (511) 628-9016
www.inspectorate.com.pe

Anexo N°08: Estudio de la fuente de agua**INFORME N° 001-2017- HJRP - IS**

A : Bach. EDIN GERMAN LLANOS CHANTA
 Bach. LLEYSON LEDER MERA VARGAS
 Tesistas

ASUNTO : **Calidad del Agua de la Microcuenca Qda. Santa Clara - Lamas
 – San Martín.**

REFERENCIA : INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 56085L/17-
 MA- MB

FECHA : 15 de noviembre del 2019.

=====

I. ANTECEDENTES

Informe de Ensayo con Valor Oficial N° 56085L/17-MA-MB del Laboratorio Inspectorate Services Perú S.A.C. A Bereau Veritas Group Company de acreditación INACAL-DA con Registro N° LE-031.

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua - Categoría 1 Poblacional y Recreacional, aprobados mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM de fecha 30.07.2008, su modificatoria el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM y el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias”.

Reglamento para la Calidad del Agua para Consumo Humano aprobado por Decreto Supremo N° 031-2010-SA.

II. DESCRIPCION DE LA INFORMACION RECOPIADA**2.1 Resultados de Ensayo de Laboratorio**

2.1.1 Ensayo a la Fuente de Abastecimiento

a. Muestreo

La toma de la muestra representativa de la Microcuenca Qda. Santa Clara ubicada en una distancia lineal de 2.4 km al este de la ciudad de San Juan de Pacayzapa - San Martín, habiendo sido recepcionada por el Laboratorio Inspectorate Services Perú S.A.C. A Bereau Veritas Group Company el día 15.11.2019.

b. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos de los ensayos físicos, químicos incluidos metales totales y bacteriológicos se muestran en el Informe de Ensayo con Valor Oficial N°. 56085L/17-MA-MB del Laboratorio Inspectorate Services Perú S.A.C. A Bereau Veritas Group Company Acreditado por el Organismo Peruano de acreditación INACAL

- DA con Registro N° LE-031, de fecha 26.05.2017, cuya copia se adjunta al presente.

2.1.2 Ensayo al Punto de Consumo. a. Muestreo

No se realizó.

b. Resultados obtenidos

No se realizó ensayos.

2.2 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua - Categoría 1 Poblacional y Recreacional

Para el caso del presente informe que tiene como objetivo confirmar la fuente de la Microcuenca Qda. Santa Clara, debe aplicarse para efectos de determinación del tipo de tratamiento los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 1 Poblacional y Recreacional, A1, A2 y A3 que corresponden a Aguas Superficiales destinadas a la producción de agua potable, aprobados mediante Decreto Supremo N°002-2008-MINAM de fecha 30.07.2008, su modificatoria el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM y el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias”

2.3 Reglamento para la Calidad del Agua para Consumo Humano aprobado por Decreto Supremo N° 031-2010-SA

Para efectos de evaluar la calidad del agua potable que viene consumiendo a la fecha las ciudades de Santa Clara y San Juan de Pacayzapa, debería aplicarse el Reglamento para la Calidad del Agua para Consumo Humano aprobado por Decreto Supremo N° 031-2010-SA, sin embargo no es posible por cuanto no se cuenta con los resultados de ensayos al no haberse tomado las muestras correspondientes.

III. EVALUACION DE RESULTADOS.

3.1 De la Fuente de Abastecimiento

A efectos de evaluar la calidad del agua de la fuente de abastecimiento de la Microcuenca Qda. Santa Clara a continuación se muestra el cuadro comparativo entre los resultados del Informe de Ensayo con Valor Oficial N°56085L/17-MA-MB y los ECAS (Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 1 Poblacional y Recreacional, A1, A2 y A3 que corresponden a Aguas Superficiales).

Parámetros	Unidad	Informe de ensayo con valor oficial N° 56085L/17-MA-MB	ECAS-AGUA		
			Categoría 1		
			A1	A2	A3
			Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS					
QUÍMICOS					
Aceites y grasas	Mg/L	<1.0	0.5	1.7	1.7
Conductividad	us/cm	117.9	1 500	1 600	**
pH	Unid.	7.2	6.5 – 8.5	5.5 – 9.0	5.5 – 9.0
Sólidos Totales	mg/L	78.0	1 000	1 000	1 500
Sólidos Totales	mg/L	<3.0	-	-	-
Turbidez	UNT	3.4	5	100	**
Demanda Bioquímica	mg/L				
Nitrógeno	mg/L	0.047	1.5	1.5	**

INORGANICOS					
Aluminio	mg/L	0.1149	0.9	5	5
Antimonio	mg/L	<0.0002	0.02	0.02	**
Arsénico	mg/L	<0.0004	0.01	0.01	0.15
Bario	mg/L	0.0395	0.7	1	**
Berilio	mg/L	<0.0008	0.012	0.04	0.1
Boro	mg/L	<0.0012	2.4	2.4	2.4
Cadmio	mg/L	<0.0002	0.003	0.005	0.01
Cobre	mg/L	0.0033	2	2	2
Cromo hexavalente	mg/L	<0.02	0.05	0.05	0.05
Hierro	mg/L	0.4191	0.3	1	5
Manganeso	mg/L	0.0081	0.4	0.4	0.5
Mercurio	mg/L	<0.0001	0.001	0.002	0.002
Molibdeno	mg/L	<0.0002	0.07	**	**
Niquel	mg/L	0.0021	0.07	**	**
Plomo	mg/L	0.0012	0.01	0.05	0.05
Selenio	mg/L	<0.0002	0.04	0.04	0.05
Uranio	mg/L	<0.0003	0.02	0.02	0.02
Vanadio	mg/L	0.0011	-	-	-
Zinc	mg/L	0.1463	3	5	5
MICROBIOLOGIC					
Coliformes Totales	NMP/100	>23	50	**	**
Coliformes Fecales	NMP/100	>23	20	2 000	20 000

Contaminantes orgánicos persistentes (COP)

**** Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la autoridad competente determine**

3.2 Del Punto de Consumo

No se puede realizar la evaluación de resultados por cuanto no se realizó los ensayos correspondientes

IV. CONCLUSIONES:

1. La caracterización de la muestra de agua de la fuente de abastecimiento fue ejecutada por Inspectorate Services Perú S.A.C. A Bereau Group Company, Laboratorio de Ensayo Acreditado por el Organismo Peruano de acreditación INACAL - DA con Registro N° LE-031; habiendo realizado el muestreo correspondiente el personal del Consultor Ambiental.

2. Como se puede observar en el Cuadro Comparativo entre los Resultados del Informe de Ensayo con Valor Oficial N° 56085L/17-MA-MB relacionado a la caracterización de una muestra puntual de la fuente Microcuenca Qda. Santa Clara y los Estándares de Calidad de Agua – ECAS – Categoría 1 Poblacional y Recreacional, A1, A2 y A3 que corresponden a Aguas Superficiales; siendo la primera de ellas la que corresponde a aguas superficiales que pueden ser potabilizadas previa desinfección y las dos últimas las que corresponden a aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable previos procesos de tratamiento; por lo tanto de acuerdo a los resultados de la caracterización de la fuente para el abastecimiento, corresponde la Subcategoría A1 a Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección. Pero considerando que en la zona los periodos de avenidas son importantes en frecuencia y duración principalmente durante los meses que van de noviembre a mayo y que en éstos periodos los niveles de turbiedad se elevan considerablemente en relación a los que se obtienen en épocas de estiaje donde predomina el color; por lo tanto, de acuerdo a los resultados del analisis de agua de la fuente, se hace indispensable el diseño y construcción de una planta de tratamiento para tratar las aguas de la **Qda. Santa Clara** ubicada en la parte alta de la localidad de Santa Clara lo que permitirá a su vez que el producto final (agua potable) cumpla con el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano vigente, aprobado mediante Decreto Supremo N° 031-2010-SA.

3. La microcuenca Qda. Santa Clara en el punto de captación está ubicada en las coordenadas UTM: X=0306083 y Y= 9300987, a una altitud de 1109 msnm (aproximadamente está ubicado casi en la naciente, lejos de la salida de la descarga del curso principal), estando así en una cota alta con pendientes pronunciadas que su vez en épocas de avenidas el agua tiende a estar muy turbia, generando así una gran cantidad de sedimentos, por lo que se diseñará e l sistema de abastecimiento de agua potable con tratamiento

convencional para un servicio de calidad y continuo, ya que dicha quebrada cumple con los ECA's del agua para consumo humano.

4. Por otro lado la fuente **Qda. Santa Clara**, actualmente no está siendo utilizada para el abastecimiento de agua potable en las localidades de San Juan de Pacayzapa y Santa Clara, además que de acuerdo a los resultados de la caracterización de esta fuente, corresponde clasificarla en la Subcategoría A1, cuenta con suficiente caudal para satisfacer la demanda de las localidades beneficiarias.

V. RECOMENDACION:

Por las razones expuestas en las conclusiones se recomienda lo siguiente:

Considerando como fuente de agua a la Microcuenca Qda. Santa Clara, según los resultados de análisis de laboratorio comparado con los ECA's del agua según el D.S. N° 002-2008-MINAM, su modificatoria D.S. N° 015-2015-MINAM y el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM "Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias", el sistema a emplear debe de ser un sistema de abastecimiento que puede ser potabilizada con solo desinfección, pero según las CONCLUSIONES en el punto 3 se diseñará una planta de tratamiento de agua potable convencional para un servicio de calidad y continuo, evitando así el corte del servicio y molestias en los futuros usuarios.

Considerar al Estudio Hidrológico de la Microcuenca Qda. Santa Clara como una clara opción para poder tener una relación de caudal con calidad, ya que el estudio hidrológico determina la escasez, exceso de agua, tiempos de retorno, probabilidad, etc. Que son muy influyentes en el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, y la calidad del agua para el tipo de proceso de tratamiento a emplear en el sistema de abastecimiento de agua potable

Tener en cuenta que un correcto cumplimiento de la etapa de operación y mantenimiento beneficiará a la PTAP como a sus usuarios, mediante los procesos de desinfección de la estructura y cloración del agua para garantizar un servicio de calidad y contribuir con la salud de los pobladores.

Anexo N°09: Planos