



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
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Mejoramiento del sistema de agua potable de la localidad de Yantaló
provincia de Moyobamba región San Martín**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

Juan Bravo Mori

Edgar Ñapi Bardalez

ASESOR:

Ing. Néstor Raúl Sandoval Salazar

Tarapoto – Perú

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



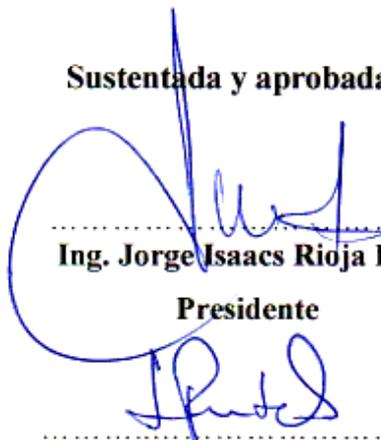
**Mejoramiento del sistema de agua potable de la localidad de Yantaló
provincia de Moyobamba región San Martín**

AUTORES:

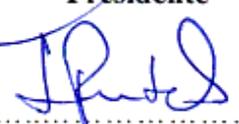
Juan Bravo Mori

Edgar Iñapi Bardalez

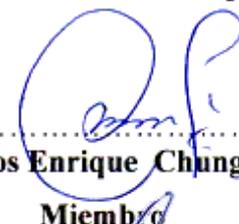
Sustentada y aprobada el 30 de diciembre del 2020, ante el honorable jurado:


.....
Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz

Presidente


.....
Ing. Ivan Gustavo Reátegui Acedo

Vocal


.....
Ing. Carlos Enrique Chung Rojas

Miembro


.....
Ing. Nestor Raúl Sandoval Salazar

Asesor

Declaratoria de autenticidad

Juan Bravo Mori, con DNI N° 70239078 y **Edgar Iñapi Bardalez**, con DNI N° 45071945, bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, autores de la tesis titulada: **Mejoramiento del sistema de agua potable de la localidad de Yantaló provincia de Moyobamba región San Martín.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi 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, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 30 de diciembre del 2020.


.....
Bach. Juan Bravo Mori
DNI N° 70239078


.....
Bach. Edgar Iñapi Bardalez
DNI N° 45071945

Declaración Jurada

Juan Bravo Mori, con DNI N° 70239078, domicilio legal en Jr. Loreto Cdra. 2 – Chazuta y **Edgar Iñapi Bardalez**, con DNI N° 45071945, domicilio legal en Jr. Perú N°183 – La Banda de Shicayo, 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, toda la documentación y todos los datos e información de la presente tesis, que acompaño es verás y auténtica.

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

Tarapoto, 30 de diciembre del 2020.


.....
Bach. Juan Bravo Mori
DNI N° 70239078




.....
Bach. Edgar Iñapi Bardalez
DNI N° 45071945



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:	Bravo Mori Juan			
Código de alumno :	723108	Teléfono:	921553893	
Correo electrónico :	bravito2911@gmail.com		DNI:	70239078

(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	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	" MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE YANTALO PROVINCIA DE MOYOBAMBA REGION SAN MARTIN "
Año de publicación:	2020

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

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

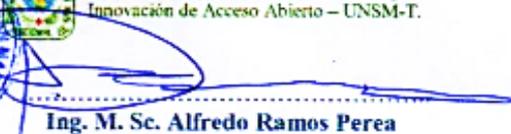
8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

24, 11, 2021



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:	INAPI BARDALEZ EDGAR		
Código de alumno :	053111	Teléfono:	969006957
Correo electrónico :	edgar1026@outlook.com	DNI:	45071945

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

2. Datos Académicos

Facultad de:	INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de:	INGENIERIA CIVIL

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE VANTALO PROVINCIA DE MOYOBAMBA REGION SAN MARTIN
Año de publicación:	2020

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

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, 11, 2021



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 nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, por el ejemplo brindado formándonos personas con principios, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

A nuestros hermanos y personas especiales por estar siempre presentes, y brindarnos el apoyo moral a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

Agradecimiento

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

Índice

Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Resumen	xi
Abstract.....	xii
Introduccion.....	1
CAPÍTULO I	2
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
1.1 Exploración Preliminar Orientando La Investigación	3
1.2 Objetivos.....	7
1.3. Antecedentes de la investigación.....	8
1.4. Teoría relacionada al tema.....	14
1.4.1. Requisitos de calidad del agua para consumo humano	14
1.4.2. Tipos de Fuentes de Agua.....	21
1.4.3. Ubicación.....	52
1.4.4. Capacidad	52
1.4.5. Tipos de planta a considerar	52
1.4.6. Unidad de tratamiento.....	53
1.4.7. Almacenamiento de Agua para el Consumo Humano.....	57
1.4.8. Conexión Domiciliaria.....	73
1.4.9. Pileta Pública	74
1.4.10. Medidores de Agua Potable.....	74
1.4.11. Marco Conceptual: Terminología básica.....	75
1.5. Formulación del problema.....	77
1.6. Justificación del estudio.....	77
1.7. Hipótesis	79
CAPÍTULO II.....	80
MATERIAL Y MÉTODOS	80
2.1. Diseño de investigación.....	80
2.2. Variables de la investigación.....	81

2.3. Población y muestra.....	81
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	81
2.5. Métodos de análisis de datos	82
CAPÍTULO III.....	100
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	100
3.1. Resultados.....	100
3.2. Discusión de resultados.	115
CONCLUSIONES.....	118
RECOMENDACIONES.....	119
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
ANEXOS	122

Índice de tablas

Tabla 1. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos	15
Tabla 2. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica	15
Tabla 3. Periodo de diseño de infraestructura sanitaria	16
Tabla 4. Dotación de Agua según Reglamento Nacional de Edificaciones (l/hab/d) – Habilitaciones Urbanas.....	18
Tabla 5. Coeficiente de Variación de Consumo Según RNE – Habilitaciones Urbanas...	19
Tabla 6. Coeficientes de rugosidad de Manning	25
Tabla 7. Velocidades máximas admisibles	25
Tabla 8. Clase de tuberías PVC y máxima presión de trabajo.....	37
Tabla 9. Velocidades máximas permisibles en tuberías	38
Tabla 10. Valores del coeficiente Chw de Hazen - Williams.....	40
Tabla 11. Coeficiente para el cálculo de la pérdida de carga localizada en las piezas especiales y en las válvulas	41
Tabla 12. Deflexión máxima en tuberías	44
Tabla 13. Diámetro nominal ventosa respecto al diámetro de la tubería (mm).....	47
Tabla 14. Selección del proceso de tratamiento del agua para consumo humano.....	52
Tabla 15. Velocidad de Filtración de acuerdo al número de procesos preliminares	55

Resumen

La presente investigación titulada: Mejoramiento del sistema de agua potable de la localidad de Yantalo provincia de Moyobamba región San Martín, se desarrolló en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín. La accesibilidad al agua potable es fundamental para tener vida saludable, hoy en día muchas personas no tienen acceso al agua potable, y de igual forma viven en hogares sin servicios de saneamiento, las aguas servidas son arrojadas directamente en el medio, y la defecación de igual manera, constituyendo medios de contaminación a las fuentes de agua, y provocando enfermedades de diferente índole. El hecho de no tener acceso a un sistema de agua potable incrementa la posibilidad de adquirir enfermedades de origen hídrico, especialmente en niños menores de 5 años, 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 abastecimiento de la localidad de Yantaló se realiza mediante fuentes del tipo subterránea (manantes y filtraciones dispersas) y superficiales, contando con un total de tres (03) fuentes, que se encuentran ubicados en el Morro 1, Morro 2 y Morro de Calzada, 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, estableciéndose como parámetro fijo el número de habitantes a los cuales se les prestará el servicio, determinándose el caudal aproximado que requieren la localidad de Yantaló 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.

Palabras clave: Mejoramiento, sistema de agua potable, [localidad] Yantaló, [provincia] Moyobamba, [región] San Martín.

Abstract

This research entitled: Improvement of the drinking water system in the town of Yantalo, province of Moyobamba, San Martin region, was carried out at the Faculty of Civil Engineering of the National University of San Martin. Accessibility to drinking water is essential for a healthy life, however, many people nowadays do not have access to drinking water, and also live in homes without sanitation services, sewage is thrown directly into the environment, and defecation in the same way, constituting a source of contamination to water sources, and causing diseases of different kinds. The fact of not having access to a drinking water system increases the possibility of acquiring waterborne diseases, especially in children under 5 years of age, these problems focused on water quality, generate the emergence and spread of infectious diseases, acute diarrheal diseases EDAs, malnutrition, etc., thus, the present research project aims to solve these problems starting with an analysis of the sanitation conditions and availability of the water supply in the town of Yantaló. The supply is done through subway sources (springs and dispersed seepage) and surface sources, counting with a total of three (03) sources, which are located in Morro 1, Morro 2 and Morro de Calzada, as a source of water suitable for human consumption, for the hydraulic design of a drinking water supply system with treatment, according to the results obtained from the physical, chemical and bacteriological analysis of the source water. For the hydraulic design of the drinking water supply system, hydraulic calculations were made, establishing as a fixed parameter the number of inhabitants to whom the service will be provided, determining the approximate flow required by the town of Yantaló and thus, be able to meet the domestic needs of these populations. Finally, the system was simulated with the waterCad program in order to verify its operation and obtain more satisfactory results.

Key words: Improvement, drinking water system, [locality] Yantaló, [province] Moyobamba, [region] San Martin.



Introducción

El presente proyecto, está orientado a atender la demanda existente en la localidad de Yantaló, en cuanto a la disposición y tratamiento de aguas residuales se refiere; mediante la implementación de un sistema de alcantarillado y una planta de tratamiento de las aguas residuales.

En la actualidad, la localidad de Yantaló cuenta con un sistema de agua que consta de tres lugares desde donde se capta el agua, en las laderas del Morro de calzada. En estos lugares se ha construido estructuras de concreto armado, con la finalidad de que sirvan como tanques de reunión y desde allí enviar a la comunidad.

De la captación N° 01, que tiene una capacidad de almacenamiento de 3m³ sale una tubería de 3", de la captación N° 02, que tiene una capacidad de almacenamiento de 3m³, sale una tubería de 2". Ambas tuberías llegan a un desarenador, desde donde sale una tubería de 4", hasta el filtro lento, desde donde sale también una tubería de 4" hasta la red de distribución.

De la captación N° 03 y N° 04, en donde hay estructuras de concreto de 2 y 3m³ respectivamente, sale una tubería de 4", que van a dar directamente a reservorios apoyados de 50m³ y de 40m³ respectivamente, pero que no funcionan, aparentemente por una incorrecta instalación de la tubería de conducción.

En consecuencia, los pobladores específicamente del sector Satélite 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.

La localidad de Yantaló cuenta con abastecimiento de agua durante 10 horas del día; de 6 a 10 am y de 4 a 10 pm. Entre los meses de junio a noviembre el abastecimiento de agua es restringida debido a que en estos meses hay déficit de lluvias que se refleja en un menor caudal de las fuentes superficiales y como consecuencia se reduce el horario de abastecimiento de agua entre 7 a 8 horas.

El sistema de agua potable está compuesto por: captaciones, reservorios, líneas de conducción, líneas de aducción, redes de distribución y conexiones domiciliarias.

Actualmente las líneas de conducción, aducción y distribución de agua potable son de tubería de PVC con diámetros de 1", 2", 3" y 4", con una antigüedad de 15 años, la mayoría en mal estado de conservación y funcionamiento, generando roturas y filtraciones continuas.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Exploración Preliminar Orientando La Investigación

1.1.1. Ubicación Geografía de la zona de estudio

El proyecto está ubicado en el departamento de San Martín, provincia de Moyobamba, distrito de Yantalo, localidad de Yantalo, situado en los brazos de la cordillera oriental, bañado en su mayor extensión por el río Indoche el mismo que se extiende de Oeste a Este formando extensos valles, en la que tributan pequeñas quebradas y juntos forman el sistema hidráulico del distrito.

Coordenadas de ubicación del proyecto.

Coordenadas	
UTM_X	UTM_Y
276307	9339241

Fuente: Datos obtenidos en campo.

1.1.1.1. Ubicación geopolítica del departamento de San Martín

El departamento de San Martín se encuentra ubicado en la parte septentrional – oriental del territorio peruano, entre los paralelos $50^{\circ} 24'$ y $80^{\circ} 47'$ de latitud sur a partir del ecuador y los meridianos $75^{\circ} 27'$ y $77^{\circ} 84'$ longitud oeste. Limita por el norte con el departamento de Loreto, por el este con el departamento de Huánuco y por el oeste con los departamentos de La Libertad y Amazonas. Contiene territorios de selva alta y baja.

El departamento de San Martín, ocupa una superficie de 51,253.31 Km² (3,9% del total nacional), con una densidad de 13.51 habitantes por Km² menor del promedio nacional (19.3 habitantes por Km²).

Ubicación Geográfica:

Departamento	: San Martín.
Provincia	: Moyobamba
Distrito	: Yantalo
Localidad	: Yantalo
Región natural	: Selva.
Altitud	: 843 m.s.n.m.



La localidad de Yantaló limita:

Al Este : Con el distrito de Moyobamba

Al Oeste : Con la provincia de Rioja

Al Norte : Con el distrito de Moyobamba

Al Sur : Con el distrito de Calzada

Mapa provincial de Moyobamba



Mapa del distrito de Yantaló



1.1.1.2. Características de la localidad

Geográficamente se ubica en la zona central de la provincia de Moyobamba, con una extensión de 100.32 Km², que a nivel provincial representa el 2.66% de 3,772.31 Km², siendo a nivel departamental 0.02% de 51,253.31 Km²

Clima

El clima de la localidad de Yantaló se puede clasificar como bosque húmedo sub tropical. El viento dominante en el distrito es de Nor Este a Sur Oeste y pocas veces de Sur Este a Nor Este

Altitud.

La altitud promedio de Yantaló es 843 msnm, a 77°24'22" de longitud Oeste y una latitud 5° 55'25" del meridiano de Greenwich.

Hidrografía.

El distrito de Yantaló se extiende a lo largo del valle formado por los lechos del río Indoche hacia la parte oeste del distrito, lo que conforma el sistema hidrográfico del distrito

Relieve.

El distrito de Yantaló, posee un relieve plano con ligeras inclinaciones producto de su propia morfología y valles interandinos formados por contrafuertes andinos.

Precipitación pluvial

La zona presenta precipitaciones pluviales entre 10 y 200mm normalmente con picos en los meses de diciembre a abril llegando a 320mm de precipitación mensual, de acuerdo al histograma elaborado por el SENAMHI.

Vías de comunicación.

El acceso al área del proyecto se da desde la ciudad de Tarapoto siguiendo la Carretera Fernando Belaunde Terry Norte, llegando a la ciudad de Moyobamba por una carretera asfaltada. De la ciudad de Moyobamba, en dirección Nor-Oeste, a 07 Km se encuentra la localidad de Yantaló.

Salud.

En la localidad de Yantaló existe un centro de salud, el cual pertenece a la red de Salud de Moyobamba, centro de salud al que asisten algunos pobladores de las localidades vecinas. Las estadísticas de enfermedades más comunes que afectan a la población de la zona en estudio que se muestran para los años 2005, 2006 y 2007 son cifras significativas de los

casos registrados en las conciernes a las diarreicas y parasitarias, causadas por la presencia de focos de infección.

Según las cifras se puede observar que cada año se incrementa considerablemente, asimismo las enfermedades de morbilidad general son causa de la carencia de los servicios básicos, los cuales se espera revertir con la intervención del proyecto.

Vivienda

Las viviendas construidas en la localidad de Yantaló son, en gran proporción, de madera y de un piso. También existen viviendas de material noble con tendencia a la construcción de dos niveles.

Las viviendas se encuentran en forma ordenada en localidad, distinguiéndose una zona central la que actualmente se encuentra consolidada y dos zonas claramente diferenciadas ubicadas al este y oeste de la localidad destinada a la expansión urbana, y en las cuales se encuentran aún en proceso de apertura de calles.

El proyecto beneficiará, en la actualidad 516 viviendas ubicadas en tres sectores que a la fecha se encuentran consolidadas y que disponen de los servicios de agua potable, luz y acceso vial adecuado.

Es necesario indicar que el plano catastral realizado por la Municipalidad Distrital de Yantaló está actualizado, en donde se contempla todas las viviendas y los lotes de proyectos constructivos futuros y que son producto de la subdivisión de lotes, propios de toda habilitación urbana.

Transporte.

La ciudad tiene las siguientes vías de comunicación más comunes.

RUTA	TIPO DE MOVILIDAD	COSTO DE PASAJE
Lima - Chiclayo	Bus	S/. 70.00
Chiclayo - Moyobamba	Bus	S/. 60.00
Moyobamba – Yantaló	Transporte Público	S/. 3.00

El servicio del transporte en el distrito de Yantaló es básicamente a través de unidades vehiculares menores (Mototaxi); el costo por el servicio de Mototaxi es de S/. 1.00 nuevo sol, dentro de la ciudad, y fuera de ella depende de la distancia y del tiempo que se emplea.

Educación

La problemática del sector de educación tiene una complejidad reflejada en la falta de infraestructura y personal docente en cumplimiento de la currícula escolar.

En educación se cuenta con centros educativos estatales, dentro de los cuales se cuenta con niveles de educación inicial, primaria, secundaria, entre las que se pueden mencionar.

Actividades económicas

Agricultura.

La estructura productiva del distrito de Yantaló se realiza alrededor de tres actividades fundamentales:

- Agricultura, ganadería y pesca :	65%.
- Industria :	7.3%.
- Construcción :	7.6%.
- Comercio :	3.4%.
- Transporte y comunicaciones :	0.7%.
- Servicios :	11.3%.
- Otros :	4.7%.

La actividad económica está basada en la agricultura, siendo sus principales cultivos: arroz, café, plátano, maíz, frijol, yuca, caña de azúcar, limón, papaya, piña y en menor escala pastos, ganadería, comercio y crianza de animales menores. Así mismo se encuentran establecidos talleres de carpintería los cuales se dedican a cubrir la demanda interna.

El distrito de Yantaló tiene un bajo nivel socioeconómico, representa una zona netamente agrícola y de servicios, por lo que sus ingresos están ligados directamente a estas actividades.

Turismo.

El clima del distrito de Yantaló se puede considerar como bosque húmedo sub. Tropical, (cálido – templado) el cual permite tener como atractivos turísticos: al Morro de Calzada.

Recursos potenciales naturales.

Es evidente la existencia de recursos naturales, pero que están siendo explotados de manera predatoria, por lo que están tomando acciones para revertir dicha situación, siendo uno de los ejes de desarrollo considerados en el Plan de Desarrollo Concentrado.

Telecomunicaciones

Cuenta con telefonía fija y pública de Telefónica del Perú; y telefonía celular de Movistar y Claro. Solo la Municipalidad Distrital de Yantaló y la Institución Educativa N° 00518 cuentan con internet satelital. Además cuenta con canales de señal abierta de Lima: Frecuencia Latina, América TV, Panamericana Televisión, TV Perú, ATV y Red Global; también tienen el servicio de televisión por cable satelital

Niveles de ingreso

El nivel de ingreso familiar en la zona de estudio, depende del tipo de ocupación y de la eventualidad del trabajo que desarrollan las familias. A su vez este ingreso es destinado, en la mayoría de los casos, al pago de la alimentación, educación, salud y servicios básicos como agua y energía eléctrica.

Como resultado de la información socioeconómica obtenida de las encuestas, se determinó que el ingreso familiar promedio es de S/. 950.00 nuevos soles.

Área de influencia del proyecto

De acuerdo a las cotas de terreno de cada barrio, se ha identificado a las Zonas Alta, Media y Baja que están conformados por los siguientes barrios:

- Zona alta : Barrio Miramayo y Barrio Central.
- Zona media : Barrio Santa Rosa y Barrio Nuevo Celendin.
- Zona media : Barrio Yanayacu.

➤ Objetivos

1..1.Objetivo General

Realizar el diseño hidráulico de un sistema de Abastecimiento de agua potable para mejorar la calidad de vida de los pobladores de la Localidad de Yantalo.

1..2. Objetivo específico

- Identificar la fuente de agua y la ubicación de la estructura de captación para abastecimiento de agua a la población.

- Realizar los estudios de cantidad y calidad de la fuente de abastecimiento para el respectivo tratamiento del agua, potabilizando para el consumo.
- Realizar los estudios topográficos en la zona para determinar la posición sobre la superficie de la tierra, la configuración del terreno en altimetría y planimetría, conocer la pendiente del terreno para el diseño de las estructuras.
- Diseñar los componentes hidráulicos del sistema de abastecimiento de agua potable: captación, línea de conducción, tratamiento, almacenamiento, aducción, red de distribución.

➤ **Antecedentes de la investigación**

Internacional

(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.

El resumen es el siguiente:

Hoy en día, desarrollar e investigar cualquier tema relacionado al agua potable, es hablar de un tema de primer orden debido a los serios problemas de escasez en partes del país y del mundo, aunado a la sobredemanda y desperdicio que se tiene del agua. Analizar los diferentes métodos de abastecimiento a una población y buscar los beneficios que uno pueda tener sobre el otro en cierto escenario, permite aclarar los factores que intervienen y las razones que los propician; y así poder elegir el que más convenga en las diferentes regiones y necesidades donde se pretenda abastecer agua potable. A través de varios capítulos, esta tesis desglosa las variables que dan lugar a las diferencias técnicas, operativas y económicas entre un tanque elevado y un sistema de velocidad variable como métodos de abastecimiento. Buscando que la comparativa logre demostrar que uno de los métodos satisface de mejor forma las necesidades de una población y así garantizar el servicio durante un mayor periodo.

Las conclusiones son:

- ✓ Las razones expuestas en esta investigación no buscan desacreditar o enaltecer alguno de los métodos utilizados comúnmente en el abastecimiento de agua, tal como se menciona con anterioridad. El espíritu de este trabajo fue realizar un análisis objetivo

que oriente y ayude a todo aquel que realice una comparativa entre los métodos de abastecimientos comúnmente utilizados y así poder elegir el más eficaz.

- ✓ Después de haber realizado la comparativa, resulta muy fácil concluir que el sistema de velocidad variable es mucho más eficiente tanto operativa como económicamente cuando se compare contra un tanque elevado. Por tanto, se autorizó y se encuentra en proceso de construcción el sistema de velocidad variable como sistema de bombeo secundario para resolver el abastecimiento de agua potable en el desarrollo en cuestión. Y se puede asegurar que en la mayoría de los casos que se haga una comparativa similar, el sistema de velocidad variable presentará mayores ventajas.
- ✓ En muchos casos, no sólo la evaluación técnica, operativa y económica son todas las variables y es posible determinar que método es mejor. En ocasiones existen variables sociales o sencillamente de reglamento (dependiendo el municipio y/o estado de la República) que determinarán la elección de un método sobre el otro. Nunca se debe perder la esencia del abastecimiento de agua potable en cualquiera de los métodos, que es abastecer de agua potable a una población de manera continua, con el gasto, calidad y presión necesaria para que puedan realizar sus actividades de manera satisfactoria.

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.

(Concha, J y Guillén, J.2014). *Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable, urbanización valle esmeralda, distrito de pueblo nuevo, provincia y departamento de Ica. (Tesis de Pregrado), Universidad San Martín de Porres. Lima-Perú.*

El resumen es el siguiente:

El presente trabajo surge de la necesidad de dar solución a los problemas existentes en la captación de agua potable que afectará a la futura urbanización Valle Esmeralda, debido al crecimiento de la población y a la antigüedad del sistema de suministro (mediante agua subterránea), que generaría un abastecimiento interrumpido en determinados instantes en la población, que incluso se ve condicionada su situación sanitaria en un futuro no muy lejano. Es así como se prevé mediante el análisis de dos alternativas, el mejoramiento y

ampliación del sistema de suministro actual para el sistema de abastecimiento de agua potable, con el propósito de satisfacer la demanda de agua total, para la Urb. Valle Esmeralda. Como primer análisis y alternativa se tiene proyectado la profundización del pozo tubular ya existente, debido al posible descenso de la napa freática. Esto como consecuencia de la explotación del recurso hídrico subterráneo en los últimos diez años. El análisis y alternativa evalúa la posibilidad de proyectar una nueva obra de captación para el sistema de abastecimiento de agua, para cada uno de sus componentes, desde la ubicación del nuevo pozo, la bomba sumergible, potencia de la bomba, y demás componentes que cumplan los requerimientos que la demanda futura amerite.

Las conclusiones son:

- ✓ Se calculó el caudal del diseño, siendo este de 52,65 lt/seg.
- ✓ Se observó mediante la prueba de verticalidad que el pozo IRHS 07 está ligeramente torcido.
- ✓ La tubería ciega se encuentra en estado de degradación por el tiempo de vida del pozo IRHS 07.
- ✓ Mediante el método geofísico se pudo interpretar que el basamento rocoso se encuentra a partir de los 100 m, por lo que se podría profundizar el pozo existente hasta los 90 m.

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:

- ✓ El periodo de diseño del proyecto adoptado es de 20 años.
- ✓ El cálculo de población futura para 20 años es de 4743 habitantes, este resultado fue obtenido a través del método matemático de crecimiento aritmético.
- ✓ Se ha considerado una dotación de 150 lit. / hab. / día de acuerdo al reglamento nacional de construcciones.
- ✓ Los caudales de diseño son:
 - $Q_p = 8.23$ lit. / seg
 - $Q_{md} = 10.70$ lit. / seg
 - $Q_{mh} = 16.46$ lit. / seg
- ✓ Las aguas que discurren por la quebrada Negroyacu requieren tratamiento, según el análisis físico químico bacteriológico efectuado por el Ministerio de Salud.
- ✓ Los elementos del sistema por gravedad adoptado son:
 - Captación
 - Línea de conducción
 - Planta de tratamiento
 - Una caja de distribución de caudales
 - Unidades de sedimentación
 - Unidades de recolección de agua filtrada
 - Unidades de filtración lenta
 - Un reservorio apoyado de 250m³ de capacidad
 - Línea de aducción
 - Redes y piletas
 - Redes de distribución

(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.

➤ **Teoría relacionada al tema**

1..1. Requisitos de calidad del agua para consumo humano

1..1.1. Agua apta para el consumo humano

“Es toda agua inocua para la salud que cumple los requisitos de calidad establecidos en el presente Reglamento”. (**Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, 2011, p. 29**)

1.4.1.2. Parámetros microbiológicos y otros organismos

Toda agua destinada para el consumo humano, como se indica en el Tabla N°1, debe estar exenta de:

1. Bacterias coliformes totales, termotolerantes y Escherichia coli.
2. Virus.
3. Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.
4. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépedos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos.
5. Para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C.

(Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, 2011, p. 29)

Tabla 1

Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos

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

UFC = Unidad formadora de colonias

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

Fuente: Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

1.4.1.3 Parámetros de calidad organoléptica

El noventa por ciento (90%) de las muestras tomadas en la red de distribución en cada monitoreo establecido en el plan de control, correspondientes a los parámetros químicos que afectan la calidad estética y organoléptica del agua para consumo humano, no deben exceder las concentraciones o valores señalados en la Tabla N°2 del presente Reglamento.

(Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, 2011, p. 29)

Tabla 2

Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica

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

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano.

1.4.1.4. Parámetros de diseño

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 3

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.

1.4.1.5. 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

1.4.1.6. Dotación

“Se entiende por dotación la cantidad de agua que se asigna para cada habitante y que incluye el consumo de todos los servicios que realiza en un día medio anual, tomando en cuenta las pérdidas. Se expresa en litros/habitante-día. Esta dotación es una consecuencia del estudio de las necesidades de agua de una población, quien la demanda por los usos siguientes: para saciar la sed, para el lavado de ropa, para el aseo personal, la cocina, para el aseo de la habitación, para el riego de calles, para los baños, para usos industriales y comerciales, así como para el uso público.

La dotación no es una cantidad fija, sino que se ve afectada por un sin número de factores que la hacen casi característica de una sola comunidad; sin embargo, se necesita conocer de ante mano estos factores para calcular las diferentes partes de un proyecto” (Rodríguez, 2001, p.36).

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma OS.10) la dotación promedio diaria anual por habitante, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadísticas comprobadas.

Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificará su ejecución se considerará, los valores indicados en la Tabla N° 4:

Tabla 4

Dotación de Agua según Reglamento Nacional de Edificaciones (l/hab/d) – Habilitaciones Urbanas

ITEM	CRITERIO	CLIMA TEMPLADO	CLIMA FRIO	CLIMA CALIDO
1	Sistemas con conexiones	220	180	220
2	Lotes de área menor o igual a 90m ²	150	120	150
3	Sistemas de abastecimiento por surtidores, camión cisterna o piletas publicas	30-50	30-50	30-50

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

1.4.1.7. 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).

1.4.1.8. Consumo Promedio Diario Anual (Q_p)

“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)

1.4.1.9. 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 N° 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.

1.4.1.10. Sistema de Abastecimiento de agua potable

“Un sistema de Abastecimiento de agua es un conjunto de diversas obras que tienen por objeto suministrar agua a una población en cantidad suficiente, calidad adecuada, presión necesaria y en forma continua; un sistema de abastecimiento de agua potable consta fundamentalmente de las siguientes partes:” (Rodríguez, 2001, p. 24).

1. Fuente de Abastecimiento.
2. Obra de Captación.
3. Líneas de Conducción.

4. Regularización almacenamiento.
5. Línea de Aducción.
6. Red de Distribución.

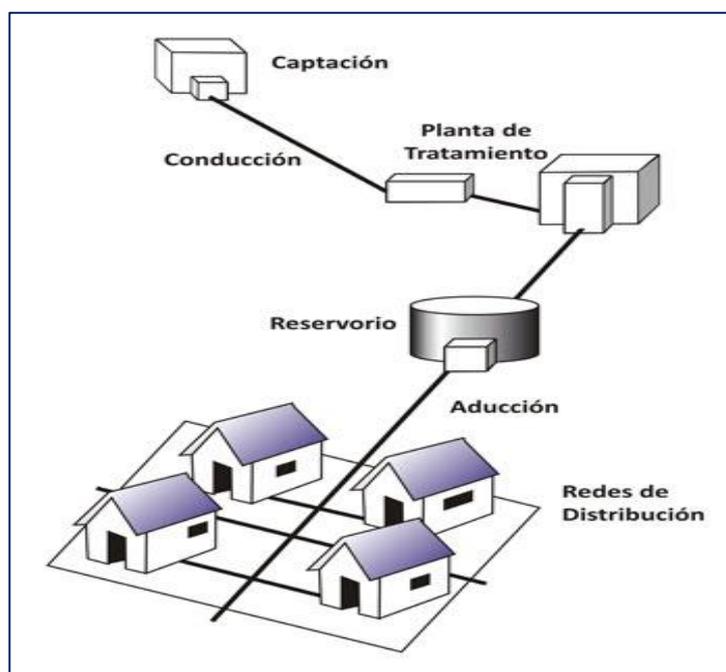


Figura 1: Sistema de Abastecimiento de Agua. (Fuente: Guía de Orientación en Saneamiento Básico para Alcaldías Rurales.

1.4.1.11. 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).

1.2. Tipos de Fuentes de Agua

1.2.1. 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 N° 4 se muestra la captación del agua de lluvia mediante el techo de una vivienda.” (Agüero, 1997, p.27).

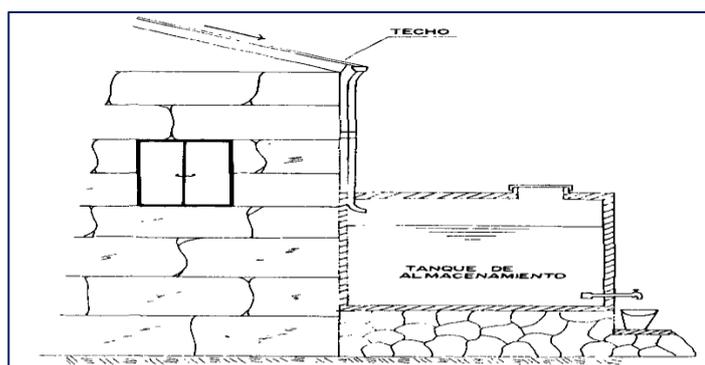


Figura 2: Captación de agua de Lluvia. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

1.4.2.2. 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 N° 5).” (Agüero, 1997, p.28).

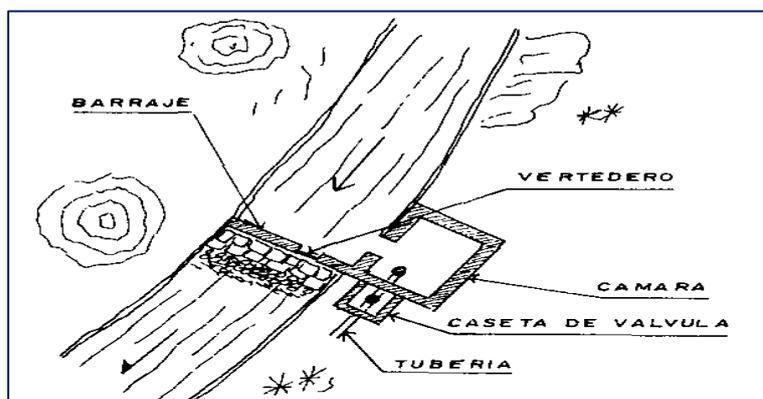


Figura 3: Captación de agua Superficial. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

1.4.2.3. 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 N° 6 se observa una de las muchas formas de aprovechamiento del agua subterránea con fines de consumo humano.” (Agüero, 1997, p.28).

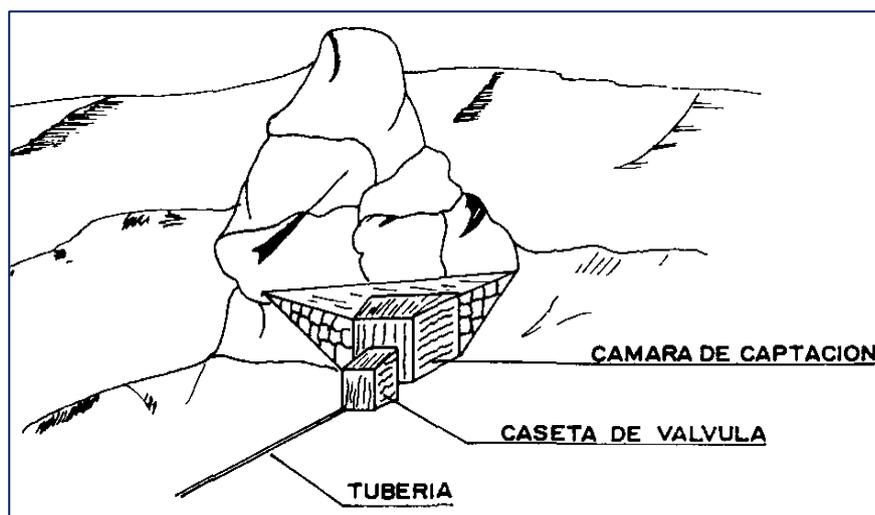


Figura 4: Captación de agua Subterráneas. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.

1.4.2.4. Captación

“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).

1.4.2.4.1. 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).

1.4.2.4.2. 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 tomar 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)

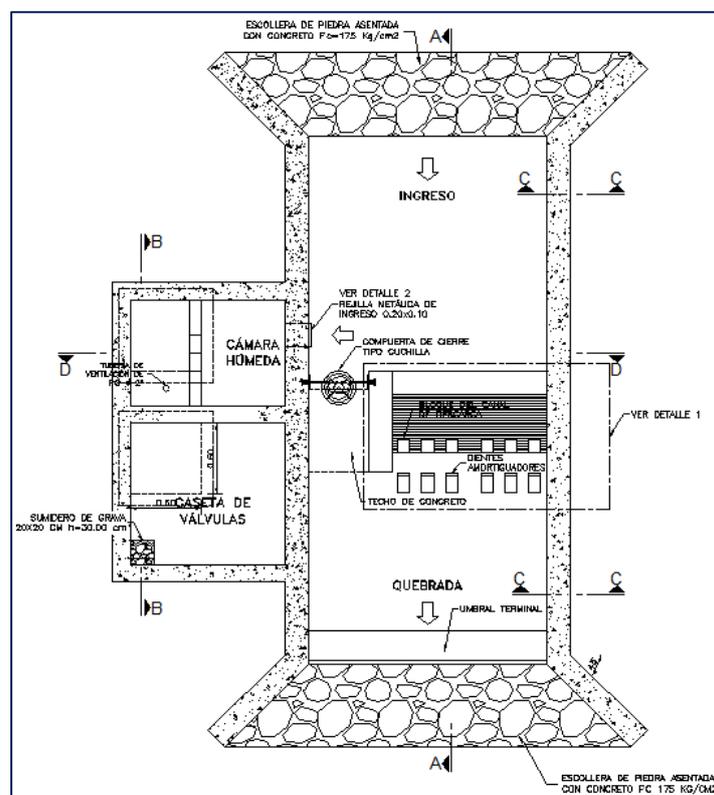


Figura 5: Barraje fijo sin canal de derivación. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

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:

$$A_c = \frac{Q_{md}}{V} \dots \dots \dots (6)$$

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 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 5 mm, y debe orientarse con una inclinación de 70° a 80° en relación a 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:

$$v = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (7)$$

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 6

Coeficientes 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 7

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 de la Quebrada

n : 0.04 Material considerado

- Br : Ancho de la Quebrada (m)
- Qrio : Caudal que transporta la quebrada (m3/s)
- S rio : Pendiente de la quebrada (m/m)
- g : 9.81 m/s²

$$Q_R = \frac{A^{\frac{5}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n \cdot P^{\frac{2}{3}}} = \frac{(B_r \cdot Y_{nr})^{5/3} \cdot S^{1/2}}{n(2Y_{nr} + B)^{2/3}} \dots \dots \dots (8)$$

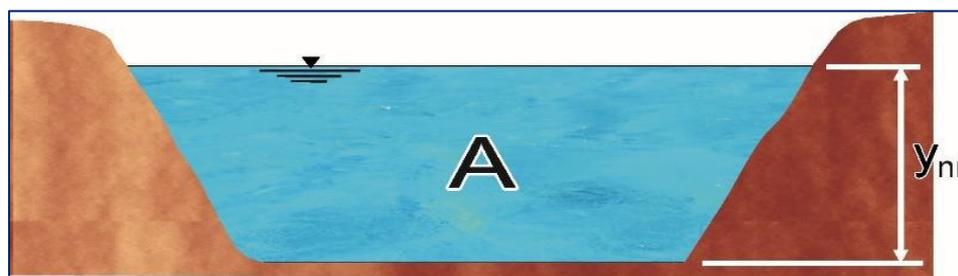


Figura 6: Tirante de la Quebrada. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

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

También tirante crítico Yc

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Qr^2}{g \cdot Br^2}} \dots \dots \dots (9)$$

- Cálculo de velocidad media de la quebrada

$$V_r = \frac{Qr}{A_r} \dots \dots \dots (10)$$

$$A_r = y_{nr} \cdot B_r \dots \dots \dots (11)$$

- Cálculo de Diseño de la Cresta Creager

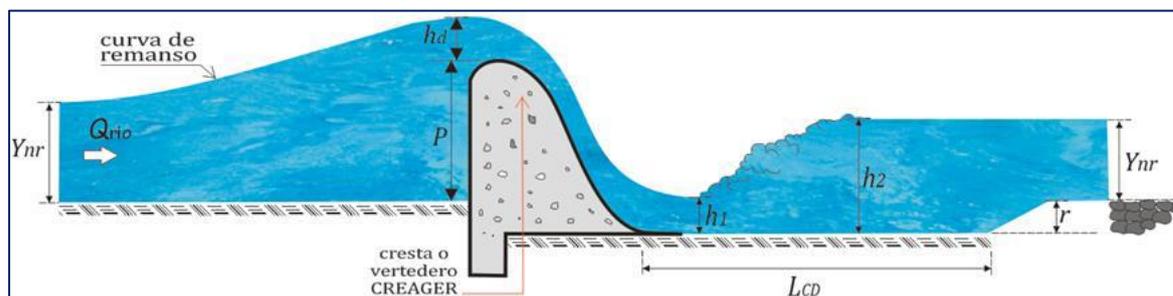


Figura 7: Cálculo de diseño de la Cresta Creager. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

Carga sobre el barraje

$$Q = \frac{2}{3} (u \cdot b \cdot \sqrt{2g}) \left[\left(h_d + \frac{v^2}{2g} \right)^{3/2} - \left(\frac{v^2}{2g} \right)^{3/2} d_2 \right] \dots \dots \dots (12)$$

Donde:

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

b : Ancho del encausamiento (m)

v : Velocidad de acercamiento de la quebrada (m/s)

g : Gravedad ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$)

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

- Cálculo de la velocidad de agua sobre la cresta del azud

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

$$A = b \cdot h_d \dots \dots \dots (13)$$

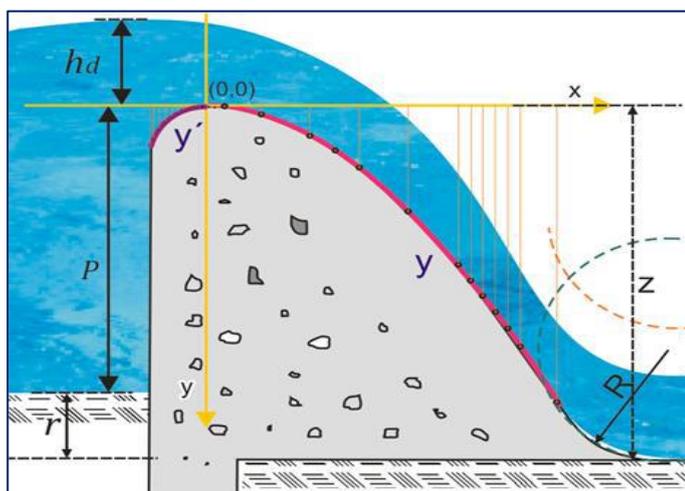


Figura 8: Cálculo Velocidad sobre la Cresta del Azud
Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.

- Cálculo de la carga energética (h_e)

$$h_e = h + \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (14)$$

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

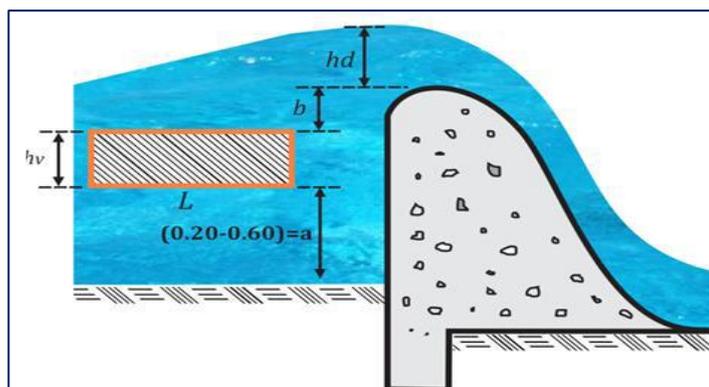


Figura 9: Altura del Azud. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

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.

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

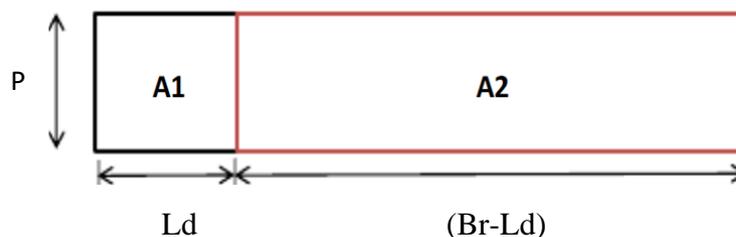
Donde:

N de pilares : 1

A1 : Área del barraje móvil

A2 : Área del barraje fijo

Numero de componente: 1.00



Diseño del Colchón Disipador

Cálculo de h_1

De acuerdo a la figura:

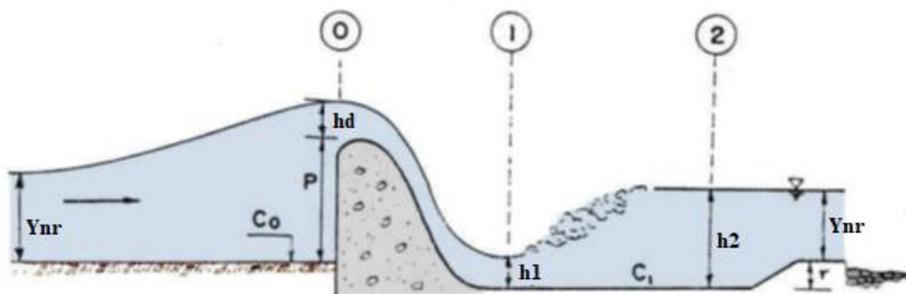


Figura 10: Parámetros Hidráulicos

$$E_0 = C_0 + P + h_d + \frac{VH^2}{2g} \dots \dots \dots (18)$$

$$E_1 = C_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} \dots \dots \dots (19)$$

Par Bernoulli: $E_0 = E_1 + h_{f\ 0-1}$

Reemplazando

$$C_0 + P + h_d + \frac{VH^2}{2g} = C_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_{f\ 0-1}$$

$$\frac{V_1^2}{2g} = C_0 - C_1 + P + h_d + h_1 + \frac{VH^2}{2g} - h_{f\ 0-1}$$

$$V_1 = (2g \times (C_0 - C_1 + P + h_d - h_1 + \frac{VH^2}{2g} - h_{f\ 0-1}))^{1/2}$$

Donde:

C_0 : cota del terreno en 0

C_1 : cota del colchón disipador

P : altura del barraje

h_d : altura de lámina vertiente

h_1 : tirante del río al pie del talud

$h_{f\ 0-1}$: pérdida por fricción entre 0 y 1

VH : velocidad en la cresta del barraje vertedero

V_1 : velocidad al pie del talud

Para resolver es necesario asumir ciertos valores tales como:

$$r = (C_0 - C_1), 0.35 \text{ m}$$

$$h_{f\ 0-1} = (0.1 \times \frac{VH^2}{2g}), \text{ (en m.)}$$

$$h_1 \geq 0.1 \text{ m.}$$

Reemplazando

$$V1 = (2g \times (r + p + hd - h1 + 0.9 \times VH^2 / 2g))^{1/2} \dots\dots\dots (20)$$

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

$$V1 = Q1 / A1 = Q1 / (b1.h1) \dots\dots\dots (21)$$

Cálculo de tirante conjugado mayor (h2)

$$h_2 = -\frac{h_1}{2} + \sqrt{\frac{h_1^2}{2} + \frac{2 * V1^2 * h_1}{g}} \dots\dots\dots (22)$$

Comprobando:

$$h_2 \leq Ynr + r$$

Longitud del colchón Disipador

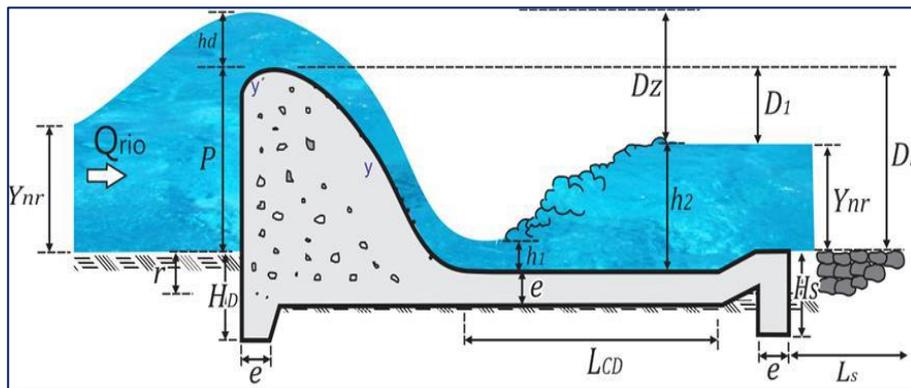


Figura 11: Cálculo Longitud Colchón Disipador. (Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales).

- Cálculo de la longitud de protección y enrocado

$$L_s = 0.6 C.D^{1/2} \left[1.12 \left(\frac{q \cdot D_b}{D_1} \right)^{1/2} - 1 \right] \dots\dots\dots (23)$$

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

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

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

Reemplazando:

$$H_s = K \cdot \sqrt{q\sqrt{Dz} - Y_{nr}} \dots \dots \dots (24)$$

- Cálculo de “e”; espesor para resistir el impacto del agua que baje al colchón disipador
Por Criterio Estructural

$$e = \frac{4}{3} \left(\frac{Y}{Y_c} \right) h_{sp} \dots \dots \dots (25)$$

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

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

- Cálculo del radio de enlace

$$R = 10 \left[\frac{V^2 + 6.4 \cdot hd}{3.6 h + 64} \right] \dots \dots \dots (26)$$

Dónde:

R : Radio de enlace (m)

V : velocidad (pie/s)

hd : (pies)

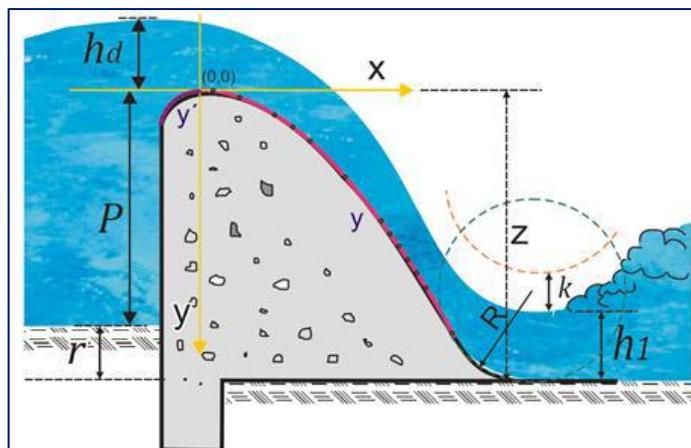


Figura 12: Cálculo Radio de Enlace ($V_1 > 1.5$ m/s) Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.

Dónde:

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{Q}{h_1 \cdot B_r} \dots \dots \dots (27)$$

Bloque de amortiguamiento

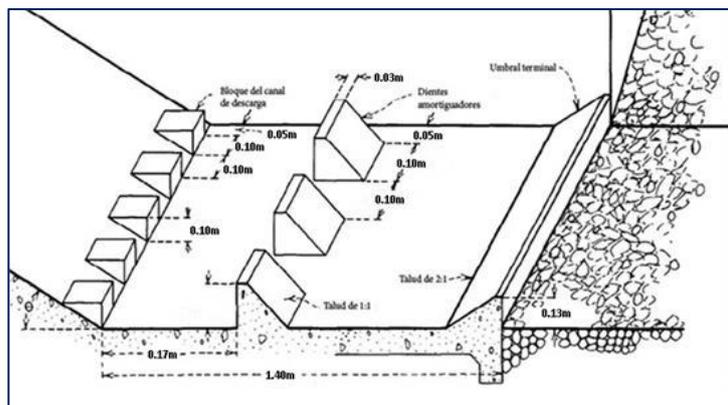


Figura 13: Bloques de Amortiguamiento Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.

Diseño de Ventana de Captación

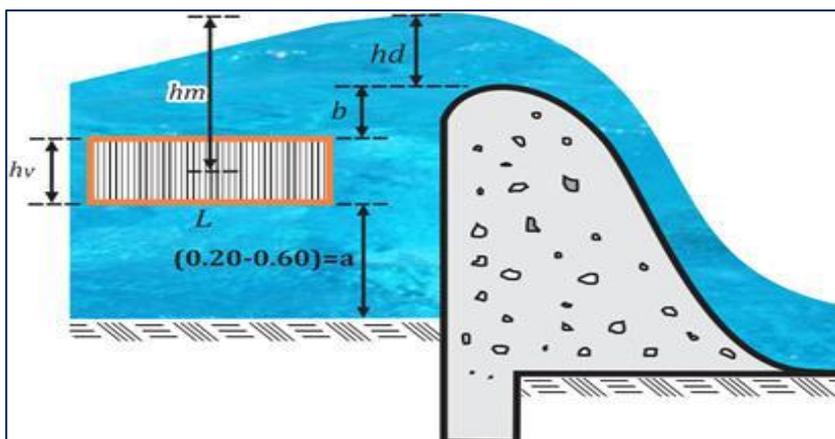


Figura 14: Esquema Ventana Captación Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.

- **Cálculo de la selección de la ventana**

Tenemos la ecuación general para un orificio

Nº ventanas = 1.00

$$Q_o = C \cdot A \cdot (2 \cdot g \cdot h_m)^{1/2} \dots \dots \dots (28)$$

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)

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

h_v : Alto de la ventana $h_v = 0.10\text{m}$ (Se estima 0.10-0.30 m)

L : Longitud de la ventana (m)

A : Área de la ventana = $h_v \times L$

Despejando:

$$L = \frac{Q_o}{C \cdot h_v \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_m}} \dots \dots \dots (29)$$

1.4.2.5. 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).

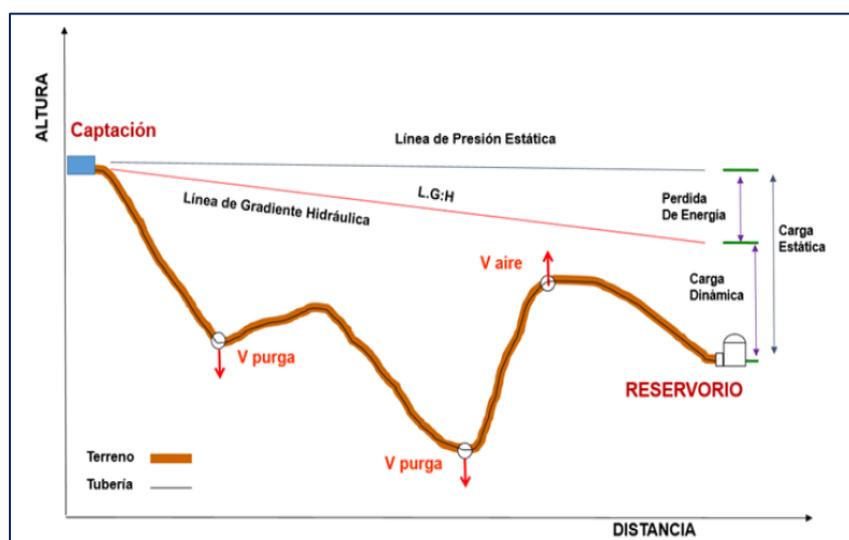


Figura 15: Línea de Conducción Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas de Sistemas de Saneamiento para el Ámbito Rural.

1.4.2.6. 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 atmosfera (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 16.” (Agüero, 1997, p.56).

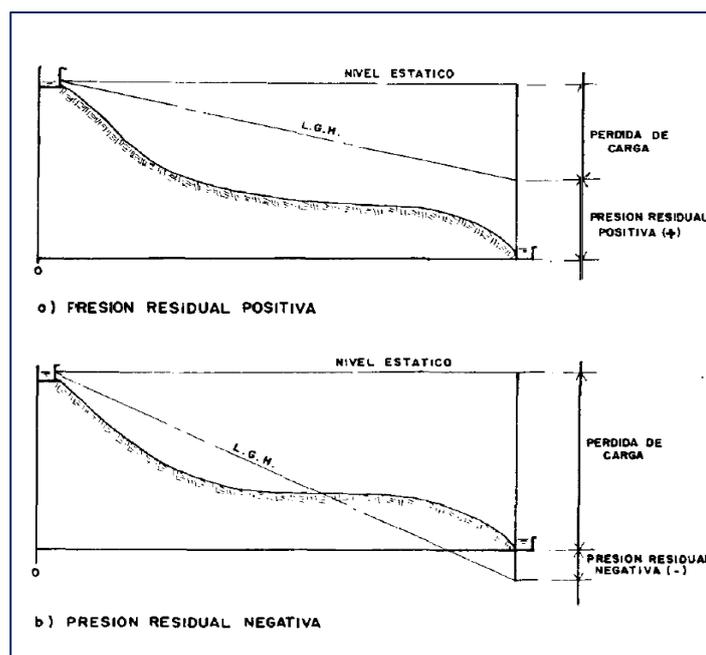


Figura 16: Presiones Residuales Positivas y Negativas
Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.

“En el Figura 16a. 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 16b 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).

1.4.2.7. 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° 10. Para el caso de tuberías no consideradas, se deberá justificar.

1.4.2.8. 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.

1.4.2.8.1. 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.

1.4.2.8.2. 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.

1.4.2.8.3. 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 8 y la Figura 17, se presentan las clases comerciales de tuberías PVC con sus respectivas cargas de presión.

Tabla 8

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.

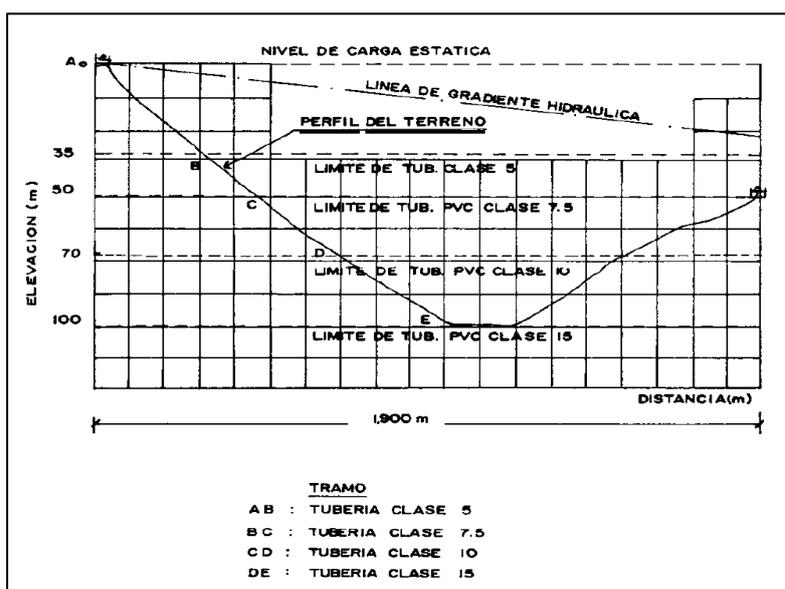


Figura 17: Presiones máximas de trabajo para diferentes clases de tuberías PVC Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.

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.

1.4.2.8.4. Velocidades de diseño

La velocidad máxima debe ser considerada en función del tipo de material de la tubería, de acuerdo a la Tabla 9.

Tabla 9

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.

1.4.2.8.5 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.

1.4.2.8.6 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.

1.4.2.9. 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. Esta fórmula es válida únicamente para tuberías de flujo turbulento, con comportamiento hidráulico rugoso y con diámetros mayores a 2 pulg.

$$H_f = 10,674 * \left[\frac{Q^{1.852}}{(C^{1.852} * D^{4.86})} \right] * L \dots \dots \dots (30)$$

Siendo:

Hf, 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 10

Valores del coeficiente Chw 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:

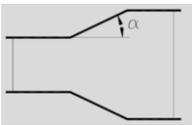
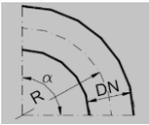
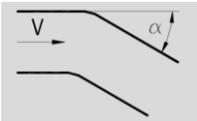
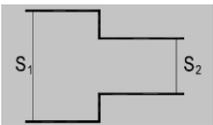
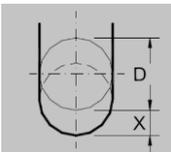
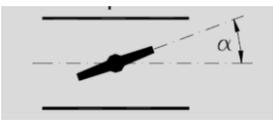
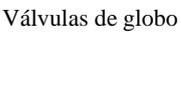
$$\Delta H_i = K_i \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (31)$$

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 11

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

ELEMENTO	COEFICIENTE k_i								
	α	5°	10°	20°	30°	40°	90°		
Ensanchamiento gradual 	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

1.4.2.10. 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:

$$Z_1 + P_1/\gamma + \frac{V_1^2}{2 * g} = Z_2 + P_2/\gamma + \frac{V_2^2}{2 * g} + H_f \dots \dots \dots (32)$$

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 has velocidades máximas y mínimas, es de 46cm. y 18cm. En base a esta consideración la ecuación queda definida como:

$$P_1/\gamma + Z_1 = Z_2 + P_2/\gamma + H_f \dots \dots \dots (33)$$

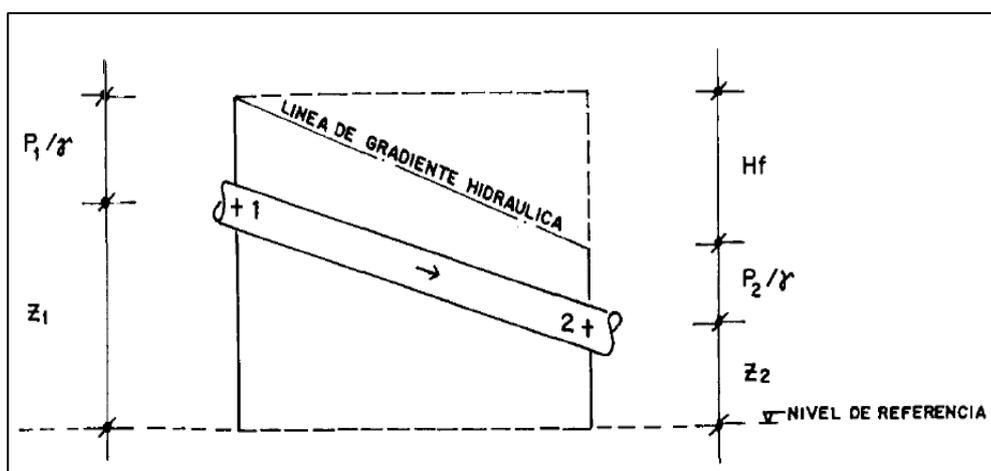


Figura 18: Energía de posición y presión Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.

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:

$$P_2/\gamma = Z_1 - Z_2 - H_f \dots \dots \dots (34)$$

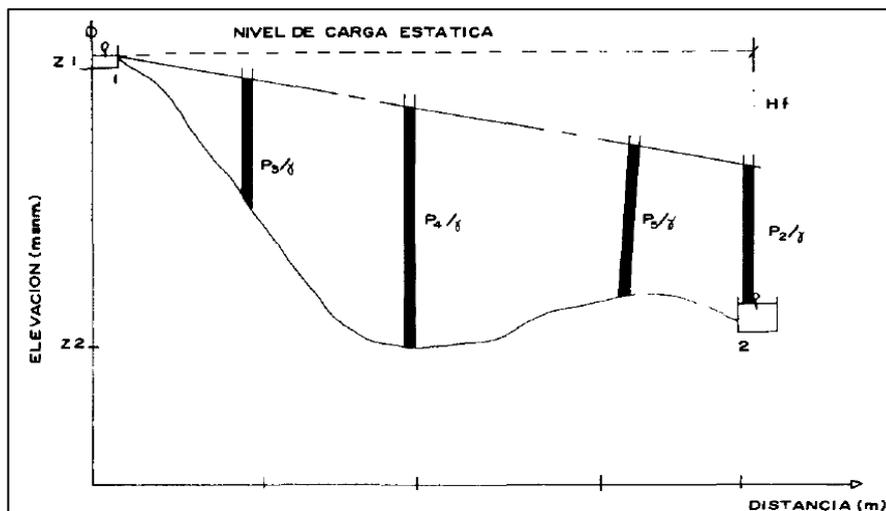


Figura 19: Equilibrio de Presiones Dinámicas Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.

1.4.2.11. 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 N° 12 y Figura N° 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).

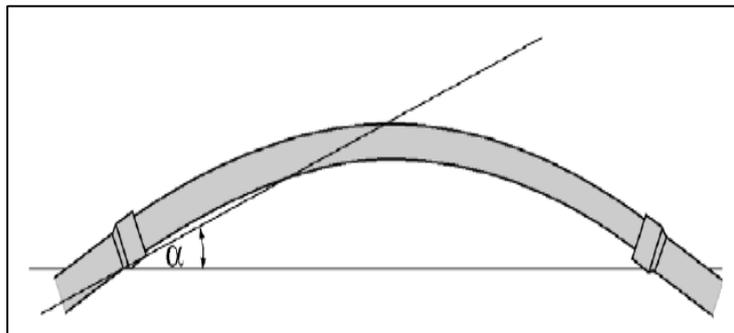


Figura 20: Deflexión en una tubería. (Fuente: Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable)

Tabla 12*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

1.4.2.12. 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.

1.4.2.13. 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 N° 21).

Los puentes colgantes se calculan considerando que el cable principal debe formar una catenaria. El principal estado de cargas (solicitación) 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.

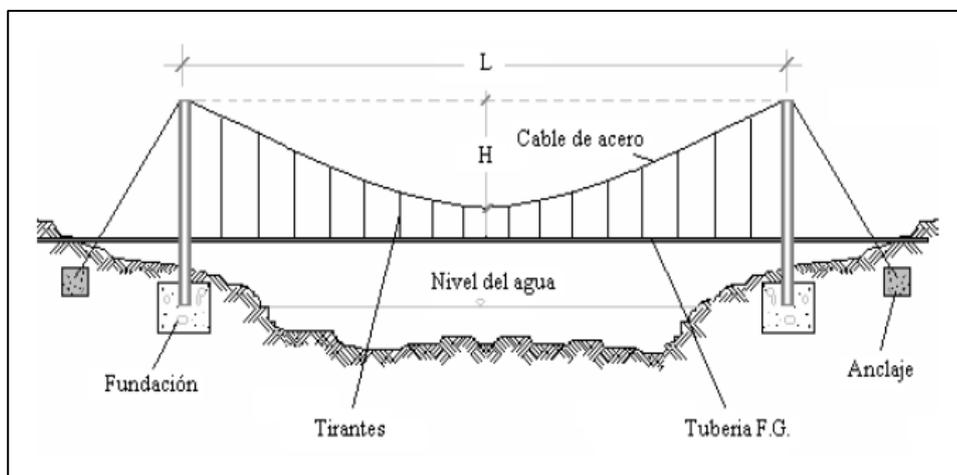


Figura 21: Puente colgante cruzando un río o quebrada Fuente: Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable.

1.4.2.14. 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 N° 24).

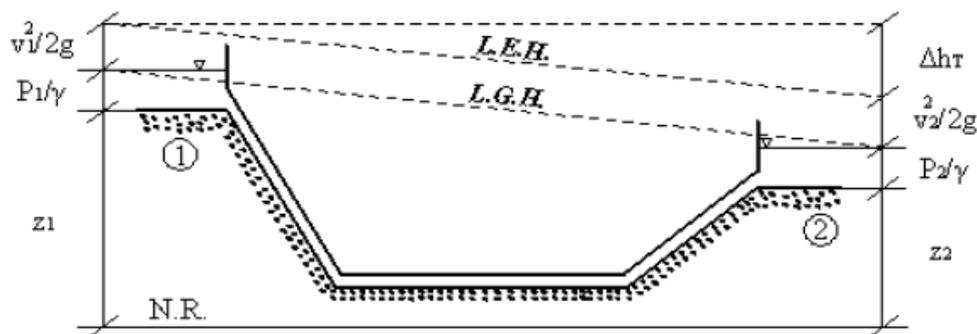


Figura 22: Sifón invertido cruzando una quebrada. (Fuente: Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable).

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.

1.4.2.15. 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.

- 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 $0,60 \text{ m} \times 0,60 \text{ m} \times 0,70 \text{ m}$ 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.

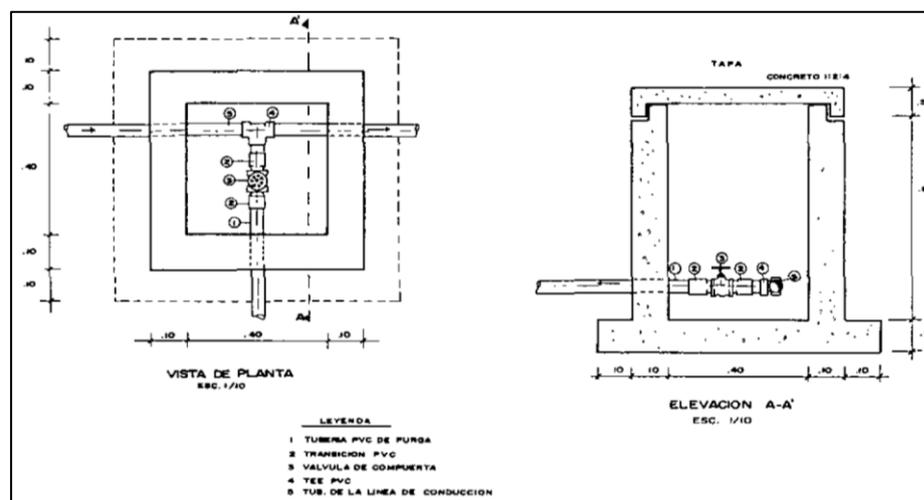


Figura 24: Válvula de purga Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.

- Válvulas de retención

Se utiliza en línea de impulsión, para evitar el retroceso del agua, con el consiguiente vaciado del conducto y posibles daños a la bomba.

1.4.2.16. Pase Aéreo

El pase aéreo consiste en un sistema estructural en base a anclajes de concreto y cables de acero que permiten colgar una tubería de polietileno que conduce agua potable, dicha

tubería de diámetro variable necesita de esta estructura para continuar con el trazo sobre un valle u zona geográfica que por su forma no permite seguir instalando la tubería de forma enterrada.

Esta estructura está diseñada para soportar todo el peso de la tubería llena y el mismo sistema estructural, en distancias de 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m, 30 m, 50 m, 75 m y 100 m.

El consultor, en base al diseño de su proyecto debe seleccionar el diseño de pase aéreo que más sea compatible con su caso, sin embargo, de necesitar algún modelo no incluido dentro de los modelos desarrollados, podrá desarrollar su propio diseño, tomando de referencia los modelos incluidos, para ello el ingeniero supervisor debe verificar dicho diseño.

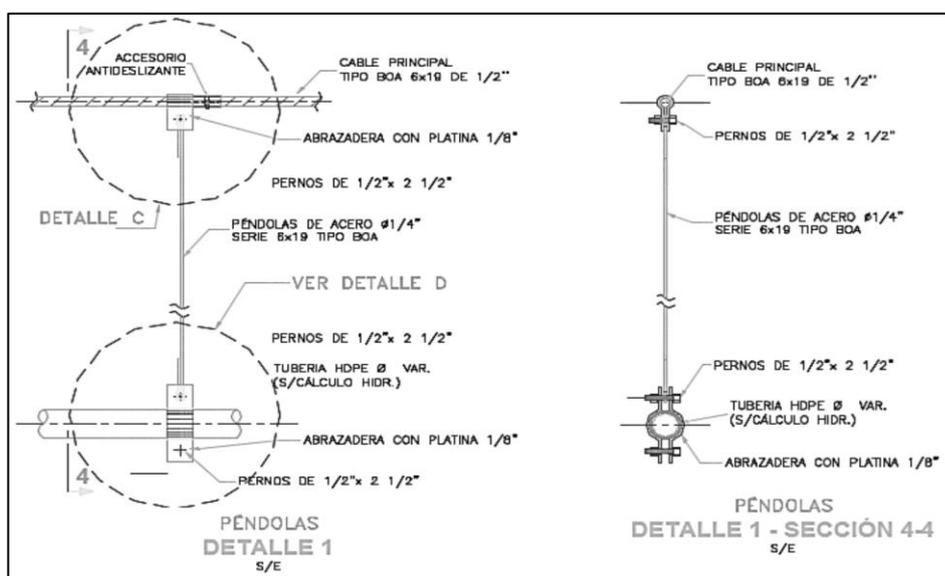


Figura 25: Detalles técnicos del pase aéreo Fuente: RM N° 192-2018 – VIVIENDA. Página 88.

1.4.2.17. Cajas de Rompe -Presión (CRP)

Cuando existe mucho desnivel entre la captación y algunos puntos a lo largo de la línea de conducción, pueden generarse presiones superiores a la máxima que puede soportar una tubería. En esta situación, es necesaria la construcción de cámaras rompe-presión que permitan disipar la energía y reducir la presión relativa a cero (presión atmosférica), con la finalidad de evitar daños en la tubería. Estas estructuras permiten utilizar tuberías de menor clase, reduciendo considerablemente los costos en las obras de abastecimiento de agua potable.

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.

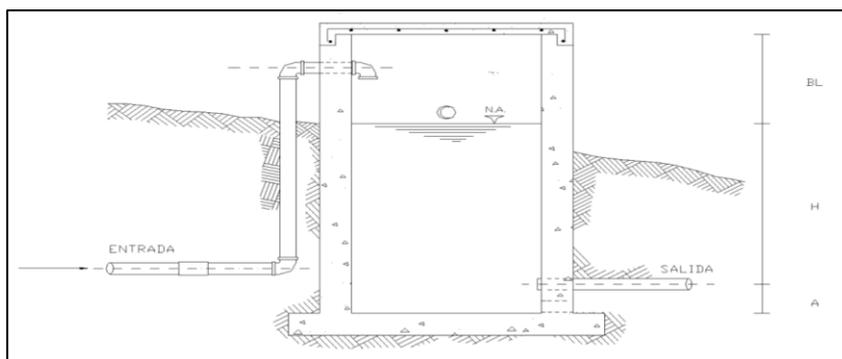


Figura 26: Cámara Rompe-Presión Fuente: RM N° 192-2018 – VIVIENDA. Página 82.

- 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.

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

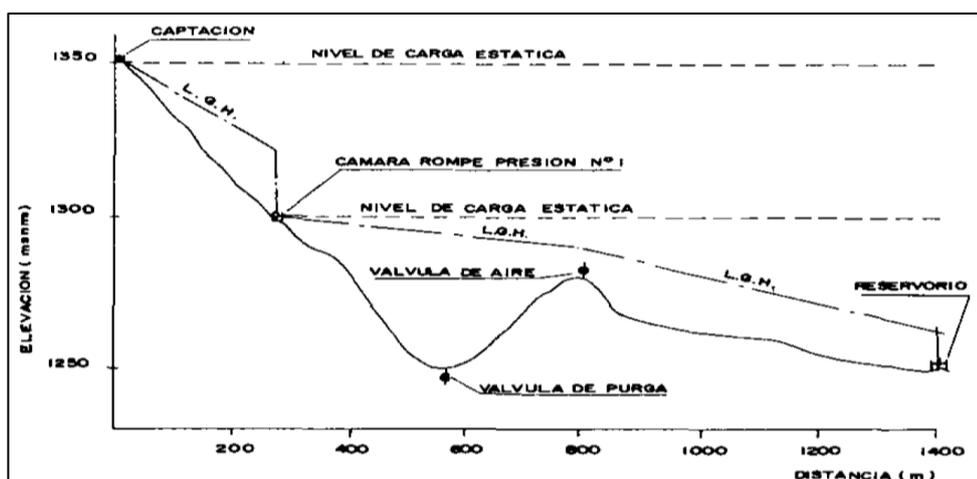


Figura 27: Ubicación de estructuras complementarias Fuente: Agua Potable para Poblaciones Rurales.

1.4.2.18. 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. 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).

1.4.4. 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).

1.4.5. 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 14

Selección del proceso de tratamiento del agua para consumo humano

ALTERNATIVAS	LÍMITES 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.

UNT: 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).

1.4.6. Unidad de tratamiento

1.4.6.1. 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).

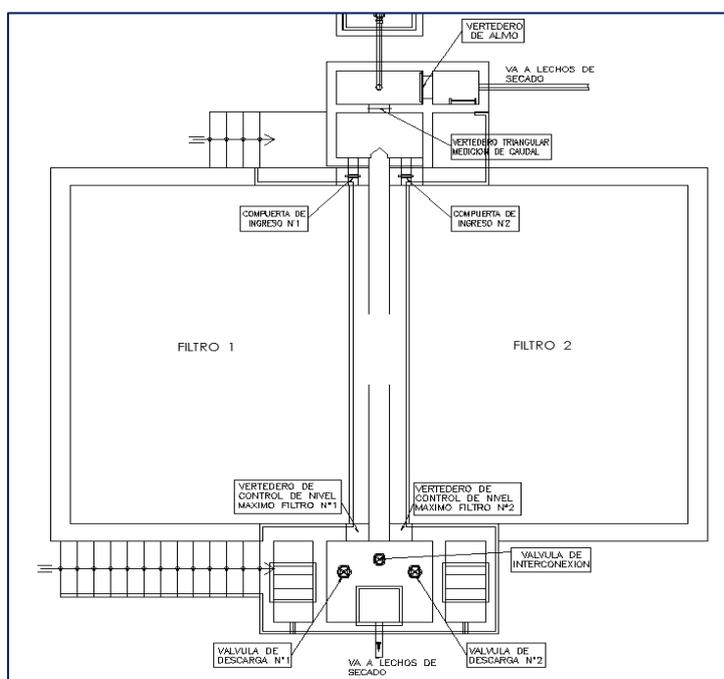


Figura 28: Esquema Filtro Lento de arena planta (Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural).

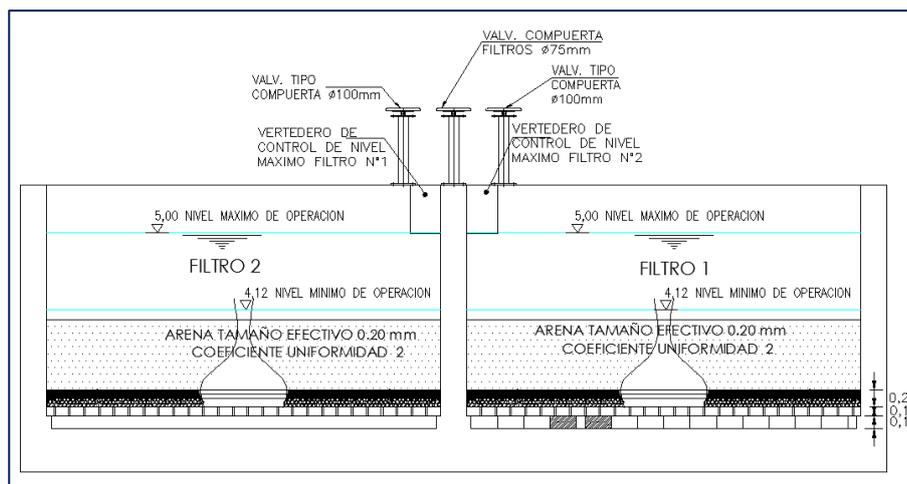


Figura 29: Esquema Filtro Lento de arena planta Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural.

1.4.6.1.1. 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 mantenerse 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).

1.4.6.1.2. 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 15

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

1.4.6.1.3. Dimensionamiento

- Cálculo del área unitaria de filtro (A_f):

$$A_s = \frac{Q_{md}}{N \times V_f} \dots \dots \dots (36)$$

Donde:

Q_{md} : caudal (m³/h)

N : número de filtros

V_f : velocidad de filtración

- Cálculo de coeficiente de mínimo costo (K)

$$K = \frac{(2 * N)}{(N + 1)} \dots \dots \dots (37)$$

- Longitud de la unidad

$$L = \sqrt{(A_s * K)} \dots \dots \dots (38)$$

- Ancho de la unidad

$$b = \sqrt{(A_s/K)} \dots \dots \dots (39)$$

- 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.

1.4.7. 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).

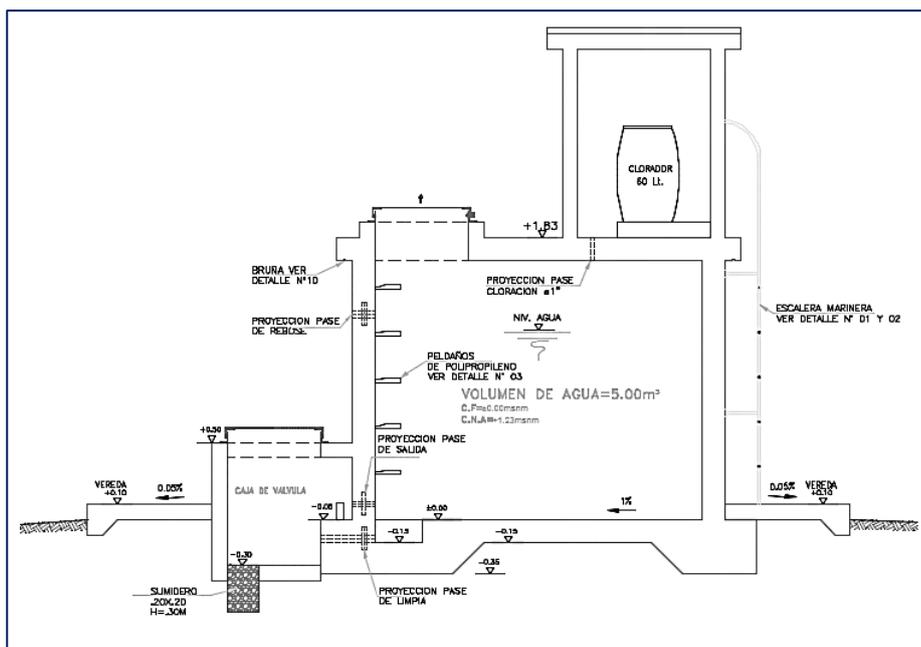


Figura 30: Reservorio de 5 m³. (Fuente: RM-192-2018-VIVIENDA, página 115).

1.4.7.1. Aspectos Generales

1.4.7.1.1. 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).

1.4.7.1.2 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).

1.4.7.1.3 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).

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.

Volumen Contra Incendio

En los casos que se considere demanda contra incendio, deberá asignarse un volumen mínimo adicional de acuerdo al siguiente criterio:

- 50 m³ para áreas destinadas netamente a vivienda.
- Para áreas destinadas a uso comercial o industrial deberá calcularse utilizando el gráfico para agua contra incendio de sólidos del anexo 1, considerando un volumen aparente de incendio de 3000 metros cúbicos y el coeficiente de apilamiento respectivo.

Independientemente de este volumen los locales especiales (Comerciales, Industriales y otros) deberán tener su propio volumen de almacenamiento de agua contra incendio.

Volumen de Reserva

De ser el caso, deberá justificarse un volumen adicional de reserva.

1.4.7.1.4 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).

1.4.7.1.5 Criterios de Diseño

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.

Recomendaciones

- Solo se debe usar el bypass para operaciones de mantenimiento de corta duración, porque al no pasar el agua por el reservorio no se desinfecta.
- En las tuberías que atraviesen las paredes del reservorio se recomienda la instalación de una brida rompe-aguas empotrado en el muro y sellado mediante una impermeabilización que asegure la estanquidad del agua con el exterior, en el caso de que el reservorio sea construido en concreto.
- Para el caso de que el reservorio sea de otro material, ya sea metálico o plástico, las tuberías deben fijarse a accesorios roscados de un material resistente a la humedad y la exposición a la intemperie.
- La tubería de entrada debe disponer de un grifo que permita la extracción de muestras para el análisis de la calidad del agua.

1.4.7.1.6 Caseta de Válvulas

“La caseta de válvulas es una estructura de concreto y/o mampostería que alberga el sistema hidráulico del reservorio, en el caso reservorios el ambiente es de paredes planas.”

(RM-192-2018-VIVIENDA, p. 118).

Las consideraciones por tener en cuenta son las siguientes:

- Techos

Los techos serán en concreto armado, pulido en su superficie superior para evitar filtración de agua en caso se presenten lluvias, en el caso de reservorios de gran tamaño, el techo acabara con ladrillo pastelero asentados en torta de barro y tendrán junta de dilatación según el esquema de techos.

- Paredes

Los cerramientos laterales serán de concreto armado en el caso de los reservorios de menor tamaño, la pared estará compuesto por ladrillo K.K. de 18 huecos y cubrirán la abertura entre las columnas estructurales del edificio.

Éstos estarán unidos con mortero 1:4 (cemento: arena gruesa) y se prevé el tarrajeo frotachado interior y exterior con revoque fino 1:4 (cemento: arena fina).

Las paredes exteriores serán posteriormente pintadas con dos manos de pintura látex para exteriores, cuyo color será consensuado entre el Residente y la Supervisión. El acabado de las paredes de la caseta será de tarrajeo frotachado pintado en látex y el piso de cemento pulido bruñado a cada 2 m.

- Pisos

Los pisos interiores de la caseta serán de cemento pulido y tendrán un bruñado a cada 2 m en el caso de reservorios grandes.

- Pisos en Veredas Perimetrales

En vereda el piso será de cemento pulido de 1 m de ancho, bruñado cada 1 m y, tendrá una junta de dilatación cada 5 m.

- Escaleras

En el caso sea necesario, la salida de la caseta hacia el reservorio, se debe colocar escaleras marineras de hierro pintadas con pintura epóxica anticorrosivas con pasos espaciados a cada 0.30 m.

- Escaleras de Acceso

Las escaleras de acceso a los reservorios (cuando sean necesarias), serán concebidas para una circulación cómoda y segura de los operadores, previendo un paso aproximado a los

0,18 m. Se han previsto descansos intermedios cada 17 pasos como máximo, cantidad de escalones máximos según reglamento.

Veredas Perimetrales

Las veredas exteriores serán de cemento pulido, bruñado cada 1 m y junta de dilatación cada 5 m.

- Aberturas

Las ventanas serán metálicas, tanto las barras como el marco y no deben incluir vidrios para así asegurar una buena ventilación dentro del ambiente, sólo deben llevar una malla de alambre N°12 con cocada de 1”.

La puerta de acceso a la caseta (en caso sea necesaria) debe ser metálica con plancha de hierro soldada espesor 3/32” con perfiles de acero de 1.½” x 1.½” y por 6 mm de espesor.

1.4.7.1.7 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 (ClO₂). Se genera normalmente en el sitio en el que se va a utilizar, y, disuelto en agua hasta concentraciones de un 1% ClO₂ (10 g/L) pueden almacenarse de manera segura respetando ciertas condiciones particulares como la no exposición a la luz o interferencias de calor.

1.4.7.1.8 Sistema de Desinfección por Goteo

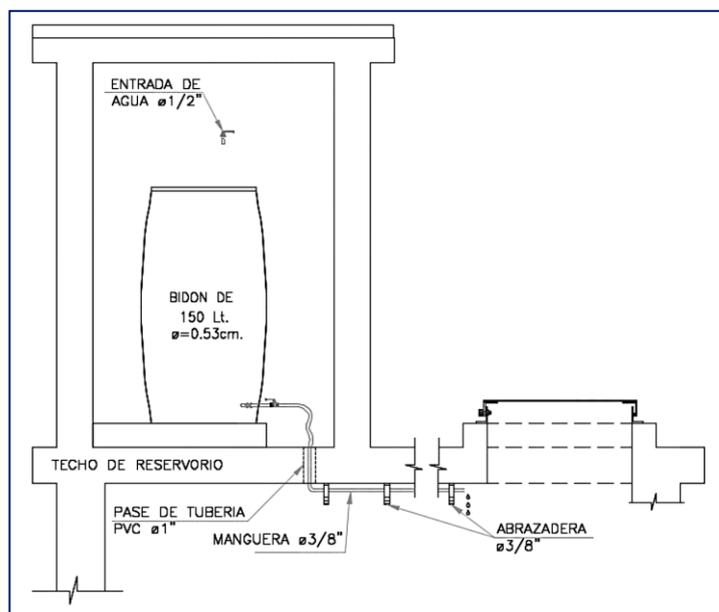


Figura 31: Sistema de desinfección por goteo
Fuente: RM-192-2018-VIVIENDA, página 120.

- 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 (%)

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

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

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.

1.4.7.1.9 Línea de Aducción

“En un sistema por gravedad, es la tubería que transporta el agua desde el reservorio hasta la primera casa de la red de distribución.” (**Guía de Opciones Tecnológicas de Sistemas de Saneamiento para el Ámbito Rural, 2018, p. 03**).

Consideraciones Generales

“La línea de aducción debe diseñarse teniendo en cuenta el caudal máximo horario (Q_{mh}).

Para el caso que se presenta en la guía a manera de ejemplo, para el diseño de la línea de aducción se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ Se ha considerado para su diseño una presión máxima de 50 mca para la clase 10 con el fin de asegurar el funcionamiento del sistema.
- ✓ Se tomará en cuenta que la velocidad mínima en la línea de aducción debe ser de 0.6 m/s y la máxima deberá ser de 3.0 m/s.
- ✓ En el trazo de la Línea se encuentra el siguiente tipo de terreno:
 - Tramo con Terreno de tipo Normal con presencia de material arcilloso, se usará tubería de PVC. La tubería estará enterrada a una profundidad mínima de 0.50 m con una zanja de 0.40 m, para la cama de apoyo se ha previsto utilizar material propio seleccionado.
 - Tramo con Terreno de tipo Rocoso, se usará la tubería HDPE la cual estará expuesta, se fijará con dados de anclaje. En los tramos que sean factibles se cubrirá con material propio seleccionado libre de piedras.
 - Dependiendo del levantamiento topográfico, se puede requerir proyectar en el trazo de la línea de aducción la construcción de pases aéreos, válvulas de purga y/o válvulas de aire.
 - Se realizará la prueba hidráulica y la respectiva desinfección de la línea.

Trazado

“Se tomará 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.
- ✓ Evitar cruzar por terrenos privados o comprometidos para evitar problemas durante la construcción y en la operación y mantenimiento del sistema.
- ✓ 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.
- ✓ Tener en cuenta la ubicación de las canteras para los préstamos y zonas para la disposición del material sobrante, producto de la excavación.

Establecer los puntos donde se ubicarán instalaciones, válvulas y accesorios, u otros accesorios especiales que necesiten cuidados, vigilancia y operación.”(Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento, 2018, p. 124).

Diseño de la Línea de Aducción

✓ Carga estática y dinámica

La Carga Estática máxima aceptable será de 50 m y la Carga Dinámica mínima será de 10 m.

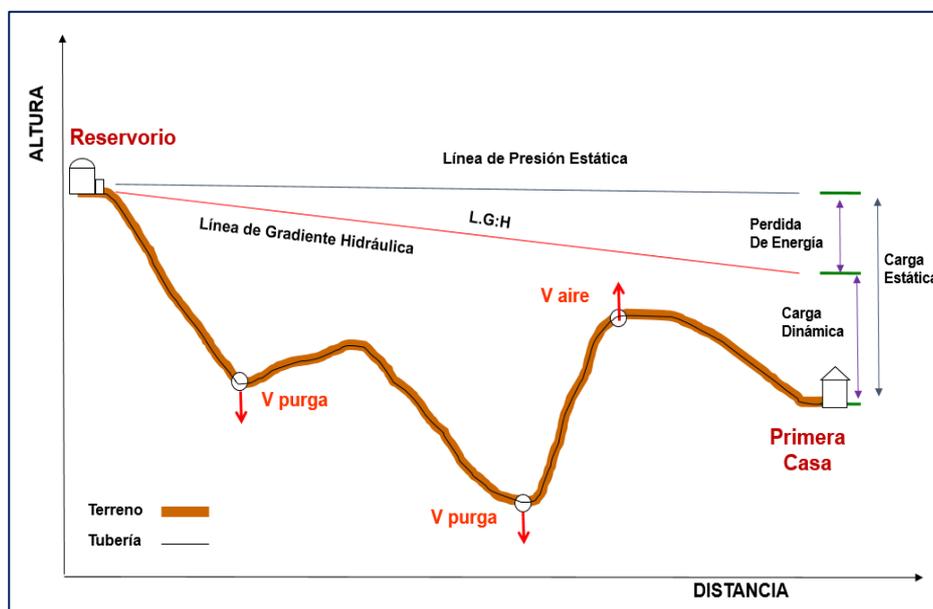


Figura 32: Línea gradiente hidráulica de la aducción a presión Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento.

Los demás parámetros de diseño de la línea de aducción serán los mismos que para la línea de conducción excepto el caudal de diseño, que en la línea de aducción será el caudal máximo horario.

Memoria de Cálculo Hidráulico: Anclajes

Se instalarán anclajes de seguridad (hormigón simple, ciclópeo, etc.) en los siguientes casos:

- En tuberías expuestas a la intemperie que requieran estar apoyadas en soportes o adosadas a formaciones naturales de roca.
- En los cambios de dirección tanto horizontales como verticales de tramos enterrados o expuestos, siempre que el cálculo estructural lo justifique.
- En tuberías colocadas en pendiente mayores a 60 grados respecto a la horizontal.

Los anclajes más comunes son para curvas horizontales y verticales, tees y terminaciones de tubería.

1.4.7.1.10 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**).

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}).
- ✓ El diámetro mínimo de las tuberías principales será de 75 mm para uso de vivienda y de 150 mm de diámetro para uso industrial. En casos excepcionales, debidamente fundamentados, podrá aceptarse tramos de tuberías de 50 mm de diámetro, con una longitud máxima de 100 m si son alimentados por un solo extremo ó de 200 m si son alimentados por los dos extremos, siempre que la tubería de alimentación sea de diámetro mayor y dichos tramos se localicen en los límites inferiores de las zonas de presión.
- ✓ 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.”

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).**

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).**

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).**

Presiones de Servicio

Para la red de distribución se deberá cumplir lo siguiente:

“La presión estática no será mayor de 50 m en cualquier punto de la red. En condiciones de demanda máxima horaria, la presión dinámica no será menor de 10 m.” **(RNE, 2017, p.159).**

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).**

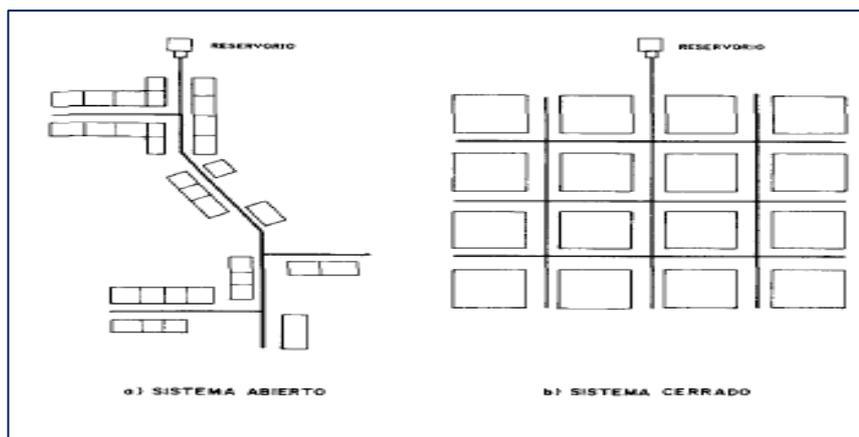


Figura 33: Tipos de Redes. (Fuente: Agua potable para poblaciones rurales, Sistema de abastecimiento por gravedad).

Criterios de diseño

✓ 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 diámetro de la red o línea de alimentación debe ser aquél que satisfaga las condiciones hidráulicas que garanticen las presiones mínimas de servicio en la red.

Para la determinación de los caudales en redes malladas se debe aplicar el método de la Longitud Unitaria, este método se calcula el caudal unitario, dividiendo el caudal máximo horario entre la longitud total de la red. Para obtener el caudal en cada tramo, se debe multiplicar el caudal unitario por la longitud del tramo correspondiente.

Entonces:

$$Q_i = q * L_i \dots \dots \dots (44)$$

Donde:

$$q = Q_{mh}/L_t \dots \dots \dots (45)$$

q : Caudal unitario por metro lineal de tubería (L/s/m)

Qi : Caudal en el tramo “i” (L/s)

Qmh : Caudal máximo horario (L/s)

Lt : Longitud total de tubería del proyecto (m)

Li : Longitud del tramo “i” (m)

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 m.c.a. 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.” (**Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento, 2018, p. 128**).

1.4.7.1.11 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**).

1.4.7.1.12 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).

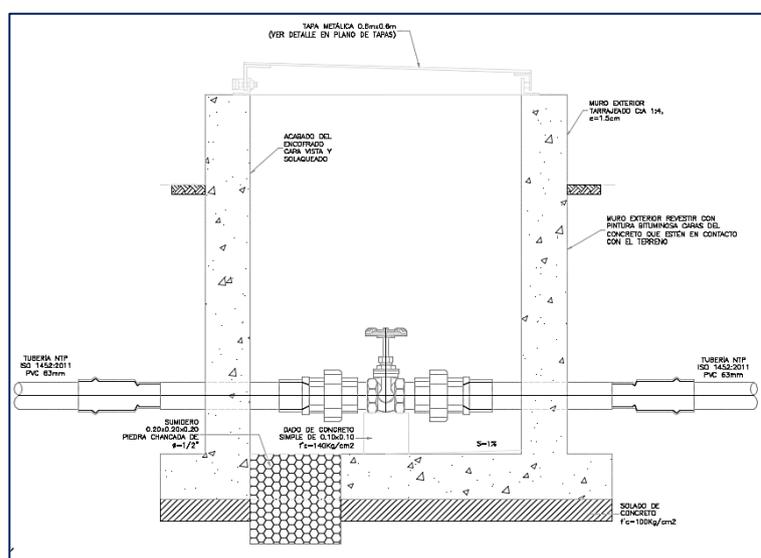


Figura 34: Cámara de válvula de control para red de distribución Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento.

1.4.7.1.13 Hidrantes contra incendio

“Los hidrantes contra incendio se ubicarán en tal forma que la distancia entre dos de ellos no sea mayor de 300 m.

Los hidrantes se proyectarán en derivaciones de las tuberías de 100 mm de diámetro o mayores y llevarán una válvula de compuerta.” (RNE, 2017, p. 159).

1.4.7.1.14 Anclajes y Empalmes

“Deberá diseñarse anclajes de concreto simple, concreto armado o de otro tipo en todo accesorio de tubería, válvula e hidrante contra incendio, considerando el diámetro, la presión de prueba y el tipo de terreno donde se instalarán.

El empalme del ramal distribuidor de agua con la tubería principal se realizará con tubería de diámetro mínimo igual a 63 mm.” (RNE, 2017, p. 159).

1.4.8. 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).

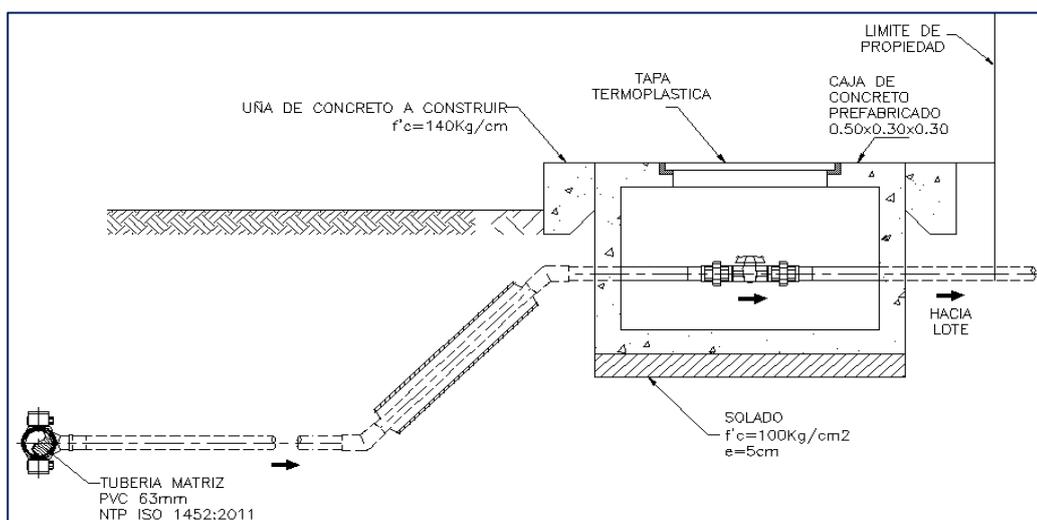


Figura 35: Conexión domiciliaria Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento.

1.4.9. Pileta Pública

Se construirá 01 pileta pública para 04 viviendas ubicadas en cotas altas donde no se logra llegar con la presión suficiente a las viviendas.

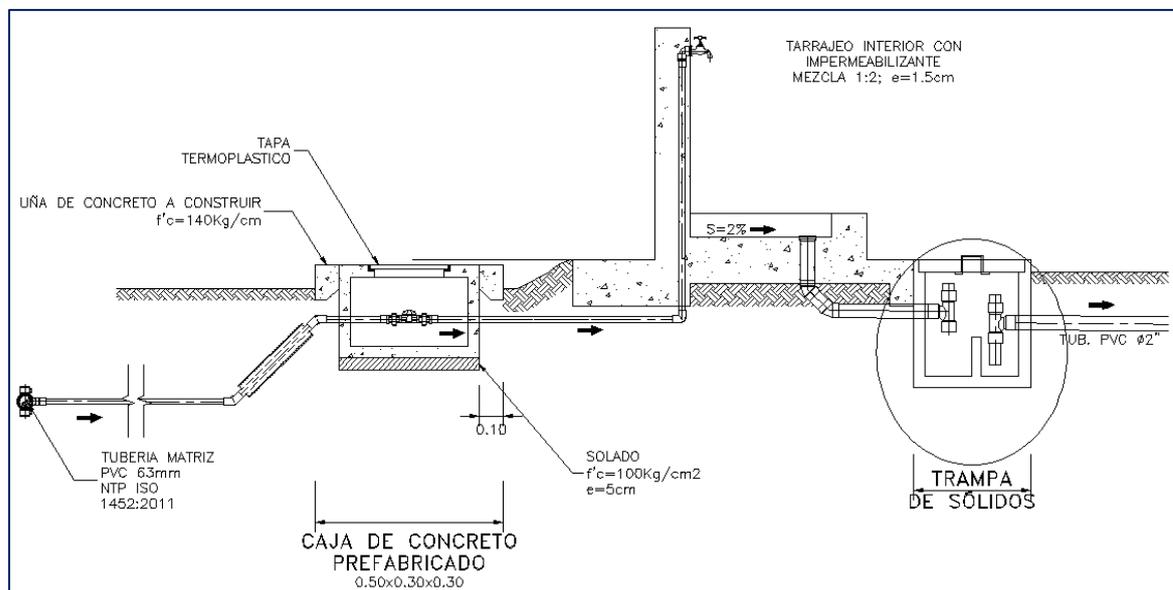


Figura 36: Pileta pública Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento.

- ✓ La infraestructura está conformada por una conexión de 3/4" (con caja de registro), pileta y pozo de absorción.
- ✓ La pileta pública es de sección rectangular, sus dimensiones exteriores son de 1,6 de largo x 1,45m de ancho x 1,00 m de altura, se utilizará concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- ✓ La instalación sanitaria incluye accesorios para agua y desagüe, tales como un grifo de bronce pesado (diámetro de 3/4"), válvula de control, codos, sumideros de bronce de 2", trampa "P".
- ✓ La pileta pública será revestida con mortero e impermeabilizante, y será pulido con cemento color natural.
- ✓ Se construirá un pozo de absorción de 1,25 x 1,25 x 1,0 m, en la que se llenará de grava con la finalidad de que se infiltre el agua no utilizada.

1.4.10. Medidores de Agua Potable

“Pueden ser de dos tipos:

- ✓ Medidores domiciliarios o micromedidores: cuando se emplean para medir el caudal empleado por la conexión de algún suscriptor o abonado.

- ✓ Medidores de alto caudal o macromedidores: empleados para medir los caudales que se producen en los sistemas de bombeo, plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento o circuitos hidráulicos en las redes de distribución.

Todo diseño de proyecto, debe en lo posible (técnica y económicamente), prever la instalación de micromedidores para el control del consumo del agua.

Los micromedidores preferentemente deberán estar instalados fuera de la propiedad privada y protegidos mediante una caja metálica o de hormigón.

Los macromedidores deben considerarse en poblaciones mayores a 2.000 habitantes a fin de disponer de datos de control para evaluar consumos y pérdidas en la red.

Los tipos de macromedidores a emplearse para poblaciones menores a 10.000 habitantes podrán ser:

- ✓ Convencionales, con sistema de relojería plástica o de aluminio.
- ✓ Diferenciales, con sistema de medición a través de un micromedidor en paralelo a una tubería Venturi calibrada.”

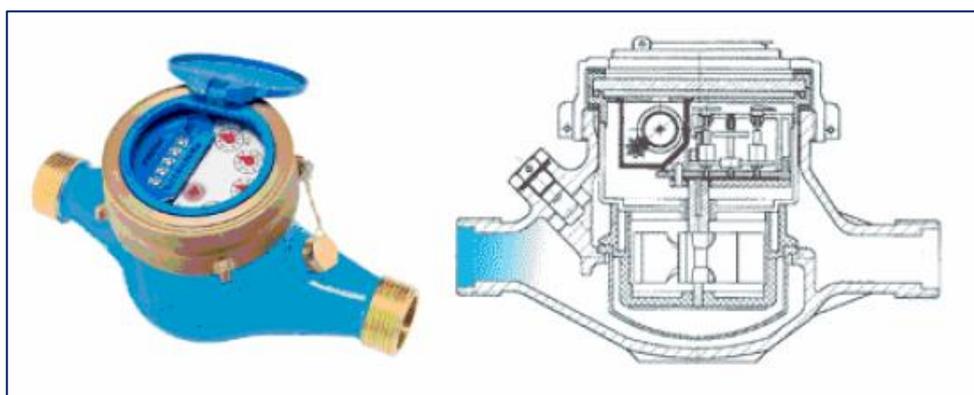


Figura 37: Micromedidor Domiciliario Fuente: “Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable modernizando el aprendizaje y enseñanza en la asignatura de Ingeniería Sanitaria”.

1.4.11. Marco Conceptual: Terminología básica

1.4.11.1 Agua Subterránea.

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

1.4.11.2 Afloramiento.

Son las fuentes o surgencias, que en principio deben ser consideradas como aliviaderos naturales de los acuíferos.

1.4.11.3 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.

1.4.11.4 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.

1.4.11.5 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.

1.4.11.6 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 distribuidor.

1.4.11.7 Forro De Pozos.

Es la tubería de revestimiento colocada unas veces durante la perforación, otras después de acabada ésta. La que se coloca durante la perforación puede ser provisional o definitiva. La finalidad más frecuente de la primera es la de sostener el terreno mientras se avanza con la perforación. La finalidad de la segunda es revestir definitivamente el pozo.

1.1.4.11.8 Pozo Excavado.

Es la penetración del terreno en forma manual. El diámetro mínimo es aquel que permite el trabajo de un operario en su fondo.

1.4.11.9 Pozo Perforado.

Es la penetración del terreno utilizando maquinaria. En este caso la perforación puede ser iniciada con un antepozo hasta una profundidad conveniente y, luego, se continúa con el equipo de perforación.

1.4.11.10 Afluente

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

1.4.11.11 Clarificación por contacto.

Proceso en el que la floculación y la decantación, y a veces también la mezcla rápida, se realizan en conjunto, aprovechando los flóculos ya formados y el paso del agua a través de un manto de lodos.

1.4.11.12 Efluente.

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

1.4.11.13 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.

1.4.11.14 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.

1.4.11.15 Redes de distribución.

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

1.4.11.16 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

1.4.11.17 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

1.4.11.18 Conexión Domiciliaria de Agua Potable.

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

➤ **Formulación del problema**

¿Cuánto influye en la calidad de vida de los pobladores del sector Satélite el Diseño Hidráulico de un sistema de abastecimiento de agua potable?

➤ **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 la parte alta del distrito de Yantalo no se encuentra ajena a esta realidad, 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 de la Localidad de Yantalo.

1.6.1 Justificación teórica

Para realizar esta investigación, se utilizaron teorías relacionadas en el campo de la hidrología, topografía, mecánica de suelo, 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.

1.6.2 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.

1.6.3 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.

1.6.4 Justificación Práctica

Esta investigación nos permite conocer las condiciones reales en las que se encuentra el sector Satélite, por la carencia de un sistema de abastecimiento de agua.

1.6.5 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.

➤ Hipótesis

“El diseño hidráulico del sistema de abastecimiento agua potable permite contar con una alternativa de solución para un servicio eficiente y de calidad, con condiciones óptimas de salubridad para el consumo humano; así mismo, satisfacer las necesidades primarias (básicas) por ende mejorará las condiciones de vida, tales como salud, alimentación, educación y economía en el Distrito de Yantaló.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

➤ **Diseño de investigación**

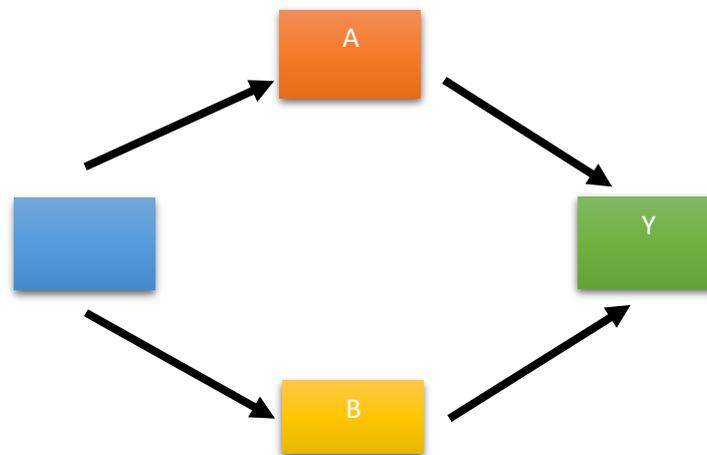
La investigación se llevará a cabo en cuatro etapas:

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; como por ejemplo el agua, la fuente de captación, el sistema de distribución, etc.

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 del drenaje pluvial en la zona.

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

2.2. Variables de la investigación

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 de vida de los pobladores de la Localidad de Yantalo.

2.3. Población y muestra

2.3.1 Universo.

Estará compuesto por todos los sistemas de abastecimiento de agua potable de la Provincia de Moyobamba, puesto que la investigación es plenamente aplicativa.

2.3.2 Población.

Está compuesto por la población futura del sector Satélite.

2.3.3 Muestra.

Está compuesto por la dotación diaria para los habitantes del sector Yantalo .

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 2018) con respecto al distrito de Yantalo, así mismo se recaudó información de la cantidad de población específicamente del sector satélite 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 de la obra.

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 elemento 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 Sector Satélite, 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 N° 02**, cantidad total de las viviendas que prevalecen en el sector Satélite, y la cantidad de habitantes por vivienda.

Tasa de crecimiento

El proyectista ha creído conveniente adoptar una tasa de crecimiento con características similares de la zona de estudio de una localidad denominada Jepelacio, estando esta

localidad ubicada dentro de la provincia de Moyobamba, cuya tasa de crecimiento es de 2.23%. JEPELACIO es una localidad a 14 Km de Moyobamba y YANTALO es una localidad a 10 Km de Moyobamba, ambos son distritos dentro de la Provincia de Moyobamba, ambos tienen un mismo clima que oscila entre 23°C a 28°C con un promedio anual de 25°C, tienen la misma altura sobre el nivel del mar y las actividades económicas son la ganadería, agricultura y comercio en pequeñas escalas las practican en ambas localidades y los hábitos de la población son similares al pertenecer a una misma provincia con idéntica geografía.

La tasa de crecimiento de la localidad de Jepelacio viene dado por los censos del año 1993 con 13,568 hab, y del año 2007 con 18,471 hab, lo que da una tasa de crecimiento de 2.23%.

Por lo que, para el presente estudio se optará trabajar con esta tasa, por ser la más representativa y la más adecuada para la localidad, ya que permitiría proyecciones de crecimiento de población y vivienda en aquellas posibles áreas disponibles de desarrollo urbano.

Distrito	Tasa de crecimiento (%)
Yantaló	2.23%

Proyección Poblacional del Área de Influencia del Proyecto

Años	Población (habitantes)
2,014 (Base)	2,000
2,016	2,090
2,021	2,334
2,024	2,494
2,031	2,910
2,034	3,109

De acuerdo al Censo realizado, en Marzo del 2,018 (año base), se obtiene una población actual de 2,000 hab., que sirve para encontrar el modelo matemático de población futura (20 años). Ahora, con el método geométrico, se proyecta una población del área de influencia del proyecto para el año 2,034 de 3,109 hab.

Vivienda y población

De las encuestas efectuadas por los Tesistas se obtuvo 387 viviendas que lograron encuestarse, 112 no se encontraban en su vivienda y 17 son de otros usos, alcanzando un total de 516 lotes censados. Por lo tanto, de los 635 predios o lotes que existen actualmente en Yantaló 516 están ocupados y 119 son no ocupados o factibles a construirse en el corto tiempo.

RESULTADOS DEL CENSO DE PREDIOS Y VIVIENDAS			
1	VIVIENDAS ENCUESTADAS	387	60.94%
2	NO SE ENCONTRO / NO QUIZO RESPONDER	112	17.64%
3	OTROS USOS	17	2.68%
4	DESHABITADA	0	0.00%
5	SIN CONSTRUIR	119	18.74%
		635	100.00%

ESTADO SITUACIONAL DE LOS PREDIOS Y VIVIENDAS			
6	Numero de viviendas encuestadas ó habitadas (1)	387	
7	Numero de predios ó viviendas ocupadas (1) + (2) + (3)	516	81.26%
8	Numero de predios Censados (1)+(2)+(3)+(4)+(5)	635	100.00%
9	Numero de predios no ocupados (8) - (7)	119	18.74%

Además, la localidad de Yantaló se encuentra distribuida en Barrios de la siguiente manera.

BARRIO MIRAMAYO		
Nº	Mz	LOTES
1	1	18
2	2	28
3	3	7
4	3A	2
5	4	14
6	5	10
7	6	12
8	7	3
9	8	4
10	9	12
11	10	1
		111

BARRIO CENTRAL		
Nº	Mz	LOTES
12	11	12
13	12	20
14	13	10
15	14	1
16	15	7
17	16	15
18	17	17
19	18	10
20	19	5
21	20	8
22	21	13
23	22	14
24	23	8
		140

BARRIO SANTA ROSA		
Nº	Mz	LOTES
25	24	14
26	25	18
27	26	15
28	27	9
29	27 A	3
30	28	13
31	29	9
32	30	19
33	31	21
34	32	25
35	33	13
36	34	7
		166

BARRIO NUEVO CELENDIN		
Nº	Mz	LOTES
37	35	33
38	36	6
39	37	6
40	38	10
		55

BARRIO YANAYACU		
Nº	Mz	LOTES
41	39	16
42	40	1
43	41	20
44	42	10
45	43	10
46	44	1
47	45	12
48	46	9
49	47	12
50	48	9
51	49	20
52	50	10
53	51	10
54	52	8
55	53	5
56	54	10
		163

El consolidado de lotes por barrios y el total que existe actualmente:

	Lotes
BARRIO MIRAMAYO	111
BARRIO CENTRAL	140
BARRIO SANTA ROSA	166
BARRIO NUEVO CELENDIN	55
BARRIO YANAYACU	163
	635

La población actual afectada alcanza los 2,000 habitantes, según las encuestas efectuadas por los Tesistas en julio del presente año. Siendo la densidad poblacional de 3.95 habitantes por vivienda, lo que significa que en la actualidad no ha llegado a saturarse las viviendas, por lo que se estima que ésta alcance a los 2,461 habitantes en la actualidad o en el año “cero”.

RESULTADOS DEL CENSO DE POBLACION		
11	Poblacion Encuestada	1,500
12	Poblacion Actual = (7) x (10)	2,000
13	Poblacion Factible = (9) x (10)	461
14	Poblacion Total estimada al 2014 = (12) + (13)	2,461

Pero, en la localidad existen lotes sin construir por lo que la población de Yantaló podría crecer a futuro estimándose una población en el año 2034 que llegue hasta los 3,109 habitantes.

Asimismo, del censo y encuestas efectuadas, se ha obtenido la cantidad de viviendas por tipo de uso.

RESULTADOS DEL CENSO POR TIPO DE USO DEL SERVICIO DE SANEAMIENTO BASICO		
DOMESTICO	499	96.71%
COMERCIAL	2	0.39%
ESTATAL	6	1.16%
SOCIAL	9	1.74%
INDUSTRIAL	0	0.00%
	516	100.00%

Crecimiento poblacional:

Para determinar la tasa de crecimiento anual se ha utilizado una localidad con características similares de la zona de estudio como es **Jepelacio**, estando esta población ubicada dentro de la provincia de Moyobamba, cuya tasa de crecimiento poblacional es de **2.23%**, información extraída del perfil viable.

Por lo tanto, para el presente estudio se optará por trabajar con esta tasa, por ser la más representativa y la más adecuada para la Localidad ya que permitiría proyecciones de crecimiento de población y vivienda en aquellas posibles áreas disponibles de desarrollo urbano.

La expresión matemática del método geométrico aplicada es la siguiente:

$$Pf = Po(1 + r)^n$$

Donde:

P_f = Población Futura

P_o = Población Actual

r = tasa de crecimiento poblacional

n = años

Para calcular el incremento del número de viviendas durante el horizonte del proyecto (0-20 años), se utiliza dicha fórmula, al igual que para la proyección de la población.

De la fórmula descrita anteriormente, se obtuvo la proyección de los demandantes tanto como habitantes y viviendas; a continuación se muestra en el cuadro:

Cuadro 1

Proyección de la población total de Yantaló.

AÑO		POBLACION
(1)		(2)
0	2014	2,000
1	2015	2,045
2	2016	2,090
3	2017	2,137
4	2018	2,184
5	2019	2,233
6	2020	2,283
7	2021	2,334
8	2022	2,386
9	2023	2,439
10	2024	2,494
11	2025	2,549
12	2026	2,606
13	2027	2,664
14	2028	2,723
15	2029	2,784
16	2030	2,846
17	2031	2,910
18	2032	2,975
19	2033	3,041
20	2034	3,109

Fuente: INEI – Empadronamiento de Campo

INGRESO DE DATOS:

En el siguiente cuadro, se muestra los datos necesarios que se utilizan para elaborar el expediente técnico.

Cobertura del Sistema de Agua Potable, Desagüe y Alcantarillado.

AÑO	COBERTURA AGUA (%)				COBERTURA DESAGUE (%)	
	CONEXIONES			PILETAS	CONEXIONES	LETRINAS
	CANT.	INCREMENTO	PERDIDAS (8)		CANT.	
0*	53.5%	0.0%	26.0%	0.0%	43.4%	0.0%
1	79.2%	25.68%	26.0%	0.0%	43.4%	0.0%
2	80.3%	1.10%	25.7%	0.0%	46.4%	0.0%
3	81.4%	1.10%	25.4%	0.0%	49.4%	0.0%
4	82.5%	1.10%	25.1%	0.0%	52.3%	0.0%
5	83.6%	1.10%	24.7%	0.0%	55.3%	0.0%
6	84.6%	1.10%	24.4%	0.0%	58.3%	0.0%
7	85.7%	1.10%	24.1%	0.0%	61.3%	0.0%
8	86.8%	1.10%	23.8%	0.0%	64.3%	0.0%
9	87.9%	1.10%	23.5%	0.0%	67.2%	0.0%
10	89.0%	1.10%	23.2%	0.0%	70.2%	0.0%
11	90.1%	1.10%	22.8%	0.0%	73.2%	0.0%
12	91.2%	1.10%	22.5%	0.0%	76.2%	0.0%
13	92.3%	1.10%	22.2%	0.0%	79.2%	0.0%
14	93.4%	1.10%	21.9%	0.0%	82.1%	0.0%
15	94.5%	1.10%	21.6%	0.0%	85.1%	0.0%
16	95.6%	1.10%	21.3%	0.0%	88.1%	0.0%
17	96.7%	1.10%	20.9%	0.0%	91.1%	0.0%
18	97.8%	1.10%	20.6%	0.0%	94.0%	0.0%
19	98.9%	1.10%	20.3%	0.0%	97.0%	0.0%
20	100.0%	1.10%	20.0%	0.0%	100.0%	0.0%

Proyecciones de la demanda de agua potable

La demanda total de agua está conformada por la demanda doméstica. Por otro lado, las variaciones de consumo se plantean de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del 08.JUN.2006, donde se asume como coeficiente de variación de consumo los siguientes: 1.3 (Demanda máxima diaria) y 2 (Demanda máxima horaria). Asimismo, se ha determinado según el RNE, para poblaciones urbanas el volumen de almacenamiento.

PROYECCION DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE

NUMERO DE CONEXIONES POR UNIDADES DE USO AL AÑO 20

AÑO	POBLACION	COBERTURA (%)			POBLACION SERVIDA (hab)				UNIDADES SERVIDAS			NUMERO DE CONEXIONES																			
		CONEXIONES	PILETAS	OTROS MEDIOS (*)	POR CONEXIONES	PILETAS	TOTAL	%	POR CONEXIONES	POR PILETAS	TOTAL	DOMESTICAS			COMERCIAL			INDUSTRIAL			ESTATAL			SOCIAL			Total				
												c/med	s/med	Total	c/med	s/med	Total	c/med	s/med	Total	c/med	s/med	Total	c/med	s/med	Total	c/med	s/med	Total		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(9a)	(9b)	(9c)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)		
0	2014	2,000	53.5%	0.0%	46.5%	1,070	0	1,070	53.50%	276	0	276	0	276	276	0	1	1	0	0	0	0	0	3	0	0	5	0	0	285	285
1	2015	2,045	79.2%	0.0%	20.8%	1,619	0	1,619	79.20%	418	0	418	0	404	404	0	2	2	0	0	0	0	0	5	5	0	7	7	0	418	418
2	2016	2,090	80.3%	0.0%	19.7%	1,677	0	1,677	80.20%	433	0	433	0	419	419	0	2	2	0	0	0	0	0	5	5	0	8	8	0	433	433
3	2017	2,137	81.4%	0.0%	18.6%	1,739	0	1,739	81.40%	449	0	449	0	434	434	0	2	2	0	0	0	0	0	5	5	0	8	8	0	449	449
4	2018	2,184	82.5%	0.0%	17.5%	1,801	0	1,801	82.50%	465	0	465	0	450	450	0	2	2	0	0	0	0	0	5	5	0	8	8	0	465	465
5	2019	2,233	83.6%	0.0%	16.4%	1,866	0	1,866	83.60%	481	0	481	0	465	465	0	2	2	0	0	0	0	0	6	6	0	8	8	0	481	481
6	2020	2,283	84.6%	0.0%	15.4%	1,933	0	1,933	84.70%	499	0	499	0	483	483	0	2	2	0	0	0	0	0	6	6	0	9	9	0	499	499
7	2021	2,334	85.7%	0.0%	14.3%	2,001	0	2,001	85.70%	516	0	516	0	499	499	0	2	2	0	0	0	0	0	6	6	0	9	9	0	516	516
8	2022	2,386	86.8%	0.0%	13.2%	2,072	0	2,072	86.80%	535	0	535	0	517	517	0	2	2	0	0	0	0	0	6	6	0	9	9	0	535	535
9	2023	2,439	87.9%	0.0%	12.1%	2,145	0	2,145	87.90%	553	0	553	0	535	535	0	2	2	0	0	0	0	0	6	6	0	10	10	0	553	553
10	2024	2,494	89.0%	0.0%	11.0%	2,221	0	2,221	89.10%	573	0	573	0	554	554	0	2	2	0	0	0	0	0	7	7	0	10	10	0	573	573
11	2025	2,549	90.1%	0.0%	9.9%	2,297	0	2,297	90.10%	593	0	593	0	573	573	0	2	2	0	0	0	0	0	7	7	0	10	10	0	593	593
12	2026	2,606	91.2%	0.0%	8.8%	2,377	0	2,377	91.20%	613	0	613	0	593	593	0	2	2	0	0	0	0	0	7	7	0	11	11	0	613	613
13	2027	2,664	92.3%	0.0%	7.7%	2,460	0	2,460	92.30%	635	0	635	0	614	614	0	2	2	0	0	0	0	0	7	7	0	11	11	0	635	635
14	2028	2,723	93.4%	0.0%	6.6%	2,544	0	2,544	93.40%	656	0	656	0	634	634	0	3	3	0	0	0	0	0	8	8	0	11	11	0	656	656
15	2029	2,784	94.5%	0.0%	5.5%	2,631	0	2,631	94.50%	679	0	679	0	657	657	0	3	3	0	0	0	0	0	8	8	0	12	12	0	679	679
16	2030	2,846	95.6%	0.0%	4.4%	2,721	0	2,721	95.60%	702	0	702	0	679	679	0	3	3	0	0	0	0	0	8	8	0	12	12	0	702	702
17	2031	2,910	96.7%	0.0%	3.3%	2,814	0	2,814	96.70%	726	0	726	0	702	702	0	3	3	0	0	0	0	0	8	8	0	13	13	0	726	726
18	2032	2,975	97.8%	0.0%	2.2%	2,910	0	2,910	97.80%	751	0	751	0	726	726	0	3	3	0	0	0	0	0	9	9	0	13	13	0	751	751
19	2033	3,041	98.9%	0.0%	1.1%	3,008	0	3,008	98.90%	776	0	776	0	750	750	0	3	3	0	0	0	0	0	9	9	0	14	14	0	776	776
20	2034	3,109	100.0%	0.0%	0.0%	3,109	0	3,109	100.00%	802	0	802	0	776	776	0	3	3	0	0	0	0	0	9	9	0	14	14	0	802	802

(*) OTROS MEDIOS se refiere a abastecimiento por camiones cisterna, por acarreo o por cualquier medio en el que no se extraiga agua potable del sistema

(2) =proyección de la población

Las columnas (3) y (4) corresponden a valores proyectados por la UF.

(6) = (2) x (3)

(7) = (2) x (4)

(8) = (6) + (7)

(9) = (8)/(2)

(9 a) y (9 c) = (6) / Densidad por lote

(10) = (9a) x % de Conformación Catastral de Conexiones Domesticas de EPS EMAPA

(13) = (9a) x % de Conformación Catastral de Conexiones Comerciales de EPS EMAPA

(16) = (9a) x % de Conformación Catastral de Conexiones Industriales de EPS EMAPACOPSA

(19) = (9a) x % de Conformación Catastral de Conexiones Estatales de EPS EMAPACOPSA

(22) = (9a) x % de Conformación Catastral de Conexiones Sociales de EPS EMAPACOPSA

(12) = (10)+(11)

(15) = (13)+(14)

(18) = (16)+(17)

(21) = (19)+(20)

(24) = (22)+(23)

(25) = (10) + (13) + (16) + (19) + (22)

(26) = (11) + (14) + (17) + (20) + (23)

(27) = (25) + (26)

(31) = De acuerdo a la actual política de la EPS no se instalan piletas en la zona

PROYECCION DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE

DETERMINACION DE CAUDALES DE YANTALO AL AÑO 20

AÑO (1)	POBLACION (2)	PORCENTAJE DE MICROMEDIDORES (28)	N° PILETAS			CONSUMO DE AGUA PROMEDIO lts/seg							PERDIDAS % (39)	DEMANDA DE PRODUCCION (Qp)		Qmd lt/seg (42)	Qmh lt/seg (43)
			c/med (29)	s/med (30)	Total (31)	DOMESTICAS (32)	COMERCIAL (33)	INDUSTRIAL (34)	ESTATAL (35)	SOCIAL (36)	Piletas (37)	Total (38)		lt/seg (40)	m3/dia (41)		
0	2014	2,000	0	0	0	1.20	0.02	0.00	0.06	0.08	0.00	1.36	26.0%	1.84	159	2.39	3.68
1	2015	2,045	79.2%	0	0	1.76	0.03	0.00	0.09	0.12	0.00	2.00	26.0%	2.70	234	3.51	5.41
2	2016	2,090	80.3%	0	0	1.82	0.03	0.00	0.09	0.12	0.00	2.06	25.7%	2.77	240	3.60	5.54
3	2017	2,137	81.4%	0	0	1.89	0.03	0.00	0.10	0.13	0.00	2.15	25.4%	2.88	249	3.75	5.76
4	2018	2,184	82.5%	0	0	1.96	0.03	0.00	0.10	0.13	0.00	2.22	25.1%	2.96	256	3.85	5.92
5	2019	2,233	83.6%	0	0	2.02	0.03	0.00	0.10	0.14	0.00	2.29	24.7%	3.04	263	3.96	6.09
6	2020	2,283	84.6%	0	0	2.10	0.03	0.00	0.11	0.14	0.00	2.38	24.4%	3.15	272	4.09	6.30
7	2021	2,334	85.7%	0	0	2.17	0.03	0.00	0.11	0.15	0.00	2.46	24.1%	3.24	280	4.21	6.48
8	2022	2,386	86.8%	0	0	2.25	0.04	0.00	0.12	0.15	0.00	2.56	23.8%	3.36	290	4.37	6.72
9	2023	2,439	87.9%	0	0	2.33	0.04	0.00	0.12	0.16	0.00	2.65	23.5%	3.46	299	4.50	6.93
10	2024	2,494	89.0%	0	0	2.41	0.04	0.00	0.12	0.16	0.00	2.73	23.2%	3.55	307	4.62	7.11
11	2025	2,549	90.1%	0	0	2.49	0.04	0.00	0.13	0.17	0.00	2.83	22.8%	3.67	317	4.77	7.34
12	2026	2,606	91.2%	0	0	2.58	0.04	0.00	0.13	0.17	0.00	2.92	22.5%	3.77	326	4.90	7.54
13	2027	2,664	92.3%	0	0	2.67	0.04	0.00	0.14	0.18	0.00	3.03	22.2%	3.90	337	5.06	7.79
14	2028	2,723	93.4%	0	0	2.76	0.04	0.00	0.14	0.19	0.00	3.13	21.9%	4.01	346	5.21	8.01
15	2029	2,784	94.5%	0	0	2.86	0.05	0.00	0.15	0.19	0.00	3.25	21.6%	4.14	358	5.39	8.29
16	2030	2,846	95.6%	0	0	2.95	0.05	0.00	0.15	0.20	0.00	3.35	21.3%	4.25	368	5.53	8.51
17	2031	2,910	96.7%	0	0	3.05	0.05	0.00	0.16	0.21	0.00	3.47	20.9%	4.39	379	5.71	8.78
18	2032	2,975	97.8%	0	0	3.16	0.05	0.00	0.16	0.21	0.00	3.58	20.6%	4.51	390	5.86	9.02
19	2033	3,041	98.9%	0	0	3.26	0.05	0.00	0.17	0.22	0.00	3.70	20.3%	4.64	401	6.04	9.29
20	2034	3,109	100.0%	0	0	3.37	0.05	0.00	0.17	0.23	0.00	3.82	20.0%	4.78	413	6.21	9.55

(32) = (Numero de Conexs Domesticas c/Med x Consumo Asignado + Numero de Conexs Domesticas s/Med x Consumo Asignado) x 1000lts / 30dias / 86400 seg

(33) = (Numero de Conexs Comerciale c/Med x Consumo Asignado + Numero de Conexs Comerciales s/Med x Consumo Asignado) x 1000lts / 30dias / 86400 seg

(34) = (Numero de Conexs Industriales c/Med x Consumo Asignado + Numero de Conexs Industriales s/Med x Consumo Asignado) x 1000lts / 30dias / 86400 seg

(35) = (Numero de Conexs Estatal c/Med x Consumo Asignado + Numero de Conexs Estatal s/Med x Consumo Asignado) x 1000lts / 30dias / 86400 seg

(36) = (Numero de Conexs Social c/Med x Consumo Asignado + Numero de Conexs Social s/Med x Consumo Asignado) x 1000lts / 30dias / 86400 seg

(38) = (32)+(33)+(34)+(35)+(36)+(37)

(40) = (38) / (1-%pérdidas)

(41) = (40) x 86.4

ana ni peri-urbana.

Zonas de abastecimiento

Debido a la disponibilidad de las fuentes de agua, su rendimiento y la ubicación altimétrica en que se ubican, se ha establecido 03 Zonas de abastecimiento de agua, las cuales, han sido delimitadas de acuerdo a una cantidad de lotes beneficiados que demandan un volumen de agua menor a la fuente de agua que los va abastecer. La distribución de lotes por cada sector se presenta a continuación:

AREAS DE DRENAJE	CANTIDAD LOTES
ZONA ALTA	230
ZONA MEDIA	242
ZONA BAJA	163
	635

ZONA ALTA		
BARRIO MIRAMAYO		
N°	Mz	LOTES
	1	18
	2	28
	3	7
	3A	2
	4	14
	5	10
	6	12
	7	3
	8	4
	9	12
	10	1
BARRIO CENTRAL		
N°	Mz	LOTES
	11	12
	12	20
	13	10
	14	1
	15	7
	16	15
	17	17
	18	9
	19	2
	20	3
	21	4
	22	11
	23	8
TOTAL LOTES =		230

ZONA MEDIA		
BARRIO SANTA ROSA		
N°	Mz	LOTES
	24	14
	25	18
	26	15
	27	9
	27 A	3
	28	13
	29	9
	30	19
	31	21
	32	25
	33	13
	34	7
BARRIO NUEVO CELENDIN		
N°	Mz	LOTES
	35	33
	36	6
	37	6
	38	10
BARRIO CENTRAL		
N°	Mz	LOTES
	19	1
	20	3
	21	5
	22	9
	23	3
TOTAL LOTES =		242

ZONA BAJA		
BARRIO YANAYACU		
N°	Mz	LOTES
	39	18
	40	1
	41	20
	42	10
	43	10
	44	1
	45	12
	46	9
	47	12
	48	9
	49	20
	50	10
	51	10
	52	8
	53	5
	54	10
TOTAL LOTES =		163

En el siguiente cuadro se muestra las proyecciones de la población para cada zona de abastecimiento comprendida en la zona de estudio.

PROYECCION DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE																															
ZONA ALTA DE ABASTECIMIENTO																															
NUMERO DE CONEXIONES POR UNIDADES DE USO AL AÑO 20																															
AÑO	POBLACION	COBERTURA (%)			POBLACION SERVIDA (hab)				UNIDADES SERVIDAS			NUMERO DE CONEXIONES																			
		CONEXIONES	PILETAS	OTROS MEDIOS (*)	POR CONEXIONES	PILETAS	TOTAL	%	POR CONEXIONES	POR PILETAS	TOTAL	DOMESTICAS			COMERCIAL			INDUSTRIAL			ESTATAL			SOCIAL			Total				
												c/med	s/med	Total	c/med	s/med	Total	c/med	s/med	Total	c/med	s/med	Total	c/med	s/med	Total	c/med	s/med	Total		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(9a)	(9b)	(9c)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)		
0	2014	724	53.5%	0.0%	46.5%	387	0	387	53.50%	100	0	100	0	97	97	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	100	100
1	2015	740	79.2%	0.0%	20.8%	586	0	586	79.20%	151	0	151	0	146	146	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	151	151	
2	2016	757	80.3%	0.0%	19.7%	608	0	608	80.30%	157	0	157	0	152	152	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	157	157	
3	2017	774	81.4%	0.0%	18.6%	630	0	630	81.40%	163	0	163	0	158	158	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	163	163	
4	2018	791	82.5%	0.0%	17.5%	652	0	652	82.40%	168	0	168	0	162	162	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	168	168	
5	2019	808	83.6%	0.0%	16.4%	675	0	675	83.50%	174	0	174	0	168	168	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	174	174	
6	2020	826	84.6%	0.0%	15.4%	699	0	699	84.60%	180	0	180	0	174	174	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	180	180	
7	2021	845	85.7%	0.0%	14.3%	725	0	725	85.80%	187	0	187	0	181	181	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	187	187	
8	2022	864	86.8%	0.0%	13.2%	750	0	750	86.80%	194	0	194	0	188	188	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	194	194	
9	2023	883	87.9%	0.0%	12.1%	776	0	776	87.90%	200	0	200	0	193	193	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	200	200	
10	2024	903	89.0%	0.0%	11.0%	804	0	804	89.00%	207	0	207	0	200	200	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	4	4	0	207	207	
11	2025	923	90.1%	0.0%	9.9%	832	0	832	90.10%	215	0	215	0	208	208	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	4	4	0	215	215	
12	2026	943	91.2%	0.0%	8.8%	860	0	860	91.20%	222	0	222	0	215	215	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	4	4	0	222	222	
13	2027	964	92.3%	0.0%	7.7%	890	0	890	92.30%	230	0	230	0	222	222	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	4	4	0	230	230	
14	2028	986	93.4%	0.0%	6.6%	921	0	921	93.40%	238	0	238	0	230	230	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	4	4	0	238	238	
15	2029	1,008	94.5%	0.0%	5.5%	953	0	953	94.50%	246	0	246	0	238	238	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	4	4	0	246	246	
16	2030	1,030	95.6%	0.0%	4.4%	985	0	985	95.60%	254	0	254	0	246	246	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	4	4	0	254	254	
17	2031	1,053	96.7%	0.0%	3.3%	1,018	0	1,018	96.70%	263	0	263	0	254	254	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	5	5	0	263	263	
18	2032	1,077	97.8%	0.0%	2.2%	1,053	0	1,053	97.80%	272	0	272	0	263	263	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	5	5	0	272	272	
19	2033	1,101	98.9%	0.0%	1.1%	1,089	0	1,089	98.90%	281	0	281	0	272	272	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	5	5	0	281	281	
20	2034	1,125	100.0%	0.0%	0.0%	1,125	0	1,125	100.00%	290	0	290	0	280	280	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	5	5	0	290	290	

PROYECCION DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE
ZONA ALTA DE ABASTECIMIENTO
DETERMINACION DE CAUDALES DE YANTALO AL AÑO 20

AÑO (1)	POBLACION (2)	PORCENTAJE DE MICROMEDIDORES (28)	N° PILETAS			CONSUMO DE AGUA PROMEDIO lts/seg								PERDIDAS % (39)	DEMANDA DE PRODUCCION (Qp)		Qmd lts/seg (42)	Qmh lts/seg (43)
			c/med (29)	s/med (30)	Total (31)	DOMESTICAS (32)	COMERCIAL (33)	INDUSTRIAL (34)	ESTATAL (35)	SOCIAL (36)	Piletas (37)	Total (38)	lt/seg (40)		m3/dia (41)			
			0	2014	724	0	0	0	0.42	0.01	0.00	0.02	0.03		0.00	0.48		
1	2015	740	79.2%	0	0	0	0.64	0.01	0.00	0.03	0.04	0.00	0.72	26.0%	0.97	84	1.26	1.95
2	2016	757	80.3%	0	0	0	0.66	0.01	0.00	0.03	0.04	0.00	0.74	25.7%	1.00	86	1.29	1.99
3	2017	774	81.4%	0	0	0	0.69	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.79	25.4%	1.06	91	1.38	2.12
4	2018	791	82.5%	0	0	0	0.71	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.81	25.1%	1.08	93	1.40	2.16
5	2019	808	83.6%	0	0	0	0.73	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.83	24.7%	1.10	95	1.43	2.21
6	2020	826	84.6%	0	0	0	0.76	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.86	24.4%	1.14	98	1.48	2.28
7	2021	845	85.7%	0	0	0	0.79	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.89	24.1%	1.17	101	1.52	2.35
8	2022	864	86.8%	0	0	0	0.82	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.92	23.8%	1.21	104	1.57	2.41
9	2023	883	87.9%	0	0	0	0.84	0.01	0.00	0.04	0.06	0.00	0.95	23.5%	1.24	107	1.61	2.48
10	2024	903	89.0%	0	0	0	0.87	0.01	0.00	0.04	0.06	0.00	0.98	23.2%	1.28	110	1.66	2.55
11	2025	923	90.1%	0	0	0	0.90	0.01	0.00	0.05	0.06	0.00	1.02	22.8%	1.32	114	1.72	2.64
12	2026	943	91.2%	0	0	0	0.93	0.01	0.00	0.05	0.06	0.00	1.05	22.5%	1.36	117	1.76	2.71
13	2027	964	92.3%	0	0	0	0.97	0.02	0.00	0.05	0.07	0.00	1.11	22.2%	1.43	123	1.86	2.85
14	2028	986	93.4%	0	0	0	1.00	0.02	0.00	0.05	0.07	0.00	1.14	21.9%	1.46	126	1.90	2.92
15	2029	1,008	94.5%	0	0	0	1.03	0.02	0.00	0.05	0.07	0.00	1.17	21.6%	1.49	129	1.94	2.98
16	2030	1,030	95.6%	0	0	0	1.07	0.02	0.00	0.05	0.07	0.00	1.21	21.3%	1.54	133	2.00	3.07
17	2031	1,053	96.7%	0	0	0	1.11	0.02	0.00	0.06	0.07	0.00	1.26	20.9%	1.59	138	2.07	3.19
18	2032	1,077	97.8%	0	0	0	1.14	0.02	0.00	0.06	0.08	0.00	1.30	20.6%	1.64	142	2.13	3.28
19	2033	1,101	98.9%	0	0	0	1.18	0.02	0.00	0.06	0.08	0.00	1.34	20.3%	1.68	145	2.19	3.36
20	2034	1,125	100.0%	0	0	0	1.22	0.02	0.00	0.06	0.08	0.00	1.38	20.0%	1.73	149	2.24	3.45

PROYECCION DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE

ZONA MEDIA DE ABASTECIMIENTO

NUMERO DE CONEXIONES POR UNIDADES DE USO AL AÑO 20

AÑO (1)	POBLACION (2)	COBERTURA (%)			POBLACION SERVIDA (hab)				UNIDADES SERVIDAS			NUMERO DE CONEXIONES																		
		CONEXIONES (3)	PILETAS (4)	OTROS MEDIOS (*) (5)	POR CONEXIONES (6)	PILETAS (7)	TOTAL (8)	% (9)	POR CONEXIONES (9a)	POR PILETAS (9b)	TOTAL (9c)	DOMESTICAS			COMERCIAL			INDUSTRIAL			ESTATAL			SOCIAL			Total			
												c/med (10)	s/med (11)	Total (12)	c/med (13)	s/med (14)	Total (15)	c/med (16)	s/med (17)	Total (18)	c/med (19)	s/med (20)	Total (21)	c/med (22)	s/med (23)	Total (24)	c/med (25)	s/med (26)	Total (27)	
0	2014	756	53.5%	0.0%	46.5%	404	0	404	53.40%	181	0	181	0	175	175	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	181	181
1	2015	773	79.2%	0.0%	20.8%	612	0	612	79.20%	158	0	158	0	153	153	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	158	158
2	2016	790	80.3%	0.0%	19.7%	634	0	634	80.30%	164	0	164	0	159	159	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	164	164
3	2017	808	81.4%	0.0%	18.6%	657	0	657	81.30%	170	0	170	0	164	164	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	170	170
4	2018	826	82.5%	0.0%	17.5%	681	0	681	82.40%	176	0	176	0	170	170	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	176	176
5	2019	844	83.6%	0.0%	16.4%	705	0	705	83.50%	182	0	182	0	176	176	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	182	182
6	2020	863	84.6%	0.0%	15.4%	731	0	731	84.70%	189	0	189	0	183	183	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	189	189
7	2021	882	85.7%	0.0%	14.3%	756	0	756	85.70%	195	0	195	0	189	189	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	195	195
8	2022	902	86.8%	0.0%	13.2%	783	0	783	86.80%	202	0	202	0	195	195	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	4	4	0	202	202
9	2023	922	87.9%	0.0%	12.1%	811	0	811	88.00%	209	0	209	0	202	202	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	4	4	0	209	209
10	2024	943	89.0%	0.0%	11.0%	840	0	840	89.10%	217	0	217	0	210	210	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	4	4	0	217	217
11	2025	964	90.1%	0.0%	9.9%	869	0	869	90.10%	224	0	224	0	217	217	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	4	4	0	224	224
12	2026	985	91.2%	0.0%	8.8%	899	0	899	91.30%	232	0	232	0	224	224	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	4	4	0	232	232
13	2027	1,007	92.3%	0.0%	7.7%	930	0	930	92.40%	240	0	240	0	232	232	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	4	4	0	240	240
14	2028	1,029	93.4%	0.0%	6.6%	961	0	961	93.40%	248	0	248	0	240	240	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	4	4	0	248	248
15	2029	1,052	94.5%	0.0%	5.5%	994	0	994	94.50%	256	0	256	0	248	248	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	4	4	0	256	256
16	2030	1,076	95.6%	0.0%	4.4%	1,029	0	1,029	95.60%	265	0	265	0	256	256	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	5	5	0	265	265
17	2031	1,100	96.7%	0.0%	3.3%	1,064	0	1,064	96.70%	275	0	275	0	266	266	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	5	5	0	275	275
18	2032	1,124	97.8%	0.0%	2.2%	1,099	0	1,099	97.80%	284	0	284	0	275	275	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	5	5	0	284	284
19	2033	1,150	98.9%	0.0%	1.1%	1,137	0	1,137	98.90%	293	0	293	0	283	283	0	1	1	0	0	0	0	3	3	0	5	5	0	293	293
20	2034	1,175	100.0%	0.0%	0.0%	1,175	0	1,175	100.00%	303	0	303	0	293	293	0	1	1	0	0	0	0	4	4	0	5	5	0	303	303

PROYECCION DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE
ZONA MEDIA DE ABASTECIMIENTO
DETERMINACION DE CAUDALES DE YANTALO AL AÑO 20

AÑO	POBLACION	PORCENTAJE DE MICROMEDIDORES	N° PILETAS			CONSUMO DE AGUA PROMEDIO lts /seg								PERDIDAS %	DEMANDA DE PRODUCCION (Qp)			Qmd lts/seg	Qrn lts/seg
			c/med	s/med	Total	DOMESTICAS	COMERCIAL	INDUSTRIAL	ESTATAL	SOCIAL	Piletas	Total	lts/seg		m3/dia	lts/seg			
(1)	(2)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)	(38)	(39)	(40)	(41)	(42)	(43)		
0	2014	756	0	0	0	0.76	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.86	26.0%	1.16	100	1.51	2.32		
1	2015	773	79.2%	0	0	0	0.66	0.01	0.00	0.03	0.04	0.00	0.74	26.0%	1.00	86	1.30	2.00	
2	2016	790	80.3%	0	0	0	0.69	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.79	25.7%	1.06	92	1.38	2.13	
3	2017	808	81.4%	0	0	0	0.72	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.82	25.4%	1.10	95	1.43	2.20	
4	2018	826	82.5%	0	0	0	0.74	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.84	25.1%	1.12	97	1.46	2.24	
5	2019	844	83.6%	0	0	0	0.77	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.87	24.7%	1.16	100	1.50	2.31	
6	2020	863	84.6%	0	0	0	0.80	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.90	24.4%	1.19	103	1.55	2.38	
7	2021	882	85.7%	0	0	0	0.82	0.01	0.00	0.04	0.06	0.00	0.93	24.1%	1.23	106	1.59	2.45	
8	2022	902	86.8%	0	0	0	0.85	0.01	0.00	0.04	0.06	0.00	0.96	23.8%	1.26	109	1.64	2.52	
9	2023	922	87.9%	0	0	0	0.88	0.01	0.00	0.05	0.06	0.00	1.00	23.5%	1.31	113	1.70	2.61	
10	2024	943	89.0%	0	0	0	0.91	0.01	0.00	0.05	0.06	0.00	1.03	23.2%	1.34	116	1.74	2.68	
11	2025	964	90.1%	0	0	0	0.94	0.02	0.00	0.05	0.06	0.00	1.07	22.8%	1.39	120	1.80	2.77	
12	2026	985	91.2%	0	0	0	0.98	0.02	0.00	0.05	0.07	0.00	1.12	22.5%	1.45	125	1.88	2.89	
13	2027	1,007	92.3%	0	0	0	1.01	0.02	0.00	0.05	0.07	0.00	1.15	22.2%	1.48	128	1.92	2.96	
14	2028	1,029	93.4%	0	0	0	1.04	0.02	0.00	0.05	0.07	0.00	1.18	21.9%	1.51	131	1.96	3.02	
15	2029	1,052	94.5%	0	0	0	1.08	0.02	0.00	0.06	0.07	0.00	1.23	21.6%	1.57	136	2.04	3.14	
16	2030	1,076	95.6%	0	0	0	1.11	0.02	0.00	0.06	0.07	0.00	1.26	21.3%	1.60	138	2.08	3.20	
17	2031	1,100	96.7%	0	0	0	1.16	0.02	0.00	0.06	0.08	0.00	1.32	20.9%	1.67	144	2.17	3.34	
18	2032	1,124	97.8%	0	0	0	1.19	0.02	0.00	0.06	0.08	0.00	1.35	20.6%	1.70	147	2.21	3.40	
19	2033	1,150	98.9%	0	0	0	1.23	0.02	0.00	0.06	0.08	0.00	1.39	20.3%	1.74	151	2.27	3.49	
20	2034	1,175	100.0%	0	0	0	1.27	0.02	0.00	0.08	0.09	0.00	1.46	20.0%	1.83	158	2.37	3.65	

PROYECCION DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE

ZONA BAJA DE ABASTECIMIENTO

NUMERO DE CONEXIONES POR UNIDADES DE USO AL AÑO 20

AÑO (1)	POBLACION (2)	COBERTURA (%)			POBLACION SERVIDA (hab)				UNIDADES SERVIDAS			NUMERO DE CONEXIONES																			
		CONEXIONES (3)	PILETAS (4)	OTROS MEDIOS (*) (5)	POR CONEXIONES (6)	PILETAS (7)	TOTAL (8)	% (9)	POR CONEXIONES (9a)	POR PILETAS (9b)	TOTAL (9c)	DOMESTICAS			COMERCIAL			INDUSTRIAL			ESTATAL			SOCIAL			Total				
												c/med (10)	s/med (11)	Total (12)	c/med (13)	s/med (14)	Total (15)	c/med (16)	s/med (17)	Total (18)	c/med (19)	s/med (20)	Total (21)	c/med (22)	s/med (23)	Total (24)	c/med (25)	s/med (26)	Total (27)		
0	2014	520	53.5%	0.0%	46.5%	278	0	278	53.50%	72	0	72	0	70	70	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	72	72
1	2015	532	79.2%	0.0%	20.8%	421	0	421	79.10%	109	0	109	0	105	105	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0	109	109	
2	2016	543	80.3%	0.0%	19.7%	436	0	436	80.30%	112	0	112	0	108	108	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0	112	112	
3	2017	556	81.4%	0.0%	18.6%	452	0	452	81.30%	117	0	117	0	113	113	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0	117	117	
4	2018	568	82.5%	0.0%	17.5%	468	0	468	82.40%	121	0	121	0	117	117	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0	121	121	
5	2019	581	83.6%	0.0%	16.4%	485	0	485	83.50%	125	0	125	0	121	121	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0	125	125	
6	2020	594	84.6%	0.0%	15.4%	503	0	503	84.70%	130	0	130	0	126	126	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	2	2	0	130	130	
7	2021	607	85.7%	0.0%	14.3%	520	0	520	85.70%	134	0	134	0	130	130	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	2	2	0	134	134	
8	2022	620	86.8%	0.0%	13.2%	538	0	538	86.80%	139	0	139	0	134	134	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	2	2	0	139	139	
9	2023	634	87.9%	0.0%	12.1%	558	0	558	88.00%	144	0	144	0	139	139	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	144	144	
10	2024	648	89.0%	0.0%	11.0%	577	0	577	89.00%	149	0	149	0	144	144	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	149	149	
11	2025	663	90.1%	0.0%	9.9%	598	0	598	90.20%	154	0	154	0	149	149	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	154	154	
12	2026	678	91.2%	0.0%	8.8%	619	0	619	91.30%	160	0	160	0	155	155	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	160	160	
13	2027	693	92.3%	0.0%	7.7%	640	0	640	92.40%	165	0	165	0	160	160	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	165	165	
14	2028	708	93.4%	0.0%	6.6%	661	0	661	93.40%	171	0	171	0	165	165	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	171	171	
15	2029	724	94.5%	0.0%	5.5%	684	0	684	94.50%	176	0	176	0	170	170	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	176	176	
16	2030	740	95.6%	0.0%	4.4%	708	0	708	95.70%	183	0	183	0	177	177	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	183	183	
17	2031	757	96.7%	0.0%	3.3%	732	0	732	96.70%	189	0	189	0	183	183	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	189	189	
18	2032	773	97.8%	0.0%	2.2%	756	0	756	97.80%	195	0	195	0	189	189	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	3	3	0	195	195	
19	2033	791	98.9%	0.0%	1.1%	782	0	782	98.90%	202	0	202	0	195	195	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	4	4	0	202	202	
20	2034	808	100.0%	0.0%	0.0%	808	0	808	100.00%	208	0	208	0	201	201	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	4	4	0	208	208	

PROYECCION DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE
ZONA BAJA DE ABASTECIMIENTO
DETERMINACION DE CAUDALES DE YANTALO AL AÑO 20

AÑO	POBLACION	PORCENTAJE DE MICROMEDIDORES	N° PILETAS			CONSUMO DE AGUA PROMEDIO lts /seg							PERDIDAS	DEMANDA DE PRODUCCION (Qp)		Qmd	Qmh	
			c/med	s/med	Total	DOMESTICAS	COMERCIAL	INDUSTRIAL	ESTATAL	SOCIAL	Piletas	Total		%	lt/seg			m3/día
(1)	(2)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)	(38)	(39)	(40)	(41)	(42)	(43)	
0	2014	520	0	0	0	0.30	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.34	25.1%	0.45	39	0.59	0.91	
1	2015	532	79.2%	0	0	0	0.46	0.01	0.00	0.02	0.03	0.00	0.52	26.0%	0.70	61	0.91	1.41
2	2016	543	80.3%	0	0	0	0.47	0.01	0.00	0.02	0.03	0.00	0.53	25.7%	0.71	62	0.93	1.43
3	2017	556	81.4%	0	0	0	0.49	0.01	0.00	0.03	0.03	0.00	0.56	25.4%	0.75	65	0.98	1.50
4	2018	568	82.5%	0	0	0	0.51	0.01	0.00	0.03	0.03	0.00	0.58	25.1%	0.77	67	1.01	1.55
5	2019	581	83.6%	0	0	0	0.53	0.01	0.00	0.03	0.04	0.00	0.61	24.7%	0.81	70	1.05	1.62
6	2020	594	84.6%	0	0	0	0.55	0.01	0.00	0.03	0.04	0.00	0.63	24.4%	0.83	72	1.08	1.67
7	2021	607	85.7%	0	0	0	0.56	0.01	0.00	0.03	0.04	0.00	0.64	24.1%	0.84	73	1.10	1.69
8	2022	620	86.8%	0	0	0	0.58	0.01	0.00	0.03	0.04	0.00	0.66	23.8%	0.87	75	1.13	1.73
9	2023	634	87.9%	0	0	0	0.61	0.01	0.00	0.03	0.04	0.00	0.69	23.5%	0.90	78	1.17	1.80
10	2024	648	89.0%	0	0	0	0.63	0.01	0.00	0.03	0.04	0.00	0.71	23.2%	0.92	80	1.20	1.85
11	2025	663	90.1%	0	0	0	0.65	0.01	0.00	0.03	0.04	0.00	0.73	22.8%	0.95	82	1.23	1.89
12	2026	678	91.2%	0	0	0	0.67	0.01	0.00	0.03	0.05	0.00	0.76	22.5%	0.98	85	1.28	1.96
13	2027	693	92.3%	0	0	0	0.69	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.79	22.2%	1.02	88	1.32	2.03
14	2028	708	93.4%	0	0	0	0.72	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.82	21.9%	1.05	91	1.36	2.10
15	2029	724	94.5%	0	0	0	0.74	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.84	21.6%	1.07	93	1.39	2.14
16	2030	740	95.6%	0	0	0	0.77	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.87	21.3%	1.10	95	1.44	2.21
17	2031	757	96.7%	0	0	0	0.80	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.90	20.9%	1.14	98	1.48	2.28
18	2032	773	97.8%	0	0	0	0.82	0.01	0.00	0.04	0.06	0.00	0.93	20.6%	1.17	101	1.52	2.34
19	2033	791	98.9%	0	0	0	0.85	0.01	0.00	0.04	0.06	0.00	0.96	20.3%	1.20	104	1.57	2.41
20	2034	808	100.0%	0	0	0	0.87	0.01	0.00	0.05	0.06	0.00	0.99	20.0%	1.24	107	1.61	2.48

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Resumen de componentes para el sistema de agua potable - alternativa N° 01

COMPONENTE	UNID	METRADO	MATERIAL – TIPO	CARACTERÍSTICAS
Mejoramiento Obras de Captación ZONA ALTA: CAP-1 ZONA MEDIA: CAP-2 ZONA BAJA: CAP-3 y CAP-4	Unid	4	Concreto	Tipo Manantial de ladera y superficial
Mejoramiento Planta de Filtros Lentos	Unid	1	Concreto	-
Líneas de Conducción + accesorios ZONA ALTA	ml	3,070.90	PVC UF - PN S20	DN 90 mm
		TOTAL		
		5,940.90		
Construcción Reservorios + Equipo. ZONA: RP-1	Unid	1	Concreto Armado – (01) Apoyados	55 m3
Mejoramiento de los Reservorios Existentes	Unid	3	Concreto Armado – (03) Apoyados y Elevado	RE-40, 50 y 60 m3
Líneas de Aducción + accesorios ZONA MEDIA ZONA BAJA		2,833.00 2,600.00	P.V.C. UF Clase 7.5 P.V.C. UF Clase 7.5	DN 90 mm DN 90 mm
		TOTAL		
		5,433.00		
Redes de Distribución + Accesorios Redes Primarias y Secundarias ZONA ALTA ZONA MEDIA ZONA BAJA	ml	2944.31 3200.30 2695.89	PVC UF CLASE 7.5 PVC UF CLASE 7.5 PVC UF CLASE 7.5	DN 63 y 90 mm DN 63 y 90 mm DN 63 y 90 mm
		TOTAL		
		8840.51		
Conexiones Domiciliarias ZONA ALTA ZONA MEDIA ZONA BAJA	Unid	146 153 105	PVC UF CLASE 7.5	DN 63 y 90 mm
		TOTAL		
		404		
Instalación de Medidores 03 ZONAS	Unid	404	Bronce	DN 63 y 90 mm
		TOTAL		
		404		

Fuentes de agua.

El abastecimiento de agua de la localidad de Yantaló se realiza mediante fuentes del tipo subterránea (manantes y filtraciones dispersas) y superficiales, contando con un total de tres (03) fuentes, que se encuentran ubicados en el Morro 1, Morro 2 y Morro de Calzada.

Captaciones

Actualmente existen cuatro (04) captaciones de donde se conduce el agua hacia los reservorios, para su posterior abastecimiento a las redes de distribución, todas las captaciones tienen pérdida de agua y falta de mantenimiento.

Ubicación de las captaciones

Ubicación	Nombre	Tipo	Rend. (lps)	Coordenadas UTM		Cota (m.s.n.m.)
				Norte	Este	
Morro 1	Captación N° 1	de ladera	2.5	9'336,059	273,814	906
Morro 2	Captación N° 2	de ladera	2.5	9'335,614	274,193	869
Morro de Calzada	Captación N° 3	Manantial	1.7	9'333,714	275,717	844
Morro de Calzada	Captación N° 4	Manantial	1.5	9'333,679	275,736	845

CAPTACIÓN N° 1

La captación es del tipo de ladera, de fuente superficial, tiene un caudal de 2.5 Lps (fecha de aforo 27-07-2019), tiene una cota de 906 m.s.n.m.

Esta captación está conformada por una cámara de concreto de 3.70 m x 1.40 m x 1.20 m, que a través de una línea de conducción de PVC de Ø 2" descarga a la misma cámara de reunión de la Captación N° 1; tiene una antigüedad de 15 años; actualmente la captación no cuenta con cerco de protección; es necesario realizar trabajos de limpieza, resane, pintado y el cambio de la tapa de concreto.

CAPTACIÓN N° 2

Esta captación es del tipo de ladera, de fuente superficial, tiene un caudal de 2.5 lps (fecha de aforo 27-07-2014), se encuentra en la cota 869 m.s.n.m.

La estructura de captación de agua está conformada por una cámara de concreto de 2.20 m x 1.00 m x 1.00 m, que abastece con línea de conducción de tubería PVC de 3" a una cámara de reunión (Desarenador), que a su vez

entrega a través de tubería PVC de 4" hacia un filtro lento. Cabe mencionar que esta captación fue construida hace 15 años, no cuenta con cerco perimétrico; se encuentra en regular estado en lo concerniente a su estructura, viéndose la necesidad de trabajos de limpieza, resane, pintado de las mismas y el cambio de la tapa de concreto.

CAPTACIÓN N° 3

La captación es del tipo manantial de ladera, de fuente subterránea, se ubica en la cota 844 m.s.n.m. del Morro de Calzada, a través de una línea de conducción de PVC de 4" se deriva hasta los reservorios de 50 y 40 m³. El caudal es de 1.7 lps (fecha de aforo 26-07-2019).

La captación está construida de concreto, el estado de conservación de la estructura es regular; tiene 05 años de antigüedad; actualmente no cuenta con cerco perimétrico de protección; es necesario realizar trabajos de limpieza, resane, pintado y el cambio de la tapa de concreto.

CAPTACIÓN N° 4

La Captación N° 4 se encuentra a 60 m de la Captación N° 3, es del tipo manantial de ladera, de fuente subterránea, tiene una cota de 845 m.s.n.m., a través de una línea de conducción de PVC de 2" se deriva hasta la Captación N° 3, tiene un aforo de 1.5 lps (fecha de aforo 26-07-2019), tiene 05 años de antigüedad, no cuenta con cerco perimétrico de protección; será necesario realizar trabajos de limpieza, resane, pintado y el cambio de la tapa de concreto.

Líneas de conducción

Actualmente existen tres (03) líneas principales de conducción que se inician en las cajas de captación de las fuentes de abastecimiento y llegan hasta los reservorios de almacenamiento de cabecera existentes, siendo las siguientes:

LÍNEAS DE CONDUCCIÓN N° 1 Y 2

Las aguas de las Captaciones N° 1 y 2 son conducidas por gravedad a lo largo de 922.50 ml de tubería PVC de 2" y 871.80 ml de tubería PVC de 3" respectivamente, hacia una cámara de reunión (Desarenador). Tienen una antigüedad de 15 años; actualmente las líneas se encuentran deterioradas por la antigüedad de las tuberías y por las varias intervenciones en la ampliación

del sistema de agua, donde se han utilizado tuberías y accesorios inadecuados e instalados sin una buena dirección técnica; las válvulas de purga y aire se encuentran oxidadas y sin vástago.

LÍNEAS DE CONDUCCIÓN N° 3

La línea que conduce el agua de estas captaciones hacia los reservorios de 50 y 40 m³; está constituida por tubería PVC de 4" con una longitud de 3,886.90 ml; actualmente las líneas se encuentran en buen estado de conservación debido a que solo tienen 05 años de instaladas.



Válvulas de Aire

Válvulas de Purga en mal estado

CÁMARA DE REUNIÓN (DESARENADOR)

La cámara de reunión está constituida por una caja de concreto armado, del tipo apoyada, de forma cúbica, de 3 m³ de volumen, tiene 15 años de antigüedad, no cuenta con cerco perimétrico, será necesario realizar trabajos de limpieza, resane, pintado y el cambio de las tapas de concreto.

De la cámara de reunión sale una línea de conducción con tubería PVC de 4" hacia un filtro lento teniendo una longitud de 237.60 ml.



Cámara de Reunión (Desarenador)

FILTRO LENTO

El filtro lento está constituido por un vertedero de ingreso, una canaleta tipo Parshall y un filtro de dos compartimientos, toda la estructura es de concreto armado, del tipo apoyada, de forma cúbica, tiene 15 años de antigüedad, cuenta con cerco perimétrico provisional de alambre de púas, será necesario realizar trabajos de limpieza, resane, pintado y el cambio de las tapas de concreto.

Del filtro lento sale una línea de conducción con tubería PVC de 4" hacia el reservorio elevado de 60 m³ ubicado en el casco urbano de la localidad, tiene una longitud de 3,070.90 ml.



Filtro Lento

EMPALME

A una distancia de 500.60 ml del filtro lento siguiendo el flujo del agua, existe un empalme donde llegan las aguas del filtro lento y de la línea de aducción de los reservorios de 50 y 40 m³ a una Tee de 4".

ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de agua potable del sistema está constituido por tres (03) reservorios. En los reservorios de 40 m³ y 50 m³ y 60 m³ se aplica la desinfección en forma deficiente y no continua.

RESERVORIO DE 60 M3

Actualmente este reservorio utiliza. El agua es impulsada por una bomba instalada al costado de un tanque de PVC de 5,000 lt de capacidad y que abastece a la comunidad. Actualmente se abastece solamente de las líneas de conducción N°01 y N° 02.

Esta estructura se ubica en el casco urbano de la localidad, es de concreto armado, de tipo elevado y forma circular, de 60 m³ de capacidad, tiene 20 años de antigüedad, la cota de terreno es de 847 m.s.n.m.; es alimentado mediante tubería PVC de 4" que viene de las Captaciones N° 1 y 2, las columnas y vigas no están tarrajados, no está debidamente pintado, la escalera metálica no brinda seguridad; cuenta con cerco perimétrico provisional (material de caña). El reservorio se conecta a la red de agua de Yantaló mediante una línea de aducción de PVC de 6" y tiene una longitud de 39.80 ml.

La caseta de válvulas se encuentra en regular estado de conservación, no cuenta con puerta y requiere el cambio de las válvulas de control de las tuberías de ingreso y salida.

El reservorio no cuenta con equipo de cloración; actualmente no se encuentra operativo.



Reservorio de 60 m³



Caja de Válvulas

RESERVORIO DE 50 m³

Fue construido a través del Proyecto Especial Alto Mayo – PEAM en el año 1,996. El segundo reservorio es de concreto armado, de tipo apoyado y forma circular, el volumen de almacenamiento es de 50 m³, tiene 15 años de antigüedad, la cota de terreno es de 836.69 m.s.n.m.; es abastecido con tubería PVC de 4" que viene de las Captaciones N° 3 y 4. El reservorio no cuenta con cerco perimétrico de protección, no está pintado.

El reservorio abastece a la línea de conducción que viene de las Captaciones N° 1 y 2 mediante una línea de aducción de PVC de 4" y 519.20 ml de longitud.

La caseta de válvulas se encuentra en regular estado de conservación, requiere el cambio de las válvulas de control de las tuberías de ingreso y salida.

La desinfección o cloración se realiza a través de la caja de concreto que se encuentra sobre la cúpula del reservorio, donde se coloca 2 Kg de cloro granulado cada 3 días para tratar el agua.

La desinfección aplicada en el reservorio no es la adecuada, esto se debe a que no se tiene una dosificación correcta del cloro y el personal a cargo no está capacitado para cumplir con los protocolos de cloración.



Reservorio de 50 m3



Caja de Válvulas

RESERVORIO DE 40 M3

Fue construido a través del Proyecto Especial Alto Mayo – PEAM en el año 2,010.

El tercer reservorio es de concreto armado, tipo apoyado y forma circular, con capacidad de almacenamiento de 40 m³, recientemente ha sido construido (junio 2010), su cota de terreno es de 836.69 m.s.n.m., la estructura se encuentra en buen estado de conservación, no cuenta con cerco perimétrico de protección, no tiene tapa sanitaria, asimismo requiere el pintado de los muros y techo exteriores.

La caseta de válvulas se encuentra en regular estado de conservación, requiere el cambio de las válvulas de control de las tuberías de ingreso y salida.

La desinfección o cloración del agua, se realiza de forma manual, se coloca 1/2 Kg de cloro granulado en un balde con 4 litros de agua y luego de disolver bien, se echa en el reservorio, este proceso se realiza por 4 veces cada 3 días.

La desinfección aplicada en el reservorio no es la adecuada, esto se debe a que no se tiene una dosificación correcta del cloro y el personal a cargo no está capacitado para cumplir con los protocolos de cloración.



Reservorio de 40 m³ y Caseta de Válvulas

LÍNEAS DE ADUCCIÓN

Actualmente existen dos (02) líneas de aducción:

LÍNEA DE ADUCCIÓN N° 1

La primera línea de aducción se inicia en el reservorio elevado de 60 m³ que se encuentra en el casco urbano de Yantaló, empalma a la red de distribución con tubería PVC de 6" y tiene una longitud de 39.80 ml. Actualmente esta línea se encuentra inoperativa, tiene una antigüedad de 20 años, actualmente la línea se encuentra deteriorada por la antigüedad de las tuberías y por las varias intervenciones en la ampliación del sistema de agua, donde se han utilizado tuberías y accesorios inadecuados e instalados sin una buena dirección técnica.

LÍNEA DE ADUCCIÓN N° 2

La segunda línea de aducción tiene salida de los reservorios apoyados de 50 y 40 m³ hasta un punto de empalme, en el cual mediante una tee de 4" x 4" se une con la línea de conducción que viene del filtro lento, está constituida con tubería PVC de 4" y tiene una longitud de 519.20 ml, tiene una antigüedad de 05 años; actualmente la línea se encuentra deteriorada por la antigüedad de las tuberías y por las varias intervenciones en la ampliación del sistema de agua, donde se han utilizado tuberías y accesorios inadecuados e instalados sin una buena dirección técnica.

RED DE DISTRIBUCIÓN

El sistema de distribución de agua potable es abastecido por los reservorios de 60, 50 y 40 m³, la longitud de la línea de distribución está constituida por tubería PVC de 1", 2", 3" y 4" con longitudes de 44.30 ml, 5808.58 ml, 136.13 ml y 163.21 ml respectivamente, tiene una antigüedad de 20 años.

Actualmente las líneas se encuentran deterioradas por la antigüedad de las tuberías y por las varias intervenciones en la ampliación del sistema de agua, donde se han utilizado tuberías y accesorios inadecuados e instalados sin una buena dirección técnica y mano de obra calificada; indistintamente en el sistema de distribución se presentan roturas causadas principalmente por la antigüedad de las tuberías; así como también por efecto de las sobrepresiones y sub presiones existentes en la red de distribución. Estas fluctuaciones de presión son causadas por un repentino incremento o disminución de la velocidad de flujo, que ocurren con mayor frecuencia en el Barrio de Miramayo.

La información recibida ha sido brindada por el gasfitero a cargo de la operación y mantenimiento de la red de distribución. Se debe indicar que no existen reportes sobre daños de las tuberías, accesorios y válvulas.

Las válvulas compuerta (12 und) de la red de distribución se encuentran oxidadas, no tienen mantenimiento y en mal estado debido a su antigüedad; no se encuentran debidamente ubicadas.

CONEXIONES DOMICILIARIAS

Las conexiones están instaladas con tubería PVC de 1/2" de diámetro, tienen una antigüedad es de 20 años; se encuentran deterioradas por la antigüedad y las varias intervenciones en la ampliación en el número de conexiones, también por haberse utilizado tuberías y accesorios inadecuados e instalados con mano de obra no calificada; no tienen micro medición. Se tiene instaladas un número de 540 conexiones de agua potable entre activas e inactivas (con corte temporal).

Se debe indicar que hay viviendas que tienen instaladas conexiones domiciliarias de agua, pero en sus calles no se tienen instaladas la red de alcantarillado.

3.1.1. Captación

Captación Tipo Barraje Fijo sin Canal de Derivación

➤ Línea de Conducción

Cuadro 2

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 (C1)	PUNTO (A1)	526.71 0	500.81 0	1.000	13.40	PVC	8.00	0.1808	0.52	1.38	150	525.33	24.52	C-10
02	PUNTO (A1)	PUNTO (B2)	500.81 0	462.43 0	1.000	13.40	PVC	8.00	0.1808	0.52	1.38	150	523.95	61.52	C-10
03	PUNTO (B2)	PUNTO (C3)	462.43 0	483.94 0	1.000	13.40	PVC	8.00	0.1808	0.52	1.38	150	522.57	38.63	C-10
04	PUNTO (C3)	PUNTO (D4)	483.94 0	479.91 0	1.000	13.40	PVC	8.00	0.1808	0.52	1.38	150	521.19	41.28	C-10
05	PUNTO (D4)	PUNTO (E5)	479.91 0	483.60 0	1.000	13.40	PVC	8.00	0.1808	0.52	1.38	150	519.81	36.21	C-10
06	PUNTO (E5)	PUNTO (F6)	483.60 0	417.59 0	1.013	13.40	PVC	8.00	0.1808	0.52	1.40	150	518.41	100.82	C-10
07	PUNTO (F6)	PUNTO (G7)	417.59 0	391.99 0	0.252	13.40	PVC	6.00	0.1376	0.90	1.31	150	517.10	125.11	C-15
08	PUNTO (G7)	PUNTO (H8)	391.99 0	416.01 0	0.133	13.40	PVC	6.00	0.1376	0.90	0.69	150	516.41	100.40	C-15
09	PUNTO (H8)	PUNTO (I9)	416.01 0	501.92 0	0.602	13.40	PVC	6.00	0.1446	0.82	2.46	150	513.95	12.03	C-10
10	PUNTO (I9)	PUNTO (J10)	501.92 0	496.05 0	1.019	13.40	PVC	6.00	0.1446	0.82	4.16	150	509.79	13.74	C-10

➤ **Planta de Tratamiento**

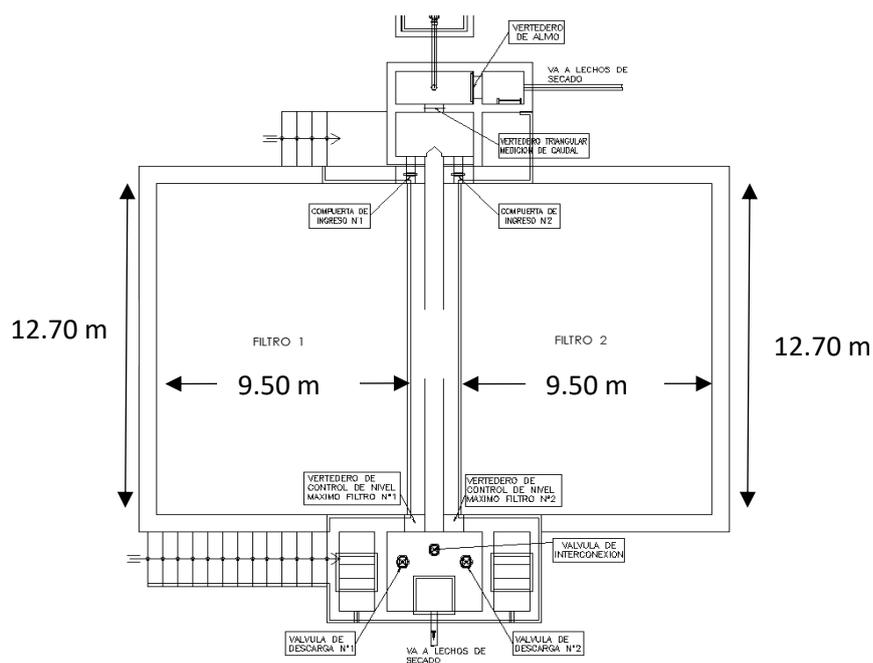
3.1.2. Filtro Lento de Arena

Cuadro 3

Resultados de Filtro Lento

Parámetro de Diseño	Símbolo	Cantidad	Unidad
Número de unidades del filtro	N	02	-
Velocidad de filtración	V'_f	0.20	m/h
Área superficial del filtro	A_s'	120.60	m ²
Coefficiente del mínimo costo	k	1.33	
Ancho del filtro lento	B'	9.50	m
Largo del filtro lento	L'	12.70	m
Diámetro efectivo del lecho de arena	D_{10}	0.25	mm
Diámetro de grava en capa de soporte 1	D_{G1}	5.00	mm
Diámetro de grava en capa de soporte 2	D_{G2}	15.00	mm
Diámetro de grava en capa de soporte 3	D_{G3}	30.00	mm
Profundidad del lecho de arena	H_0	0.80	m
Altura de capa de soporte 1	H_{G1}	0.05	mm
Altura de capa de soporte 2	H_{G2}	0.05	mm
Altura de capa de soporte 3	H_{G3}	0.15	mm

Fuente: Elaboración propia



➤ **Reservorio**

Cuadro 4

Resultados del Reservorio

PARÁMETRO DE DISEÑO	SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
Volumen de Reservorio	V reserv.	225.00	m ³
Dimensiones del reservorio			
- Largo	L	9.00	m
- Ancho	A	9.00	m
- Altura total	H	3.40	m
Volumen asumido	V	234.90	m ³

Fuente: Elaboración propia

➤ **Línea de Aducción y Redes de Distribución**

Cuadro 5

Resultado del cálculo hidráulico- redes de distribución-sector Satélite, en el programa WaterCAD V10.0

Nudo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Cota Piezometrica (m)	Presión (mH2O)
J-1	418.064	0.251	446.978	28.86
J-2	418.227	0.265	446.976	28.69
J-3	426.117	0.219	447.237	21.08
J-4	426.212	0.273	447.225	20.97
J-5	411.621	0.257	446.802	35.11
J-6	411.494	0.379	446.799	35.23
J-7	400.977	0.104	447.25	46.18
J-8	400.983	0.231	447.267	46.19
J-9	428.366	0.271	446.987	18.58
J-10	428.348	0.261	446.981	18.6
J-11	412.674	0.26	446.843	34.1
J-12	412.617	0.26	446.837	34.15
J-13	418.002	0.218	447.25	29.19
J-14	418.027	0.258	447.223	29.14
J-15	414.007	0.263	446.869	32.8
J-16	413.988	0.259	446.868	32.81
J-17	405.992	0.258	446.791	40.72
J-18	405.956	0.261	446.789	40.75
J-19	406.981	0.263	446.823	39.76
J-20	406.904	0.265	446.821	39.84
J-21	400.447	4.728	450.123	49.58
J-22	401.538	0.224	449.609	47.97
J-23	412.198	0.254	446.955	34.69
J-24	421.244	0.265	446.935	25.64
J-25	414.844	0.233	447.779	32.87
J-26	415.455	0.221	447.643	32.12
J-27	409.992	0.226	447.176	37.11
J-28	410.1	0.259	447.163	36.99
J-29	416.12	0.233	447.639	31.46
J-30	416.633	0.233	447.603	30.91

Nudo	Elevación (m)	Demanda (l/s)	Cota Piezometrica (m)	Presión (mH2O)
J-31	425.531	0.254	446.885	21.31
J-32	424.696	0.279	446.882	22.14
J-33	404.65	0.267	446.902	42.17
J-34	405.1	0.265	446.897	41.71
J-35	406.656	0.222	447.404	40.67
J-36	405.641	0.244	447.419	41.69
J-37	402.641	0.27	447.058	44.33
J-38	402.15	0.23	447.065	44.82
J-39	423.969	0.246	447.448	23.43
J-40	424.191	0.227	447.441	23.2
J-41	395.688	0.014	447.364	51.57
J-42	397.28	0.243	447.364	49.98
J-43	407.301	0.306	447.551	40.17
J-44	405.988	0.015	447.551	41.48
J-45	402.018	0.266	446.783	44.67
J-46	400.088	0.015	446.782	46.6
J-47	399.813	0.043	447.25	47.34
J-48	396.008	0.054	446.914	50.8
J-49	397.437	0.32	446.914	49.38
J-50	433.256	0.32	447.349	14.06
J-51	434.015	0.339	447.214	13.17
J-52	392.827	0.397	447.74	54.8
J-53	437.315	0.373	446.986	9.65
J-54	438.781	0.491	446.891	8.09
J-55	408.264	0.474	446.783	38.44
J-56	429.241	0.483	447.463	18.18
J-57	401.734	0.354	446.788	44.96
J-58	426.104	0.482	446.861	20.72
J-59	400.383	0.376	446.816	46.34
J-60	413.616	0.418	446.84	33.16
J-61	398.901	0.38	446.871	47.87

Fuente: Elaboración Propia, datos obtenidos del WaterCad V10.0

Cuadro 6

Resultado del cálculo hidráulico- reporte de tuberías-sector Satélite, en el programa WaterCAD V10.0.

Tubería	Longitud (m)	Nudo inicial	Nudo final	Diámetro (mm)	Material	Hanzen & Williams	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
P-1	1.344	J-1	J-2	69.4	PVC	150	1.169	0.309
P-2	2.152	J-3	J-4	69.4	PVC	150	2.268	0.600
P-3	2.528	J-5	J-6	69.4	PVC	150	0.883	0.233
P-4	3.207	J-8	J-7	69.4	PVC	150	2.229	0.589
P-5	3.29	J-9	J-10	69.4	PVC	150	1.225	0.324
P-6	3.417	J-11	J-12	69.4	PVC	150	1.216	0.322
P-7	3.437	J-13	J-14	69.4	PVC	150	2.723	0.720
P-8	4.4	J-15	J-16	69.4	PVC	150	0.477	0.126
P-9	4.445	J-17	J-18	69.4	PVC	150	0.55	0.145
P-10	4.748	J-19	J-20	69.4	PVC	150	0.517	0.137
P-11	4.779	J-21	J-22	69.4	PVC	150	11.234	2.970
P-12	5.384	J-23	J-24	69.4	PVC	150	1.833	0.485
P-13	6.093	J-25	J-26	69.4	PVC	150	4.802	1.269
P-14	6.319	J-27	J-28	69.4	PVC	150	1.3	0.344
P-15	6.747	J-29	J-30	69.4	PVC	150	2.229	0.589
P-16	7.272	J-31	J-32	69.4	PVC	150	0.538	0.142
P-17	7.675	J-33	J-34	69.4	PVC	150	0.731	0.193
P-18	7.855	J-36	J-35	69.4	PVC	150	1.298	0.343
P-19	8.08	J-38	J-37	69.4	PVC	150	0.802	0.212
P-20	8.208	J-39	J-40	69.4	PVC	150	0.798	0.211
P-21	10.078	J-42	J-41	69.4	PVC	150	0.014	0.004
P-22	10.112	J-43	J-44	69.4	PVC	150	0.015	0.004
P-23	10.443	J-45	J-46	69.4	PVC	150	0.015	0.004
P-24	30.128	J-7	J-47	69.4	PVC	150	0.043	0.011
P-25	36.031	J-35	J-27	69.4	PVC	150	2.435	0.644
P-26	36.988	J-26	J-13	69.4	PVC	150	3.22	0.851
P-27	37.394	J-49	J-48	69.4	PVC	150	0.054	0.014
P-28	38.666	J-40	J-3	69.4	PVC	150	2.208	0.584
P-29	39.085	J-7	J-38	69.4	PVC	150	2.082	0.55
P-30	41.127	J-50	J-51	69.4	PVC	150	1.706	0.451
P-31	41.496	J-42	J-8	69.4	PVC	150	1.422	0.376
P-32	44.517	J-30	J-43	69.4	PVC	150	0.976	0.258
P-33	44.729	J-22	J-25	69.4	PVC	150	6.671	1.764
P-34	45.418	J-52	J-36	69.4	PVC	150	2.58	0.682
P-35	48.851	J-29	J-39	69.4	PVC	150	1.877	0.496
P-36	62.842	J-10	J-31	69.4	PVC	150	1.128	0.298
P-37	64.612	J-34	J-19	69.4	PVC	150	0.968	0.256
P-38	64.66	J-28	J-23	69.4	PVC	150	1.691	0.447
P-39	65.242	J-37	J-33	69.4	PVC	150	1.441	0.381
P-40	66.602	J-14	J-1	69.4	PVC	150	1.816	0.48
P-41	66.728	J-24	J-11	69.4	PVC	150	1.067	0.282
P-42	67.034	J-53	J-54	69.4	PVC	150	1.083	0.286
P-43	67.208	J-18	J-55	69.4	PVC	150	0.245	0.065
P-44	67.282	J-12	J-5	69.4	PVC	150	0.635	0.168

Tubería	Longitud (m)	Nudo inicial	Nudo final	Diámetro (mm)	Material	Hazen & Williams	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
P-45	67.365	J-56	J-50	69.4	PVC	150	1.193	0.315
P-46	67.81	J-2	J-15	69.4	PVC	150	1.15	0.304
P-47	67.506	J-57	J-45	69.4	PVC	150	0.242	0.064
P-48	67.87	J-32	J-58	69.4	PVC	150	0.481	0.127
P-49	68.791	J-59	J-57	69.4	PVC	150	0.552	0.146
P-50	69.407	J-16	J-60	69.4	PVC	150	0.554	0.147
P-51	69.453	J-20	J-17	69.4	PVC	150	0.574	0.152
P-52	70.113	J-4	J-9	69.4	PVC	150	1.742	0.46
P-53	72.446	J-49	J-61	69.4	PVC	150	0.677	0.179
P-54	76.764	J-51	J-53	69.4	PVC	150	1.619	0.428
P-55	78.895	J-61	J-59	69.4	PVC	150	0.74	0.196
P-56	105.882	J-6	J-17	69.4	PVC	150	0.235	0.062
P-57	106.775	J-22	J-29	69.4	PVC	150	4.339	1.147
P-58	106.521	J-31	J-16	69.4	PVC	150	0.337	0.089
P-59	106.63	J-1	J-23	69.4	PVC	150	0.396	0.105
P-60	107.451	J-55	J-45	69.4	PVC	150	0.039	0.01
P-61	109.441	J-60	J-5	69.4	PVC	150	0.505	0.133
P-62	109.375	J-14	J-28	69.4	PVC	150	0.65	0.172
P-63	110.385	J-18	J-57	69.4	PVC	150	0.044	0.012
P-64	110.215	J-12	J-20	69.4	PVC	150	0.321	0.085
P-65	110.942	J-30	J-56	69.4	PVC	150	1.02	0.27
P-66	110.975	J-26	J-35	69.4	PVC	150	1.36	0.36
P-67	111.113	J-15	J-11	69.4	PVC	150	0.41	0.108
P-68	111.14	J-25	J-40	69.4	PVC	150	1.637	0.433
P-69	111.469	J-13	J-3	69.4	PVC	150	0.279	0.074
P-70	112.304	J-58	J-60	69.4	PVC	150	0.369	0.097
P-71	112.898	J-38	J-49	69.4	PVC	150	1.05	0.278
P-72	112.508	J-24	J-34	69.4	PVC	150	0.502	0.133
P-73	113.057	J-33	J-61	69.4	PVC	150	0.443	0.117
P-74	113.283	J-21	J-52	69.4	PVC	150	4.657	1.231
P-75	113.889	J-19	J-59	69.4	PVC	150	0.187	0.05
P-76	114.363	J-39	J-50	69.4	PVC	150	0.833	0.22
P-77	115.041	J-27	J-37	69.4	PVC	150	0.91	0.24
P-78	115.265	J-9	J-2	69.4	PVC	150	0.246	0.065
P-79	115.667	J-53	J-10	69.4	PVC	150	0.164	0.043
P-80	116.515	J-36	J-8	69.4	PVC	150	1.039	0.275
P-81	117.941	J-52	J-42	69.4	PVC	150	1.68	0.444
P-82	118.213	J-4	J-51	69.4	PVC	150	0.253	0.067
P-83	119.059	J-54	J-32	69.4	PVC	150	0.221	0.059
P-84	158.22	J-43	J-56	69.4	PVC	150	0.656	0.173
P-85	155.727	J-6	J-55	69.4	PVC	150	0.269	0.071
P-86	155.802	J-54	J-58	69.4	PVC	150	0.37	0.098
P-87	166.143	RES-1	VRP-1	129.8	PVC	150	20.62	1.558
P-87	1,421.45	VRP-1	J-21	129.8	PVC	150	20.62	1.558

Fuente: Elaboración Propia, datos obtenidos del WaterCad V10.0

3.2. Discusión de resultados

3.2.1. 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 del río Pucayacu, 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 ($Q_{\text{río}} = 1350 \text{ l/s}$), Anexo N° 06, es mayor al requerido ($Q_{\text{md}} = 13.40 \text{ l/s}$).

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 del río Pucayacu, 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°09, 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 un FILTRO LENTO Y SISTEMA DE DESINFECCIÓN.

3.2.2. Parámetros de Diseño

El cálculo de los parámetros de Diseño del Sistema de abastecimiento de Agua Potable como son:

- La población futura se concretó utilizando los últimos censos (2007 y 2017) y se calculó la tasa de crecimiento con los datos del INEI, también se compara dicha tasa de

crecimiento con los datos del Compendio Estadístico San Martín 2018 brindados también por el INEI.

- El cálculo de los caudales de diseño de los componentes se tomó una dotación de 150 lts/hab./día a lo que le sumamos 20 lts/hab./día por la presencia de Instituciones Educativa de nivel Inicial y Primaria, 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.

3.2.3. Componentes del Sistema de Agua Potable

3.2.3.1. 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: 359171.296 y N: 9281439.766 con una altura de 526.706 m.s.n.m.

3.2.3.2. 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 la 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 del río Pucayacu; la planta de tratamiento está conformada por un 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: 352544.866 y N: 9283023.527, con una cota de 496.031m.s.n.m.

3.2.3.3. 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 – U UF con diámetros nominales de 200 mm y 160mm, 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 ($Q_{md} = 13.40$ lts/seg). La línea de conducción involucra una distancia total de km 08+019.33 donde estarán establecidas las tuberías antes mencionadas.

3.2.3.4. Reservorio Apoyado

El Sector Satélite contará con su propio reservorio de concreto armado de sección cuadrada con la capacidad de almacenamiento $V = 225$ 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, se emplea un cálculo adicional para tener agua de reserva en caso de interrupciones en la línea de conducción. 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 Sector Satélite. El reservorio tiene las siguientes coordenadas UTM 18 M E: 352483.311 y N: 9282978.577, con una altura de 489.395m.s.n.m.

CONCLUSIONES

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, $Q_{md}=13.40$ l/s, del río Pucayacu, 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 8019.33 m con tuberías cuyos diámetros nominales son de 200 mm y 160 mm PVC-U UF entre clase 10 y clase 15. El caudal de diseño es el Caudal Máximo Diario cuyo valor es igual a 13.40 l/s.
- 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 0.80 m.
- Reservorio Apoyado 225 m³.- Esta estructura permitirá almacenar el agua con la finalidad de cubrir la demanda en horas de máximo consumo. La estructura es cuadrada de dimensiones 9 m* 9 m. y una altura de agua de 2.95 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.
- Línea de Aducción. - Esta línea une el reservorio con la red de distribución, tiene una longitud de 1,587.59m con unas tuberías cuyo diámetro 140mm PVC-U UF clase 7.5. El diseño se hizo empleando el programa WaterCAD V10.0. El caudal de diseño es el Caudal Máximo Horario cuyo valor es igual a 20.62 l/s.
- Red de Distribución. - Componen las tuberías empleadas en el Sector Satélite, cuyos diámetros son de 75mm de clase 7.5, la red de distribución es cerrada o mallada, debido a la extensión de la vivienda en la zona del proyecto. Así mismo cuenta con válvulas de purga de los sólidos que se alojarán en las redes y válvulas de aire para facilitar el flujo del elemento líquido. El diseño se hizo empleando el programa WaterCAD V10.0.

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 del filtro lento.
- 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

- 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. Biblioteca de UNSM
- Agüero, R, (1997). “Agua Potable para Poblaciones Rurales” Editorial Asociación Servicios Educativos Rurales (SER), 1997. Lima – Perú
- Jiménez, J, (2007). ”Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario” Universidad de Veracruz, México.
- 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>
- Mansen, A, (2002). “Diseño de Bocatomas” Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de ingeniería civil, Departamento académico de hidráulica e hidrología
- 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>
- 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.
- Reyna, C, (2003), Abastecimiento de agua potable del distrito de Barranquita (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú. Biblioteca de UNSM

Rodríguez, P, (2001). “Abastecimiento de Agua”. Instituto tecnológico de Oaxaca, México.

Reglamento Nacional de Edificaciones, (2006), Obras de Saneamiento, Lima- Perú.

PLANOS