



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

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



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



Análisis de la demanda de agua potable con fines de rediseño de sistema de agua potable de la población de Dos Unidos, El Caribe y Nueva Esperanza, distrito de San Pablo, Bellavista, San Martín.

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

Hernando Noriega Reátegui

Kirlin Manolin Torres Rojas

ASESOR:

Ing. Néstor Raúl Sandoval Salazar

Tarapoto – Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN -TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Análisis de la demanda de agua potable con fines de rediseño de sistema de agua potable de la población de Dos Unidos, El Caribe y Nueva Esperanza, distrito de San Pablo, Bellavista, San Martín.

AUTORES:

Hernando Noriega Reátegui

Kirlin Manolin Torres Rojas

Sustentado y aprobado ante el honorable jurado el día 20 de setiembre del 2019

.....
Ing. Carlos Segundo Huamán Torrejón
Presidente

.....
Ing. Iván Gustavo Reátegui Acedo
Secretario

.....
Ing. Manuel Villoslada Trujillano
Vocal

.....
Ing. Néstor Raúl Sandoval Salazar
Asesor

Declaratoria de autenticidad

Hernando Noriega Reátegui identificado con el DNI N° 70072196 y **Kirlin Manolin Torres Rojas** con el DNI N° 70691180, egresados de la facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Análisis de la demanda de agua potable con fines de rediseño de sistema de agua potable de la población de Dos Unidos, El Caribe y Nueva Esperanza, distrito de San Pablo, Bellavista, San Martín.**

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. Hemos respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la **Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.**

Tarapoto, 20 de setiembre del 2019



Bach. **Hernando Noriega Reátegui**

DNI N° 70072196



Bach. **Kirlin Manolin Torres Rojas**

DNI N° 70691180

Declaración jurada

Hernando Noriega Reátegui identificado con el DNI N° 70072196 con domicilio legal Jr. Los Vencedores N° 199 – Tarapoto y **Kirlin Manolin Torres Rojas** identificado con el DNI N° 70691180 con domicilio legal Sector San Pablo - Morales, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **DECLARO BAJO JURAMENTO**, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis y/o Informe de Ingeniería, son auténticos y veraces.

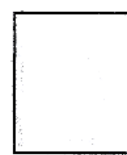
En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por la cual me someto a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 20 de setiembre del 2019



.....
Bach. Hernando Noriega Reátegui

DNI N° 70072196



.....
Bach. Kirlin Manolin Torres Rojas

DNI N° 70691180

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: NOBIEGA REATEGUI HERNANDO | |
| Código de alumno : 113156 | Teléfono: 990471100 |
| Correo electrónico : hernandea1412@gmail.com | DNI: 70072196 |

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

2. Datos Académicos

| |
|--|
| Facultad de: INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA |
| Escuela Profesional de: INGENIERÍA CIVIL |

3. Tipo de trabajo de investigación

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

4. Datos del Trabajo de investigación

| |
|---|
| Título: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN DOS UNIDADES EL CARIBE Y NUEVA ESPERANZA EN EL DISTRITO DE SAN PABLO, BELLA VISTA, SAN MARTÍN |
| Año de publicación: 2019 |

5. Tipo de Acceso al documento

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

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

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

| |
|--|
| |
| |

6. Originalidad del archivo digital.

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

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

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

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

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

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


.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

22 / 11 / 2019



.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM - T.

* 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: TORRES ROSAS KIRLIN MANDLIN | Teléfono: 932582293 |
| Código de alumno : 113165 | DNI: 70691180 |
| Correo electrónico : kirlintorresrosas@gmail.com | |

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

2. Datos Académicos

| |
|--|
| Facultad de: INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA |
| Escuela Profesional de: INGENIERÍA CIVIL |

3. Tipo de trabajo de investigación

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

4. Datos del Trabajo de investigación

| |
|--|
| Título: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN DOS UNIDADES - EL CORRAL Y NUEVA ESPERANZA, EN EL DISTRITO DE SAN PABLO, BELLOVISTA, SAN MARTÍN. |
| Año de publicación: 2019 |

5. Tipo de Acceso al documento

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

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

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

| |
|--|
| |
|--|

6. Originalidad del archivo digital.

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

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

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

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

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

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

Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

22 / 11 / 2019



Firma del Responsable de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

***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

A Dios por darme la vida, salud, iluminar mi camino para cumplir mis metas y por regalarme unos padres maravillosos.

A mis padres, por enseñarme que en esta vida todo se obtiene con esfuerzo, los amo.

A mis hermanos, por su comprensión y apoyo constante en esta nueva etapa de mi vida profesional.

Hernando

Dedico esta tesis a DIOS por haberme permitido llegar hasta este punto con sabiduría y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Y por la ayuda brindada en cada obstáculo, que en la vida se presenta, gracias a su ejemplo hoy he llegado a cumplir una de mis metas.

Y a todas las personas especiales que me acompañaron y me apoyaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

Kirlin Manolin

Agradecimiento

A mi papá, por todo lo que me está enseñando de la vida, demostrándome que nada es fácil y si quiero obtener algo, que sea con esmero y dedicación.

A mi mamá, por ser mi complemento, mi compañera en todo momento.

Hernando

A Dios, por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar dificultades y permitirme un logro más en mi vida.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ellos entre los que incluye este. Me formaron con moral y ética, y me motivaron contantemente para alcanzar mis anhelos.

Y finalmente a mi asesor Ing. Néstor Raúl Sandoval Salazar por apoyarme en todo momento.

Kirlin Manolin

Índice

| | |
|---|------------|
| Dedicatoria..... | vi |
| Agradecimiento..... | vii |
| Resumen | xiv |
| Abstract | xv |
| Introducción | 1 |
| CAPÍTULO I..... | 2 |
| REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 2 |
| 1.1 Antecedentes del problema..... | 2 |
| 1.2. Exploración Preliminar Orientando la Investigación | 2 |
| 1.3. Aspectos generales del estudio..... | 3 |
| 1.3.1. Ubicación geográfica donde se desarrollará el proyecto. | 3 |
| 1.3.2. Aspectos generales de la zona del proyecto | 5 |
| 1.3.3. Estado situacional..... | 6 |
| 1.3.4. Servicio Público..... | 7 |
| CAPÍTULO II..... | 9 |
| MARCO TEÓRICO..... | 9 |
| 2.1. Antecedentes, planteamiento, delimitación y formulación del problema..... | 9 |
| 2.1.1. Antecedentes del problema..... | 9 |
| 2.1.2. Planteamiento del problema | 9 |
| 2.1.3. Formulación del Problema..... | 10 |
| 2.2. Objetivos: generales y específicos | 10 |
| 2.2.1. Objetivo general | 10 |
| 2.2.2. Objetivos específicos..... | 10 |
| 2.3. Justificación de la investigación | 10 |
| 2.4. Delimitación de la investigación..... | 11 |

| | | |
|---------------------------------------|--|-----------|
| 2.5. | Marco teórico | 11 |
| 2.5.1. | Antecedentes de la Investigación | 11 |
| 2.5.2. | Marco teórico o fundamentación teórica de la investigación requisitos de calidad del agua para el consumo humano. | 12-47 |
| 2.6. | Hipótesis a demostrar..... | 48 |
| CAPÍTULO III | | 49 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | | 49 |
| 3.1 | Materiales | 49 |
| 3.1.1 | Recursos humanos | 49 |
| 3.1.2 | Recursos materiales | 49 |
| 3.1.3 | Recursos de equipos | 49 |
| 3.1.4 | Otros recursos | 49 |
| 3.2. | Metodología | 50 |
| 3.2.1. | Universo, muestra y población | 50 |
| 3.2.2. | Sistema de variables | 50 |
| 3.2.3. | Diseño experimental de la investigación | 50 |
| 3.2.4. | Diseño de Instrumentos | 51 |
| 3.2.5. | Procesamiento de la Información | 51 |
| CAPÍTULO IV..... | | 52 |
| RESULTADOS Y DISCUSIONES | | 52 |
| 4.1. | Resultados | 52 |
| 4.1.1. | Cálculo de parámetros de diseño: periodo de diseño | 52 |
| 4.1.2. | Fuente para el diseño | 52 |
| 4.1.3. | Diseño..... | 53 |
| 4.2. | Cálculo de bombas..... | 53 |
| 4.2.1. | Cálculo de la pendiente hidráulica..... | 53 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 4.2.2. | Cálculo del diámetro de la tubería de impulsión | 54 |
| 4.2.3. | Cálculo del diámetro de la tubería de succión | 54 |
| 4.2.4. | Cálculo de la altura dinámica total | 55 |
| 4.3. | Determinación de la población futura y caudales de diseño..... | 56 |
| 4.3.1. | Determinación del período de diseño | 56 |
| 4.3.2. | Determinación de la población futura | 56 |
| 4.3.3. | Cálculo del caudal máximo diario | 56 |
| 4.3.4. | Cálculo del caudal máximo horario..... | 57 |
| CONCLUSIONES | | 59 |
| RECOMENDACIONES | | 60 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | 61 |
| ANEXOS | | 63 |
| PLANOS | | 64 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 : Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica..... | 13 |
| Tabla 2 : Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos..... | 14 |
| Tabla 3 : Parámetros de dotación de agua según guía de saneamiento básico..... | 16 |
| Tabla 4 : Parámetros de dotación de agua según la OMS..... | 16 |
| Tabla 5 : Dotación de agua fondo Perú Alemania..... | 16 |
| Tabla 6 : Granulometría del lecho filtrante..... | 26 |
| Tabla 7 : Velocidades máximas permisibles en tuberías..... | 31 |

Índice de figuras

| | | |
|-------------------|--|----|
| Figura 1: | Ubicación del proyecto..... | 4 |
| Figura 2: | Tipos de servicio eléctrico en las comunidades en estudio..... | 8 |
| Figura 3: | Sedimentador planta y corte longitudinal | 21 |
| Figura 4: | Ubicación de la pantalla difusora..... | 23 |
| Figura 5: | Pared difusora del sedimentador..... | 23 |
| Figura 6: | Corte longitudinal de un filtro lento de arena..... | 25 |
| Figura 7: | Estructura de salida del filtro lento..... | 27 |
| Figura 8: | Perfil de la línea de conducción..... | 27 |
| Figura 9: | Deflexión en una tubería..... | 33 |
| Figura 10: | Cámara rompe – presión..... | 35 |
| Figura 11: | Tipos de reservorio: Apoyado y elevado..... | 36 |
| Figura 12: | Tipos de redes de distribución..... | 40 |
| Figura 13: | Sistema abierto o ramificado..... | 41 |
| Figura 14: | Conexiones domiciliarias..... | 45 |
| Figura 15: | Micromedidor domiciliarias..... | 46 |
| Figura 16: | Distribución por gravedad..... | 47 |
| Figura 17: | Distribución por bombeo..... | 47 |

Índice de planos

| | | |
|------------|---|----------|
| 1. | Plano de ubicación y localización..... | PU |
| 2. | Plano clave de agua potable | PC |
| 3. | Plano topográfico..... | PT |
| 4. | Plano de ámbito de influencia del proyecto..... | PAI |
| 5. | Plano de redes de agua potable – Dos Unidos..... | PRA - 01 |
| 6. | Plano de redes de agua potable – Nueva Esperanza..... | PRA – 02 |
| 7. | Plano de redes de agua potable – El Caribe..... | PRA - 03 |
| 8. | Plano de instalaciones domiciliarias..... | PID - 01 |
| 9. | Plano de instalaciones domiciliarias..... | PID - 02 |
| 10. | Plano de planta y perfil longitudinal línea de conducción del KM 0+000 AL 1+500..... | PPL – 01 |
| 11. | Plano de planta y perfil longitudinal línea de conducción del KM 1+500 AL 3+000..... | PPL – 02 |
| 12. | Plano de planta y perfil longitudinal línea de conducción del KM 3+000 AL 2+299..... | PPL – 03 |
| 13. | Planta y perfiles long. Ramales – Dos Unidos..... | PPL – 04 |
| 14. | Plano de planta y perfil longitudinal línea de conducción del KM 3+000 AL 4+299..... | PPL – 05 |
| 15. | Planta y perfiles long. Ramales – El Caribe..... | PPL – 06 |

Resumen

El presente proyecto de tesis denominado “**Análisis de la demanda de agua potable con fines de rediseño de sistema de agua potable de la población de Dos Unidos, El Caribe y Nueva Esperanza, distrito de San Pablo, Bellavista, San Martín**”, se desarrolló en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

El presente trabajo surge de la necesidad de dar solución a los problemas existentes en la captación de agua potable que afectará a la población de las localidades, Dos Unidos, El Caribe y Nueva Esperanza debido al crecimiento de la población y a la antigüedad del sistema de suministro (mediante agua subterránea), que generaría un abastecimiento interrumpido en determinados a 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 una alternativa, 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 las localidades Dos Unidos, El Caribe y Nueva Esperanza.

El proyecto desarrollado a continuación consiste en la construcción de un Sistema de Agua Potable que brindará el servicio a 157 familias que viven en las comunidades indicadas.

Para esto se ha realizado los diseños del sistema de infraestructura hidrológica, ambiental, económica e hidráulica proyectada a 20 años, actualmente la comunidad cuenta con 202 habitantes y en la vida útil del sistema se tendrá una población final de 755 habitantes.

El aporte del Estudio de Impactos Ambientales, se concluye que no existe un impacto negativo de consideración, ya que no afecta ni a la flora, ni a la fauna del ecosistema.

Finalmente, para obtener conclusiones acerca de la factibilidad técnico-económica de sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano en el ámbito rural de la selva del Perú, se elaboró un presupuesto por sistema; comprobándose que la mayor incidencia en costos se produce por el transporte aéreo de los materiales a la zona de la obra.

Palabras clave: Rediseño, demanda, sistema, agua potable, factibilidad.

Abstract

The present thesis project called "Analysis of the demand for drinking water for the purpose of redesigning the drinking water system of the population of Dos Unidos, El Caribe and Nueva Esperanza, district of San Pablo, Bellavista, San Martín", was developed in the Faculty of Civil Engineering of the National University of San Martín - Tarapoto.

This work arises from the need to solve the problems existing in the collection of drinking water that will affect the population of the localities, Dos Unidos, El Caribe and Nueva Esperanza due to the population growth and the age of the supply system (through groundwater), which would generate an interrupted supply in certain of the population, which is even conditioned its health situation in the not too distant future. This is how it is foreseen through the analysis of an alternative, the improvement and expansion of the current supply system for the potable water supply system, with the purpose of satisfying the total water demand, for the locations of Dos Unidos, El Caribe and New Hope.

The project developed below consists of the construction of a Drinking Water System that will provide the service to 157 families living in the indicated communities.

For this, the designs of the hydrological, environmental, economic and hydraulic infrastructure system projected to 20 years have been made, currently the community has 202 inhabitants and in the useful life of the system will have a final population of 755 inhabitants.

The contribution of the Study of Environmental Impacts, it is concluded that there is no significant negative impact, since it does not affect either the flora or the fauna of the ecosystem.

Finally, to obtain conclusions about the technical-economic feasibility of water supply systems for human consumption in the rural area of the Peruvian jungle, a budget was elaborated per system; proving that the greater incidence in costs is produced by the aerial transport of the materials to the area of the work.

Keywords: Redesign, demand, system, drinking water, feasibility.



Introducción

En el presente trabajo que se ha investigado se ha previsto cuidadosamente el analizar cada uno de los parámetros para que pueda ser concebido de la manera más cercana y más óptima para la resolución de los requerimientos atendidos.

San Pablo es una de los distritos más importantes de la provincia de Bellavista, ya que posee una de las más importantes del Perú que posee altos niveles de biodiversidad, microclimas que permiten el desarrollo de especies únicas en el mundo.

El área de estudio corresponde a la zona oeste del distrito de San Pablo, que no cuenta con el servicio adecuado de agua potable.

Esta situación compromete la salud de la población, en especial de bajos recursos y se vuelve vulnerable a las enfermedades producidas por las condiciones del ambiente físico tales como: enfermedades de la piel, enfermedades bronquiales y gastrointestinales, lo que se traduce en pérdidas de horas de trabajo de esta población. En la población de menor edad la consecuencia es el ausentismo a las escuelas, aparte de contraer las enfermedades ya indicadas.

Siendo el agua el elemento vital para la supervivencia de los seres vivos y de la naturaleza el ser humano en comunidades organizadas debe poseer los servicios básicos como lo es el abastecimiento de agua. La ingeniería civil además de brindar un bienestar e infraestructuras en favor de la comunidad, le corresponde también vigilar y mantener un equilibrio en la naturaleza conservando el ciclo que debe cumplirse para que los recursos ya aprovechados vuelvan a ser utilizados, devolviéndolos en un estado ya tratado y no ofensivo, exento de las materias orgánicas, como producto de la descomposición. Esto se logra haciendo los correctos estudios de planeación, diseño y control del medio, desarrollo de los recursos naturales, construcciones, servicios de transporte y otras estructuras.

El diseño de un sistema de abastecimiento consta de dos componentes fundamentales: el trazado de la red y el diseño de la misma; para realizar adecuadamente el trazado de la red de distribución deben conocerse con anterioridad algunas características topográficas, población actual y futura, así como también criterios y especificaciones que establecen las normas técnicas de diseño para los sistemas de abastecimiento de agua.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Antecedentes del problema.

Actualmente no cuentan con el servicio de agua potable, los propios pobladores empíricamente unos han hecho sus conexiones entubadas y otros se abastecen a través de cisternas o depósitos de agua que acarrear del canal de riego , con el transcurrir del tiempo y el crecimiento poblacional estas aguas servidas actualmente desfogan en las calles de la localidad, constituyendo un foco infeccioso, razón por la cual la población solicita la ejecución necesaria e inmediata de este proyecto, ya que en las condiciones en que habitan actualmente su localidad esta es un constante peligro para la salud, y especialmente para la de su niñez.

Con este proyecto se pretende dar una alternativa para garantizar el servicio continuo de agua potable en condiciones aptas, la preservación de la salud pública y protección del medio ambiente. Además, la importancia que tiene el monitoreo de las aguas para los estudios relacionados con la cantidad, calidad y conservación de estos recursos. En general toda localidad que crece y se desarrolla, de igual manera crecen sus necesidades socio económicas y los servicios básicos de saneamiento, es decir las necesidades que en el inicio de la población eran secundarias cuando estas alcanzan su desarrollo se convierten en primarias e indispensables y algunas son inherentes a las personas convirtiéndose de esta manera en derechos tales como: Educación, salud, vivienda etc.

Una de esas necesidades básica para la localidad de Dos Unidos, El Caribe y Nueva Esperanza, es contar con los servicios de Agua Potable, tomando en cuenta que, al satisfacer dicha necesidad, contribuirá a mejorar notablemente la calidad de vida de la población. Actualmente, en el mundo la innovación de nuevos sistemas para abastecer de los diversos servicios de agua potable, constituyen una infraestructura de desarrollo social.

1.2. Exploración preliminar orientando la investigación

El agua que se capta en quebradas, pozos, lagos, etc. para que sea adecuada para el consumo humano, es necesario tratarla convenientemente para hacerla potable. Este proceso se denomina potabilización y se realiza a través de las plantas de tratamiento. A estas aguas se debe realizar un análisis fisicoquímico y bacteriológico la cual nos indicará las

características y/o concentración que el agua contiene (elementos químicos, Coliformes totales y termo tolerantes) y así tomar las medidas que correspondan.

En el tratamiento del agua para consumo humano se emplean diferentes procesos; la complejidad de estos dependerá de las características del agua cruda, en este proyecto de investigación, es necesario los procesos de captación, sedimentación, pre filtración, filtración lenta y desinfección, cada uno de estos consistiendo en primer lugar; con la captación, que se refiere en la selección del tipo de fuente de agua a captar (agua superficial por impulsión en el cauce el río mayo), luego esta pasa por el proceso de sedimentación, su principal objetivo es eliminar las partículas suspendidas en el agua por efecto de la fuerza de gravedad, bajo influencia de las partículas más pesadas tienden a sedimentarse desplazándose a una velocidad propia de la partícula; el siguiente paso es el proceso de pre filtración, que consiste en el pre tratamiento utilizando pre filtros de grava para disminuir la carga de material en suspensión antes de la filtración en arena, consta de varias cámaras llenas de piedras de diámetro creciente, en las cuales se retiene la materia en suspensión con diámetros hasta 10 mm; luego pasa por el proceso de filtración lenta, en esta, el agua proveniente de la pre filtración (pre filtro) culmina su proceso de sedimentación, donde las partículas o sedimentos más pequeños son tratados para lograr una purificación de agua a un 90%.

1.3. Aspectos generales del estudio

1.3.1. Ubicación geográfica donde se desarrollará el proyecto.

El distrito de San Pablo se encuentra ubicado en la provincia de Bellavista departamento de San Martín 273 msnm.

Los límites del distrito de San Pablo son:

Por el Norte : Limita con la provincia de El Dorado.

Por el Sur : Limita con el distrito de San Rafael.

Por el Este : limita con la provincia de Picota.

Por el Oeste : limita con el distrito de Bellavista.

Ubicación

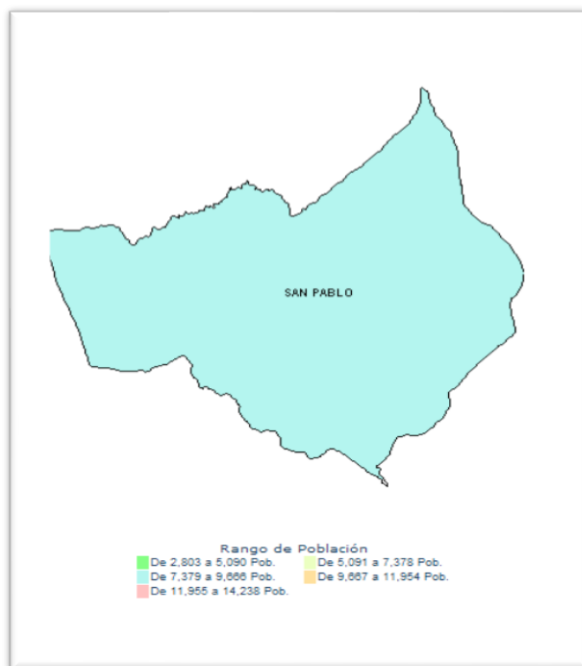
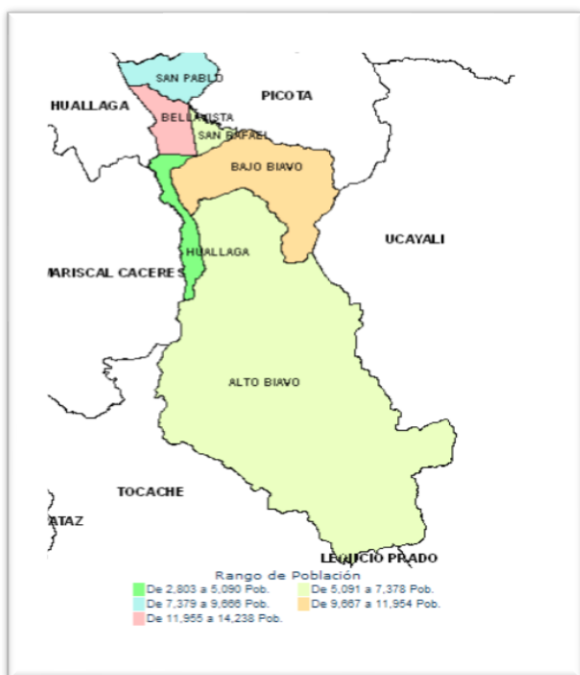


Figura 1: Ubicación del proyecto.

1.3.2. Aspectos generales de la zona del proyecto

1.3.2.1. Vías de Acceso

La principal vía de acceso a la zona de estudio es la carretera que une el distrito de San Pablo con sus centros poblados y comunidades campesinas, siendo los medios de transporte más comunes que utiliza la población las líneas de transporte terrestre y en moviidades particulares, se hace partiendo de San Pablo como se detalla en el siguiente cuadro:

Tabla 1

Ruta 01- Acceso desde el distrito de San Pablo

| De - A | Distancia | Tiempo | Vía | M. transporte |
|-----------------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|
| San Pablo - Dos Unidos | 4 km | 0.05 hrs | Pavimentada | Vehículo motorizado |
| San Pablo - El Caribe | 2 km | 0.20 hrs | Afirmada | Vehículo motorizado |
| San Pablo - Nueva Esperanza | 7.5 km | 0.75 hrs | Afirmada | Vehículo motorizado |
| Total | 13.5 km | 1.20 hrs | Afirmada | Vehículo motorizado |

Fuente: Elaboración propia.

1.3.2.2. Clima

La zona donde se emplaza el proyecto corresponde, según la clasificación de Koppen, al de la Selva Tropical permanente húmeda (llamada también bosques tropicales húmedos), debido a la gran cantidad de vapor de agua en el aire. Acompañan a estas características, temperaturas cálidas (promedio mensual de 20 °C a 33 °C) y precipitaciones de 2,000 a 3,000 mm. La variación térmica diaria es perceptible y el calor se siente a lo largo del día y de la noche. Es decir, la zona de estudio presenta un clima cálido, húmedo y lluvioso. De acuerdo a los datos recogidos en campo, la mayor intensidad de lluvia en las comunidades en estudio se registra entre los meses de noviembre a Abril.

Temperatura media promedio ha sido de 25.81 °C, y ha presentado una temperatura media mínima de 25.38 °C y una temperatura media máxima de 26.38 °C, teniendo temperaturas elevadas, propias de la llanura Amazónica. Con respecto a la temperatura máxima se ha registrado un promedio de 32.06 °C y se ha registrado 21.93 °C de temperatura mínima.

La humedad relativa promedio de la data de registros tomada corresponde a 85.38%, y la presión relativa máxima es de 87.90% y una presión relativa mínima de 81.44%.

1.3.2.3. Fisiografía

La topografía del área es, mayormente, plana no inundable. Los suelos son generalmente, de baja pendiente y pobre drenaje, de fertilidad media a baja; pero a lo largo del río Sisa existen planicies de inundación fértiles y no inundadas durante la época del nivel bajo de los ríos.

1.3.2.4. Características del suelo

Los suelos son muy heterogéneos, pero casi todos son de origen fluvial, es decir, provienen de los sedimentos arrastrados desde los andes a través de millones de años y que han sufrido procesos de transformación, dando origen a diversos tipos de suelos. Los principales son: suelos rojos y amarillos, ácidos y de baja fertilidad natural, profundos, bien drenados y con contenido de arcilla.

En anexo adjunto se muestran los resultados del estudio de suelos. Realizado en la zona de estudio.

1.3.2.5. Características Socio Económicas

La principal actividad económica es la agricultura, complementándose esta actividad con la ganadería. El comercio, también es una fuente de ingreso para la población pero en menor medida.

En su mayoría se dedican al cultivo y producción de arroz, sin embargo los entrevistados aducen, que los dueños de las parcelas con mayor producción viven en las ciudades de Tarapoto y Bellavista, y que las personas que radican en las localidades, son en su mayoría jornaleros, por lo que de acuerdo a una encuesta socio económica que se realizó, tanto a los pobladores que gozan del servicio de agua potable, como a los que no tienen el servicio, en su mayoría destacan que sus ingresos se encuentran alrededor de los S/. 750.00 a S/. 800.00 nuevos soles mensuales.

1.3.3. Estado situacional

1.3.3.1. Población

Los centros poblados rurales de Dos Unidos, El Caribe y Nueva Esperanza, cuenta con una población de 755 habitantes con una densidad poblacional de 4.81 habitantes/vivienda, asentadas de forma concentrada, considerada rural y serán beneficiados directamente por el proyecto, a continuación presentamos en el cuadro la población que será beneficiado directamente con el proyecto.

Población y zona afectada

| Localidad | Vivienda | Familia | Población |
|------------------------|------------|------------|------------|
| Dos Unidos | 68 | 68 | 327 |
| El Caribe | 58 | 58 | 278 |
| Nueva Esperanza | 31 | 31 | 150 |
| Total población | 157 | 157 | 755 |

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos ver en el cuadro que la población afectada de los centros poblados rurales de Dos Unidos, El Caribe y Nueva Esperanza, está conformado por 157 viviendas que conforman 157 familias, que serán beneficiados directamente con el proyecto **“Análisis de la demanda de agua potable con fines de rediseño de sistema de agua potable de la población de Dos Unidos, El Caribe y Nueva Esperanza, distrito de San Pablo, Bellavista, San Martín”**

1.3.3.2. Vivienda

Las viviendas están construidas en su mayoría con material de la zona, con paredes de adobe y techos de calamina, con la arquitectura típica del lugar. Predominándose en la mayoría la mala distribución.

1.3.4. Servicio público

El acceso a los servicios básicos para la población beneficiaria es uno de los aspectos donde se evidencia la condición de atraso en que se vive en pleno Siglo XXI, en adelante se realiza un breve análisis del acceso a los servicios básicos fundamentales como es el agua potable y la electricidad, entre otros.

1.3.4.1. Educación

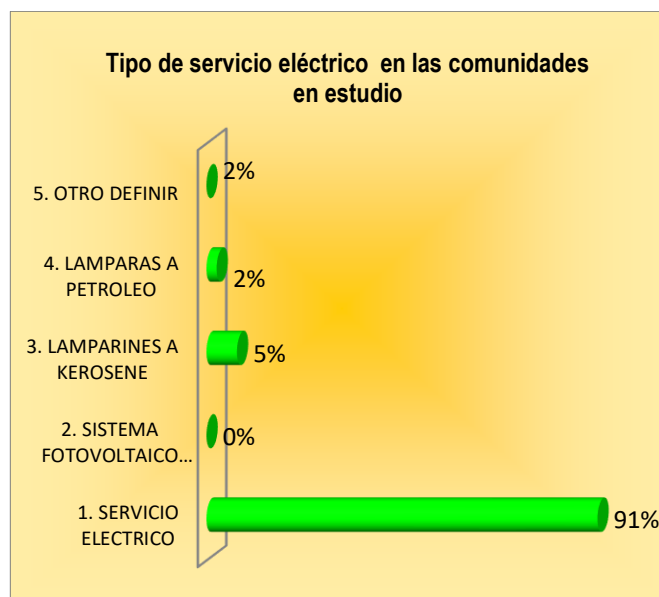
Cuentan con Instituciones Educativas del nivel inicial, primario y secundario (estatal).

Para elevar la calidad de la educación es necesario actualizar los contenidos de las asignaturas, realizar un rediseño del sistema educativo para adecuarlo a los tiempos actuales, en lo técnico y en lo científico, y en lo metodológico pedagógico. Adecuarlo en la formación de mujeres y hombres con confianza en sí mismos y en sus capacidades, responsables, con una cultura empresarial, empeñosos e innovadores, respetuosos de los derechos de todos, honestos y participativos, y para cubrir el universo de población escolar en todos los niveles del sistema educativo, será necesario incrementar el número de aulas y mejorar la calidad de

un buen porcentaje de las existentes y será necesario aumentar la cantidad de docentes. Es necesario desarrollar programas de alfabetización de adultos

1.3.4.2. Energía eléctrica

El instrumento de iluminación que utilizan las viviendas en horas de la noche: el 91% utiliza el servicio eléctrico, el 0% utiliza sistemas fotovoltaicos, el 5% lamparines a kerosene, el 2% lámparas a petróleo y otros el 2%, como se muestra la gráfica.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes, planteamiento, delimitación y formulación del problema

2.1.1. Antecedentes del problema

El presente proyecto de Investigación se vio en la necesidad de reunirse con la población involucrada ha visto por conveniente, plantear y priorizar la necesidad de contar con la instalación de los servicios básicos de Agua Potable en las localidades de Dos Unidos, El Caribe y Nueva Esperanza, ante la situación negativa que actualmente están atravesando, porque siendo comunidad productora agropecuaria y el incremento poblacional permanente debido a las tierras agropecuaria, la gente los pobladores se ven desesperados de contar con algún tipo de servicio de agua potable, debido que actualmente consumen agua de lluvia, algunas corrientes de aguas para el consumo humano.

El conocimiento de las necesidades primarias de la población, como el de tener un adecuado consumo de agua, es de vital importancia para la realización de una planificación ordenada y coherente de actividades, dirigidas al desarrollo de los pueblos y especialmente de las comunidades rurales oriundas de nuestra Región San Martín. Tener un adecuado sistema de agua potable que permitirá promover el desarrollo de éstos, con las diferentes actividades productivas que se requieren para tal fin, y los medios que permitan la realización de lo mencionado, sobre todo en el aspecto de servicios.

Por todo lo anteriormente mencionado es necesario e imprescindible modificar la situación negativa que aqueja a la población de las localidades de Dos Unidos, El Caribe y Nueva Esperanza.

Es por ello que el proyecto de investigación de tesis “**Análisis de la demanda de agua potable con fines de rediseño de sistema de agua potable de la población de Dos Unidos, El Caribe y Nueva Esperanza, distrito de San Pablo, Bellavista, San Martín**”

2.1.2. Planteamiento del problema

Las deficientes condiciones de la prestación del servicio de agua potable en la localidades de Dos Unidos, El Caribe y Nueva Esperanza, tales como, abastecimiento de agua de mala calidad con presencia de bacterias fecales sin el tratamiento respectivo, baja cobertura y discontinuidad del servicio y la existencia de sectores con baja presión de agua.

2.1.3. Formulación del problema

Bajo estas premisas, nos encontramos en la obligación de respondernos la siguiente interrogante:

¿De qué manera el análisis de la demanda de agua potable con fines de rediseño de sistema de agua potable de la población de Dos Unidos, El Caribe y Nueva Esperanza, distrito de San Pablo, Bellavista, San Martín, ¿permitirá contar con un servicio eficiente para satisfacer las necesidades básicas de la población?

2.2. Objetivos: generales y específicos

2.2.1. Objetivo general

Analizar la demanda de agua potable con fines de rediseño de sistema de agua potable de la población de Dos Unidos, El Caribe y Nueva Esperanza, distrito de San Pablo, Bellavista, San Martín,

2.2.2. Objetivos específicos

Obtener la demanda de la población, mediante censos y encuestas.

Realizar los estudios básicos de ingeniería: Topografía y mecánica de suelos.

Calcular los parámetros de diseño (población futura, caudal de diseño, etc.) del agua.

realizar el diseño hidráulico de los componentes del sistema captación, planta de tratamiento (Sedimentador, pre-filtro, filtro lento), Línea de conducción, reservorios, línea de aducción, redes de distribución y conexiones domiciliarias.

Elaborar los planos de los componentes del sistema de agua potable.

2.3. Justificación de la investigación

En las localidades de Dos Unidos, El Caribe y Nueva Esperanza, al igual que muchas localidades del interior de la región y país, son perjudicadas por la carencia de servicios de agua potable de buena calidad a pesar de contar con recursos hidrológicos en las zonas que podrían garantizar su utilización adecuada.

El proyecto de investigación se plantea como consecuencia de la urgente necesidad de dotar de un sistema de abastecimiento de agua potable para las localidades que permitan la conducción del agua en óptimas condiciones para el consumo humano.

2.5.2. Marco teórico o fundamentación teórica de la investigación requisitos de calidad del agua para el consumo humano.

2.5.2.1. Agua apta para el consumo humano

Es toda agua inocua para la salud que cumple los requisitos de calidad establecidos en el presente Reglamento.

Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua.

Se consideran importantes las siguientes:

2.5.2.2. Características del agua

2.5.2.2.1. Características físicas del agua

2.5.2.2.1.1. Turbiedad

Es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que, por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado.

2.5.2.2.1.2. Color

Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella.

Esta característica del agua se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etcétera.

2.5.2.2.1.3. Olor y sabor

El sabor y el olor están estrechamente relacionados; por eso es común decir que “A lo que huele, sabe el agua”.

Estas características constituyen el motivo principal de rechazo por parte del consumidor.

Temperatura: Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, sedimentación y filtración (BARRENECHEA, A; 2004).

Tabla 1*Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica*

| Parámetros | Unidad de medidas | 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°) | umho/cm | 1500 |
| 7. Sólidos totales disueltos | mg l ⁻¹ | 1000 |
| 8. Cloruros | mg Cl L ⁻¹ | 250 |
| 9. Sulfatos | mg SO ₄ L ⁻¹ | 250 |
| 10. Dureza total | mg CaCO ₃ L ⁻³ | 500 |
| 11. Amoníaco | mg N L ⁻¹ | 1.5 |
| 12. Hierro | mg Fe L ⁻¹ | 0.3 |
| 13. Manganeso | mg Mn L ⁻¹ | 0.4 |
| 14. Aluminio | mg Al L ⁻¹ | 0.2 |
| 15. Cobre | mg Cu L ⁻¹ | 2.0 |
| 16. Zinc | mg Zn L ⁻¹ | 3.0 |
| 17. Sodio | mg Na L ⁻¹ | 200 |

UCV= Unidad de color verdadero
UNT= Unidad nefelométrica de turbiedad

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

2.5.2.2.2. Características químicas del agua

El agua, como solvente universal, puede contener cualquier elemento de la tabla periódica. Sin embargo, pocos son los elementos significativos para el tratamiento del agua cruda con fines de consumo o los que tienen efectos en la salud del consumidor.

2.5.2.2.3. Características microbiológicas del agua

Toda agua destinada para el consumo humano, como se indica en la tabla 02, debe estar exenta de:

Bacterias coliformes totales, termo tolerantes y Escherichiacoli. Virus.

Huevos y larvas de helmintos, quistes y/o quistes de protozoarios patógenos. Para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C.

Tabla 2

Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos.

| Límites permisibles de parámetros Microbiológicos y parasitológicos | | |
|--|-------------------------|---------------------------------|
| Parámetros | Unidad de medida | Límite máximo permisible |
| 1. Bacterias califormes 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 larvar de helmintos, quistes y coquistes de protozoarios patógenos | N° org/L | 0 |
| 6. Virus | UFC/ml | 0 |
| 7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, capépados, toríferos, nemátodos en todos sus estudios evolutivos. | N° 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.

2.5.2.3. Parámetros de diseño

2.5.2.3.1. Periodo de diseño

Es la determinación del tiempo para el cual se considera funcional el sistema, intervienen una serie de variables que deben ser evaluadas para lograr un proyecto económicamente viable. Por lo tanto, el periodo de diseño puede definirse como el tiempo en el cual el sistema será 100% eficiente, ya sea por capacidad en la conducción del gasto deseado o por la existencia física de las instalaciones.

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.

Tomando en consideración los factores señalados se debe establecer para cada caso el periodo de diseño aconsejable.

A continuación, se indican algunos rangos de valores asignados para los diversos componentes de los sistemas de abastecimiento de agua potable para poblaciones rurales:

Obras de captación: 20 años. Conducción: 10 a 20 años.

Reservorio: 20 años.

Redes: 10 a 20 años (tubería principal 20 años, secundaria 10 años).

Para todos los componentes, las normas generales para proyectos de abastecimiento de agua potable en el medio rural del Ministerio de Salud recomiendan un periodo de diseño de “20 años”.

2.5.2.3.2. Población de diseño

Las obras de agua potable se diseñan no solo para satisfacer una necesidad del momento actual, sino que deben prever el crecimiento de la población en un determinado período de tiempo prudencial que varía entre 10 y 40 años, siendo necesario estimar cual será la población futura al final de este período. Con la población futura se determina la demanda de agua para el final del periodo de diseño.

2.5.2.4. Métodos analíticos

Presuponen que el cálculo de la población para una región dada es ajustable a una curva matemática. Es evidente que este ajuste dependerá de las características de los valores de población censada, así como de los intervalos de tiempo en que estos se han medido.

Dentro de los métodos analíticos tenemos:

2.5.2.5. Dotación de agua

“Es la cantidad de agua necesaria para satisfacer apropiadamente los requerimientos de un determinado núcleo urbano, generalmente expresada en litros por persona por día (lppd).

La dotación se forma de la suma de los requerimientos razonables correspondientes a los usos que conforman el abastecimiento.”(López, R; 2009)

Establece el consumo de agua doméstico, en el ámbito rural, en base a recomendaciones normativas de litros/habitante/día (dotación). Dependiendo del sistema de disposición de excretas, puedes tener en consideración estos valores: (PNSR; 2004)

Tabla 3*Parámetros de dotación de agua según guía de saneamiento básico*

| Consumo de agua doméstico, dependiendo del sistema de disposición de excretas utilizado | | |
|---|----------------------------------|--|
| Región geográfica | Letrinas sin arrastre hidráulico | Letrinas con arrastre hidráulico ¹⁰ |
| Costa | 50 a 60 l/h/d | 90 l/h/d |
| Sierra | 40 a 50 l/h/d | 80 l/h/d |
| Selva | 60 a 70 l/h/d | 100 l/h/d |

Fuente: Guía para la elaboración de proyectos de agua potable y saneamiento del programa nacional de saneamiento rural – PNSR.

Tabla 4*Parámetros de dotación de agua según la OMS*

| Población | Clima | |
|------------------------|-------|--------|
| | Frio | Cálido |
| Rural | 100 | 100 |
| 2,000 – 10,000 | 120 | 150 |
| 10,000 – 50,000 | 150 | 200 |
| 50,000 | 200 | 250 |

Fuente: Manual de Proyectos de Agua potable en Poblaciones Rurales Lppd= litros por persona al día

Tabla 5*Dotación de agua fondo Perú Alemania*

| Tipo de proyecto | Dotación (lppd) |
|--|-----------------|
| Agua potable domiciliaria con alcantarillado | 100 |
| Agua potable domiciliarias con letrinas | 50 |
| Agua potable con piletas | 30 |

Fuente: Manual de Proyectos de Agua potable en Poblaciones Rurales Lppd= litros por persona al día

La tendencia a mediano plazo es que las letrinas cambien a alcantarillado y las piletas a instalaciones domiciliarias, por tanto, en lo posible, se recomienda diseñar instalaciones a futuro con dotaciones de 100 lppd. (García, E; 2009).

2.5.2.6. Variación de consume

“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. La variación del consumo está influenciada por diversos factores tales como: tipo de actividad, hábitos de la población, condiciones de clima, etc. (Agüero, R; 1997).

2.5.2.7. Consumo promedio diario anual (QM)

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:

$Pfx \text{ dotacion}(d)$

$Q_m =$ Consumo promedio diario (l/s). $P_f =$ Población futura (hab.).

$d =$ Dotación (lts/hab./día).

Para dimensionar la capacidad de los elementos se tendrá en cuenta:

2.5.2.8. Pérdidas físicas de agua.

Pérdidas reales de agua potable producida pero no utilizada. Puede ser resultado de: Fugas en las tuberías en mal estado.

Rebose no controlado en los reservorios.

Agua utilizada para limpieza de las unidades de la planta de tratamiento, entre otros. Las pérdidas se estiman como porcentaje de la producción:

2.5.2.8.1. Consumo máximo diario (Qmd)

La demanda de agua tiene un comportamiento estacional, pues se incrementa en épocas calurosas y se reduce en estaciones frías. El abastecimiento de agua potable debe prepararse para satisfacer la demanda aún en los días de mayor calor del año. El caudal requerido en el día de máximo consumo se denomina Demanda máxima diaria (Qmd), y se obtiene al multiplicar el Q promedio por el coeficiente máximo diario, el cual, de acuerdo a lo recomendado por el sector es de 1.3, y se obtiene según la siguiente expresión:

$$Q_{md} [\text{en l/seg.}] = Q_{\text{promedio}} [\text{en l/seg.}] * K1 \dots \dots \dots (05)$$

Dónde:

Q_{md} = consumo máximo diario (lts/s)

K_1 = coeficiente del caudal máximo diario, según (GFPIE; 2011) para el consumo máximo diario se considera un valor de 1.3 veces el consumo promedio diario anual.

Q_m = consumo promedio diario anual.

El Q_{md} se utiliza como dato principal para el dimensionamiento de componentes que se ubican antes de los reservorios como captación, producción y conducción a las plantas de tratamiento y/o reservorios.

2.5.2.8.2. Consumo máximo horario (Q_{mh})

La demanda también es variable en el día, por ello se adopta un segundo factor de corrección. La variación es absorbida por el reservorio de regulación y por la capacidad de las redes de distribución. Estas últimas se diseñan para atender la demanda máxima horaria (Q_{mh}), la cual se determina multiplicando por el coeficiente máximo horario de 2.0 de la siguiente forma:

$$Q_{mh} [\text{en l/seg.}] = Q_{promedio} [\text{en l/seg.}] * K_2 \dots \dots \dots (06)$$

Dónde:

Q_{mh} = consumo máximo horario (lts/s)

K_2 = coeficiente del caudal máximo diario, según (GFPIE; 2011) para el consumo máximo diario se considera un valor de 2 veces el consumo promedio diario anual.

Q_m = consumo promedio diario anual.

2.5.2.9. Componentes del sistema de agua potable**2.5.2.9.1. Captación**

La captación se diseñará con el caudal máximo diario. Se diseñará con el caudal máximo horario cuando el caudal de la fuente sea mayor al caudal máximo diario requerido y no se considerará una estructura de regulación, previo un análisis económico.

En el diseño deberá considerar los otros usos de la fuente, para lo cual si fuera el caso se diseñará estructuras complementarias, evitando el riesgo sanitario al sistema.

2.5.2.9.2. Aguas superficiales

2.5.2.9.2.1. Ríos

En el diseño, deberá considerarse que los caudales de captación usualmente no serán mayores a 5 l/seg., por tanto, el diseño básico consistirá en:

Defensa ribereña. Bocal con compuerta.

Canal entre bocal y desarenador. Desarenador con vertedor de excedencias. Rejilla para ingreso de tubería.

En casos justificados se construirá un barrage en el río. La información básica para el diseño será:

Área de la cuenca hidrográfica, altitud y precipitación pluvial mensual. Caudales medios y extremos mensuales.

Transporte de sedimentos. Derechos de terceros sobre el agua.

Fuentes de contaminación física, química y bacteriológica. Geología para la cimentación de las obras.

Ubicación y características de agregados para las obras de concreto. Acceso a la zona de construcción.

2.5.2.9.2.2. Canales

La captación del canal puede hacerse mediante un orificio en el muro lateral del canal, regulado con compuerta o válvula compuerta, para luego ingresar al agua o un desarenador y de aquí a la línea de conducción con parrilla en el ingreso al tubo.

La información para el diseño será:

Continuidad de conducción del agua en el canal en el año.

Derecho de uso del agua para el agua potable.

Calidad del agua (químico, físico y bacteriológico) / transporte de sedimentos.

2.5.2.9.3. Aguas subterráneas

2.5.2.9.3.1. Sistema convencional

2.5.2.9.3.1.1. Manantiales

La estructura de captación se construirá de material impermeable, para obtener el máximo

rendimiento de la fuente. Se deberá tener presente las variaciones de nivel de la fuente con relación al ingreso a la caja, para mantener una captación permanente de agua. Deberá contar con canales de drenaje de coronación para evitar la contaminación por las aguas superficiales y se construirá un cerco perimétrico de protección. Se diseñará con todos los accesorios necesarios para la operación y mantenimiento, dotándosele de todas las protecciones sanitarias.

2.5.2.9.3.1.2. Pozos perforados

La elección y ubicación del o los pozos deberá ser fijada en base a información y evaluación referente al rendimiento de los pozos existentes, años de producción, calidad del agua y las variaciones estacionales del nivel de agua.

2.5.2.9.3.1.3. Pozos excavados

La elección y ubicación del o los pozos, deberá ser determinada por las características de los pozos existentes o por estudios realizados en un pozo de prueba. Se considerará el número de pozos necesarios para el sistema, de acuerdo con el caudal de diseño. Se ubicará(n) en zonas no inundables, considerándose los procesos constructivos. Cada pozo se deberá diseñar para obtener el mayor rendimiento del acuífero, considerándose la protección contra posible contaminación por aguas superficiales, infiltraciones, riego agrícola, residuos sólidos y otros. La profundidad del pozo excavado se determinará en base a la profundidad del nivel estático de la napa y de la máxima profundidad que técnicamente se pueda excavar por debajo del nivel estático. El revestimiento del pozo excavado deberá ser con anillos de concreto tipo deslizante o fijo, ciego hasta el nivel estático y con aberturas por debajo de él. La distancia mínima entre un pozo de agua destinado a consumo humano y una letrina o un sistema de percolación será de 25 m. El pozo de agua se ubicará en una cota superior con respecto al pozo de la letrina.

2.5.2.9.3.1.4. Galerías filtrantes.

Serán diseñadas de acuerdo al corte geológico, obtenido mediante pruebas y estudios del rendimiento del acuífero. Se ubicarán en forma transversal o longitudinal de tal modo que permitan el máximo aprovechamiento de la corriente de agua subterránea, y a una profundidad no menor de 2 m de la clave de la tubería. El diámetro mínimo de la tubería recolectora perforada será de 100 mm. La tubería estará recubierta con grava clasificada y luego con material de relleno clasificado hasta el nivel del terreno natural.

2.5.2.9.3.2. Sistema no convencional

2.5.2.9.3.2.1. Manantial protegido.

La captación deberá cumplir con los mismos requisitos establecidos para captación de manantiales en sistemas convencionales. En caso de fuente de escaso rendimiento, la estructura de captación se construirá para captar el total del rendimiento de la fuente.

2.5.2.9.3.2.2. Pozo equipado con bomba manual.

El pozo deberá cumplir con los mismos requisitos establecidos para captación de pozos excavados en sistemas convencionales.

Para este tipo de sistema se considerará el número de pozos necesarios para el sistema, de acuerdo al grado de dispersión de la población. Asimismo, se deberá indicar los niveles de agua y la producción de cada pozo.

2.5.2.9.4. Sedimentador

La sedimentación es un proceso muy importante. Las partículas que se encuentran en el agua pueden ser perjudiciales en los sistemas o procesos de tratamiento ya que elevadas turbiedades inhiben los procesos biológicos y se depositan en el medio filtrante causando elevadas pérdidas de carga y deterioro de la calidad del agua efluente de los filtros.

Los procedimientos de separación de material muy grueso (rejillas: gruesas y finas) se realizan o están relacionadas a las captaciones, se considera como pre tratamientos y acondicionamientos previos en la planta, a unidades como desarenadores y sedimentadores.

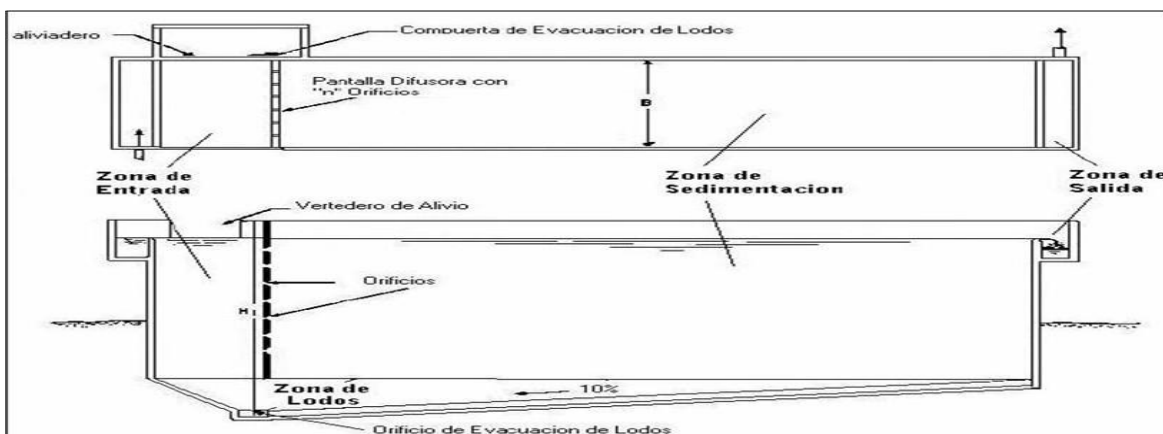


Figura 1. Sedimentador Planta y corte longitudinal (*Fuente:* OPS/CEPIS – Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores)

2.5.2.9.5. Zona de entrada

Estructura hidráulica de transición, que permite una distribución uniforme del flujo dentro del sedimentador.

2.5.2.9.6. Zona de sedimentación

Consta de un canal rectangular con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que sedimenten las partículas. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos, flujo pistón.

2.5.2.9.7. Zona de salida

Constituida por un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones que tienen la finalidad de recolectar el efluente sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas.

2.5.2.9.8. Zona de recolección de lodos

Constituida por una tolva con capacidad para depositar los lodos sedimentados, y una tubería y válvula para su evacuación periódica.

2.5.2.10. Criterios de diseño

El periodo de diseño, teniendo en cuenta criterios económicos y técnicos es de 8 a 16 años.

El número de unidades mínimas en paralelo es de dos (02) para efectos de mantenimiento.

El periodo de operación es de 24 horas por día.

El tiempo de retención será entre 2 - 6 horas.

La carga superficial será entre los valores de 2 - 10 m³/m²/día. La profundidad del sedimentador será entre 1,5 - 2,5 m.

La relación de las dimensiones de largo y ancho (L/B) será entre los valores de 3 a 6.

La relación de las dimensiones de largo y profundidad (L/H) será entre los valores de 5 - 20.

El fondo de la unidad debe tener una pendiente entre 5 a 10% para facilitar el deslizamiento del sedimento.

La velocidad en los orificios no debe ser mayor a 0,15 m/s para no crear perturbaciones dentro de la zona de sedimentación.

Se debe aboquillar los orificios en un ángulo de 15° en el sentido del flujo.

La descarga de lodos se debe ubicar en el primer tercio de la unidad, pues el 80% del volumen de los lodos se deposita en esa zona.

Se debe efectuar experimentalmente la determinación del volumen máximo que se va a producir.

El caudal por metro lineal de recolección en la zona de salida debe ser igual o inferior a 3 l/s.

Se debe guardar la relación de las velocidades de flujo y las dimensiones de largo y altura.

$$H = V \dots \dots \dots (7)$$

La sección de la compuerta de la evacuación de lodos (A2) debe mantener la relación. Donde t es el tiempo de vaciado $t = \frac{V}{A_2 \cdot v} \dots \dots \dots H$

$$A_2 = 4850 * \dots \dots \dots (08)$$

La ubicación de la pantalla difusora debe ser entre 0,7 a 1,00 m de distancia de la pared de entrada.

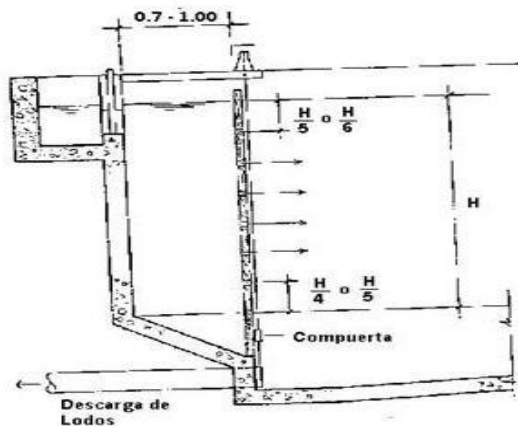


Figura 2. Ubicación de la pantalla difusora (Fuente: OPS/CEPIS – Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores).

Los orificios más altos de la pared difusora deben estar a 1/5 o 1/6 de la altura (H) a partir de la superficie del agua y los más bajos entre 1/4 o 1/5 de la altura (H) a partir de la superficie del fondo

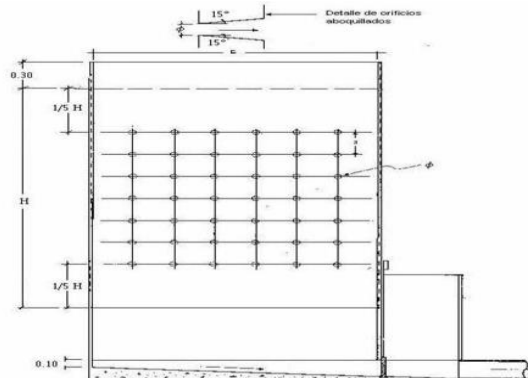


Figura 3. Pared difusora del sedimentador (Fuente: OPS/CEPIS – Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores)

2.5.2.11. Pre-Filtro de grava de flujo horizontal

Para establecer el caudal de operación de todo el sistema, si ésta es la primera unidad de la estructura de entrada sistema de tratamiento considerado, deberá anteponerse una caja de concreto con un vertedero triangular.

La está constituida por un canal y un muro de ladrillo hueco, cuya función es distribuir uniformemente el caudal en toda la sección.

La zona de filtración está conformada por canales divididos en tres o más tramos llenos de grava de diferentes diámetros, dispuestos en sentido decreciente.

La longitud de los tramos es variable y depende de la calidad del agua, del tamaño de la grava y de la velocidad de filtración.

Las paredes anterior y posterior de cada tramo deberán ser muros de ladrillo hueco, para permitir una distribución uniforme y adecuada del flujo.

Cada tramo debe tener su sistema de limpieza, consistente en una tolva para facilitar el deslizamiento y depósito del sedimento, un canal de evacuación de lodos techado con losas de concreto separadas por ranuras, compuerta y cámara de drenaje. Las ranuras o separaciones de las losas del canal se diseñan para obtener una velocidad de descarga que asegure la extracción instantánea de la mayor parte del lodo contenido en la tolva. Las tolvas estarán rellenas con piedra de 2" a 3" de diámetro.

La estructura de salida está constituida por un muro de ladrillo hueco y un canal independiente para cada unidad.

2.5.2.11.1. Ventajas

En general, son más eficientes que los sedimentadores por la gran superficie específica disponible en la grava. Cuando opera con carreras largas, no sólo remueve partículas inertes, sino también microorganismos.

Las carreras de trabajo se pueden alargar mediante descargas hidráulicas y el lavado de la grava se puede distanciar, por lo menos, hasta que concluya la época de lluvia. Es posible lograr una periodicidad de dos a tres años, dependiendo de la turbiedad máxima del afluente.

2.5.2.11.2. Restricciones

Profundidades mayores de 1.5 m y anchos mayores de 5.0 m dificultan la limpieza de la unidad. En general, se recomiendan profundidades no mayores de 1.0 m y anchos máximos

de 4.0 m. Estas recomendaciones restringen el uso de estas unidades a caudales pequeños; la otra alternativa es considerar muchas unidades en paralelo.

Turbiedades mayores de 300 UNT demandan unidades de 8 a 16 m de largo.

2.5.2.11.3. Criterios de diseño

Velocidades de filtración de 0.50 a 2.0 m/h, variables en razón inversa a la calidad del agua. Grava de 1/4" a 2", colocada en sentido decreciente. En contacto con los muros perforados se colocará material de diámetro mayor que el de los orificios.

Longitudes de tramos de 1 a 5 m, variables en sentido inverso con el diámetro de la grava. Tasa de diseño para el sistema de limpieza de 1.3 m³/m² de área de prefiltro.

La instalación debe proporcionar la carga hidráulica necesaria para compensar las pérdidas de carga por fricción, ocasionadas por la velocidad vertical de vaciado del sistema.

La grava debe tener de 0.20 a 0.30 m de altura adicional por encima de nivel normal de operación, para evitar cortocircuitos por encima de la superficie de la grava, cuando se haya alcanzado la pérdida de carga máxima.

2.5.2.12. Filtro lento

Una unidad de filtración lenta en arena consta generalmente de los siguientes elementos: a) caja de filtración y estructura de entrada, b) sistema de drenaje, c) lecho filtrante, d) capa de agua sobrenadante y e) dispositivos para regulación, control y rebose.

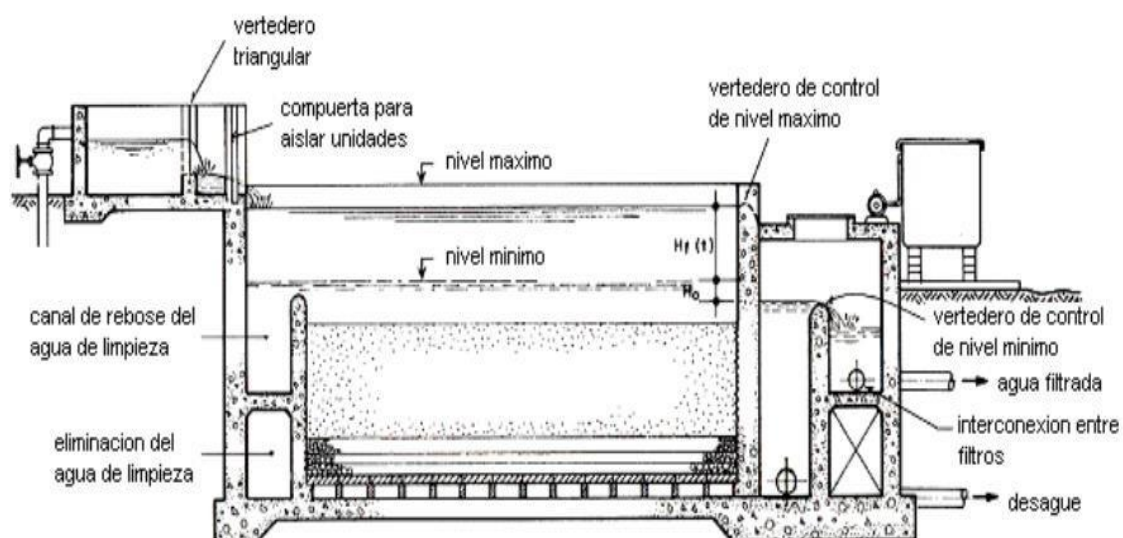


Figura 4. Corte longitudinal de un filtro lento de arena (**Fuente:** OPS/CEPIS – Planta de tratamiento de filtros lentos)

2.5.2.12.1. Caja de filtración y su estructura de entrada

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 del filtro. La estructura consta de un vertedor de excesos, canales o conductos para distribución, dispositivos para medición y control de flujo, cámara de entrada y ventana de acceso al filtro propiamente dicho.

2.5.2.12.2. Lecho filtrante

El medio filtrante debe estar compuesto por granos de arena duros y redondeados, libres de arcilla y materia orgánica. La arena no debe contener más de 2% de carbonato de calcio y magnesio.

Tabla 6

Granulometría del lecho filtrante

| Criterios de Diseño | Valores Recomendados |
|--|----------------------|
| Altura de arena (m) | |
| Inicial | 1.00 |
| Mínima | 0.50 |
| Diámetro efectivo (mm) | 0.15 - 0.35 |
| Coefficiente de uniformidad | |
| Aceptable | < 3 |
| Deseable | 1.8 - 2.0 |
| Altura del lecho de soporte, incluye drenaje (m) | 0.1 - 0.3 |

Fuente: OPS/CEPIS- plantas de tratamiento de filtros lentos

La velocidad de filtración varía entre los 0.1 y 0.2 m/h dependiendo de la calidad del agua cruda. A mayor contaminación del agua afluente menor velocidad de filtración. La altura del agua sobre el lecho filtrante puede variar entre 1.0 y 1.50 m.

2.5.2.12.3. Sistema de drenaje, que incluye lecho de soporte y cámara de salida

El nivel mínimo del filtro se controla mediante el vertedero de salida, el cual se debe ubicar en el mismo nivel o 0.10 m. por encima de la superficie del lecho filtrante

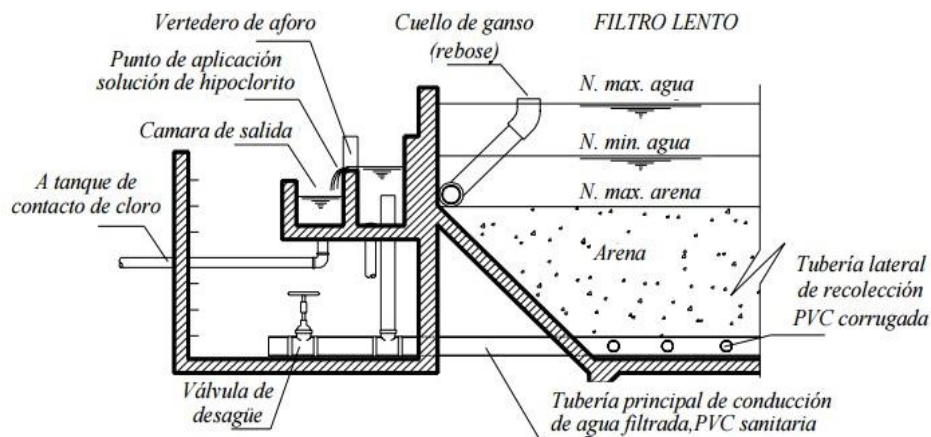


Figura 5. Estructura de salida del filtro lento (**Fuente:** OPS/CEPIS- plantas de tratamiento de filtros).

2.5.2.12.4. Capa de agua sobrenadante

Se recomienda una altura de agua sobrenadante de 1.0 a 1.5 m. y un borde libre entre los 0.2 y 0.3 m.

2.5.2.12.5. Conjunto de dispositivos para regulación, control y rebose de flujo

Válvula para controlar entrada de agua pre-tratada y regular velocidad de filtración
Dispositivo para drenar capa de agua sobrenadante, “cuello de ganso”.

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 limpia Vertedero de entrada

2.5.2.13. Línea de conducción

Es la línea que transporta el agua desde la captación hasta el punto de entrega, que usualmente es el reservorio de regulación, pero eventualmente puede ser la planta de tratamiento o puede ser directamente a la red de distribución cuando el caudal de conducción corresponde al caudal máximo horario, lo que hace innecesario el reservorio de regulación. Sólo se requiere un pequeño reservorio para la cloración.

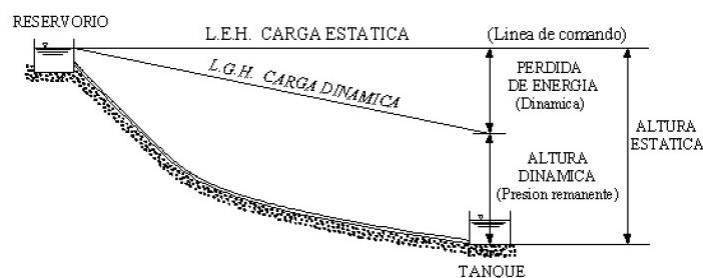


Figura 6. Perfil de la Línea de conducción (**Fuente:** Manual de proyectos de agua potable)

2.5.2.13.1. Caudales de diseño

El caudal de diseño de las obras de conducción depende del sistema de abastecimiento de agua:

Si el sistema es por gravedad y cuenta con un tanque de almacenamiento y/o planta de tratamiento la obra de conducción debe calcularse con el caudal máximo diario.

Si el sistema es por gravedad y no cuenta con un tanque de almacenamiento y/o planta de tratamiento, y la línea de conducción se efectúa directamente a la red, la obra de conducción debe calcularse con el caudal máximo horario. (Magne, F; 2008).

2.5.2.13.2. Presión negativa

Esto indica que no hay suficiente energía gravitacional para mover la cantidad deseada de agua, por ello es que esta cantidad de agua no fluirá. Se debe volver a trazar la LGH, usando un menor caudal y/o un diámetro de tubo más grande.

En este caso el tramo A-B indicado en la Figura 08, estará en condiciones de presión negativa, con lo cual sería difícil evitar la entrada de burbujas de aire a la tubería. La presión entre los puntos A-B es menor que la presión atmosférica y por lo tanto no se puede instalar válvulas ventosas.

2.5.2.14. Cálculo hidráulico de tuberías a presión

Son acueductos que trabajan a presión, su presión de trabajo es mayor a la presión atmosférica; la tubería conduce el agua a sección llena. El movimiento de agua se debe netamente a la fuerza de la gravedad sobre la masa de agua.

2.5.2.14.1. 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.

2.5.2.14.2. 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 de la fuente la planta de tratamiento y/o tanque de almacenamiento o red de distribución.

Que esté 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.

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.

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.

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.

2.5.2.14.3. 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.

2.5.2.14.4. Velocidades de diseño

La velocidad máxima debe ser considerada en función del tipo de material de la tubería, de acuerdo a la Tabla 7.

Tabla 7*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

En tuberías de impulsión la velocidad no debe ser mayor a 2,00 m/s.

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 0,30 m/s.

2.5.2.14.5. 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.

2.5.2.14.6. 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.

2.5.2.15. Presiones máximas y mínimas

La presión estática máxima de la tubería de conducción no debe ser mayor al 80% de la presión de trabajo especificada por el fabricante, debiendo ser compatibles con las presiones de servicio de los accesorios y válvulas a utilizarse.

Para casos en los que se tiene altas presiones se debe efectuar un análisis comparativo técnico económico entre adoptar el uso de tuberías de alta presión o utilizar estaciones reductoras de presión y tuberías de menor presión. Para el último caso debe verificarse que la presión en el punto más alejado y elevado sea al menos la mínima especificada en el presente reglamento.

La presión mínima recomendable en cualquier punto de la tubería de conducción, en las condiciones más desfavorables de escurrimiento, debe ser de 2 m.c.a., excepto en los puntos inicial y final de la línea de conducción ligados a un tanque o cámara en contacto con la atmósfera. En los puntos en los cuales se produzca sifonamiento, deberá colocarse purgas de aire.

La relación de la resistencia a la presión de tubos PVC se indica en cuadro siguiente:

Cuando el proyectista tenga que diseñar sifones con presiones mayores a la clase 15, que debe soportar 120 mca (80% de la nominal), deberá recurrir a tubos de fierro galvanizado, hasta un máximo de presión de 500 mca.

2.5.2.16. 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 15 y Figura 09.

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).

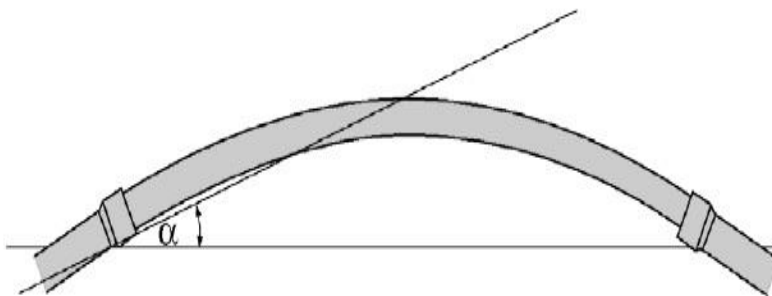


Figura 7. Deflexión en una tubería (**Fuente:** Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable)

2.5.2.17. Profundidad de excavación

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 sumergencia temporaria debe tenerse en cuenta que podrá ocurrir un levantamiento máximo debido a la supresión, 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:

2.5.2.18. Puentes colgantes

Los puentes colgantes son estructuras compuestas por: pilares de soporte (H^oC^o 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 10).

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

2.5.2.19. 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:

2.5.2.19.1. Válvula de compuerta

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

2.5.2.19.2. Válvula de aire

Se utiliza para eliminar bolsones de aire en los lugares de contrapendiente, que de no eliminarse produce cavitaciones en la tubería. Se debe colocar en el punto más alto de la tubería.

2.5.2.19.3. Válvulas de purga o limpia

Se utiliza en sifones, en el punto más bajo para eliminar sedimentos.

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.

2.5.2.20. Cajas de romper presión (crp)

Las cámaras rompe-presión deben construirse para evitar presiones elevadas, superiores a la capacidad de trabajo de las tuberías y accesorios (ver Figura 12).

Las cámaras rompe - presión permiten que la línea piezométrica en la línea de conducción disminuya a un valor igual a la presión atmosférica.

Para la localización de las cámaras rompe presión se deben seguir los siguientes criterios:

Mantener la carga máxima estática de acuerdo a la presión de trabajo del material utilizado (tuberías y accesorios).

En lugares accesibles con condiciones de suelo adecuados para la construcción. Las condiciones que deben tomarse en cuenta para el diseño son: Debe estar constituida por dos cámaras interconectadas por un vertedero sumergido. La primera cámara de disipación de energía debe ser igual a $2/3$ de la longitud total de la cámara rompe presión.

Las dimensiones de las cámaras deben ser calculadas para un tiempo de retención de 5 a 10 minutos.

La profundidad de agua respecto a la tubería de salida, debe determinarse en función a las pérdidas de carga, garantizando una abertura necesaria que permita la circulación del caudal de diseño.

El ingreso a la cámara se debe realizar mediante un chorro sumergido multidireccional.

Debe instalarse una válvula a la salida y otra de limpieza. Asimismo, debe instalarse una tubería de rebose y otra de ventilación para evitar presiones negativas.

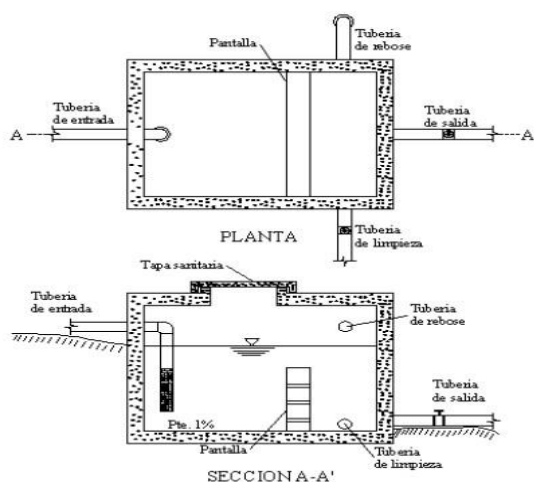


Figura 8. Cámara Rompe-presión (*Fuente:* Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable)

2.5.2.21. Reservorio

La importancia del reservorio radica en garantizar el funcionamiento hidráulico del sistema y el mantenimiento de un servicio eficiente, en función a las necesidades de agua proyectadas y el rendimiento admisible de la fuente.

Los aspectos más importantes que considerarse para el diseño son la capacidad, ubicación y tipo de reservorio.

2.5.2.21.1. Tipo 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).

Para capacidades medianas y pequeñas, como es el caso de los proyectos de abastecimiento de agua potable en poblaciones rurales, resulta tradicional y económica la construcción de un reservorio apoyado de forma cuadrada.

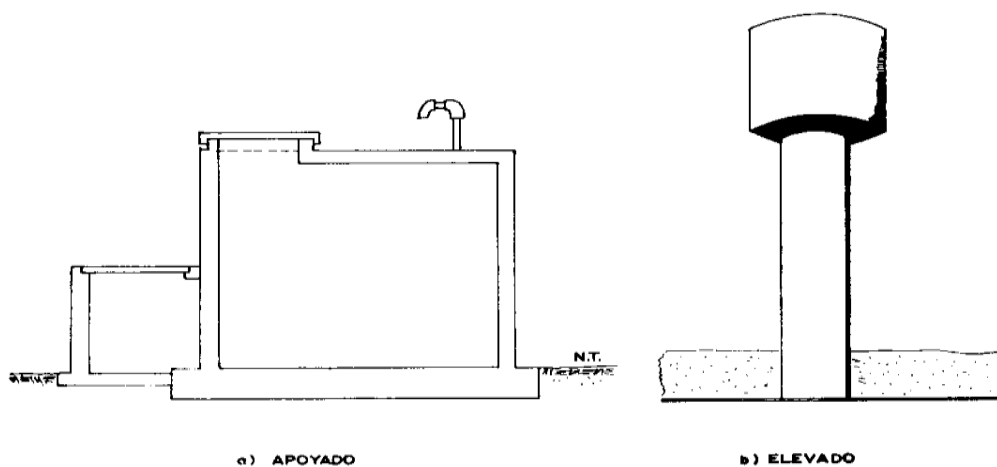


Figura 9. Tipos De Reservorio: Apoyado Y Elevado (*Fuente:* Manual De Proyectos De Agua Potable En Poblaciones Rurales)

2.5.2.21.2. Objetivo del reservorio

El reservorio debe cumplir los siguientes objetivos: Suministrar el caudal máximo horario a la red de distribución. Mantener presiones adecuadas en la red de distribución.

Tener agua de reserva.

va en caso se interrumpa la línea de conducción.

Proveer suficiente agua en situaciones de emergencia como incendios.

2.5.2.21.3. Capacidad del reservorio

La capacidad de regulación será del 15% al 20% de la demanda diaria del promedio anual, siempre que el suministro de agua de la fuente sea continuo. Si dicho suministro es por bombeo, la capacidad será del 20 a 25% de la demanda diaria del promedio anual.

2.5.2.21.4. Forma

Se recomienda el diseño circular por presentar la relación más eficiente de área/perímetro.

2.5.2.21.5. Componentes

El reservorio comprende el tanque de almacenamiento y la caseta de válvulas. El tanque de almacenamiento debe tener los siguientes accesorios:

Tubos de entrada, salida, rebose, limpia y ventilación. Canastilla de protección en tubo de salida.

Tubo de paso directo (by – pass) para mantener el servicio durante el mantenimiento del reservorio.

Tapa sanitaria y escaleras (externa e interna)

La caseta de válvulas debe tener los accesorios siguientes:

Válvulas para controlar paso directo (bypass), salida, limpia y rebose, pintados de colores diferentes para su fácil identificación.

Tapa metálica con seguro para evitar su manipulación por extraños.

2.5.2.21.6. Ubicación

La ubicación debe garantizar las presiones de diseño en la zona urbana actual y zonas de expansión.

El reservorio debe ubicarse lo más próximos a la red de distribución, sobre todo a la zona de mayor consumo. Puede darse el caso de requerirse más de un reservorio en caso de dispersión de la población, sobre todo con cotas bastante diferenciadas o varios poblados con un solo sistema de conducción.

La ubicación debe considerar la delimitación de zonas de presión, considerando básicamente las presiones admisibles de 50 mca de presión estática y de 10 mca dinámica en la red de distribución.

2.5.2.21.7. Tiempo de Vaciado del Reservorio

Se recomienda un tiempo máximo de 4 horas que depende básicamente de la carga hidráulica y diámetro del tubo de salida.

Para determinar el tiempo se usa la relación siguiente:

$$T = 2S\sqrt{h} \dots \dots \dots (30) :$$

$$CA\sqrt{2g}$$

Donde:

T = tiempo de vaciado en segundos S = área tanque (m²).

h = carga hidráulica (m).

C = coeficiente (0.6 – 0.65). A = área tubo desagüe (m²). g = aceleración gravedad (9.81 m/seg.²).

2.5.2.22. Línea de aducción

2.5.2.22.1. Descripción general

La línea de aducción es la línea entre el reservorio y el inicio de la red de distribución. El caudal de conducción es el máximo horario.

La red de distribución es el conjunto de líneas destinadas al suministro de agua a los usuarios, que debe ser adecuada en cantidad y calidad. En poblados rurales no se incluye dotación adicional para combatir incendios.

Los 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.

2.5.2.22.2. Distribución de redes

La distribución de redes es el conjunto de tuberías de diferentes diámetros, válvulas, grifos y demás accesorios cuyo origen está en el punto de entrada al pueblo (final de la línea de aducción) y que se desarrolla por todas las calles de la población.

Las presiones deben satisfacer las condiciones máximas y mínimas para las diferentes situaciones de análisis que puedan ocurrir. En tal sentido, la red debe mantener presiones de servicios mínimas, que sean capaces de llevar agua al interior de las viviendas (parte alta del pueblo). También en la red deben existir limitaciones de presiones máximas tales que no provoquen daños en las conexiones y que permitan el servicio sin mayores inconvenientes de uso (parte baja).

2.5.2.22.3. Consideraciones generales

Para el diseño de redes de distribución se deben considerar los siguientes criterios: La red de distribución se deberá diseñar para el caudal máximo horario.

Identificar las zonas a servir y de expansión de la población.

Realizar el levantamiento topográfico incluyendo detalles sobre la ubicación de construcciones domiciliarias, públicas, comerciales e industriales; así también anchos de vías, áreas de equipamiento y áreas de inestabilidad geológica y otros peligros potenciales.

Considerar el tipo de terreno y las características de la capa de rodadura en calles y en vías de acceso.

Para el análisis hidráulico del sistema de distribución se podrá utilizar el método de Hardy Cross, seccionamiento o cualquier otro método racional.

Para el cálculo hidráulico de las tuberías se utilizará fórmulas racionales. En el caso de aplicarse la fórmula de Hazen William se utilizarán los coeficientes de fricción establecidos a continuación:

Fierro galvanizado 100 , PVC 140.

El diámetro a utilizarse será aquel que asegure el caudal y presión adecuada en cualquier punto de la red. Los diámetros nominales mínimos serán: 25mm en redes principales, 20mm en ramales y 15mm en conexiones domiciliarias.

En todos los casos las tuberías de agua potable deben ir por encima del alcantarillado de aguas negras a una distancia de 1,00 m horizontalmente y 0,30 m verticalmente. No se permite por ningún motivo el contacto de las tuberías de agua potable con líneas de gas, poliductos, teléfonos, cables u otras.

En cuanto a la presión del agua, debe ser suficiente para que el agua pueda llegar a todas las instalaciones de las viviendas más alejadas del sistema. La presión máxima será aquella que

no origine consumos excesivos por parte de los usuarios y no produzca daños a los componentes del sistema, por lo que la presión dinámica en cualquier punto de la red no será menor de 5m y la presión estática no será mayor de 50m.

La velocidad mínima en ningún caso será menor de 0,3 m/s y deberá garantizar la auto limpieza del sistema. En general se recomienda un rango de velocidad de 0,5 –1,00 m/s. Por otro lado, la velocidad máxima en la red de distribución no excederá los 2 m/s.

A fin de que no se produzcan pérdidas de carga excesivas, puede aplicarse la fórmula de Mougny para la determinación de las velocidades ideales para cada diámetro. Dicha fórmula aplicable a presiones a la red de distribución de 20 a 50 m.c.a. está dada por:

$$V = 1.5 * (D + 0.05)^{0.5} \dots \dots \dots (31)$$

Dónde:

V = Velocidad (m/s)

D = Diámetro de la tubería (m)

El número de válvulas será el mínimo que permita una adecuada sectorización y garantice el buen funcionamiento de la red. Las válvulas permitirán realizar las maniobras de reparación del sistema de distribución de agua sin perjudicar el normal funcionamiento de otros sectores.

2.5.2.23. Procedimiento de cálculo

El diseño hidráulico podrá realizarse como redes abiertas, cerradas y combinadas.

Los cálculos deben realizarse tomando en cuenta los diámetros internos reales de las tuberías.

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.

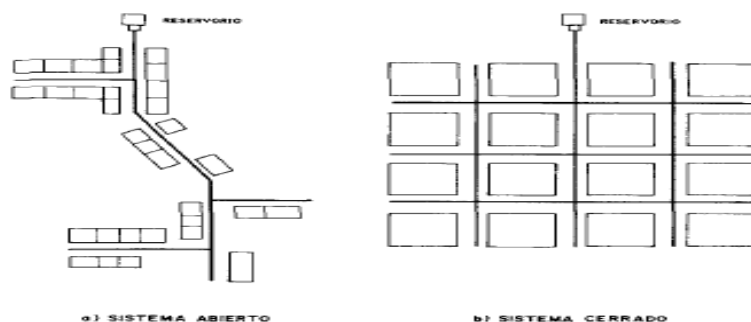


Figura 10. Tipos de redes de distribución (Fuente: Agua potable para poblaciones rurales)

2.5.2.24. Sistema abierto o ramificado

El Dimensionamiento de las redes abiertas o ramificadas se realizará de acuerdo con los siguientes criterios:

Se admitirá que la distribución del caudal sea uniforme a lo largo de la longitud de cada tramo.

La pérdida de carga en el ramal será determinada para un caudal igual al que se verifica en su extremo.

Cuando por las características de la población se produzca algún gasto significativo en la longitud de la tubería, éste deberá ser considerado como un nudo más.

Se recomienda el uso de un caudal mínimo de 0,10 lps para el diseño de los ramales.

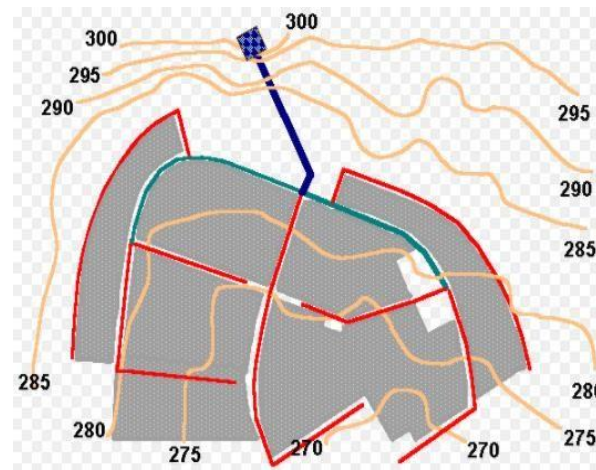


Figura 11. Sistema abierto o ramificado (**Fuente:** OPS/CEPIS – Guía para el diseño de redes de distribución)

El flujo de agua a través de ellas estará 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 admitirán errores máximos de cierre:

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

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

Se recomienda el uso de un caudal mínimo de 0,10 lps para el diseño de los ramales. Las redes cerradas no tendrán anillos mayores a 1km por lado.

2.5.2.25. Método para la determinación de caudales

2.5.2.25.1. Redes cerradas

Para el cálculo de los caudales se puede disponer de los siguientes métodos:

2.5.2.25.2. Método de áreas

Consiste en la determinación del caudal en cada nudo considerando su área de influencia. Este método es recomendable en localidades con densidad poblacional uniforme en toda la extensión del proyecto. El caudal en el nudo será:

$$Q_i = Q_u * A_i \dots \dots \dots (32)$$

Dónde:

Q_i = caudal unitario superficial (l/s/ha)

Q_u = caudal en el nudo "i" (l/s)

A_i = área de influencia del nudo "i" (ha)

A_t = superficie total del proyecto (ha)

2.5.2.25.3. Método de densidad poblacional

Este método considera la población por área de influencia de cada nudo. Para la aplicación de este método se deberá definir la población en cada sector del área de proyecto

El caudal por nudo será:

$$Q_i = Q_p * P_i \dots \dots \dots (33)$$

Donde el caudal unitario poblacional se calcula por:

Dónde:

Q_p = caudal unitario superficial (l/s/ha)

P_t = población total del proyecto (hab.)

P_i = población del área de influencia del nudo "i" (hab.).

2.5.2.25.4. Método de la longitud unitaria

Por 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 en caudal unitario por la longitud del tramo correspondiente.

Entonces:

$$Q_i = QP * P_i \dots \dots \dots (35)$$

Dónde:

$$q = Qmh * L_t \dots \dots \dots (36)$$

q = caudal unitario por metro lineal de tubería (l/s/m) Q_i = caudal en el tramo “i” (l/s)

Qmh = caudal máximo horario (l/s)

L_t = longitud total de la tubería del proyecto (m) L_i = longitud del tramo “i” (m).

2.5.2.25.5. Método de la repartición media

Consiste en la determinación de los caudales en cada tramo del sistema, repartiéndolos en partes iguales a los nudos de sus extremos.

Por lo tanto, el caudal en un nudo, será la suma de los caudales de los tramos medios adyacentes.

El caudal de cada tramo puede ser calculado por el método de longitud unitaria

2.5.2.25.6. Método del número de familias

Por este método se calcula un caudal unitario, dividiendo el caudal máximo horario entre el número total de familias de la población.

El caudal en el nudo será, el número de familias en su área de influencia, multiplicando por el unitario.

$$Q_n = Q_u * N_{fn} \dots \dots \dots (37)$$

Dónde:

$$Q_u = Q_{mh} / N_{fn}$$

Q_u = caudal unitario (l/s/fam.)

Q_n = caudal en el nudo “n” (l/s)

Q_{mh} = caudal máximo horario (l/s)

n_f = número total de familias (m)

N_{fn} = número de familias en el área de influencia del nudo “n”.

2.5.2.26. Componentes de la red de distribución**2.5.2.26.1. Válvulas de seccionamiento**

La ubicación y cantidad de válvulas de seccionamiento en una red de distribución se determinan con la finalidad de poder aislar un tramo o parte de la red en caso de reparaciones o ampliaciones, manteniendo el servicio en el resto de esta. Mientras mayor número de válvulas se tenga en la red, menor será la parte sin servicio en caso de una reparación, pero más costoso el proyecto.

2.5.2.26.2. Válvulas de purga de lodos

Las válvulas de purga de lodos se ubicarán en los puntos de cotas más bajas de la red de distribución, en donde se pudieran acumular sedimentos, se deberán considerar sistemas de purga.

2.5.2.26.3. Válvulas reductoras de presión

Las válvulas reductoras de presión reducen automáticamente la presión del agua debajo de las mismas, hasta un valor prefijado. En los casos en que no se pueda acceder a una válvula reductora de presión se puede optar por el uso de una cámara rompe-presión.

2.5.2.26.4. Cámara de válvulas.

Todas las válvulas deberán contar con cámara de válvulas para fines de protección, operación y mantenimiento. Las dimensiones de la cama deberán permitir la operación de herramientas y otros dispositivos alojados dentro de la misma.

2.5.2.26.5. Cámaras rompe presión

En la instalación de una cámara rompe presión debe preverse de un flotador o regulador de nivel de aguas para el cierre automático una vez que se encuentre llena la cámara y para periodos de ausencia de flujo.

2.5.2.26.6. Anclajes

Se instalarán anclajes de seguridad (hormigón simple, ciclópeo, etc) en los siguientes casos:
En las tuberías expuestas a la intemperie que requieran estar apoyadas en soporte o adosadas a formaciones naturales de roca.

En los cambios de dirección tanto horizontales como verticales de tramos enterrados o expuestas, siempre que el cálculo estructural lo amerite.

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.

2.5.2.26.7. Conexiones domiciliarias

(Magne, F; 2008): Los componentes mínimos para una conexión domiciliaria son: Sistema de conexión a la tubería de distribución.

Tubería de conexión.

Válvula de cierre antes y después del medidor. Medidor de caudales.

Accesorios y piezas de unión que posibilitem y faciliten su instalación.

Caja de protección del sistema de medición y control con su cierre correspondiente (ver

Figura 16).

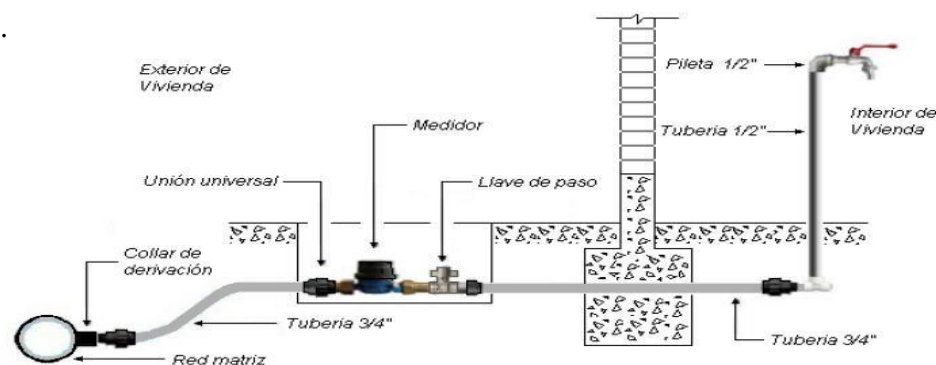


Figura 12. Conexiones Domiciliarias Tipo (*Fuente:* “Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable modernizando el aprendizaje y enseñanza en la asignatura de Ingeniería Sanitaria”)

Conexiones domiciliarias se realizarán en diámetros de $\frac{1}{2}$ " o $\frac{3}{4}$ " para usuarios domésticos. Para usuarios con propósitos comerciales, industriales, sociales (escuelas) y oficiales (cuarteles) deberán adoptarse diámetros mayores en conformidad al caudal requerido.

2.5.2.27. 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 (ver Figura 17)

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.

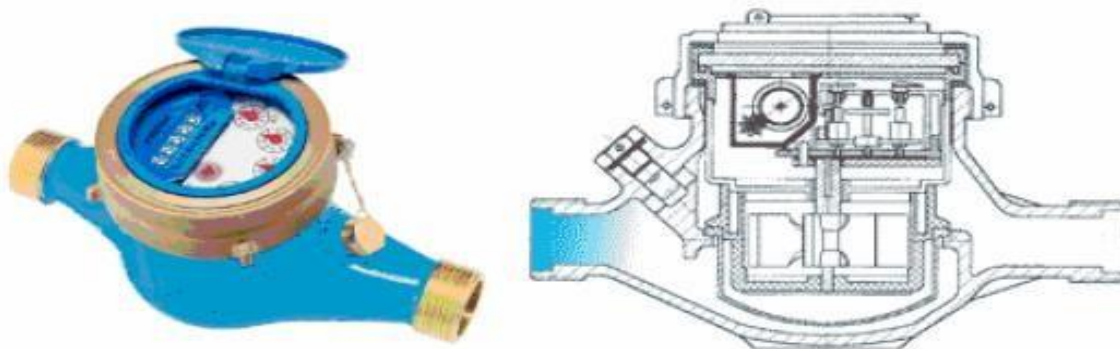


Figura 13. Micromedidor Domiciliario (Fuente: “Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable modernizando el aprendizaje y enseñanza en la asignatura de Ingeniería Sanitaria”)

2.5.2.28. Formas de distribución

De acuerdo con condiciones topográficas, la ubicación de la fuente respecto a la red y al tanque de almacenamiento, motivará diversas formas de suministro de agua a la red de agua potable.

2.5.2.28.1. Distribución por gravedad

La distribución por gravedad se aplica cuando la obra de captación y/o tanque de almacenamiento se encuentra en un nivel superior a la red de distribución y se garantiza presión suficiente en toda la red (ver Figura 19).

2.5.2.28.2. Distribución por bombeo directo a la red

La distribución por bombeo puede aplicarse cuando la ubicación de la obra de captación o tanque de almacenamiento no garantiza presión suficiente en toda la red, por lo que es necesario utilizar dispositivos y equipos que impulsen el agua a través de la red (ver Figura 20).

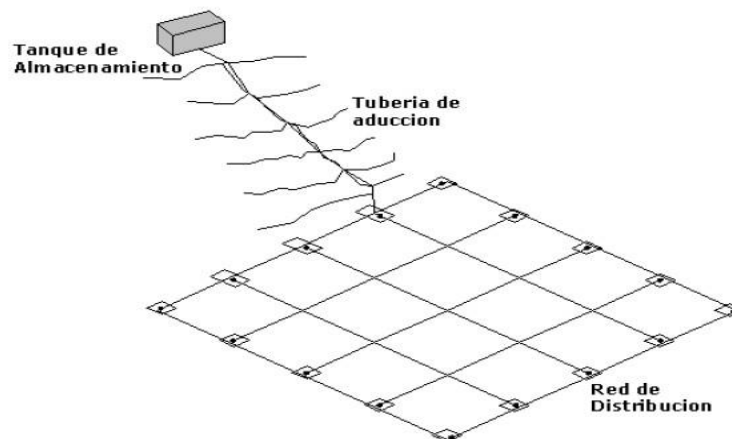


Figura 14. Distribución por Gravedad (*Fuente:* “Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable modernizando el aprendizaje y enseñanza en la asignatura de Ingeniería Sanitaria”)

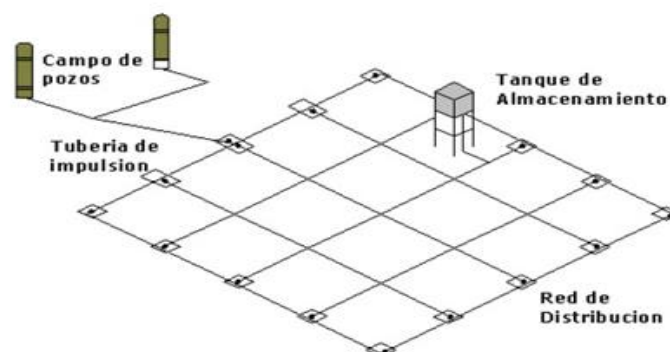


Figura 15. Distribución por Bombeo (*Fuente:* “Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable modernizando el aprendizaje y enseñanza en la asignatura de Ingeniería Sanitaria”)

2.6.Hipótesis a demostrar

El Análisis de la demanda de agua potable con fines de rediseño de sistema de agua potable de la población de Dos Unidos, El Caribe y Nueva Esperanza, distrito de San Pablo, Bellavista, San Martín **Permitirá contar con un servicio eficiente para satisfacer las necesidades básicas y saludables para la población?**

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

Para el siguiente trabajo se ha utilizado:

3.1.1 Recursos humanos

El asesor. Es el que orienta y coordina el desarrollo de la metodología de la investigación de este trabajo para llegar a los objetivos planteados.

El Tesista. Es el encargado de desarrollar el proyecto de investigación manejando todos los procesos que intervienen en el desarrollo, coordinando constantemente con el asesor y el personal del laboratorio para llegar a la conclusión de objetivos trazado.

Colaboradores:

3.1.2 Recursos materiales

Libreta de campo: Se utilizó ese recurso para escribir y dibujar las observaciones hechas en campo, bosquejos, mapas o esquemas a mano alzada sobre la investigación en cuestión.

Lápiz HB: Para hacer todas las notaciones o dibujos observados en campo.

3.1.3 Recursos de equipos

01 nivel de Ingeniero: Para el levantamiento topográfico del área donde se realizará el proyecto de investigación.

02 mira: Parte del equipo topográfico.

Computadora: Para la elaboración del presente estudio en el área de gabinete. Impresora: Para impresión de los documentos que conforman el presente estudio. Calculadora científica: Se usó la calculadora para el proceso de cálculo.

3.1.4 Otros recursos

En la elaboración del presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes materiales y equipos de gabinete:

Material Bibliográfico: Libros de especialidad (CEPIS) referente al tema. Cámara fotográfica.

Material de escritorio: CD-R, papel A-4, impresora, etc.

Software de cómputo: Microsoft office (Word, Excel, PowerPoint), AutoCAD. Hardware: Computadora hp inter Core i5

Plotter: HP 100 series.

3.2. Metodología

3.2.1. Universo, muestra y población

El universo y la muestra son el mismo y está compuesto por la población de Dos Unidos, El Caribe y Nueva Esperanza, debido a que el proyecto de tesis es meramente básico y aplicativo, la muestra y la población son las mismas las que nos servirán como herramientas de cálculo para la población futura.

3.2.2. Sistema de variables:

Variable independiente.

Diseño Definitivo del Sistema de Agua Potable

Variable Dependiente.

Servicio eficiente para satisfacer las necesidades básicas de la población en las localidades.

3.2.3. Diseño experimental de la investigación

La presente investigación se realizará en gabinete y en campo. El diseño de investigación tiene el siguiente esquema:

Situación inicial problemática que requiere la intervención de estudio.

A: Aplicación teórica para el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua.

B: Aplicación de trabajos de topografía.

C: Estudios adicionales para complementar la información.

D: Estudios de compatibilidad de alternativas que respaldarán la toma de decisiones para definir el mejor sistema de solución.

Y: Resultado de la investigación que presenta la validación de la hipótesis enunciada, servicio eficiente para satisfacer la demanda de agua potable de la población.

3.2.4. Diseño de instrumentos

Fuentes Técnicas e Instrumentos de Selección de Datos.

En cuanto a los instrumentos de selección de datos no existe un instrumento específico dado que la investigación no es experimental, pero si la utilización de equipos de topografía y tomas de datos referenciales respecto a la caracterización del agua.

Fuentes Técnicas:

Asesoramiento Profesional especializado. Levantamiento topográfico.

Información de textos. Fuentes Informantes:

Municipalidad Distrital de San Pablo

Puesto de salud de las localidades.

Autoridad local del agua.

Técnicas Estadísticas

Se plantea una investigación del tipo:

Básica y aplicada, busca actuar y modificar una realidad problemática.

3.2.5. Procesamiento de la información

Luego de recopilar la información se empezó al procesamiento de los datos en forma computarizada, empleando programas de ingeniería, como el programa de dibujo automatizado AutoCAD, programa de procesamiento de redes de distribución WaterCad v8i, hojas de cálculo en el programa Microsoft Excel y el programa de textos Microsoft Word utilizando fórmulas necesarias expuestas en el marco teórico.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1.Resultados

4.1.1. Cálculo de parámetros de diseño: Periodo de diseño

El diseño de un sistema de agua potable se proyecta para que sirva a una población mayor a la existente en el momento de realizar la construcción, la población mayor es fijada para un espacio de tiempo denominado periodo de diseño.

Consecuentemente, el periodo de diseño se puede definir como el tiempo durante el cual servirán eficientemente las obras del sistema. La eficiencia de las obras determina que se tome en cuenta en el periodo de diseño aspectos que se anotan a continuación:

Vida útil de las tuberías, válvulas y estructuras que componen un sistema de agua potable, considerando su antigüedad, desgaste y grado de conservación.

Posibilidades técnicas y costos de las ampliaciones, remoción y/o adición de obras.

Crecimiento de la población en relación a cambios socio-económicos.

Por lo que se recomienda que los sistemas de abastecimiento de agua potable se proyecten para periodos de diseño entre 15 y 20 años, dependiendo su variación del tamaño de las ciudades, características socio-económicas de las mismas y capacidad de pago de los usuarios. Por lo cual el periodo de diseño para el presente proyecto será de 20 años.

Año de Inicio= 2019

Año Límite = 2039

4.1.2. Fuente para el diseño

El manantial o quebrada, aflorando de tres puntos que desemboca en un lecho de 1.30 metros de ancho aproximadamente. Por el lugar hay otros afloramientos, que se hace visible por la humedad del suelo. En época de lluvias, el área se vuelve mojada. Por lo que la construcción de la captación deberá hacerse en época de sequía.

La medición del caudal de la fuente se realizó por el método volumétrico; en el que con ayuda de un recipiente de volumen conocido, 15lts, se midió 5 veces el tiempo que demoró en llenarse.

4.1.3. Diseño

4.1.3.1. Diseño Dos Unidos

La previsión de la población de diseño (población futura), en el mejor de los casos no pasa de ser una adivinación debido a que pueden presentarse factores imprevisibles que ejercen influencias en el crecimiento de las mismas y que naturalmente la probabilidad de que ello ocurra crecerá con el período de previsión (período de diseño).

Para el cálculo de la población futura o de diseño usaremos los datos sociodemográficos obtenidos durante la visita de campo efectuada.

Población Actual = Habitantes Correspondientes al Año 2019

La tasa de crecimiento es determinada por medio del análisis comparativo de la curva de crecimiento histórico de la población determinada en base al método geométrico y utilizando la tasa de crecimiento oficial intercensal del distrito 2.20% (dato INEI - 2009).

Las razones de Crecimiento Anual según la tasa de crecimiento promedio anual, para la población de estudio es:

Tasa de Crecimiento = 2.2%

Considerando un crecimiento con el método aritmético, la población futura será:

$$Pf = Po \times (1 + r \times t / 100)$$

Donde:

Pf = Poblacion Futura

Po = Poblacion Actual = 270

r = Tasa de Crecimiento = 2.2

t = Periodo diseño = 20

4.2 Cálculo de bombas

4.2.1 Cálculo de la pendiente hidráulica (Sh)

$$Sh = \left[\frac{Q_{mh}}{1000 \cdot 0.2785 \cdot C_f \cdot St^{2.63}} \right]^{1/0.54} = 0.00680m.$$

Chequeo de la pérdida de carga:

$$Hf2 := Sh2.d2 = 42.68 \text{ m.}$$

Carga disponible:

$$Hd2 := hc2 - Hf2 = 2.32 \text{ m.}$$

Velocidad de la Línea de Distribución (Reservorio – Dos Unidos)

$$Vld2 := 0.357.Cf.\phi tcf2^{0.63}.Sh2^{0.54} = 0.79 \text{ m/seg.}$$

Datos:

$$\text{Caudal Máximo Diario: } Qmd := 3.258 \text{ lt/seg}$$

$$\text{Horas de Bombeo por Día: } Nb := 6.00 \text{ Horas}$$

$$\text{Ratio de Horas de Bombeo/día: } rb := \frac{Nb}{24} = 0.25$$

$$\text{Caudal de Bombeo: } Qb := \frac{Qmd \cdot 24}{Nb} = 13.032 \text{ lt/seg}$$

$$\text{Caudal de impulsión para 2 electrobombas: } Qi := \frac{Qb}{2} = 6.516 \text{ lt/seg.}$$

4.2.2 Cálculo del diámetro de la tubería de impulsión:

Utilizando la fórmula de Dresser:

$$Di = \left(\frac{Nb}{24}\right)^{0.25} \cdot \left(\frac{Qmd}{1000}\right)^{0.50} \cdot 100 = 5.247 \text{ cm}$$

Por lo tanto, el diámetro de la tubería de impulsión sera 2 1/2"

$$Dti := 0.06 \text{ m.}$$

Chequeamos la velocidad:

$$Vti = \frac{Qi}{1000 \left(\frac{3.1416 \cdot Dti^2}{4}\right)} = 2.30 \text{ m/s}$$

4.2.3 Cálculo del diámetro de la tubería de succión:

Se debe utilizar un diámetro comercial superior al de la tubería de la impulsión, por lo tanto el diámetro de la tubería de succión será 3"

$$Dts := 0.075 \text{ m.}$$

Chequeamos la velocidad:

$$V_{ti} = \frac{Q_i}{1000 \left(\frac{3.1416 \cdot D_{ti}^2}{4} \right)} = 1.47 \text{ m/s}$$

4.2.4 Cálculo de la altura dinámica total:

Cota de Inicio de Bombeo: $C_i := 158.00 \text{ msnm}$

Cota de Reservorio: $C_r := 205.00 \text{ msnm}$

Altura Geométrica (Hg): $H_g := C_r - C_i = 47.00 \text{ m}$

Abatimiento (Ab): $A_b := 5.00 \text{ m}$

Presión de Salida (Ps): $P_s := 5.00 \text{ m}$

Longitud: $L_b := 460.00 \text{ m}$

Coefficiente de fricción - PVC: $C_f := 150$

Determinación de la Pendiente Hidráulica:

$$S_{hi} = \left(\frac{Q_b}{1000 \cdot 0.2785 \cdot C_f \cdot D_{ti}^{2.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}} = 0.28737$$

La pérdida de carga equivale a:

$H_f := S_h \cdot L_b = 132.189 \text{ m}$.

Estimación de longitud de accesorios:

$L_a := 0.30 \cdot L_b = 138.00 \text{ m}$.

La pérdida debida a los accesorios sería:

$H_a := S_h \cdot L_a = 39.657 \text{ m}$.

Por lo tanto la altura Dinámica Total es:

$H_{dt} := H_g + A_b + P_s + H_f + H_a = 228.846 \text{ m}$.

Cálculo de la Potencia de las Electrobombas:

Donde: Peso Específico del Agua $\rho_{ea} := 1.00 \text{ kg/lit}$.

Eficiencia de Bomba $\eta := 0.70$

Para primer Tramo (Caisson - Reservorio 1)

$P_{bomba1} = \frac{\rho_{ea} \cdot Q_i \cdot H_{dt}}{75 \cdot \eta} = 28.403 \text{ HP}$

75.n

$P_{bomba1} = 30 \text{ HP}$

4.3 Determinación de la población futura y caudales de diseño

4.3.1 Determinación del periodo de diseño:

El periodo de diseño que se utilizará es de 20 años:

Año de inicio: $A_i := 2019$

Año de culminación: $A_f := 2039$

4.3.2 Determinación de la población futura:

Datos:

Población en el Año 2019

(Registro de la Municipalidad Provincial de Bellavista): $P_0 = 1843$ Hab

Tasa de crecimiento (Ver proyección poblacional): $r = 2.02\%$

Cobertura del servicio: $C_s = 90\%$

Población futura:

Por lo tanto, la población futura en el año 2039 será equivalente a:

$$P_{2039} := P_0(r + 1)^{20} = 2749 \text{ Hab}$$

Caudales de diseño:

Dotación Población Servida (Zona Rural de Selva): $D = 70.00$ lt/hab/día

Coefficiente de Variación Consumo Diario: $K_1 = 1.30$

Coefficiente de Variación Consumo Horario: $K_2 = 2.00$

Porcentaje de Pérdidas Red de Distribución: $P_e = 20\%$

Cálculo del caudal promedio anual:

$$Q_{pa} := \frac{P_{2039} \cdot C_s \cdot D}{(1 - P_e)} = \frac{2749 \cdot 90 \cdot 70}{0.8} = 2.506 \text{ lt/seg.}$$

4.3.3 Cálculo del caudal máximo diario:

$$Q_{md} := Q_{pa} \cdot K_1 = 3.258 \text{ lt/seg.}$$

4.3.4 Cálculo de caudal máximo horario:

$$Q_{mh} := Q_{pa} \cdot K_2 = 5.012 \quad \text{lt/seg}$$

Por lo tanto, los caudales de diseño de cada estructura hidráulico son los siguientes:

$$\text{Caudal de Diseño Captación:} \quad Q_c := Q_{md} = 3.258 \quad \text{lt/seg}$$

$$\text{Caudal Línea de Conducción:} \quad Q_{lc} := Q_{md} = 3.258 \quad \text{lt/seg}$$

$$\text{Caudal Planta de Tratamiento:} \quad Q_{pt} := Q_{md} = 3.258 \quad \text{lt/seg}$$

$$\text{Caudal Distribución:} \quad Q_d := Q_{mh} = 5.012 \quad \text{lt/seg}$$

Volúmenes de almacenamiento:

$$\text{Volumen de Regulación:} \quad V_a := \frac{0.25 \cdot Q_p \cdot 86400}{1000} = 54.13 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Adicional en Caso de Emergencia:} \quad V_e := 0.00 \quad \text{m}^3$$

(No es necesario por que población es menor a 10,000 hab.)

Por lo que el volumen del Reservoirio será:

$$V_r := 55.00 \text{ m}^3.$$

Verificamos línea de distribución 1 (Tramo: Reservoirio – Nueva Esperanza)

Para esto utilizaremos la fórmula de Hazen y Williams, teniendo en cuenta los siguientes datos:

$$\text{Coeficiente de fricción - PVC: Cota de reservoirio: } C_f := 150$$

$$\text{Cota de reservoirio: } cr_1 := 205.00 \text{ msnm}$$

$$\text{Cota del punto más alto de las viviendas: } cv_2 := 160.00 \text{ msnm}$$

$$\text{Diferencia de cotas: } hc_1 := cr_1 - cv_1 = 13.40 \text{ m}$$

$$\text{Longitud del tramo (Reservoirio - Centro Poblados) } d_1 := 1248.00 \text{ m}$$

$$\text{Pendiente S: } St_1 := \frac{hc_1}{d_1} = 0.01074$$

Diámetro de la tubería de conducción:

$$\phi_{tc} := \left[\frac{Q_{mh}}{1000 \cdot 0.2785 \cdot C_f \cdot St_1^{0.54}} \right]^{1/2.63} = 0.082 \text{ m.}$$

Por lo que utilizaremos tubería de $\phi 90\text{mm}$. (C-10 PVC UF), es decir:

$$\phi_{tc1} := 0.090 \text{ m.}$$

Cálculo de la pendiente hidráulica (Sh)

$$Sh1 := \left[\frac{Q_{mh}}{1000 \cdot 0.2785 \cdot C_f \cdot St1^{2.63}} \right]^{1/0.54} = 0.00680 \text{ m.}$$

Chequeo de la pérdida de carga:

$$Hf1 := Sh1 \cdot d1 = 8.482 \text{ m.}$$

Carga disponible:

$$Hd1 := hc1 - Hf1 = 4.918 \text{ m.}$$

Velocidad de la línea de distribución (reservorio – Dos Unidos)

$$Vld := 0.357 \cdot C_f \cdot \phi_{tc1}^{10.63} \cdot Sh^{10.54} = 0.79 \text{ m/seg.}$$

Verificamos línea de distribución 2 (tramo: reservorio – Dos Unidos)

Para esto utilizaremos la fórmula de Hazen y Williams, teniendo en cuenta los siguientes datos:

$$\text{Cota de reservorio: } cr2 := 205.00 \text{ msnm}$$

$$\text{Cota del punto más alto de las viviendas: } cv2 := 160.00 \text{ msnm}$$

$$\text{Diferencia de cotas: } hc2 := cr2 - cv2 = 45.00\text{m}$$

$$\text{Longitud del tramo (reservorio - centro poblados) } d2 := 6280.00 \text{ m}$$

$$\text{Pendiente S: } St2 := \frac{hc2}{d2} = 0.00717$$

Diámetro de la tubería de conducción:

$$\phi_{tc2} := \left[\frac{Q_{mh}}{1000 \cdot 0.2785 \cdot C_f \cdot St1^{0.54}} \right]^{1/2.63} = 0.089 \text{ m.}$$

Por lo que utilizaremos tubería de $\phi 90\text{mm}$. (C-10 PVC UF), es decir:

$$\phi_{tc2} := 0.090 \text{ m.}$$

CONCLUSIONES

Conclusiones.

No existen riesgos de desprendimientos de piedras por la vibración de las ondas sísmicas que pueden ocasionar daños a la tubería, debido a que no existen taludes naturales o laderas de terrazas.

La ribera del brazo derecho del río Misquiyacu cercana a la ubicación de algunos componentes del Proyecto, no afectará la infraestructura hidráulica para el tratamiento del agua potable, debido que el mismo se encontrará a +25m. encima de dicho nivel.

La presencia de vegetación constituida por hierbas, árboles y arbustos a lo largo de todo el emplazamiento de las obras, dificulta la erosión por las precipitaciones fluviales, creando por este motivo estabilidad a la zona, ya que en estas condiciones es difícil que se produzcan erosiones, movimientos de masa gravitacionales como: deslizamiento, derrumbes, etc.

RECOMENDACIONES

Recomendaciones.

Se recomienda utilizar la guía simplificada del ministerio de viviendas, que permitirá impulsar la formulación de perfiles de proyectos, técnicamente bien sustentados, que incrementen, de manera significativa, la inversión de calidad en agua y saneamiento en el ámbito rural.

Se recomienda que al rediseñar cualquier estructura se deberá tener en cuenta que la región San Martín se encuentra ubicado en la zona III de la carta sísmica peruana es decir en la zona de mediana sismicidad.

Se recomienda la construcción y mantenimiento constante de la defensa ribereña a fin de evitar los riesgos de inundación y erosión que se pueden presentar, afectando las estructuras u obras cercanas al río.

Se recomienda mantener e incrementar las áreas de vegetación, para disminuir los riesgos que se pueden presentar por erosión pluvial.

Semanalmente se debe realizar un mantenimiento preventivo a las instalaciones de la captación.

Se debe realizar el control bacteriológico del agua captada por lo menos una vez cada seis meses.

Se debe limpiar en forma permanente tanto la cámara de toma y la de regulación, evitando la obstrucción de sólidos que pueden reducir el caudal de captación.

Se debe controlar la turbiedad del agua de la fuente con cierta frecuencia al día, la cual se debe incrementar en épocas de lluvias o avenidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agüero P. (1997). *“Agua Potable para Poblaciones Rurales: Sistema de Abastecimiento por Gravedad sin Tratamiento”*. Servicios Educativos Rurales. Lima, Perú.
- ACI-350M-01 y ACI-350.06, *Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures, del American Concrete Institute (ACI)*.
- Agua limpia & Fondo Multilateral de Inversiones (2013). *“Manual de Operación y Mantenimiento de sistemas de agua potable por gravedad sin planta de tratamiento en zonas rurales”*, Perú.
- Asociación Servicios Educativos Rurales (SER). (2004) *“Manual de operación, mantenimiento y desinfección sanitaria del sistema de agua y saneamiento rural”*. Lima, Perú.
- Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-08) and Commentary, Reported by ACI Committee 318.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, *“Unidad de Apoyo Técnico para el saneamiento Básico del Área Rural”*.
- Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures (ACI 350M-01) And Commentary (ACI 350RM-01), Reported By ACI Committee 350.
- Concrete Structures for Containment of Hazardous Materials (ACI 350.2R-04), Reported by ACI Committee 350.
- CALTUR (MINCETUR) (2008) *“Manual técnico de difusión sistema de tratamiento de aguas residuales para albergues en zonas rurales”*. Lima, Perú.
- Desarrollo Sostenible-Ambiental; Saneamiento Ambiental (2015), *“Abastecimiento de Agua Potable”*. Lima, Perú.

Design Considerations for Environmental Engineering Concrete Structures (ACI 350.4R-04), Reported by ACI Committee 350.

Environmental Engineering Concrete Structures (ACI 350.R-89), Reported by ACI Committee 350.

García T. (2009), "*Manual de Proyectos de Agua Potable en Poblaciones Rurales*". Lima, Perú.

Leonel H. (2010) "*Métodos y sistemas de Medición de Gasto*". México.

López J. (2008), "*Hidráulica General*" Universidad Autónoma de Sinaloa. México.

Mendoza J. (2010), "*Diseño de un sistema de Agua Potable para la comunidad de Tsoroja, Analizando la Incidencia de Costos Siendo una Comunidad de Difícil Acceso*". Lima, Perú.

Ministerio de Economía y Finanzas, "*Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos - Saneamiento Básico en el Ámbito Rural, a Nivel de Perfil.*"

Ministerio de Vivienda (2004), "*Parámetros de Diseño de Infraestructura de Agua y Saneamiento para Centros Poblados Rurales*". Lima, Perú.

Miliarium.Com, "Ingeniería Civil y Medio Ambiente"

Norma E.060 (mayo 2009), "*Norma Técnica de Edificaciones, Reglamento de Edificaciones*". Lima, Perú.

Norma Técnica de Edificaciones "Diseño Sismoresistente" E-030.

ANEXOS

PLANOS