

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 SELECCIÓN Y DEFINICIÓN DEL TEMA DEL PROYECTO

1.1.1 Título del proyecto:

Diseño Hidráulico “Sistema de Alcantarillado Sanitario urbanización Monte Sud”

1.2 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Planteamiento del problema

La ciudad de Tarija ha venido experimentando en los últimos años una rápida expansión poblacional e industrial. Esto ha traído como consecuencia un crecimiento acelerado del área urbana, y se observa que aumenta el volumen de desechos producidos y disminuye la cobertura de servicios básicos.

Debido al crecimiento desmedido mencionado anteriormente no se desarrollaron sistemas de alcantarillado sanitario exponiendo a la población a un alto grado de contaminación ambiental, como es el caso de la urbanización Monte Sud que carece de un sistema de alcantarillado sanitario, que afecta directamente a los habitantes de esa zona, causando molestias y reduciendo la calidad de vida de las personas.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cómo se puede mejorar la calidad de vida de los habitantes de la urbanización Monte Sud?

La población al no contar con servicios de saneamiento, hace el uso de pozos sépticos y letrinas, los cuales contaminan los suelos y las aguas freáticas, causando impactos negativos en el medio ambiente. Se puede observar también el agua utilizada por los habitantes escurre por las calles, invade los caminos, restan estética al panorama, y emiten olores desagradables.

El problema por el cual se atraviesa en la actualidad es que la falta de alcantarillado constituye una molestia a los habitantes, porque no existe un desalojo apropiado y eficiente de las aguas residuales por lo tanto es necesario realizar proyectos y buscar alternativas para el desalojo de las aguas residuales.

Por lo tanto se realizará un estudio para poder dotar a los habitantes de la urbanización Monte Sud de un sistema de alcantarillado sanitario, para mejorar la calidad de vida de los habitantes de esta zona.

1.2.3 Sistematización del problema

¿Existe un sistema de alcantarillado sanitario en la urbanización Monte Sud?

¿Qué impacto tendrá sobre la urbanización un sistema de alcantarillado?

¿Existe alguna solución planteada anteriormente para resolver el problema con las aguas residuales?

¿Qué impactos ambientales está provocando la falta de alcantarillado?

En las visitas realizadas al barrio se observó que la zona no cuenta con varios de los servicios básicos, entre ellos se encuentra el alcantarillado sanitario. Monte Sud es un barrio pequeño que cuenta con 30 familias y el nivel de vida de la población es bajo, por lo que no se plantaron alternativas para solucionar el problema de las aguas residuales.

La evacuación de las aguas residuales del barrio ayudara a que la población esté libre de enfermedades que puedan amenazar a la salud de los residentes evitando así un ambiente contaminado e insalubre, mejorando la calidad de vida de la población.

No existen soluciones para resolver el problema de las aguas residuales, dialogando con los habitantes de la zona se pudo conocer que no existen proyectos que beneficien a la zona.

La urbanización Monte Sud al no contar con una evacuación de aguas residuales, provoca malos hábitos en la higiene y enfermedades, provocando una bajo nivel de

vida. El suelo es contaminado al igual que las aguas freáticas del sector causando impactos ambientales negativos.

1.3 MARCO DE REFERENCIA

1.3.1 Marco Teórico

- Localización
- Demografía
- Características generales del área de estudio
- Saneamiento Básico
- Extensión
- Población actual
- Actividad industrial
- Salud
- Vías de acceso
- Educación
- Infraestructura
- Topografía
- Geología
- Clima
- Hidrología
- Altitud

1.3.2 Marco espacial

Barrió Monte Sud, en la provincia Cercado, de la ciudad de Tarija, del Estado Plurinacional de Bolivia.

1.3.3 Marco temporal

Para iniciar el siguiente proyecto, se deberá contar con la información actual de la zona (2011) para realizar un estudio hidráulico y así mismo poder determinar el caudal de agua para así poder realizar el diseño del alcantarillado sanitario. Se realizara los diseños hidráulicos, tomando en cuenta las características del terreno

donde se emplazara el sistema de alcantarillado, como ser: tipo de suelo, pendientes del terreno y otras características físicas que pueda presentar el terreno.

Para conseguir el análisis de suelos se hará uso de los instrumentos de laboratorio de suelos de la universidad.

Para obtener pendientes y otros datos del terreno, se requerirá la ayuda para prestación de equipo del gabinete de topografía de la carrera de ingeniería civil.

1.3.4 Marco conceptual

El lenguaje técnico que va emplearse con mayor frecuencia y los conceptos que están involucrados en el presente estudio se los define en el capítulo V.

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1 Objetivo General

- Mejorar la calidad de vida de los habitantes de la urbanización Monte Sud, a través del sistema de alcantarillado sanitario, promoviendo su crecimiento y desarrollo.

1.4.2 Objetivo Específicos.

- Brindar un transporte efectivo y económico de los mismos hasta las instalaciones de descarga proporcionando una eliminación ecológicamente segura, técnicamente práctica y de bajo costo.
- Mejorar las condiciones higiénicas y ambientales, evitando posibles enfermedades en los habitantes.
- Evitar la contaminación de los suelos, aguas superficiales y freáticas que producen enfermedades.

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.5.1 Justificación Académica

El diseño de un sistema de alcantarillado sanitario en un barrio específico de la ciudad de Tarija, permitirá recabar y realizar información, cálculos, mediciones y

analizar diferentes variables tanto cuantitativas como cualitativas, que dejen al estudiante utilizar su criterio técnico para optar por la mejor alternativa de construcción del mismo.

A través de esto se plasmara los conocimientos teórico – práctico, adquiridos durante el proceso de aprendizaje universitario.

1.5.2 Justificación Técnica

Se dotara de un sistema de alcantarillado sanitario construido bajo la normativa y reglamentación vigente en Bolivia, que certifique el óptimo desarrollo del mismo.

El mismo se basara en el diseño de los diferentes colectores y su respectiva conexión al colector principal a través de las características físicas del barrio, asegurando así el desalojo rápido de las aguas residuales de cada familia hacía la Planta de Tratamiento de Aguas del Departamento, mitigando impactos negativos al medio ambiente y brindando de una mayor calidad de vida a los residentes del lugar.

1.5.3 Justificación Social

Durante mucho tiempo, la preocupación de las autoridades municipales o departamentales estaba más ocupada en construir redes de agua potable, dejando para un futuro indefinido la construcción de las redes de alcantarillado.

Al brindar de un sistema de alcantarillado sanitario a la población se eliminaran los riesgos de contraer enfermedades, reduciendo así los índices de mortalidad en el departamento.

Una recolección apropiada y eficiente de las aguas residuales proporcionaría un ambiente sano, libre de gérmenes y desechos, un escenario paisajístico agradable y habitacional, brindaría a la comunidad una mejor calidad de vida.

1.6 ALCANCE DEL PROYECTO

La propuesta, contempla encontrar la alternativa más viable, tanto en lo técnico como en lo económico, para que este proyecto se logre ejecutar.

El alcance del Estudio del sistema de alcantarillado sanitario abarca lo siguiente:

- Recolección de datos disponibles
- Análisis de datos recolectados
- Levantamiento topográfico
- Estudio de mecánica de suelos
- Alternativas para el diseño
- Diseño del sistema:
 - Diseñar las cámaras de inspección.
 - Diseñar los colectores principales.
 - Diseñar los colectores secundarios.
- Hacer las verificaciones necesarias para un buen funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario.
- Realizar análisis de presupuesto.
- Elaborar los planos a detalle finales de los distintos componentes del proyecto.

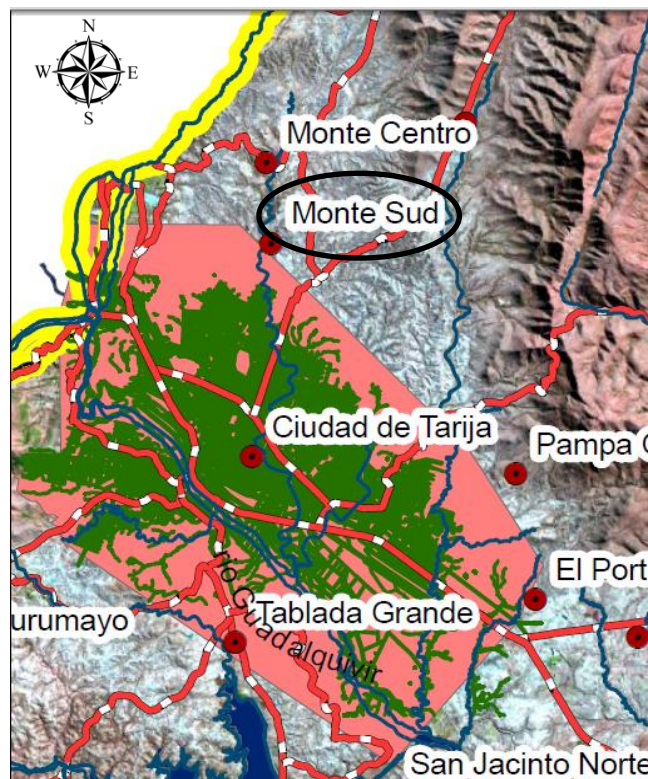
CAPITULO II

ASPECTOS GENERALES DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

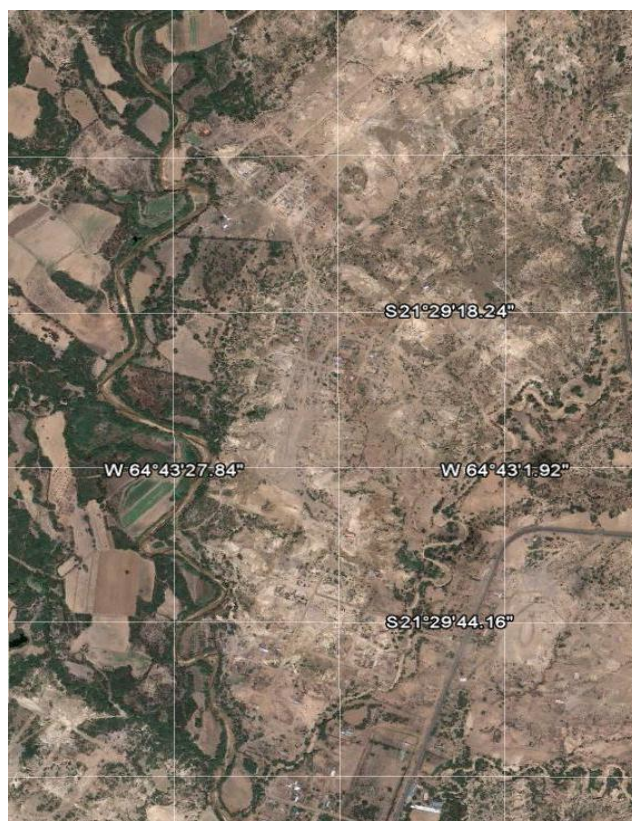
La urbanización Monte Sud se encuentra en la comunidad de Monte Sud en el Cantón de San Mateo, distrito 17, considerado área rural de la provincia de Cercado del departamento de Tarija, en el estado plurinacional de Bolivia. Enmarcado entre los paralelos $21^{\circ}28'52.32''$ a $21^{\circ}29'57.25''$ de latitud sur y los meridianos $64^{\circ}43'27.84''$ a $64^{\circ}42'48.75''$ de longitud oeste.

Figura 2.1.-Ubicación geográfica



La urbanización específicamente se ubica a 5 kilómetros al norte de la ciudad de Tarija, a la que se accede mediante la calle Colón (final Colón).

Figura 2.2.-Vista aérea del barrio Monte Sud



Finalizando la calle Colón se ingresa a la Avenida Colón, tiene que cruzarse dos quebradas, al atravesar la segunda quebrada, aproximadamente, a un kilómetro se encuentra la urbanización.

2.2 ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS

2.2.1 Temperatura

En forma general el clima de la provincia Cercado, en función a 9 estaciones climáticas, se presenta con una temperatura media anual de 17,4° C, la máxima media de 25,5° C, mínima de 9,4° C, se tiene en verano extrema máxima de 39,4° C, y extrema mínima de invierno de -8,6° C, las temperaturas están fuertemente relacionadas con la altura y las estaciones del año.

Esta región cuenta con un clima templado árido, la temperatura media anual en Monte Sud se encuentra alrededor de los 21°C, presentando temperaturas máximas de 37 °C en el mes de Enero y temperaturas mínimas de -5 °C en el mes de julio.

2.2.2 Precipitación

La precipitación en la ciudad de Tarija está fuertemente vinculada a las masas de aire húmedo en época lluviosa que llegan desde el sudeste del continente, las mismas que al encontrarse con las serranías del sub andino en primera instancia y luego con la cordillera de Sama, se elevan, se enfrían y precipitan, determinando de esta manera la distribución de la precipitación.

Para la determinación de la precipitación media mensual se ha considerado a varias estaciones climáticas dentro la provincia Cercado, y se obtiene un promedio anual de 683,8 mililitro por año, valores que varían desde los 308 mm por año en San Agustín Norte en la zona de la sub cuenca del río Santa Ana, hasta los 1.251,2 mm por año en Calderillas en la parte alta de la sub cuenca del río Tolomosa, es decir la precipitación es mayor en cercanías a la cordillera de Sama.

La precipitación se caracteriza por periodos relativamente cortos de lluvias (noviembre-abril), con regímenes de precipitaciones muy variables en cuanto a frecuencia e intensidad y con un periodo largo de estiaje (mayo-octubre).

En Monte sud llueve menos que en el resto de la ciudad presentando una precipitación promedio de 532 mm y precipitaciones mínimas de 386 mm y precipitaciones máximas de 680 mm.

Esta zona no corre riesgo de inundaciones y las referencias respecto a las sequias son de medias a altas.

2.2.3 Vientos

Se presenta vientos débiles a moderados de dirección variable de origen local, el régimen normal de vientos en la provincia Cercado, que corresponde en gran parte al Valle central de Tarija, está determinado por el ingreso de masas de aire denso a través de la fractura geológica de la Angostura, razón por la cual, la intensidad, así

como la dirección predominante se modifica al distribuirse tanto hacia el norte como al sur, de este punto de referencia.

La dirección de los vientos predominantes son de sur-este, con velocidades altas, hasta de 90 km/hr. Sin embargo, esto no ocurre con frecuencia y solo se presentan en épocas de lluvias.

La velocidad promedio se encuentra en el orden de 6.3 m/s (23 km/hr).

2.3 POBLACIÓN ACTUAL

Se pretende beneficiar a todas las familias de la zona de estudio, brindándoles el servicio de alcantarillado sanitario para así poder mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Para identificar a la población se realizó una encuesta en toda el área de influencia del proyecto para tener datos precisos sobre la población actual con la que se debe diseñar.

La población de la zona monte sud alcanza a 168 habitantes la cual está distribuida en 30 familias.

Existe un total de 40 viviendas de las cuales 30 están ocupadas y 10 están desocupadas o en proceso de construcción, las viviendas son de ladrillo y bastante pequeñas.

2.4 DESCRIPCIÓN DEL RELIEVE DE LA ZONA

El primer trabajo que debe realizar el proyectista para un sistema de alcantarillado, es la topografía del área o ciudad a diseñarse. Los trabajos topográficos a diseño deberán satisfacer y regirse en la Norma. Para realizar trabajos de levantamientos topográficos, se deberá recabar previamente, la información básica al respecto, de instituciones públicas y privadas, como ser planimetrías, nivelaciones, aerofotogrametría, planos reguladores, catastrales y demás información

Según con el plano con el que se cuenta la topografía del terreno se encuentra entre dos quebradas que origina una inclinación hacia ambas quebradas, en donde la

pendiente natural del terreno favorece al escurrimiento por gravedad de las aguas servidas. (Véase en anexo J).

2.5 GEOLOGÍA

El estudio de los suelos es muy importante ya que las obras civiles están ligadas al suelo donde se lo construye.

La instalación de alcantarillado sanitario se la debe realizar bajo la superficie, por lo que es necesario un estudio geotécnico para conocer las características geológicas y geotécnicas referidas a las propiedades físicas y mecánicas del suelo y subsuelo donde se construye el sistema de alcantarillado sanitario conforme a lo establecido en la norma NB 688, así se puede determinar la profundidad necesaria donde se emplazara el sistema de tuberías, por lo que se procede a la excavación a cielo abierto para la obtención del material con muestras sacadas a 1.5 m de profundidad.

Los estudios de suelos deberán incluir los siguientes valores:

- _ Análisis Granulométrico.
- _ Clasificación de Suelo.
- _ Límites de Atterberg (líquido y plástico).

Los estudios de suelos se encuentran en el Anexo A.

2.6 SERVICIOS BÁSICOS EXISTENTES

Contar con los servicios básicos en cualquier barrio, es de vital importancia. Los servicios con los que debe contar la población son el agua potable, alcantarillado sanitario, energía eléctrica, salud, educación, etc. Sin embargo, no todos los barrios son atendidos por el gobierno central y/o municipal, debido a muchos factores tales como falta de recursos financieros, descuido de las autoridades centrales, entre otros factores.

Los servicios básicos contemplan todo aquello que beneficiará de mejor forma el desarrollo, progreso y embellecimiento de la localidad.

2.6.1 SERVICIOS DE ELECTRICIDAD

Con relación a los servicios de electricidad en el área de influencia del proyecto, se puede indicar que la mayoría del barrio cuenta con el servicio de energía eléctrica con una cobertura del 100%, servicio que es prestado por Servicios Eléctricos Tarija (SETAR).

2.6.2 SERVICIO DE TELEFONÍA

El barrio no cuenta con los servicios de telefonía fija, pero la cobertura de telefonía móvil permite el uso de celulares en toda el área de influencia.

2.6.3 SERVICIO DE TRANSPORTE

El barrio Monte Sud cuenta con el servicio público de micros y taxis. La línea de micros “D” presta sus servicios todo el día permitiendo y facilitando el libre desplazamiento de la población a diferentes puntos de la ciudad. La parada del micro “D” se encuentra al salir del barrio Monte Sud.

2.6.4 INFRAESTRUCTURA VIAL

El acceso más importante al barrio es la avenida que se encuentra al norte de la ciudad de Tarija, sobre la calle final Colón, la avenida Colón, que se encuentra pavimentada.

Las calles en el área de influencia son de tierra pero se puede transitar todo el año sin inconvenientes.

2.6.5 SERVICIOS NO EXISTENTES:

- Servicio de salud.
- Servicio de Agua Potable.
- Servicio de alcantarillado sanitario
- Servicio de alcantarillado pluvial.
- Servicio de educación
- Posta policial
- Áreas verdes

2.7 ASPECTOS ECONÓMICOS

El nivel de vida es bajo en este sector de la ciudad, no hay gente profesional con estudios superiores por lo que los ingresos son bajos y la mayor parte de la población es de la clase campesina. Entre algunas actividades que desarrollan tenemos: agricultores, ganaderos, comerciantes, choferes.

2.8 ACTIVIDAD INDUSTRIAL

No existe actividad industrial ya que esta zona recién está siendo habitada.

2.9 INFRAESTRUCTURA

En la zona de estudio solo encontramos pequeñas casitas de ladrillo de una planta, solo hay una casa de dos plantas.

2.10 EXTENSIÓN

El área de estudio comprende 24 hectáreas.

Capítulo III

ESTUDIOS Y ENSAYOS PRELIMINARES

3.1 INTRODUCCIÓN

Se define estudios preliminares, como, los trabajos previos al diseño y construcción de una obra de Alcantarillado Sanitario. Es decir los datos para el diseño de la obra.

A continuación se detallan, las gráficas que representan esquemas relacionados a la distribución de tuberías en las calles. Los componentes de un sistema de evacuación de aguas servidas, en este grafico se muestran como tienen que estar colocados las tuberías; la tubería de alcantarillado sanitario se encuentra por debajo de alcantarillado pluvial por que la tubería de alcantarillado sanitario tiene mayor diámetro que la tubería de alcantarillado pluvial esta es la razón principal, otro detalle del grafico que la tubería de alcantarillado sanitario va al medio de la calle mientras que la tubería de alcantarillado pluvial esta distanciado a una cierta distancia del medio de la calle. A continuación se muestran a continuación en la figura 3.1 y la figura 3.2.

FIGURA 3.1.- VISTA DE PERFIL “SISTEMA DE ALCANTARILLADO”

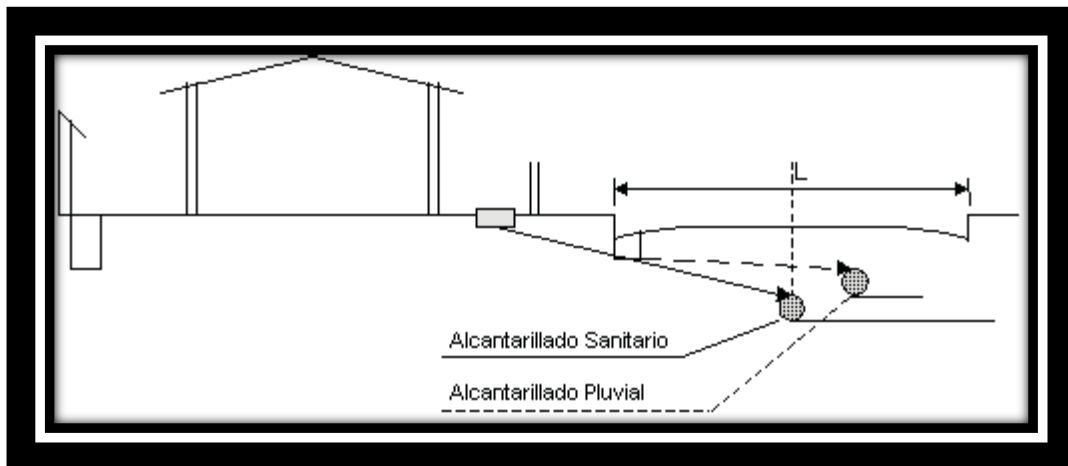
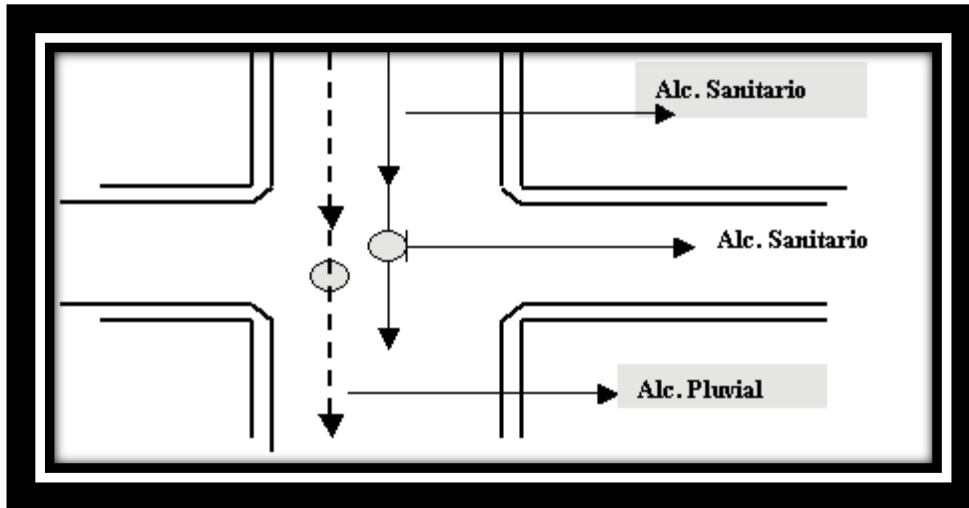
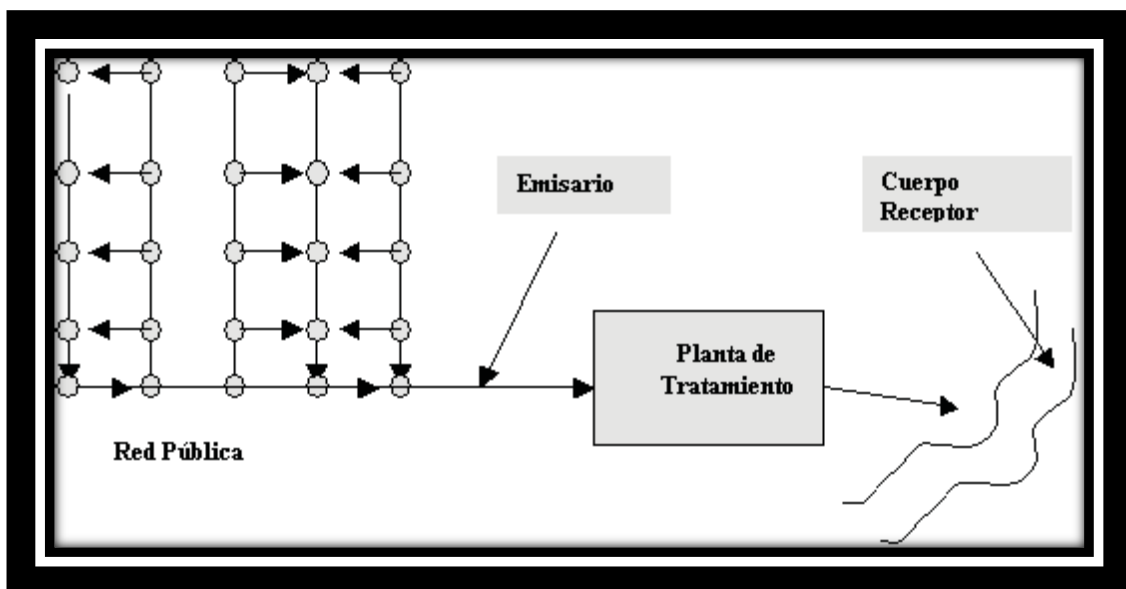


FIGURA 3.2.- VISTA EN PLANTA “SISTEMA DE ALCANTARILLADO”



Un esquema global de esta distribución, se muestra a continuación, contando con la red completa de alcantarillado (red pública), para la evacuación de las aguas servidas, planta de tratamiento y el cuerpo receptor, en este caso un río, donde serán evacuadas las aguas tratadas.

FIGURA 3.3.- ESQUEMA GLOBAL “EVACUACIÓN DE AGUAS SERVIDAS”



La recolección de datos, es una parte de los estudios preliminares, que abarcan cuatro aspectos importantes, presentes en todo proyecto de alcantarillado sanitario. Los cuales son:

✓ **Los que permiten fijar la magnitud de la deficiencia o requerimientos del sistema, como son:**

- Área servida.
- Población servida.

✓ **Los que permiten apreciar la magnitud del sistema, como son:**

- Población actual y futura.
- Caudales esperados.

✓ **Los datos correspondientes a las características de la zona, como son:**

- Topografía.
- Geología.
- Cursos de agua.

✓ **Datos complementarios, como son:**

- Capacidad de pago de la población.
- Salario mínimo.
- Número de conexiones de agua existentes.
- Materiales de construcción existentes.

3.2 LEVANTAMIENTO DEL CENSO POBLACIONAL

Realizar una encuesta socioeconómica para establecer la línea base del proyecto, y además, obtener información para estimar estadísticamente la función de demanda de agua a nivel familiar, que permita definir la relación entre el precio del agua y su consumo.

Para usuarios conectados al sistema, la encuesta estará dirigida solamente aquellas familias que tienen medidor y reciben agua sin restricción a la tarifa vigente.

Para los usuarios no conectados al sistema que serán incorporados con el proyecto, se investigará el precio marginal de auto-abastecimiento y la cantidad consumida correspondiente.

Realizar la encuesta socioeconómica cumpliendo las siguientes actividades:

a) Elaboración del formulario de encuesta para obtener datos sobre:

- Actividad económica y nivel de ingreso de la familia.
- Número de personas de la familia.
- Forma de abastecerse de agua.
- Hábitos en el uso del agua (alimentación, higiene personal, aseo de la vivienda, otros).
- Número de puntos de agua en la vivienda.
- Tipo de desagüe o descarga de aguas servidas de la vivienda.

El cálculo de la población y su distribución espacial, debe ser realizado con base en datos censales e información local y regional.

Deben ser determinadas, tanto para el inicio como para el final del proyecto, las densidades poblacionales en las zonas de ocupación homogénea, siguiendo las categorías: residencial, comercial, industrial y pública.

La población de la zona monte sud alcanza a 168 habitantes la cual está distribuida en 30 familias.

Existe un total de 40 viviendas de las cuales 30 están habitadas y 10 están deshabitadas o en proceso de construcción.

Haciendo una proyección de la población en función del número de lotes y suponiendo que en cada lote va vivir 5 personas y que todos los lotes están habitados, tendríamos una población futura de 2405 habitantes.

3.3 ANÁLISIS GEOTÉCNICO

El estudio geotécnico para determinar las características geológicas y geotécnicas referidas a las propiedades físicas y mecánicas del suelo y subsuelo para la construcción del sistema de alcantarillado sanitario, se realizará conforme a lo establecido en la Norma Boliviana NB 688.

Los estudios de suelos deberán incluir los siguientes valores:

- _ Análisis Granulométrico.
- _ Clasificación de Suelo.
- _ Límites de Atterberg (líquido y plástico).

El ensayo realizado y los ensayos obtenidos se muestran en el Anexo A.

3.4 ESTUDIO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Se deberán realizar los estudios necesarios que permitan verificar la oferta de agua a fin de garantizar el abastecimiento actual y futuro de agua potable y el adecuado funcionamiento del sistema de alcantarillado.

Los principales estudios técnicos especializados serán los siguientes:

- Geo hidrológicos
- Hidrométricos

3.4.1 Estudios geo hidrológicos

Esta investigación comprenderá varios procesos, los cuales están relacionados con las circunstancias que se presenten debidas a las condiciones geológicas e hidrológicas de la región de estudio, así como la importancia de la población y la situación económica de sus habitantes.

Una vez determinados los caudales disponibles y aprovechables, deberá resolverse el tratamiento de las aguas, si es necesario. Se deberá garantizar que la calidad del agua para consumo cumple con los estándares de calidad vigentes en el país.

3.4.2 Determinaciones hidrométricas

Se deberán estudiar y cuantificar las fuentes posibles para el abastecimiento a la población. En el caso de fuentes superficiales, la investigación hidrométrica consistirá en aforar en distintas épocas del año la fuente de aprovisionamiento o deducir su valor utilizando los datos hidrológicos correspondientes, de acuerdo a las precipitaciones pluviales, para determinar el caudal mínimo disponible.

En el caso de fuentes subterráneas los estudios hidrogeológicos comprenderán pruebas de bombeo, aforos y determinaciones del comportamiento de los acuíferos, capacidad y posibilidad de explotabilidad para que el abastecimiento a la población sea conveniente y apropiado.

3.5 ASPECTOS AMBIENTALES

Los ingenieros que trabajan en diferentes aspectos del ambiente se ocupan de las obras desarrolladas para proteger y promover la salud pública y mejorar el ambiente. Su experiencia incluye estudios, informes, diseños, revisiones, administración, operación e investigación de tales obras. Por tanto, una evaluación del impacto ambiental, es un proceso destinado a prever e informar sobre los efectos que un determinado proyecto puede ocasionar en el medio ambiente. En este sentido, la evaluación de impacto ambiental se enmarca en un proceso más amplio, ligado enteramente a la forma de decisiones sobre la conveniencia o no de un proyecto.

La aplicación de nuevas tecnologías para minimizar los impactos más desfavorables tanto de los humanos sobre el medio ambiente como el ambiente sobre los humanos, es a menudo presentada como un malhechor luchando contra la naturaleza, pese a que la tecnología ha controlado la propagación de muchas enfermedades transmisibles, ha expandido la producción agrícola y mejorado la calidad y duración de nuestra vida.

Tanto el diseño, construcción y operación de sistemas para el tratamiento y abastecimiento de agua potable y la recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales, constituyen una parte importante del aspecto ambiental pero no se pueden

considerar aisladamente, ya que ellas mismas producen residuos, requieren energía y materias primas, y pueden ser afectadas adversamente por la contaminación del aire, el manejo de residuos peligrosos y nucleares, y las actividades industriales.

3.6 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Para realizar trabajos de levantamientos topográficos en zonas donde se implementaran proyectos de agua potable y alcantarillado, se deberá recabar previamente, la información básica al respecto, de instituciones públicas y privadas (Alcaldías, Prefecturas, Subprefecturas y otras), como son planimetrías, nivelaciones, aerofotogrametría, planos reguladores, catastrales y demás información.

Todo trabajo de topografía se iniciará con referencia a un Bench Mark (BM) del Instituto Geográfico Militar.

Las estaciones topográficas del proyecto, deberán tener cotas de elevación obtenidas obligatoriamente por nivelación, arrastrado desde el BM.

En caso de no existir un BM en la zona del proyecto, o el BM esté a una distancia tal que impida un fácil acceso y/o arrastre, o sea incompatible con la magnitud del proyecto, se iniciará el trabajo definiendo y ubicando un punto fijo y permanente, cuya cota y coordenadas serán asumidas en concordancia a la información básica y/o determinados en campo (utilizando un alfiler por ejemplo). Este punto (Ec) será la estación de partida y podrá ubicarse en sitios difíciles de remover o deteriorar (Puentes vehiculares, la base de una estatua, plazas, edificios públicos y similares).

Los estudios preliminares y elaboración de proyectos para poblaciones dispersas menores a 5.000 habitantes, podrán ser realizados sobre información topográfica básica o en levantamientos topográficos de menor precisión.

Para representar en un plano, la configuración física de sitios geográficos, se deberá emplear un método de levantamiento topográfico y equipos apropiados al proyecto.

Toda información y levantamientos topográficos deberán ser necesariamente verificados en el terreno.

Para el replanteo posterior del proyecto, el responsable dejará en la localidad, BMs auxiliares y/o estaciones de la polígona básica, en lugares fijos o mojones permanentes de hormigón (con mezcla de dosificación 1:3:6), de forma cilíndrica de una altura total de 40 cm y diámetro de 15 cm enterrados una profundidad mínima de 25 cm y que sobresalga 15 cm. En el centro de la cara superior se insertará un elemento metálico (clavo) para señalar el punto de la estación.

Se seguirá la anterior indicación para poligonales que abarquen los componentes principales del proyecto.

En poligonales secundarias, las estaciones pueden ser también estacas de madera resistente, cubiertas con pintura y convenientemente protegidas.

Los mojones y estacas deberán ser identificados y localizados con pintura al aceite de color que contraste con el medio (amarillo, verde, rojo u otros). Se deberán señalar las marcas con letras legibles y seguida del número correspondiente a la estación (por ejemplo E-30), en dimensiones de 50 x 50 cm y en un lugar visible; la numeración no deberá repetirse en el mismo proyecto.

El levantamiento topográfico se muestra en el Anexo J.

CAPITULO IV

PROPUESTA DEL PROYECTO

4.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y MATRIZ DE PLANIFICACIÓN

4.1.1 Descripción detallada del problema que pretende resolver el proyecto

El presente proyecto pretende mejorar las condiciones de vida y los indicadores actuales de salud de la población beneficiaria con la implementación de la red de alcantarillado sanitario para la recolección de aguas servidas y su tratamiento.

Los indicadores que permitan medir los cambios esperados por el proyecto son:

- a) Actualmente existen enfermedades que son producidas por la falta de los servicios sanitarios.
- b) Las aguas servidas no son desalojadas de la zona.
- c) Las condiciones higiénicas son desfavorables.

4.1.2 Razones que lo justifiquen

Las razones que justifican la implementación del proyecto de alcantarillado en el barrio Monte Sud, son sociales, económicas y técnicas.

- a) **Razones Sociales.-** En las visitas realizadas al barrio se observó que la zona no cuenta con varios de los servicios básicos, entre ellos se encuentra el alcantarillado sanitario, por lo que se utiliza pozos sépticos que constituyen una fuente de contaminación para las aguas subterráneas y para el mismo predio. Los servicios higiénicos de las viviendas están limitados a la falta de un servicio de transporte de aguas residuales.
- b) **Razones económicas.-** Las razones económicas que justifican el proyecto es que no incurrirá en grandes costos, las pendientes son favorables para la evacuación por gravedad de las aguas servidas sin ser necesarias estaciones de bombeo en el sistema.

- c) **Razones técnicas.-** La principal razón técnica que justifica el proyecto, es que este se diseñara en función a la Norma Boliviana NB-688 y a los reglamentos técnicos de diseño de alcantarillado para estos tipos de estudio.

4.2 PROYECCIÓN DE LA OFERTA DEMANDA

4.2.1 Análisis de la demanda

La demanda por la construcción del alcantarillado sanitario en la urbanización Monte Sud, está determinada por toda la población de esta urbanización.

Como es de conocimiento, la población beneficiaria con el proyecto es de 30 familias, correspondientes a 168 personas.

4.2.2 Proyección de la demanda

Es necesario conocer la población beneficiaria para el proyecto y el crecimiento que tendrá cuando el sistema esté siendo usado a su máxima capacidad.

Para la proyección de la población existen diferentes métodos para estimar las poblaciones futuras, como ser el método aritmético, el método geométrico y el método Wappaus, pero como se está trabajando en una urbanización que apenas cuenta con 168 habitantes ninguno de los anteriores métodos nos serviría para estimar la población futura para cuando el sistema esté en su etapa más crítica.

Por lo que estimaremos la cantidad de habitantes en función de los lotes disponibles y el número de habitantes que habitara cada lote. De los datos obtenidos podemos deducir que en cada lote vive un promedio de 5 habitantes y el número total de lotes es de 481, así podemos deducir y hacer una aproximación de la cantidad de habitantes que tendrá la urbanización cuando esté totalmente habitado.

Así podemos decir que en esta área habitaran 2405 personas.

4.2.3 Análisis de la oferta

La oferta consiste en satisfacer los requerimientos del total de los beneficiarios que habitan la urbanización Monte Sud interesados en contar con este servicio.

En este caso las 30 familias beneficiarias del proyecto de construcción del alcantarillado sanitario que requieren prioritariamente este beneficio ya que las condiciones en las que se encuentran no son aptas para tener una buena higiene, mas, por el contrario, facilita la proliferación de enfermedades.

4.2.4 Proyección de la oferta

La proyección de la oferta estará en base a la vida útil de la infraestructura a construirse, sin embargo, la oferta futura dependerá en gran medida del mantenimiento que se realice a la infraestructura, ya que si se realizan todos los mantenimientos programados en forma oportuna, la vida útil de la infraestructura será mayor.

4.2.5 La demanda insatisfecha

La demanda insatisfecha está determinada por toda la población que demanda el servicio de alcantarillado, y está dada por el número de viviendas emplazadas a lo largo y ancho del barrio. A continuación, se detalla los indicadores de la demanda insatisfecha:

Población total (actual)	168
Número de viviendas y lotes	481
Población proyectada	2405

La demanda insatisfecha es igual a la demanda actual menos la oferta actual; es decir:

$$D_i = D_A - O_A$$

Dónde:

D_i = Demanda insatisfecha

D_A = Demanda actual (número de viviendas)

O_A = Oferta actual (número de conexiones)

Para determinar la demanda insatisfecha vamos a tomar en cuenta el número de usuarios o familias de la urbanización y el número de conexiones de red (oferta actual). Por lo que:

$$D_i = 481; O_A = 0$$

Remplazando estos datos en la ecuación, tenemos la demanda insatisfecha por el servicio.

$$D_i = 481 - 0$$

$D_i = 481$ viviendas y lotes insatisfechas por el servicio de alcantarillado

La demanda principal, es de contar con un sistema de alcantarillado adecuado y eficiente, además, como se sabe es la única alternativa existente para solucionar el problema de manejo de aguas servidas y de amenazas a la salud de la población, que la solución planteada en el estudio cumpla con todas las condiciones técnicas y sanitarias.

4.2.6 El porcentaje óptimo de cobertura

Al no existir un servicio actualmente, el porcentaje de cobertura será de un 100%, esto quiere decir que todas las familias serán beneficiadas con el proyecto.

4.3 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS

Para asegurar el logro de los beneficios del proyecto y evitar impactos negativos, durante la formulación de alternativas, se puso énfasis en los siguientes aspectos:

4.3.1 Tipos de sistema de recolección.

El sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población. Los sistemas de alcantarillado, en forma sencilla, se clasifican en:

a) Alcantarillado sanitario: Es el sistema de recolección diseñado para llevar exclusivamente aguas residuales domésticas e industriales.

b) Alcantarillado pluvial: Es el sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la lluvia.

c) Alcantarillado combinado: Es un alcantarillado que conduce simultáneamente las aguas residuales y las aguas de lluvia.

El tipo de alcantarillado que se ha de usar depende de las características de tamaño, topografía y condiciones económicas del proyecto. Al unir las aguas residuales con las aguas de lluvia, es decir un alcantarillado combinado, es una solución económica inicial desde el punto de vista de la recolección, pero no lo será tanto cuando se piense en la solución global de saneamiento que incluye la planta de tratamiento de las aguas residuales, ya que este caudal combinado es muy variable en cantidad y calidad, lo cual genera perjuicios en los procesos de tratamiento. Se debe procurar, entonces, una solución separada al problema de la conducción de aguas residuales y aguas de lluvia.

La clasificación más completa de los sistemas de alcantarillado corresponde a la existencia de diferentes sistemas de saneamiento, por ello interesa realizar una descripción de los mismos a fin de poder establecer criterios de selección que permitan elegir el sistema más adecuado para cada supuesto.

Según el modo en que pueden ser transportadas las diferentes clases de aguas residuales existen los siguientes sistemas:

- Sistema unitario.
- Sistema separativo.
- Sistema doblemente separativo.
- Sistema pseudo separativo.
- Sistema restringido.
- Sistema deficitario.

Según el modelo de circulación de las aguas pueden existir los siguientes sistemas:

_ Sistema por gravedad.

- _ Sistema por elevación.
- _ Sistemas por impulsión.
- _ Sistemas a presión.

Según el planteamiento conceptual:

- _ Sistemas convencionales.
- _ Sistemas sostenibles.

4.3.1.1 Sistema unitario

El sistema unitario, utiliza una red que se dimensiona para absorber la totalidad de las aguas residuales, es económico, puesto que solo precisa para su construcción de una única red de canalización, sin embargo presenta los siguientes inconvenientes:

- _ Gran variación de caudales, entre las aguas de lluvias y las negras, que se traduce en la aparición de importantes procesos de sedimentación.
- _ Necesidad de implantar aliviaderos de crecidas, que propician vertidos a cauces naturales con un cierto grado de contaminación.
- _ Exigencia de mayores consumos energéticos en las elevaciones y en las plantas de depuración.

4.3.1.2 Sistema separativo

El sistema separativo, utiliza dos redes totalmente independientes de alcantarillado, con cometidos diferentes. Una de las redes evacua reducidos y conocidos caudales de aguas negras e industriales que no deben tener fermentaciones anaeróbicas prematuras y espontáneas dentro de un alcantarillado con largos recorridos. La otra red, conduce importantes caudales de lluvias, de difícil determinación que deben ser evacuados por los trayectos más cortos hacia cauces naturales idóneos.

Presenta los siguientes inconvenientes:

_ Se trata de un sistema que utiliza doble red en ramales, acometidas e instalaciones en edificios, por lo tanto su implantación eleva los costos de urbanización y edificación.

_ Por lo expuesto, el sistema separativo tiene grandes gastos de mantenimiento (casi en doble que el sistema unitario).

_ La instalación del sistema separativo presenta notables dificultades (doble red).

Las ventajas que tiene el sistema son las siguientes:

_ Las estaciones de depuración en este sistema son más baratas, porque son más pequeñas ya que sólo depuran aguas negras.

_ Las alcantarillas tienen menores sedimentaciones.

_ Los colectores de aguas pluviales pueden tener escaso desarrollo ya que es posible una evacuación inmediata a cauces naturales.

_ Los vertidos de pluviales no son contaminantes.

_ Las inundaciones de pluviales no son tan nocivas.

4.3.1.3 Sistema pseudo separativo

El sistema pseudo separativo, también se desarrolla con dos redes independientes, en una de las redes se conducen escorrentías provenientes de viales, parques, plazas y jardines, en la otra red se conducen las aguas negras domésticas, las industriales y las pluviales procedentes de cubiertas y de patios de edificaciones. Este sistema se utiliza, cuando se intenta implantar un sistema separativo y la edificación cuenta con un sistema unitario.

4.3.1.4 Sistema doblemente separativo

En el sistema doblemente separativo las aguas residuales urbanas y las industriales discurren por conducciones independientes, sin mezclarse. Este sistema se adopta cuando las aguas residuales industriales manifiestan una alta toxicidad o peligrosidad,

o en aquellos supuestos en los que, sin ser problemáticas, no hayan sido sometidas a un previo tratamiento de depuración.

4.3.1.5 Sistema restringido

El sistema restringido solo canaliza las aguas negras. Cuando se adopta este sistema hay que tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- _ El área a resolver debe ser de escasas dimensiones.
- _ Las pendientes de la red varia, no pueden superar el 6%.
- _ Las calles deben estar asfaltadas en su totalidad.

4.3.1.6 Sistema deficitario

Los sistemas deficitarios conducen las aguas negras sin que se verifiquen las condiciones anteriores, esto quiere decir que no garantizan el cumplimiento de las normas establecidas y que son susceptibles a causar dificultades que pueden estar fuera de control. Los inconvenientes potenciales serán siempre en el entorno medio ambiental, es decir en perjuicio de la sociedad en que los rodea.

Estos sistemas no deben ser empleados nunca.

4.3.1.7 Sistemas por gravedad

En los sistemas por gravedad, las aguas discurren a lo largo de las redes a causa de las pendientes de los conductos.

4.3.1.8 Sistemas por elevación

En los sistemas con elevación, el agua fluye por gravedad y en un cierto punto de la red sufren una elevación por medios mecánicos para de nuevo fluir por gravedad.

4.3.1.9 Sistemas por impulsión

En los sistemas con impulsión, las aguas residuales son elevadas por impulsión en determinados tramos de las redes.

4.3.1.10 Sistemas a presión

En los sistemas de presión, las aguas residuales circulan por diferencia de presión gracias sobre todo al empleo de bombas.

4.3.1.11 Sistemas convencionales

Todos los ya reseñados que se basan en el transporte de residuos a largas distancias dentro de redes de alcantarillado de desarrollo territorial.

4.3.1.12 Sistemas sostenibles

Con los sistemas de saneamiento sostenibles se organizan para verificar la premisa de que el mejor residuo es el que no se produce. Los sistemas convencionales de alcantarillado dotados de Estaciones de Depuración de Aguas Residuales territoriales, no deben considerarse como la única solución cuando se resuelven los problemas de saneamiento en asentamientos urbanos.

Cuando se emplean sistemas de saneamiento sostenibles, se hace una distinción entre:

- _ Aguas negras con un alto contenido de residuos biológicos.
- _ Aguas grises, procedentes de lavadoras, duchas, lavabos, lavaderos, etc.
- _ Aguas pluviales producidas por escorrentías.

La evacuación de las aguas negras, por ejemplo, se puede realizar utilizando sanitarios al vacío.

Dichas aguas negras se pueden mezclar después con la fracción orgánica de los residuos sólidos domésticos para obtener biogás y compost fermentado y estable que pueda ser utilizado en las labores agrícolas.

También existen sanitarios que permiten separar la fracción líquida y sólida de los residuos biológicos, con lo cual es posible un posterior tratamiento por separado de dichos residuos.

4.4 ESQUEMA DEL TRAZADO DE LA RED.

En el trazado de las redes hay que tener en cuenta orografía del terreno y la morfología urbana.

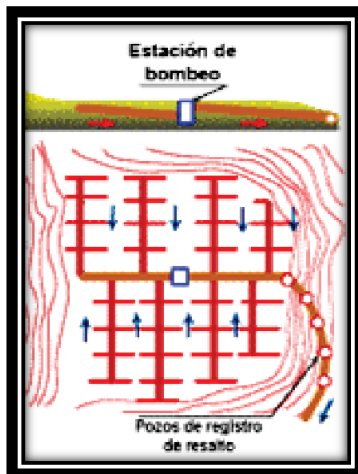
Cuando tenemos en cuenta la orografía del terreno, hay que considerar que, las redes de alcantarillado por su propia función se ponderan en tramos donde las aguas circulan con diferentes caudales.

Se pueden distinguir los siguientes esquemas orográficos:

a) En meseta:

FIGURA 4.1

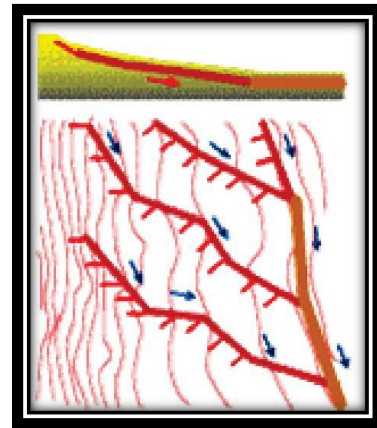
TRAZADO DE LA RED “MESETA”



b) En ladera.-

FIGURA 4.2

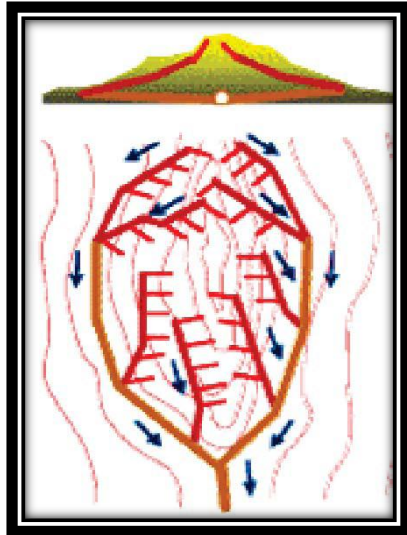
TRAZADO DE LA RED “LADERA”



c) En loma.-

FIGURA 4.3

TRAZADO DE LA RED “LOMA”

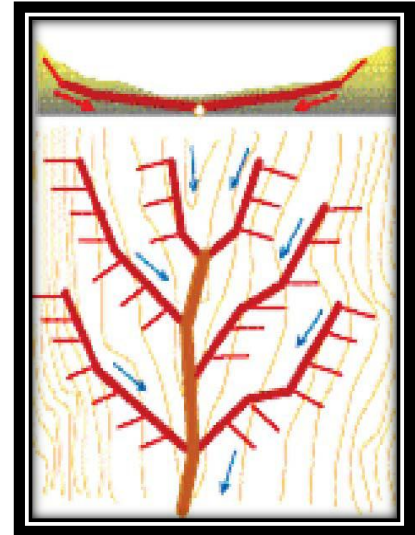


d) Valle en U

FIGURA 4.4

TRAZADO DE LA RED “VALLE EN U”

EN U”



e) En colina.-

FIGURA 4.5

TRAZADO DE LA RED “COLINA”

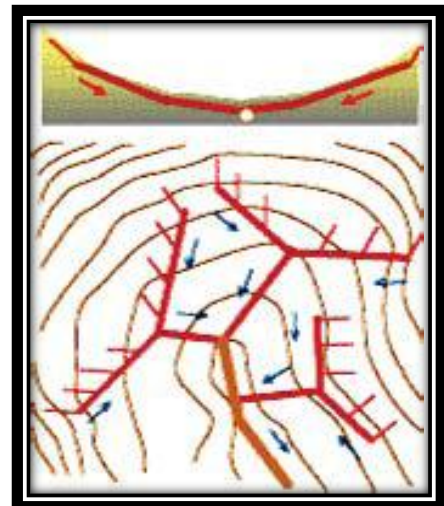


d) En valle de circo.-

FIGURA 4.6

TRAZADO DE LA RED “VALLE DE CIRCO”

DE CIRCO”



A cada esquema orográfico, le corresponde una determinada geometrización de la red de saneamiento. Cuando esta geometrización no coincide con la red, la instalación de la red se encarece.

No existe una regla general para la disposición de la red del alcantarillado, ya que esta se debe ajustar a las condiciones físicas de cada población.

4.5 DISEÑO HIDRÁULICO

Para el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario se requiere del conocimiento de los principios de hidráulica que se aplican al escurrimiento de los líquidos en conductos sin presión, cerrados o abiertos, es decir que las aguas residuales escurren dentro de las alcantarillas por gravedad. Sin embargo en algunos casos y dependiendo de algunas condiciones topográficas pueden utilizarse eventualmente sistemas a presión por tramos cortos.

Los principales factores que afectan al flujo de aguas residuales son:

- _ Pendiente del tubo.
- _ Área de la sección transversal.
- _ Rugosidad de la superficie interior de la conducción.
- _ Condiciones de flujo. (Parcialmente lleno, permanente).

Por lo tanto se realizara el diseño en función factores y principios fundamentales sobre la mecánica de fluidos aplicada a la medida de flujo y al proyecto de alcantarillas y los conceptos básicos sobre el diseño hidráulico del proyecto.

Las ecuaciones y condiciones de diseño hidráulico se encuentran en el Capítulo V.

4.6 SELECCIÓN DEL MATERIAL UTILIZADO EN LA CONSTRUCCIÓN

Los materiales normalmente aceptados para sistema de alcantarillado son los siguientes:

Tabla 4.1 Tipos de Materiales

Tipo de Tubería	Materiales aceptados
Tubería metálico	Tubería de fierro fundido Tubería de fierro dúctil Tubería de acero Otros
Tubería no metálico	Tubería de cerámica Tubería de hormigón simple Tuberías de hormigón armado reforzado Tuberías de fibrocemento Tubería de poli cloruro de vinilo (PVC) Tubería de polietileno (PE) Tubería termoplástica Tubería de polietileno de alta densidad Tubería plástica termo-estable Tubería de fibra de vidrio (resina termo-estable reforzada) RTR Tubería de mortero plástico reforzado RPM

A) Características de tubos PVC

Tabla 4.2 Propiedades Generales de la tubería PVC

PROPIEDAD	VALOR	UNIDADES	INTERPRETACIÓN
DENSIDAD	1.4	g/cm ³	El menor peso por volumen del PVC representa líneas con menor peso que en otro tipo de materiales
RESISTENCIA A LA TENSION	493	Kg/cm ²	Buena resistencia a la presión hidráulica
RESISTENCIA AL IMPACTO IZOD	3.6	Kg/cm ²	Resistencia a golpes ocasionados en el manejo o instalación
DUREZA	65/85	SHORE D	Resistencia al a penetración punzocortante
ESFUERZO DE DISEÑO	140	Kg/cm ²	Garantiza larga vida útil de las líneas
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD MANNING	0.009		Bajo coeficiente de fricción, ofrece mínima resistencia al paso del agua.
MOD. DE ELASTICIDAD	28100	Kg/cm ²	Buena resistencia al golpe de ariete
HERMETICIDAD	TOTAL		Garantiza el gasto conducido al no presentar fugas a lo largo de la tubería y conexiones ni en las uniones.

- **Ventajas de la tubería de PVC**

La amplia aceptación de la tubería de PVC se debe a sus numerosas propiedades y ventajas sobre otras. A continuación mencionamos algunas de esas ventajas:

Resistencia a la corrosión.- La tubería resiste los ácidos, álcalis, soluciones salinas y productos químicos industriales, sin mostrar el mas mínimo deterioro a través de los años.

Resistencia a la electrolisis.- La tubería PVC es inmune a la acción electrolítica que destruye las tuberías de cobre. Por lo tanto puede colocarse bajo tierra, bajo agua o en contacto con metales.

Libre de incrustaciones.- Las paredes lisas y libres de porosidad de la tubería de PVC impiden la formación de incrustaciones (comunes en las tuberías metálicas) proporcionando una duración más útil y con mayor eficiencia.

Menores pérdidas de presión.- La superficie interior de la tubería de PVC es lisa, reduciendo considerablemente las pérdidas de presión por fricción.

Resistencia mecánica.- Las tuberías de PVC tienen una alta resistencia a la tensión y el impacto, por lo tanto puede soportar presiones muy altas.

Peso.- La tubería de PVC pesa 2 veces menos que el aluminio y 6 veces menos que el acero, facilitando enormemente su manipulación, almacenaje e instalación.

Facilidad de instalación.- El sistema de unión de la tubería de PVC es muy sencilla, rápida y segura. El equipo necesario es mínimo, basta un serrucho para hacer los cortes.

No comunica olor ni sabor al fluido que conduce.- Debido a esta propiedad la tubería de PVC es ideal para el transporte de agua potable. La tubería de PVC sometida a pruebas de laboratorio garantiza que no contamina el agua con metales pesados y por otro lado no transmite ni olor ni sabor.

Economía.- La tubería de PVC ofrece economías considerables bajo varios aspectos:

- ✓ Los tubos y los accesorios son más económicos diámetro por diámetro que los metálicos.
- ✓ Por su menor coeficiente de fricción se pueden utilizar menores diámetros que con otras tuberías para igual caudal y velocidad.
- ✓ El costo de la mano de obra de instalación es muy reducido debido a la facilidad y rapidez.
- ✓ El costo de transporte también es más bajo debido a su peso liviano y facilidad de manejo.
- ✓ El mantenimiento es mínimo, ya que no es necesario pintarlas para prevenir oxidaciones.

B) Especificaciones de la tubería hidráulica de PVC

La tubería para el abastecimiento de agua a presión se surte en tramos de 6 metros con extremos acampanados.

La relación entre el diámetro y el espesor es llamado SDR y le da al tubo en forma inversamente proporcional mayor o menor resistencia a la presión interna. Dependiendo de la presión de trabajo a la cual se vaya a someter la tubería se debe elegir el SDR correspondiente a la presión de trabajo, para este fin se proporciona la siguiente tabla:

Tabla 4.3 Especificaciones de tuberías

UNION FLEXIBLE (U.F.)				SERIE 25 SN 2 / SDR 51			SERIE 20 SN 4 / SDR 41			SERIE 16.7 SN 8 / SDR 34		
DIAMETRO NOMINAL		LONGITUD (m)		DIAM. INTERIOR (mm)	ESPESOR PARED (mm)	PESO APROX. (Kg/unid.)	DIAM. INTERIOR (mm)	ESPESOR PARED (mm)	PESO APROX. (Kg/unid.)	DIAM. INTERIOR (mm)	ESPESOR PARED (mm)	PESO APROX. (Kg/unid.)
mm	Pulg	Util	Total									
110	4	5.88	6.00	-	-	-	104.0	3.0	9.23	103.6	3.2	9.81
160	6	5.85	6.00	153.6	3.2	14.52	152.0	4.0	17.96	150.6	4.7	20.95
200	8	5.84	6.00	192.2	3.9	22.14	190.0	4.9	27.53	188.2	5.9	32.87
250	10	5.81	6.00	240.2	4.9	34.76	237.6	6.2	43.52	235.4	7.3	50.86
315	12	5.77	6.00	302.6	6.2	55.41	299.6	7.7	68.15	296.6	9.2	80.76
355	14	5.75	6.00	341.0	7.0	68.73	337.6	8.7	85.01	334.2	10.4	101.12
400	16	5.74	6.00	384.4	7.8	86.32	380.4	9.8	107.90	376.6	11.7	128.19
450	18	5.70	6.00	432.2	8.9	109.55	428.0	11.0	136.26	423.6	13.2	161.49
500	20	5.69	6.00	480.2	9.9	135.55	475.4	12.3	169.26	470.8	14.6	199.96
630	20	5.62	6.00	605.4	12.3	214.38	599.2	15.4	267.06	593.2	18.4	317.53

C) Juntas en tuberías de PVC

Las uniones en cañerías de PVC pueden ser:

- 1) Unión deslizante
- 2) Unión cementada

El PVC es un material cuyo coeficiente de dilatación es superior al de otros materiales utilizados en estas instalaciones (hierro fundido, plomo, cobre, etc).

Cuando se produce un aumento de la temperatura ambiente o del líquido transportado, la tubería se dilata. Si aumentamos, por ejemplo, 10°C la temperatura de un metro de tubo, vamos a tener una dilatación de 0.7 mm.

Este fenómeno es de gran importancia en la ejecución de instalaciones domiciliarias de desagüe cloacal, pues puede provocar fallas en las instalaciones. La solución para este tipo se resuelve mediante la utilización de una junta elástica en la unión de los tubos y conexiones.

Este tipo de conexión consiste en producir una hembra (durante el proceso de fabricación) con una cavidad para alojar el aro de la goma. El aro de la goma, cierra

herméticamente la punta y la hembra, permitiendo que haya libre movimiento de las tuberías con los cambios de temperatura.

Figura 4.7.-Tubería con aro de goma



4.7 ALTERNATIVA VIABLE

- El sistema de recolección seleccionado es exclusivamente para llevar aguas residuales, las cuales se conectarán al “COLECTOR EL MONTE” que se encuentra en la finalización de la calle colon, su cota y ubicación del colector fue proporcionado por COSAALT. (Véase anexo J)
- Se utilizarán tuberías SDR-41 de 4”,6” y 8” de PVC y una tubería de 8” de fierro galvanizado a lo largo de la quebrada ya que esta estará expuesta a las condiciones climáticas.
- Las cámaras de inspección son anillas de H°A° prefabricadas y según los requerimientos hidráulicos y excavaciones se tienen cámaras con caídas. Para pasar la quebrada se cuenta con un puente canal.
- Las cámaras de inspección y el puente canal que es utilizado para pasar la quebrada, se los puede observar en los planos (Anexo J), donde se muestran sus condiciones técnicas de diseño, los materiales a utilizar, accesorios y referencias necesarias para la construcción. Ambos planos se los obtuvo de la “GUIA TECNICA DE DISEÑO, ESPECIFICACIONES TECNICAS, COSTOS REFERENCIALES Y PLANOS TIPO DE PROYECTOS DE

AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO PARA POBLACIONES MENORES

A 10.000” del Viceministerio de Servicios Básicos de Bolivia.

CAPÍTULO V

PARÁMETROS BÁSICOS Y TÉCNICAS DE DISEÑO

5.1 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

- **Sistema de alcantarillado**

Conducto de servicio público cerrado, destinado a recolectar y transportar aguas residuales o de lluvia que fluyen por gravedad libremente bajo condiciones normales.

- **Sistema de alcantarillado sanitario separado**

Sistema de alcantarillado sanitario destinado a recolectar y transportar aguas residuales utilizando como unidad básica de conexión la vivienda o predio.

- **Sistema de alcantarillado combinado**

Sistema de alcantarillado que recolecta y transporta conjuntamente aguas residuales y de lluvia.

- **Sistema de alcantarillado sanitario condominial**

Sistema de alcantarillado sanitario destinado a recolectar y transportar aguas residuales utilizando el ramal condominial como unidad básica de conexión.

- **Ramal condominial**

Tubería que recolecta aguas residuales de un conjunto de edificaciones que descarga a la red pública en un punto.

- **Red pública**

Conjunto de tuberías que reciben las aguas residuales de ramales condominiales o conexiones domiciliarias.

- **Aguas residuales**

Desecho líquido constituido por aguas domésticas e industriales, aguas de infiltración y de contribución pluvial por malas conexiones.

- **Aguas domesticas**

Desecho líquido resultante de los hábitos higiénicos del hombre en actividades domésticas.

- **Aguas industriales**

Líquido residual resultante de procesos industriales, considerando los parámetros de lanzamiento establecidos.

- **Caudal por infiltración (Q_i)**

Agua proveniente del subsuelo, indeseable para el sistema separado y que puede penetrar en las alcantarillas.

- **Caudal por conexiones erradas (Q_e)**

Contribución de caudal debido a la introducción ilegal de aguas pluviales en la red de alcantarillado sanitario.

- **Cuenca de contribución**

Conjunto de áreas contribuyentes, cuyas aguas residuales fluyen hacia un punto único de concentración.

- **Cuerpo receptor**

Cualquier curso de agua natural que recibe el lanzamiento del efluente final.

- **Instalación sanitaria domiciliaria**

Conjunto de tuberías de agua potable, alcantarillado, accesorios y artefactos que se encuentran dentro de los límites de la propiedad.

- **Conexión domiciliaria**

Es el colector de propiedad particular que conduce el agua residual de una edificación hasta la red colectora.

- **Canal**

Estructura hidráulica cubierta destinada al transporte de aguas residuales.

- **Colector**

Es una tubería que funcionando como conducto libre, recibe la contribución de aguas residuales en cualquier punto a lo largo de su longitud.

- **Profundidad del colector**

Diferencia de nivel, entre la superficie de la rasante de la vía y la solera del colector.

- **Altura de recubrimiento del colector**

Diferencia de nivel, entre la superficie del terreno y la clave del colector.

- **Cámara de inspección o pozo de visita**

Cámara visitable a través de una abertura existente en su parte superior, destinada a permitir la reunión de dos o más colectores. Además, tiene la finalidad de permitir la inspección y el mantenimiento de los colectores.

- **Terminal de limpieza (TI)**

Prolongación del colector en forma vertical que permite efectuar la limpieza en los tramos de arranque de la red.

- **Tubo de inspección y limpieza (TIL)**

Tubo vertical conectado a los colectores que permite la inspección e introducción de los equipos de limpieza, instalado en cualquier punto de la red en sustitución de algunas cámaras de inspección.

- **Caja de paso (Cp)**

Cámara sin acceso, localizada en puntos singulares por necesidad constructiva.

- **Colector secundario**

Colector de diámetro menor (100 ó 150 mm) que se conecta a un colector principal.

- **Colector principal troncal**

Colector que recibe las aguas provenientes de los colectores secundarios.

- **Interceptor**

Colector que recibe la contribución de varios colectores principales, localizados en forma paralela a lo largo de las márgenes de quebradas y ríos o en la parte más baja de la cuenca.

- **Emisario**

Colector que tiene como origen el punto más bajo del sistema y que conduce las aguas residuales al sitio donde se someterán a tratamiento. Se caracteriza porque a lo largo de su desarrollo no recibe contribución alguna.

- **Red de alcantarillado sanitario**

Conjunto de colectores secundarios, principales, interceptores, emisarios, cámaras de inspección, terminales de limpieza y tubos de inspección y limpieza.

- **Tramo de colector**

Longitud de colector comprendida entre dos cámaras de inspección o tubos de inspección y limpieza sucesivos.

- **Contribuyente**

Es el agente productor de aguas residuales.

- **Sifón invertido**

Estructura construida con uno o más colectores que trabajan a presión. Es requerida para pasar por debajo de quebradas y ríos.

- **Estación de bombeo**

Componente del sistema utilizado para evacuar por bombeo aguas residuales.

- **Área tributaria**

Superficie que drena hacia un tramo o punto determinado.

- **Coefficiente de retorno o aporte (C)**

Relación entre el volumen de agua residual que llega a las alcantarillas y el volumen de agua abastecida.

- **Coefficiente de punta**

Es la relación entre el caudal medio y el caudal máximo horario. Usualmente determinado por fórmulas en las cuales interviene la población y las características de consumo de agua.

- **Caudales de aporte**

Son caudales de contribución medio, máximo y mínimo (l/s).

Deben ser considerados los coeficientes que intervienen en la determinación de estos caudales.

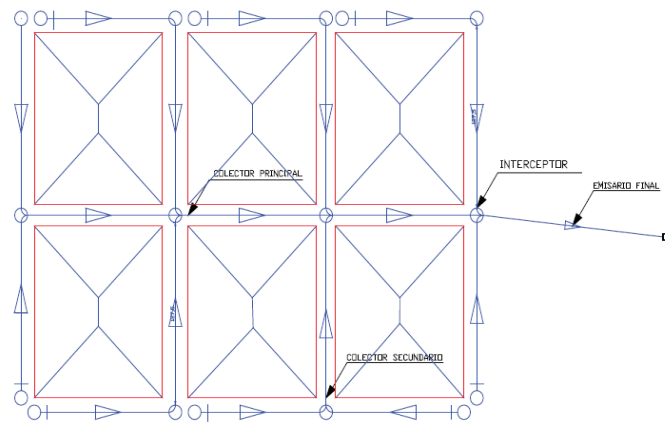
- **Caudal de diseño**

Caudal máximo horario de contribución de aguas residuales, más los caudales adicionales por conexiones erradas e infiltración, se calcula para la etapa inicial y final de periodo de diseño.

5.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Es el sistema de recolección diseñado para evacuar exclusivamente aguas residuales domésticas de una población. Un sistema de alcantarillado está constituido por un conjunto de tuberías, instalaciones y equipos destinados a coleccionar y transportar aguas residuales a un sitio final conveniente, de forma continua y segura para el medio ambiente.

Grafica 5.1.- Componentes del alcantarillado sanitario



Los componentes de un sistema de alcantarillado sanitario son los siguientes:

- a) Colector secundario
- b) Colector Principal
- c) Interceptor
- d) Emisario
- e) Bombeo
- f) Tratamiento y disposición final

5.3 PARÁMETROS DE DISEÑO

Los parámetros de diseño definen el tamaño del sistema a ser construido y deberán ser establecidos de acuerdo con la demanda real del servicio, ya que estos tienen incidencia directa en los costos de inversión y mantenimiento de los sistemas instalados.

5.3.1 Periodo de diseño

El periodo de diseño es el tiempo durante el cual servirán eficientemente las obras del sistema.

Los factores que intervienen en la selección del periodo de diseño son:

- a) Vida útil de las estructuras y equipos tomando en cuenta la obsolescencia, desgaste y daños.

- b) Ampliaciones futuras y planeación de las etapas de construcción del proyecto.
- c) Cambios en el desarrollo social y económico de la población.
- d) Comportamiento hidráulico de las obras cuando estas no estén funcionando a su plena capacidad.

El periodo de diseño permite definir el tamaño del proyecto en base a la población a ser atendida al final del mismo.

Si el periodo del proyecto es corto, inicialmente el sistema requerirá una inversión menor, pero luego exigirá inversiones sucesivas de acuerdo con el crecimiento de la población; por otro lado, la ejecución de un proyecto con un periodo de diseño mayor requerirá mayor inversión inicial, pero luego no necesitara de nuevas inversiones por un buen tiempo.

Los periodos de diseño deben adoptarse en función de los componentes del sistema y las características de la población:

a) En función a la población

- 1000 a 15000 habitantes	10 a 15 años
- 15000 a 50000 habitantes	15 a 20 años
- > a 50000 habitantes	30 años

b) En función a los componentes

- Colectores secundarios y principales	20 a 30 años
- Colectores, Interceptores y Emisarios	30 a 50 años
- Equipos mecánicos	5 a 10 años
- Equipos a combustión	5 a 10 años
- Equipos eléctricos	10 a 15 años

El periodo de diseño varía entre dichos rangos de tiempo, pero se puede adoptar cualquier otro valor sujeto a una justificación del proyectista.

El tiempo estimado para el diseño del alcantarillado para la urbanización Monte Sud tomando en cuenta la población y la vida útil de los materiales que se utilizaran, se adoptara un periodo de 20 años.

Periodo de diseño: 20 años

5.3.2 Población del proyecto

Es el número de habitantes servidos por el proyecto para el periodo de diseño, el cual debe ser establecido con base en la población inicial.

Para la estimación de la población de proyecto se deben considerar los siguientes aspectos:

- a) Población inicial, referida al número de habitantes dentro el área de proyecto que debe determinarse mediante un censo de población y/o estudio socioeconómico.
- b) Población futura, referida al número de habitantes dentro del área del proyecto que debe estimarse con base a la población inicial, el índice de crecimiento poblacional y el periodo de diseño.

De los datos censales obtuvimos una población de 168 habitantes y un total de 30 familias, para la población futura obtuvimos 2405 habitantes con un total de 481 familias.

5.3.2.1 Métodos de cálculo

Para el cálculo de la población futura se podrá utilizar uno de los siguientes métodos de crecimiento, según el tipo de población, dependiendo de las características socio-económicas de la población. Los métodos recomendados por la Norma NB-688, son:

a) Método aritmético

El método aritmético supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la migración.

$$Pf = Pa * \left(1 + \frac{i * t}{100}\right)$$

b) Método geométrico

El método geométrico es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades.

$$Pf = Pa * \left(1 + \frac{i}{100}\right)^T$$

c) Método exponencial

El método exponencial requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y poseen áreas de expansión.

$$Pf = Pa * e^{\frac{i*T}{100}}$$

Método de Wappaus:

$$Pf = Pa * \frac{(200 + it)}{(200 - it)}$$

Dónde:

Pf = Población futura

Pa = Población actual

t = Período de diseño

i = Índice de crecimiento poblacional

5.3.2.2 Población de aporte

A partir de los datos obtenidos de un censo realizado, se tiene una población de 168 habitantes para la gestión 2011.

Para la determinación del aporte se ha procedido a dividir las manzanas. En función de la topografía se tiene las líneas de flujo; en nuestro caso, las aguas residuales tienen tendencia a desplazarse de Norte a Sur. Con el cálculo de la población futura se ha determinado la densidad poblacional que alcanza el valor de 11 hab/Ha.

5.3.3 Tasa de crecimiento

Según el censo realizado en el año 2001 por el INE, el índice de crecimiento anual poblacional (i), para la provincia de Cercado primera sección Tarija es de:

$$i=2.59\%$$

5.3.4 Dotación de agua potable

La contribución de las aguas residuales depende principalmente del abastecimiento de agua.

Para el dimensionamiento del sistema de alcantarillado sanitario debe ser utilizado el consumo de agua efectivo per cápita, sin tomar en cuenta las pérdidas de agua:

- a) Los hábitos higiénicos y culturales de la comunidad.
- b) La cantidad de micro medición de los sistemas de abastecimiento de agua.
- c) Las instalaciones y equipamientos hidráulico – sanitario de los inmuebles.
- d) Los controles ejercidos sobre el consumo.
- e) El valor de la tarifa y la existencia o no de subsidios sociales o políticos.
- f) La abundancia o escasez de los puntos de captación de agua.
- g) La intermitencia o regularidad del abastecimiento de agua.
- h) La temperatura media de la región.
- i) La renta familiar.

j) La disponibilidad de equipamientos domésticos que utilizan agua en cantidad apreciable.

k) la intensidad de la actividad comercial.

Para el caso de sistemas nuevos de alcantarillado sanitario, la dotación media diaria de agua debe ser obtenida sobre la base de la población y zona geográfica dada, también se puede explicar que la dotación en los llanos es mayor que en los valles y mucho más mayor que en el altiplano por el simple hecho por la influencia del clima por que a mayor temperatura mayor consumo de agua. A continuación se muestra las dotaciones en la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Dotacion media (lt/hab/dia)-Poblacion

ZONA	DOTACIÓN MEDIA Di (litros/hab./día)					
	POBLACIÓN ACTUAL					
	Hasta 500	500 - 2000	2000 - 5000	5000 - 20000	20000 - 100000	> 100000
Altiplano	30 - 50	30 - 70	50 - 80	80 - 100	100 - 150	150 - 200
Valles	50 - 70	50 - 90	70 - 100	100 - 140	150 - 200	200 - 250
Llanos	70 - 90	70 - 110	90 - 120	120 - 180	200 - 250	250 - 350

Fuente: Norma Boliviana 689

- (1) Justificar a través de un estudio social
- (2) Justificar a través de un estudio socioeconómico

5.3.5 Coeficientes relacionados a la determinación de caudales

5.3.5.1 Coeficiente de retorno o de aporte (C)

El coeficiente de retorno (Cr) es la relación que existe entre el caudal medio de aguas residuales domésticas y el caudal medio de agua que consume la población. Del total de agua consumida, solo una parte contribuye al alcantarillado, pues el saldo es utilizado para lavado de vehículos, lavado de aceras y calles, riego de jardines y huertas, irrigación de parques públicos, terrazas de residencias y otros. De esta

manera, el coeficiente de retorno depende de factores locales como la localización y tipo de vivienda, condición de las calles (pavimentadas o no), tipo de clima u otros factores.

Se deben utilizar valores entre el 60 % y 80 % de la dotación de agua potable. Valores menores y mayores a este rango deben ser justificados por el proyectista.

$$C=80\%$$

5.3.5.2 Coeficiente de punta

El coeficiente de punta “M” es la relación entre el caudal máximo horario y el caudal medio diario.

El coeficiente de punta sirve para estimar el caudal máximo horario con base en el caudal medio diario, tiene en cuenta las variaciones del consumo de agua.

La variación del coeficiente de punta “M” debe ser estimada con base a relaciones de Harmon y Babbit, válidas para poblaciones de 1 000 hab. a 10 000 hab.; la relación de Flores, en las cuales se estima ”M” en función del número de habitantes; la relación de Pöpel para poblaciones que varían de 5 000 a 250 000 hab. Y también se debe tomar en cuenta los coeficientes de variación del caudal K_1 y K_2 .

El coeficiente de punta debe ser obtenido mediante las siguientes ecuaciones:

a) Coeficiente de Harmon (adimensional)

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$$

Dónde:

P = población en miles de habitantes.

Su alcance está recomendado en el rango: $2 \leq M \leq 3,8$

b) Coeficiente de Babbit

$$M = \frac{5}{P^{0.20}}$$

Dónde:

P = población en miles de habitantes

c) Coeficiente de Flores

$$M = \frac{3.5}{P^{0.10}}$$

Dónde:

P = población en miles de habitantes

d) Coeficientes K_1 y K_2

$$M = K_1 \text{ y } K_2$$

Dónde:

K_1 = Coeficiente de máximo caudal diario, es la relación entre mayor caudal diario verificado al año y el caudal medio diario anual, el coeficiente k_1 varía entre 1.2 a 1.5 según las características de la población. Los valores mayores de k_1 corresponden a poblaciones menores, donde los hábitos y costumbres de la población son menores.

K_2 = Coeficiente de máximo caudal horario, Es la relación entre mayor caudal observado en una hora del día de mayor consumo y el caudal medio del mismo día. El coeficiente de máximo caudal horario K_2 , varía según el número de habitantes, como se muestra en la tabla 5.2.

Tabla 5.2- Valores del coeficiente K_2

Tamaño de la población (hab)	Coeficiente K_2
≤ 2000	2.2
2000 a 10000	2
10000 a 100000	1.8
≥ 100000	1.5

Fuente: Norma Boliviana 688

$$M=1.2*2$$

$$M=2.40$$

e) Coeficiente de Pöpel

En la tabla 5.3, se presentan los coeficientes de Pöpel, en función al tamaño de la población.

Tabla 5.3-Valores de coeficiente de Pöpel

Poblacion en miles	Coeficiente M
Menor a 5	2.4-2
5-10	2.0-1.85
10-50	1.85-1.60
50-250	1.60-1.33
Mayor a 250	1.33

Fuente: Norma Boliviana 688

5.3.6 Caudales de aporte

Considerando los diferentes coeficientes que intervienen en la determinación de los caudales de aporte que concurren a las redes de alcantarillado sanitario, las ecuaciones que determinan los caudales de aporte se muestran a continuación.

5.3.6.1 Caudal por conexiones erradas (Q_e)

Se deben considerar los aportes de aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de malas conexiones (de bajantes de techos y patios). Estos aportes son función de la efectividad de las medidas de control sobre la calidad de las conexiones domiciliarias y de la disponibilidad de sistemas de recolección y evacuación de aguas pluviales.

El caudal por conexiones erradas debe ser del 5 % al 10 % del caudal máximo horario de aguas residuales domésticas.

$$Q_e = 10\% \times Q_{\max}$$

5.3.6.2 Caudal por infiltración

Las contribuciones indebidas en las redes de sistemas de alcantarillado sanitario, pueden ser originarias del subsuelo – genéricamente designadas como infiltraciones – o pueden provenir del encauce accidental o clandestino de las aguas pluviales. Las aguas del suelo penetran a través de los siguientes puntos:

- Por las juntas de las tuberías.
- Por las paredes de las tuberías.
- En las estructuras de las cámaras de inspección o pozos de visita, cajas de inspección, cajas de paso, tubos de inspección y limpieza y terminales de limpieza.

El caudal de infiltración (Q_i) es igual a (C_i) por la longitud (L) del tramo del colector (m).

Tabla 5.4-Valores de infiltración

VALORES DE INFILTRACIÓN EN TUBOS (Q_i = litros/seg./m.)								
Tubo de:	Cemento		Arcilla		Arcilla Vitrificada		PVC	
Junta de:	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Pegamento	Goma
NF Bajo	0,0005	0,0002	0,0005	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,00005
NF Alto	0,0008	0,0002	0,0007	0,0001	0,0003	0,0001	0,00015	0,0005

Fuente: Manual para el calculo, diseño y proyecto de redes de alcantarillado “Ing. Waldo Peñaranda”

5.3.6.3 Industriales (Q_I)

El caudal de contribución industrial es la cantidad de agua residual que proviene de una determinada industria.

Los consumos industriales deben ser establecidos en base a lo especificado en el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.

El caudal de contribución industrial (Q_I) se debe evaluar en forma puntual y como descarga concentrada, de acuerdo al consumo y perdidas de cada industria en sus diferentes operaciones de producción y debe estimarse para las condiciones iniciales y finales de operación del sistema.

5.3.6.4 Comerciales (Q_c)

El caudal de contribución comercial es la cantidad de agua residual que proviene de sectores comerciales.

Los consumos comerciales deben ser establecidos en base a lo especificado en el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.

El caudal de contribución industrial (Q_c) se debe evaluar en forma puntual y como descarga concentrada, de acuerdo al consumo y perdidas de cada industria en sus diferentes operaciones de producción y debe estimarse para las condiciones iniciales y finales de operación del sistema.

5.3.6.5 Instituciones públicas (Q_{IP})

El caudal de contribución comercial es la cantidad de agua residual que proviene de instituciones públicas.

Los consumos comerciales deben ser establecidos en base a lo especificado en el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.

El caudal de contribución industrial (Q_{IP}) se debe evaluar en forma puntual y como descarga concentrada, de acuerdo a las características de instituciones publicas como: Hospitales, hoteles, colegios, cuarteles y otros; y debe estimarse para las condiciones iniciales y finales de operación del sistema.

5.3.7 Cuantificación de los caudales de aporte

5.3.7.1 Caudal medio diario

El caudal medio diario doméstico (Q_m), debe ser calculado utilizando una de las siguientes expresiones:

$$Q_{medio} = \frac{Pf \times Dot}{86400} \times C$$

$$Q_{medio} = \frac{N \times to \times Df}{86400} \times C$$

$$Q_{medio} = \frac{A \times Dens \times Df}{86400} \times C$$

Dónde:

Q_m=Caudal medio diario doméstico, en l/s

Pf=Población futura

Dot=Dotación futura para consumo humano, en l/s*hab*día

C=Coeficiente de aporte, adimensional.

N=Numero de lotes

A=Área de contribución, en Ha.

To=Tasa de ocupación poblacional, en hab/lote.

Dens=Densidad poblacional, en hab/Ha

El caudal de contribución doméstico (Q_m) debe ser estimado para las condiciones iniciales y finales de operación del sistema.

El caudal de contribución doméstico, debe ser calculado en función del número de lotes N (Nº lotes) y la tasa de ocupación poblacional, t_o (hab/lote), o considerando el área de contribución (Ha) y la densidad poblacional (hab/Ha), además del consumo de agua per cápita, D (L/hab/d) y el coeficiente de retorno (C).

5.3.7.2 Caudal máximo diario (Q_{max})

$$Q_{mas\ diario} = \frac{Pf \times Df}{86400} \times K1$$

5.3.7.3 Caudal máximo horario (Q_{max})

El caudal máximo horario es la base para establecer el caudal de diseño de una red de colectores de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. El caudal máximo horario del día máximo, se debe estimar a partir del caudal medio diario, mediante el uso del coeficiente de punta “M” y para las condiciones inicial y final del proyecto. El caudal máximo horario está dado por:

$$Q_{max\ horario} = Q_{max\ diario} \times K2$$

$$Q_{max\ horario} = \frac{Pf \times Df}{86400} \times K1 \times K2 \times C$$

$$Q_{max\ horario} = Q_{medio} \times M$$

5.3.7.4 Caudal de diseño

El caudal de diseño (Q_D) de cada tramo de la red de colectores se obtiene sumando al caudal máximo horario doméstico del día máximo $Q_{\max h}$, los aportes por infiltraciones lineales y conexiones erradas y de los caudales de descarga concentrada. El caudal de diseño está dado por:

$$Q_D = Q_{\max \text{ horario}} + Q_e + Q_i$$

Dónde:

Q_D =Caudal de diseño, en l/s

$Q_{\max \text{ horario}}$ =Caudal máximo horario doméstico, en l/s

Q_i =Caudal de infiltración, en l/s

Q_e =Caudal por conexiones erradas, en l/s

5.4 CRITERIOS DE DISEÑO DE COLECTORES

La técnica de cálculo admite el escurrimiento en el régimen permanente y uniforme, donde el caudal y la velocidad media permanecen constantes en una determinada longitud de conducto.

El diseño de un sistema de alcantarillado requiere el conocimiento de los principios de hidráulica que se aplican al escurrimiento de los líquidos en conductos sin presión, cerrados o abiertos, es decir que las aguas residuales escurren dentro de las alcantarillas por gravedad. Sin embargo en algunos casos y dependiendo de algunas condiciones topográficas pueden utilizarse eventualmente sistemas a presión por tramos cortos.

Los principales factores que afectan al flujo de aguas residuales son:

- Pendiente del tubo.
- Área de la sección transversal.
- Rugosidad de la superficie interior de la conducción.
- Condiciones de flujo. (parcialmente lleno, permanente).

- Naturaleza, peso específico y viscosidad del líquido.

Durante el funcionamiento del sistema de alcantarillado, se debe cumplir la condición de auto limpieza para limitar la sedimentación de arena y otras sustancias sedimentables en los colectores. La eliminación continua de sedimentos es costosa y en caso de falta de mantenimiento se pueden generar problemas de obstrucción y taponamiento.

5.4.1 Propiedades hidráulicas de los conductos circulares

a) Flujo en tuberías con sección llena

En el diseño de conductos circulares, se utilizan tablas, nomogramas o programas de computadora, los mismos están basados en la fórmula de Manning y relacionan la pendiente, diámetro, caudal y velocidad, para condiciones de flujo a sección llena.

b) Flujo en tuberías con sección parcialmente llena

El flujo a sección llena se presenta en condiciones especiales. Se debe destacar que la condición normal de flujo en conductos circulares de alcantarillado, es a sección parcialmente llena, con una superficie de agua libre y en contacto con el aire.

Durante el diseño, es necesario determinar el caudal, velocidad, tirante y radio hidráulico, cuando el conducto fluye a sección parcialmente llena (condiciones reales). Para el cálculo es necesario utilizar las propiedades hidráulicas de la sección circular que relacionan las características de flujo a sección llena y parcialmente llena.

5.4.2 Ecuaciones para el diseño

Para los cálculos hidráulicos, deben utilizarse las siguientes ecuaciones:

5.4.2.1 Ecuaciones de Colebrook-White

La siguiente ecuación permite obtener la velocidad media de flujo de agua residual, desarrollada a partir de la fórmula de Darcy - Weisbach con la siguiente expresión:

$$V = - 2,0 \log \left(\frac{2,51 \nu}{D \sqrt{2g D S}} + \frac{K/D}{3,71} \right) \sqrt{2g D S}$$

Donde:

V= Velocidad (m/s)

D= Diametro (m)

S= Pendiente (m/m)

K/D= Rugosidad relativa en la pared de la tuberia (m/m)

ν =Viscosidad cinematica (m²/s) (varia con la temperatura del liquido)

g= Aceleracion de la gravedad (m/s²)

En la tabla 5.6, se presentan los valores de las rugosidades de las tuberias (K).

Tabla 5.5.-Valores de las rugosidades en las tuberias

Material	Rugosidad (K) (mm)
PVC	0.10
Hormigon	0.30
Fierro fundido sin revestimiento	0.25
Fierro fundido con revestimiento	0.125

Fuente: Azevedo Netto

5.4.2.2 Ecuacion de Manning

La formula empirica de Manning es la mas practica para el diseño en canales abiertos.

La técnica de cálculo admite el escurrimiento en régimen permanente y uniforme, donde el caudal y la velocidad promedio permanecen constantes a lo largo de la corriente:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times s^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V= Velocidad de escurrimiento (m/s)

n= Coeficiente de rugosidad (adimensional)

R=Radio hidráulico (m)

s= Pendiente (m/m)

5.4.2.3 Ecuación de continuidad

$$Q=A \times V$$

Dónde:

Q= Caudal (m³/s)

A= Área de la sección circular (m²)

V= Velocidad (m/s)

5.4.2.4 Sección llena

Las relaciones geométricas para la sección circular son:

- Área:

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

- Perímetro:

$$P = \pi \times D$$

- Radio Hidráulico:

$$R = \frac{A}{P}$$

Dónde:

A=Área de sección mojada (m²)

P= Perímetro de sección mojada (m)

- Velocidad

$$V = \frac{0.397}{n} \times D^{\frac{2}{3}} \times s^{\frac{1}{2}}$$

- Caudal

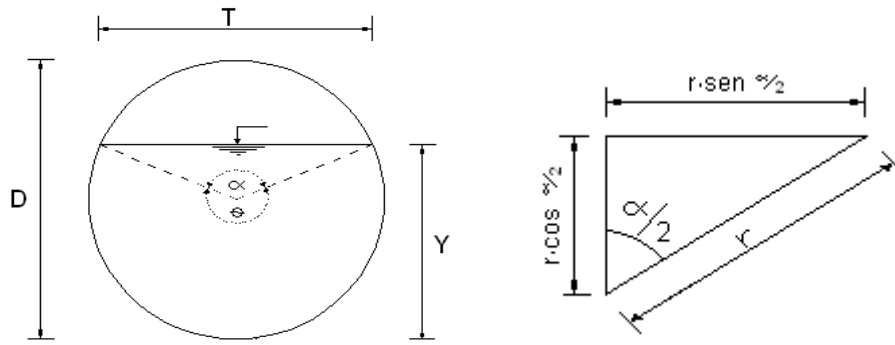
Remplazando la velocidad (V) de la fórmula de Manning en la fórmula de continuidad, se tiene como resultado la siguiente expresión del caudal (Q) de escurrimiento a sección llena:

$$Q = \frac{0.312}{n} \times D^{\frac{8}{3}} \times s^{\frac{1}{2}}$$

5.4.2.5 Sección parcialmente llena

En los sistemas sanitarios y pluviales, las alcantarillas circulares se proyectan para funcionar a tubo parcialmente lleno. En la aplicación común de diseño, con un caudal conocido, y seleccionados el diámetro y la pendiente se debe determinar las relaciones hidráulicas reales (velocidad y profundidad de escurrimiento) con la finalidad de controlar el régimen de la transición (pozos de visita) y asegurar velocidades de arrastre adecuadas.

Cuando es tubo parcialmente lleno, la fórmula es un poco más compleja:



- El ángulo central θ° (en grado sexagesimal):

$$\theta^\circ = 2 \arccos \left(1 - \frac{2h}{D} \right)$$

- Radio hidráulico:

$$R = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta^\circ}{2\pi\theta} \right)$$

- Velocidad:

$$V = \frac{0.397 \times D^{\frac{2}{3}}}{n} \left(1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta^\circ}{2\pi\theta} \right)^{\frac{2}{3}} s^{\frac{1}{2}}$$

- Caudal

$$Q = \frac{D^{\frac{8}{3}}}{7257.15n(2\pi\theta)^{\frac{3}{2}}} (2\theta\pi - 360 \operatorname{sen}\theta^\circ)^{\frac{5}{3}} \times s^{\frac{1}{2}}$$

5.4.3 Coeficiente “n” de rugosidad

En las alcantarillas, el coeficiente de rugosidad debe considerarse constante, cualquiera sea el material empleado para su fabricación, cuando el agua fluya a más de la mitad de la sección y para los diámetros pequeños. La causa que determina un

valor constante para el coeficiente de rugosidad independiente del material de la alcantarilla, es la presencia sobre la superficie interna de la misma de una capa grasienta, lisa, pegajosa y viscosa denominada manto biológico, originada por las aguas residuales. El valor de n será de 0.013 en alcantarillado, para cualquier tipo de material de tubería.

El coeficiente de rugosidad " n " de la fórmula de Manning será de 0,013 en alcantarillas sanitarias, para cualquier tipo de material de tubería.

5.4.4 Diámetro mínimo

Los tamaños mínimos de los colectores no están dictados por los requerimientos hidráulicos, sino, para evitar la obstrucción y facilitar la limpieza de las mismas. Según la Norma Boliviana NB 688, la selección del diámetro de las tuberías debe ser tal que su capacidad a caudal máximo, permita al agua escurrir sin presión interna, a tubo parcialmente lleno (ventilación) y con un tirante mínimo igual al 26.18% del diámetro ($0.2618D$), que permite lograr transportar las partículas en suspensión.

Los tirantes de agua deben ser siempre calculados admitiendo que el escurrimiento es de régimen uniforme y permanente, siendo su valor máximo, para caudal final, menor o igual a 75% del diámetro del colector.

En las redes de recolección y evacuación de aguas residuales, la sección circular es la más usual para los colectores, principalmente en los tramos iniciales. El diámetro mínimo permitido en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales tipo alcantarillado sanitario convencional y/o no convencional (alcantarillados condominial, simplificado y modular 100% plástico) es 100 mm (4 plg) con el fin de evitar obstrucciones de los conductos por objetos relativamente grandes introducidos al sistema.

5.4.5 Criterio de la tensión tractiva

En el alcantarillado sanitario, los tramos de la red donde la pendiente es mínima, deben ser verificados por el criterio de la fuerza tractiva o tensión tangencial de

arrastre. La fuerza tractiva debe ser suficiente para transportar el 95% del material granular que se estima, en el sistema de alcantarillado.

La condición de auto limpieza de los colectores debe ser suficiente para crear una tensión tractiva mínima de:

Alcantarillado sanitario:

$$T_{\text{trac}} = 1 \text{ Pa} = 0.101979 \text{ Kg/m}^2$$

$$T_{\text{trac}} = 0.6 \text{ Pa.} = 0.0611874 \text{ Kg/m}^2 \text{ (colectores de arranque)}$$

La ecuación de la tensión tractiva está definida por:

$$\tau = \rho \times g \times R \times s$$

Dónde:

τ = Tensión tractiva (Pa)

ρ = Densidad del agua (1000 Kg/m³)

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

R = Radio hidráulico (m)

s = Pendiente de la solera (m/m)

El objetivo es calcular la pendiente mínima del tramo, capaz de provocar la tensión suficiente para arrastrar el material que se deposita en el fondo. La pendiente mínima de la tubería, puede ser calculada con el criterio de la tensión tractiva. De la ecuación anterior obtenemos la pendiente de la tubería a sección llena:

$$s = \frac{\tau}{\rho \times g \times R}$$

Sustituyendo en la ecuación, obtenemos la pendiente para tuberías para sección parcialmente llena:

$$s = \frac{\tau}{\rho \times g \times \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 \text{ sen } \theta^\circ}{2\pi\theta}\right)}$$

5.4.6 Pendiente mínima

La pendiente de cada tramo de la red no debe ser inferior a la mínima admisible calculada de acuerdo con la relación de caudales de Q_p/Q_{11} , ni superior a la máxima calculada según el criterio de la tensión tractiva según 5.4.5.

La pendiente del colector debe ser calculada con el criterio de la tensión tractiva, según las siguientes ecuaciones:

- Pendiente para tuberías con sección llena

$$s_{min} = \frac{T_{min}}{\rho \times g \times R}$$

- Pendiente para tuberías con sección parcialmente llena:

$$s_{min} = \frac{T_{min}}{\rho \times g \times \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 \text{ sen } \theta^\circ}{2\pi\theta}\right)}$$

Dónde:

S_{min} = Pendiente mínima del tramo de tubería (m/m)

T_{min} =Tensión tractiva mínima (Pa)

ρ = Densidad del agua (1000 Kg/m³)

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

R = Radio hidráulico (m)

θ° = Angulo en grado sexagesimal

La pendiente mínima debe ser determinada para garantizar la condición de auto limpieza de la tubería, para la etapa inicial del proyecto, de acuerdo a la siguiente relación de caudales:

$$\frac{Q_p}{Q_{11}} = 0.10 \text{ a } 0.15$$

Donde:

Q_p =Caudal de aporte medio diario en la etapa inicial (sección parcialmente llena)

Q_{11} =Capacidad de la tubería para conducir el caudal de diseño futuro (Q_d) (sección llena)

Otras relaciones de caudal deben ser justificadas con información correspondiente a caudales de aporte presente y sus proyecciones. Se recomienda utilizar:

$$\frac{Q_p}{Q_{11}} = 0.15$$

5.4.7 Pendiente máxima admisible

La máxima pendiente admisible será para una velocidad final en la tubería de 5 m/s.

5.4.8 Tirante máximo de agua

Los tirantes de agua para colectores primarios, secundarios, interceptores y emisarios deben ser siempre calculados admitiendo que el escurrimiento sea en régimen uniforme y permanente, siendo su máximo valor para caudal de diseño (Q_d) correspondiente al fin del periodo de diseño, igual o inferior al 75% del diámetro interno del colector, para permitir la ventilación de forma que se minimice o elimine la generación y acumulación de sulfuro de hidrogeno.

5.4.9 Velocidad crítica

En el alcantarillado sanitario, se producen obstrucciones por el depósito de materiales de desecho, y partículas orgánicas, las que se arrastran con velocidades iguales o superiores a 0.3 m/s. En las alcantarillas pluviales, la materia sólida que entra en los colectores es arena y gravilla, siendo las velocidades de arrastre mayores a 0.3 m/s.

Las pendientes de fondo de los colectores deben ser tales que mantengan una velocidad satisfactoria de escurrimiento denominada de **AUTOLIMPIEZA**, para lo cual se requiere una velocidad mínima cuando la alcantarilla trabaje a tubo lleno de **0.6 m/s**.

La máxima pendiente admisible será para una velocidad final $V_f = 5$ m/s.

Cuando la velocidad final (V_f) sea superior a la velocidad crítica (V_c), la altura máxima de lámina líquida admisible debe ser 0,5 del diámetro del colector, asegurando la ventilación del tramo. La velocidad crítica es definida por:

$$V_c = 6\sqrt{gR}$$

Donde:

V_c = Velocidad crítica (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

R = Radio hidráulico (m)

5.4.10 Control de remanso

Para evitar la formación de remansos, el fondo de la cámara de inspección deberá tener una pendiente similar a la pendiente mayor de los conductos que llegan a ella.

5.5 DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS PARA EL DISEÑO

5.5.1 Profundidad mínima de instalación

La profundidad de la tubería debe ser tal que permita recibir los afluentes “por gravedad” de las instalaciones prediales y proteger la tubería contra cargas externas como el tráfico de vehículos y otros impactos. La profundidad mínima debe ser aquella que esté por debajo de la cota de conexión predial del vecino, garantizando que este sea atendido. Las profundidades deben ser suficientes para permitir las conexiones a la red colectora.

5.5.5.1 Recubrimiento mínimo

La profundidad del recubrimiento será definida por el cálculo estructural de la tubería instalada en zanja, considerando que los esfuerzos a la que está sometida dependen de las características del suelo, cargas de relleno y vehicular, tipo de material de la tubería, cama de asiento, ubicación y trazado en el terreno.

El cálculo estructural deberá cumplir con las recomendaciones de las normas bolivianas correspondientes al material empleado.

Se podrán utilizar diferentes tipos de materiales para tuberías y accesorios, siempre que cuenten con la certificación normativa del organismo competente autorizado en el país.

En caso de instalación de tubería de PVC rígido, la deformación diametral relativa máxima admisible a largo plazo será de 7,5% del diámetro.

5.5.1.2 Conexión de descargas domiciliarias

La profundidad mínima del colector deberá permitir la correcta conexión de las descargas domiciliarias a la red pública de alcantarillado. La norma vigente de instalaciones domiciliarias de alcantarillado, establece una pendiente mínima del 2% desde la cámara de inspección domiciliaria hasta la tubería de recolección.

5.5.2 Profundidad máxima

La profundidad máxima del colector de recolección y evacuación de aguas residuales debe ser aquella que no ofrezca dificultades constructivas, de acuerdo al tipo de suelo y que no obligue al tendido de alcantarillados auxiliares.

La profundidad máxima admisible de los colectores es de 5 m, aunque puede ser mayor siempre y cuando se garanticen los requerimientos geotécnicos de las cimentaciones y estructurales de los materiales y colectores durante y después de su construcción.

5.5.3 Dimensiones del ancho de zanja

Las dimensiones del ancho de zanja deberán permitir suficiente comodidad al obrero para realizar las actividades de tendido de la tubería.

Las dimensiones recomendables de zanjas para diferentes diámetros de colectores se indican en la tabla 5.6.

Tabla 5.6-Dimensiones mínimas de zanja

Diametro Tubería (mm)	Profundidad de Excavación					
	De 0 a 2 m.		De 2 a 4 m.		De 4 a 6 m.	
	Anchos de zanja en metros					
	S/Entibado	C/Entibado	S/Entibado	C/Entibado	S/Entibado	C/Entibado
100,00	0,50	0,60	0,65	0,75	0,75	0,95
150,00	0,60	0,70	0,70	0,80	0,80	1,00
200,00	0,75	0,75	0,75	0,85	0,85	1,05
250,00	0,70	0,80	0,80	0,90	0,90	1,10
300,00	0,80	0,90	0,90	1,00	1,00	1,20
400,00	0,90	1,00	1,00	1,10	1,10	1,30
450,00	0,95	1,05	1,05	1,15	1,15	1,35
500,00	1,00	1,10	1,10	1,20	1,20	1,40
550,00	1,10	1,20	1,20	1,30	1,30	1,50
600,00	1,15	1,25	1,25	1,40	1,35	1,60

5.5.4 Anchos de zanja para dos o más colectores

Para excavaciones donde se tenga que colocar dos o más colectores a la misma profundidad, el ancho de la zanja será igual a la distancia entre ejes de los colectores externos, más el sobre ancho necesario para el trabajo de instalación y entibado fijado en los artículos que anteceden. La distancia entre ejes de colectores será variable en función de los diámetros correspondientes.

En el caso de tendido de dos colectores a diferente nivel, el ancho de la zanja común será igual a la distancia entre ejes de los colectores según la tabla anterior, más la suma de los radios exteriores extremos y la suma de los sobre anchos que resulten de la profundidad promedio de las zanjas, si fueran considerados separados.

5.6 DISEÑO GEOMÉTRICO Y TRAZADO DE REDES

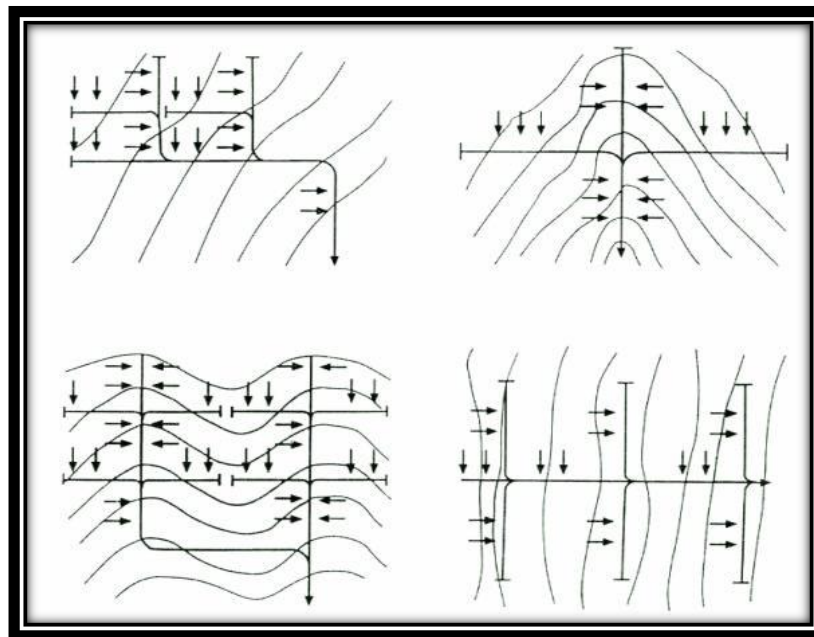
En el trazado de las redes hay que tener en cuenta orografía del terreno y la morfología urbana.

Cuando tenemos en cuenta la orografía del terreno, hay que considerar que, las redes de alcantarillado por su propia función se ponderan en tramos donde las aguas circulan con diferentes caudales.

Sera proyectada la ruta que pueden tener los conectores del sistema sobre la base del levantamiento topográfico en la zona proyectada eligiendo los recorridos más cortos entre puntos más altos y la descarga captando a su paso el aporte de las sub cuencas tributarias. Para tal efecto, son determinantes los aspectos topográficos y económicos eligiendo los recorridos más cortos entre los puntos altos del sistema y su conexión a la descarga.

Figura 5.2

Alternativas de trazado de redes de alcantarillado sanitario



5.6.1 Ubicación de los colectores

Los colectores deben localizarse siguiendo el lineamiento de las calles. Sin embargo, si la topografía o el costo de construcción lo ameritan, pueden ubicarse por las aceras dentro de los manzanos de casas. En particular, esto último es válido para los alcantarillados condominiales.

Los colectores de aguas residuales no deben estar ubicados en la misma zanja de una tubería de agua y su cota clave siempre debe estar por debajo de la cota solera de la tubería de agua.

Si se prevé que el área del proyecto tendrá solo alcantarillado sanitario, el colector debe ser localizado a lo largo de las vías públicas equidistantes de las edificaciones laterales; esto es, en el eje, pero si el terreno es muy accidentado debe asentarse del lado donde quedan los terrenos más bajos.

Cuando la calle sea muy ancha, se colocara doble eje.

5.6.2 Medición de longitudes

Las distancias serán medidas entre cruce y cruce de calles (intersección de calles).

5.6.3 Áreas tributarias

Los caudales para el diseño de cada tramo serán obtenidos en función a su área tributaria. Para la delimitación de áreas se tomará en cuenta el trazado de colectores, asignando áreas proporcionales de acuerdo a las figuras geométricas que el trazado configura (figura 5.3), la unidad de medida será la hectárea (Ha).

El caudal de diseño será el que resulte de multiplicar el caudal unitario (l/s/ha) por su área correspondiente.

El tramo podrá recibir caudales adicionales de aporte no doméstico (industria, comercio y público) como descarga concentrada.

Figura 5.3

Delimitación de áreas tributarias a cada tramo



5.6.4 Determinación de las cotas terreno

Dependiendo de la topografía y con las curvas de nivel, se determinara cada una de las cotas de terreno correspondientes a cada una de las cámaras de inspección.

5.7 CÁMARAS DE INSPECCIÓN

La necesidad de evitar curvas en el trazado de Redes, que dificultan la limpieza, obligan a construir Cámaras de Inspección entre dos de las cuales, la alineación debe ser forzosamente recta, tanto en planta como en perfil, lo cual significa que también son necesarias en los cambios de pendiente, facilitando de ésta manera, el acceso a los colectores para la extracción de los residuos de limpieza.

Los espaciamientos recomendables entre cámaras de inspección, son los siguientes:

- 70 metros para colectores de pequeño diámetro 150 mm. a 400 mm.
- 100 metros para colectores visitables mayores a 700 mm. de diámetro.
- 150 metros para colectores visitables mayores a 1.000 mm. de diámetro.

Las cámaras de Inspección y limpieza, especiales para rejillas, compuertas, aliviaderos o puntos destinados a medición, deben ser fácilmente accesibles.

Las Cámaras de Inspección y limpieza se ubican sobre el eje de las alcantarillas o con ligera desviación y su diámetro debe tener como dimensión mínima 0,60 m y 0,60 x 0,60 para el caso de cámaras rectangulares.

Las Cámaras de Inspección de sección circular, deberían tener 1,20 m de diámetro en su base inferior aunque actualmente se puede aceptar hasta 1,0 m.

La base de las cámaras puede ser de concreto o de mampostería; en todo caso, debe tener una altura mayor o igual a 15 cm.

La base se apoya sobre una capa de hormigón pobre o gravilla con espesor de 5 cm.

Los canales de conducción contruidos en la base, de sección semicircular , deben permitir el flujo de las diferentes conexiones.

La superficie del fondo de la cámara debe tener una pendiente hacia los canales de enlace no menor al 2% para evitar acumulación de depósitos orgánicos no mayor al 10% por razones de seguridad para el personal de limpieza.

5.7.1 Aspectos constructivos de la cámara de inspección

Las cámaras de inspección se construyen en hormigón simple o armado, mampostería de piedra y mampostería de ladrillos, prefabricadas, PVC. Pueden ser de sección circular o cuadrada. Las paredes en mampostería tendrán un espesor mínimo de 20 a 25 cm; las juntas se realizarán con concreto de cemento y arena fina en proporción 1:3 o 1:4, las paredes internas deben ser enlucidas con una capa de 2 cm de espesor con mortero de cemento arena fina 1:2 o 1:3.

Las paredes de concreto vaciadas en sitio o prefabricadas mediante anillos modulares, tendrán un espesor mínimo de 10 cm.

Las tapas de las cámaras de inspección, preferentemente, serán de hierro de fundición; sin embargo, por razones económicas, pueden ser también de concreto armado, debiendo ser el diámetro libre de 0.60 m.

5.7.2 Ubicación de las cámaras de inspección

La ubicación, y en consecuencia el número de Cámaras de Inspección deben ser objeto de un estudio especial ya que su costo incide en un porcentaje elevado en la construcción del sistema, por ello es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- Ubicar en los arranques de colectores.
- Ubicar en los cambios de dirección.
- Ubicar en los cambios de diámetro.
- Ubicar en cambios de pendiente.
- Ubicar para vencer desniveles.
- En las intersecciones de colectores.
- En tramos largos, de modo que la distancia entre dos cámaras consecutivas no exceda lo estipulado.

La distancia entre Cámaras de Inspección, está directamente relacionada a la utilización de equipos y métodos de limpieza, sean estos manuales o mecanizados, por tal razón se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Si se utiliza equipo manual como ser varillas flexibles y sus respectivos accesorios, la distancia entre cámaras podrá ser de 50 a 70 m.

- Si se utiliza equipo mecánico, la distancia entre cámaras puede llegar a 100 m. y avanzar aún hasta los 150 m.
- Si los diámetros de los colectores son visitables y permiten una limpieza directa por un operador, la distancia puede ampliarse a 150 ó 200 m.

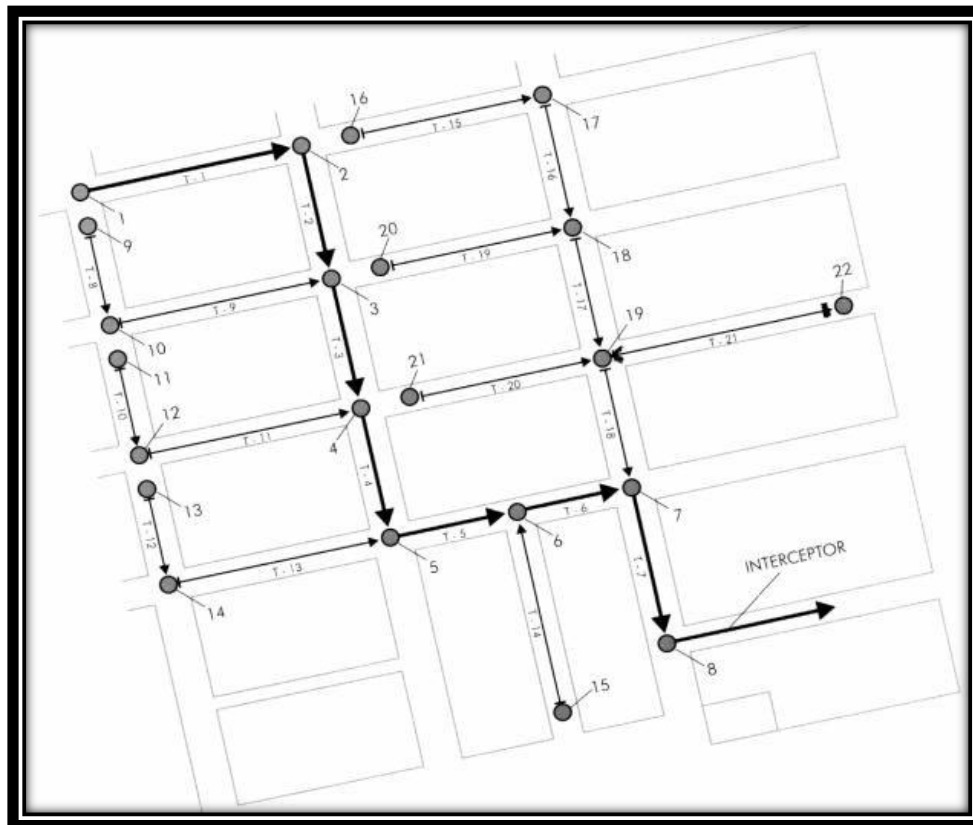
5.7.3 Numeración de las cámaras de inspección

Las cámaras de inspección serán numeradas a partir de aguas arriba hacia aguas abajo.

Las cámaras de inspección serán numeradas en el sentido de flujo. En la FIGURA 5.4, la numeración se inicia con el colector principal o interceptor en el sentido de flujo desde el punto de cota más elevada (1) hasta la cota más baja (8), además cada tramo recibe su numeración (T1 a T7).

Figura 5.4

Numeración de las cámaras de inspección



5.7.4 Dimensión de cámaras de inspección

El diámetro interno mínimo será de 1.20 m.

El diámetro mínimo de la boca de ingreso a la cámara de inspección será de 0.60 m.

5.7.5 Distancias máximas entre cámaras

Las distancias máximas entre cámaras de inspección y/o tubos TL o TIL, estarán en función de los equipos de limpieza previstos o disponibles, pero en ningún caso será mayor a 150 m para tuberías de hasta 0.30 m (12”) de diámetro.

5.7.6 Canaletas media caña

En el fondo de las cámaras de inspección, se construirán canaletas media caña, que permitan el escurrimiento del flujo en dirección aguas abajo. Su ejecución deberá evitar la turbulencia y la retención de material en suspensión.

5.7.7 Cámaras con caída

Para desniveles superiores a 0.75 m serán instaladas tuberías de caída que unan el colector con el fondo de la cámara mediante un codo de 90°.

El colector debe ser prolongado a la pared de la cámara de inspección, después de ejecutada la caída para permitir la existencia de una ventana para una desobstrucción eventual.

Para diámetros mayores, se puede hacer una conexión directa (a 45°) con el fondo de la cámara.

En caso de existir un desnivel máximo de 0.40 m, este puede ser salvado efectuando una canaleta rápida que una el colector con el fondo de la cámara.

5.8 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS ALCANTARILLAS

El efecto de las cargas vivas sobre las alcantarillas enterradas es variable, pues depende de la velocidad de la carga, del tipo de neumático y del poder de absorción de dicho efecto, del tipo de suelo de la sub rasante, del área sobre el cual gravita la carga, de la altura del punto de aplicación de la carga sobre la alcantarilla, etc. El

efecto de la carga viva y del impacto no es de mucha consideración si la alcantarilla no se encuentra muy cerca de la sub rasante.

El diseño de la estructura de una alcantarilla o conducto subterráneo es básicamente igual a cualquier estructura de ingeniería y se requiere conocer:

- a) Las cargas máximas probables.
- b) La resistencia de la tubería.
- c) La capacidad del terreno.
- d) El tipo de apoyo que asegure la estabilidad de la estructura.
- e) Un factor de seguridad adecuado que se añadirá a la resistencia de la alcantarilla.

Los conductos enterrados, dependiendo de las condiciones de instalación, se dividen en dos clases.

- a) Conductos instalados en zanja.
- b) Conductos instalados en terraplén
 - Conductos enterrados en proyección positiva
 - Conductos instalados en proyección negativa.

5.8.1 Cargas que soportan las alcantarillas y conductos subterráneos

Las alcantarillas son estructuras circulares o de otras secciones en las cuales soportan cargas que actúan sobre ellas.

- Cargas muertas.-Peso del material que las cubre
- Cargas vivas.- Dinámica originada por vehículos.

5.8.1.1 Cargas muertas sobre alcantarillas

Son las cargas a las cuales los conductos enterrados quedan sometidos, al estar en servicio, pueden determinarse por medio de la teoría de cargas del doctor Anson Marston. Para el propósito de esta determinación, los conductos enterrados fueron divididos en dos aspectos conocidos como: “conductos en zanja” y conductos en

“proyección”. Los conductos en proyección fueron divididos en proyección negativa y proyección positiva.

- a) Un conducto en proyección positiva que quede instalado en una cama poco profunda con su parte superior sobre la superficie natural del terreno y que luego es cubierto con terraplén.
- b) Un conducto en proyección negativa es aquel que es instalado en angosta y relativamente poco profunda zanja con su parte superior a una elevación H de la superficie del terreno natural, que luego es rellenada con un terraplén. Si un conducto se coloca sencillamente apoyado en el terreno natural se proyectara el 100%, si se entierra hasta la mitad se proyectara en 50% si se entierra un 20% de su diámetro se proyectara en 80%.

5.8.1.2 Cargas vivas sobre alcantarillas

Las alcantarillas son estructuras en las cuales actúan, además del peso del suelo que sobre ellas gravita, cargas vivas debidas ya sea al equipo de construcción antes de que la alcantarilla se encuentre debidamente protegida, o debido a los vehículos al estar en el camino. Las mencionadas cargas vivas pueden ser dinámicas o estáticas, en el primer caso producen impacto, en el segundo caso pueden producir vibraciones.

El efecto de las cargas vivas sobre alcantarillas enterradas es variable, pues depende de la velocidad de la carga, del tipo de neumático y del poder de absorción de dicho efecto.

5.8.2 Calculo de cargas muertas sobre alcantarillas en zanja

El profesor Marston verifico la ecuación para el cálculo de las cargas muertas y es la siguiente:

$$W_d = C_d \times W \times B_d^2$$

Donde:

W_d : Carga vertical por metro lineal (kg/m)

C_d : Coeficiente de carga en función de la relación profundidad ancho H/B_d y para diferentes clases de relleno.

W : Peso unitario del material de relleno en kg/m^3

B_d : Ancho de la zanja a nivel de la parte superior del conducto

$$B_d = 1.5D + 0.3$$

5.8.3 Cálculo de las cargas vivas

Para el cálculo de las cargas vivas se utiliza la ecuación de Marson:

$$W_t = \frac{1}{L} \times C_t \times P_v \times I_t$$

Donde:

W_t : Carga vertical que actúa sobre el conducto (Kg/m)

L : Longitud de la alcantarilla donde se transmite la carga (m).

C_t : Coeficiente de carga móvil, que depende de la altura del relleno (H), longitud de la alcantarilla (L), ancho y longitud de distribución de carga.

I_t : Factor de impacto

-Para calles y avenidas $I_t = 1 + 0.3/H$

-Para estacionarias $I_t = 1$

P_v : Carga máxima en la rueda del vehículo (Kg/m^2)

5.8.4 RESISTENCIA DE SOPORTE DE LOS CONDUCTOS

La resistencia soporte de los conductos está dada por las normas de cada país. (Véase Anexo B)

5.8.5 FACTOR DE SEGURIDAD

En las obras de alcantarillado el grado de riesgo es mínimo en función a comprometer la seguridad humana; por tanto, se asume un factor de seguridad de 1.2 a 1.25.

5.8.6 FACTOR DE CARGA

$$Fe = \frac{Re \times Fs}{Rs}$$

Dónde:

Fe: Factor de carga que depende del tipo de apoyo que requiere el conducto.

Re: Resistencia de soporte del conducto en campo (Kg/m)

Fs: Factor de seguridad

Rs: Resistencia de soporte del tubo determinado en el ensayo de las tres cuchillas (Kg/m)

CAPITULO VI

INGENIERIA DEL PROYECTO

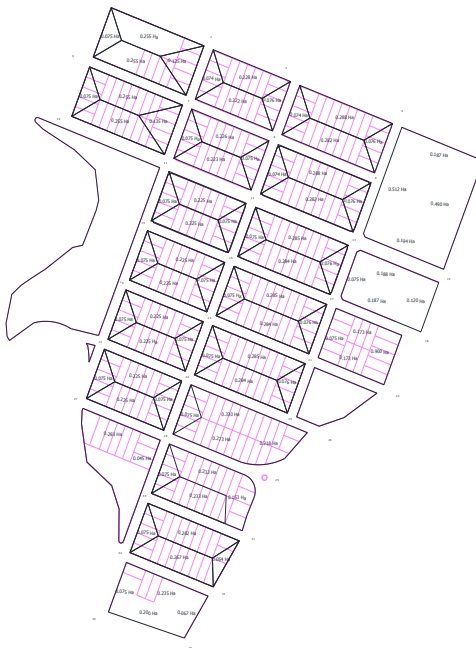
6.1 CALCULO HIDRAULICO DE LA RED

6.1.1 POBLACION FUTURA

Para estimar la población futura se realizó el conteo de los lotes que hay en cada manzano, cada lote tiene un área de 300 m², y con los datos del censo se obtuvo una población aproximada de 5 habitantes por lote.

Así se puede determinar la población para cuando el barrio este completamente habitado y funcionando en su etapa más crítica, suponiendo que en cada lote habitaran 5 personas.

Figura 6.1.-Lotes de la zona de estudio



Tomando en cuenta esta superficie de lotes y proyectando las futuras edificaciones, y decir que habitaran 5 habitantes sería un valor muy aleatorio si no se justifica según el crecimiento de la ciudad y las características demográficas de esta, por lo que tomara en cuenta los barrios totalmente habitados de la ciudad de Tarija para realizar un estimativo de cuantos habitantes viven en una casa. Los siguientes datos fueron

provistos por la alcaldía de Tarija quienes desarrollaron el “PLAN MUNICIPAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL”.

A continuación algunos barrios de la ciudad de Tarija y su respectiva población:

Tabla 6.1 Casco viejo de Tarija

Distrito	Barrio	Poblacion	Viviendas	Tamaño promedio del hogar	Numero de familias estimadas
1	Molino	3.804	902	4,2	761
2	San Roque	7.074	1.735	4,1	1.415
3	Las Panosas	6.083	1.471	4,1	1.217
4	La Pampa	6.441	1.626	4,0	1.288
5	Virgen de Fatima	8.086	2.087	3,9	1.617

Fuente: INE_2001

Elaboración: SIC Srl.

Tabla 6.2.-Distrito 6 y barrios

Distrito	Barrio	Poblacion	Viviendas	Tamaño promedio del hogar	Numero de familias estimadas
6	La Loma	5707	1339	4,3	1141
	El Carmen	848	189	4,5	170
	Guadalquivir	1399	297	4,7	280
	57 Viviendas	829	158	5,2	166
	Luis Pizarro	1380	296	4,7	276
	15 de Noviembre	1225	232	5,3	245
	Juan Pablo II	2130	409	5,2	426
	Libertad	649	123	5,3	130
	Virgen de Chaguaya	510	99	5,1	102
	15 de Agosto	464	139	3,3	93
	Panamericano	1059	220	4,8	212
	Mecanicos				
	Carlos Wagner	723	125	5,8	145
	La Union				
	Los Olivos	233	39	6,0	47
	Paraiso	64	15	4,3	13
	Los Alamos	393	86	4,6	79
	TOTAL	17612	3766	4,7	3522

Fuente: INE_2001

Elaboración: SIC Srl.

La población final se la obtuvo de la siguiente manera:

$$Pf = N^{\circ} \text{ de lotes} \times 5 \frac{\text{hab}}{\text{lote}}$$

Pf=2405 habitantes

6.1.2 DENSIDAD POBLACIONAL

$$Dp = \frac{Pf}{A} = \frac{2405}{14.33} = 167.80 \frac{hab}{Ha}$$

Dónde:

Dp=densidad poblacional (hab/Ha)

Pf=población futura de la zona de estudio (Hab)

A= Área de aporte (m²)

6.1.3 DOTACION DE AGUA

Para calcular la dotación de agua se utiliza la tabla 6.3

Tabla 6.3. Dotacion media (lt/hab/dia)-Poblacion

ZONA	DOTACIÓN MEDIA Di (litros/hab./día)					
	POBLACIÓN					
	Hasta 500	500 – 2000	2000 – 5000	5000 – 20000	20000 – 100000	> 100000
Altiplano	30 – 50	30 – 70	50 – 80	80 – 100	100 – 150	150 – 200
Valles	50 – 70	50 – 90	70 – 100	100 – 140	150 – 200	200 – 250
Llanos	70 – 90	70 – 110	90 – 120	120 – 180	200 – 250	250 – 350

Fuente: Norma Boliviana 689

- (1) Justificar a través de un estudio social
- (2) Justificar a través de un estudio socioeconómico

El proyecto es de la zona de valles, y la dotación se la toma en función de la población, pero muchos factores hacen que se adopten dotaciones según la experiencia del proyectista considerando las costumbres de consumo de agua de cada lugar.

De acuerdo a la tabla 6.3 de la Norma Boliviana NB 688 y a la población futura se tiene:

Para valle de 2000 a 5000 habitantes:

DI = 70 – 100 l/hab/día

Dotación de agua potable	Di =	100	l/hab/día
--------------------------	-------------	------------	------------------

Calculo de la dotación:

Tabla 6.4 .- Dotación Proyectada

USO	Consumo (l/hab/d)
Bebida	5,0
Preparación de alimentos	25,0
Lavado de ropa	30,0
Descarga inodoro	25,0
Aseo Personal	25,0
Aseo de vivienda	30,0
Lavado de utensillos	20,0
Otros usos no computados	20,0
Consumos no domesticos	20,0
TOTAL DOTACION	200,0

Fuente: Cosaalt

Para la elaboración del calculo hidráulico se tomara:

$$\text{Dot}=200 \text{ l/hab/dia}$$

6.1.4 COEFICIENTE DE RETORNO O APORTE

Debido a que las aguas residuales de una población son el reflejo del servicio de agua potable, es válido el criterio de aceptar como aguas residuales un porcentaje de la dotación de agua potable.

Estudios estadísticos han estimado el porcentaje de agua abastecida que llega a la red de alcantarillado. Este coeficiente oscila entre 60 y 80% de la dotación de agua potable.

$$C=80\%$$

6.1.5 COEFICIENTE DE VARIACION HORARIA Y DIARIA

La experiencia Brasileira que es recomendable para América Latina y adoptada por la norma Boliviana deduce el valor de “M” de la multiplicación de los coeficientes de variación diaria y horaria K1 y K2 estableciendo lo siguiente:

$$M= K_1 \text{ y } K_2$$

Dónde:

K_1 = Coeficiente de máximo caudal diario, es la relación entre mayor caudal diario verificado al año y el caudal medio diario anual. Los valores mayores de k_1 corresponden a poblaciones menores, donde los hábitos y costumbres de la población son menores.

- Es el coeficiente que varía de acuerdo al consumo diario de agua, de una población.

$$K_1 = \frac{\text{Consumo máximo diario observado en un año}}{\text{Consumo medio diario observado en un año}}$$

El coeficiente de variación diaria varía entre: $1.2 < K_1 < 1.5$ pudiéndose adoptar cualquier valor entre ese rango sujeto a una justificación.

K_2 =Coeficiente de máximo caudal horario, Es la relación entre mayor caudal observado en una hora del día de mayor consumo y el caudal medio del mismo día. El coeficiente de máximo caudal horario K_2 , varía según el número de habitantes, como se muestra en la tabla 5.3.

- Es el coeficiente que varía de acuerdo al consumo horario de agua, de una población.

$$K_2 = \frac{\text{Consumo máximo horario observado en un día}}{\text{Consumo medio horario observado en un día}}$$

El coeficiente de variación horaria varía de acuerdo a la población, pudiéndose adoptar cualquier valor sujeto a una justificación.

Tabla 6.5- Valores del coeficiente K_2

Tamaño de la población (hab)	Coeficiente K_2
≤ 2000	2.2
2000 a 10000	2
10000 a 100000	1.8
≥ 100000	1.5

Fuente: Norma Boliviana 688

$$M=1.2*2$$

$$M=2.4$$

6.1.6 CAUDAL MEDIO DIARIO (Q_m)

$$Q_{medio} = \frac{Pf \times Dot}{86400} \times C = \frac{2405 \times 200}{86400} \times 0.80$$

$$Q_{medio} = 4.45 \text{ lt/seg}$$

Dónde:

Q_m =Caudal medio diario doméstico, en l/s

P_f =Población futura

Dot =Dotación futura para consumo humano, en l/s*hab*día

C =Coeficiente de aporte, adimensional.

6.1.7 CAUDAL MAXIMO HORARIO (Q_{max})

$$Q_{m\acute{a}x} = M \cdot Q_m$$

$$Q_{m\acute{a}x} = K_1 \cdot K_2 \cdot Q_m = 1.2 \times 2.4 \times 4.45$$

$$Q_{max} = 10.69 \text{ lt/seg}$$

6.1.8 CAUDAL POR CONEXIONES ERRADAS (Q_e)

En los caudales de aguas residuales se deben considerar los caudales pluviales provenientes de malas conexiones o conexiones erradas, los cuales determinan fijar un coeficiente de seguridad del 5 al 10 % del caudal máximo previsto de aguas residuales.

$$Q_e = 10\% \times Q_{max}$$

6.1.9 CAUDAL POR INFILTRACION (Q_i)

Es inevitable la infiltración de aguas subterráneas principalmente freáticas a través de fisuras en los colectores, juntas mal ejecutadas y en la unión de colectores con las cámaras de inspección y en las mismas cámaras cuando no son estancas.

El coeficiente de infiltración varía según:

- a) La altura del nivel freático sobre el fondo del colector.
- b) Permeabilidad del suelo y cantidad de precipitación anual.
- c) Dimensiones, estado y tipo de alcantarillas y cuidado en la construcción de cámaras de inspección.

De acuerdo a la Norma Boliviana NB 688, para l alternativa elegida, tubería PVC, con junta de goma, se adopta un valor de:

$$Q_i = 0.0005 \text{ lt/seg/m}$$

6.1.10 CAUDAL MINIMO DE DISEÑO

El valor que se acepta como límite inferior del caudal probable para cualquier tramo de alcantarilla tiene un valor de 2 lt/seg que corresponde a la descarga de un inodoro.

$$Q_{\min} = 2 \text{ lt/seg}$$

6.1.11 CAUDAL DE DISEÑO

$$Q_D = Q_{\max \text{ horario}} + Q_e + Q_i > 2 \text{ lt/seg}$$

Dónde:

Q_D = Caudal de diseño, en l/s

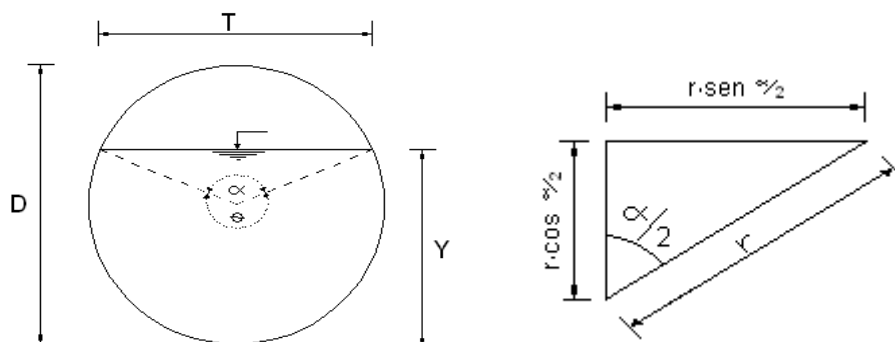
$Q_{\max \text{ horario}}$ = Caudal máximo horario doméstico, en l/s

Q_i = Caudal de infiltración, en l/s

Q_e = Caudal por conexiones erradas, en l/s

6.2 CALCULO HIDRAULICO

- Para el cálculo hidráulico del proyecto utilizaremos la ecuación de Manning.



Y = Tirante de agua (profundidad máxima del agua en el canal)

T = Espejo de agua (ancho de la superficie libre del agua)

D = Diámetro de la tubería

θ = Ángulo de inclinación de las paredes laterales con la horizontal

θ r = Ángulo de inclinación en radianes.

Las fórmulas para el cálculo hidráulico en una sección circular parcialmente llena se pueden deducir fácilmente partiendo de la ecuación de **MANNING**.

$$V = \frac{1}{n} R_H^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

a) Espejo de Agua:

$$T = D \operatorname{sen} \frac{\theta}{2}$$

b) Área Hidráulica:

$$A_T = \frac{D^2}{8} (\theta - \operatorname{sen} \theta)$$

c) Perímetro mojado:

$$P = \frac{1}{2} \theta D$$

d) Radio hidráulico:

$$R_H = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{\operatorname{sen} \theta}{\theta} \right)$$

e) Tirante normal de agua:

$$Y_n = \frac{1.316}{D^{0.356}} \left[\frac{nQ}{S^{1/2}} \right]^{0.508}$$

f) **Ángulo (θ)**

$$\theta = 2 \arccos\left(\frac{D-2Y}{D}\right) \Rightarrow \text{(En grados)}$$

$$\theta_r = \frac{\theta * \pi}{180} \Rightarrow \text{(En radianes)}$$

6.3 CRITERIO DE LA FUERZA TRACTIVA

- La Norma exige que la fuerza tractiva:

- Para todos los colectores: $\tau_{\min} = 1.Pascal$

- Para tramos iniciales: $\tau_{\min} = 0.6.Pascal$

a) **Para secciones llenas:**

$$\tau = S \rho g R_H$$

b) **Para secciones parcialmente llenas:**

$$\tau = S \rho g R_H \left(1 - \frac{360 \text{sen } \vartheta}{2 \pi \vartheta}\right) ; \quad R_H = \frac{D}{4}$$

Dónde:

τ = Tensión tractiva o tensión de arrastre (Pa)

S = Pendiente (m/m)

ρ = Densidad del agua (1000 kg/m³)

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/seg²)

R_H = Radio Hidráulico (m)

El objetivo es de calcular la pendiente mínima del tramo, capaz de provocar la tensión suficiente para arrastrar el material que se deposita en el fondo. La pendiente mínima de la tubería puede ser calculada con el

criterio de la tensión tractiva, considerando que el transporte de sedimentos es proporcional a la tensión tractiva.

6.4 TRAZADO DE LAS REDES

En el plano topográfico del barrio (anexo J), se procedió al trazado convencional de la red principal y secundaria por el centro de las calles de la urbanización. El recubrimiento mínimo fue definido según el tipo de material (PVC) y por el cálculo estructural y considerando la carga vehicular y datos del estudio geotécnico, habiendo determinado un recubrimiento mínimo de 1 m.

6.5 CUANTIFICACION DE AREAS DE APORTE

Con la planimetría y el AutoCad, se procedió con la cuantificación de áreas de aporte por tramo. Se tiene un área total de 14.33 Ha para Monte Sud, también se tomo en cuenta el barrio que esta al norte de Monte Sud que tiene 19 Ha y esta en proceso de construcción y crecimiento, ya que las aguas discurren de norte a sur debido a las pendientes, esta zona hará futuros aportes al sistema de alcantarillado de Monte Sud, por lo que se toma en cuenta el caudal que esta zona aportara, por lo que se aumentara el diámetro de las tuberías y dando seguridad y un buen funcionamiento del sistema para cuando este cumpla su vida útil.

6.6 CALCULO HIDRAULICO

El cálculo fue realizado mediante una planilla de cálculo en Excel para la alternativa de trazado convencional. (Anexo C).

6.7 PRESUPUESTO DE LA OBRA

Los cómputos métricos necesarios para la elaboración del presupuesto del proyecto pueden apreciarse en el anexo D, los precios unitarios en el anexo E y el presupuesto total de la obra en el anexo F.

6.8 ANALISIS TARIFARIO

La tarifa es el precio que pagan los usuarios o consumidores de un servicio público al Estado o al concesionario, a cambio de la prestación del servicio. Esta tarifa es fijada, en principio, libremente por el concesionario. Sin embargo, en los casos que lo determina la ley, la Administración fija – generalmente en colaboración con el concesionario – un precio máximo o tarifa legal.

6.8.1 CONCEPTOS BÁSICOS

- **Usuario (Consumidor)**

Cualquier persona individual pública o privada que hace uso del sistema de agua potable (sean bombas manuales o sistemas de agua) o del sistema de saneamiento (sean letrinas o alcantarillados).

- **Suscriptor**

Se denomina así a cualquier persona natural o jurídica que celebra un Contrato de Prestación de Servicios de Agua Potable o Alcantarillado Sanitario con una EPSA. Es también conocido como abonado.

- **Tarifa**

Es el monto de dinero que cobra una EPSA al suscriptor por el Servicio de Agua Potable y/o Alcantarillado Sanitario en m³/mes. Este monto debe ser cancelado en forma periódica para la sostenibilidad del servicio en el tiempo.

- **Tasa**

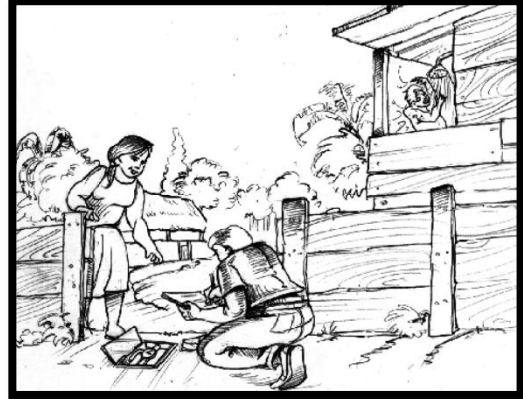
Es el tributo que cobra el Gobierno Municipal al Suscriptor por la prestación del servicio de agua potable y/o alcantarillado sanitario. Su recaudación no debe tener un destino distinto al servicio objeto de cobro.

- **Cuota**

Es el aporte comunitario que pagan los suscriptores a la organización responsable de los servicios de agua potable o saneamiento, en los pueblos indígenas y originarios, las comunidades indígenas y campesinas, las asociaciones, organización y sindicatos campesinos, los comités de agua potable y cooperativas.

6.8.2 MEDICIÓN DE CONSUMOS

La existencia de un sistema de medición, permite calcular tarifas reales y ajustadas al nivel de consumo de cada suscriptor en un periodo determinado.



6.8.3 FACTURACIÓN

Es el acto de emitir un documento como constancia del pago realizado por el usuario a la EPSA por los servicios de agua potable o alcantarillado sanitario.

Podrá incluir además los valores de conexión, reconexión, multas, etc.

6.8.4 CATEGORÍA DE SUSCRIPTORES

- **Doméstica o Residencial**

Denominados a los suscriptores que tienen conexión de agua a su vivienda familiar o multifamiliar (varias familias) y cuyo consumo de agua se realiza para fines domésticos (cocina, lavado de ropa, higiene personal, etc.).

- **Comercial**

Cuando el suscriptor tiene una conexión de agua o alcantarillado a un inmueble para fines comerciales además del doméstico (restaurantes, bares, otros) y cuya demanda de agua está destinada a la venta de los Servicios del negocio comercial.

- **Industrial**

Cuando el suscriptor realiza actividades de producción y/o fabricación de algún bien y cuya demanda de agua es para tales fines (fábricas de chicha, vinos, textiles, etc.).

- **Social (salud y educación)**

Se denominan así a los suscriptores que realizan actividades de educación y servicios de salud, como son las escuelas, colegios y postas sanitarias.

- **Público**

Esta categoría comprende instituciones y áreas públicas no comprendidas para educación y salud, como son: cuarteles, entidades del gobierno, parques, jardines.

6.8.5 CONSUMO DE AGUA

- **Consumo Básico Mensual (CB):**

Es la cantidad de agua que una familia utiliza en un mes en sus actividades domésticas. Se estima que toda familia consumirá al menos **5 m³/mes**.

- **Consumo Adicional Mensual (CA):**

Es el consumo de agua que realiza el usuario por encima del consumo básico mensual, este consumo dependerá de los hábitos de vida de los usuarios y del tipo de actividad comercial o social de los suscriptores.

- **Consumo Mínimo Mensual**

Es el volumen mínimo de agua que la EPSA cobra a un suscriptor, para disponer de recursos económicos que permitan el pago de los gastos de administración y comerciales del servicio de agua potable o alcantarillado sanitario. Este consumo mínimo mensual se ha fijado según Reglamentos de la Ley 2066 en **5 m³**.

IMPORTANTE: el Consumo Mínimo Mensual se cobrará al suscriptor, aun cuando éste, gaste un volumen de agua menor durante el mes. Es decir, si alguna familia del área consume tan solo 3,5 m³ de agua, de todas formas, se le cobrará el monto equivalente a los 5 m³. Se efectúa esta práctica con el objetivo de garantizar el pago de los gastos de administración y comercialización para la sostenibilidad del servicio.

6.8.6 ESTRUCTURA TARIFARIA

Cooperativa de servicios agua y alcantarillado COSAALT-TARIJA

Tabla 6.6.-Estructura tarifaria de agua potable (sistema medido)

jun-10					
CATEGORIAS	CARGO FIJO AGUA	CARGO FIJO ALCANTARILLADO	CARGOS FIJOS POR CONSUMO		
			0 a 10 m3	11 a 40 m3	Más de 40 m3
1 Domestica A	8,79	7,03	0,73	1,61	2,93
3 Domestica Mínima	8,79	7,03	0,73	1,61	2,93
4 Oficial	29,32	23,45	0,73	1,61	2,93
5 Especial	36,20	28,96	0,73	1,61	2,93
6 Comercial	36,20	28,96	0,73	1,61	2,93
7 Industrial I	115,,16	92,13	0,73	1,61	2,93
8 Industrial II	115,16	92,13	0,73	1,61	2,93
9 Industrial III	115,16	92,13	0,73	1,61	2,93
10 Pileta Pública	23,45		0,73	1,61	2,93

(Expresado en Bolivianos)

Tabla 6.7.-Estructura tarifaria de agua potable (sistema fijo)

(Expresado en Bolivianos)

jun-10				
CATEGORIAS	AGUA	EXCEDENTE	ALCANTARILLADO	EXCEDENTE
1 Domestica A	22,95	2,69	17,22	2,00
3 Domestica Mínima	8,79	0,00	7,64	0,00
4 Oficial	35,16	3,91	26,37	2,93
5 Especial	39,09	5,11	29,32	5,11
6 Comercial	55,67	6,03	41,76	6,03
7 Industrial I	103,95	24,54	78,42	24,54
8 Industrial II	673,71	55,67	334,78	55,67
9 Industrial III	481,45	0,00	0,00	0,00
10 Pileta Pública	8,21	4,41	0,00	0,00

CONCLUSIONES

- La implementación del sistema de alcantarillado permitirá vivir de una manera digna y aumentara la calidad de vida de los habitantes de la zona, promoviendo su crecimiento y desarrollo.
- Con la construcción del alcantarillado sanitario se preservara la salud de los habitantes de la urbanización Monte Sud, evitando la contaminación de los recursos naturales del área del proyecto y mejorando de esta manera las condiciones sanitarias de las viviendas.
- Según el modelo de circulación de las aguas es un sistema por gravedad en su totalidad ya que las aguas discurren a lo largo de la red a causa de las pendientes.
- Se realizó el diseño con tuberías de 4” en los tramos iniciales, tomando en cuenta las modificaciones de la NB-688. La Norma anterior fijaba un diámetro mínimo de 150 mm (6”), incrementando los costos de las redes de alcantarillado y profundidades de excavación, especialmente en los tramos iniciales donde los caudales de aporte son bajos. La Norma actual establece un diámetro mínimo de 100 mm (4”).
- Se estudió detalladamente las alternativas que puedan brindar un transporte efectivo y económico de las aguas residuales hasta las instalaciones de descarga, en este caso las aguas serán llevadas hasta “el colector el monte” que se ubica al final de la calle Colon, el cual transportara las aguas residuales a la planta de tratamiento del departamento.
- Una vez realizado el diseño del sistema de colectores, se determinó que funcionara de manera eficiente ya que el diseño cumple con todas las condiciones hidráulicas y de funcionamiento que sugiere la norma NB 688.

RECOMENDACIONES

- Para un barrio con las características de Monte Sud se recomienda utilizar colectores de 4" como diámetro mínimo en los colectores iniciales, para reducir costos en la construcción y el proyecto sea económicamente viable.
- Debe seguirse las pendientes del terreno, de cotas mayores a menores, para que todas las aguas discurran por gravedad evitando estaciones de bombeos que incrementarían el costo de la obra.
- Se recomienda la construcción de la red de alcantarillado sanitario puesto que el mismo es de una sentida necesidad para el barrio, y se convertirá en un medio de superación para cada beneficiario, ya que podrán vivir con dignidad.
- Es recomendable utilizar junta de goma para la unión de las tuberías ya que estas brindan hermeticidad entre tuberías y también permite que haya libre movimiento de las tuberías con los cambios de temperatura ya que el PVC tiene un coeficiente de dilatación mayor que el de otros materiales.
- Es necesario concientizar a la población que el buen funcionamiento del sistema depende directamente de ellos, para realizar un correcto uso y evitar el vertido de trapos, grasas, vidrios u objetos que causen obstrucciones en el sistema.
- Se recomienda tomar en cuenta futuros aportes para el diseño de las tuberías, como barrios y urbanizaciones, que tengan que conectarse al sistema de alcantarillado de Monte Sud debido a su ubicación.

BIBLIOGRAFÍA

1. AZEVEDO NETTO, J.M. Manual de Hidráulica. Sao Paulo, 1975. Ed. HARLA. 328p
2. CAPRA JEMIO, GUIDO. Ingeniería Sanitaria, alcantarillado sanitario y pluvial. Universidad mayor de San Andrés. La Paz: Bolivia, 2022. 324 p.
3. NORMA BOLIVIANA NB 688. Instalaciones sanitarias -Alcantarillado sanitario, pluvial y Tratamiento de aguas residuales. Diciembre de 2001
4. MODIFICACIONES A LA NORMA NB – 688. Técnicas de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial. La paz – Bolivia. Mayo 2002
5. MINISTERIO DE SERVICIOS Y OBRAS PÚBLICAS
VICEMINISTERIO DE SERVICIOS BÁSICOS. Guías técnicas de diseño, especificaciones técnicas, costos referenciales y planos tipo de proyectos de agua potable y saneamiento para poblaciones menores a 10.000 habitantes. Julio, 2005
6. SANTOS FERNANDO NOGALES SORIA. Material de apoyo didáctico de “diseño y métodos constructivos de sistemas de alcantarillado y evacuación de aguas residuales” para la materia de ingeniería sanitaria II. Universidad mayor de San Simón. Cochabamba – Bolivia. Abril, 2009
7. Tubos Flexibles, S.A. de C.V. Criterios de Diseño para Redes de Alcantarillado Empleando Tubería de PVC