

CAPITULO 1

GENERALIDADES

INTRODUCCIÓN

Toda población debe contar con un sistema de alcantarillado es un derecho fundamental, ya que evita enfermedades y nos permite deshacernos de las aguas residuales de una forma segura y eficiente.

Desde tiempos remotos el hombre ha luchado con el problema que había para evacuar las aguas servidas de los centros urbanos, siendo los romanos los primeros que en sus ciudades construyeron lo que podemos mencionar como un alcantarillado sanitario para poder deshacerse de las aguas negras, posteriormente ciudades modernas como Londres fueron las primeras en diseñar y construir un sistema de alcantarillado propiamente dicho, construyendo túneles subterráneos que recogían todas las aguas residuales y vertían las mismas al río Támesis, pero esto generó un problema por la excesiva contaminación, por lo que ahora toda el agua que recoja un sistema de alcantarillado debe ir a plantas de tratamiento donde se eliminan la mayoría de los desechos sólidos y recién se la vierte en algún cauce natural.

Actualmente países como Estados Unidos y la mayoría de los países europeos y asiáticos tienen plantas de tratamiento modernas que de toda el agua residual que reciben sacan un gran porcentaje que va destinada a usos varios como ser riego, generación eléctrica y si la contaminación no excede los límites establecidos vuelve al sistema de agua potable, son métodos costosos que en nuestro medio todavía no están siendo aplicados aunque hay varias intenciones de estos proyectos para nuestro país tan solo esperando su aprobación y financiamiento.

Como vimos se han dado grandes pasos en el tratamiento de las aguas servidas y en nuestro medio vamos por los mismos pasos, pero estamos limitados, en nuestro país las grandes urbes y centros moderadamente poblados cuentan con un servicio sanitario adecuado, mientras que pueblos pequeños no cuentan con este servicio, aunque es un derecho que a todos corresponde ya que un sistema de alcantarillado evita enfermedades de todo tipo, por lo que será deber de nosotros futuros profesionales diseñar y construir estos sistemas por lo que debemos conocer todo el procedimiento de cálculo y la forma de desarrollar un sistema de alcantarillado sanitario.

Un sistema de alcantarillado sanitario es el conjunto de obras e instalaciones destinadas a proporcionar la recogida, evacuación, acondicionamiento, depuración y disposición final desde el punto de vista sanitario de las aguas servidas a un cauce natural.

Por lo tanto lo se busca al diseñar y construir un sistema de alcantarillado sanitario es:

- Evacuar todas las aguas residuales ya sea de la ciudad o centro urbano de una manera segura y eficaz.
- Buscando siempre la economía del proyecto al diseñar se busca que el sistema de alcantarillado sea por gravedad.
- Mejorar la calidad de vida de las personas que habitan el centro urbano, ya que un sistema de alcantarillado sanitario evita la propagación de plagas y enfermedades.
- Mejorar el medio ambiente de la zona beneficiada por que al contar con un sistema sanitario se evita la contaminación del suelo y de las fuentes de agua que se disponen.
- Y finalmente podemos mencionar la característica estética que tiene la ciudad al verse limpia y libre de residuos que causan malos olores, proporcionando un mejor estilo de vida para que crezca y florezca un asentamiento humano.

Por los conceptos mencionados en esta introducción vemos que para nuestro medio un sistema de alcantarillado es caro, pero es un derecho por lo que seremos nosotros los que diseñaremos y construiremos estos para nuestras comunidades, con la visión siempre de buscar el bienestar y desarrollo de nuestros pueblos.

1.1. SELECCIÓN Y DEFINICIÓN DEL TEMA DEL PROYECTO

1.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO DE GRADO

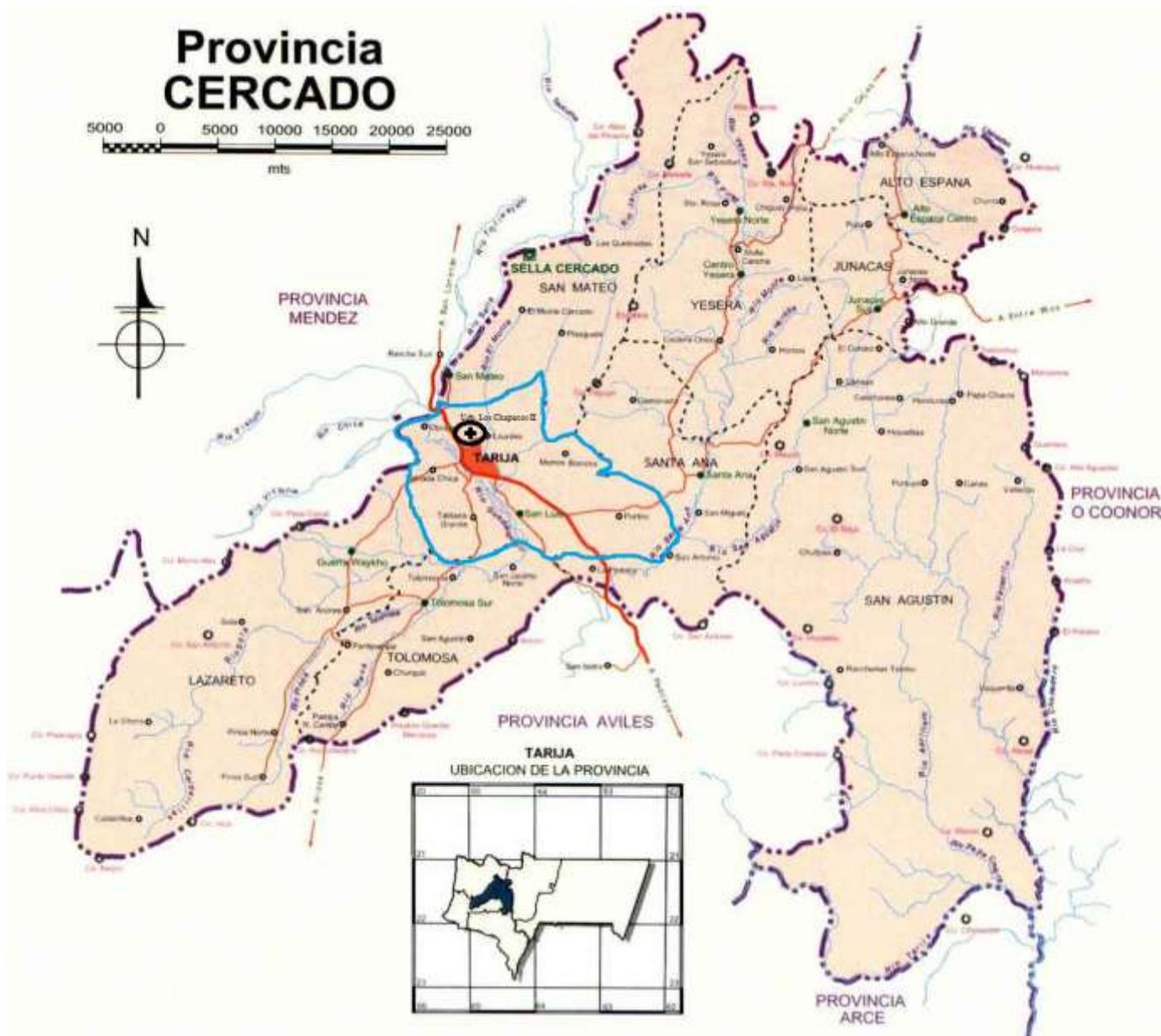


Figura 1.1. Ubicación del Lugar del Proyecto en la Provincia Cercado

1.1.1.1.1. LATITUD Y LONGITUD

La Urbanización “LOS CHAPACOS II – 15 DE JUNIO”, se encuentra ubicada en el distrito 8 la capital del Municipio de Tarija, primera sección de la provincia Cercado, se encuentra ubicado más o menos al norte de esta provincia, entre las coordenadas geodésicas: $21^{\circ} 29' 55''$ - $21^{\circ} 30' 07''$ Latitud SUR y $64^{\circ} 44' 25''$ - $64^{\circ} 44' 35''$ Longitud OESTE; a 1950 m.s.n.m. como altitud promedio.

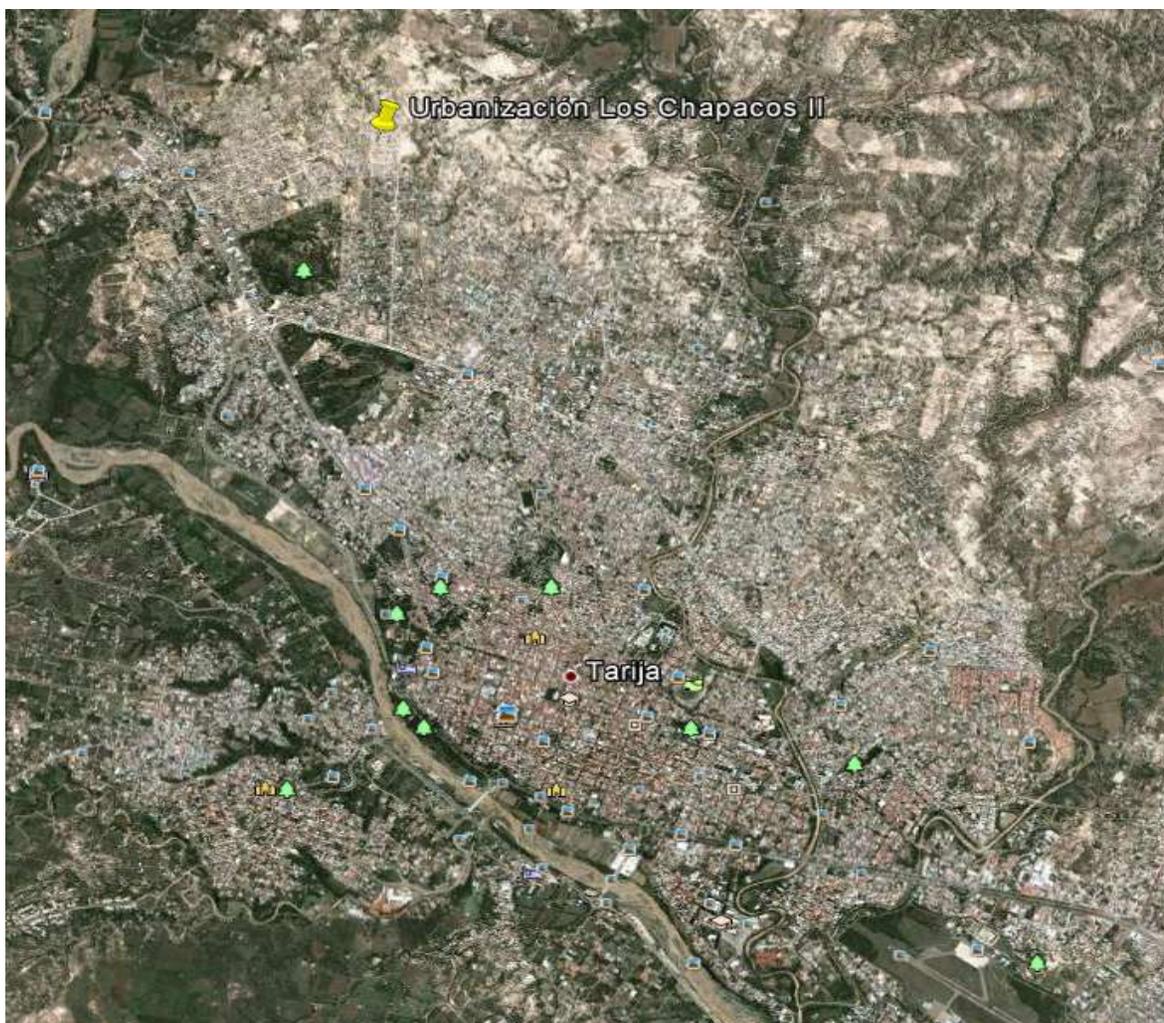


Figura 1.2. Ubicación Geográfica del Lugar del Proyecto en nuestra Ciudad

1.1.1.2. LIMITES TERRITORIALES

Tiene como límites a los siguientes espacios geográficos:

- ❖ Al Norte con la zona de Las Barrancas (Distrito 17 de la Provincia Cercado).
- ❖ Al Sur con el barrio Los Chapacos I (Distrito 8 de la Provincia Cercado).
- ❖ Al Oeste con la Urbanización Tarija Nueva (Distrito 8 de la Provincia Cercado).
- ❖ Al Este el barrio Oscar Zamora (Distrito 8 de la Provincia Cercado).

1.2. PROBLEMÁTICA ACTUAL

Así como el agua potable, el alcantarillado es un servicio básico e indispensable para el desarrollo urbanístico.

En los países en desarrollo, son diversas las explicaciones por la falta de atención con sistemas adecuados de alcantarillado sanitario. En el caso de Bolivia, los elevados costos para su construcción, operación y mantenimiento y la falta de recursos para el sector saneamiento básico dificultan la inmediata solución.

Es así, que se deben buscar alternativas para atender la demanda de servicios de saneamiento y salud pública por la viabilidad técnica y económica de soluciones que reduzcan los costos y simultáneamente mantengan su eficiencia. Para el efecto, y como será demostrado en el presente trabajo, es necesario aplicar modernas técnicas de diseño en atención a las Normas y Reglamentos vigentes en nuestro país y garantizar la sostenibilidad de los sistemas.

Vemos gran deficiencia en las conexiones urbanas periféricas hecho que al pasar de los años se han ido agravando por un crecimiento poblacional desmedido y la falta de financiamiento.

No podemos dejar pasar por alto que este servicio es una de las necesidades primordiales de cualquier comunidad u organización humana; aquellos lugares donde ya se cuenta con este servicio han mejorado su calidad de vida en un índice notable, debido a que al contar con el mismo disminuye sobre todo el riesgo a

contraer enfermedades contagiadas o presentes sobre todo en los desechos orgánicos del ser humano. Al tener un servicio de alcantarillado sanitario obviamente se cubre de a poco la necesidad de tener por lo menos un baño público con descarga para evacuar todos los desechos.

1.2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Si bien la Urbanización Los Chapacos II – 15 de Junio es relativamente nueva sus necesidades siempre han estado presentes y cada vez van en incremento, la falta de un sistema completo de alcantarillado sanitario es una de las que más se denotan, y se ha convertido en un tema de preocupación para los habitantes.

Lo que es en la actualidad las familias que viven en esta creciente urbanización cuentan sólo con unos cuantos pozos sépticos, mismos que son focos de explosión de enfermedades creadas por los microorganismos presentes en los desechos humanos.

Estos pozos sépticos se ven seriamente afectados pues carecen de una manera de evacuar los desperdicios y aguas negras vertidos en los mismos.

Este sería quizás uno de los principales indicadores de la muy baja calidad de vida, además del poco desarrollo de la urbanización, tomando en cuenta que se encuentra en los límites de la ciudad pero dentro de la misma.

1.2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es importante la implementación de un sistema de alcantarillado sanitario en la Urbanización Los Chapacos II – 15 de Junio?

Un sistema de alcantarillado sanitario para esta urbanización es una clara necesidad, pero el mismo se refleja también en una elevada inversión económica, que tendrá que ser cubierta por las entidades responsables, debido a que los vecinos serían incapaces de hacerlo con recursos propios debido a la gran escases de los mismos.

A través del diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario, se logrará dar comodidades a todos los vecinos de la urbanización con un servicio eficiente logrando elevar su calidad de vida.

1.2.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Un sistema de alcantarillado sanitario reducirá de algún modo las enfermedades bacteriológicas y de virus creados en los pozos sépticos?

Claramente un sistema de alcantarillado sanitario reducirá en un importante índice el riesgo de contagio de enfermedades bacteriológicas y de virus, ya que evacuará las aguas residuales que son los focos de infección de estas enfermedades.

¿Qué ventajas podría traer un sistema de alcantarillado sanitario en la urbanización Los Chapacos II – 15 de Junio?

Un sistema de alcantarillado sanitario para esta creciente urbanización traerá varias ventajas entre ellas el desarrollo urbanístico pues ahora la gente tendrá la oportunidad de contar con un servicio básico, importante lo cual aumenta su calidad de vida.

¿Qué impacto tendrá en la vida cotidiana de los habitantes, el sistema de alcantarillado sanitario?

Una obra así tendrá un impacto importante en los habitantes de la urbanización pues brindara una vida más cómoda y con menos riesgos a contraer enfermedades, cómoda en el sentido en que se podrán evacuar las aguas de distintos usos domésticos no sólo las aguas de desechos sanitarios.

1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal y fundamental del proyecto es de mejorar las condiciones de calidad vida de los habitantes de la Urbanización Los Chapacos II – 15 de Junio.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

La realización del diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario estará dirigido a:

- Asegurar y agilizar recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales.
- Establecer el hábito en la gente de no salir ya fuera de sus hogares para realizar sus necesidades básicas y así no crear focos de infección.
- Garantizar la evacuación de aguas de desechos provenientes de los domicilios de los pobladores de la Urbanización.
- Disminuir las enfermedades, provocadas por los focos de infección y virus presentes en los desechos orgánicos humanos.
- Definir un catastro de red de alcantarillado para las conexiones.
- El tratamiento de las aguas residuales con el complemento de una planta de tratamiento en caso de ser necesario.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

“El saneamiento básico es considerado un importante indicador para medir la pobreza, por incluir al acceso a los servicios de saneamiento”

De acuerdo con el informe del Ministerio de Medio Ambiente y la OMS para el año 2011, el área urbana de Bolivia hay una cobertura tan solo del 54 %, y sumado con el porcentaje del área rural, se tiene en total 55% de personas con acceso a un servicio de alcantarillado sanitario, pero de este porcentaje solo un 24,5% cuenta con la debida atención al tratamiento de las aguas residuales.

Estas cifras alarmantes, se plasman en la realidad que vive esta urbanización ubicada en las afueras de la ciudad considerada una zona periférica:

- ✚ Presentando un bajo nivel de vida, tanto en higiene y salud.
- ✚ Un elevado índice de vulnerabilidad ante enfermedades infecciosas.

1.5. MARCO DE REFERENCIA

En general el proyecto de grado a desarrollar comprenderá con lo siguiente:

1.5.1. MARCO TEÓRICO

El diseño de una obra tal como un alcantarillado sanitario deberá establecer disposiciones claras para las etapas de concepción, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y control de todas las obras, de tal manera que se garantice su efectividad, seguridad, estabilidad, durabilidad, adecuabilidad, calidad y sostenibilidad a lo largo de su vida útil.

El presente proyecto sigue las condiciones requeridas en las distintas normas de nuestro país para la concepción y desarrollo de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales.

De esta manera permite orientar la planificación, diseño, construcción, supervisión técnica, operación, mantenimiento y seguimiento de estos sistemas y sus componentes.

Se incluyen los elementos de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales conforman los alcantarillados sanitarios y sus diferentes componentes. Se consideran además nuevas tecnologías y sistemas aislados de disposición como alternativas a los sistemas convencionales.

Tipos de sistemas

Sistemas convencionales.-

Los sistemas de alcantarillado convencionales son los sistemas tradicionales utilizados para la recolección y transporte de aguas residuales o pluviales hasta los sitios de disposición final.

Los tipos de sistemas convencionales son: El alcantarillado separado y el alcantarillado combinado. En el primero, tanto las aguas residuales como las pluviales son recolectadas y transportadas mediante sistemas independientes; es decir, alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial; mientras que en el tipo combinado, esto se hace por el mismo sistema.

Sistemas no convencionales.-

Los sistemas de alcantarillado no convencionales son sistemas de menor costo basados en consideraciones de diseño adicionales y en una tecnología disponible para su operación y mantenimiento. Dentro de estos sistemas alternativos están los denominados alcantarillados condominiales, los alcantarillados sin arrastre de sólidos, los alcantarillados modulares 100 % con material plástico y los alcantarillados simplificados. Los sistemas no convencionales deben constituir alternativas de saneamiento, cuando partiendo de sistemas in situ, se incrementa la densidad de población.

a) Los sistemas de alcantarillados sanitarios condominiales (SASC)

Son sistemas que recogen las aguas residuales de un conjunto de viviendas que normalmente están ubicadas en un área inferior a 1 ha, mediante el “ramal condominial”, y que se conecta a la red pública a través de un punto de inspección.

b) Los alcantarillados sin arrastre de sólidos (ASAS)

Son sistemas que permiten trasladar aguas residuales domésticas que han sido sedimentadas o decantadas previamente en un tanque séptico, también denominado “tanque interceptor de sólidos”. El caudal de estos alcantarillados puede alternar a sección parcialmente llena y el flujo a presión. En tales casos, deben tomarse

precauciones a fin de que se asegure que en las secciones que trabajan a presión no exista reflujó del colector al tanque interceptor. Asimismo, entre el punto inicial y el final del colector debe existir una diferencia positiva de altura. Sirven para uso doméstico en pequeñas comunidades o poblados y su funcionamiento depende de la operación adecuada de los tanques interceptores y del control al uso indebido de los colectores. Desde el punto de vista ambiental pueden tener un costo y un impacto mucho más reducido.

El alcantarillado sin arrastre de sólidos (ASAS) es también conocido como alcantarillado de flujo decantado (AFD), alcantarillado de pequeño diámetro (APD), alcantarillado de redes de aguas residuales decantadas (ARARD), alcantarillados libres de sólidos (ALS) o de drenes de efluentes (DE).

c) Los sistemas de alcantarillados simplificados (SAS)

Funcionan esencialmente como un alcantarillado sanitario convencional pero teniendo en cuenta para su diseño y construcción consideraciones que permiten reducir el diámetro de los colectores tales como la disponibilidad de mejores equipos para su mantenimiento, que permiten reducir el número de pozos de inspección o su sustitución por estructuras más económicas.

d) Los sistemas de alcantarillados modulares 100 % de material plástico (SAM)

Son sistemas definidos en bloques o “módulos”, aliados a una creativa disposición física del sistema de colecta con las ventajas del material hidráulico utilizado (totalmente de material plástico). Según la disposición física, son admitidas conexiones prediales solo en las redes secundarias y en las redes principales, no siendo permitidas en los colectores troncales diámetros menores a 150 mm.

El sistema modular, es concebido de modo de minimizar la influencia del usuario en su desempeño. Con la utilización del Tubo de Inspección y Limpieza (TiL) con tapón y la Terminal de Limpieza (TL) partes integrantes de la inspección, con dimensiones cerradas, el acceso queda restringido solo a la inspección visual, tornándose el sistema semi-cerrado, “cerrado” lo suficiente para que el usuario no tenga perjuicio en el desempeño del sistema y “abierto” lo bastante para que el responsable del servicio pueda manejarlo

Sistemas aislados de disposición.-

Sistemas basados en la disposición in situ de las aguas residuales, como las letrinas, cámaras sépticas, campos de infiltración y baños ecológicos (campo seco o húmedo) los cuales son sistemas de bajo costo y pueden ser apropiados en áreas urbanas,

periurbanas y rurales con población dispersa y adecuadas características del subsuelo.

Componentes de los sistemas.-

Los diferentes componentes del sistema de recolección y evacuación de aguas residuales deben correlacionarse de tal manera que el sistema sea funcional y garantice los objetivos.

ESTUDIOS BÁSICOS DE DISEÑO.- Los estudios básicos deben realizarse en el lugar del proyecto y con participación de la población beneficiaria, organizaciones e instituciones involucradas.

Se deben considerar en términos generales, sin ser limitativos los siguientes estudios básicos de diseño:

- Técnico
- Socio-económico y cultural
- Ambiental

Estudios técnicos.- Los estudios técnicos deben incluir:

- a) Evaluación de la cuenca
- b) Evaluación de las posibles fuentes de agua
- c) Calidad y cantidad de las aguas
- d) Reconocimiento del área del proyecto
- e) Estudio de suelos
- f) Trabajos topográficos
- g) Evaluación del sistema de abastecimiento de agua existente o en construcción.

1.5.2. MARCO CONCEPTUAL

Sistema de alcantarillado sanitario: Conjunto de colectores secundarios, principales, interceptores, emisarios, bombeo, cámaras de inspección, terminales de limpieza y tubos de inspección y limpieza, que recogen y transportan aguas residuales hasta la planta de tratamiento o disposición final. Denominado también sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.

Población inicial: Población atendida en el año de inicio de operación de un sistema de alcantarillado sanitario.

Población final: Población atendida en el año de alcance de proyecto.

Población servida: Número de habitantes que son servidos por un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.

Afluente: Agua residual que ingresa a un proceso de tratamiento.

Aguas residuales: Desechos líquidos provenientes de residencias, instituciones, fábricas o industrias.

Aguas residuales domésticas: Desechos líquidos provenientes de los hábitos higiénicos del hombre en actividades domésticas.

Altura de recubrimiento del colector: Diferencia de nivel, entre la superficie del terreno o la rasante de la vía y la clave del colector.

Área tributaria: Superficie que aporta hacia un tramo o punto determinado.

Cámara de inspección domiciliaria: Cámara destinada para la inspección y limpieza de la tubería de recolección, ubicada en el interior del inmueble. Sirve para recoger las aguas residuales, provenientes de los domicilios.

Cámara de caída: Estructura utilizada para disipar la energía de caída cuando una tubería llega a una altura considerable respecto de la tubería de salida.

Cámara de inspección o pozo de visita: Cámara que se instala en los cambios de dirección, diámetro o pendiente en las tuberías de alcantarillado de la red pública, la misma sirve para permitir la inspección y mantenimiento de los colectores. Visitable

a través de una abertura existente en su parte superior, destinada a permitir la reunión de dos (2) o más colectores. Estructura de mampostería de piedra o ladrillo u hormigón, de forma usualmente cilíndrica, que remata generalmente en su parte superior en forma troncocónica y con tapa removible.

Caja de paso: Cámara sin acceso, localizada en puntos singulares por necesidad constructiva y que permite el paso del equipo para limpieza del tramo aguas abajo. Puede ser utilizada en sustitución de la cámara de inspección en casos de cambio de dirección, pendiente, diámetro y material.

Caracterización de las aguas residuales: Determinación del caudal y características físicas, químicas y biológicas de las aguas: residuales, según su procedencia.

Caudal de aporte: Caudal doméstico de contribución medio, máximo y mínimo (L/s).

Caudal de diseño: Caudal máximo horario doméstico de contribución de aguas residuales, además de los caudales adicionales por conexiones erradas, por infiltración y de descarga concentrada, se calcula para la etapa inicial y final del periodo de diseño.

Caudal por conexiones erradas: Contribución de caudal debido a la conexión de aguas pluviales en la red de alcantarillado sanitario.

Caudal por infiltración: Agua proveniente del subsuelo, adicional para el sistema separado y combinado.

Coefficiente de punta: Relación entre el caudal máximo horario y el caudal medio diario doméstico. Usualmente para su determinación se utilizan fórmulas que relacionan el coeficiente con la población, por considerar que las mismas cubren los factores que están ligados a los siguientes aportes: El tamaño del área servida, la densidad y la forma del área.

Coefficiente de retorno: Porcentaje del caudal de agua potable que se asigna al caudal de aguas residuales.

Coefficiente de rugosidad: Parámetro que representa el efecto de fricción del contorno del conducto sobre el flujo.

Colector: Tubería que funcionando como conducto libre, recibe la contribución de aguas residuales en cualquier punto a lo largo de su longitud.

Colector principal: Conducto sin conexiones domiciliarias directas que recibe los caudales de los tramos secundarios, para conducirlos a plantas de tratamiento de aguas residuales o a cuerpos de agua.

Colector secundario: Colector de diámetro menor que se conecta a un colector principal.

Conexión domiciliaria: Tubería que transporta las aguas residuales y/o pluviales desde la cámara de inspección domiciliaria hasta un colector público.

Conexiones cruzadas: Conexión domiciliaria de aguas residuales al alcantarillado pluvial o viceversa.

Contribuciones de aguas residuales: Volumen de aguas residuales aportadas a un sistema de recolección y evacuación, integrado por las aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e institucionales.

Consumo: Volumen de agua potable recibido por el usuario en un periodo determinado.

Cota de clave: Nivel del punto más alto de la sección transversal externa de una tubería o colector.

Cota de solera: Nivel del punto más bajo de la sección transversal interna de una tubería o colector.

Criterios de diseño: Datos básicos que permiten el diseño de una estructura o componente de un sistema.

Cuerpo receptor: Cualquier curso de agua natural o masa de agua natural o de suelo que recibe el lanzamiento o descarga del efluente final.

Densidad de población: Número de personas que habitan dentro de un área tributaria determinada, generalmente expresada en hab/ha.

Desarrollo comunitario: Estrategia social centrada en la gente, que permite la participación de mujeres y hombres, adolescentes, niñas y niños, en todas las actividades de la implementación del sistema, que están determinados por su contexto socio-cultural, económico y ambiental.

Disposición final: Destino final del efluente de aguas residuales a una planta de tratamiento o cuerpo receptor de agua.

Dotación: Cantidad de agua promedio diaria por habitante que suministra el sistema de agua potable, expresada en litros por habitante por día.

Efluente: Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

Emisario: Conducto 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 recorrido no recibe contribución alguna.

Entibado: Estructura de madera o metálica que se coloca para evitar el revenimiento o derrumbe de las excavaciones efectuadas y que ayuda a instalar tuberías o implantar estructuras profundas, hasta 5 m.

Estructura de conexión o estructura-cámara: Estructura construida para la unión de uno o más colectores, con el fin de permitir cambios de alineamiento horizontal y vertical en el sistema de alcantarillado.

Evaluación de Impacto Ambiental: Identificación de los posibles impactos del proyecto al ambiente; se determinan en forma preliminar las medidas de mitigación correspondientes, con el fin de obtener la categorización del estudio a realizarse.

Evaluación financiera: Comparación de los beneficios y costos atribuibles a la ejecución del proyecto desde el análisis de la relación costo - beneficio.

Evaluación socio-económica: Estudio que permite fundamentalmente conocer las condiciones por estratos socioeconómicos de la población y su predisposición de pago por los servicios.

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

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.

Plan maestro de alcantarillado: Plan de ordenamiento del sistema de alcantarillado de una localidad para un horizonte de planeamiento dado.

Planta de tratamiento: Unidad o conjunto de unidades destinadas a mejorar la calidad del agua de tal forma que produzcan en los cuerpos receptores, efectos compatibles con las exigencias legales y/o con la utilización aguas abajo de la población.

Profundidad del colector: Diferencia de nivel, entre la superficie del terreno o de la rasante de la vía y la solera del colector.

Sifón invertido: Estructura compuesta por una o más tuberías que funcionan a presión. Se utilizan cuando es necesario pasar las tuberías por debajo de ríos o quebradas.

Tensión tractiva: Fuerza tractiva o tensión de arrastre, es la tensión tangencial ejercida por el líquido en escurrimiento sobre la pared del conducto.

Terminal de limpieza (TL): Tubo, o dispositivo que permite la introducción de equipos de limpieza, y substituye el pozo de visita, localizado en la cabecera o arranque del colector. Prolongación del colector en forma vertical o utilizando accesorios de 45° que permite efectuar la limpieza en los tramos de arranque de la red.

Tramo: Colector comprendido entre dos cámaras de inspección o pozos de visita.
Tramo de colector: Longitud de colector comprendida entre dos cámaras de inspección o tubos de inspección y limpieza, sucesivos.

Tramos iniciales: Tramos de colectores que dan comienzo al sistema de alcantarillado.

Tubo de inspección y limpieza (TiL): Tubo vertical o con accesorios a 45° 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.

1.5.3. MARCO ESPACIAL

La Urbanización Los Chapacos II – 15 de Junio junto a todos sus habitantes.

1.5.4. MARCO TEMPORAL

Todos los datos de información recogidos son para el año 2012.

1.6. ALCANCE

El presente proyecto de grado abarcará:

La obtención y recopilación de toda la información necesaria por parte del proponente, el diseño hidráulico de todo el sistema de alcantarillado sanitario desde su red de colectores y emisarios, diseño de cámaras de limpieza y purga, estructuras complementarias, así como la disposición final de las aguas transportadas por la red y una planificación de obra que nos proporcione el costo y tiempo necesarios para invertir en la materialización de la propuesta.

- ⊕ Estudio socio-económico
- ⊕ Estudio topográfico del área beneficiaria
- ⊕ Estudio de caudales de diseño para la red de colectores
- ⊕ Diseño de estructuras complementarias
- ⊕ Propuesta de solución

Recopilación de toda la información necesaria.- este será el primer paso antes de entrar al diseño hidráulico, buscar una buena información que garantice buenos resultados será lo primordial, para ello se plantea:

Datos de la población: que nos permitirá conocer el número de habitantes de la comunidad, su edad, ocupación o actividad económica y sus más frecuentes enfermedades.

Levantamiento topográfico: necesario para el diseño hidráulico, buscando el mejor trazo en consenso de la comunidad de manera que no se tenga ningún problema para su posterior construcción.

Estudio de suelos: necesario para el cálculo del caudal de infiltración que puede presentarse en la red de colectores.

Análisis de la calidad del agua: se tomará una muestra combinada de los pozos sépticos y se la llevará a un laboratorio especializado. El mismo nos proporcionará datos confiables acerca de la calidad del agua para ver el mejor tratamiento antes de su disposición final y salida de la red de alcantarillado.

El diseño hidráulico.- en base a toda la información se procederá al dimensionamiento de las estructuras comprometidas al sistema:

- Red de colectores principales y secundarios
- Estructuras complementarias a la red de colectores (cámaras)

La planificación de obra.- una vez concluida la etapa de diseño hidráulico, se procederá a la planificación de obra que comprenderá:

Un presupuesto de obra: el mismo nos permitirá saber el costo que se requiere para la construcción del sistema de alcantarillado sanitario, mostrando en detalle de precios unitarios, cómputos métricos, como un resumen de materiales necesarios.

Un cronograma de actividades: nos mostrará el tiempo necesario para la culminación de la obra como la ruta crítica de actividades.

Documentación final.- todo el trabajo será debidamente documentado y representado gráficamente por planos del diseño hidráulico:

- Planos de la red de colectores
- Plano de obras complementarias
- Cómputos métricos y precios unitarios
- Especificaciones técnicas
- Ficha ambiental

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO

2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA

2.1.1. CLIMATOLÓGICAS

El clima de la ciudad de Tarija y el valle en la que se encuentra es llamado "paraíso de la primavera", ya que predomina durante la mayor parte del año un clima templado o mesotérmico, sin embargo durante los inviernos (especialmente durante el mes de julio) la temperatura suele bajar de los 0° C llegando a disminuciones térmicas increíbles para la latitud y altitud (la zona es en los mapas "tropical"): todos los inviernos son fríos; por ejemplo en 1966 se registró en esta ciudad una temperatura absoluta de -9,5 °C (nueve grados y medio bajo cero) y el 20 de julio de 2010 en la misma ciudad de San Bernardo de Tarija la temperatura bajó a - 9, 2 °C (nueve grados con dos centésimas bajo cero) acompañada tal temperatura por copiosas nevadas.

2.1.2. TOPOGRÁFICAS

Las características topográficas de la zona queda claramente evidenciadas en los planos de planta además de perfiles de la red, con una topografía muy accidentada e irregular en todo lo extenso del área considerada para el proyecto.

2.1.3. GEOTÉCNICAS

En cuanto a características geotécnicas se refiere y como quedara plasmado en el estudio de suelos respectivo a realizarse en el proyecto el suelo del lugar no es el más adecuado para cualquier tipo de construcción, pues a simple vista se evidencia la alta presencia de arcilla, limos y suelos finos; mismos que no son los más aprovechables refiriéndonos a capacidad de soporte. Estos suelos en general son clasificados como malos para la construcción.

Existe alta presencia de erosión en el lugar, se ve a los bordes de la urbanización, en las partes con barrancas como el suelo se va desgastando por efectos del viento.

2.1.4. HIDROLÓGICAS

Las características hidrológicas del lugar son las mismas que para nuestra ciudad siendo todavía parte de la ciudad de Tarija, se tiene un ciclo hidrológico de septiembre a octubre a lo largo del año con presencia de precipitaciones moderadas, y de tormentas cortas.

2.1.5. INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

La infraestructura existente en lo amplio del área del proyecto es escasa, pues al tratarse de un asentamiento humano que ahora se está implementando como barrio periurbano de la ciudad no cuenta prácticamente con ningún servicio básico, menos aun con estructuras que resalten; las estructuras existentes son solo casas construidas por los mismos habitantes del lugar utilizando como materiales primos ladrillo, mortero de cemento, adobe, paja, calaminas.

Solo en 3 viviendas se puede evidenciar un planeamiento a futuro con una construcción de cimentación profunda de más de 5 metros, debido a las malas condiciones de suelo existentes y con vistas a levantar un 2º piso se hizo las cimentaciones un poco profundas.

En cuanto a las calles y principal avenida de la urbanización todas son del material natural del lugar una arcilla arenosa, en la mayoría de los casos sin nivelar, con presencia de huecos en varios lugares de las calles.

A los alrededores cercanos a la urbanización si se encuentran obras civiles e infraestructuras notables, pero quedan fuera del área de proyecto, tales como: el canal de desagüe pluvial que colinda con 2 populosas urbanizaciones y un barrio pujante: La urbanización Oscar Zamora, Urbanización 15 de Junio-Los Chapacos II y el barrio Los Chapacos I, existe también una iglesia cercana al lugar además de una escuela primaria a una distancia de unos 700 mts del lugar del proyecto.

2.1.6. SERVICIOS BÁSICOS

AGUA POTABLE: Se cuenta con una pileta pública la cual provee de agua al barrio solo en escasas horas de 5:00 a 12:00, actualmente se encuentra en etapa de estudio del pozo la implementación de un sistema de agua potable.

SANEAMIENTO: No se cuenta con un sistema de evacuación de aguas residuales y desechos humanos, en las viviendas de la gente solo algunos cuentan con un pozo séptico o pozo ciego de construcción muy precaria hecha por ellos mismos, pero que no los libera de los malos olores y del peligro a infecciones y enfermedades de distintos tipos.

ELECTRICIDAD: Actualmente en la urbanización se está implementando el servicio de energía eléctrica, mismo que ya se halla en funcionamiento, pero con ciertas fallas pues es que se empezó con la implementación de este servicio hace pocas semanas en el mes de septiembre del año en curso.

TELÉFONO: No existe ninguna línea de tendido telefónico en la zona del proyecto, los habitantes utilizan la tecnología móvil (celular), los que cuentan con el mismo, o deben de salir hasta el barrio los Chapacos I para poder acceder a este servicio.

GAS: La red de tuberías de gas no llega hasta la urbanización, solo se cuenta con GLP, garrafas que tampoco todos los habitantes tienen acceso a este servicio.

TRANSPORTE: Si este servicio se da en el lugar pues tanto microbús (Línea CH) y taxitrufi (El Chapaco) llegan hasta la entrada principal a la urbanización.

CAPÍTULO 3

PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO

3.1. PERIODO DE DISEÑO

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

Los factores que intervienen en la selección del período 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 éstas no estén funcionando a su plena capacidad

El período de diseño debe adoptarse en función de los componentes del sistema y las características de la población, según lo indicado en la tabla siguiente que nos brinda la norma boliviana de diseño de redes de alcantarillado sanitario NB 688.

Tabla 3.1 Períodos de diseño recomendados

a) En función a la población	Periodo
<u>(Años)</u>	
• Localidades de 1 000 a 15 000 habitantes:	10 a 15 años
• Localidades de 15 000 a 50 000 habitantes:	15 a 20 años
• Localidades con más de 50 000 habitantes:	30 años
b) En función a los componentes	Periodo
<u>(Años)</u>	
Colectores secundarios y principales	20 a 30 años
Colectores, interceptores y emisarios	30 a 50 años
Equipos	Periodo
<u>(Años)</u>	
Mecánico	5 a 10 años
Combustión	5 a 10 años
Eléctrico	10 a 15 años

Fuente: NB-688

Siguiendo el criterio de los componentes y las recomendaciones de la norma, se diseñara el proyecto para un periodo de diseño de **30 años**, que es un periodo de tiempo adecuado donde todos los componentes del sistema funcionaran correctamente.

3.2. POBLACIÓN DEL PROYECTO

Es el número de habitantes servidos por el proyecto para el período 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.

Se deben aplicar los datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística para determinar la población de referencia o actual y los índices de crecimiento demográfico respectivos.

- b) Población futura, referida al número de habitantes dentro el área del proyecto que debe estimarse con base a la población inicial, el índice de crecimiento poblacional y el período de diseño.

En el presente trabajo para establecer el número de habitantes que existen en la zona, mismos que serán en su totalidad beneficiarios del proyecto se procedió a realizar un censo técnico-social que nos arrojó los siguientes resultados:

Tabla 3.2 Población actual clasificada según género

Población	Hombres	Mujeres	Niños	Personas de la 3ª Edad	Total Habitantes
No	315	338	526	54	1233

Fuente: Elaboración propia

Con lo cual queda establecida la población actual de la zona:

$$P_a = 1233 \text{ Habitantes}$$

3.2.1. MÉTODOS DE CÁLCULO

Teniendo la población actual necesitamos proyectar la misma. Los diseños suelen realizarse para periodos de 15 a 30 años (Norma boliviana NB 688, 2007), periodo recomendado para pequeñas poblaciones.

Para determinar la población futura para el proyecto, es necesario conocer cuál es la posible distribución de la población. Se deben tomar en cuenta los métodos tradicionales como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.3 Métodos de estimación de población futura

METODO	FORMULA	OBSERVACIONES
ARITMETICO	$P_f = P_o * (1 + \frac{i * t}{100})$	Donde:
GEOMETRICO	$P_f = P_o * (1 + \frac{i}{100})^t$	P _f : Población futura en hab P _o : Población inicial en hab
EXPONENCIAL	$P_f = P_o * e^{\frac{i * t}{100}}$	i: Índice de crecimiento poblacional anual en porcentaje t: Número de años de estudio o periodo de diseño, en años
CURVA LOGISTICA	$P_f = \frac{L}{1 + m * e^{(a * t)}}$ $L = \frac{2 * P_o * P_1 * P_2 - P_1^2 (P_o + P_2)}{P_o * P_2 - P_1^2}$ $m = \frac{L - P_o}{P_o}$ $a = \frac{1}{t_1} * \ln \left[\frac{P_o * (L - P_1)}{P_1 * (L - P_o)} \right]$	L: Valor de saturación de la población m: Coeficiente a: Coeficiente P _o , P ₁ , P ₂ Población correspondiente a los tiempos t _o , t ₁ y t ₂ =2*t ₁ t _o , t ₁ , t ₂ Tiempo intercensal en años correspondiente a la población P _o , P ₁ y P ₂

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. APLICACIÓN DE METODOS SEGÚN EL TAMAÑO DE LA POBLACIÓN

Los métodos a emplearse deben ser aplicados en función del tamaño de la población, de acuerdo a lo especificado en la tabla siguiente:

Tabla 3.4 Aplicación de métodos de estimación de población según el tamaño

METODO	POBLACION (hab)			
	Hasta 2000	De 2001 a 10000	De 10001 a 100000	> 100000
Aritmético	X	X		
Geométrico	X	X	X	X
Exponencial		X	X	X
Curva Logística				X

Fuente: Elaboración propia

Como podemos evidenciar existen varios métodos de estimación de la población futura para cierto periodo de tiempo para presente proyecto se escoge el método Geométrico, escogido puesto que según las normas es el más aplicable a cualquier valor de población y no tiene limitaciones excesivas como otros métodos.

Este método se rige por la siguiente ecuación:

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

Donde:

Pf = Población Futura

Pa = Población Actual

i = Tasa de Crecimiento Poblacional (Para la ciudad de Tarija 3.77 % según INE)

t = Período de Diseño

$$Pf = 1233 * \left(1 + \frac{3.77}{100}\right)^{30}$$

$$Pf = 3743 \text{ Hab}$$

Tabla 3.5 Resumen cálculo de población futura

PARAMETROS		UNIDADES	SIMBOLO
LOCALIDAD	Tarija	-	-
METODO DE CRECIMIENTO	Geométrico	-	-
PERIODO DE DISEÑO	30	Años	t
TASA DE CRECIMIENTO	3,77	%	i
POBLACION ACTUAL	1233	Hab	Pa
POBLACION FUTURA	3742,12	Hab	Pf
POBLACION ASUMIDA PARA EL DISEÑO Pf=		3743	Hab

Fuente: Elaboración propia

3.3. DOTACIÓN DE AGUA

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.

El consumo de agua per cápita es un parámetro extremadamente variable entre diferentes poblaciones y depende de diversos factores, entre los cuales se destacan:

- 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

3.3.1. DOTACIÓN MEDIA DIARIA

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, según lo especificado en la tabla a continuación:

Tabla 3.6 Dotaciones de agua para sistemas nuevos

ZONA	DOTACION MEDIA (litros/hab./día)					
	POBLACION					
	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: Elaboración propia

De acuerdo a lo mencionado anteriormente y basándonos en la norma boliviana adoptaremos una dotación inicial para el lugar del proyecto, de unos **200 lt/hab/día**.

3.3.2. DOTACIÓN FUTURA DE AGUA

La dotación media diaria puede incrementarse de acuerdo a los factores que afectan el consumo y se justifica por el mayor hábito en el uso de agua y por la disponibilidad de la misma. Por lo que, se debe considerar en el proyecto una dotación futura para el período de diseño, la misma que debe ser utilizada para la estimación de los caudales de diseño.

La dotación futura se debe estimar con un incremento anual entre el 0,5 % y el 2,0 %.

Habiendo ya definido la dotación inicial procederemos a calcular la dotación futura, tomando como variación anual de la dotación un valor de **2%** ya que estamos diseñando un sistema nuevo.

La dotación futura la determinaremos con la siguiente relación:

$$Df = Di * \left(1 + \frac{d}{100}\right)^n$$

Donde:

Pf = Dotación Futura

Di = Dotación inicial

d = Variación anual

n = Periodo de Diseño

$$Df = 200 * \left(1 + \frac{2}{100}\right)^{30}$$

$$Df = 362 \frac{lt}{hab} / dia$$

Tabla 3.7 Resumen cálculo de dotación futura o de diseño

PARAMETROS		UNIDADES	SIMBOLO
ZONA	Valle	-	-
LOCALIDAD	Tarija	-	-
POBLACION ACTUAL	1233	Hab	Pa
VARIACION ANUAL	2	%	D
PERIODO DE DISEÑO	30	Años	N
DOTACION INICIAL	200,00	Lt/Hab/dia	Di
DOTACION FUTURA	362,27	Lt/Hab/dia	Df
DOTACION ASUMIDA PARA EL DISEÑO Df =		362	Lt/Hab/dia

Fuente: Elaboración propia

3.4. CAUDALES DE DISEÑO

El volumen de aguas residuales aportadas a un sistema de recolección y evacuación, está integrado por las aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e institucionales.

Su estimación debe basarse, en lo posible, en información histórica de consumos, mediciones periódicas y evaluaciones regulares.

Los caudales de aporte que concurren a las redes de alcantarillado sanitario, serán determinados para el inicio y fin del período de diseño.

Los caudales de diseño son:

a) Caudal medio diario:

$$Q_m = C * \frac{P * D}{86400}$$

Donde:

Q_m = Caudal medio diario (l/s)

C = Coeficiente de retorno

P = Población proyectada para el diseño

D = Dotación proyectada para el diseño (l/h/d)

b) Caudal máximo horario:

$$Q_{max} = M * Q_m$$

Donde:

Q_{max} = Caudal máximo horario (l/s)

Q_m = Caudal medio diario (l/s)

M = Coeficiente de punta

c) Caudal de diseño final:

$$Q_d = Q_{max} + Q_i + Q_e$$

Donde:

Q_d = Caudal de diseño (l/s)

Q_{max} = Caudal máximo horario (l/s)

Q_i = Caudal por infiltración (l/s)

Q_e = Caudal por conexiones erradas (l/s)

3.4.1. COEFICIENTES RELACIONADOS A LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES

3.4.1.1. COEFICIENTE DE RETORNO

El coeficiente de retorno (C) 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.

Según estudios estadísticos se adoptará un coeficiente de retorno o aporte del 60% al 80% de la dotación de agua potable.

Para el presente estudio adoptaremos el valor de coeficiente de aporte de $C=80\%$

Este Coeficiente ira a incidir en el caudal máximo el cual si se usara en el cálculo de caudal de diseño para la red de alcantarillado.

3.4.1.2. 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.

Para el presente estudio se tomara en cuenta el coeficiente de punta calculado a través de los coeficientes de variación del caudal K_1 y K_2 .

$$\text{Coeficiente de variación diaria } K_1 = \frac{\text{Consumo maximo diario anual}}{\text{Consumo medio anual}}$$

Por norma y de acuerdo a experimentación este coeficiente se encuentra entre ciertos límites $1.2 < K_1 < 1.5$

En el diseño en curso se asumió un valor de coeficiente de variación diaria 1.20 pues como nos encontramos con una población reducida se presume que no existirá una gran variación entre el consumo pico anual con el medio.

Coeficiente de variación horaria. Este coeficiente va de acuerdo con el volumen de población que pueda existir en el lugar de diseño de la obra.

$$K_2 = \frac{\text{Consumo maximo horario}}{\text{Consumo medio horario en un dia}}$$

La norma nos presenta una sugerencia:

Tabla 3.8 Valores de coeficiente de variación horaria según tamaño de población

Tamaño Población	K2
Hasta 2000 Hab	2.20-2.00
2000-10000	2.00-1.80
10000-100000	1.80-1.50
>100000	1.50

Fuente: NB-688

En el presente diseño se asumió un coeficiente de 2.20, esto debido a que tenemos una población reducida para el proyecto.

3.4.2. CAUDAL MEDIO DIARIO

Es el consumo durante 24 horas obtenido como promedio de los consumos diarios observados en un periodo de un año; pero esto afectado por un coeficiente de retorno; este será el caudal medio diario para el diseño de los colectores y lo podemos calcular de la siguiente expresión:

$$Q_m = C * \frac{P * D}{86400}$$

Donde:

Q_m = Caudal medio diario (l/s)

C = Coeficiente de retorno

P = Población proyectada para el diseño

D = Dotación proyectada para el diseño (l/h/d)

$$Q_m = 0.80 * \frac{3743 * 200}{86400}$$

$$Q_m = 33.12 \text{ l/s}$$

3.4.3. CAUDAL MÁXIMO HORARIO

Es el caudal máximo con el que se diseñaran los colectores, este es el caudal medio multiplicado por un coeficiente de punta, para nuestro medio este coeficiente de punta es la multiplicación de los coeficientes de variación diaria y horaria:

$$Q_{max} = M * Q_m$$

Donde:

Q_{max} = Caudal máximo horario (l/s)

Q_m = Caudal medio diario (l/s)

M = Coeficiente de punta $M=K_1*K_2$

$$Q_{max} = K_1 * K_2 * Q_m$$

$$Q_{max} = 1.20 * 2.20 * 33.12$$

$$Q_{max} \approx 34 \text{ l/s}$$

3.4.4. CAUDAL POR INFILTRACIÓN

La proporción de agua que se infiltra depende de la naturaleza de la superficie, las características del suelo, la calidad y la distribución de las precipitaciones según las estaciones.

El agua que resulta de la infiltración y las aportaciones incontroladas es un componente variable de las aguas residuales, y depende de la calidad de los materiales y mano de obra empleados en la construcción de las alcantarillas, así como el tipo de mantenimiento y de la altura de nivel freático en relación con la ubicación de la red alcantarillado.

La intensidad y calidad del agua infiltrada depende de la longitud de las alcantarillas del área servida, de las condiciones topográficas y del terreno, y hasta cierto punto de la densidad de población, pues de ella depende el número y longitud total de conexiones a las casas. A pesar de que la altura del nivel freático depende en gran medida de las precipitaciones, es frecuente que las pérdidas a uniones defectuosas, porosidad del hormigón y existencias de grietas hayan hecho descender el nivel freático hasta el nivel de la alcantarilla.

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 aporte del caudal por infiltración se debe establecer con base a ciertos valores tabulados.

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

Tabla 3.9 Valores de coeficiente de infiltración

NIVEL FREATICO	TUBERIA DE HORMIGON		TUBERIA DE MATERIAL PLASTICO	
	TIPO DE UNION UTILIZADO			
	HORMIGON	ANILLO GOMA	PEGAMENTO	ANILLO GOMA
Bajo	0.0005	0.0002	0.00010	0.00005
Alto	0.0008	0.0002	0.00015	0.00005

Fuente: Elaboración propia

En el presente caso debido al tipo de material que se seleccionó para el diseño de la red de colectores (PVC), al nivel freático y al tipo de junta a utilizar se adoptara un valor de infiltración de **0.00015 lt/s/m**.

3.4.5. CAUDAL POR CONEXIONES ERRADAS

Se deben considerar los aportes de aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de malas conexiones (Q_e) (de bajantes de tejados 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.

Para determinar el consumo máximo en el presente trabajo se adoptara un coeficiente de seguridad del **10%** del total de aguas servidas.

3.4.6. OTROS APORTES DE DESCARGA CONCENTRADA

Industriales (Qind)

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

Comerciales (Qcom)

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 comercial (QC) se debe evaluar en forma puntual y como \ descarga concentrada, de acuerdo a las características de cada zona comercial y debe estimarse para las condiciones iniciales y finales de operación del sistema.

Instituciones públicas (Qip)

Es la cantidad de agua residual que proviene de instituciones públicas.

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

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

3.4.7. 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} , los aportes por infiltraciones lineales y conexiones erradas y de los caudales de descarga concentrada. El caudal de diseño está dado por:

$$Q_d = Q_{max} + Q_i + Q_e + \sum Q_{DC}$$

Donde:

Q_d = Caudal de diseño (l/s)

Q_{max} = Caudal máximo horario (l/s)

Q_i = Caudal por infiltración (l/s)

Q_e = Caudal por conexiones erradas (l/s)

Q_{DC} = Caudales por descargas concentradas (l/s)

El resumen de caudales obtenidos para el diseño se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3.10 Resumen de cálculo de caudales de diseño

PARAMETROS		UNIDADES	SIMBOLO
POBLACION FUTURA	3743	Hab	Pf
DOTACION FUTURA	362	Lt/Hab/dia	Df
COEFICIENTE DE VARIACION DIARIA	1,20	-	K1
COEFICIENTE DE VARIACION HORARIA	2,20	-	K2
COEFICIENTE DE RETORNO	0,80	-	C
CAUDAL MAXIMO	33,121	Lt/s	Qmax
CAUDAL MAXIMO ASUMIDO	34	Lt/s	Qmax
COEFCIENTE CONEXIONES ERRADAS	0,1	-	Ce
CAUDAL CONEXIONES ERRADAS	3,4	Lt/s	Qce
COEFICIENTE DE INFILTRACION	0,00015	Lt/s/m	Cinf

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4

RED DE COLECTORES PRINCIPALES, SECUNDARIOS Y EMISARIOS

4.1. RED DE COLECTORES Y MÉTODOS DE DISEÑO

4.1.1. MÉTODOS DE DISEÑO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES EN LOS TRAMOS DE LA RED

Existen 2 métodos considerados los más sobresalientes para el diseño de redes de alcantarillado sanitario:

- Método de las longitudes unitarias
- Método de las áreas unitarias

4.1.1.1. MÉTODO DE LAS LONGITUDES UNITARIAS

Este método se enfoca principalmente en obtener un factor de cálculo del caudal por metro lineal de longitud de tubería, distribuyendo la población de diseño a lo largo de la longitud de la red de colectores.

Índice de distribución poblacional

Es el número de habitantes presentes en un metro lineal de red de tubería:

$$\Delta = \frac{P_f}{L_T}$$

Donde:

Δ = Distribución poblacional para el diseño (hab/m)

P_f = Población final proyectada para el periodo de diseño

L_t = Longitud total de tubería para el proyecto

Factor de caudal

Es el factor que indica la cantidad de caudal aportado a la red por cada habitante existente a lo largo de todos los tramos de tubería.

$$FC = \frac{Q_{max}}{Pf}$$

Donde:

FC = Factor de cálculo del caudal (lt/s/hab)

Pf = Población final proyectada para el periodo de diseño

Qmax = Caudal máximo horario

4.1.1.2. MÉTODO DE LAS AREAS UNITARIAS

Método de cálculo válido para todo tipo de redes de tendido ya sea de agua potable o redes de saneamiento alcantarillado sanitario; este método va dirigido al cálculo del caudal de cada tramo de colector a través del previo cálculo de factores incidentes, la densidad poblacional y el factor de cálculo de caudal.

Índice de densidad poblacional

Es el número de habitantes presentes en un metro cuadrado de área de aporte:

$$\delta = \frac{P_f}{A_T}$$

Donde:

δ = Densidad poblacional para el diseño (hab/m²)

Pf = Población final proyectada para el periodo de diseño

At = área de aporte total para el proyecto

Factor de caudal

Es el factor que indica la cantidad de caudal aportado a la red por cada habitante existente dentro del área total de aporte.

$$FC = \frac{Q_{max}}{Pf}$$

Donde:

FC = Factor de cálculo del caudal (lt/s/hab)

Pf = Población final proyectada para el periodo de diseño

Qmax = Caudal máximo horario

En el diseño que se está realizando se trabajara con el método de las áreas debido a su mayor precisión en cuanto a la distribución del caudal para el diseño de cada tramo y su respectivo cálculo hidráulico.

4.2. PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA RED

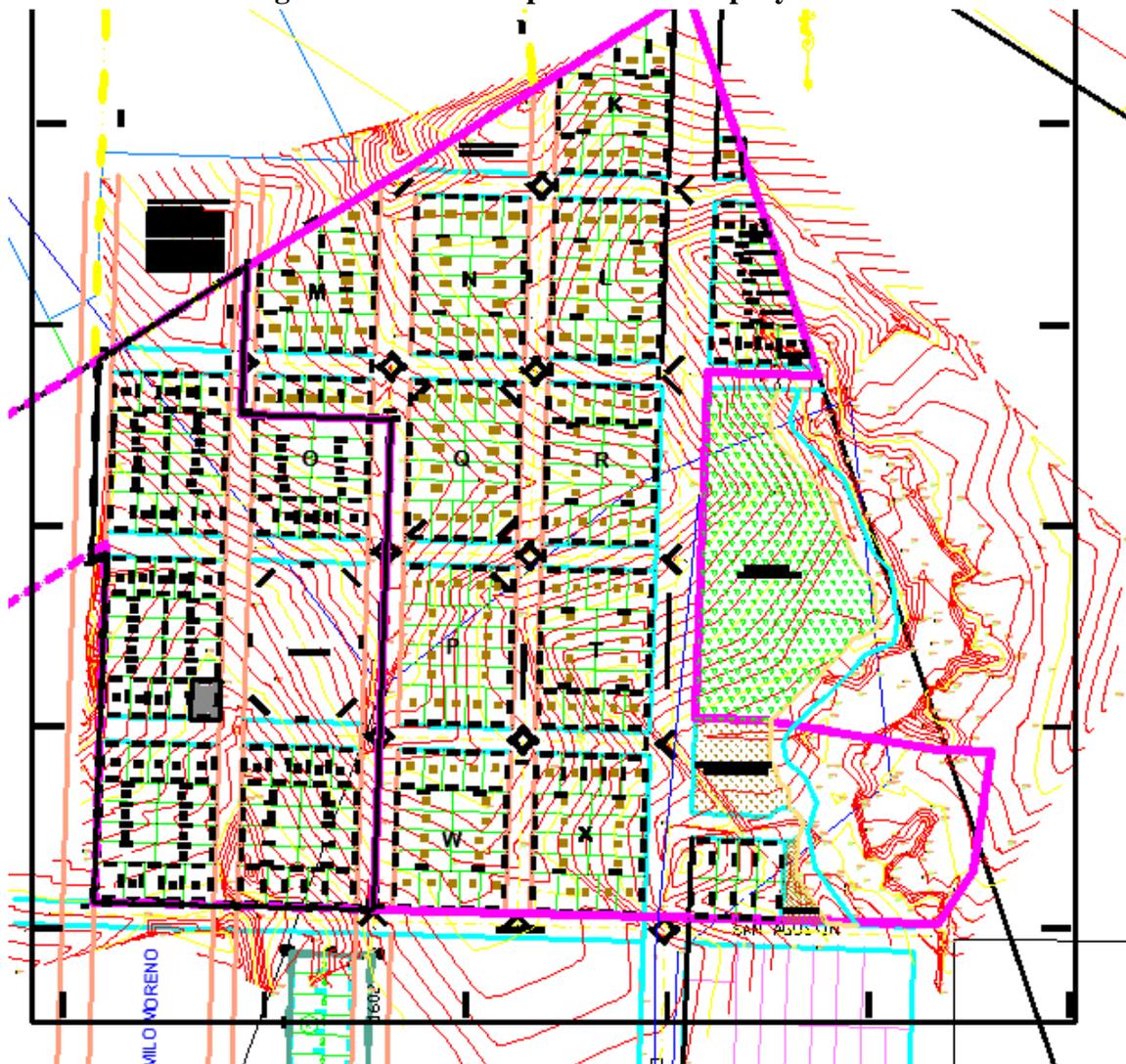
Los parámetros de diseño a tomarse en cuenta para el diseño de una red de alcantarillado sanitario son:

- ⊕ Áreas de aporte
- ⊕ Índice de densidad poblacional
- ⊕ Factor de caudal
- ⊕ Velocidades de diseño
- ⊕ Tensión tractiva mínima
- ⊕ Pendientes mínimas de diseño
- ⊕ Relaciones de caudal
- ⊕ Diámetros mínimos

4.2.1. DEFINICIÓN DEL ÁREA DE LA RED

El área de la red de proyecto se encuentra definida claramente por los límites de la urbanización para la cual se está realizando el diseño, cabe resaltar que la topografía natural del lugar es muy irregular esto debido a que son lugares de asentamientos humanos que con el pasar de los años pero en poco tiempo se han constituido en un barrio más de nuestra ciudad.

Figura 4.1 Detalle en planta área del proyecto

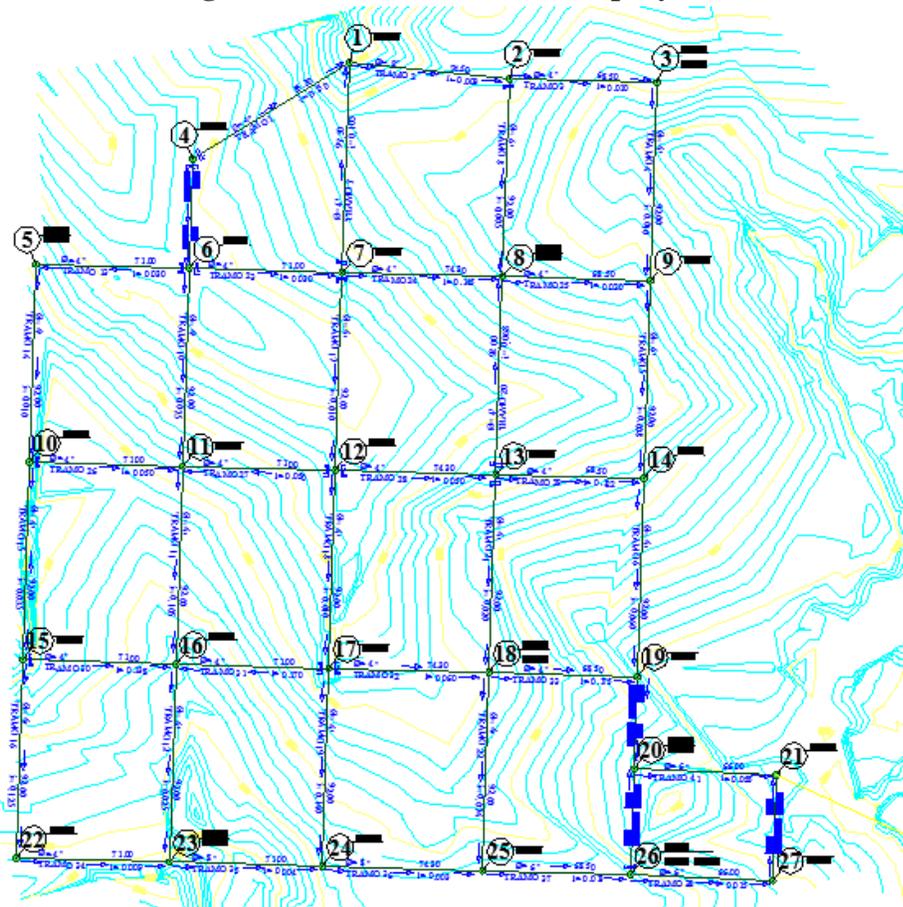


4.2.2. TRAZADO DE LA RED

De acuerdo al plano topográfico y el trazo de las cuadras obtenidas en el plano de planta del lugar se puede trazar la red de colectores, el trazo va definido de acuerdo a como están dispuestas las cuadras.

Las direcciones de flujo que se definieron, van de acuerdo a la disposición de pendientes naturales que nos ofrece el terreno presentándose varias dificultades en especial con las pendientes tan irregulares que presenta el lugar, en ciertos puntos de la red es necesario sobrepasar el profundidad de excavación de 5m parámetro límite recomendable que establece la norma, además de la utilización de cámaras con caída para vencer desniveles.

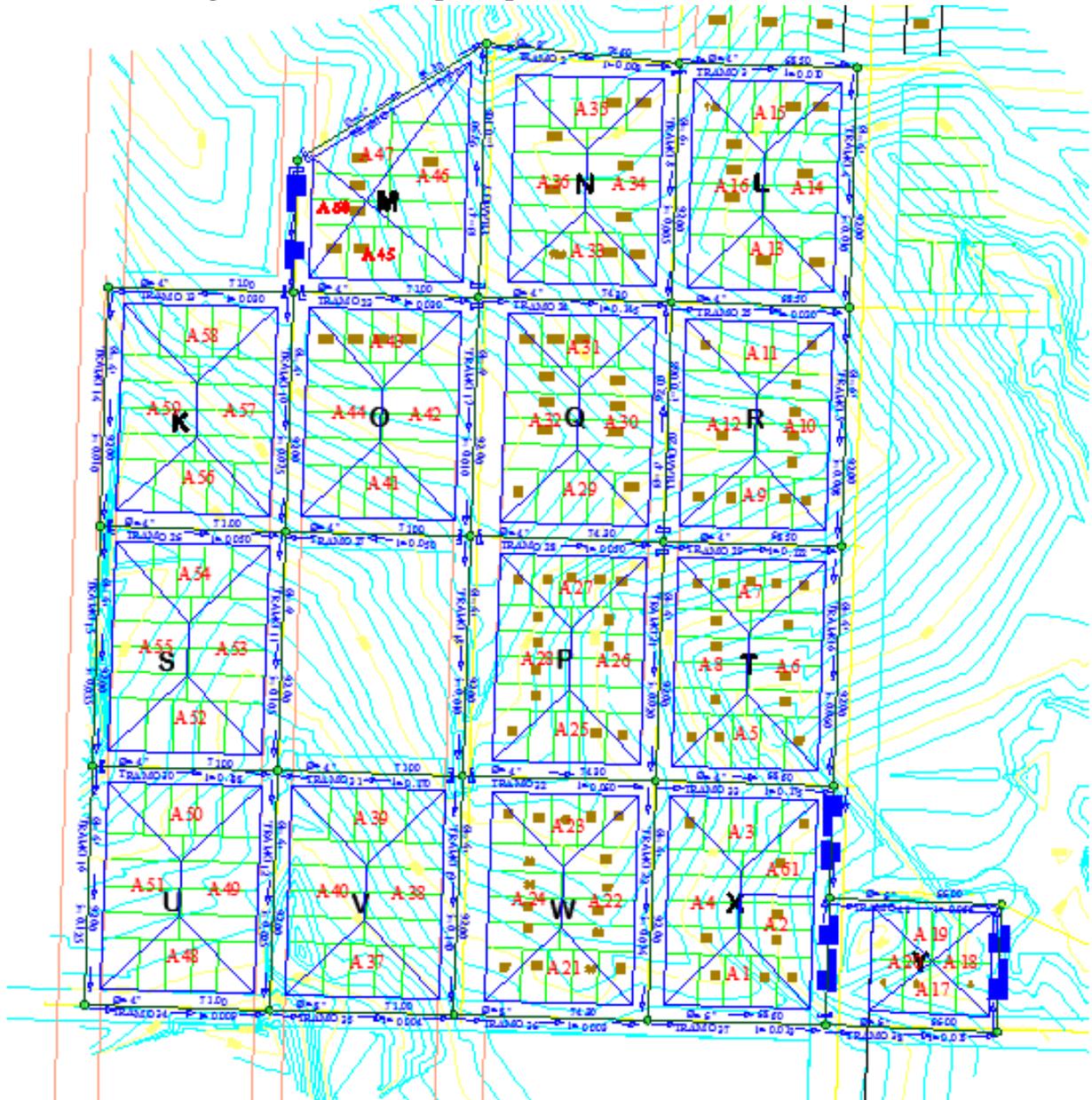
Figura 4.2 Trazado de la red del proyecto



4.2.3. ÁREAS DE APOORTE

Un vez definido el trazo de los colectores se procedió a definir las áreas de aporte en cada colector, esto fue definido trazando rectas cruzadas de esquina a esquina opuestas que partan un área más o menos cuadrada. La partición de las áreas de aporte de figura más o menos rectangular va siguiendo el criterio de falla en losas.

Figura 4.3 Áreas de aporte para el cálculo hidráulico



Así se definió las áreas de aporte de toda la red de colectores:

Tabla 4.1 Valores de áreas de aporte para el calculo hidráulico

AREAS DE APORTE PARA EL CALCULO

<i>No</i> <i>DESIGNACION</i>	<i>AREA</i> <i>m²</i>	<i>PERIMETRO</i> <i>m</i>
A 1	803,364	136,671
A 2	817,269	126,064
A 3	792,898	136,147
A 4	1461,917	183,405
A 5	803,364	136,671
A 6	1461,917	183,405
A 7	792,898	136,147
A 8	1461,917	183,405
A 9	803,364	136,671
A 10	1461,917	183,405
A 11	792,898	136,147
A 12	1461,917	183,405
A 13	803,364	136,671
A 14	1461,917	183,405
A 15	792,898	136,147
A 16	1461,917	183,405
A 17	465,005	107,838
A 18	465,002	101,338
A 19	465,005	107,838
A 20	465,002	101,338
A 21	803,364	136,671
A 22	1461,917	183,405
A 23	792,898	136,147
A 24	1461,917	183,405
A 25	803,364	136,671
A 26	1461,917	183,405
A 27	792,898	136,147
A 28	1461,917	183,405
A 29	803,364	136,671
A 30	1461,917	183,405
A 31	792,898	136,147

A 32	1461,917	183,405
A 33	803,364	136,671
A 34	1461,917	183,405
A 35	792,898	136,147
A 36	1461,917	183,405
A 37	864,618	142,171
A 38	1489,726	184,442
A 39	876,031	142,718
A 40	1489,726	184,442
A 41	864,618	142,171
A 42	1489,726	184,442
A 43	876,031	142,718
A 44	1489,726	184,442
A 45	873,617	143,513
A 46	1620,861	200,052
A 47	873,617	164,160
A 48	864,618	142,171
A 49	1489,726	184,442
A 50	876,031	142,718
A 51	1489,726	184,442
A 52	864,618	142,171
A 53	1489,726	184,442
A 54	876,031	142,718
A 55	1489,726	184,442
A 56	864,618	142,171
A 57	1489,726	184,442
A 58	876,031	142,718
A 59	1489,726	184,442
A 60	470,865	107,825
A 61	644,648	113,842
TOTALES	65460,247	9476,292

Obteniéndose un área total de: 65460.25 m²

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. ÍNDICE DE DENSIDAD POBLACIONAL

Es el número de habitantes presentes en un metro cuadrado de área de aporte:

$$\delta = \frac{P_f}{A_T}$$

Donde:

δ = Densidad poblacional para el diseño (hab/m²)

P_f = Población final proyectada para el periodo de diseño

A_T = área de aporte total para el proyecto

$$\delta = \frac{3743}{65460.25}$$

$$\delta = 0.0572 \frac{hab}{m^2}$$

4.2.5. FACTOR DE CAUDAL

Es el factor que indica la cantidad de caudal aportado a la red por cada habitante existente dentro del área total de aporte.

$$FC = \frac{Q_{max}}{P_f}$$

Donde:

FC = Factor de cálculo del caudal (lt/s/hab)

P_f = Población final proyectada para el periodo de diseño

Q_{max} = Caudal máximo horario

$$FC = \frac{34}{3743}$$

$$FC = 0.00908 \frac{lt}{hab} / dia$$

4.2.6. CRITERIOS DE VELOCIDADES DE DISEÑO

La norma recomienda ciertos límites de velocidad tanto mínima como máxima para el diseño de la red de colectores, mismos que son de 0.6 m/s como velocidad mínima que permite la evacuación de sólidos y auto limpieza en los tramos de tubería, y de 5 m/s como máximo para evitar la erosión y desgaste en el material de la tubería.

4.2.7. CRITERIOS DE TENSIONES TRACTIVAS

Cada tramo debe ser verificado por el criterio de la tensión tractiva media de valor mínimo $\tau_{\text{mín}} = 1 \text{ Pa}$. En los tramos iniciales la verificación de la tensión tractiva mínima no debe ser inferior a 0,60 Pa.

La ecuación de la tensión tractiva está definida por:

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

Donde:

τ = Tensión tractiva media, en Pa

ρ = Densidad del agua, 1 000 kg/m³

g = Aceleración de la gravedad, 9,81 m/s²

R_H = Radio hidráulico, en m

S = Pendiente del tramo de tubería, en m/m

4.2.8. CRITERIOS DE PENDIENTES DE DISEÑO

La pendiente de cada tramo de la red no debe ser inferior a la mínima admisible calculada de acuerdo con la mínima tensión tractiva y ni superior a la máxima calculada según el criterio de la tensión tractiva.

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

- Pendiente para tuberías con sección llena:

$$S_{min} = \frac{\tau_{min}}{\rho * g * R_H}$$

- Pendiente para tuberías con sección parcialmente llena:

$$S_{min} = \frac{\tau_{min}}{\rho * g * \frac{D}{4} * \left(1 - \frac{360 * \sin \theta^{\circ}}{2 * \pi * \theta^{\circ}}\right)}$$

Donde:

S_{min} = Pendiente mínima del tramo de tubería, en m/m

τ_{min} = Tensión tractiva mínima, en Pa

ρ = Densidad del agua, 1 000 kg/m³

g = Aceleración de la gravedad, 9,81 m/s²

R_H = Radio hidráulico, en m

D = Diámetro del conducto en 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:

$$\frac{Q_p}{Q_u} = (0.10 - 0.15) \quad (10\% - 15\%)$$

Donde:

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

Q_u : Capacidad de la tubería para conducir el caudal de diseño futuro (sección llena)

La pendiente mínima admisible se debe determinar para las condiciones de flujo establecidas en el punto anterior, tomando un valor para la relación de caudales (inicial/futuro). Utilizando las propiedades geométricas de la sección circular, se obtiene:

$$\frac{Q_p}{Q_u} = (0.10 - 0.15) \Rightarrow \frac{y}{D} \Rightarrow \theta^\circ \Rightarrow R_H$$

Pendiente máxima admisible: La máxima pendiente debe ser considerada para una velocidad final en la tubería de 5,0 m/s.

4.2.9. RELACIONES DE CAUDAL

De acuerdo a lo establecido en el criterio de las pendientes podemos establecer relaciones de caudal como ya se vio para ello utilizamos las propiedades geométricas de una sección circular.

$$\frac{Q_p}{Q_u} = 0.10 \Rightarrow \frac{y}{D} = 0.2136; \theta^\circ = 2 \arccos\left(1 - \frac{2h}{D}\right) = 110.11^\circ; R_p = 0.1278 D$$

Pendiente mínima:

$$S_{min} = \frac{\tau_{min}}{\rho * g * R_p} = \frac{\tau_{min}}{\rho * g * 0.1278 D} \left(\frac{m}{m}\right)$$

$$\frac{Q_p}{Q_u} = 0.15 \Rightarrow \frac{y}{D} = 0.2618; \theta^\circ = 2 \arccos\left(1 - \frac{2h}{D}\right) = 123.10^\circ; R_p = 0.1525 D$$

Pendiente mínima:

$$S_{min} = \frac{\tau_{min}}{\rho * g * R_p} = \frac{\tau_{min}}{\rho * g * 0.1525 D} \left(\frac{m}{m}\right)$$

Con estas relaciones de caudal se pueden también establecer relaciones de pendiente y de velocidad para las dos condiciones:

Tabla 4.2 Pendientes mínimas para las relaciones de caudal más comunes

PENDIENTE MÍNIMA PARA $Q_p/Q_{ll} = 0.10$			
Diámetro	Pendiente (Smin)	Sección Llena	
		Velocidad	Caudal
m	o/oo	m/s	l/s
0.10	7.98	0.59	4.61
0.15	5.32	0.63	11.11
0.20	3.99	0.66	20.71
0.25	3.19	0.68	33.59
0.30	2.66	0.71	49.86
0.35	2.28	0.72	69.63
0.40	1.99	0.74	93.00
0.45	1.77	0.75	120.03
0.50	1.60	0.77	150.81
0.55	1.45	0.78	185.41
0.60	1.33	0.79	223.87
0.65	1.23	0.80	266.27
0.70	1.14	0.81	312.65
0.75	1.06	0.82	363.06
0.80	1.00	0.83	417.54
0.85	0.94	0.84	476.15
0.90	0.89	0.85	538.93
0.95	0.84	0.85	605.91
1.00	0.80	0.86	677.13

PENDIENTE MÍNIMA PARA $Q_p/Q_{ll} = 0.15$			
Diámetro	Pendiente (Smin)	Sección Llena	
		Velocidad	Caudal
M	o/oo	m/s	l/s
0.10	6.68	0.54	4.22
0.15	4.46	0.58	10.17
0.20	3.34	0.60	18.96
0.25	2.67	0.63	30.75
0.30	2.23	0.65	45.65
0.35	1.91	0.66	63.75
0.40	1.67	0.68	85.13
0.45	1.49	0.69	109.88
0.50	1.34	0.70	138.06
0.55	1.22	0.71	169.73
0.60	1.11	0.72	204.94
0.65	1.03	0.73	243.75
0.70	0.95	0.74	286.21
0.75	0.89	0.75	332.36
0.80	0.84	0.76	382.42
0.85	0.79	0.77	435.89
0.90	0.74	0.78	493.36
0.95	0.70	0.78	554.67
1.00	0.67	0.79	619.87

Fuente: Elaboración propia

Las pendientes fueron obtenidas para los siguientes valores:

$$\tau_{min} = 1 \text{ Pa}; \quad \rho = 1000 \text{ kg/m}^3; \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2; \quad n = 0.013$$

Para otras relaciones de caudal presente y futuro (Q_p / Q_{ll}), la pendiente mínima para la etapa inicial podrá ser obtenida de:

Tabla 4.3 Pendientes mínimas para distintas relaciones de caudal

Criterios de diseño				Pendiente mínima	Flujo a sección llena	
Q_p/Q_{ll}	y/D	R/D	$\tau_{min} (Pa)$	$S_{min} (o/oo)$	$V_{ll} (m/s)$	$Q_{ll} (m^3/s)$
0.10	0.2136	0.1278	1.00	$0.7976 D^{-1}$	$0.8622 D^{0.1667}$	$0.6771 D^{2.1667}$
0.15	0.2618	0.1525	1.00	$0.6684 D^{-1}$	$0.7892 D^{0.1667}$	$0.6199 D^{2.1667}$
0.25	0.3408	0.1895	1.00	$0.5379 D^{-1}$	$0.7080 D^{0.1667}$	$0.5561 D^{2.1667}$
0.35	0.4084	0.2175	1.00	$0.4687 D^{-1}$	$0.6609 D^{0.1667}$	$0.5190 D^{2.1667}$

Fuente: Elaboración propia

4.2.10. DIÁMETROS MÍNIMOS

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. Para el alcantarillado de pequeño diámetro sin arrastre de sólidos el diámetro mínimo es de 50 mm (2 plg).

4.2.11. TIRANTES DE AGUA

Los tirantes de agua deben ser siempre calculados admitiendo un escurrimiento en régimen uniforme y permanente, siendo su valor máximo igual o inferior a 75 % del diámetro del colector como y un 20% del diámetro como el mínimo recomendado.

4.2.12. 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 de proyecto tendrá sólo 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.

4.3. DISEÑO HIDRAULICO DE LA RED DE COLECTORES

En la realización del diseño hidráulico de la red de colectores, ya se especificó que se trabajara con el método de las áreas para la distribución del caudal por cada tramo, el diseño y dimensionamiento de la red se lo realizara con el empleo de las siguientes ecuaciones:

Diseño a tubo lleno

Velocidad formula de Manning:

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

Donde:

- $V =$ Velocidad del flujo para la sección completamente llena (m/s)
 $n =$ Coeficiente de rugosidad para las paredes de la tubería que para cualquier tipo de material la norma recomienda 0.013, debido a la película uniforme que se torna en la superficie interior de la tubería por el arrastre de distintos materiales y su reacción con el agua.
 $R_H =$ Radio hidráulico, en m que se encuentra en función al diámetro seleccionado para el diseño del tramo
 $S =$ Pendiente del tramo de tubería en m/m

Tensión tractiva:

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

Donde:

- $\tau =$ Tensión tractiva media, en Pa
 $\rho =$ Densidad del agua, 1 000 kg/m³
 $g =$ Aceleración de la gravedad, 9,81 m/s²
 $R_H =$ Radio hidráulico, en m
 $S =$ Pendiente del tramo de tubería, en m/m

Diseño a sección parcialmente llena

Tirante normal

(Ecuación suavizada para capacidades menores a la máxima, desarrollada por M.I. Joaquín Valle para tuberías de PVC en Bolivia con una aproximación comprobada del 95%)

$$y_n = \frac{1.31576}{D^{0.3558}} * \left(\frac{n * Q_d}{S^{\frac{1}{2}}}\right)^{0.504827}$$

Donde:

y_n = Tirante normal en m

n = Coeficiente de rugosidad para las paredes de la tubería que para cualquier tipo de material la norma recomienda 0.013, debido a la película uniforme que se torna en la superficie interior de la tubería por el arrastre de distintos materiales y su reacción con el agua.

D = Diámetro seleccionado para el diseño del tramo en m

S = Pendiente del tramo de tubería en m/m

Propiedades de la sección transversal conducto circular a media caña

Angulo hidráulico

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

Donde:

θ° = Angulo, en grado sexagesimal

D = Diámetro del conducto en m

y_n = Tirante normal en m

Angulo hidráulico

$$\theta_r = \frac{\theta^{\circ} * \pi}{180}$$

Donde:

θ_r = Angulo, en grados radian

Área hidráulica

$$A_m = \frac{D^2}{8} * (\theta_r - \sin \theta^o)$$

Donde:

A_m = Área hidráulica de la sección en m^2

θ^o = Angulo, en grado sexagesimal

θ_r = Angulo, en grados radian

D = Diámetro del conducto en m

Perímetro mojado

$$P_m = \frac{D * \theta_r}{2}$$

Donde:

P_m = Perímetro mojado de la sección en m

θ_r = Angulo, en grados radian

D = Diámetro del conducto en m

Radio hidráulico

$$R_h = \frac{A_m}{P_m}$$

Donde:

R_H = Radio hidráulico, en m

A_m = Area hidráulica de la sección en m^2

P_m = Perímetro mojado de la sección en m

Tensión tractiva

$$\tau = S * \rho * g * \frac{D}{4} * \left(1 - \frac{360 * \sin \theta^o}{2 * \pi * \theta^o}\right)$$

Donde:

S = Pendiente del tramo de tubería, en m/m

τ = Tensión tractiva media, en Pa

ρ = Densidad del agua, $1\ 000\ kg/m^3$

g = Aceleración de la gravedad, $9,81\ m/s^2$

R_H = Radio hidráulico, en m

D = Diámetro del conducto en m

θ^o = Angulo, en grado sexagesimal

CAPÍTULO 5

ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS

5.1. CÁMARAS DE INSPECCIÓN

Las cámaras de inspección son elementos de hormigón armado, diseñadas con orificios y añadiduras específicas para realizar empalmes con tuberías de aguas residuales, de distintos tipos de materiales

5.1.1. UBICACIÓN DE CÁMARAS DE INSPECCIÓN

La unión o conexión de dos (2) o más tramos de colectores debe hacerse con estructuras hidráulicas apropiadas, denominadas estructuras de conexión (generalmente cámaras de inspección).

La ubicación de las cámaras de inspección se da en los siguientes sitios:

- a) En los arranques de la red, para servir a uno o más colectores. En algunos casos pueden ser sustituidas por los tubos de inspección y limpieza.
- b) En los cambios de dirección, ya que se asume que todos los tramos de la red son rectos.
- c) En los puntos donde se diseñan caídas en los colectores.
- d) En los puntos de concurrencia de más de un (1) colector.
- e) En los cambios de pendiente, diámetro o material de la tubería, en lugar de una cámara de inspección se pueden emplear transiciones de hormigón ciclópeo que quedan enterradas.
- f) En cada cámara de inspección se admite solamente una salida de colector.

5.1.2. NUMERACIÓN DE CÁMARAS DE INSPECCIÓN

Las cámaras de inspección serán numeradas para su respectivo reconocimiento en campo de manera correlativa de acuerdo a su ubicación (desde C1 a C27).

5.1.3. COTAS DE LAS CÁMARAS DE INSPECCIÓN

Según la topografía de la zona del proyecto y con apoyo de las curvas de nivel, se determinarán las cotas de cada una de las cámaras de inspección.

5.1.4. SEPARACIONES

Las separaciones recomendables entre cámaras de inspección son las siguientes:

- 70 metros para colectores de pequeño diámetro 150 a 400 mm.
- 100 metros para colectores visibles mayores a 700 mm de diámetro.
- 150 metros para colectores visibles mayores a 1000 mm de diámetro.

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 m para cámaras rectangulares.

El acceso a la cámara puede ser de forma cónica con un diámetro de 0.60 m o cuadrada con dimensiones de 0.60 x 0.60 cm.

Las cámaras de inspección circular, debería tener 1.20 m de diámetro en su base inferior aunque actualmente se acepta 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 capa de hormigón pobre o gravilla con espesor de 5.0 cm. Los canales de conducción construidos en la base deben ser de sección semicircular, de manera que permitan el flujo de las diferentes conexiones. La superficie del fondo de la cámara debe tener un pendiente hacia los canales de enlace no menor al 2 % para evitar acumulación de depósitos orgánicos y no mayor al 10 % por razones de seguridad para el personal de limpieza.

5.1.5. CONSTRUCCIÓN DE LOS POZOS O CÁMARAS DE INSPECCIÓN

Las cámaras de inspección se construyen en concreto simple y armado, mampostería de piedra y mampostería de ladrillo. 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 mortero de cemento y arena fina en proporción 1:3 ó 1:4, las paredes internas deben ser enlucidas con una capa de 2.0 cm de espesor con mortero de cemento-arena fina 1:2 ó 1:3.

Las tapas de las cámaras de inspección, preferentemente serán de hierro fundido, sin embargo, por razones económicas pueden ser también de concreto armado, debiendo ser el diámetro libre de 0.60 m. Existen diversos tipos de tapas de hierro fundido que incluyen variaciones con o sin articulación, su elección depende de la carga a la que estarán sometidas, aspecto que se relaciona con la importancia de la vía o avenida donde será instalada.

Las tapas y armaduras más pesadas pesan alrededor de 340 Kg. (750 lb.); las destinadas a las calles de ciudad, alrededor de 245 Kg. (540 lb.); y las más livianas, alrededor de 70 Kg. (150lb.).

5.1.6. TIPOS DE CÁMARAS DE INSPECCIÓN

Se resaltan 2 tipos principales de Cámaras de Inspección:

- ✚ Cámaras simples
- ✚ Cámaras con caída

5.1.6.1. CÁMARAS SIMPLES

Estructuras que responden a lo descrito, que unen dos o más tramos de la red de colectores.

Figura 5.1 Perspectiva cámara de inspección simple



5.1.6.2. 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, éste puede ser salvado efectuando una canaleta rápida que una el colector con el fondo de la cámara.

La cobertura de la cámara de intersección deberá ubicarse sobre la cota del nivel más elevado previsto para el interceptor en el sitio de la intersección.

La cámara de intersección tendrá sección circular con base igual al diámetro del colector principal afluente. El lanzamiento del efluente deberá efectuarse, siempre que sea posible para no perjudicar las condiciones estáticas sanitarias de los cuerpos de agua urbanos y suficientemente alejados de balnearios.

Figura 5.2 Perspectiva cámara de inspección con caída



5.1.7. DIMENSIONAMIENTO DE CÁMARAS DE INSPECCIÓN

El dimensionamiento de las cámaras de inspección esta predeterminado de acuerdo a recomendaciones constructivas que nos dan las distintas normas de diseño de redes de alcantarillado sanitario de cada país.

Para nuestro caso será:

El diámetro mínimo interno será de 1.20 m.

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

La altura de la cámara de inspección será variable de acuerdo a la necesidad de cada punto de instalación de una cámara.

5.1.8. CANALETAS A MEDIA CAÑA

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

Estas canaletas tendrán sus aristas superiores a nivel de las claves de los colectores a las que sirven.

5.2. CRITERIOS CONSTRUCTIVOS Y DE COLOCADO

5.2.1. PROFUNDIDAD MÍNIMA

La profundidad mínima de instalación de una tubería será definida en función de los siguientes aspectos:

- Recubrimiento mínimo
- Conexiones a descargas domiciliarias

5.2.1.1. 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.

5.2.1.2. 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.

5.2.2. PROFUNDIDAD MÁXIMA

La profundidad máxima será aquella que no ofrezca dificultades constructivas, de acuerdo al tipo de suelo y que no obligue al tendido de alcantarillas auxiliares. La profundidad máxima admisible recomendada, será de 5,0 m.

5.2.3. 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.

5.2.4. 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.

La distancia máxima entre cámaras de inspección no deberá exceder de 150 m. de limpieza previstos o disponibles, pero en ningún caso será mayor a 150 m para tuberías de hasta 0,30 m (12") de diámetro.

5.2.5. DIMENSIONAMIENTO DE ZANJAS

Las dimensiones recomendables de zanjas para diferentes diámetros de colectores se indican a continuación:

Tabla 5.1 Dimensiones recomendables de zanja

Diámetro (mm)	Profundidad de excavación					
	De 0 a 2 m		De 2 a 4 m		De 4 a 5 m	
	Anchos de zanja (m)					
	s/entib.	c/entib.	s/entib.	c/entib.	s/entib.	c/entib.
100	0.50	0.60	0.65	0.75	0.75	0.95
150	0.60	0.70	0.70	0.80	0.80	1.00
200	0.65	0.75	0.75	0.85	0.85	1.05
250	0.70	0.80	0.80	0.90	0.90	1.10
300	0.80	0.90	0.90	1.00	1.00	1.20
400	0.90	1.00	1.00	1.10	1.10	1.30
450	0.95	1.05	1.05	1.15	1.15	1.35
500	1.00	1.10	1.10	1.20	1.20	1.40
550	1.10	1.20	1.20	1.30	1.30	1.50
600	1.15	1.25	1.25	1.40	1.35	1.60
700	1.25	1.35	1.35	1.50	1.45	1.70
800	1.35	1.45	1.45	1.60	1.55	1.80
900	1.50	1.60	1.60	1.75	1.70	1.95
1000	1.60	1.70	1.70	1.85	1.80	2.05
1100	1.80	1.90	1.90	2.05	2.00	2.25

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 6

PRESUPUESTO

6.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de realizar un presupuesto es para ordenar y sistematizar la información de carácter monetario, en otras palabras determinar cuál será el costo total de la obra.

6.2 PERSONAL NECESARIO

El personal de la obra debe estar constituido básicamente para dirección y control, posteriormente obreros para la mantención y limpieza del sistema. Adicionalmente si las condiciones lo permiten, sería aconsejable contar con personal administrativo. El personal requerido en un proyecto de alcantarillado sanitario puede ser el siguiente:

Un ingeniero (jornada parcial)

Tendrá a su cargo la dirección y control del proyecto, así como de que se realicen todas las pruebas necesarias a la red antes de su funcionamiento.

Dos obreros capacitados

Serán encargados de realizar las tareas de control del funcionamiento del sistema. Deberá tener conocimientos de mantenimiento y limpieza de cámaras de inspección, se puede capacitar a las personas del lugar.

El manejo administrativo del proyecto estará a cargo de la entidad a cargo de los servicios básicos en el área del proyecto en este caso la Alcaldía Municipal de la ciudad de Tarija.

6.3. CÓMPUTOS MÉTRICOS

Los cálculos métricos son el resumen de medidas y dimensiones de todas las actividades a realizarse para el proyecto.

6.4. PRECIOS UNITARIOS

Precio Unitario: Es el costo por artículo o el costo por unidad de medida de cualquier rubro.

Pasos a seguir para elaborar Precios Unitarios:

- 1- Hacer un estudio de mercado (Cotizar) precios de tuberías en todos los materiales, acero de refuerzo, hormigones premezclados, Hormigones asfálticos, materiales pétreos, Agregados, materiales de madera, clavos, pinturas, aditivos para el hormigón, transporte de materiales, impermeabilizantes, costos de alquiler de maquinarias como excavadoras, retroexcavadoras, concretas, rodillos lisos, compactadores manuales etc.
- 2- A más de lo anterior, también te sirve los listados sobre precios de materiales de construcción que publican las cámaras de la construcción de varios países, investigar y cotizar precios adicionales por internet.

Tanto el paso 1 como el 2 te sirven como respaldo para tus precios unitarios y debes de adjuntar en tu informe de costos.

- 3- Elaborar una plantilla o formato de precios unitarios
 - Proyecto: El nombre del proyecto para el cual se va a elaborar el presupuesto.
 - Fecha:
 - Código: Es el número o letra con el cual se va a codificar el rubro ejemplo: 001
 - Rubro: Descripción del Rubro que se va a analizar

- Unidad:** Es la unidad con que se analizar el rubro en este caso la excavación es en (m³).
- Equipos:** se analiza los equipos que intervienen para realizar la actividad de excavación a máquina hasta 2m de altura; en este caso se necesita 1 Excavadora de orugas 153 HP/1.5m³, 1 Equipo topográfico, 1 Bomba de agua de 3". Se describe la cantidad, tarifa, costo por hora y rendimiento.
- Mano de Obra:** Es la cuadrilla mínima necesaria para realizar el rubro señalado en este caso.
- Materiales:** Se describen los materiales que intervienen en el rubro incluida la unidad, cantidad y precio unitario de cada material
- Transporte:** Se describe la unidad, cantidad, y precio unitario del transporte que interviene en el rubro.
- Que es Rendimiento:** Es inversamente proporcional al precio unitario, es la cantidad de m³ que puede producir el equipo completo + la mano de obra en un día.
- Costo:** el costo parcial en equipos y mano de obra está dado por el producto del costo por hora x el rendimiento.

El costo parcial en materiales está dado por el producto entre la cantidad de cada material x el precio (cotización) de cada material.

El costo parcial en transporte está dado por el producto entre la cantidad de cada elemento x la tarifa precio (cotización) de cada material

- Total Costo Directo:** Es la suma de los parciales da Equipo, mano de obra, materiales y transporte.
- Indirectos y utilidades:** Es el porcentaje resultante luego de realizar un estudio detallado sobre los gastos de administración, gastos generales, imprevistos y utilidades.

Los precios unitarios se muestran a detalle en la parte de anexos.

6.5. PRESUPUESTO GENERAL

Es el resumen total de las actividades cada una con su costo.

Proyecto: DISEÑO HIDRÁULICO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA URBANIZACIÓN LOS CHAPACOS II - 15 DE JUNIO

Cliete: URBANIZACIÓN LOS CHAPACOS II - 15 DE JUNIO

Lugar: TARIJA

Fecha: 11/nov/2012

Tipo de cambio: 6,96

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
1	INSTALACIÓN DE FAENAS GLB	glb	1,00	17.304,65	17.304,65
2	LETRERO DE OBRAS	pza	1,00	1.045,86	1.045,86
3	LIMPIEZA Y DESHIERBE DEL TERRENO	m ²	6.342,00	0,17	1.078,14
4	REPLANTEO Y TRAZADO DE ESTRUCTURAS	m ²	10.570,00	3,26	34.458,20
5	REPLANTEO Y TRAZADOS LONGITUDINALES	ML	3.353,35	3,07	10.294,78
6	REPLANTEO DE TUBERIAS PARA ALCANTARILLADO	ML	3.353,35	3,07	10.294,78
7	ESTUDIO Y CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS	glb	1,00	3.351,15	3.351,15
8	MOVIMIENTO DE TIERRAS	m ³	7.484,71	43,58	326.183,66
9	EXCAVACION DE ZANJAS PARA TENDIDO DE TUBERIA	m ³	108,93	147,69	16.087,87
10	ENTIBADO Y APUNTALADO	m ²	2.354,32	50,36	118.563,56
11	CAMA DE ASIENTO CON MATERIAL GRANULAR	m ³	235,47	142,23	33.490,90
12	AGOTAMIENTO Y DRENAJE	m ³	235,47	41,87	9.859,13
13	PROVISION Y COLOCADO DE TUBERIA PVC 4"	ML	2.472,20	108,50	268.233,70
14	PROVISION Y COLOCADO DE TUBERIA PVC 6"	ML	385,00	257,26	99.045,10
15	PROVISION Y COLOCADO DE TUBERIA PVC 8"	ML	496,15	427,80	212.252,97
16	PRUEBA HIDRÁULICA	ML	3.353,35	1,06	3.554,55
17	CÁMARA DE INSPECCIÓN SIMPLE	pza	25,00	2.686,86	67.171,50
18	CÁMARA DE INSPECCIÓN CON CAIDA	pza	3,00	7.609,99	22.829,97
19	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL COMUN	m ³	6.776,41	33,06	224.028,11
20	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL SELECCIONADO	m ³	470,91	121,16	57.055,46
	Total presupuesto:				1.536.184,04

Son: Un Millon(es) Quinientos Treinta y Seis Mil Ciento Ochenta y Cuatro con 04/100 Bolivianos

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES FINALES

- La ausencia de un sistema de alcantarillado sanitario en la urbanización “Los Chapacos II - 15 de junio” provoca contaminación y la aparición de enfermedades en su mayoría gastrointestinales, por lo que la construcción de este sistema es preciso realizarlo de manera breve, ya que se pretende disminuir los índices de enfermedades endémicas y proporcionar un mejoramiento en la calidad de vida de los habitantes.
- Esta propuesta de diseño, es factible tanto técnica como económicamente, ya que en su realización se consideraron los parámetros y criterios regidos por las Normas Técnicas de nuestro país, leyes y reglamentos, así como con los materiales y recursos con que se cuenta en el medio.
- El presente documento servirá de base para la ejecución del proyecto ya que cuenta con información que fue obtenida en forma directa de las condiciones del lugar.
- Se pudo cubrir con la red proyectada en totalidad el área en estudio, por lo cual podemos decir que una vez se implemente el proyecto se lograrán cumplir en su totalidad los objetivos trazados para el presente proyecto, mejorando la calidad de vida de los habitantes de la zona.
- En la etapa de construcción, los factores ambientales que tendrán impactos negativos más significativos son: aire, suelo y aspectos socioeconómico y cultural.
- Entre los impactos ambientales negativos principales que se producirán durante la etapa de construcción son los siguientes:

En el medio físico, la contaminación del aire por generación de polvo durante la excavación de zanjas, emisiones gaseosas por los vehículos y maquinarias, generación de ruidos, generación de malos olores.

En el medio biológico, Afectación leve y temporal de la fauna y flora en el área del proyecto, que en forma general es escasa por la falta de agua y calidad del suelo que es arenoso, limoso de plasticidad media.

En el medio socio económico, leves molestias a los vecinos por ruidos, olores y polvos, disminución temporal de los ingresos económicos y generación de expectativas de empleos; y en las habilitaciones que no han sido favorecidos en esta etapa del proyecto, pueden generar conflictos sociales.

- ➡ Un impacto positivo de gran magnitud es que los habitantes de la urbanización se beneficiará con el proyecto, propiciando el desarrollo socio económico de las habilitaciones existentes y mejorando su calidad de vida.
- ➡ Finalmente, es importante mencionar que la no ejecución del proyecto o si el proyecto queda inconclusa, traerá impactos negativos a nivel ambiental y social.
- ➡ Entre estos impactos podemos mencionar el deterioro de las condiciones de salubridad local, ya que un crecimiento poblacional que no va acompañado del incremento de servicios básicos se traduce en una población en precarias condiciones de higiene y salud. Adicionalmente, si no se implementa un sistema de alcantarillado, se generarán focos infecciosos debido a la inadecuada disposición del material fecal y además se generará una mayor contaminación en el cuerpo receptor.

RECOMENDACIONES FINALES

- ▶ El presente proyecto queda inaplicable hasta el momento de la implementación de un sistema de agua potable por lo cual se recomienda cuanto antes la construcción del sistema de agua potable que cubra las necesidades de toda la urbanización.
- ▶ El diseño de la red se limita para el desalojo exclusivo de las aguas residuales domésticas.
- ▶ Para garantizar la calidad del diseño se debe ejecutar la construcción de la red tal como está contemplado en los planos y especificaciones técnicas, ya q fueron estipuladas especialmente para esta investigación
- ▶ Dar un tratamiento preventivo y correctivo a la red de alcantarillado sanitario periódicamente para evitar daños en su funcionamiento.
- ▶ En los tramos donde las velocidades son relativamente bajas, se recomienda realizar inspección y limpieza en periodos más cortos, para evitar las sedimentación y posterior obstrucción del sistema de alcantarilla
- ▶ Al momento de llevar a cabo este proyecto se debe tener especial cuidado, esto se puede lograr con una supervisión técnica, debido a que con ello se evitaran defectos y fallas en los métodos a emplear en la construcción y en los materiales, para que el funcionamiento del sistema sea eficiente.
- ▶ Priorizar en las etapas de planificación y construcción del proyecto, la participación ciudadana y la intervención social para mitigar problemas de posibles conflictos sociales y para las etapas de operación y cierre del proyecto, incidir en temas de Educación Sanitaria, uso adecuado de la red de alcantarillado, en previsión a la ocurrencia de atoros y reboses con la consiguiente contaminación del agua (conexiones cruzadas).

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ “Diseño y Desarrollo del Proceso de Investigación” Carlos Eduardo Méndez Álvarez.
- ❖ “Compendio preparado para la materia CIV-501 Proyecto de Grado I” Ing. Javier Castellanos Vásquez.
- ❖ “Metodología de la Investigación” Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado, Pilar Baptista Lucio, Ediciones Mc Graw Hill.
- ❖ “Texto de la materia ingeniería sanitaria II”, José Díaz y Gregorio Carvajal **1ra edición 2006** editorial U.M.S.A.
- ❖ Reglamentos de presentación de proyectos de saneamiento básico Ministerio de servicios y obras públicas viceministerio de servicios básicos de la república de Bolivia. **Primera revisión diciembre 2004.**
- ❖ Técnicas de diseño e interpretación de la norma boliviana- diseño para sistemas de agua potable NB 688 Ministerio de servicios básicos y obras públicas viceministerio de servicios básicos. **Primera revisión diciembre 2004.**
- ❖ Reglamentos técnicos de diseño para sistemas de alcantarillado sanitario NB 688 Ministerio de servicios y obras públicas viceministerio de servicios básicos **Segunda revisión abril 2007.**
- ❖ Guía técnica para diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado en poblaciones muy reducidas, Ministerio de servicios y obras públicas viceministerio de servicios básicos 2005.
- ❖ Criterios de diseño para redes de alcantarillado sanitario empleando distintos tipos de materiales asociación de empresas productoras de tubos Nacobre S.A. de C.V.
- ❖ “Criterios de diseño para redes de alcantarillado sanitario utilizando tubería de P.V.C”, M.I. Joaquín Valle.
- ❖ “Apuntes de clase de la materia Ingeniería Sanitaria II”, docente Ing. Adel Cortez M
- ❖ Diseño de red de alcantarillado y propuesta para el tratamiento de las aguas residuales domesticas de la zona urbana del sub-municipio de Chilanga departamento de Morazan, México 2007.
- ❖ Ampliación y Mejoramiento del sistema de alcantarillado para la localidad de Quebrada de Manchay- Distrito de Pachacamac, Perú 2011.
- ❖ Publicaciones en internet.