

---

# “Diseño hidráulico sistema de alcantarillado sanitario barrio Simón Bolívar”

---

## ÍNDICE DE CAPÍTULOS

1	CAPÍTULO I PROPUESTA DE PROYECTO .....	8
1.1	PROBLEMÁTICA ACTUAL.....	8
1.2	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	9
1.3	OBJETIVOS.....	9
1.3.1	OBJETIVO GENERAL .....	9
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
1.4	ALCANCE .....	9
1.5	JUSTIFICACIÓN.....	10
1.5.1	JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA .....	10
1.5.2	JUSTIFICACIÓN TÉCNICA .....	10
1.5.3	JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	10
1.5.4	JUSTIFICACIÓN INSTITUCIONAL.....	10
1.6	MARCO LÓGICO .....	11
2	CAPÍTULO II INFORMACION DEL BARRIO SIMON BOLIVAR .....	14
2.1	UBICACIÓN.....	14
2.1.1	UBICACION POLÍTICA .....	14
2.1.2	UBICACIÓN GEOGRAFICA.....	14
2.2	ACCESOS .....	14
2.3	DIAGNOSTICO SOCIOECONOMICO .....	14
2.3.1	UBICACIÓN GEOGRAFICA.....	14
2.3.2	ASPECTOS DEMOGRÁFICOS .....	16

2.3.3	ASPECTOS ECONÓMICOS .....	17
2.3.4	ASPECTOS SOCIALES.....	20
2.3.5	DISPONIBILIDAD DE AGUA.....	24
2.3.6	CALIDAD DEL AGUA .....	25
2.3.7	UTILIZACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS EXISTENTES .....	25
2.3.8	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.....	26
3	CAPÍTULO III ASPECTOS GENERALES DE UNA RED DE ALCANTARILLADO .....	28
3.1	PERIODO DE DISEÑO.....	28
3.2	POBLACIÓN DEL PROYECTO .....	28
3.2.1	MÉTODOS DE CÁLCULO .....	29
3.3	ÁREA DEL PROYECTO .....	31
3.4	DOTACION MEDIA DIARIA .....	31
3.5	DOTACIÓN FUTURA DE AGUA .....	32
3.6	COEFICIENTE DE RETORNO .....	33
3.7	CONTRIBUCIONES DE AGUAS RESIDUALES.....	33
3.7.1	DOMÉSTICAS (Q <sub>md</sub> ) .....	33
3.7.2	INDUSTRIALES (Q <sub>i</sub> ) .....	34
3.7.3	COMERCIALES (Q <sub>c</sub> ) .....	34
3.7.4	INSTITUCIONES PÚBLICAS (Q <sub>ip</sub> ).....	35
3.7.5	INFILTRACIÓN LINEAL (Q <sub>inf</sub> ) .....	35
3.7.6	CONEXIONES ERRADAS (Q <sub>ce</sub> ) .....	35
3.8	COEFICIENTES DE PUNTA (M) .....	36
3.8.1	COEFICIENTE DE HARMON .....	36
3.8.2	COEFICIENTE DE BABBIT .....	36
3.8.3	COEFICIENTE DE FLORES.....	37
3.8.4	COEFICIENTE DE POPEL .....	37
3.8.5	COEFICIENTE DE VARIACION DE CAUDAL DE K1 Y K2 .....	37

3.9	CAUDAL MAXIMO HORARIO DOMESTICO (Qmh) .....	38
3.10	CAUDAL DE DISEÑO (Qdt) .....	38
3.11	CRITERIOS DE DISEÑO .....	39
3.11.1	ECUACIONES PARA EL DISEÑO .....	39
3.11.2	COEFICIENTE “n” DE RUGOSIDAD .....	42
3.11.3	DIÁMETRO MÍNIMO .....	42
3.11.4	CRITERIO DE LA TENSIÓN TRACTIVA .....	42
3.11.5	DETERMINACIÓN EMPÍRICA DE LA TENSIÓN TRACTIVA MÍNIMA .....	43
3.11.6	PENDIENTE MÍNIMA .....	44
3.11.7	PENDIENTE MÍNIMA ADMISIBLE .....	45
3.11.8	PENDIENTE MÍNIMA ADMISIBLE PARA DIFERENTES RELACIONES DE CAUDAL .....	47
3.11.9	PENDIENTE MÁXIMA ADMISIBLE .....	47
3.11.10	TIRANTE MÁXIMO DE AGUA .....	47
3.11.11	VELOCIDAD CRÍTICA .....	47
3.11.12	CONTROL DE REMANSO .....	48
3.12	DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS PARA EL DISEÑO .....	48
3.12.1	PROFUNDIDAD MÍNIMA DE INSTALACIÓN .....	48
3.12.2	RECUBRIMIENTO MÍNIMO A LA COTA CLAVE .....	48
3.12.3	CONEXIÓN DE DESCARGAS DOMICILIARIAS .....	49
3.12.4	PROFUNDIDAD MÁXIMA .....	49
3.12.5	UBICACIÓN DE COLECTORES .....	49
3.12.6	UBICACIÓN DE CÁMARAS DE INSPECCIÓN .....	50
3.12.7	DISTANCIA ENTRE ELEMENTOS DE INSPECCIÓN .....	50
3.12.8	DIMENSIONES DE ANCHO DE ZANJA .....	51
3.12.9	ANCHOS DE ZANJA PARA DOS O MÁS COLECTORES .....	52
3.12.10	DIMENSIONES DE LAS CÁMARAS DE INSPECCIÓN .....	52

3.12.11	CANALETAS MEDIA CAÑA.....	52
3.12.12	CÁMARAS CON CAÍDAS .....	52
3.12.13	ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN .....	52
3.12.14	MATERIALES.....	53
3.13	DISEÑO GEOMÉTRICO.....	53
3.13.1	ACTIVIDADES PREVIAS AL CÁLCULO HIDRAULICO .....	54
3.14	CÁLCULO HIDRÁULICO.....	56
3.15	CARGAS SOBRE ALCANTARILLAS .....	57
3.15.1	CARGAS QUE SOPORTAN LAS ALCANTARILLAS Y CONDUCTOS SUBTERRÁNEOS .....	57
3.15.2	GRUPOS DE CARGAS EN CONDUCTOS SUB TERRÁNEOS .....	57
3.15.3	TIPOS DE CARGAS QUE SOPORTAN LAS ALCANTARILLAS ..	58
3.15.4	TIPOS DE APOYO EN ALCANTARILLAS .....	61
4	CAPÍTULO IV ESTUDIOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	63
4.1	ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	63
4.1.1	SISTEMA DE REFERENCIA.....	63
4.1.2	EQUIPO UTILIZADO.....	63
4.1.3	UBICACIÓN .....	63
4.1.4	TOPOGRAFÍA DEL BARRIO SIMÓN BOLIVAR.....	63
4.1.5	DELIMITACIÓN SATELITAL DEL SITIO DEL PROYECTO .....	64
4.1.6	CENSO POBLACIONAL .....	64
4.1.7	ANÁLISIS DE SUELOS .....	64
5	CAPÍTULO V INGENIERÍA DEL PROYECTO .....	65
5.1	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS .....	65
5.1.1	CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA UBICACIÓN DE COLECTORES.....	65
5.1.2	UBICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS .....	65
5.1.3	ALTERNATIVA ESCOGIDA .....	66

5.2	DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO.....	66
5.2.1	DETERMINACIÓN DEL TRAZO DE LOS COLECTORES.....	66
5.2.2	UBICACIÓN DE LAS CÁMARAS DE INSPECCIÓN .....	67
5.2.3	CÁLCULO HIDRÁULICO .....	67
6	CAPÍTULO VI PRESUPUESTO DEL PROYECTO .....	71
6.1	INFORMACIÓN BÁSICA PARA EL PRESUPUESTO .....	71
6.1.1	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS .....	71
6.1.2	CÓMPUTO MÉTRICO Y PRESUPUESTO.....	73
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
7.1	CONCLUSIONES.....	74
7.2	RECOMENDACIONES .....	75

## ÍNDICE DE MAPAS

MAPA 1 UBICACIÓN DEL BARRIO SIMÓN BOLIVAR .....	8
MAPA 2 UBICACIÓN POLÍTICA DE LA ZONA DEL PROYECTO .....	14

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1 MARCO LÓGICO .....	11
CUADRO 2 PUNTOS ÁREA DEL PROYECTO .....	15
CUADRO 3 RESULTADOS DEL CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA .....	16
CUADRO 4 ESTRUCTURA OCUPACIONAL .....	16
CUADRO 5 MIGRACIÓN TEMPORAL .....	17
CUADRO 6 PRINCIPALES CULTIVOS .....	18
CUADRO 7 RENDIMIENTOS AGRÍCOLAS .....	18
CUADRO 8 PRODUCCIÓN PARA EL MERCADO .....	18
CUADRO 9 PRODUCCIÓN PECUARIA .....	19
CUADRO 10 USO DE TECNOLOGÍAS .....	19
CUADRO 11 USO DE SEMILLAS MEJORADAS .....	19
CUADRO 12 ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS .....	20
CUADRO 13 DESARROLLO HUMANO, POBREZA Y DESIGUALDAD.....	21
CUADRO 14 TASA DE ALFABETISMO Y NIVEL DE INSTRUCCIÓN, (%).....	22
CUADRO 15 COPARTICIPACIÓN TRIBUTARIA.....	22
CUADRO 16 POBLACIÓN EN EDAD DE TRABAJAR .....	23
CUADRO 17 CALIDAD DEL AGUA – LAB. DE COSAALT .....	25
CUADRO 18 PERIODO DE DISEÑO (AÑOS) .....	28
CUADRO 19 METODOS PARA EL CÁLCULO DE LA POBLACION FUTURA	30
CUADRO 20 APLICACIÓN DE MÉTODOS PARA LA ESTIMACION DE LA POBLACIÓN FUTURA.....	30
CUADRO 21 DOTACIÓN MEDIA.....	32
CUADRO 22 COEFICIENTES DE INFILTRACIÓN EN TUBERIAS.....	35
CUADRO 23 TABLA COEFICIENTE DE POPEL .....	37
CUADRO 24 VALORES DEL COEFICIENTE K2 .....	38
CUADRO 25 VALORES DE LAS RUGOSIDADES DE LAS TUBERÍAS .....	39
CUADRO 26 PENDIENTES MÍNIMAS .....	46

CUADRO 27 PENDIENTE MINIMA PARA DIFERENTES RELACIONES DE CAUDAL .....	47
CUADRO 28 PROFUNDIDAD MÍNIMA DE COLECTORES .....	48
CUADRO 29 DIMENSIONES MÍNIMAS DE ZANJA .....	51
CUADRO 30 PUNTOS DEL ÁREA DEL PROYECTO.....	63
CUADRO 31 DETALLE DE LOS ENCABEZADOS DE DETERMINACIÓN DE CAUDALES POR TRAMO .....	68
CUADRO 32 DETALLE DE LOS ENCABEZADOS DE LA PLANILLA HIDRÁULICA.....	70
CUADRO 33 PORCENTAJE DE GASTOS GENERALES .....	72

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

FIGURA 1 UBICACIÓN SATELITAL DEL AREA DEL PROYECTO .....	15
FIGURA 2 RELACIONES GEOMÉTRICAS SECCIÓN CIRCULAR .....	40
FIGURA 3 ALTERNATIVAS DE TRAZADO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO .....	54
FIGURA 4 DELIMITACIÓN DE ÁREAS TRIBUTARIAS A CADA TRAMO .....	55
FIGURA 5 NUMERACIÓN DE CÁMARAS Y TRAMOS .....	56
FIGURA 6 CONDUCTOS EN ZANJA .....	57
FIGURA 7 CONDUCTOS EN TERRAPLEN.....	58
FIGURA 8 APOYO CLASE A1 Y CLASE A2 .....	61
FIGURA 9 CLASE B, C Y D.....	62
FIGURA 10 ÁREA SATELITAL BARRIO SIMON BOLIVAR.....	64
FIGURA 11 ALTERNATIVA DE TRAZADO GEOMETRICO .....	66

# 1 CAPÍTULO I PROPUESTA DE PROYECTO

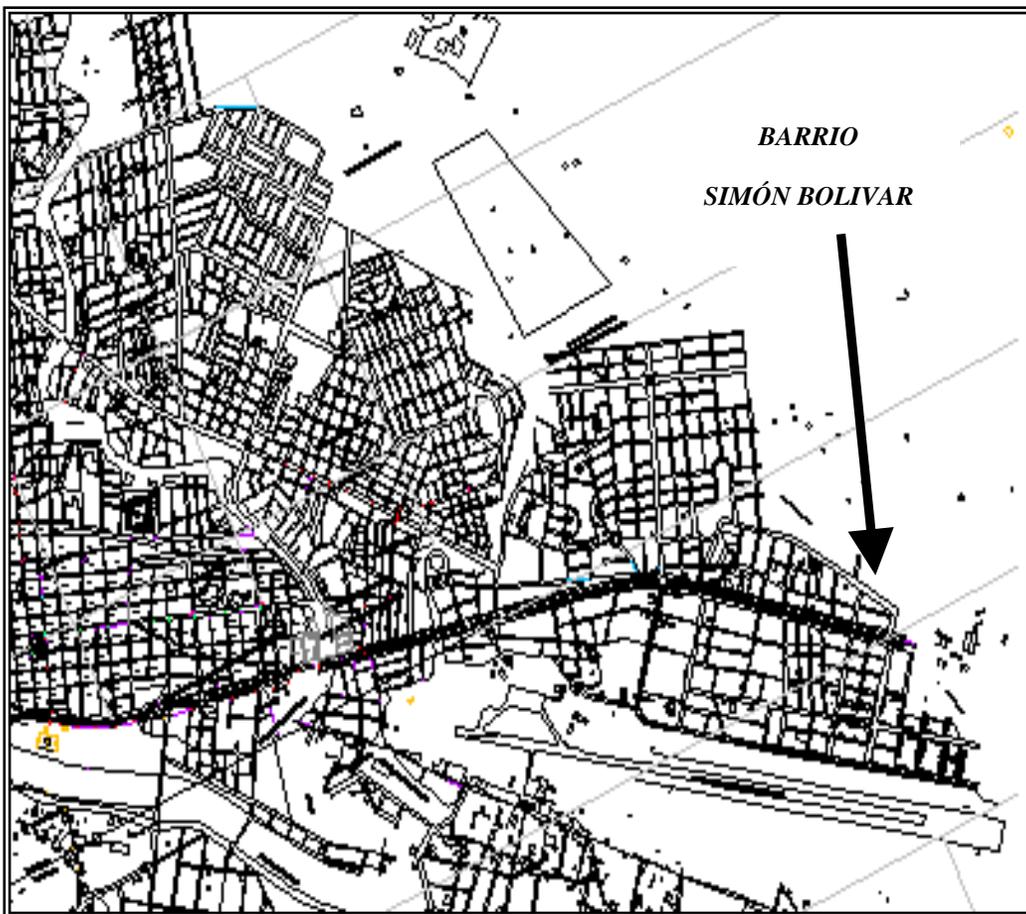
## 1.1 PROBLEMÁTICA ACTUAL

El barrió Simón Bolívar, ubicado a unos 3 km sobre la carretera al Chaco tiene la necesidad de que se construya un sistema de evacuación de aguas residuales.

La población, congregada en aproximadamente 90 familias no cuenta actualmente con este servicio, algunas viviendas tienen pozo ciego y el resto ni siquiera tiene baños, realizando sus necesidades biológicas en las cercanías de la quebrada San Pedro.

La gran problemática actual del departamento y el país, es que se necesita urgentemente realizar estudios a diseño final, de este tipo de proyectos, para su posterior ejecución, lo que implicaría reducir los problemas de salud en nuestra ciudad y comunidades rurales, que de un tiempo a esta parte han ido aumentando.

MAPA 1 UBICACIÓN DEL BARRIO SIMÓN BOLIVAR



## **1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

El Barrio Simón Bolívar tiene la necesidad inmediata, de que se realice un estudio a diseño final de un sistema de alcantarillado sanitario para su posterior ejecución, el cual permitirá mejorar las condiciones de salud de los vecinos, ya que se presentan diferentes tipos de infecciones estomacales e intestinales; a las que son propensos a contraer los niños en mayor riesgo.

Se ha previsto que, por la Av. Libertador, está trazado el emisario de la red de alcantarillado, pero no se ha previsto la red de colectores que conduzcan las aguas servidas del Barrio Simón Bolívar a la planta de tratamiento.

Identificado el problema, se plantea la realización de un estudio a diseño final de un sistema de alcantarillado sanitario, que cumpla todas las condiciones, normativas y especificaciones técnicas que requiere este tipo de proyecto.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

El objetivo general de este proyecto es el de:

- ✓ Mejorar la calidad de vida de los pobladores del Barrio Simón Bolívar, dotándoles de un sistema de alcantarillado sanitario, evitando enfermedades y contaminación producido por aguas residuales domésticas.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Los objetivos específicos planteados en el proyecto son los siguientes:

- ✓ Diseñar un sistema de alcantarillado sanitario eficiente
- ✓ Disminuir las enfermedades en la zona, producto de la falta de un sistema de alcantarillado sanitario
- ✓ Proteger el medio ambiente de la contaminación producida por las deposiciones fecales y otros contaminantes.

## **1.4 ALCANCE**

El presente proyecto contempla el siguiente alcance:

- ✓ Determinar la población futura para un periodo de diseño establecido.
- ✓ Determinar las características del suelo para realizar selección de diámetros de tubería y tipo de tubería a utilizar.
- ✓ Elaborar la topografía con los detalles que ameritan el caso.
- ✓ Realizar el diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario.

- ✓ Hacer las verificaciones necesarias para un buen funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario.
- ✓ Determinar el presupuesto de ejecución del proyecto.
- ✓ Dibujar los planos necesarios.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

Con la implementación del proyecto, se pretende recolectar las aguas servidas del barrio Simón Bolívar, mediante la construcción de una red de alcantarillado sanitario, el mismo que se conectará al emisario proyectado en la Av. Libertador de esta manera se conducirán las aguas servidas del barrio para que tengan un tratamiento adecuado.

### **1.5.1 JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA**

Aplicar los conocimientos adquiridos en el diseño de la red de alcantarillado, de manera de interactuar el campo teórico con la aplicación práctica que conlleva elaborar el “DISEÑO HIDRÁULICO SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO BARRIO SIMÓN BOLÍVAR”. Razones que argumentan el deseo de verificar, rechazar o aportar aspectos teóricos referidos al objeto del perfil.

### **1.5.2 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA**

Realizar el “DISEÑO HIDRÁULICO SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO BARRIO SIMÓN BOLÍVAR”, determinando la ubicación de los componentes del sistema; como el cálculo correspondiente a su diseño de los mismos, buscando que el diseño sea económico y técnicamente aceptable

### **1.5.3 JUSTIFICACIÓN SOCIAL**

La disponibilidad del agua potable sin una red de alcantarillado genera focos de infección que deriva en el deterioro de la salud de la población, generando focos de infección y contaminación de las aguas de la quebrada San Pedro. Es en este sentido que el “DISEÑO HIDRÁULICO SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO BARRIO SIMÓN BOLÍVAR”, servirá a los beneficiarios del barrio Simón Bolívar, como una propuesta técnica para buscar financiamiento para la etapa de inversión del mismo, ya que servirá de complemento al emisario de la Av. Libertador.

### **1.5.4 JUSTIFICACIÓN INSTITUCIONAL**

La Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, siendo fiel a su visión de ser “Una institución pública y Autónoma reconocida por su Contribución al Desarrollo sostenible del país que interactúa con sectores socio-productivos e instituciones educativas de la región y el exterior, despliega una elevada calidad académica en la

formación competente e integral de la persona para su inserción exitosa a la actividad productiva y al mercado profesional.”

Mediante PROGRAMA ESPECIAL DE TITULACIÓN (PET) de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS), procura integrar exitosamente al mercado integral a los futuros profesionales.

### 1.6 MARCO LÓGICO

La definición del objetivo general y de los objetivos específicos que se pretende alcanzar con la construcción del SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO BARRIO SIMÓN BOLÍVAR a lo largo de su vida útil, donde se muestran los objetivos, indicadores verificables con y sin proyecto, fuentes de verificación y supuestos importantes del marco lógico para el presente proyecto.

CUADRO 1 MARCO LÓGICO

OBJETIVOS	INDICADORES Sin Proyecto	VERIFICABLES Con Proyecto	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS IMPORTANTES
<p><b>Objetivo Superior:</b> Coadyuvar en el mejoramiento de las condiciones de vida de las familias del barrio Simón Bolívar, a través de la implementación de una red de alcantarillado sanitario</p>	<p>Existen 90 familias de escasos recursos que tienen limitaciones para mejorar su nivel de vida por no contar con un alcantarillado sanitario</p> <p>Su riesgo de infección por contaminación de la quebrada San Pedro es alta.</p>	<p>90 familias personas disponen de una red de alcantarillado sanitario adecuado, los cuales han aumentado su calidad de vida y reducido el riesgo de infección de las aguas de la Quebrada San Pedro</p>	<p>Encuestas a los beneficiarios.</p> <p>Informes de evaluaciones expost implementación del proyecto.</p> <p>Encuesta periódicas de salud</p> <p>Informes anuales de la Entidad Promotora</p>	<p>Las infecciones gastro intestinales de la población son principalmente ocasionados por la contaminación del agua.</p> <p>Los cambios climáticos son normales.</p> <p>El transporte de los productos al mercado es continuo y sus costos permanecen estables</p>

OBJETIVOS	INDICADORES Sin Proyecto	VERIFICABLES Con Proyecto	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS IMPORTANTES
<p><b>Objetivos Directos:</b></p> <p>Dotar de condiciones de conducción de las aguas servidas, de forma eficiente</p> <p><b>Metas:</b></p> <p>Elevar el nivel de vida de los pobladores del barrio Simon Bolivar, con el proyecto mediante la construcción de la red de alcantarillado.</p>	<p>Los beneficiarios del proyecto no cuentan con una red de alcantarillado</p> <p>El agua del sistema de agua potable de la zona no está siendo evacuada adecuadamente por</p>	<p>Los beneficiarios del proyecto cuentan con una red de alcantarillado</p> <p>Con el proyecto será construido una red de alcantarillado sanitario adecuado.</p>	<p>Camaras de inspección en la red de alcantarillado.</p> <p>Informes de la evaluación periódica de la Entidad Promotora.</p> <p>Monitoreo e inspección de la red de alcantarillado mediante las camaras.</p> <p>Informes periódicos realizados por Supervisión.</p>	<p>El alcantarillado es netamente sanitario y no mixto, es decir, no transporta aguas de lluvia.</p> <p>El mantenimiento y operación se lo efectúa adecuadamente.</p> <p>El interés de los beneficiarios en el proyecto de red de alcantarillado es permanente.</p> <p>El sistema de alcantarillado sanitario se ha construido satisfactoriamente. El mismo se implementa y opera de acuerdo al diseño. Los beneficiarios aportan con mano de obra no calificada en forma regular y cumplen los acuerdos.</p>



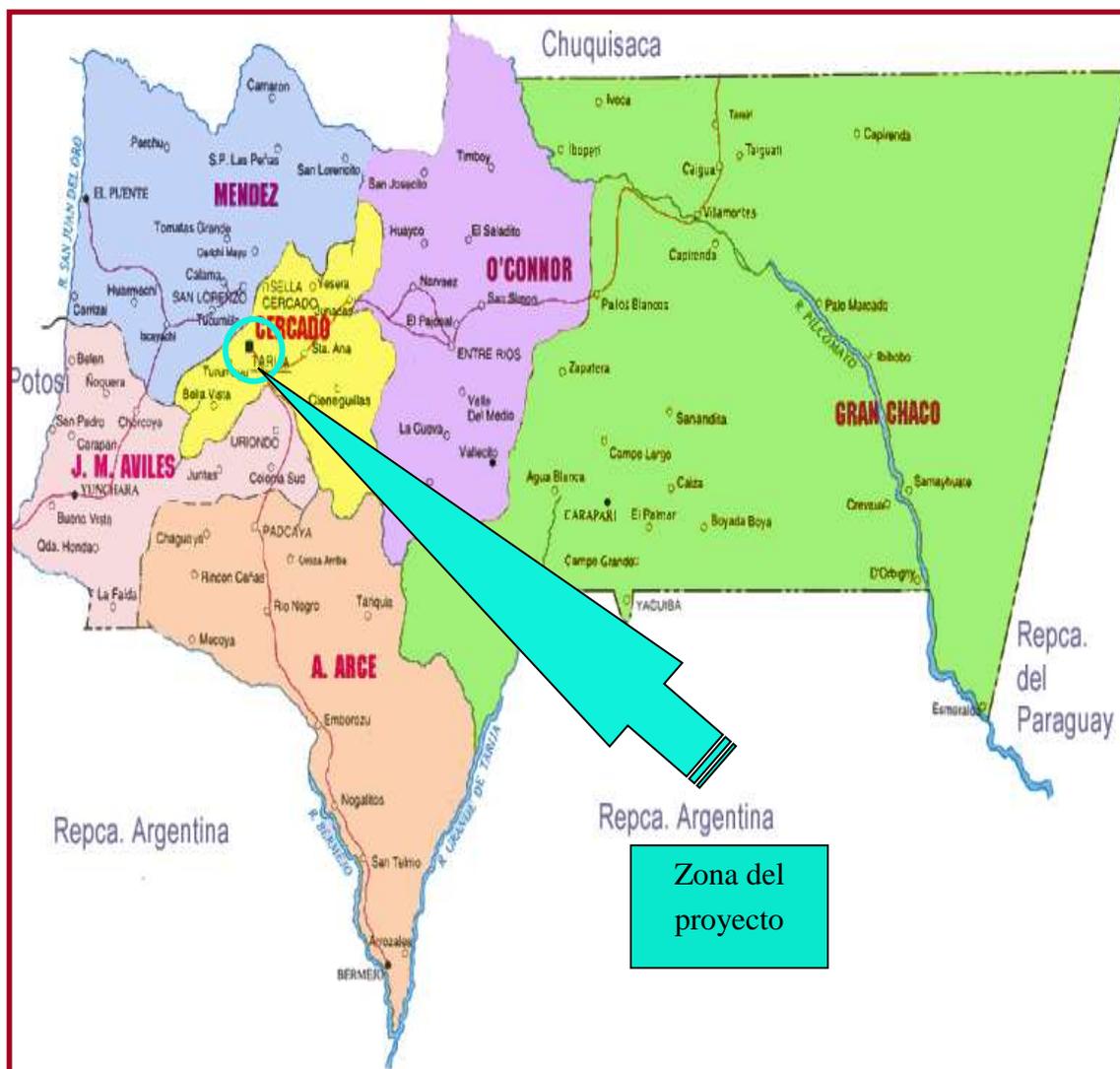
## 2 CAPÍTULO II INFORMACION DEL BARRIO SIMON BOLIVAR

### 2.1 UBICACIÓN

#### 2.1.1 UBICACION POLÍTICA

El área del proyecto está ubicada en el Departamento de Tarija, Provincia Cercado, en el Municipio de Tarija, en la ciudad de Tarija, en el barrio Simón Bolívar.

MAPA 2 UBICACIÓN POLÍTICA DE LA ZONA DEL PROYECTO



#### 2.3.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA

El área del proyecto se encuentra en el barrio Simón Bolívar, en la ciudad de Tarija, de la Provincia Cercado del Departamento de Tarija, del Estado Plurinacional de Bolivia.

Se encuentra a 3 km de la Av. Panamericana, camino salida al Chaco.

La zona donde se ubicará el sistema de alcantarillado del barrio Simón Bolívar, se encuentra entre las siguientes coordenadas:

**CUADRO 2 PUNTOS ÁREA DEL PROYECTO**

<b>Pto. A</b>	<b>Pto. B</b>
Latitud = 21°32'51.24"S	Latitud = 21°32'51.19"S
Longitud = 64°41'27.15"O	Longitud = 64°41'17.26"O
<b>Pto. C</b>	<b>Pto. D</b>
Latitud = 21°32'58.79"S	Latitud = 21°32'58.75"S
Longitud = 64°41'27.01"O	Longitud = 64°41'16.89"O

**FIGURA 1 UBICACIÓN SATELITAL DEL AREA DEL PROYECTO**



### 2.3.2 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

#### 2.3.2.1 POBLACIÓN SEGÚN SEXO, RANGO DE EDAD Y ESTADO CIVIL, BARRIO SIMÓN BOLÍVAR

La población del Barrio Simón Bolívar alcanza a 89 lotes, de los cuales 42 están sin cerrar, 8 con cerramiento, 39 habitados, donde viven en total 241 personas, tal como se muestra en el cuadro a continuación:

CUADRO 3 RESULTADOS DEL CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA

Manzano	N° de Lotes	Lote baldío sin cerrar	Lote baldío cerrado	Lotes habitados	Total personas	Varones	Mujeres	Menores 14 años	Mayores 14 años	Mayores 65 años
A	7	0	1	6	30	16	14	5	20	5
B	25	16	1	8	48	25	23	6	40	2
C	14	9	2	3	38	21	17	5	33	0
D	15	7	3	5	25	13	12	7	18	0
E	16	8	1	7	29	14	15	7	22	0
F	4	0	0	4	35	18	17	5	30	0
G	8	2	0	6	36	18	18	8	28	0
TOTAL	89	42	8	39	241	125	116	43	191	7

#### 2.3.2.2 ESTRUCTURA OCUPACIONAL Y MIGRACIONES

##### 2.3.2.2.1 ESTRUCTURA OCUPACIONAL

El 38 % de la población, del Barrio Simón Bolívar, se dedica al estudio, el 100 %, se dedica a diferentes oficios como primera actividad, transportistas, comerciantes, panaderos, otras profesiones como ingenieros, topógrafos, etc., así por ejemplo: el 17 % se dedica al comercio, 10 % al transporte, 15 % otras profesiones y otro 15 % a otros oficios como carpinteros, limpieza, construcción, etc. Por otra parte, la ocupación secundaria del 100 % de esta población, es la agricultura.

CUADRO 4 ESTRUCTURA OCUPACIONAL

Descripción	Ocupación principal Porcentajes	Ocupación secundaria Porcentaje
Estudiantes	38%	0%
Jornaleros u obreros	0%	0%
Labores de casa	0%	0%

Descripción	Ocupación principal Porcentajes	Ocupación secundaria Porcentaje
Agricultor	2%	100%
Comerciante, negocio	17%	0%
Enfermera	1%	0%
Transportista	10%	0%
Otras Profesiones	15%	0%
Otros	17%	0%
<b>TOTAL</b>	100%	100%

### 2.3.2.2.2 MIGRACIONES

Un estimado del 30 % de la población migra temporalmente a otros lugares con el principal objetivo de obtener ingresos adicionales, de estos emigrantes temporales, la mayoría migra hacia la Argentina, siendo un 15 % y en menor proporción, y un 11 % hacia Tarija, un 4 % migra temporalmente a otros lugares, tales como Santa Cruz y Villa Montes. La población emigrante es por lo general la población joven y adulta.

**CUADRO 5 MIGRACIÓN TEMPORAL**

Descripción	Total	Porcentaje	Motivo de la migración
No migrantes	127	70%	
Migrantes (*)	53	30%	Obtención de ingresos adicionales
Migrantes a Argentina	27	15%	
Migrantes a Tarija	19	11%	
Otras Comunidades	6	4%	
Población total	180	100%	

### 2.3.3 ASPECTOS ECONÓMICOS

Entre los principales productos de cultivos se destaca el maíz, que ocupa el 66 % de las superficies cultivadas, la papa que ocupa el 11 % de la superficie cultivada y otros cultivos con el 23 %, cultivos variados, cuya frecuencia de cultivo se repite, en todos los agricultores, aunque las superficies oscilan entre un octavo y un cuarto de hectárea lo constituyen los porotos, arveja, garbanzos principalmente que se destinan tanto al autoconsumo como al mercado.

**CUADRO 6 PRINCIPALES CULTIVOS**

Producto	%	Producto	%
Maíz	66%	Alfalfa	0%
Trigo	6%	Maní	0%
Arveja	4%	Hortalizas	1%
Papa	11%	Poroto	0%
Garbanzo/poroto	7%	Otros	1%
Frutales	4%	<b>Total</b>	<b>100%</b>

Respecto a los rendimientos agrícolas en promedio se tiene que por cada arroba de maíz empleada en la siembra se obtienen en promedio 14 arrobos, si bien este dato es el promedio, se tiene una variabilidad de rendimiento entre 11, 12, y 15 por unidad, respecto a la papa se tiene un rendimiento de 5 por 1, el trigo 14 por cada unidad.

**CUADRO 7 RENDIMIENTOS AGRÍCOLAS**

Producto	Rendimiento
Maíz	1 a 14
Papa	1 a 6
Trigo	1 a 14
Alfalfa	4 a 5 cortes año

### **2.3.3.1 COMERCIALIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y ORIENTACIÓN AL MERCADO**

La producción agrícola del Barrio Simón Bolívar, se orienta tanto al autoconsumo, como al mercado; sin embargo, se puede advertir que está principalmente orientada al mercado interno tarijeño, el nivel de orientación al mercado depende de la cantidad cultivada, a mayor cantidad de cultivos, mayor es la orientación al mercado, en promedio la mayoría de los productos se orienta al mercado entre un 55 a 75 % de la producción.

En caso de productos como el maíz, se orienta al forraje sea para caprinos u bovinos.

**CUADRO 8 PRODUCCIÓN PARA EL MERCADO**

Producto	% orientado al Mercado
Maíz	60
Trigo	-
Arveja	-

Producto	% orientado al Mercado
Papa	55
Garbanzo/poroto	75

### 2.3.3.1.1 AGROPECUARIA

La producción agropecuaria del Barrio Simón Bolívar, se destaca por su orientación a la crianza de vacunos y la lechería, que en algunos casos se la orienta al mercado de la capital y también se la vende a la Planta Industrializadora de Leche (PIL Tarija), tiene también relevancia la crianza porcina, de ovina y caprina. Si bien en promedio cada familia cuenta con 25 cabezas de ganado; es decir, más del 50 % de los comunarios son grandes propietarios.

**CUADRO 9 PRODUCCIÓN PECUARIA**

Descripción	Nº De Cabezas promedio por familia
Vacunos	25
Porcinos	9
Aves	6
Ovejas	7
Cabras	4
Burros	0

### 2.3.3.2 TECNOLOGÍA EMPLEADA EN LA PRODUCCIÓN

**CUADRO 10 USO DE TECNOLOGÍAS**

Tecnología	% Usuarios
Trabajo manual	100%
Mecánico manual	0
Tractor	0

Respecto al uso de tecnologías, referida a la mecanización agrícola, en todas las fincas tiene predominancia el trabajo manual, con la ayuda de bueyes, tanto en el arado de la tierra, las labores culturales, como la cosecha.

**CUADRO 11 USO DE SEMILLAS MEJORADAS**

Uso de tecnología en semillas	% Usuarios
Solo Propia	100%

Uso de tecnología en semillas	% Usuarios
Mixto Certificada (Maíz, papa)	0

Para el caso del Barrio Simón Bolívar, todas las unidades agropecuarias beneficiarias del proyecto utilizan semilla propia para sus cultivos.

Por otra parte, los agricultores realizan la rotación de cultivos en sus parcelas, siendo esta práctica común dentro sus sistemas de cultivo.

Por lo general la superficie anual cultivada en San Pedro es constante y no ha sufrido cambio en los últimos 3 años.

### **2.3.3.3 ACTIVIDADES ECONÓMICAS ADICIONALES A LA AGRICULTURA**

#### **CUADRO 12 ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS**

Actividades adicionales	Nº de productores
Ninguna	92 %
Producción de vino	4%
Transformación de cereales y venta	4%

### **2.3.4 ASPECTOS SOCIALES**

#### **2.3.4.1 ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO**

Los habitantes del Barrio Simón Bolívar, pertenece al municipio de Cercado, del Departamento de Tarija.

Respecto a los indicadores de pobreza, se advierte que en el ranking municipal nacional, Cercado ocupa el lugar 8, de un total actual de 344 municipios, esto es debido a que las Comunidades de Tarija (Cercado), se encuentran cerca de la capital.

**CUADRO 13 DESARROLLO HUMANO, POBREZA Y DESIGUALDAD**

Municipio	Valor del IDH 2001 c/ desigualdad	Pobreza por NBI	Porcentaje de población rural
<b>BARRIO SIMON BOLIVAR</b>	<b>0,15</b>	<b>68.7</b>	<b>88.5</b>

### **2.3.4.2 ACCESO A VIVIENDA, AGUA, LUZ EDUCACIÓN Y SALUD**

#### **2.3.4.2.1 SERVICIOS BÁSICOS**

A pesar de existir casi todos los servicios básicos excepto el alcantarillado sanitario, no todos los habitantes tienen acceso a los mismos. El censo arrojó las siguientes relaciones:

- El 34.83 % tiene acceso al agua potable.
- El 39.32 % de los lotes cuentan con este servicio.
- El 15.73 % tiene conexión telefónica.
- El 0 % de los lotes habitados está conectado a la matriz de gas.
- El 100% de las familias disponen del servicio taxi trufi para trasladarse de un lugar a otro.

El barrio Simón Bolívar cuenta con instalación de agua potable que aparentemente no funciona a la perfección, de modo que la alcaldía les suministra una cisterna dos veces por semana.

El barrio Simón Bolívar no cuenta con instalación de gas, sin embargo, algunos domicilios ya tienen la instalación en el domicilio.

El barrio Simón Bolívar no cuenta con alcantarillado sanitario, sin embargo, existen algunos domicilios que tienen baños con pozo séptico y otros no tienen baño.

El barrio Simón Bolívar cuenta con tendido de electricidad y alumbrado público.

El barrio Simón Bolívar cuenta con instalación telefónica, existen algunos domicilios que tienen conexiones, pero la gran mayoría se comunica mediante celulares.

El barrio Simón Bolívar cuenta con los servicios de taxi trufis EL CHAPACO, dicha cooperativa de transporte tiene su parada en el centro del barrio, desde el día 13 de octubre del 2009.

### 2.3.4.2.2 EDUCACIÓN

Uno de los indicadores más importantes del estado de la educación en general lo constituye el nivel de alfabetismo y el nivel de instrucción alcanzado por la población.

El nivel de alfabetismo del barrio alcanza el 10 % de su población y es superior para el caso de los varones, género en el cual alcanza 95.35 %, para el caso de las mujeres, género en el cual alcanza 85.4 %, respecto al nivel de instrucción alcanzado, su mayor población, un 35 % alcanza un nivel de instrucción primaria. Solamente el 25 % de su población tuvo una educación superior.

**CUADRO 14 TASA DE ALFABETISMO Y NIVEL DE INSTRUCCIÓN, (%)**

Comunidad	Tasa de alfabetismo			Nivel de instrucción (%)				
	Total	Hombres	Mujeres	Ninguno	Primaria	Secundaria	Superior	Otros
Barrio Simon Bolivar	10	95,35	85,4	11	35	26	25	5

### 2.3.4.3 ECONOMÍA Y EMPLEO

En los últimos 10 años los recursos de coparticipación tributaria para la Comunidad de San Pedro han sido poco crecientes, casi se han mantenido constantes de 19 millones a casi 21.3 millones el año 2007.

**CUADRO 15 COPARTICIPACIÓN TRIBUTARIA**

SECCIÓN MUNICIPAL	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004 <sup>(p)</sup>	2005 <sup>(p)</sup>	2006 <sup>(p)</sup>	2007 <sup>(p)</sup>
Barrio Simon Bolivar	19,08	17,21	19,79	18,64	21,65	18,4	19,06	19,7	20,36	21,3

**2.3.4.3.1 CONDICIÓN DE ACTIVIDAD DE LA POBLACIÓN**  
**CUADRO 16 POBLACIÓN EN EDAD DE TRABAJAR**

Municipio				Población económicamente activa (PEA)						Económicamente inactiva	%
	Pobl. Total	En edad de no trabajar	En edad de no trabajar %	Total	%	Ocupada	%	Desocupada	%		
Barrio Simon Bolivar	180	50	27.77	40	22.22	70	38.8	20	4	50	27.77

El indicador de población en edad de no trabajar, muestra que el 27.77% de la población no está disponible para la actividad física. Y en consecuencia, la disponibilidad de mano de obra no tiene restricciones en este sentido.

Se puede expresar que la mayor proporción de su población, el 22 % se dedica al comercio, como: la construcción y otros servicios, en total un 61 % se dedica a diferentes tipos de servicios, comercio educación, construcción y otros, mientras un 11 % se dedica a la manufactura y un 12 % a la agricultura.

**2.3.4.4 ROLES DE LOS MIEMBROS DE LA FAMILIA**

El Barrio Simón Bolívar, no constituye un municipio muy tradicional en los que respecta a los roles familiares, gran parte de las Comunidades de Cercado, están influenciadas por hábitos urbanos, existiendo dentro de la familia, roles profesionales para las mujeres.

Si bien el rol de la mujer constituye el de apoyar con las labores de casa, dentro la economía familiar agrícola, alrededor del 5 % de las mujeres comparten el rol de ama de casa con roles profesionales, mayormente profesoras, tanto el hombre como la mujer, comparten tareas en lo que respecta a la comercialización de los productos agropecuarios.

Sin embargo, tratándose de economías agrícolas, todos los miembros de la familia comparten actividades agrícolas, como: la siembra, la cosecha y la comercialización de productos.

#### ***2.3.4.5 RELIGIÓN Y FIESTAS RELIGIOSAS***

El total de la población de este municipio es católica y cumplen con todas las fiestas patronales católicas, sin embargo, destacan las festividades de San Isidro, relacionada con actividades agrícolas, los Carnavales y la Pascua principalmente.

#### ***2.3.4.6 VESTIMENTA***

El Barrio Simón Bolívar, su vestimenta, está altamente influenciada por el tipo de vestimenta urbano; sin embargo, aún se puede apreciar para el caso de la vestimenta femenina, la típica pollera tarijeña y la manta, con diseños florales vistosos, las flores para ornamentar la cabeza. Para el caso de los hombres se asemeja más a la vestimenta urbana; sin embargo, se destaca el sombrero típico, la camisa blanca y el pantalón negro. En días de fiesta, principalmente carnaval, es cuando más se puede apreciar la vestimenta típica, aunque también esta costumbre se está perdiendo con el paso del tiempo, sin embargo, actualmente por la vestimenta es notorio la diversidad de culturas.

#### ***2.3.4.7 INSTITUCIONES QUE TRABAJAN EN LA ZONA***

No existe organizaciones en la zona.

#### ***2.3.4.8 ORGANIZACIONES COMUNALES***

No existe organizaciones en la zona.

#### ***2.3.4.9 VINCULACIÓN VIAL, INFRAESTRUCTURAS EDUCATIVAS POR COMUNIDAD E INFRAESTRUCTURAS DE APOYO A LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN***

Respecto a la infraestructura educativa, no se cuenta con una escuela donde asisten alumnos del 1° al 6° grado ni se cuenta con una cancha multifuncional, ni con mercado ni centro de salud.

Está vinculada por el siguiente sistema vial:

Carretera al Chaco - que los vincula durante todo el año.

#### ***2.3.5 DISPONIBILIDAD DE AGUA***

##### ***2.3.5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA***

###### ***2.3.5.1.1 FUENTES DE AGUA SUPERFICIALES***

Actualmente el Barrio Simón Bolívar cuenta con conexiones de agua potable de COSAALT.

### 2.3.5.1.2 FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEAS Y SUB-ALVEA

Actualmente el Barrio Simón Bolívar cuenta con conexiones de agua potable de COSAALT.

### 2.3.5.1.3 EMBALSES

No existen embalses en la zona.

### 2.3.5.1.4 USO ACTUAL DEL AGUA

El uso del agua potable es principalmente para consumo humano.

### 2.3.5.1.5 DERECHOS DE TERCEROS

Actualmente las fuentes utilizadas no se encuentran en proximidades del barrio Simón Bolívar, por lo que no hay conflictos con terceros, las fuentes de agua y zonas de influencia de cada fuente son delimitadas por COSAALT.

## 2.3.6 CALIDAD DEL AGUA

### 2.3.6.1 DBO, DQO, PH, SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

La calidad del agua del alcantarillado sanitario de zonas aledañas, indica que las aguas no presentan parámetros inusuales a los esperados en aguas residuales, por lo que no será necesario la implementación de alguna tubería especial u otras consideraciones que se deberían tomar en cuenta con aguas mas agresivas.

CUADRO 17 CALIDAD DEL AGUA – LAB. DE COSAALT

Nº DE MUESTRA		1	2	3	4
FECHA		7-sep.-2016	8-sep.-2016	9-sep.-2016	10-sep.-2016
Nº DE ANÁLISIS		757 - 763	764 - 770	771 - 777	778 - 784
HORA		11:00 a.m.	12:00	13.00 p.m.	14.00 p.m.
Temperatura	°C	16.6	19.9	20.2	21.2
pH		7.41	7.22	7.18	7.12
Conductividad	µS/cm	814.0	627.0	589.0	646.0
DBO (5 días)	mg/l	297.0	285.0	360.0	339.0
DQO	mg/l	328.2	307.7	389.7	369.2
Sólidos suspendidos	mg/l	150.0	180.0	130.0	150.0
Sólidos sedimentables	ml/l	5.0	4.0	3	2.5

## 2.3.7 UTILIZACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS EXISTENTES

### 2.3.7.1 DESCRIPCIÓN DEL USO ACTUAL

El área del proyecto se caracteriza por ser una zona urbana, por diferentes factores interrelacionados como el clima, microclimas, suelos, insumos y recursos económicos, tamaño de la propiedad, vinculación con los centros de consumo, comportamiento del

mercado y otros factores de orden socioeconómico que determinan la importancia y el uso del líquido elemento.

## **2.3.8 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO**

### **2.3.8.1 VEGETACIÓN**

El paisaje vegetal del área de estudio, se encuentra fuertemente determinado por la actividad antrópica que se desarrolla en éste, típico de zonas urbanas, la cual a su vez está limitada por la disponibilidad de áreas verdes.

La vegetación natural se encuentra, más o menos modificada por las actividades humanas y otras intervenciones.

### **2.3.8.2 HÁBITATS FRÁGILES**

De la lista de áreas protegidas en Bolivia, en sus diversas categorías, se establece que en la región en la que se implantará el proyecto, no se tiene registrado ni propuesto ninguno de estos tipos de hábitats frágiles.

### **2.3.8.3 SUELOS**

#### **2.3.8.4 SUELOS DEL BARRIO SIMÓN BOLIVAR**

La zona se caracteriza por presentar un paisaje típico del Valle Central de Tarija con manchas aisladas de cultivos circundado de terrenos semiáridos en proceso de degradación por la erosión, de acuerdo a la fisiografía del área, se observa una llanura aluvial reciente y una terraza fluvio lacustre.

De acuerdo a los estudios realizados por el ZONISIG (escala 1:250000) el área de estudio corresponde a un abanico aluvial de la llanura de pie de monte depositado sobre la llanura fluvio lacustre.

Corresponde a la unidad de terreno de la llanura fluvio lacustre (576), componente terraza, con alturas que oscilan entre 1775 a 2180 m.s.n.m. con 50% sin cobertura, 40% con graminoideas bajas menores a 50 cm. y el 10% de matorral enano semi deciduo; el 45% de los terrenos están dedicados a la ganadería extensiva de caprinos, ovinos y bovinos, el 30% a la agricultura anual sin riego, y el 25% a tierras erosionadas; La pendiente general es inclinada (5 a 10%), de forma cóncava, la longitud general de la pendiente es de 50 a 100 m.

El origen de los suelos es de sedimentos fluviales y coluviales, no se observa la profundidad hasta la roca, con mucha pedregosidad en la superficie (15 a 40%).

El drenaje superficial es rápido, sin riesgo de inundación, la clase de erosión es hídrica en surcos, el área de erosionado es de 5 a 10%, el grado de erosión es ligera, sin posibilidad de encostramiento en la superficie.

### 3 CAPÍTULO III ASPECTOS GENERALES DE UNA RED DE ALCANTARILLADO

#### 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 a continuación:

**CUADRO 18 PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)**

Componentes del sistema	Población menor a 20 000 habitantes	Población mayor a 20 000 habitantes
Interceptores y emisarios	20	30
Plantas de tratamiento	15 a 20	20 a 30
Estaciones de bombeo	20	30
Colectores	20	30
<b>Equipamiento:</b>		
Equipos eléctricos	5 a 10	5 a 10
Equipos de combustión interna	5	5

El período de diseño podrá ser mayor o menor a los valores especificados en la tabla anterior, siempre que el proyectista lo justifique.

Con el fin de evitar inversiones mayores al inicio del proyecto y/o el sobre-dimensionamiento de los distintos componentes del sistema, referido a los requerimientos del período inicial del proyecto, se deben definir etapas de construcción para los componentes susceptibles de crecimiento.

#### 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. Para poblaciones menores, en caso de no contar con índice de crecimiento poblacional, se debe adoptar el índice de crecimiento de la población de la capital o del municipio. Si el índice de crecimiento fuera negativo se debe adoptar como mínimo un índice de crecimiento de 1 %.

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.

### **3.2.1 MÉTODOS DE CÁLCULO**

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 tabla:

**CUADRO 19 METODOS PARA EL CÁLCULO DE LA POBLACION FUTURA**

Método	Fórmula	Observaciones
Aritmético	$P_f = P_0 \left(1 + \frac{i \cdot t}{100}\right)$	donde: $P_f$ Población futura, en hab $P_0$ Población inicial, en hab $i$ Índice de crecimiento poblacional anual, en porcentaje $t$ Número de años de estudio o período de diseño, en años $L$ Valor de saturación de la población $m$ Coeficiente $a$ Coeficiente  $P_0, P_1, P_2$ Población correspondiente a los tiempos $t_0, t_1$ y $t_2 = 2 \cdot t_1$ $t_0, t_1, t_2$ Tiempo intercensal, en años, correspondiente a la población $P_0, P_1, P_2$
Geométrico	$P_f = P_0 \left(1 + \frac{i}{100}\right)^t$	
Exponencial	$P_f = P_0 \cdot e^{\left(\frac{i \cdot t}{100}\right)}$	
Curva logística	$P_f = \frac{L}{1 + m \cdot e^{(a \cdot t)}}$ $L = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_f^2 (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_f^2}$ $m = \frac{L - P_0}{P_0}$ $a = \frac{1}{t_1} \ln \left[ \frac{P_0 (L - P_1)}{P_1 (L - P_0)} \right]$	

En todos los casos se debe presentar un gráfico con los resultados obtenidos de los métodos utilizados. El proyectista debe evaluar las tendencias de crecimiento en función a las actividades económicas de la población y recomendar la más apropiada.

### 3.2.1.1 APLICACIÓN

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

**CUADRO 20 APLICACIÓN DE MÉTODOS PARA LA ESTIMACION DE LA POBLACIÓN FUTURA**

Método	Población (hab)			
	Hasta 2 000	De 2 001 a 10 000	De 10 001 a 100 000	> 100 000
Aritmético	X	X		
Geométrico	X	X	X	X
Exponencial		X (2)	X (1)	X
Curva logística				X

Fuente: Norma Boliviana NB 689  
 (1) Optativo, recomendable  
 (2) Sujeto a justificación

#### 3.2.1.1.1 CORRECCIONES A LA POBLACIÓN CALCULADA

La población calculada según los métodos descritos, debe ser determinada y ajustada de acuerdo a las siguientes consideraciones:

- a) Población estable
- b) Población flotante, se refiere a la población ocasional que signifique un aumento notable y distinto a la población estable
- c) Población migratoria, que depende de las condiciones de planificación sectorial en relación con los recursos naturales, humanos y/o económicos de cada localidad.

### **3.3 ÁREA DEL PROYECTO**

Se considera área de proyecto, a aquella que contará con el servicio de alcantarillado sanitario, para el período de diseño del proyecto.

La delimitación del área de proyecto debe seguir los lineamientos del plan de desarrollo de la población o planes maestros, o ser establecido de acuerdo a un estudio de áreas de expansión futura.

De acuerdo a la magnitud y características de la población, se deben diferenciar claramente las áreas de expansión futura, industriales, comerciales, de equipamiento y áreas verdes. El área de proyecto se debe dividir en subáreas de acuerdo a rangos de densidad poblacional y por sus características socioeconómicas como centros urbanos y zonas periurbanas.

En el área rural, se debe diferenciar las áreas de nucleamiento y las áreas de población dispersa y semi dispersa. Se debe señalar claramente los establecimientos educativos, cuarteles, hospitales, centros deportivos y otras instituciones, así como la capacidad de los mismos, que representan consumos de carácter comercial, público / institucional a ser considerados especialmente en el diseño de redes de recolección y evacuación de aguas residuales.

### **3.4 DOTACION MEDIA DIARIA**

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 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:

**CUADRO 21 DOTACIÓN MEDIA**

Zona	Población (hab)					
	Hasta 500	De 501 a 2 000	De 2 001 a 5 000	De 5 001 a 20 000	De 20 001 a 100 000	Más a 100 000
Del Altiplano	30 a 50	30 a 70	50 a 80	80 a 100	100 a 150	150 a 200
De los Valles	50 a 70	50 a 90	70 a 100	100 a 140	150 a 200	200 a 250
De los Llanos	70 a 90	70 a 110	90 a 120	120 a 180	200 a 250	250 a 350
NOTAS	(1)			(2)		

Fuente: Norma Boliviana NB 689

(1) Justificar a través de un estudio social

(2) Justificar a través de un estudio socio - económico

Las dotaciones indicadas son referenciales y deben ajustarse sobre la base de estudios que identifiquen la demanda de agua, capacidad de la fuente de abastecimiento y las condiciones socioeconómicas de la población; deben utilizarse datos de poblaciones con características similares.

### **3.5 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 % de la dotación media diaria, aplicando la fórmula del método geométrico:

$$D_f = D_0 \left(1 + \frac{d}{100}\right)^t$$

donde:

Df Dotación futura, en L/hab/d

D0 Dotación inicial, en L/hab/d

d Variación anual de la dotación, en porcentaje

t Número de años de estudio, en años

### **3.6 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, sólo una parte contribuye al alcantarillado, pues el saldo es utilizado para lavado de vehículos, lavado de aceras y calles, riego de jardines y huertas, irrigación de parques públicos, terrazas de residencias y otros. De esta manera, el coeficiente de retorno depende de factores locales como la localización y tipo de vivienda, condición de las calles (pavimentadas o no), tipo de clima u otros factores. Se deben utilizar valores entre el 60 % al 80 % de la dotación de agua potable. Valores menores y mayores a este rango deben ser justificados por el proyectista.

### **3.7 CONTRIBUCIONES DE AGUAS RESIDUALES**

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. Para su estimación deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

#### **3.7.1 DOMÉSTICAS (Qmd)**

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

$$Q_{MD} = \frac{C \cdot P \cdot \text{Dot}}{86\,400}$$

$$Q_{MD} = \frac{C \cdot N \cdot t_o \cdot \text{Dot}}{86\,400}$$

$$Q_{MD} = \frac{C \cdot a \cdot d \cdot \text{Dot}}{86\,400}$$

donde:

$Q_{MD}$	Caudal medio diario doméstico, en L/s
C	Coefficiente de retorno, adimensional
P	Población, en hab
Dot	Consumo de agua per capita, en L/hab/d
N	Número de lotes, adimensional
	Tasa de ocupación poblacional, en hab/lote
a	Área de contribución, en ha
d	Densidad poblacional, en hab/ha

El caudal de contribución doméstico ( $Q_{MD}$ ) debe ser estimado para las condiciones iniciales y finales de operación del sistema.

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

### 3.7.2 INDUSTRIALES ( $Q_i$ )

El caudal de contribución industrial es la cantidad de agua residual que proviene de una determinada industria. Los consumos industriales deben ser establecidos en base a lo especificado en el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. El caudal de contribución industrial ( $Q_i$ ) se debe evaluar en forma puntual y como descarga concentrada, de acuerdo al consumo y pérdidas de cada industria en sus diferentes operaciones de producción y debe estimarse para las condiciones iniciales y finales de operación del sistema.

### 3.7.3 COMERCIALES ( $Q_c$ )

El caudal de contribución comercial es la cantidad de agua residual que proviene de sectores comerciales. Los consumos comerciales deben ser establecidos en base a lo especificado en el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. El caudal de contribución comercial ( $Q_c$ ) 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.

### 3.7.4 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.

### 3.7.5 INFILTRACIÓN LINEAL (Qinf)

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

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

El aporte del caudal por infiltración se debe establecer con base a los valores de la tabla a continuación, El caudal de infiltración lineal es igual a (qinf) por la longitud (L) del tramo del colector (m).

**CUADRO 22 COEFICIENTES DE INFILTRACIÓN EN TUBERIAS**

Nivel freático	Tubería de hormigón		Tuberías de material plástico	
	Tipo de unión			
	hormigón	anillo goma	hormigón	anillo goma
Bajo	0,0005	0,0002	0,00010	0,00005
Alto	0,0008	0,0002	0,00015	0,00005

Fuente: Manual para Cálculo, Diseño y Proyecto de Redes de Alcantarillado, Waldo Peñaranda. La Paz, Bolivia. 1993

### 3.7.6 CONEXIONES ERRADAS (Qce)

Se deben considerar los aportes de aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de malas conexiones (QCE) (de bajantes de techados 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. Valores mayores a este rango deben ser justificados por el proyectista. QCE debe ser estimado para las condiciones iniciales y finales de operación del sistema.

### 3.8 COEFICIENTES DE PUNTA (M)

El coeficiente de punta “M” es la relación entre el caudal máximo horario y el caudal medio diario. El coeficiente de punta sirve para estimar el caudal máximo horario con base en el caudal medio diario, tiene en cuenta las variaciones del consumo de agua. La variación del coeficiente de punta “M” debe ser estimada con base a relaciones de Harmon y Babbit, válidas para poblaciones de 1 000 hab a 1000 000 hab; la relación de Flores, en las cuales se estima “M” en función del número de habitantes; la relación de Pöpel para poblaciones que varían de 5 000 a 250 000 hab. Y también se debe tomar en cuenta los coeficientes de variación de caudal k1 y k2. El coeficiente de punta debe ser obtenido mediante las siguientes ecuaciones:

#### 3.8.1 COEFICIENTE DE HARMON

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

donde:

M      Coeficiente de Harmon adimensional  
P      Población, en miles de habitantes

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

#### 3.8.2 COEFICIENTE DE BABBIT

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

donde:

P      población en miles de habitantes

### 3.8.3 COEFICIENTE DE FLORES

$$M = \frac{3,5}{P^{0,10}}$$

donde:

P número total de habitantes

### 3.8.4 COEFICIENTE DE POPEL

Valores de coeficiente de popel:

CUADRO 23 TABLA COEFICIENTE DE POPEL

Población en miles	Coefficiente M
Menor a 5	2,40 a 2,00
5 a 10	2,00 a 1,85
10 a 50	1,85 a 1,60
50 a 250	1,60 a 1,33
Mayor a 250	1,33

### 3.8.5 COEFICIENTE DE VARIACION DE CAUDAL DE K1 Y K2

El coeficiente de punta está dado por los coeficientes de variación de caudal k1 y k2.

donde:

k1 Coeficiente de máximo caudal diario, es la relación entre el mayor caudal diario verificado al año y el caudal medio diario anual. El coeficiente de máximo caudal diario k1, varia entre 1,2 a 1,5, según las características de la población. Los valores mayores de k1, corresponden a poblaciones menores, donde los hábitos y costumbres de la población son menores. k2 Coeficiente de máximo caudal horario, es la relación entre el mayor caudal observado en una hora del día de mayor consumo y el caudal medio del mismo día. El coeficiente de máximo caudal horario k2, varía según el número de habitantes, como se muestra en la tabla:

**CUADRO 24 VALORES DEL COEFICIENTE K<sub>2</sub>**

<b>Población (hab)</b>	<b>Coefficiente k<sub>2</sub></b>
Hasta 2 000	2,20 a 2,00
De 2 001 a 10 000	2,00 a 1,80
De 10 001 a 100 000	1,80 a 1,50
Más de 100 000	1,50

### 3.9 CAUDAL MÁXIMO HORARIO DOMESTICO (Q<sub>mh</sub>)

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

$$Q_{MH} = M \cdot Q_{MD}$$

donde:

- Q<sub>MH</sub> Caudal máximo horario doméstico, en L/s
- M Coeficiente de punta adimensional
- Q<sub>MD</sub> Caudal medio diario doméstico, en L/s

### 3.10 CAUDAL DE DISEÑO (Q<sub>dt</sub>)

El caudal de diseño (QDT) de cada tramo de la red de colectores se obtiene sumando al caudal máximo horario doméstico del día máximo, Q<sub>MH</sub>, los aportes por infiltraciones lineales y conexiones erradas y de los caudales de descarga concentrada. El caudal de diseño está dado por:

$$Q_{DT} = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CE} + \sum Q_{DC}$$

donde:

- Q<sub>DT</sub> Caudal de diseño, en L/s
- Q<sub>MH</sub> Caudal máximo horario doméstico, en L/s
- Q<sub>INF</sub> Caudal por infiltración, en L/s
- Q<sub>CE</sub> Caudal por conexiones erradas, en L/s
- Q<sub>DC</sub> Caudal de descarga concentrada, en L/s

### 3.11 CRITERIOS DE DISEÑO

#### 3.11.1 ECUACIONES PARA EL DISEÑO

Para los cálculos hidráulicos, deben utilizarse las siguientes ecuaciones:

##### 3.11.1.1 ECUACIONES DE COLEBROOK - WHITE

La siguiente ecuación de Prandtl-Colebrook, que permite obtener la velocidad media del flujo de agua residual, se desprende de las expresiones de Darcy-Weisbach y Colebrook-White:

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

donde:

- V Velocidad, en m/s
- D Diámetro de la tubería, en m
- S Pendiente, en m/m
- K/D Rugosidad relativa de la pared de la tubería, en m/m
- $\nu$  Viscosidad cinemática, en m<sup>2</sup>/s (varía con la temperatura del líquido). Por ejemplo 1,31 × 10<sup>-6</sup> (m<sup>2</sup>/s) para 10°C
- g Aceleración de la gravedad, en m/s<sup>2</sup>

CUADRO 25 VALORES DE LAS RUGOSIDADES DE LAS TUBERÍAS

Material	Rugosidad (K) (mm)
PVC	0,10
Hormigón	0,30
Fierro fundido sin revestimiento	0,25
Fierro fundido con revestimiento	0,125

##### 3.11.1.2 ECUACIÓN DE MANNING

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

donde:

- V Velocidad, en m/s
- n Coeficiente de rugosidad de Manning adimensional
- R<sub>H</sub> Radio hidráulico, en m
- S Pendiente, en m/m

### 3.11.1.3 ECUACION DE CONTINUIDAD

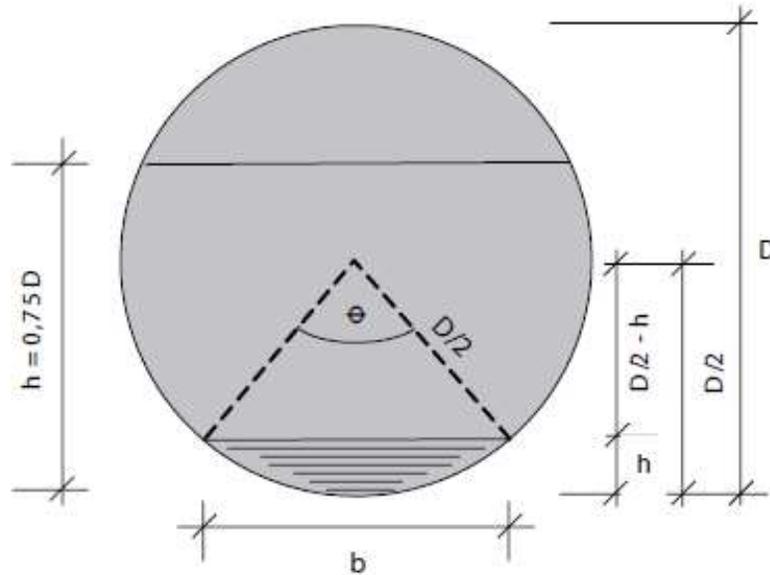
$$Q = A \cdot V$$

donde:

- Q Caudal, en  $m^3/s$
- A Área de la sección, en  $m^2$
- V Velocidad, en  $m/s$

Los cálculos de las figuras de los sectores y segmentos circulares y relaciones trigonométricas, deben ser obtenidos según la figura:

**FIGURA 2 RELACIONES GEOMÉTRICAS SECCIÓN CIRCULAR**



donde: D Diámetro, en m (mm) (plg), h Tirante de agua, en m (%)

### 3.11.1.3.1 SECCIÓN LLENA

- Área:

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

- Perímetro:

$$P = \pi D$$

- Radio hidráulico:

$$R_H = \frac{D}{4}$$

- Velocidad:

$$V = \frac{0,397}{n} D^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

- Caudal:

$$Q = \frac{0,312}{n} D^{\frac{8}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

### 3.11.1.3.2 SECCIÓN PARCIALMENTE LLENA

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

- Radio hidráulico:

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

- Velocidad:

$$V = \frac{0,397 D^{2/3}}{n} \left( 1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta^\circ}{2 \pi \theta^\circ} \right)^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

- Caudal:

$$Q = \frac{D^{8/3}}{7257,15 \cdot n \cdot (2 \pi \theta^\circ)^{2/3}} (2 \pi \theta^\circ - 360 \operatorname{sen} \theta^\circ)^{5/3} \cdot S^{1/2}$$

### 3.11.1.3.3 RELACIONES DE TIRANTES, VELOCIDADES Y CAUDALES

- Relación de tirantes:

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

— Relación de velocidades:

$$\frac{V}{V_{II}} = \left( 1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta^\circ}{2 \pi \theta^\circ} \right)^{2/3}$$

- Relación de caudales:

$$\frac{Q}{Q_{II}} = \left( \frac{\theta^\circ}{360} - \frac{\operatorname{sen} \theta^\circ}{2 \pi} \right) \left( 1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta^\circ}{2 \pi \theta^\circ} \right)^{2/3}$$

### 3.11.2 COEFICIENTE “n” DE RUGOSIDAD

El coeficiente de rugosidad de Manning (n) debe tomar un valor de 0,013 en alcantarillados sanitarios, para cualquier tipo de material de tubería. Es decir la película biológica formada hace que este coeficiente sea uniforme independiente del material.

### 3.11.3 DIÁMETRO MÍNIMO

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).

### 3.11.4 CRITERIO DE LA TENSIÓN TRACTIVA

Cada tramo debe ser verificado por el criterio de la tensión tractiva media de valor mínimo  $\tau_{\min} = 1 \text{ Pa}$ . 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:

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

donde:

$\tau$	Tensión tractiva media, en Pa
$\rho$	Densidad del agua, 1 000 kg/m <sup>3</sup>
$g$	Aceleración de la gravedad, 9,81 m/s <sup>2</sup>
$R_H$	Radio hidráulico, en m
$S$	Pendiente del tramo de tubería, en m/m

### 3.11.5 DETERMINACIÓN EMPÍRICA DE LA TENSIÓN TRACTIVA MÍNIMA

La tensión tractiva mínima del flujo debe superar la resistencia del sedimento al movimiento. Como resultado de las investigaciones en el campo y simulaciones en laboratorio realizado por Shields, la tensión tractiva está dada por la siguiente ecuación:

$$\tau = f(\gamma_a - \gamma_w) d_{90\% - 95\%}$$

donde:

$\tau$	Fuerza o tensión tractiva referida a la <u>resistencia</u> del sedimento al movimiento, en kg/m <sup>2</sup>
$f$	Constante adimensional: 0,04 - 0,8
$\gamma_a$	Peso específico del material de fondo (arena), en kg/m <sup>3</sup>
$\gamma_w$	Peso específico del agua, en kg/m <sup>3</sup>
$d_{90\% - 95\%}$	Diámetro específico en m, del 90 % al 95 % de las partículas a ser transportadas. El valor es obtenido de la frecuencia de distribución del análisis granulométrico del material de fondo o sólidos sedimentables que ingresan al sistema de alcantarillado. En el colector quedarían retenidas partículas de un diámetro mayor al porcentaje indicado.

$f$ , es la constante adimensional de la ecuación, fue determinada en laboratorio a través de modelos hidráulicos, su valor es de 0,04 para arena limpia, hasta 0,8 para sedimentos de arena pegajosa del fondo de los conductos. Según las experiencias de laboratorio, la sedimentación de arena se produce a caudales mínimos, cuando cambia la condición de flujo, la arena es suspendida (a mayor caudal), por este motivo, las tuberías se deben diseñar considerando arena en suspensión. La constante “ $f$ ” para colectores de alcantarillado con arena en suspensión es de 0,05 a 0,06. Esta arena puede ser considerada limpia, aunque las partículas están cubiertas con materia orgánica que les da una apariencia negra.

Para los valores de una partícula de 1 mm de diámetro; densidad 2 650 kg/m<sup>3</sup> y un coeficiente “f” de 0,06, se obtiene una tensión tractiva “τ” de 0,09 kg/m<sup>2</sup>, por lo tanto se adopta el valor de 0,10 kg/m<sup>2</sup>. La pendiente mínima debe ser calculada con la fórmula de la tensión tractiva “τ”, introduciendo el valor de la tensión tractiva mínima determinada previamente en función del análisis granulométrico específico de las partículas que se quiere transportar. Para limitar los costos de mantenimiento, es recomendable que la tensión de arrastre mínima sea suficiente para transportar entre el 90 % al 95 % del material granular que se estima ingresa al sistema de alcantarillado sanitario.

### 3.11.6 PENDIENTE MÍNIMA

La pendiente de cada tramo de la red no debe ser inferior a la mínima admisible calculada de acuerdo con 2.4.5.1 y ni superior a la máxima calculada según el criterio de la tensión tractiva según 2.4.4. La pendiente del colector debe ser calculada con el criterio de la tensión tractiva, según las siguientes ecuaciones:

- Pendiente para tuberías con sección llena:

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

- Pendiente para tuberías con sección parcialmente llena:

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

donde:

$$\frac{h}{D} = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 - \cos \left( \frac{\theta^\circ}{2} \right) \right] = 0,2618$$

$S_{\min}$	Pendiente mínima del tramo de tubería, en m/m
$\tau_{\min}$	Tensión tractiva mínima, en Pa
$\rho$	Densidad del agua, 1 000 kg/m <sup>3</sup>
$g$	Aceleración de la gravedad, 9,81 m/s <sup>2</sup>
$R_H$	Radio hidráulico, en m
$D$	Diámetro del conducto, en m
$\theta^\circ$	Ángulo, 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:

$$\frac{Q_p}{Q_{II}} = (0,10 - 0,15) \quad (10 \% \text{ a } 15 \%)$$

donde:

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

$Q_{II}$  Capacidad de la tubería para conducir el caudal de diseño futuro (sección llena)

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

$$\frac{Q_p}{Q_{II}} = 0,15$$

### 3.11.7 PENDIENTE MÍNIMA ADMISIBLE

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:

$$\frac{Q_p}{Q_{II}} = (0,10 - 0,15) \Rightarrow \frac{h}{D} \Rightarrow \theta^\circ \Rightarrow R_H$$

- Relación de caudal

De las propiedades hidráulicas de la sección circular, si se tiene  $\frac{Q_p}{Q_{II}} = 0,15$ , se obtiene:

- Relación de caudales

$$\frac{Q}{Q_{II}} = \left( \frac{\theta^\circ}{360} - \frac{\text{sen}\theta^\circ}{2\pi} \right) \cdot \left( 1 - \frac{360 \text{ sen}\theta^\circ}{2\pi \theta^\circ} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,15$$

- Ángulo central  $\theta^\circ$  (en grado sexagesimal)

$$\theta^\circ = 2 \arccos \left( 1 - \frac{2 \cdot h}{D} \right) = 123,10^\circ$$

- Relación de tirantes

- Radio hidráulico del conducto parcialmente lleno

$$R_H = \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta^\circ}{2 \pi \theta^\circ} \right) = 0,1525 D$$

- Pendiente mínima

$$S_{\min} = \frac{\tau_{\min}}{\rho \cdot g \cdot R_H} = \frac{\tau_{\min}}{\rho \cdot g \cdot 0,1525 D} \left[ \frac{m}{m} \right]$$

Para la relación de caudales de 0,10 y 0,15 , sus ángulos  $\theta$  , la relación de tirantes, el radio hidráulico y la pendiente mínima, y tomando en cuenta ; n 0,0 3, s ; g 9,8 m m Pa; 000 kg  $\tau_{\min} = \rho = 3 = 2 =$  se deben obtener las pendientes mínimas admisibles para diferentes diámetros y los valores de velocidad y caudal a sección llena.

**CUADRO 26 PENDIENTES MÍNIMAS**

Diámetro (D)		Pendiente (S)	Sección llena		Diámetro (D)		Pendiente (S)	Sección llena	
plg	m		Velocidad	Caudal	plg	m		Velocidad	Caudal
		o/oo	m/s	L/s			o/oo	m/s	L/s
4	0,10	7,98	0,59	4,61	4	0,10	6,68	0,54	4,22
6	0,15	5,32	0,63	11,11	6	0,15	4,46	0,58	10,17
8	0,20	3,99	0,66	20,71	8	0,20	3,34	0,60	18,96
10	0,25	3,19	0,68	33,59	10	0,25	2,67	0,63	30,75
12	0,30	2,66	0,71	49,86	12	0,30	2,23	0,65	45,65
14	0,35	2,28	0,72	69,63	14	0,35	1,91	0,66	63,75
16	0,40	1,99	0,74	93,00	16	0,40	1,67	0,68	85,13
18	0,45	1,77	0,75	120,03	18	0,45	1,49	0,69	109,88
20	0,50	1,60	0,77	150,81	20	0,50	1,34	0,70	138,06
22	0,55	1,45	0,78	185,41	22	0,55	1,22	0,71	169,73
24	0,60	1,33	0,79	223,87	24	0,60	1,11	0,72	204,94
26	0,65	1,23	0,80	266,27	26	0,65	1,03	0,73	243,75

De acuerdo con las características topográficas de la zona de proyecto, los colectores deben ser dimensionados con la pendiente natural del terreno. Sin embargo, las pendientes no deben ser inferiores a la mínima admisible para permitir la condición de autolimpieza desde el inicio de funcionamiento del sistema, cuando se presentan caudales de aporte bajos y condiciones de flujo críticas.

### 3.11.8 PENDIENTE MÍNIMA ADMISIBLE PARA DIFERENTES RELACIONES DE CAUDAL

Se pueden establecer otras relaciones de caudal presente y futuro, de acuerdo con las condiciones locales (caudales de aporte). Para este caso, la pendiente mínima se puede elegir de los valores presentados en la tabla:

**CUADRO 27 PENDIENTE MINIMA PARA DIFERENTES RELACIONES DE CAUDAL**

Criterios de diseño				Pendiente mínima	Flujo a sección llena	
$Q_p/Q_{II}$	h/D	R/D	$\tau_{min}$ (Pa)	$S_{min}$ (o/oo)	$V_{II}$ (m/s)	$Q_{II}$ (m <sup>3</sup> /s)
0,10	0,2136	0,1278	1,0	$0,7976 D^{-1}$	$0,8622 D^{0,1667}$	$0,6771 D^{2,1667}$
0,15	0,2618	0,1525	1,0	$0,6684 D^{-1}$	$0,7892 D^{0,1667}$	$0,6199 D^{2,1667}$
0,25	0,3408	0,1895	1,0	$0,5379 D^{-1}$	$0,7080 D^{0,1667}$	$0,5561 D^{2,1667}$
0,35	0,4084	0,2175	1,0	$0,4687 D^{-1}$	$0,6609 D^{0,1667}$	$0,5190 D^{2,1667}$

### 3.11.9 PENDIENTE MÁXIMA ADMISIBLE

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

### 3.11.10 TIRANTE MÁXIMO 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.

### 3.11.11 VELOCIDAD CRÍTICA

Cuando la velocidad final ( $V_f$ ) es superior a la velocidad crítica ( $V_c$ ), el mayor tirante admisible debe ser 50 % del diámetro del colector, asegurándose la ventilación del tramo. La velocidad crítica esta definida por

$$V_c = 6\sqrt{g \cdot R_H}$$

donde:

- $V_c$  Velocidad crítica, en m/s
- $g$  Aceleración de la gravedad, en m/s<sup>2</sup>
- $R_H$  Radio hidráulico para el caudal final, en m

### **3.11.12 CONTROL DE REMANSO**

Siempre que la cota del nivel de agua a la salida de cualquier cámara de inspección, pozo de visita o TiL esté por encima de cualquiera de las cotas de los niveles de agua de entrada, debe ser verificada la influencia del remanso en el tramo aguas arriba

## **3.12 DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS PARA EL DISEÑO**

### **3.12.1 PROFUNDIDAD MÍNIMA DE INSTALACIÓN**

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

### **3.12.2 RECUBRIMIENTO MÍNIMO A LA COTA CLAVE**

La profundidad del recubrimiento debe ser definida por el cálculo estructural de la tubería instalada en zanja, considerando que los esfuerzos a la que está sometida depende 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 recubrimiento mínimo del colector debe evitar la ruptura de éste ocasionada por cargas vivas que pueda experimentar. Asimismo, se deben utilizar tuberías y accesorios de diferentes tipos de materiales, siempre que cuenten con la certificación 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 debe ser de 7,5 % del diámetro. Los valores mínimos permisibles de recubrimiento de los colectores se definen en la tabla

**CUADRO 28 PROFUNDIDAD MÍNIMA DE COLECTORES**

<b>Ubicación</b>	<b>Profundidad a la clave del colector (m)</b>
Vías peatonales o zonas verdes	0,75
Vías vehiculares	1,00

Para casos especiales como localidades con evidentes problemas de desagüe, los valores anteriores deben reducirse tomando las previsiones estructurales y geotécnicas correspondientes.

Las conexiones domiciliarias y los colectores de aguas residuales deben localizarse por debajo de las tuberías de agua.

### 3.12.3 CONEXIÓN DE DESCARGAS DOMICILIARIAS

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

### 3.12.4 PROFUNDIDAD MÁXIMA

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

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

### 3.12.5 UBICACIÓN DE 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. Para sistemas separados, los dos (2) colectores deben asentarse equidistantes del eje de la vía y el colector sanitario en lo posible a la izquierda en el sentido del escurrimiento, particularmente si se trata de colectores primarios. La distancia horizontal entre ejes de los colectores de alcantarillado sanitario y pluvial debe ser de 1,00 m, sin embargo, la separación mínima puede calcularse con la fórmula:

$$S_h = \frac{d_s}{2} + 0,50 + \frac{d_p}{2}$$

donde:

$S_h$	Separación horizontal entre generatrices, en m
$d_s$	Diámetro del tubo de alcantarillado sanitario, en m
$d_p$	Diámetro del tubo de alcantarillado pluvial, en m

El colector sanitario se debe asentar a mayor profundidad que el colector pluvial. La distancia vertical mínima que separa las generatrices de los dos (2) tubos puede calcularse con la fórmula:

$$S_v = \frac{d_s}{2} + 0,30 + \frac{d_p}{2}$$

donde:

$S_v$	Separación vertical entre generatrices, en m
$d_s$	Diámetro del tubo de alcantarillado sanitario, en m
$d_p$	Diámetro del tubo de alcantarillado pluvial, en m

Los colectores de sistemas combinados deben ubicarse en el eje de la calzada.

### **3.12.6 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

### **3.12.7 DISTANCIA ENTRE ELEMENTOS DE INSPECCIÓN**

La distancia máxima entre estructuras de conexión de colectores debe estar determinada por la trama urbana, los equipos disponibles de limpieza y el comportamiento hidráulico del flujo.

En caso de que la trama urbana y el comportamiento del flujo limiten la distancia máxima, ésta debe ser de 50 m a 70 m, si la limpieza de los colectores es manual y debe

ser de 150 m, si es mecánica o hidráulica. En emisarios o colectores principales, donde las entradas son muy restringidas o inexistentes, la distancia máxima entre estructuras de inspección debe incrementarse en función del tipo de mantenimiento, la cual es del orden de 200 m.

Debido a que los costos de las estructuras-pozo tienen una incidencia importante en un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales o pluviales, se han desarrollado simplificaciones que están condicionadas por la disponibilidad de mejores equipos de mantenimiento y limpieza, sean estos últimos mecánicos o hidráulicos, los cuales permiten además incrementar la longitud de inspección.

Estas estructuras corresponden a elementos típicos de sistemas de alcantarillado simplificado. Dentro de estas estructuras simplificadas están los terminales de limpieza que pueden sustituir a las cámaras de arranque cuando las redes de colectores están ubicadas en calles sin salida y calles secundarias de tráfico liviano. Los tubos de inspección y limpieza pueden ser utilizados en tramos intermedios de la red, mientras que las cajas de paso sin inspección pueden ser usadas en cambios de dirección, pendiente y diámetro, cuando las pendientes de los colectores sean mayores a 0,67 % y la profundidad no sea mayor que 1,5 m.

Las distancias máximas entre tubos TL (véase 1.2.95) o TiL (véase 1.2.102), deben estar en función de los equipos de limpieza previstos o disponibles, pero en ningún caso deben ser mayores a 150 m para tuberías de hasta 300 mm (12 plg) de diámetro.

### 3.12.8 DIMENSIONES DE ANCHO DE ZANJA

Las dimensiones mínimas del ancho de zanjas para diferentes diámetros de colectores se presentan en la tabla:

**CUADRO 29 DIMENSIONES MÍNIMAS DE ZANJA**

Diámetro (mm)	Profundidad de excavación					
	Hasta 2 m		De 2 m a 4 m		De 4 m a 5 m	
	Anchos de zanja					
	s/entibado	c/entibado	s/entibado	c/entibado	s/entibado	c/entibado
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

### **3.12.9 ANCHOS DE ZANJA PARA DOS O MÁS COLECTORES**

Para excavaciones donde sea necesario colocar dos (2) o más colectores a la misma profundidad, el ancho de la zanja debe ser igual a la distancia entre ejes de los colectores externos, más el sobre-ancho necesario para el trabajo de instalación y entibado establecido en 2.5.6. La distancia entre ejes de colectores debe ser variable en función de los diámetros correspondientes. En el caso de tendido de dos colectores a diferente nivel, el ancho de la zanja común debe ser igual a la distancia entre ejes de los colectores, más la suma de los radios exteriores extremos y la suma de los sobre anchos que resulten de la profundidad promedio de las zanjas, si fueran considerados separados.

### **3.12.10 DIMENSIONES DE LAS CÁMARAS DE INSPECCIÓN**

El diámetro interno mínimo debe ser de 1,20 m. El diámetro mínimo de la boca de ingreso a la cámara de inspección debe ser de 0,60 m.

### **3.12.11 CANALETAS MEDIA CAÑA**

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

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

### **3.12.12 CÁMARAS CON CAÍDAS**

Para desniveles superiores a 0,75 m deben instalarse 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 a 300 mm (12 plg), se debe hacer una conexión directa (a 45°) con el fondo de la cámara. En caso de existir un desnivel de 0,40 m, éste debe ser resuelto efectuando una canaleta rápida que una el colector con el fondo de la cámara.

### **3.12.13 ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN**

El proyecto elaborado de acuerdo al período de diseño establecido debe permitir la construcción de la red por etapas. Deben definirse las obras mínimas que corresponden a cada etapa a fin que la red satisfaga las condiciones para las cuales fue prevista. No deben considerarse etapas de construcción en las obras de expansión de la red que son

ejecutadas en forma continua durante el período de la validez del proyecto con el fin de atender el incremento gradual de la población servida.

### **3.12.14 MATERIALES**

La elección del material de las tuberías debe ser realizada sobre la base de las características de las aguas residuales, las cargas externas actuantes, las condiciones del suelo, las condiciones de nivel freático, las condiciones de abrasión, corrosión y generación de sulfuros (véase Capítulo 9 de la NB 688).

Para las tuberías de alcantarillado pueden utilizarse: Hormigón simple, hormigón armado, fierro fundido, fierro dúctil, PVC, polietileno, polietileno de alta densidad, plástico reforzado con fibra de vidrio, resina termoestable reforzada (fibra de vidrio), mortero plástico reforzado y acero, de acuerdo a las características particulares de cada proyecto y de los factores económicos.

### **3.13 DISEÑO GEOMÉTRICO**

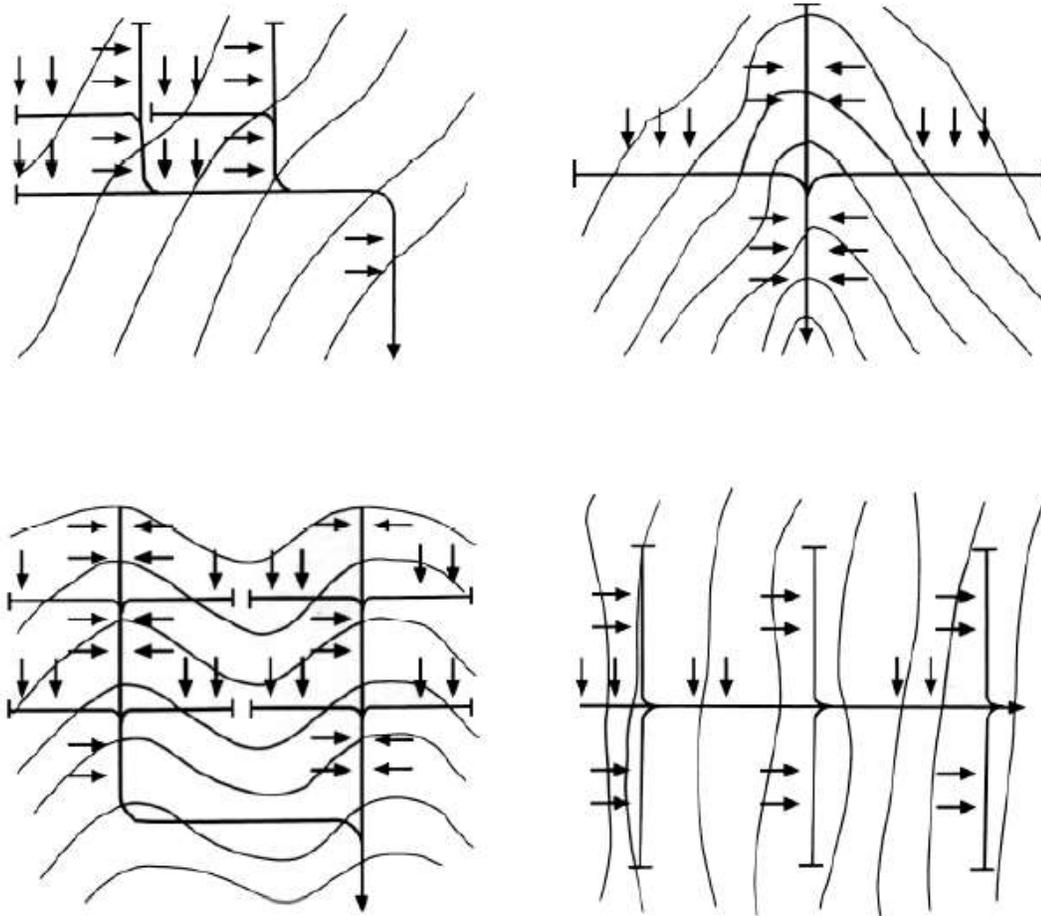
Se debe proyectar la ruta que pueden tener los conectores del sistema. Para tal efecto son determinantes los aspectos topográficos y económicos eligiendo los recorridos más cortos entre los puntos altos del sistema y su conexión a la descarga, captando a su paso el aporte de las sub-cuencas adyacentes.

El proyectista debe efectuar los ejercicios de las rutas más convenientes para obtener un sistema eficiente, seguro y económico.

En la figura a continuación, se muestran diferentes alternativas de trazado geométrico dependiendo de la topografía.

Para el caso del sistema de alcantarillado sanitario condominal, el trazado geométrico de las redes y detalles sobre la intervención técnico-social se presenta en el Anexo del presente Reglamento.

**FIGURA 3 ALTERNATIVAS DE TRAZADO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO**



### **3.13.1 ACTIVIDADES PREVIAS AL CÁLCULO HIDRAULICO**

Como parte de proceso de diseño de una red de alcantarillado sanitario y previo al cálculo hidráulico de la red se deben analizar algunas actividades que servirán de apoyo de dicho cálculo. A continuación, se describen brevemente:

#### **3.13.1.1 PENDIENTE MÍNIMA**

Conforme a lo establecido en el numeral 2.4.5 de la norma NB 688, previo al cálculo hidráulico, debe ser predeterminada la pendiente mínima para cada diámetro y de acuerdo a la relación de caudales de la etapa inicial y la capacidad de la tubería para conducir el caudal de diseño futuro ( $Q_p / Q_{II} = 0,10$  a  $0,15$ )

### **3.13.1.2 TRAZADO DE EJES**

Los ejes se deben trazar por el centro de las calles, cuidando que intercepten en un mismo punto. Cuando la calle sea muy ancha (mayor a 15 m), se colocará doble eje.

### **3.13.1.3 MEDICIÓN DE LONGITUDES**

Las distancias deben medirse entre cruceo y cruceo (intersección de calles) y cambios de dirección.

### **3.13.1.4 COLOCACIÓN DE CÁMARAS DE INSPECCIÓN**

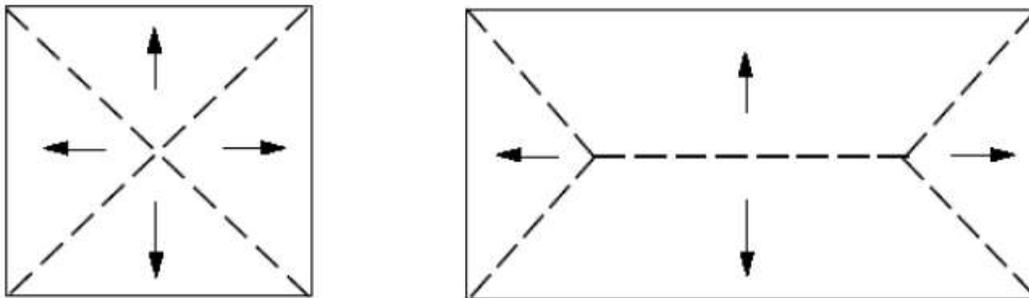
Las cámaras de inspección deben ser colocadas de acuerdo a lo establecido en el numeral 8 del Reglamento de diseño de alcantarillado sanitario.

### **3.13.1.5 ÁREAS TRIBUTARIAS**

Los caudales para el diseño de cada tramo pueden ser obtenidos en función de su área tributaria. Para la delimitación de áreas se debe tomar en cuenta el trazado de colectores, asignando áreas proporcionales de acuerdo a las figuras geométricas que el trazado configura (véase figura). La unidad de medida es la hectárea (ha).

El caudal de diseño debe ser el que resulta de multiplicar el caudal unitario (L/s/ha) por su área correspondiente. Un tramo puede recibir caudales adicionales de aporte no doméstico (Industria, comercio y público) como descarga concentrada.

**FIGURA 4 DELIMITACIÓN DE ÁREAS TRIBUTARIAS A CADA TRAMO**



### **3.13.1.6 NUMERACIÓN DE CÁMARAS DE INSPECCIÓN**

Las cámaras de inspección deben numerarse a partir de aguas arriba hacia aguas abajo. En el ejemplo de la figura 3, la numeración de las cámaras se inicia con el colector principal o interceptor en el sentido de flujo desde el punto de cota más elevada (1) hasta la cota más baja (8), además cada tramo recibe su correspondiente numeración (T1 a T7). Posteriormente se numeran las cámaras y tramos que interceptan al colector principal durante su recorrido

### 3.13.1.7 DETERMINACIÓN DE LAS COTAS DE TERRENO

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

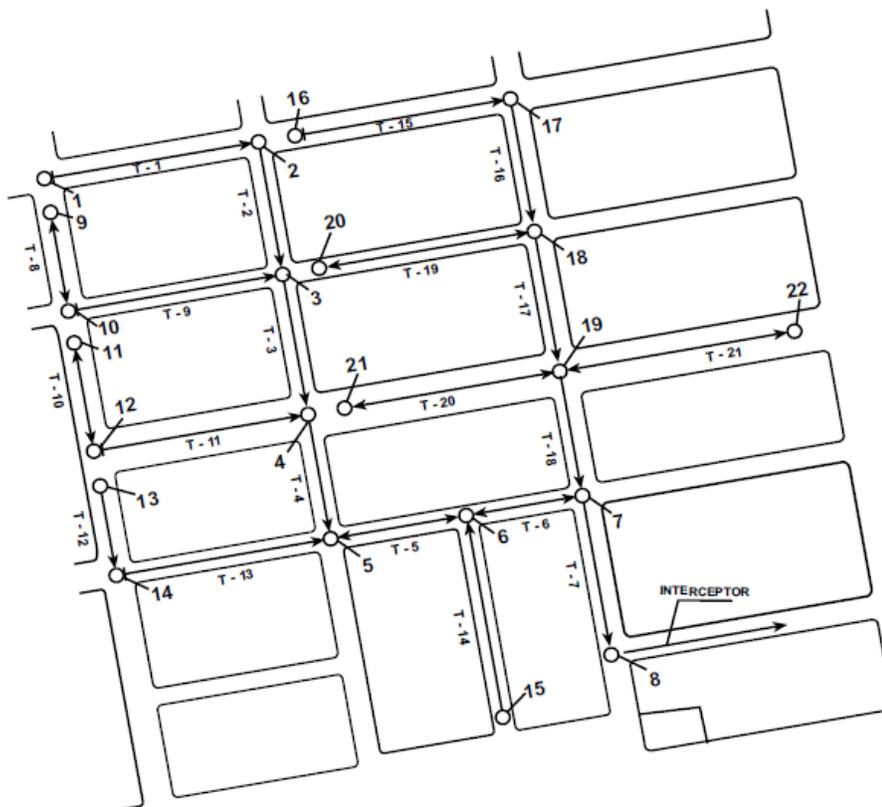
### 3.13.1.8 TRANSICIÓN EN CAMARAS DE INSPECCIÓN

Las variaciones de flujo en los alcantarillados por efecto de cambios de sección y pendiente, generan pérdidas de carga que deben ser absorbidas. Estas pérdidas de carga producen una caída en la superficie del agua y se compensan con una caída en el fondo de la plantilla del alcantarillado.

## 3.14 CÁLCULO HIDRÁULICO

El proyectista debe desarrollar el cálculo del funcionamiento hidráulico del sistema a partir de los datos básicos del proyecto indicados anteriormente. Para esto se debe hacer uso de la planilla de cálculo que se presenta a continuación:

FIGURA 5 NUMERACIÓN DE CÁMARAS Y TRAMOS



### 3.15 CARGAS SOBRE ALCANTARILLAS

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

- Las cargas máximas probables.
- La resistencia de la tubería.
- La capacidad del terreno.
- Tipo de apoyo que asegure la estabilidad de la estructura.
- El factor de seguridad adecuado.

#### 3.15.1 CARGAS QUE SOPORTAN LAS ALCANTARILLAS Y CONDUCTOS SUBTERRÁNEOS

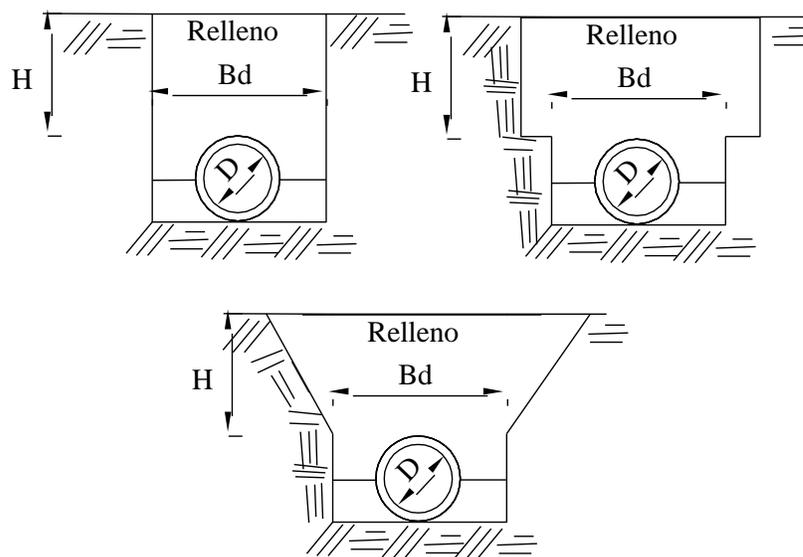
- Cargas muertas (peso del material que las cubre)
- Cargas vivas:
  - a) Dinámica (originada por vehículos).
  - b) Estática (acumulación de materiales)

#### 3.15.2 GRUPOS DE CARGAS EN CONDUCTOS SUBTERRÁNEOS

Existen dos grupos de cargas más generalizadas:

- Los de zanja, que se aprecian en la figura siguiente:

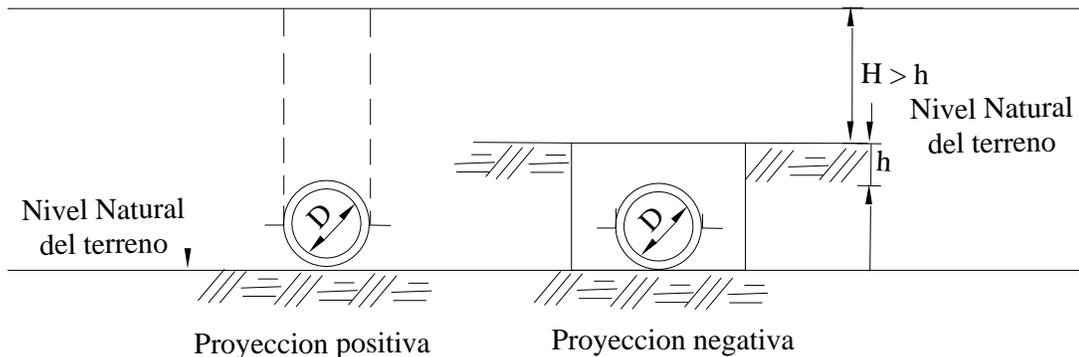
FIGURA 6 CONDUCTOS EN ZANJA



- Los de Terraplén.
- a) Proyección positiva.
- b) Proyección negativa.

Estos se aprecian a continuación:

**FIGURA 7 CONDUCTOS EN TERRAPLEN**



### 3.15.3 TIPOS DE CARGAS QUE SOPORTAN LAS ALCANTARILLAS

#### 3.15.3.1 CARGAS MUERTAS

Estas cargas son las producidas debido al propio peso del material que las cubre. El proceso de su cálculo es el que sigue:

##### 3.15.3.1.1 CONDUCTOS EN ZANJA

$$W_d = C_d \cdot W \cdot B_d$$

Donde:

$W_d$  = Carga vertical por metro lineal, en Kg. /m

$C_d$  = Coeficiente de carga en función de la relación de profundidad – ancho  $H/B_d$  para diferentes clases de relleno.

$W$  = Peso unitario del material de relleno, en Kg. /m

$B_d$  = Ancho de zanja a nivel de la parte superior del conducto.

$$B_d = 1.5 D + 0.30 \quad (\text{m}).$$

### **3.15.3.1.2 CONDUCTOS EN TERRAPLÉN EN PROYECCIÓN POSITIVA**

$$W_c = C_c \cdot W \cdot B_c$$

Donde:

$W_c$  = Carga vertical de relleno, en Kg. /m

$C_c$  = Coeficiente de carga que depende de varios factores:

- a) De la relación H/D pero  $D = B_c$
- b) Del coeficiente de fricción interna del material.
- c) De la relación de proyección  $p = h/D$ .
- d) De la relación de asentamiento (rsd).

### **3.15.3.1.3 CONDUCTOS EN TERRAPLÉN EN PROYECCIÓN NEGATIVA**

$$W_n = C_n \cdot W \cdot B_n$$

Donde:

$W_c$  = Carga vertical del relleno, en Kg./m

$W$  = Peso unitario del material de relleno, en Kg./m

$B_n$  = Ancho de la zanja a nivel de la parte superior del conducto.

$C_n$  = Coeficiente de carga que depende de H/ $B_n$

De la proyección P que se obtiene dividiendo la distancia vertical entre la parte superior del tubo a nivel del terreno natural por el ancho de la zanja.

### **3.15.3.1.4 CARGAS VIVAS**

Las acciones de las cargas vivas pueden ser dinámicas, producidas por vehículos y estáticas, producidas por la acumulación del material.

La acción de las cargas vivas tiene importancia cuando los conductos se instalan en rellenos de poca altura (el efecto de su acción disminuye con la profundidad).

Para su cálculo se emplea la siguiente fórmula:

$$W_t = (l/L) \cdot C_t \cdot P_v \cdot I_t$$

Donde:

$W_t$  = Carga vertical que actúa sobre el conducto, en Kg./m

$L$  = Longitud de la alcantarilla sobre la que se transmite la carga, en m

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

$I_t$  = Factor de impacto:

a) Para calle y avenidas  $I_t = 1 + 0.30/H$

b) Para cargas estacionarias  $I_t = 1$

$P_v$  = Carga máxima en la rueda del vehículo, en Kg. / m

Para cargas vivas uniformemente distribuidas se emplea la siguiente fórmula:

$$W_e = C_e \cdot B_e \cdot D \cdot I$$

Donde:

$W_e$  = Carga vertical que actúa sobre el conducto.

$C_e$  = Coeficiente de carga móvil.

$B_e$  = Intensidad de carga, en Kg. / m

$D$  = Diámetro del conducto, en m

$I$  = Coeficiente de impacto  $I = 1 + 0.30/H$

### 3.15.3.2 RESISTENCIA DE SOPORTE DE LOS CONDUCTOS

La resistencia de soporte de las alcantarillas está condicionada a las normas de fabricación o a los requerimientos del proyectista.

### 3.15.3.3 FACTOR DE CARGA

Es la relación entre la resistencia de soporte del conducto en campo ( $R_c$ ) y la carga que puede absorber el conducto, o sea, la resistencia de soporte determinada por la prueba de las tres cuchillas ( $R_s$ ), permite obtener el factor de carga cuya expresión es la siguiente:

$$F_c = (R_c \cdot F_s) / R_s$$

Donde:

$F_c$  = Factor de carga que depende del tipo de apoyo que requiere el conducto.

$R_c$  = Resistencia de soporte del conducto en campo, en Kg. /m

$F_s$  = Factor de seguridad (1.20 a 1.25).

$R_s$  = Resistencia de soporte del tubo determinado en el ensayo de las tres cuchillas

### 3.15.4 TIPOS DE APOYO EN ALCANTARILLAS

El factor de carga está directamente relacionado con el tipo de apoyo del conducto y las características del mismo, los apoyos más generalizados se muestran en las figuras

FIGURA 8 APOYO CLASE A1 Y CLASE A2

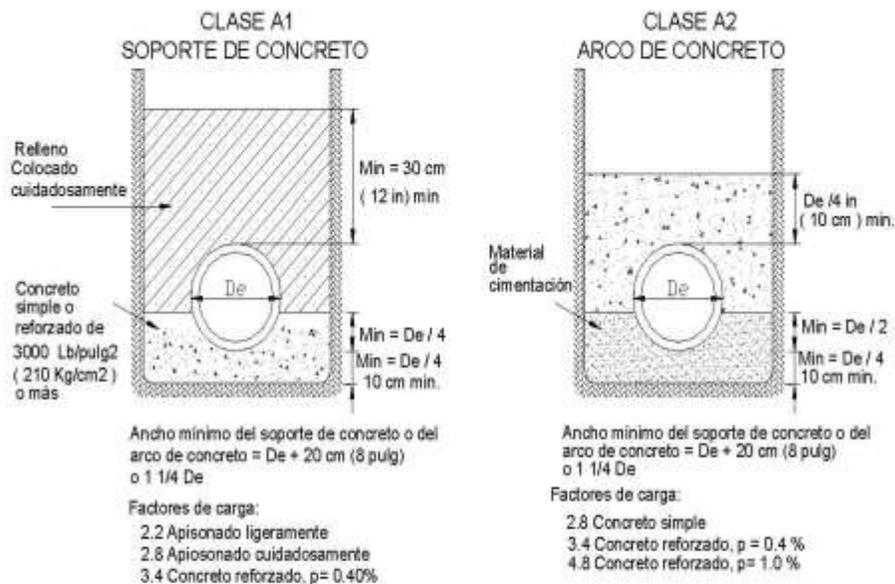
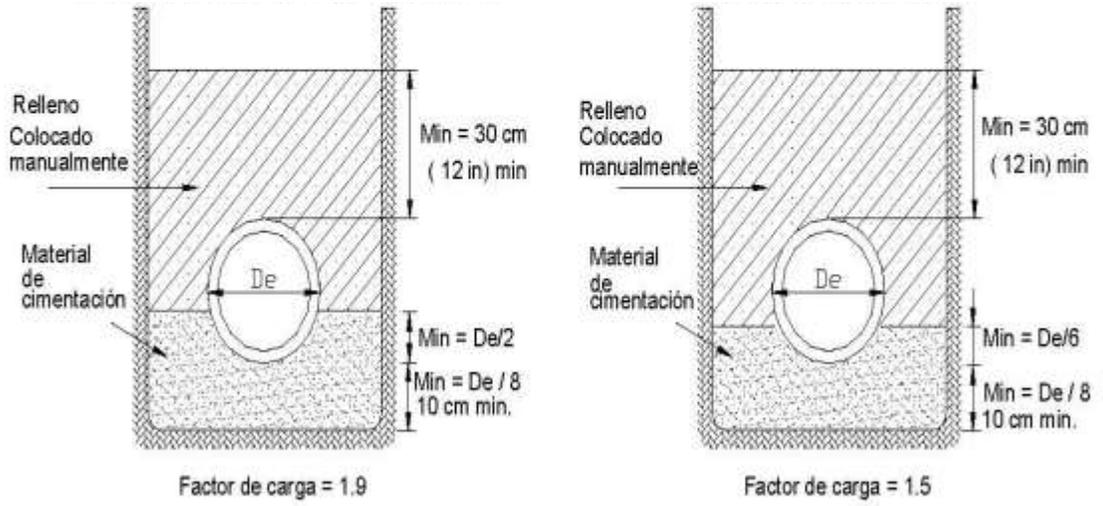
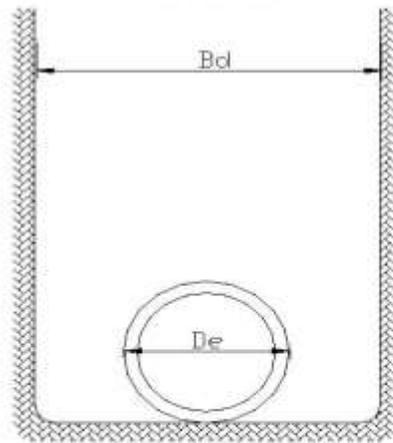


FIGURA 9 CLASE B, C Y D



CLASE D



Cimentación de fondo plano ( no permisible )

Factor de carga = 1.1

## 4 CAPÍTULO IV ESTUDIOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO

### 4.1 ESTUDIO TOPOGRÁFICO

#### 4.1.1 SISTEMA DE REFERENCIA

El Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator (En inglés Universal Transverse Mercator UTM), es un sistema de coordenadas basado en la proyección cartográfica transversa de Mercator, que se construye como la proyección de Mercator normal, se utilizó para el levantamiento del área del proyecto.

#### 4.1.2 EQUIPO UTILIZADO

El equipo que se utilizó para el levantamiento topográfico del Barrio Simón Bolívar, fue estación total.

#### 4.1.3 UBICACIÓN

El área del proyecto se encuentra en el barrio Simón Bolívar, en la ciudad de Tarija, de la Provincia Cercado del Departamento de Tarija, del Estado Plurinacional de Bolivia.

Se encuentra a 3 km de la Av. Panamericana, camino salida al Chaco.

La zona donde se ubicará el sistema de alcantarillado del barrio Simón Bolívar, se encuentra entre las siguientes coordenadas:

CUADRO 30 PUNTOS DEL ÁREA DEL PROYECTO

Pto. A	Pto. B
Latitud = 21°32'51.24"S	Latitud = 21°32'51.19"S
Longitud = 64°41'27.15"O	Longitud = 64°41'17.26"O
Pto. C	Pto. D
Latitud = 21°32'58.79"S	Latitud = 21°32'58.75"S
Longitud = 64°41'27.01"O	Longitud = 64°41'16.89"O

El área de influencia del Proyecto se encuentra al Sur de la ciudad de Tarija, que cuenta con caminos vecinales transitables todo el año.

#### 4.1.4 TOPOGRAFÍA DEL BARRIO SIMÓN BOLIVAR

La topografía fue levantada con el método de la poligonal cerrada, levantando las áreas necesarias para el aporte de los colectores, el trazo fue seleccionado después de haber sido comparado con otras alternativas, las mismas que se mostraran en el estudio de alternativas.

La topografía se encuentra levantada en el sistema de coordenadas UTM - WGS 84 zona 20S.

Los puntos topográficos levantados se presentan en el **Anexo 1**.

#### **4.1.5 DELIMITACIÓN SATELITAL DEL SITIO DEL PROYECTO**

Para una mejor apreciación de la zona del proyecto, a continuación, mostraré una imagen satelital donde se marcan los 4 vértices el área aproximada del proyecto.

**FIGURA 10 ÁREA SATELITAL BARRIO SIMON BOLIVAR**



#### **4.1.6 CENSO POBLACIONAL**

Se realizó una encuesta en la comunidad para saber cuántas personas viven actualmente y entre que edades fluctúan, además de recolectar otros datos de importancia para el diseño, el **Anexo 2** se muestra los resultados.

#### **4.1.7 ANÁLISIS DE SUELOS**

Los ensayos realizados y los resultados obtenidos para la granulometría, límites de Atterberg, clasificación de suelos y capacidad portante del suelo se muestran en el **Anexo 3**.

## **5 CAPÍTULO V INGENIERÍA DEL PROYECTO**

### **5.1 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

#### **5.1.1 CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA UBICACIÓN DE COLECTORES**

##### **5.1.1.1 CONSIDERACIONES TOPOGRÁFICAS**

Debido a que los colectores se diseñan con la consideración de que el tirante máximo no debe exceder el 80% del valor del diámetro, las aguas servidas son diseñadas como conducciones libres, por lo cual, de un punto de vista de eficiencia hidráulica, el trazo debe seguir la pendiente natural del terreno, para facilitar la circulación de las aguas servidas y optimizar los cortes y rellenos necesarios.

##### **5.1.1.2 CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES**

En caso de existir cámaras de caídas cuyas alturas sean mayores a 2 mts, hay que considerar una tubería descendente antes del ingreso a la cámara, para que las aguas servidas descendan hasta la base de la cámara, ya que considerar un cuenco amortiguador en la parte de abajo para la disipación de energía, genera que las aguas servidas se ventilen y generen malos olores en las inmediaciones de la cámara.

En caso que las calles que estamos utilizando para el trazo de la red, sean de alto tráfico, las tapas de las cámaras deben ser reforzadas para no agrietarse ni sucumbir ante las cargas de los vehículos de alto tonelaje.

Se debe considerar una cama de arena para asentar bien la tubería y evitar asentamientos diferenciales que puedan producir roturas o fugas.

#### **5.1.2 UBICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS**

En una primera alternativa, se analizó la posibilidad de implementar un emisario por el margen derecho de la quebrada San Pedro, dicho emisario conduciría las aguas servidas hasta una Planta de tratamiento de aguas Residuales.

Esta alternativa, tuvo la dificultad de consensuar el área para el emplazamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales, ya que no se cuenta con el terreno liberado en el sector adecuado, además que los pobladores del barrio Simón Bolívar han manifestado su rechazo a tener una Planta de Tratamiento en las cercanías del barrio.

En una segunda alternativa, se analizó la posibilidad de conectar la red del barrio a un emisario que está proyectado sobre la Av. Libertador, dicho emisario tiene la capacidad para absorber el aporte de aguas residuales del Barrio Simon Bolivar, pero no contempla el trazo de ningún colector en la zona.

### 5.1.3 ALTERNATIVA ESCOGIDA

Ante la negativa de los habitantes del Barrio Simón Bolívar de tener una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la zona, y ante las dificultades legales de obtener un predio para el emplazamiento de la misma, se concluye que la solución más viable, social, legal y técnicamente hablando, es la conexión del sistema de alcantarillado sanitario del Barrio Simón Bolívar a la “CAMARA Y” proyectada en el emisario proyectado en la Av. Libertador y desembocara en una Planta de Tratamiento que absorberá todo el caudal efluente del Barrio Simón Bolívar y zonas aledañas.

## 5.2 DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO

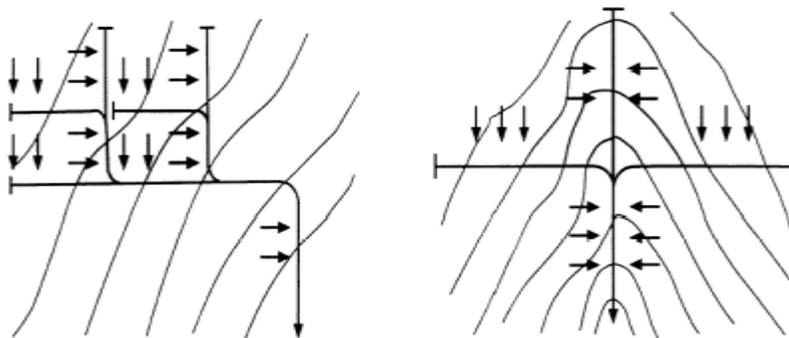
### 5.2.1 DETERMINACIÓN DEL TRAZO DE LOS COLECTORES

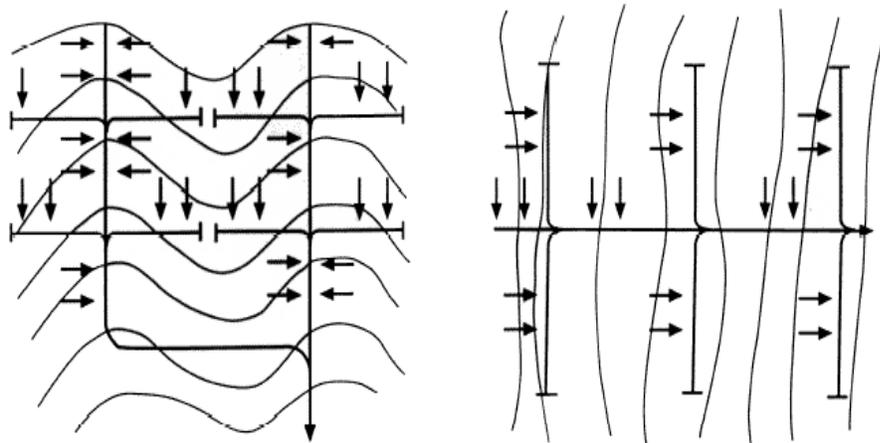
Será proyectada la ruta que pueden tener los conectores del sistema. Para tal efecto son determinantes los aspectos topográficos y económicos eligiendo los recorridos más cortos entre los puntos altos del sistema y su conexión a la descarga, captando a su paso el aporte de los colectores adyacentes.

Se deberá efectuar los ejercicios de las rutas más convenientes para obtener un sistema eficiente, seguro y económico.

En la figura a continuación se muestran las alternativas del trazado geométrico dependiendo de la topografía.

FIGURA 11 ALTERNATIVA DE TRAZADO GEOMETRICO





De las alternativas analizadas, la tercera es la que más se acondiciona a la realidad de la zona del proyecto.

### 5.2.2 UBICACIÓN DE LAS CÁMARAS DE INSPECCIÓN

En caso de que la trama urbana y el comportamiento del flujo limiten la distancia máxima, ésta debe ser de 50 m a 70 m, si la limpieza de los colectores es manual y debe ser de 150 m, si es mecánica o hidráulica. En emisarios o colectores principales, donde las entradas son muy restringidas o inexistentes, la distancia máxima entre estructuras de inspección debe incrementarse en función del tipo de mantenimiento, la cual es del orden de 200 m.

Debido a que los costos de las estructuras-pozo tienen una incidencia importante en un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales o pluviales, se han desarrollado simplificaciones que están condicionadas por la disponibilidad de mejores equipos de mantenimiento y limpieza, sean estos últimos mecánicos o hidráulicos, los cuales permiten además incrementar la longitud de inspección.

### 5.2.3 CÁLCULO HIDRÁULICO

El resultado del cálculo hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario, se lo realiza con ayuda de una planilla de cálculo, utilizando el método de las áreas de aporte, la cual se aprecia en el Anexo 4.

### 5.2.3.1 DETERMINACIÓN DE CAUDALES POR TRAMO

CUADRO 31 DETALLE DE LOS ENCABEZADOS DE DETERMINACIÓN DE CAUDALES POR TRAMO

Tramo	Nombre del tramo
Cámara Inicial	Nombre de la cámara inicial
Cámara Final	Nombre de la cámara final
Área [m <sup>2</sup> ]	Área de aporte
Peso	Incidencia de la densidad de población en distintas zonas del proyecto
Aporte	Área de Aporte x Peso
Aporte Unitario	Área de aporte total del proyecto dividida por el Aporte del tramo
Qinf [lts/seg]	Caudal por infiltración lineal
Qci [lts/seg]	Caudales de descarga puntual para condiciones iniciales de proyecto
Qmci [lts/seg]	Caudal por malas conexiones para condiciones iniciales de proyecto
Qmdi [lts/seg]	Caudal medio diario inicial
Qmaxhi [lts/seg]	Caudal máximo horario inicial
Qcf [lts/seg]	Caudales de descarga puntual para condiciones finales de proyecto
Qmcf [lts/seg]	Caudal por malas conexiones para condiciones finales de proyecto
Qmdf [lts/seg]	Caudal medio diario final
Qmaxhf [lts/seg]	Caudal máximo horario final
Fq	Factor aplicable al Qmdi o Qmaxhi
Qi Dsñ. [lts/seg]	Caudal propio de diseño para condiciones iniciales
Qf Dsñ. [lts/seg]	Caudal propio de diseño para condiciones finales
Qi T Dsñ. [lts/seg]	Caudal total de diseño por tramo para condiciones iniciales
Qf T Dsñ. [lts/seg]	Caudal total de diseño por tramo para condiciones finales

La planilla “Caudales por Tramo” en base a los caudales de diseño determinados al inicio del proceso de diseño, calcula estos caudales correspondientes a cada tramo. Este cálculo es sencillo: si la estimación de aportes se hace por áreas, se obtiene el valor de aporte unitario sumando todas las áreas y dividiendo esta sumatoria por el área de aporte del tramo; si la estimación se hace por longitudes, se sigue el mismo procedimiento pero en lugar de áreas, se suma las longitudes de tramos y se divide el total de longitudes por la longitud del tramo; igual manera se sigue si en lugar de áreas, o longitudes se considera número de habitantes, o número de familias, o número de viviendas.

#### **5.2.3.1.1 Columna Área**

Esta columna contiene el valor del área obtenida con las herramientas de áreas de Autocad. Estos valores pueden ser ajustados o cambiados en la planilla, de acuerdo a las consideraciones del proyectista.

Si en lugar de áreas, el usuario hubiera elegido determinar la distribución por longitudes, esta columna cambiará de nombre a Longitud, o si se opta por distribución numérica, la columna tendrá el nombre de “Coeficiente de distribución”. Los valores de esta columna para estos casos, son modificables de igual manera.

#### **5.2.3.1.2 Columna Peso**

Peso es un factor denominado “índice de ocupación”, aplicable para representar las variaciones de densidad de población en el área urbana de un proyecto. Por defecto, el valor de este factor es 1. Supongamos que algunos manzanos de un proyecto tuviesen el doble de densidad poblacional que el resto; corresponderá entonces duplicar en valor de Peso para esos manzanos para reflejar su verdadero consumo. La utilización de este valor está sujeta a un estudio de la distribución poblacional por sectores o zonas del sitio urbano donde se desarrollará el proyecto.

#### **5.2.3.1.3 Columnas para Descargas Concentradas Qci y Qcf**

Los caudales puntuales o descargas concentradas del proyecto deben ser colocados en estas columnas de la planilla. Estos caudales son considerados dentro del cálculo de caudales de diseño siempre y cuando se haya determinado su inclusión en el Panel de Parámetros Generales de Proyecto en su sección de caudales de proyecto, al invocar Datos Generales; si no se eligió estos caudales en dicha sección para ser incluidos en los caudales de diseño, aunque se los registre en esta planilla, no serán tomados en cuenta para los caudales de diseño.

#### **5.2.3.1.4 Columna Factor Fq**

Este factor afecta al valor del caudal medio diario inicial o al caudal máximo horario para establecer, según algunas normas, el caudal de diseño para condiciones iniciales. Este factor se puede establecer en la sección de caudales de proyecto de Datos Generales. Este valor también puede ser colocado en esta planilla.

#### **5.2.3.1.5 Caudal por Malas Conexiones**

Este caudal se produce por aportes a la red no provenientes del servicio de agua potable, por lo general, agua de lluvia de predios y viviendas. No todos los tramos tienen conexiones domiciliarias: los colectores principales, los interceptores y los emisarios no reciben directamente estas conexiones, así que este caudal no debería ser considerado en esos tramos. En estos casos el usuario podrá simplemente hacer un

“click” en la casilla correspondiente al valor del caudal por malas conexiones y aparecerá el valor “-1”, y no se incluirá el valor del caudal por malas conexiones en ese tramo.

### 5.2.3.1.6 Otras Ediciones

La planilla permite modificar los caudales de diseño para condiciones iniciales y finales; sin embargo, estas modificaciones deberían ser hechas bajo consideraciones muy particulares y bajo criterios exclusivos del diseñista.

### 5.2.3.2 PLANILLA HIDRÁULICA

CUADRO 32 DETALLE DE LOS ENCABEZADOS DE LA PLANILLA HIDRÁULICA

Columna	Detalle
<b>Nombre Tramo</b>	
Cámara No.1	
<b>Cámara No.2</b>	
CotaT.1 [m]	Cota del terreno del punto inicial del tramo
CotaD.1 [m]	Cota de diseño del punto inicial del tramo
CotaT.2 [m]	Cota del terreno del punto final del tramo
CotaD.2 [m]	Cota de diseño del punto final del tramo
<b>Material Tubería</b>	
Rug.	Rugosidad
Long. [m]	Longitud efectiva del tramo.
Pend. %	Pendiente del tramo
<b>Diámetro [mm]</b>	
Qip [lts/seg]	Caudal para condiciones iniciales de proyecto.
Qfp [lts/seg]	Caudal para condiciones finales de proyecto.
Vip [m/seg]	Velocidad en condiciones iniciales de proyecto.
Vfp [m/seg]	Velocidad condiciones finales de proyecto.
TTip [Pa]	Tensión Tractiva para condiciones iniciales de proyecto
h/D	Relación del tirante del caudal para condiciones finales de proyecto y el diámetro de la tubería.
Ymin [cms]	Tirante mínimo para condiciones iniciales de proyecto.

Esta planilla de valores hidráulicos del diseño puede exportarse a un archivo de texto o a Excel, y constituye un documento básico para la presentación de proyectos.

El diseño acepta el criterio de caudales mínimos y en relación a la NB688, establece caudales mínimos por tramo. Los caudales adoptados son los caudales utilizados en el diseño para condiciones iniciales y finales de proyecto. Cuando los caudales reales resultan menores a los mínimos, entonces el caudal adoptado será el mínimo: cuando los caudales reales resultaran mayores al mínimo, entonces se adoptan para el diseño.

Esta planilla también es exportable y debe formar parte de los documentos de proyecto.

## **6 CAPÍTULO VI PRESUPUESTO DEL PROYECTO**

### **6.1 INFORMACIÓN BÁSICA PARA EL PRESUPUESTO**

#### **6.1.1 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Para el análisis de los precios unitarios, se recabó información de trabajos similares, considerando los siguientes datos de referencia:

- Niveles de productividad de mano de obra por tipo de trabajo, en base a información obtenida de empresas constructoras asentadas en el Departamento y otras que ejecutaron trabajos similares a las obras del presente proyecto.
- Disposiciones legales laborales vigentes como ser: pago de beneficios sociales, seguridad social, vacaciones y otros beneficios de acuerdo a ley.
- Disponibilidad de mano de obra y materiales de construcción en la zona del proyecto.
- Costo de maquinaria y equipo en base a cotizaciones de empresas importadoras de este rubro

Para el cálculo del presupuesto, se utilizó el programa PRESCOM, con el formato de costos unitarios que exige el gobierno en el Documento Básico de Contratación para Licitaciones Públicas.

##### **6.1.1.1 MATERIALES**

Se considera el costo de los materiales a precios de mercado con IVA, más el costo de transporte a la zona de trabajo.

##### **6.1.1.2 MANO DE OBRA**

El costo total del ítem de mano de obra está conformado por el Costo Horario de la mano de obra utilizada en el ítem, Beneficios Sociales sobre el subtotal de Mano de Obra (55%) y el Impuesto al Valor Agregado (14,94%) del subtotal de Mano de Obra + Beneficios Sociales.

Estos costos fueron obtenidos de cotizaciones en la zona donde se ejecutará el proyecto, y también incorpora los niveles salariales vigentes para este tipo de trabajos.

En los precios unitarios calculados en las planillas, se consideró que un obrero trabaja por día 8 Hrs., 25 días al mes, haciendo un total de 200 horas laborales al mes.

##### **6.1.1.3 EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS**

Los costos de equipo y maquinaria, se han elaborado en base a cotizaciones hechas a empresas importadoras de este rubro y considerando los factores técnicos

recomendados por sus fabricantes. El costo del equipo y maquinaria involucra también el traslado y mantenimiento del mismo.

Se consideró el 5% del costo total de la mano de obra. Este valor comprende el factor de desgaste y reposición de herramientas menores que es utilizado y aceptado por todas las empresas constructoras de Bolivia pertenecientes a la CABOCO.

Es la sumatoria de los costos del equipo y maquinaria considerados dentro de cada ítem, más el costo de herramientas

#### **6.1.1.4 GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS**

Para los Gastos Generales se adoptó un porcentaje del 7% del total de las partidas de Materiales, Mano de Obra y Equipo, Maquinaria y Herramientas. Es decir, de la sumatoria de los componentes 1+2+3 de la planilla de cálculo. El porcentaje de Gastos Generales adoptado (7%), se desglosa de la siguiente manera:

**CUADRO 33 PORCENTAJE DE GASTOS GENERALES**

COSTO	%
Costos de compra de pliegos	0.01%
Costos de preparación de propuestas	0.10%
Costos por garantías y seguros	0.77%
Costos de operación de oficinas	3.50%
Costos de administración de la obra	1.47%
Costos por movilización y desmovilización	0.36%
Costos por gestión de riesgos	0.81%
TOTAL 10.00%	7.01%

#### **6.1.1.5 UTILIDADES**

Se consideró el factor del diez por ciento (7%) del total de las partidas de Materiales, Mano de Obra, Equipo, Maquinaria y Herramientas. Es decir, de la suma de los componentes 1+2+3+4 de la planilla de análisis de precios unitarios.

#### **6.1.1.6 IMPUESTOS**

En conformidad con las la planilla de cálculo propuesta en el modelo del Pliego de -licitaciones, se considera el impuesto IT equivalente a 3.09% del total de las partidas de Materiales, Mano de Obra, Equipo, Maquinaria y Herramientas y gastos Generales y Administrativos. Es decir, de la suma de los componentes 1+2+3+4+5 de la planilla de análisis de precios unitarios

## **6.1.2 CÓMPUTO MÉTRICO Y PRESUPUESTO**

### **6.1.2.1 VOLÚMENES DE OBRA**

Se muestran en el **Anexo 5**.

### **6.1.2.2 PRESUPUESTO GENERAL**

Se muestran en el **Anexo 6**.

### **6.1.2.3 PRECIOS UNITARIOS**

Se muestran en el **Anexo 7**.

### **6.1.2.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

Se muestran en el **Anexo 8**.

### **6.1.2.5 CRONOGRAMA**

Se muestran en el **Anexo 9**.

### **6.1.2.6 PLANOS**

Se muestran en el **Anexo 10**.

## **7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 CONCLUSIONES**

De acuerdo al estudio a diseño final realizado y a los resultados obtenidos, tanto del sistema de alcantarillado como de las lagunas de estabilización se llegan a las siguientes conclusiones:

- El coeficiente de retorno de agua potable “C”, que es el que indica en qué porcentaje retorna al alcantarillado sanitario, el agua dotada a los habitantes va de acuerdo a norma de un 60% a 80%, la población beneficiaria utiliza el agua para sus quehaceres domésticos, además de que la zona es un barrio periférico y son muy pocos los pobladores que tienen vehículos para que se pueda utilizar el agua en el lavado de éstos, también son muy pocos los que tienen aceras en el frente de sus casas para realizar el lavado de éstas, por tal motivo se asume que el agua retornará en un 80%.
- En cuanto a otros aportes de caudal, no se tomaron en cuenta otros aportes ya que en la zona no hay comercios centralizados ni industrias que provoquen aportes de caudal,
- Se decidió realizar el diseño de los colectores con material de PVC (policloruro de vinil), debido al costo económico frente a otros materiales además de su facilidad en el tendido.
- Como se menciona anteriormente, los diámetros obtenidos cumplen todas las condiciones de criterio en diseño, por lo que son los que se adoptan para la construcción de la red de sistema de alcantarillado, además de ser comerciales y de fácil accesibilidad en el mercado.
- Con este proyecto, se mejorará la calidad de vida de los habitantes de la zona.
- Se reducirán los índices de enfermedades endémicas de origen hídrico de los habitantes de la zona especialmente de la población infantil.
- Con el uso adecuado del sistema se eliminarán los impactos ambientales en sus diferentes atributos.
- Con la implementación del proyecto se cumplirá con una cobertura de servicio al 100% del alcantarillado sanitario satisfaciendo la demanda de los beneficiarios.

## **7.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda mucho cuidado en el momento de escoger el periodo de diseño, ya que hay muchos factores que determinan éste, como ser las características de la población o los componentes que conforman el sistema de alcantarillado, se debe analizar bajo qué factor escoger el periodo de diseño, sería recomendable que la vida útil del proyecto sea la más extensa, por lo que el periodo de diseño estaría en función de los componentes como ser colectores y otros necesarios para el sistema de alcantarillado sanitario.
  
- Se recomienda en particular, que para zonas donde se presenten niveles freáticos muy altos, donde la humedad del suelo sea en un porcentaje elevado, utilizar colectores de materiales impermeables para evitar la filtración de aguas subterráneas al colector, estos materiales podrían ser PVC, polietileno u otro que brinde seguridad de que no habrá ingreso de aguas por grietas en el colector, tal es el caso del hormigón, si no se tiene un especial control de calidad de éstos, sería conveniente no utilizarlos.
  
- Se recomienda también que para el cálculo hidráulico, se tome mucho en cuenta el criterio de la fuerza tractiva mínima que indica la Norma Boliviana NB688, de acuerdo a vivencias y estudios realizados en diversas zonas del el país la fuerza tractiva mínima para arrastrar sólidos sedimentables es de 1 pascal o sea 0,102 Kg. /m<sup>2</sup>, pero sin olvidar que se cumpla la el criterio de la velocidad mínima que es de una velocidad de 0,60 m/s a tubo lleno.