

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL JIRÓN LA CANTUTA EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ASESOR: MCs. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz

BACHILLER: Roger Cerquin Quispe

Cajamarca - Perú

- 2013 -



DEDICATORIA

A mi hija Mariana

Por ser mi inspiración y el motor de mi existencia.

A mi esposa Ana María

Por su amor, comprensión y fuerza en cada momento de mi vida.

A mis padres Teófilo y María

Por sus consejos, enseñanzas y por impulsar a lograr mis metas.

A mis hermanos Edgar, Jenny, Janet

Por todo el cariño y apoyo brindado durante mi vida estudiantil.



AGRADECIMIENTO

A Dios

Por brindarme la salud para poder alcanzar mis metas.

Al Ing° Gaspar Méndez Cruz

Asesor de esta investigación, por el apoyo brindado la durante todo el desarrollo de este documento.

Al Ing° Fabián Sánchez Portal

Por el apoyo con equipos topográficos para la realización de esta investigación.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos	iv
Índice de Tablas	viii
Índice de Figuras	ix
Resumen	x
Abstract	xi
Introducción	xii
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. BASES TEÓRICAS	2
1.2.1. Alcantarillado sanitario	2
1.2.2. Red de alcantarillado sanitario	2
1.2.3. Agua residual	2
1.2.3.1. Aguas residuales domesticas	3
1.2.3.2. Aguas residuales industriales	3
1.2.3.3. Aguas de lluvia	3
1.2.4. Tipos de sistemas de alcantarillado	4
1.2.4.1. Sistema unitario o combinado.	4
1.2.4.2. Sistema semicombinado.	4
1.2.4.3. Sistema independiente o separado.	4
1.2.4.4. Sistema por Gravedad.	4
1.2.4.5. Sistema por Elevación.	5
1.2.4.6. Sistemas por Impulsión.	5
1.2.4.7. Sistemas a Presión.	5
1.2.5. Partes de una Red de Alcantarillado	5
1.2.5.1. Tuberías de Servicio Local	5
1.2.5.2. Colectores	5
1.2.6. Velocidad permisibles	6
1.2.6.1. Velocidad mínima	6



1.2.6.2. Velocidad máxima	6
1.2.7. Tirante hidráulico	6
1.2.8. Ecuación de Manning	6
1.2.8.1. Para tubo completamente lleno	8
1.2.8.2. Para tubo parcialmente lleno	9
1.2.9. Coeficiente de Rugosidad	14
1.2.10. Tensión tractiva	14
1.2.11. Pendiente	15
1.2.11.1. Pendiente mínima	15
1.2.11.2. Pendiente máxima	16
1.2.12. Diámetro mínimo en las tuberías en alcantarillado sanitario.	16
1.2.13. Tipos de materiales para tuberías de alcantarillado sanitario	17
1.2.13.1. Tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC).	17
1.2.13.2. Tubos de Hormigón Simple	19
1.2.14. Cámaras de inspección	21
1.2.15. Topografía	25
1.2.15.1. Tipos de topografía por su relieve	25
1.2.15.1.1. Topografía plana	25
1.2.15.1.2. Topografía ondulada	26
1.2.15.1.3. Topografía accidentada	26
1.2.16. Nivelación	26
1.2.16.1. Nivelación geométrica	27
1.2.17. Taquimetría	29
1.2.17.1. Levantamiento topográfico	29
1.2.17.2. Formas de realizar un Levantamiento	30
1.2.17.2.1. Por simple radiación	30
1.2.17.2.2. A partir de una base	30
1.2.17.2.2.1. Poligonal abierta	30
1.2.17.3. Levantamiento Topográfico con Estación Total	31
1.2.17.3.1. Estación total	31
1.2.17.3.2. Procedimiento para el levantamiento topográfico	31
CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	33
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	33
2.1.1 Selección del problema	33
2.1.2 Formulación del problema	34



2.1.3	Justificación de la investigación	35
2.1.4	Limitaciones y restricciones de la investigación	35
2.2.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	36
2.2.1	Objetivo general	36
2.2.2	Objetivos específicos	36
2.3.	HIPÓTESIS	36
2.4.	VARIABLES	37
2.4.1	Variable dependiente.	37
2.4.2	Variables independientes	37
2.5.	TIPOS DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS	37
2.5.1	Tipo de investigación	37
2.5.2	Tipo de análisis	37
2.6.	DESCRIPCION DE LA ZONA	38
2.6.1	Ubicación política	38
2.6.2	Ubicación geográfica	38
2.6.3	Accesos	38
2.6.4	Altitud promedio	38
2.6.5	Clima	39
2.6.6	Temperatura promedio anual	39
2.6.7	Periodo de la investigación	39
2.6.8	Topografía	39
2.6.9	Servicios existentes	39
2.7.	DISEÑO METODOLÓGICO	40
2.7.1	Trabajo de campo	40
2.7.1.1	Nivelación geométrica	40
2.7.1.2	Levantamiento topográfico	41
2.7.1.3	Profundidad de buzón	44
2.7.1.4	Tirante de agua (d)	45
2.7.2	TRABAJO DE GABINETE	46
2.7.2.1	Cota de tapa de buzones	46
2.7.2.2	Distancia entre buzones	48
2.7.2.3	Cota de fondo de buzones	49
2.7.2.4	Pendiente de la red	51
2.7.2.5	Caudal por tramos	52
2.7.2.6	Tensión tractiva	54



2.7.2.7	Pendiente mínima de la red	55
2.7.2.8	Velocidad real en la red	57
CAPÍTULO III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		58
3.1.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	58
3.1.1	Profundidades de los buzones	58
3.1.2	Diámetro mínimo de la red	58
3.1.3	Separación máxima entre buzones	59
3.1.4	Tensión tractiva	60
3.1.5	Pendiente en la red	60
3.1.6	Velocidad en la red	61
3.1.7	Buzones colapsados.	62
3.2.	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	64
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		65
4.1.	CONCLUSIONES	65
4.2.	RECOMENDACIONES	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		67
ANEXOS		70



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – 1	Propiedades hidráulicas de la sección circular, tubo parcial y totalmente lleno	12
Tabla 1 – 2	Coefficientes de rugosidad	14
Tabla 1 – 3	Tipos de materiales en tuberías	17
Tabla 1 – 4	Separación máxima de cámaras de inspección	23
Tabla 2 – 1	Datos técnico de Estación Total Leica TCR 407 Power	42
Tabla 2 – 2	Datos de equipo utilizado en levantamiento topográfico	43
Tabla 2 – 3	Profundidad de buzones existentes	45
Tabla 2 – 4	Tirante de agua en los tramos existentes	46
Tabla 2 – 5	Lecturas obtenidas en la nivelación geométrica	47
Tabla 2 – 6	Cotas de tapa de buzones existentes	48
Tabla 2 – 7	Longitud horizontal entre buzones existentes	49
Tabla 2 – 8	Cota de fondo de buzones existentes	50
Tabla 2 – 9	Pendiente en los tramos existentes	52
Tabla 2 – 10	Caudal en los tramos existentes	54
Tabla 2 – 11	Tensión Tractiva en los tramos existentes	55
Tabla 2 – 12	Pendiente mínima en cada tramo de red	56
Tabla 2 – 13	Velocidad real en cada tramo de red	57
Tabla 3 – 1	Tipo y diámetro de la tubería existente en la red	59
Tabla 3 – 2	Pendiente existente y pendiente mínima en cada tramo de red	61
Tabla 3 – 3	Velocidades existentes y permisible	62



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – 1	Radio hidráulico, perímetro mojado, diámetro de tubo totalmente lleno y parcialmente lleno	8
Figura 1 – 2	Propiedades hidráulicas de la sección circular, tubo parcial y totalmente lleno	12
Figura 1 – 3	Pendiente del Terreno	15
Figura 1 – 4	Clases de terreno por su relieve	26
Figura 1 – 5	Elevación o altitud a un punto	27
Figura 1 – 6	Nivelación geométrica	28
Figura 1 – 7	Poligonal abierta	31
Figura 2 – 1	Nivelación geométrica y libreta de campo	41
Figura 2 – 2	Punto fijo de estación y punto de interés para el estudio	44
Figura 2 – 3	Medición con wincha de profundidad de buzones	45
Figura 2 – 4	Medición con wincha de tirante de agua en buzones	46
Figura 2 – 5	Medición de Distancias entre buzones en Auto Cad	49
Figura 3 – 1	Buzones tramo que no cumple con la tensión tractiva	60
Figura 3 – 2	Buzones sedimentados	62
Figura 3 – 3	Buzones totalmente colapsados	63



RESUMEN

El presente trabajo de investigación, tiene por objetivo evaluar las estructuras de la red de alcantarillado sanitario existente en el Jirón La Cantuta. La recolección de los datos de campo se realizó en el mes de febrero del año 2013, en el cual se usaron; una wincha, para medir la profundidad de buzones y el tirante de agua por tramos; un nivel de ingeniero, para nivelar las tapas de buzón y una estación total para realizar el levantamiento topográfico de la zona. En el tramo en estudio se evaluó 14 buzones, de los cuales 2 tienen una profundidad menor a la mínima, 3 se encuentran sedimentados y 2 parcialmente colapsados, además se obtuvo, que un tramo no cumple con la tensión tractiva y pendiente mínima indicada en la norma y 5 tienen una velocidad inferior a la mínima. Se determinó que un tramo de red la separación máxima entre buzones es superior a la máxima permitida, lo que no permiten un buen funcionamiento hidráulico y adecuado mantenimiento de la red, y que para mejorar la capacidad hidráulica es necesaria una combinación del sistema convencional y condominial en el tramo inicial.

Palabras clave: Alcantarillado sanitario, tensión tractiva, caudal.



ABSTRACT

The present research work aims the assessment of the structures in the existing sewerage network at Jirón La Cantuta. The collection of the field data, was developed in February 2013; during the field work, some materials were used, as a measurement tape, to measure the depth of mailboxes, and the water level by sections; a leveling rod instrument to measure the mailboxes elevations, and a total station to develop the topographic survey of the area. In the working section 14 mailboxes were evaluated, 2 of them have a depth less than the minimum required, 3 of them present sediment issues, and 2 of them are partially collapsed; also obtained that one section does not meet the minimum traction tension and the minimum slope indicated in the standard, and 5 of them are speed below the minimum. It was determined that a network section the maximum spacing between mailboxes is greater than the maximum allowed, which does not allow a good hydraulic operation and proper maintenance, and in order to improve the hydraulic capacity, is required a combination of the conventional and condominial system in the initial section.

Key words: sewerage system, traction tension, flow rate.



INTRODUCCIÓN

Por su concentración, inmenso volumen y su composición, no existe fuente de contaminación más intensa que los drenajes de aguas servidas; es por ello que en el mundo se ha tratado este problema de manera prioritaria, en el Perú, actualmente las redes de alcantarillado se consideran un servicio básico en las construcciones de nuevas urbanizaciones. En 1996, la Asociación Temporal Sta. Apolonia ejecuta la Obra, *Ampliación Sistema de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Sectores Urbano Marginales de la Ciudad de Cajamarca*, en dicha obra se ejecutó la red de alcantarillado sanitario en el Jirón La Cantuta.

El crecimiento de la población en las últimas dos décadas y la deficiencia hidráulica en la red de alcantarillado sanitario, han traído como consecuencia la poca capacidad y calidad de servicio de las redes del Jirón La Cantuta, así como el colapso de los buzones existentes, lo que incrementa la incidencia de enfermedades gastrointestinales perjudicando principalmente a los menores de edad.

Lo que conlleva a la necesidad de evaluar la red de alcantarillado, para diagnosticar la situación real, los parámetros que incumplen con lo establecido en la Norma OS.070 y sugerir una alternativa de solución.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

La tesis en la Universidad de San Carlos de Guatemala, titulada: ESTUDIO Y DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CANTÓN EL COPADO, MUNICIPIO DE SANTO DOMINGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ, elaborada por JORGE ENRIQUE MORALES SOTO en el año 2004 en donde se estudia los parámetros que influyen en el sistema de alcantarillado, población, rugosidad, velocidad, etc. y se llega a las siguientes conclusiones:

- La red de alcantarillado sanitario traerá múltiples beneficios, entre los cuales cabe mencionar la eliminación de focos de contaminación y proliferación de enfermedades.
- La extracción de aguas negras de las viviendas por medio de un sistema de alcantarillado sanitario es un servicio básico vital.

En la última década, la empresa prestadora de los servicios en nuestra ciudad, ha venido saneando la carencia del servicio de alcantarillado, es así que elaborado los expedientes técnicos Ampliación de Redes de Alcantarillado 2007-2009 en la Ciudad de Cajamarca, III, IV y V Etapa, además del cambio de tuberías de asbesto cemento y concreto simple normalizado por PVC en el centro de la ciudad. Respecto a la



evaluación de redes de alcantarillado en nuestra ciudad no se han encontrado antecedentes de estudios.

1.2. BASES TEÓRICAS

1.2.1. ALCANTARILLADO SANITARIO

Es el sistema de recolección diseñado para llevar exclusivamente aguas residuales domésticas e industriales (Nogales y Quispe 2009).

1.2.2. RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Una red de alcantarillado sanitario es una manera de manipular, conducir y desechar toda clase de aguas servidas y transportarlas a una planta de tratamiento, donde serán depurados todos los sólidos que estas lleven, para no provocar un daño significativo al cuerpo receptor, teniendo como destino final un acuífero que permita conducir por tramos largos el caudal, el cual, en el trayecto, será regenerado (Morales 2004).

1.2.3. AGUA RESIDUAL

Conjunto de aguas que son contaminadas durante su empleo en actividades realizadas por las personas (Machado, Buruca y Argueta 2009). Nogales y Quispe (2009) sostiene las aguas residuales pueden tener varios orígenes, agua residual doméstica, agua residual industrial y aguas de lluvia que se describen en los ítems 1.2.3.1. - 1.2.3.2. - 1.2.3.3.



1.2.3.1. Aguas Residuales Domesticas

Son aquellas provenientes de inodoros, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos. Estas aguas están compuestas por sólidos suspendidos (generalmente materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (principalmente materia inorgánica), nutrientes (nitrógeno y fósforo) y organismos patógenos. El caudal de contribución doméstico (Qmd) 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 de 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, Dot. (l/hab/día) y el coeficiente de retorno (c).

1.2.3.2. Aguas Residuales Industriales

Se originan de los desechos de procesos industriales o manufactureros, debido a su naturaleza, pueden contener, además de los componentes citados anteriormente, elementos tóxicos tales como plomo, mercurio, níquel, cobre y otros, que requieren ser removidos en vez de ser vertidos al sistema de alcantarillado.

1.2.3.3. Aguas de Lluvia

Proveniente de la precipitación pluvial, debido a su efecto de lavado sobre tejados, calles y suelos, pueden contener una gran cantidad de sólidos suspendidos. En zonas de alta contaminación atmosférica, pueden contener algunos metales pesados y otros elementos químicos.



1.2.4. TIPOS DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

1.2.4.1. Sistema Unitario o Combinado.

Es el sistema que se diseña con el fin de manipular, transportar y conducir los caudales de aguas servidas y aguas pluviales en una misma red (Morales 2004).

1.2.4.2. Sistema Semicombinado.

Recolecta el total de las aguas servidas y un porcentaje de las aguas pluviales provenientes de los domicilios en una sola red de tuberías. (Chilón y Valdez 2011).

1.2.4.3. Sistema Independiente o Separado.

Es un sistema que permite la evacuación independiente, por medio de dos redes separadas, el caudal sanitario y el caudal proveniente de las lluvias, ya que la disposición del caudal pluvial puede ser diferente, permitiendo este su reutilización para el riego de plantaciones o un tratamiento simple, para ser utilizado como agua potable, mas no así con el caudal sanitario. Es muy importante que cada vivienda posea tuberías separadas para cada evacuación. (Morales 2004).

Nogales y Quispe (2009) definen otro tipo de clasificación de las aguas residuales según el modelo de circulación, que se describen a continuación en los ítems 1.2.4.4 - 1.2.4.5 - 1.2.4.6 - 1.2.4.7.

1.2.4.4. Sistema por Gravedad.

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



1.2.4.5. Sistema por Elevación.

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

1.2.4.6. Sistemas por Impulsión.

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

1.2.4.7. Sistemas a Presión.

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

1.2.5. PARTES DE UNA RED DE ALCANTARILLADO

1.2.5.1. Tuberías de Servicio Local

Son las que reciben las conexiones domiciliarias, deben ser según RNE 8" de diámetro mínimo y 16" como máximo; pero se pueden emplear diámetros menores cuando el diseño lo permita (Chilón y Valdez 2011).

1.2.5.2. Colectores

Conducto principal, generalmente de sección circular, que recolecta y transporta las aguas negras y/o pluviales hasta su disposición final o desfogue (Morales 2004).



1.2.6. VELOCIDAD PERMISIBLES

Chilón y Valdez (2011), mencionan las velocidades mínima y máxima que debe tener una red de alcantarillado, que se describe en los ítems 1.2.6.1 – 1.2.6.2.

1.2.6.1. Velocidad mínima

0.60 m/s para el flujo que corresponde al 50% del caudal máximo.

1.2.6.2. Velocidad máxima

Depende del tipo de material de la tubería.

- Tubería de arcilla vitrificada 5 m/s
- Tubería de asbesto – cemento y PVC 3 m/s
- Tubería de F° F° y acero 5 m/s
- Tubería de CSN 3 m/s

1.2.7. TIRANTE HIDRÁULICO

Altura del flujo sanitario que abarca una sección parcial de tubería (Morales 2004).

La altura de la lámina de agua debe ser siempre calculada admitiendo un régimen de flujo uniforme y permanente, siendo el valor máximo para el caudal final (Q_f), igual o inferior a 75% del diámetro del colector (RNE– Norma OS.070).

1.2.8. ECUACIÓN DE MANNING

Por lo general la fórmula de Manning se ha usado para canales, en tuberías la fórmula se usa para canal circular parcial y totalmente lleno. Uno de los inconvenientes de esta fórmula es que solo toma en cuenta un coeficiente de



rugosidad obtenido empíricamente y no toma en cuenta la variación de viscosidad por temperatura. Las variaciones del coeficiente por velocidad, si las toma en cuenta, aunque el valor se considera para efectos de cálculo constante (Nogales y Quispe 2009), la fórmula aplicada a tubos es:

$$V = \frac{(R_h)^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} \dots \dots \dots (1)$$

$$R_h = \frac{A}{P_m} \dots \dots \dots (2)$$

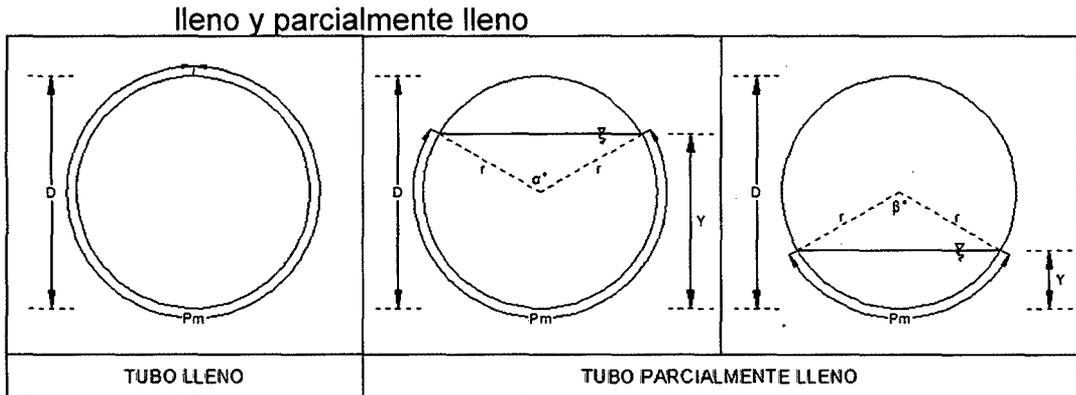
Donde:

- V : Velocidad del flujo (m/s)
- A : Área del tubo (m²)
- n : Coeficiente de Rugosidad (adim)
- P_m : Perímetro Mojado (m)
- S : Pendiente del tubo (m/m)
- R_h : Radio Hidráulico (m)

La ecuación de Manning es la más recomendable por su sencillez y los resultados satisfactorios, que da su aplicación en alcantarillas, colectores, canales de dimensiones grandes y pequeñas. La figura siguiente indica los elementos hidráulicos en un tubo parcial y totalmente lleno (Nogales y Quispe 2009).



Figura 1 – 1 Radio hidráulico, perímetro mojado, diámetro de tubo totalmente



Fuente: Nogales y Qispes 2009; Diseño y Métodos Constructivos de Sistemas de Alcantarillado y Evacuación de Aguas Residuales.

A partir de la ecuación de continuidad, se obtiene

$$Q = \frac{A}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

- Q : Caudal en (m³/s)
- A : Área del tubo (m²)
- n : Coeficiente de Rugosidad (adim)
- S : Pendiente del tubo (m/m)
- R_h : Radio Hidráulico (m)

1.2.8.1. Para tubo completamente lleno

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \dots \dots \dots (3)$$

$$Pm = \pi \cdot D \dots \dots \dots (4)$$

$$R_h = \frac{A}{P_m} = \frac{\frac{\pi \cdot D^2}{4}}{\pi \cdot D} = \frac{D}{4} \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

- D : Diámetro interno de la tubería (m)



La fórmula de Manning, para tubo completamente lleno, es la siguiente:

$$V = \frac{0.397}{n} \cdot D^{2/3} \cdot S^{1/2} \dots \dots \dots (6)$$

$$Q = \frac{0.312}{n} \cdot D^{8/3} \cdot S^{1/2} \dots \dots \dots (7)$$

1.2.8.2. Para tubo parcialmente lleno

1.2.8.2.1. Cuando es tubo parcialmente lleno, la fórmula es un poco más compleja. Para tubo lleno por arriba de la mitad ($d/D > 0.5$) las fórmulas del área, perímetro mojado y radio hidráulico son:

$$A = \frac{D^2}{4} \cdot \left(\pi - \frac{\alpha}{2} + \frac{\sin \alpha^\circ}{2} \right) \dots \dots \dots (8)$$

$$Pm = \frac{D}{2} \cdot (2 \cdot \pi - \alpha) \dots \dots \dots (9)$$

$$R_h = \frac{D}{4} \cdot \left[1 + \frac{\sin \alpha^\circ}{(2 \cdot \pi - \alpha)} \right] \dots \dots \dots (10)$$

Donde:

α° : Ángulo formado desde la superficie del agua hasta el centro del tubo

$$\alpha^\circ = 4 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{1 - K}{\sqrt{K - K^2}} \right) \text{ (Grados)} \quad \alpha = \alpha^\circ \cdot \frac{\pi}{180} \text{ (Rad)} \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

$$K = d/D \text{ para } K > 0.5$$

1.2.8.2.2. Para tubos por abajo de la mitad del diámetro ($d/D < 0.5$) las fórmulas del área, perímetro mojado y radio hidráulico son:



$$A = \frac{D^2}{4} \cdot \left(\frac{\beta}{2} - \frac{\sin \beta^\circ}{2} \right) \dots \dots \dots (12)$$

$$Pm = \frac{D}{2} \cdot \beta \dots \dots \dots (13)$$

$$R_h = \frac{D}{4} \cdot \left[1 - \frac{\sin \beta^\circ}{\beta} \right] \dots \dots \dots (14)$$

Donde:

β° : Ángulo formado desde la superficie del agua hasta el centro del tubo

$$\beta^\circ = 4 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{K}{\sqrt{K-K^2}} \right) \text{ (Grados)} \quad \beta = \beta^\circ \cdot \frac{\pi}{180} \text{ (Rad)} \dots \dots (15)$$

Donde:

$$K = d/D \text{ para } K \leq 0.5$$

Durante el diseño del sistema de alcantarillado, normalmente se conoce la relación entre el caudal de diseño y el caudal a tubo lleno (q/Q) y se desea hallar la relación entre el diámetro real y el diámetro a tubo lleno (d/D), radio hidráulico real y radio hidráulico a tubo lleno (r_h/R_H), la velocidad real y la velocidad a tubo lleno (v/V). La solución a este problema no es directa, pero se puede obtener en forma sencilla, tomando las fórmulas anteriores y reemplazando en la fórmula de Manning a tubo lleno (Nogales y Quispe 2009).

$$\frac{d}{D} = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \cos \frac{\beta^\circ}{2} \right) \dots \dots \dots (16)$$

$$\frac{r_h}{R_H} = 1 - \frac{180 \cdot \sin \beta^\circ}{\pi \cdot \beta} \dots \dots \dots (17)$$



$$\frac{v}{V} = \left(1 - \frac{180 \cdot \sin \beta^\circ}{\pi \cdot \beta}\right) \dots\dots\dots (18)$$

$$\frac{q}{Q} = \left(\frac{\beta}{360} - \frac{\sin \beta}{2 \cdot \pi}\right) \cdot \left(1 - \frac{180 \cdot \sin \beta}{\pi \cdot \beta}\right) \dots\dots\dots (19)$$

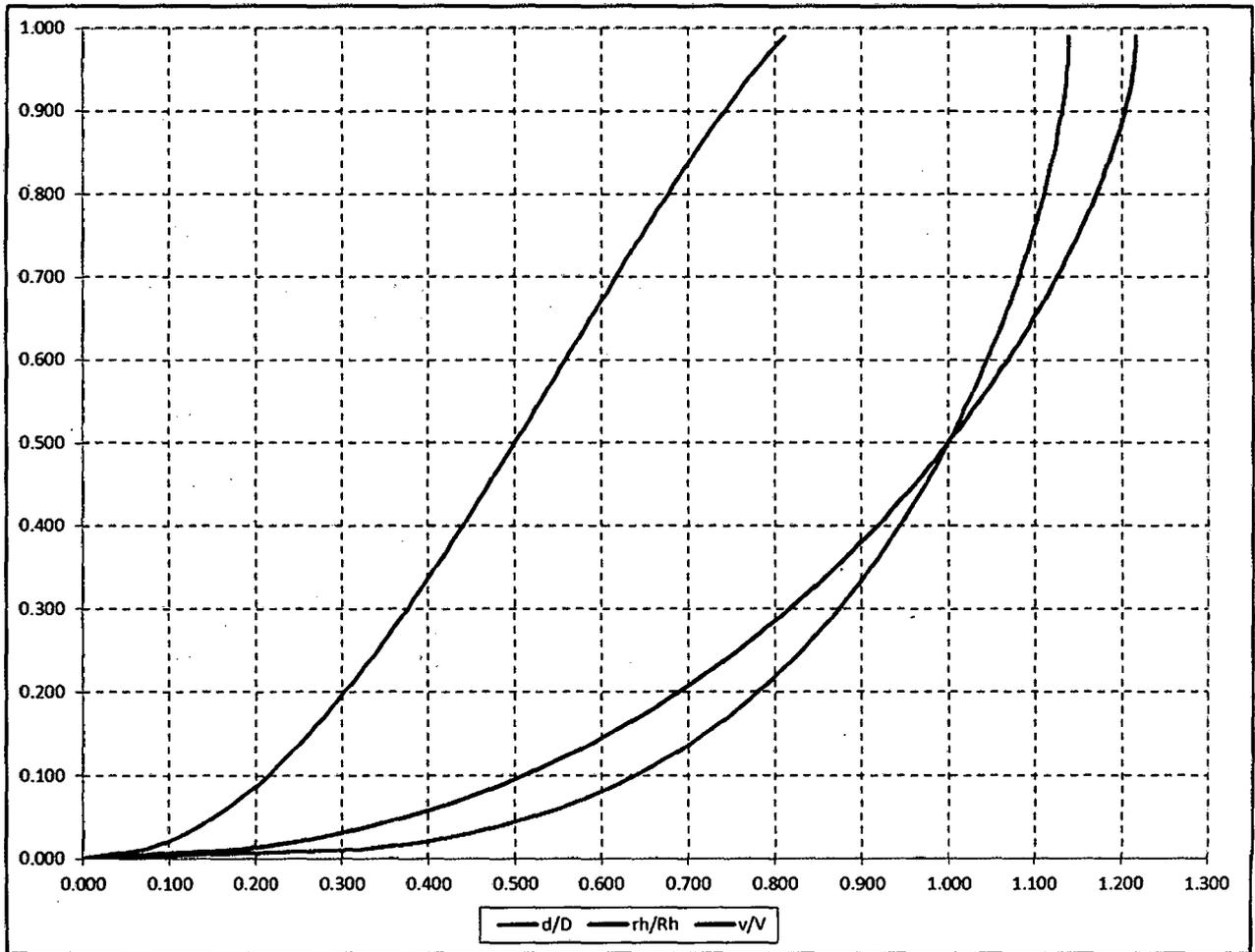
Con las fórmulas anteriores (16), (17), (18) y (19), se implementa la figura 1-2 y la tabla 1-1, para el cálculo más sencillo a tubo lleno.

Donde:

- q : Caudal a tubo parcialmente lleno (l/s).
- Q : Caudal a tubo lleno (l/s).
- d : Diámetro a tubo parcialmente lleno (mm).
- D : Diámetro a tubo lleno (mm).
- r_h : Radio hidráulico a tubo parcialmente lleno (m).
- R_h : Radio hidráulico a tubo lleno (m).
- v : Velocidad a tubo parcialmente lleno (m/s).
- V : Velocidad a tubo lleno (m/s).



Figura 1 – 2 Propiedades hidráulicas de la sección circular tubo parcial, y totalmente lleno



Fuente: Nogales y Quispe 2009; Diseño y Métodos Constructivos de Sistemas de Alcantarillado y Evacuación de Aguas Residuales.

**Tabla 1-1** Propiedades hidráulicas de la sección circular, tubo parcial y totalmente

lleno

$\frac{q}{Q}$	$\frac{d}{D}$	$\frac{r_h}{R_h}$	$\frac{v}{V}$
0.000	0.000	0.000	0.000
0.010	0.071	0.182	0.321
0.020	0.098	0.249	0.396
0.030	0.119	0.299	0.447
0.040	0.137	0.340	0.488
0.050	0.152	0.376	0.521
0.060	0.166	0.408	0.550
0.070	0.179	0.437	0.576
0.080	0.191	0.464	0.599
0.090	0.203	0.488	0.620
0.100	0.214	0.511	0.639
0.110	0.224	0.533	0.657
0.120	0.234	0.554	0.674
0.130	0.243	0.573	0.690
0.140	0.253	0.592	0.705
0.150	0.262	0.610	0.719
0.160	0.270	0.627	0.733
0.170	0.279	0.644	0.746
0.180	0.287	0.660	0.758
0.190	0.295	0.675	0.770
0.200	0.303	0.690	0.781
0.210	0.311	0.704	0.792
0.220	0.319	0.718	0.802
0.230	0.326	0.732	0.812
0.240	0.334	0.745	0.822
0.250	0.341	0.758	0.831
0.260	0.348	0.770	0.840
0.270	0.355	0.783	0.849
0.280	0.362	0.794	0.858
0.290	0.369	0.806	0.866
0.300	0.376	0.817	0.874
0.310	0.382	0.828	0.882
0.320	0.389	0.839	0.890
0.330	0.395	0.850	0.897
0.340	0.402	0.860	0.904
0.350	0.408	0.870	0.911
0.360	0.415	0.880	0.918
0.370	0.421	0.890	0.925
0.380	0.427	0.899	0.932
0.390	0.434	0.909	0.938
0.400	0.440	0.918	0.944
0.410	0.446	0.927	0.950
0.420	0.452	0.935	0.956
0.430	0.458	0.944	0.962
0.440	0.464	0.952	0.968
0.450	0.470	0.961	0.974
0.460	0.476	0.969	0.979
0.470	0.482	0.977	0.985
0.480	0.488	0.985	0.990
0.490	0.494	0.992	0.995

$\frac{q}{Q}$	$\frac{d}{D}$	$\frac{r_h}{R_h}$	$\frac{v}{V}$
0.500	0.500	1.000	1.000
0.510	0.506	1.007	1.005
0.520	0.512	1.015	1.010
0.530	0.518	1.022	1.015
0.540	0.523	1.029	1.019
0.550	0.529	1.036	1.024
0.560	0.535	1.043	1.028
0.570	0.541	1.049	1.033
0.580	0.547	1.056	1.037
0.590	0.552	1.062	1.041
0.600	0.558	1.069	1.045
0.610	0.564	1.075	1.049
0.620	0.570	1.081	1.053
0.630	0.576	1.087	1.057
0.640	0.581	1.093	1.061
0.650	0.587	1.098	1.065
0.660	0.593	1.104	1.068
0.670	0.599	1.110	1.072
0.680	0.605	1.115	1.075
0.690	0.611	1.120	1.079
0.700	0.616	1.125	1.082
0.710	0.622	1.131	1.085
0.720	0.628	1.135	1.088
0.730	0.634	1.140	1.091
0.740	0.640	1.145	1.095
0.750	0.646	1.150	1.097
0.760	0.652	1.154	1.100
0.770	0.658	1.159	1.103
0.780	0.664	1.163	1.106
0.790	0.670	1.167	1.108
0.800	0.677	1.171	1.111
0.810	0.683	1.175	1.113
0.820	0.689	1.179	1.116
0.830	0.695	1.182	1.118
0.840	0.702	1.186	1.120
0.850	0.708	1.189	1.123
0.860	0.715	1.193	1.125
0.870	0.721	1.196	1.126
0.880	0.728	1.199	1.128
0.890	0.735	1.201	1.130
0.900	0.742	1.204	1.132
0.910	0.749	1.206	1.133
0.920	0.756	1.209	1.135
0.930	0.763	1.211	1.136
0.940	0.770	1.212	1.137
0.950	0.778	1.214	1.138
0.960	0.786	1.215	1.139
0.970	0.794	1.216	1.139
0.980	0.802	1.217	1.140
0.990	0.811	1.217	1.140

Fuente: Nogales y Quispe 2009; Diseño y Métodos Constructivos de Sistemas de Alcantarillado y Evacuación de Aguas Residuales.



1.2.9. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

En las alcantarillas, el coeficiente de rugosidad debe considerarse constante, cualquiera sea el material empleado para su fabricación, cuando el agua fluya a más de la mitad de la sección. La causa que determina un valor constante para el coeficiente de rugosidad independiente del material de la alcantarilla, es la presencia sobre la superficie interna de la misma de una capa grasienta, lisa, pegajosa y viscosa denominada manto biológico, originada por las aguas residuales (Nogales y Quispe 2009).

Tabla 1-2 Coeficientes de rugosidad

MATERIAL	MANNING (n)
Tubos de concreto simple	0.013
Tubos de arcilla vitrificada	0.013
Tubos de asbesto cemento	0.013
Tubos de hierro fundido	0.012
Tubos de PVC	0.009
Canales de mampostería de ladrillo	0.015
Canales de mampostería de piedra cortada	0.017
Canales de tierra	0.025

Fuente: Nogales y Quispe 2009; Diseño y Métodos Constructivos de Sistemas de Alcantarillado y Evacuación de Aguas Residuales.

1.2.10. TENSIÓN TRACTIVA

Es el esfuerzo tangencial unitario asociado al escurrimiento por gravedad en la tubería de alcantarillado, ejercido por el líquido sobre el material depositado.

La ecuación de la tensión de arrastre, que representa un valor medio de la tensión a lo largo del perímetro mojado de la sección transversal considerada, está definida por (Norma Boliviana 688).

$$\sigma_{\tau} = \rho \cdot g \cdot R_h \cdot S \quad \dots \dots \dots (20)$$



Donde:

σ_{τ} : Tensión tractiva media o tensión de arrastre, en Pa.

ρ : Densidad del agua, 1000 kg/m³

g : Aceleración de la gravedad, 9.8 m/s.

R_h : Radio Hidráulico, en m

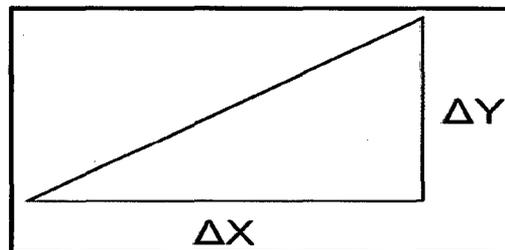
S : Pendiente del tramo de tubería, en m/m

1.2.11. PENDIENTE

El concepto de pendiente en si, es la relación que existe entre el desnivel (ΔY) y la distancia en horizontal (ΔX) que debemos recorrer. Se expresa normalmente en % o en grados (Ibañez, Gisbert y Moreno 2011)

$$Pendiente (o/oo) = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \cdot 1000 \quad \dots \dots (21)$$

Figura 1 – 3 Pendiente del Terreno



Fuente: Ibañez, Gisbert y Moreno 2011, La pendiente del terreno

1.2.11.1. Pendiente mínima

Las pendientes de las tuberías deben cumplir la condición de autolimpieza aplicando el criterio de tensión tractiva. Cada tramo debe ser verificado por el criterio de Tensión Tractiva Media (σ_{τ}) con un valor mínimo $\sigma_{\tau} = 1$ Pa calculada para el caudal inicial (Q_i) (RNE – Norma OS.070).



Por lo tanto:

Pendiente para tuberías con sección llena (Norma Boliviana 688).

$$S_{min} = \frac{\sigma_{\tau min}}{\rho \cdot g \cdot R_h} \dots \dots \dots (22)$$

Pendiente para tuberías con sección parcialmente llena (Norma Boliviana 688).

$$S_{min} = \frac{\sigma_{\tau min}}{\rho \cdot g \cdot \frac{D}{4} \left[1 - \frac{360 \text{ sen } \theta^\circ}{2\pi\theta^\circ} \right]} \dots \dots (23)$$

1.2.11.2. Pendiente máxima

La máxima pendiente admisible es la que corresponde a una velocidad final $V_f = 5$ m/s (RNE – Norma OS.070).

1.2.12. DIÁMETRO MÍNIMO EN LAS TUBERÍAS EN ALCANTARILLADO SANITARIO.

Los criterios de diseño de las redes convencionales especifican que el diámetro mínimo de las alcantarillas será 200 mm (8”), tanto en habilitaciones de uso de vivienda como de uso industrial.

Excepcionalmente y sólo en habilitaciones de uso de vivienda, podrá utilizarse alcantarillas de 150 mm (6”) de diámetro; siempre y cuando su necesidad se sustente en mejores condiciones hidráulicas de funcionamiento o por su ubicación en zonas accidentadas con calles angostas, pero de fuertes pendientes (OPS/CEPIS/2005).



1.2.13. TIPOS DE MATERIALES PARA TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Las tuberías para alcantarillado pueden ser clasificados en metálicos y no metálicos. Los materiales normalmente aceptados para sistema de alcantarillado son los siguientes (Nogales y Quispe 2009).

Tabla 1-3 Tipos de materiales en tuberías

TIPO DE TUBERIA	MATERIALES ACEPTADOS
Tubería Metálica	Tubería de fierro fundido
	Tubería de fierro dúctil
	Tubería de acero
	Otros
Tubería No Metálica	Tubería de cerámica
	Tubería de hormigón simple
	Tubería de hormigón armado reforzado
	Tubería de fibrocemento
	Tubería de poli cloruro de vinilo (PVC)
	Tubería de polietileno (PE)
	Tubería de termoplástica
	Tubería de polietileno de alta densidad
	Tubería de plástica termo-estable
Tubería de fibra de vidrio (resina termo-estable reforzada) RTR	
Tubería de mortero plástico reforzado RPM	

Fuente: Nogales y Quispe 2009; Diseño y Métodos Constructivos de Sistemas de Alcantarillado y Evacuación de Aguas Residuales.

1.2.13.1. Tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC).

El policloruro de vinilo (PVC) es el material que más se emplea en la actualidad, esto es debido a que es más económico, más liviano, fácil de instalar, durable y no se corroe, pero también tiene muchas desventajas, es más frágil y no se puede dejar en la intemperie, ya que se vuelve quebradizo (Aguilar 2007).



a) Características de tubos PVC

Nogales y Quispe (2009), describen las siguientes características de las tuberías de PVC.

- Son ligeras
- Inertes a las aguas agresivas y a la corrosión de las tierras
- No existe peligro de obstrucción en los tubos como resultado de la formación de residuos y óxidos. En consecuencia, podemos decir que la sección útil de los tubos permanece prácticamente invariable.
- Superficie interior de los tubos puede considerarse como “hidráulicamente lisa”.
- Los roedores y las termitas no atacan a los tubos de PVC rígido.
- Excelente comportamiento a las sobrepresiones momentáneas, tales como el golpe de ariete.
- Mejor comportamiento que los tubos tradicionales bajo los efectos de la helada.
- Inertes a los efectos de la corriente vagabundas y telúricas.
- No favorecen el desarrollo de algas ni hongos según ensayos de larga duración (5 años)

b) Juntas en tuberías de PVC

La tubería de PVC cuenta con dos tipos de uniones, la unión con campana y la unión de junta rápida. Para la unión con campana se requiere utilizar cemento solvente, para lo cual deben limpiarse perfectamente los bordes de la tubería y luego colocar el cemento solvente y empalmar los dos tubos. La unión de junta rápida trae un empaque de hule, el cual permite una unión más firme. La ventaja de la unión con campana está



en su costo y la ventaja de la junta rápida está en el tipo de unión que es más segura (Aguilar 2007).

1.2.13.2. Tubos de Hormigón Simple

Nogales y Quispe (2009) afirman; el uso de éste tipo de tuberías se remonta a la construcción de alcantarillas en Roma, 800 años a.c. y en nuestro continente las primeras instaladas fueron hechas por EEUU, en el año 1842 aproximadamente. Los tubos pueden ser de hormigón simple o de hormigón armado. Los tubos de hormigón, se fabrican en moldes metálicos, empleando hormigones ricos en dosificación de cemento. Existen variados métodos para la fabricación de estos tubos, por lo tanto a continuación se mencionarán los cinco sistemas más conocidos: vibro compresión, giro-compresión, centrifugación, precompresión y vibración simple. Preferentemente se utilizan los dos primeros sistemas para la fabricación de tubos de pequeño diámetro en cambio para tubos de hormigón armado, los tres últimos sistemas.

a) Fabricación por Vibrocompresión

Amancha (2012) afirma respecto a este sistema de fabricación lo siguiente.

Sistema de vibración.- El sistema de vibración actúa en dos etapas muy definidas en primer lugar se emplea en un intervalo de tiempo reducido para acomodar el volumen de material adecuado permitiendo así homogeneidad en la longitud de la tubería. Y en segunda instancia después de retirar manualmente el excedente de hormigón se dota de vibración que actúa en el mismo instante que la compresión



(vibro - compactación). Este sistema está dotado de dos motores que giran en un eje con excéntricas realizando el vibrado de la mesa y el molde.

Sistema de compresión.- Este sistema es accionado manualmente por un cilindro hidráulico el cual acciona el anillo de compactación giratorio (apisonador) que compacta la mezcla en el molde; así mismo se debe considerar el efecto de la gravedad por el peso del hormigón para este sistema.

b) Fabricación por giro-compresión

Nogales y Quispe (2009) describen que es el sistema más utilizado para la fabricación de grandes cantidades de tubos de hormigón. El método de fabricación por giro-compresión es un proceso combinado de moldeado, compactado y aislado. El grado de compactación del hormigón que se logra por este método es superior a la obtenida por vibro compresión, sin embargo, debido a que en este sistema se emplea una mezcla bastante seca, se debe cuidar la consistencia del cemento ya que es un componente muy importante de la trabajabilidad. Esta, hay que medirla a través del Cono de Abrahams que nos permite determinar el revenimiento respectivo.

c) Fabricación por centrifugación

Este proceso de fabricación se realiza en moldes cilíndricos horizontales, montados sobre ejes, los moldes reciben una determinada cantidad de hormigón, muy fluido, y que al girar el mismo durante un periodo de tres a cinco minutos, a gran velocidad (1200 r.p.m.) para los pequeños diámetros.

Las tuberías que se fabrican por este método pueden llevar armaduras de refuerzo en el caso de grandes diámetros, en cambio para abastecimientos de agua y para



alcantarillado en pequeños diámetros no se requiere tales armaduras (Nogales y Quispe 2009).

d) **Ventajas del uso de tubos de concreto**

La ATCO, describe las principales ventajas de los tubos de concreto.

- Gran durabilidad
- Pueden ser fabricados en diámetros mínimos hasta medidas especiales.
- Resistencia a esfuerzos dinámicos.
- No tienen rotura frágil, como ocurre con los tubos de materiales plásticos
- El tubo de concreto no es flamable.

e) **Juntas en tuberías de hormigón**

Nogales y Quispe (2009), afirma que en la unión de tuberías de hormigón se distinguen dos tipos de acoplamiento que son los más usados:

- Junta espiga – campana
- Junta machihembrada

En los dos tipos las juntas pueden ser rígidas o elásticas. En todo caso, es aconsejable la utilización de juntas elásticas por distintas razones de tipo técnico que deben ser especificadas con prioridad.

1.2.14. **CÁMARAS DE INSPECCIÓN**

Son disposiciones que permiten verificar el buen funcionamiento de la red del colector. Permiten efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento, accediendo a



realizar funciones, como conectar distintos ramales de un sistema, iniciar un ramal (Morales 2004).

a) Ubicación

Nogales y Quispe (2009) indican que la ubicación, y en consecuencia el número de Cámaras de Inspección deben ser objeto de un estudio especial ya que su costo incide en un porcentaje elevado en la construcción del sistema, por ello es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- Ubicar en los arranques de colectores.
- Ubicar en los cambios de dirección.
- Ubicar en los cambios de diámetro.
- Ubicar en cambios de pendiente.
- Ubicar para vencer desniveles.
- En las intersecciones de colectores.
- En tramos largos, de modo que la distancia entre dos cámaras consecutivas no exceda lo estipulado en la tabla 1-4.

b) Separación máxima

Los ítems que a continuación se describen han sido extraídos del RNE – Norma OS.070.

- La separación máxima entre las cámaras de inspección será:



Tabla 1-4 Separación máxima de cámaras de inspección

Diámetro Nominal de la Tubería (mm)	Distancia Máxima (m)
100 - 150	60
200	80
250 a 300	100
Diámetros mayores	150

Fuente: RNE – Norma OS.070

- Otro criterio que podría considerarse en los diseños, es el que considera la separación de las cámaras de inspección en función a la utilización de equipos y métodos de limpieza, sean estos manuales o mecanizados:
- Si se utiliza equipo manual como ser varillas flexibles y sus respectivos accesorios, la distancia entre cámaras podrá ser de 50 a 70 m.
- Si se utiliza equipo mecánico (Sewer Roder), la distancia entre cámaras puede llegar a 100 m. y avanzar aún hasta los 150 m.

Si los diámetros de los colectores son visitables y permiten una limpieza directa por un operador, la distancia puede ampliarse a 150 ó 200 m (OPS/CEPIS/2005).

c) Tipos

El RNE – Norma OS.070 indica los tipos de cámaras de inspección que a continuación se describen.

- Cajas de inspección o buzonetos

Se deberán emplear solo en vías peatonales cuando la profundidad sea tal que permita recubrimiento menor de 1 m sobre la clave del tubo. Sus dimensiones serán determinadas de acuerdo a los diámetros y profundidad de las tuberías.



- **Buzones**

Se deberán emplear cuando la profundidad sea tal que permita recubrimiento mínimo de 1 m. sobre la clave del tubo. El diámetro interior de los buzones será 1.20 m. para tuberías de hasta de 800 mm de diámetro y de 1.50 m. para tuberías hasta de 1200 mm de diámetro. Los buzones podrán ser prefabricados o contruidos en obra. El techo será una loza removible de concreto armado y llevara una abertura de acceso de 0,60 m de diámetro.

d) Canaletas media caña

En el fondo de las cámaras de inspección, se deberá diseñar media caña en dirección del flujo, y una pendiente del 25% entre el borde de la media caña y las paredes laterales de la cámara (OPS/CEPIS/2005).

e) Cámaras con caída

En los pozos de inspección o visita, pueden existir desniveles en la entrada y salida de las alcantarillas de 30 cm o excepcionalmente hasta de 100 cm. para caudales pequeños, estos desniveles se absorben en los canales semicirculares de enlace mediante pendiente uniforme. Para mayores desniveles que provocan velocidades elevadas, se procede a utilizar los pozos con caída con elementos de enlace. Los niveles entre 20 y 40 cm pueden solucionarse incluyendo los mismos en los canales semicirculares. Para desniveles mayores 0.75 m, se deben instalar tuberías de caída que unan el colector con el fondo de la cámara empleando un codo de 90°, además la cámara deberá ser ampliada en el sector inferior del cuerpo de la misma. Para



mayores desniveles se procede a utilizar pozos de caída con accesorios de enlace (Nogales y Quispe 2009).

f) **Control de remanso**

Para evitar la formación de remansos, el fondo de la cámara de inspección deberá tener una pendiente similar a la pendiente mayor de los conductos que llegan a ella (OPS/CEPIS/2005).

1.2.15. TOPOGRAFÍA

Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos que permiten determinar la posición de puntos sobre la superficie de la tierra, considerando aspectos planimétricos y altimétricos. El conjunto de operaciones para determinar posiciones de puntos respecto de un sistema de referencia, y su posterior representación en un plano a escala adecuada, es lo que en Topografía se conoce con el nombre de "Levantamiento Topográfico" (Toledo Ibarra).

1.2.15.1. Tipos de topografía por su relieve

Céspedes (2001) afirma que el relieve de un terreno se clasifica según los ítems

1.2.15.1.1. – 1.2.15.1.2. – 1.2.15.1.3.

1.2.15.1.1. Topografía Plana

Cuando el terreno en sentido transversal a un determinado eje, tiene una inclinación menor de 10° .



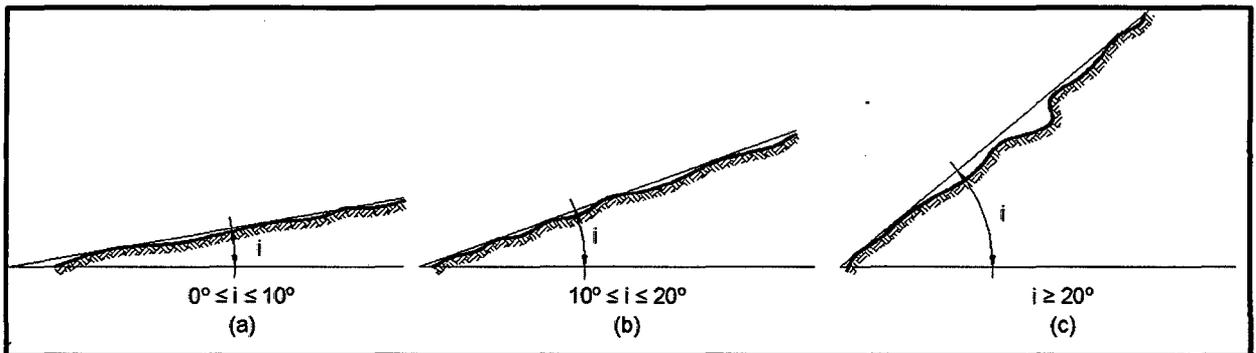
1.2.15.1.2. Topografía Ondulada

Cuando el terreno en sentido transversal a un determinado eje, tiene una inclinación que fluctúa entre 10° y 20° .

1.2.15.1.3. Topografía Accidentada

Cuando el terreno en sentido transversal al trazo tiene una inclinación mayor de 20° .

Figura 1 – 4 Clases de terreno por su relieve



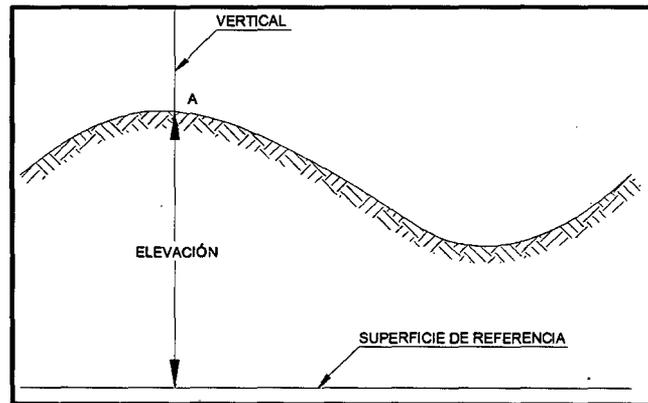
Fuente: Céspedes 2001, Carreteras Diseño Moderno

1.2.16. NIVELACIÓN

La nivelación es el proceso de medición de elevaciones o altitudes de puntos sobre la superficie de la tierra. La elevación o altitud es la distancia vertical medida desde la superficie de referencia hasta el punto considerado. La distancia vertical debe ser medida a lo largo de una línea vertical definida como la línea que sigue la dirección de la gravedad o dirección de la plomada (Casanova 2002).



Figura 1 – 5 Elevación o altitud a un punto



Fuente: Casanova 2002, Topografía Plana

1.2.16.1. Nivelación Geométrica

Amores y Bayas (2012), afirma que a la nivelación geométrica se la conoce como nivelación de precisión la misma que en la Conferencia de la Asociación Geodésica internacional desarrollada en Hamburgo 1912, se acuerda clasificar como “Nivelación de alta precisión” a toda línea o red de líneas, niveladas dos veces en sentidos opuestos, con un operador en cada sentido en fechas distintas y cuyo error accidental sea $e \leq 1,5 \text{ mm } \sqrt{k}$, siendo k la distancia en km de la línea. La nivelación geométrica es la encargada de medir la diferencia de nivel entre dos puntos a partir de la visual horizontal, observando desde el nivel, hacia las miras colocadas en dichos puntos.

Existen dos tipos de nivelación geométrica:

Nivelación geométrica simple

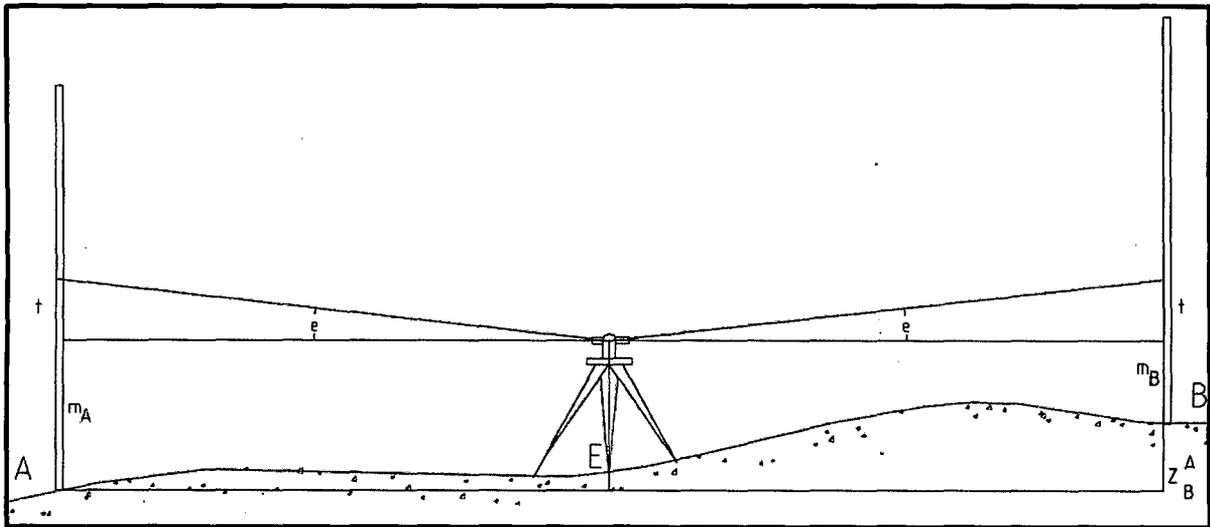
Es cuando los puntos a nivelar se encuentran dentro de los límites del campo topográfico y el desnivel se lo puede estimar con una sola estación.



Este método consiste en estacionar el nivel en medio de dos puntos figura 1-6, de tal forma que la distancia sea equidistante y se calcula el desnivel entre dos puntos mediante la fórmula 24 (Amores y Bayas 2012).

El esquema de observación es el siguiente:

Figura 1 – 6 Nivelación geométrica



Fuente: Farjas 2010, Nivelación Geométrica

De la figura se deduce que el desnivel de B respecto de A, ΔH_A^B , vendrá dado por la diferencia de lecturas, lectura de espalda menos lectura de frente:

$$\Delta H_A^B = m_A - m_B \quad \dots \dots \dots (24)$$

El desnivel vendrá dado por la diferencia de los hilos centrales de las lecturas sobre las miras. Siempre se efectúan las lecturas de los tres hilos: inferior, central y superior. Se comprueba en el momento de realizar la observación que la semisuma de las lecturas de los hilos extremos es igual a la lectura del hilo central ± 1 mm, y se da por válida la observación. Se dan por válidas las lecturas, pero no se modifican. El hilo central ha de ser el observado.



Si la semisuma no fuese igual a la lectura del hilo central ± 1 mm, se repetirán las tres lecturas. (Farjas 2010)

$$COTA B = COTA A + \Delta H_A^B \dots (25)$$

Nivelación geométrica compuesta

Es cuando los puntos están separados a una distancia mayor que el límite del campo topográfico o el alcance de la visual, en esto es necesario la colocación de estaciones intermedias (Amores y Bayas 2012).

1.2.17. TAQUIMETRÍA

Consiste en la toma de puntos de un determinado terreno, para posteriormente dibujarlo a una escala adecuada. Puede ser de carácter planimétrico y/o planimétrico y altimétrico. Por otra parte, para realizar esta actividad se utiliza el taquímetro como instrumento de medición (Toledo Ibarra).

1.2.17.1. Levantamiento Topográfico

Se entiende por levantamiento topográfico al conjunto de actividades que se realizan en el campo con el objeto de capturar la información necesaria que permita determinar las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno, ya sea directamente o mediante un proceso de cálculo, con las cuales se obtiene la representación gráfica del terreno levantado, el área y volúmenes de tierra cuando así se requiera (Pachas 2009).



1.2.17.2. Formas de realizar un Levantamiento

1.2.17.2.1 Por simple radiación

En este caso desde una sola posición instrumental se realiza la toma de datos. Esto quiere decir que solo con ubicar el instrumento en un punto “estratégico”, a partir de allí efectuar la totalidad de las mediciones (Toledo Ibarra).

1.2.17.2.2 A partir de una base

Aquí lo que se hace previamente es definir dos puntos en terreno, los cuales pasan a conformar una base de medición. Luego posicionando con el instrumento en cada una de ellas, y vinculando adecuadamente ambos puntos, realizar levantamiento por radiación desde cada vértice, según se indica en la figura. Es importante agregar que ambos vértices deben estar necesariamente “amarrados” topográficamente (conocer o determinar coordenadas de ambos), para posteriormente, a partir de ellos determinar coordenadas de los puntos de relleno que resulten del levantamiento (Pachas 2009).

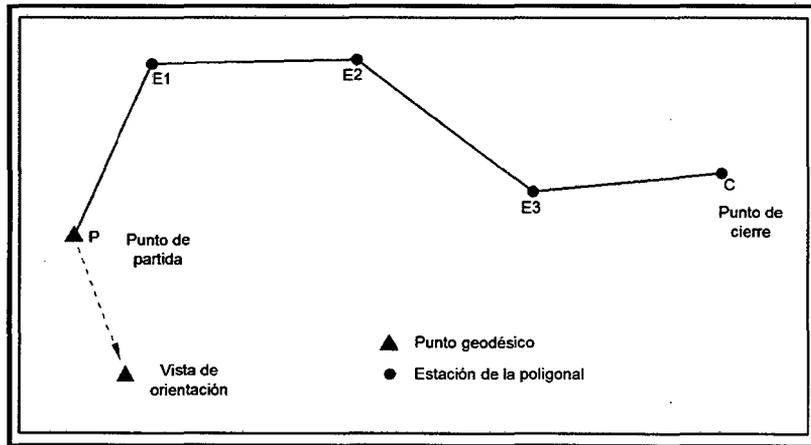
1.2.17.2.2.1 Poligonal abierta

Corresponde a una figura conformada por varios trazos, materializado en terreno por estacas (madera, fierro, clavos, etc.). Esta figura tiene la particularidad de no tener formas de comprobación, ya que se parte desde un punto que posiblemente sea conocido (tiene coordenadas), pero se termina en uno que no lo es. Por lo tanto, su uso esta restringido para trabajos relativamente pequeños, en donde no existe la necesidad de cerrar la figura. Para los efectos de realizar el levantamiento



propiamente tal, se trabaja de la misma forma consignada en el caso anterior, es decir, levantamiento por radiación en desde cada estación (Toledo Ibarra).

Figura 1 – 7 Poligonal abierta



Fuente: Benoit FROMENT, Especificaciones Técnicas para levantamientos topográficos con Estación Total

1.2.17.3. Levantamiento Topográfico con Estación Total

1.2.17.3.1. Estación Total

Se conoce con este nombre, al instrumento que integra, en un sólo equipo las funciones realizadas por el teodolito electrónico, un medidor electrónico de distancias y un microprocesador para realizar los cálculos que sean necesarios para determinar las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno (Toledo Ibarra).

1.2.17.3.2. Procedimiento para el levantamiento topográfico

Pachas (2009) describe que el modo de operar una Estación Total es similar al de un teodolito electrónico.



- Se comienza haciendo estación en el punto topográfico y luego se procede a la nivelación del aparato.
- Para iniciar las mediciones es necesario orientar la Estación Total previamente, para lo cual se requiere hacer estación en un punto de coordenadas conocidas o supuestas y conocer un azimut de referencia, el cual se introduce mediante el teclado.
- Para la medición de distancias el distanciómetro electrónico incorporado a la Estación Total calcula la distancia de manera indirecta en base al tiempo que tarda la onda electromagnética en viajar de un extremo a otro de una línea y regresar.



CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1.1. SELECCIÓN DEL PROBLEMA

Por su concentración, inmenso volumen y su composición, no existe fuente de contaminación más intensa que los drenajes de aguas servidas¹; es por ello que en el mundo se ha tratado este problema de manera prioritaria, en el año 2008 fue declarado el Año Internacional del Saneamiento por las Naciones Unidas con la meta de reducir a la mitad la población mundial sin servicios básicos de saneamiento para 2015².

En el Perú, durante mucho tiempo la preocupación de las autoridades municipales o departamentales estaba más ocupada en construir redes de agua potable, dejando para un futuro indefinido la construcción de las redes de alcantarillado; actualmente éstas se consideran un servicio básico en las construcciones de nuevas urbanizaciones.

En nuestro departamento, una de las causas principales de las altas tasas de mortalidad y enfermedades gastrointestinales, se debe al inadecuado manejo de las excretas y sistema de alcantarillado que se presenta en las ciudades de nuestra región. En la ciudad de Cajamarca, la EPS SEDACAJ S.A., es la empresa

¹ http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lar/manilla_l_m/capitulo6.pdf

² <http://academic.uprm.edu/taccei/index.php/RIDNAIC/article/viewFile/235/273>



responsable de la prestación de los servicios de alcantarillado, y tiene una cobertura de 87% del casco urbano. La recolección de aguas servidas se realiza a través de 207.10 Km, de colectores de 6" y 8"; y de Interceptores y Emisores de 10" a 18" cuyos materiales corresponden a tuberías de concreto simple, PVC y asbesto-cemento³.

El crecimiento vertiginoso de la población, tanto en el sentido horizontal como vertical, determinan un mayor aporte de aguas servidas a la red de alcantarillado; en el Jirón La Cantuta, se tiene tuberías existentes de concreto simple normalizado de 8" de diámetro y tienen una antigüedad mayor a 20 años, esto significa que ya cumplieron su vida útil de capacidad y calidad; los colectores existentes aún realizan el transporte de las aguas servidas, sin embargo; el mayor volumen de éstas, la antigüedad de las tuberías y la poca pendiente que existen en la red, dan como resultado que las tuberías no soporten los caudales aportantes y las aguas servidas afloran por los buzones, ya que no existe capacidad de transporte.

Las fallas frecuentes en los sistemas de suministro de redes de alcantarillado deterioran las condiciones de salubridad en los pobladores de las áreas de influencia, perjudicando el normal desarrollo de las actividades en la zona.

2.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la situación actual de la red de alcantarillado en el Jr. La Cantuta debido a los incrementos de caudales y envejecimiento de la tubería?

³ Expediente Técnico: "Ampliación de Redes de Alcantarillado 2007-2009 en la Ciudad de Cajamarca, V Etapa"



2.1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En 1996, la Asociación Temporal Sta. Apolonia ejecuta la Obra, *Ampliación Sistema de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Sectores Urbano Marginales de la Ciudad de Cajamarca*, en dicha obra se ejecutó la red de alcantarillado sanitario en el Jirón La Cantuta, íntegramente con tubería de concreto simple normalizado.

El crecimiento de la población en las últimas dos décadas y la deficiencia hidráulica en la red de alcantarillado sanitario, traen consigo la poca capacidad y calidad de servicio de las redes, y como consecuencia el colapso de los buzones existentes y contaminación de las áreas de influencia. Lo anterior conlleva al incremento de enfermedades gastrointestinales perjudicando principalmente a los menores de edad.

Consecuentemente, existe la necesidad de evaluar la red de alcantarillado de nuestra ciudad, principalmente en aquellos tramos en donde existen deficiencias hidráulicas; esta metodología será de utilidad para la empresa prestadora de servicios y gobierno local, para evaluaciones futuras de redes de alcantarillado; además de brindar lo necesario para el buen funcionamiento de redes de alcantarillado sanitario.

2.1.4 LIMITACIONES Y RESTRICCIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Alcances

Con la evaluación y datos obtenidos en la red de alcantarillado sanitario del Jirón La Cantuta, podremos entender el porqué del colapso de buzones y formular una alternativa de solución a este problema para beneficiar a los moradores de la zona de influencia de esta red.



Esta metodología sirve como referencia para futuras evaluaciones de redes de alcantarillado sanitario, que pudiese realizar la empresa prestadora de servicios y personas interesadas en el tema.

Limitaciones

En la evaluación de la red de alcantarillado sanitario intervienen diversos factores, este trabajo de investigación sólo se limitará al análisis básicamente de la pendiente de la red, tirante de agua; dejando de lado las aguas pluviales.

2.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1. Objetivo General

✓ Evaluar la red de alcantarillado del Jirón La Cantuta de la ciudad de Cajamarca.

2.2.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar el caudal real en la red de alcantarillado del Jirón La Cantuta.
- ✓ Determinar la pendiente adecuada para la autolimpieza de la tubería en el tramo indicado.
- ✓ Proponer una alternativa de solución al colapso de los buzones en Jirón La Cantuta.

2.3. HIPÓTESIS

La red de alcantarillado en el Jirón La Cantuta es deficiente hidráulicamente.



2.4. VARIABLES

2.4.1. Variable Dependiente.

- ✓ Caudal.
- ✓ Tirante Hidráulico.

2.4.2. Variables Independientes

- ✓ Pendiente (Variable a analizar).
- ✓ Coeficiente de Manning.

2.5. TIPOS DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS

2.5.1 Tipo de Investigación

Será del tipo descriptiva y transversal, descriptiva porque permitirá describir el comportamiento hidráulico que se produce en la red de alcantarillado existente; y transversal porque se realizará en un determinado tiempo.

2.5.2 Tipo de Análisis

Se empleó el tipo No Experimental pues los datos se recogieron de la realidad; se observó los fenómenos tal y como se dan en su contexto, para después analizarlos.



2.6. DESCRIPCION DE LA ZONA

2.6.1. Ubicación Política

- ✓ Región : Cajamarca
- ✓ Provincia : Cajamarca
- ✓ Distrito : Cajamarca
- ✓ Sector : Sector 9 – Pueblo Libre

2.6.2. Ubicación Geográfica

El Jirón La Cantuta se ubica al Sur Este de la Ciudad de Cajamarca con respecto a la Plaza de Armas, entre las coordenadas UTM 776522.871E, 9207216.035N y 776042.399E, 9207754.222N, delimitado por la Avenida Atahualpa y Jirón El Inca, como se puede apreciar en el anexo A.

2.6.3. Accesos

El Jirón La Cantuta, se encuentra en la zona urbana de la ciudad de Cajamarca, teniendo acceso directo a través de las Avenidas Atahualpa y Universitaria; además de los jirones El Inca, Manuel Ibañez Rozasa, Los Topacios, Luis Rebaza Neira, Clodomiro Cerna, Los Nogales, Cardosanto y Bugambillas como se muestra en el anexo B.

2.6.4 Altitud Promedio

La zona en estudio tiene una altitud promedio 2677.952 m.s.n.m.



2.6.5. Clima

Se aprecia claramente que hay dos períodos bien marcados durante el año; uno de lluvias abundantes que se reparten entre enero-abril y octubre-diciembre, con registro máximo en el mes de marzo (123mm) y otro de ocurrencia escasa entre mayo-septiembre, con valores mínimos en julio (8.2mm).

2.6.6. Temperatura Promedio Anual

La temperatura máxima mensual en el distrito de Cajamarca es de 20°C y la mínima de 5.1°C. La temperatura promedio muestra que los meses más fríos están entre mayo-agosto y los más cálidos entre septiembre y abril.

2.6.7. Periodo de la investigación

Los trabajos de campo se realizaron el en mes de febrero del año en curso.

2.6.8. Topografía

La inclinación del relieve en la zona de estudio es menor de 10°, por lo tanto, de acuerdo a lo estipulado en el ítem 1.2.15.1.; la topografía de la zona es Plana.

2.6.9. Servicios Existentes

El Jirón La Cantuta tiene una longitud aproximada de 750 m, esta vía cuenta con dos carriles, de sección promedio 6.40m debidamente pavimentada, con pavimento rígido y pavimento adoquinado; además cuenta de una berma central.

La zona en estudio cuenta con servicios de agua potable, energía eléctrica y SERVICIO DE ALCANTARILLADO, el cual está íntegramente constituido por tubería



de concreto simple normalizado y data de los años 90, cuenta con buzones de concreto simple de profundidades que varían desde 1.10m hasta 2.15m ubicados en el centro del carril con pavimento rígido como se aprecia en el plano PL-01.

2.7. DISEÑO METODOLÓGICO

2.7.1. TRABAJO DE CAMPO

2.7.1.1. Nivelación geométrica

Equipos

- Nivel de Ingeniero (01 und)
- Trípode (01 und)
- Miras (02 und)

Procedimiento

- a. Ubicar los buzones 1, 2, 3, 4, 5, etc. seleccionar un tramo de red de alcantarillado, en donde un buzón tiene cota conocida y el otro cota desconocida, por ejemplo 1-2, donde buzón 1 es de cota conocida y buzón 2 de cota desconocida, nivelar el equipo, en lo posible, al centro de estos dos buzones contiguos.
- b. Colocar y nivelar la mira en el centro de la tapa del buzón 1, visar con el nivel de ingeniero y anotar la lectura del hilo central (m_A)



- c. Ubicar y nivelar la mira en el centro de la tapa del buzón 2, visar con el nivel de ingeniero y anotar la lectura del hilo central (m_B), esta lectura nos permite calcular la cota del buzón 2, la cual sirve para el tramo 2-3.
- d. Del mismo modo se procedió a realizar estos pasos en todos los tramos de red de alcantarillo sanitario de la zona en estudio.

BUZON	m_A (m)	m_B (m)
BZ01	0.453	
BZ02	1.126	2.667
BZ03	1.421	2.114
BZ04	1.496	1.719
BZ05	1.170	1.744
BZ06	0.585	1.890
BZ07	1.330	1.989
BZ08	1.384	1.043
BZ09	1.509	1.756
BZ10	1.458	1.811
BZ11		
BZ12		
BZ13		
BZ14		



(a) Libreta de Campo

(b) Nivelación de Tapas de buzón

Figura 2 – 1 Nivelación geométrica y libreta de campo

2.7.1.2. Levantamiento topográfico

Equipos

- Estación Total Leica TCR 407 Power (01 und)
- Trípode (01 und)
- Prisma (02 und)
- Bastón porta prisma (02 und)
- Wincha de 5m (01 und)



- Pintura (1/4 gln)

Tabla 2-1 Datos técnico de Estación Total Leica TCR 407 Power

DATOS TÉCNICOS ESTACIÓN TOTAL LEICA TCR 407 POWER	
Medición de ángulos (Hz, V)	
Método	absoluto, continuo
Resolución de Pantalla	0.01 mil
Desviación Típica (ISO 17123-3)	7" (2 mgon)
Anteojó	
Aumento	30 X
Campo Visual	1° 30' (26m - 1 km)
Distancia mínima de enfoque	1.7m
Reticulo	iluminado
Compensador	
Sistema	Compensador electrónico de aceite de dos ejes
Precisión de estabilización	2"
Medición de distancias con prisma (IR)	
Alcance de medición con prisma circular GPR1	3500m
Medición con dianas reflectantes (60mm x 60mm)	250m
Desviación Típica (ISO 17123-4) (Preciso/Rápido/Tracking)	2mm+2ppm/5mm+2ppm/5mm+2ppm
Tiempo para una medición (Preciso/Rápido/Tracking)	typ. 2.4s / 0.8s / <0.15s
PinPoint medición de distancias sin prisma (RL)	
Alcance:	PinPoint R400 («power») > 400m (90% reflectivo)
(condiciones atmosféricas medias)	PinPoint R1000 («ultra») >1000m (90% reflectivo)
	Láser al prisma circular GPR 7500m
Desviación Típica (ISO 17123-4)	0-500m 2mm+2ppm
	>500m 4mm+2ppm
Tiempo por medición (Normal/Tracking)	tip. 3 - 6 s, máx 12s
Tamaño del punto laser a 100m	12mm x 40mm
Comunicación	
Almacenamiento interno de datos	12500 mediciones ó 18000 puntos fijos
Interfaz	RS232
Formato de datos	GSI / IDEX / ASCII / dxf / formato de libre definición
Operación	
Pantalla	Gráfica de 160 x 280 píxeles Alfanumérico 8 líneas x 31 characters
Plomada laser	
Tipo	Punto laser, luminosidad ajustable en pasos
Precisión	1.5 mm a 1.5 m de altura del instrumento
Condiciones Ambientales	
Intervalo de temperaturas (en funcionamiento)	-20° C a + 50° C (-4° F a +122° F)
Resistencia a salpicaduras y polvo (IEC 60529)	IP55
Humedad	95% sin condensación



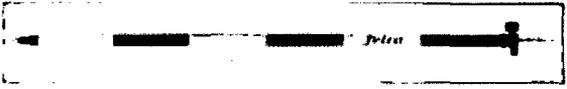
Fuente: Geo Systems



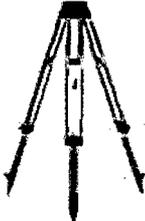
Tabla 2-2 Datos de equipo utilizado en levantamiento topográfico

DATOS TÉCNICOS DE PRISMA	
Modelo	GPR1+GPH1
Imagen	
Material	Plástico
Precisión de centrado	2.0 mm
Constante de Prisma	0

(a) Prisma

DATOS TÉCNICOS DE BASTÓN	
Modelo	GLS 111
Imagen	
Material	Aluminio
Tipo	Telescópico
Graduación	Rojo y blanco - en cm y ft
Longitud	1.40m - 2.60m

(b) Bastón telescópico

DATOS TÉCNICOS DE TRÍPODE	
Modelo	GST05L
Imagen	
Material	Aluminio
Tratamiento de Superficie	Ninguno
Abrazadera de la Pata	Tornillo central
Peso	4.6 kg
Altura máxima	176 cm
Clasificación ISO	Ligero

(c) Trípode

Fuente: Geo Systems

Procedimiento

- a. Reconocer el lugar de interés y ubicar puntos fijos y marcarlos con la pintura, para que sirvan de BM's, de tal manera que observen uno a otro de forma contigua y al unir éstas formen una poligonal de apoyo abierta.
- b. Se comienza haciendo estación en un punto marcado anteriormente, de coordenadas conocidas, y luego se procedió a la nivelación de la estación.



- c. Se estaciona el equipo, colocando las coordenadas del punto sobre el cual se ha nivelado y la altura de instrumento.
- d. Se ingresa las coordenadas de un segundo punto, el cual tiene que ser visible desde donde se encuentra la estación nivelada, se visa a éste y el quipo quedó orientado.
- e. Se procedió a la colocación del prisma en los puntos de interés como buzones, postes, etc incluido los puntos pertenecientes a la poligonal, con el equipo se ubicó el prisma y se realizó a la lectura de las coordenadas.
- f. Del mismo modo se repitieron los pasos b, c, d, e, para la obtención de las coordenadas x, y, z, de la zona en estudio.



(a) Punto fijo (BM)



(b) Punto de interés (buzón)

Figura 2- 2 Punto fijo de estación y punto de interés para el estudio

2.7.1.3. Profundidad de buzón

La altura de buzón se obtuvo midiendo con una wincha de 5m directamente en los buzones no colapsados, en aquellos buzones colapsados se asumió la altura recolectada en los planos de la empresa SEDACAJ S.A.



Tabla 2 – 3 Profundidad de buzones existentes

BUZON	PROF. (m)
BZ01	1.70
BZ02	1.12
BZ03	1.10
BZ04	1.22
BZ05	2.13
BZ06	1.75
BZ07	1.40
BZ08	1.49
BZ09	1.38
BZ10	1.83
BZ11	1.63
BZ12	1.68
BZ13	1.52
BZ14	1.51



Figura 2 – 3 Medición con wincha de profundidad de buzones

2.7.1.4. Tirante de Agua (d)

El tirante de agua se obtuvo midiendo con una wincha de 5m directamente dentro de los buzones no colapsados.



Tabla 2 – 4 Tirante de agua en los tramos existentes

TRAMO		d
Del	Al	(m)
BZ01	BZ02	0.013
BZ02	BZ03	0.017
BZ03	BZ04	0.018
BZ04	BZ05	0.012
BZ05	BZ06	0.060
BZ06	BZ07	0.050
BZ07	BZ08	0.020
BZ08	BZ09	0.090
BZ09	BZ10	Tramo colapsado
BZ10	BZ11	Tramo colapsado
BZ11	BZ12	0.090
BZ12	BZ13	0.120
BZ13	BZ14	0.110



Figura 2 – 4 Medición con wincha de tirante de agua en buzones

2.7.2. TRABAJO DE GABINETE

2.7.2.1. Cota de tapa de buzones (C.T.)

Realizada la nivelación geométrica, todos los buzones han quedado identificados (ver anexo B), y de los cuales se obtuvo las lecturas de m_A y m_B de cada buzón; para el cálculo de la cota de tapa primero se calculó el desnivel que existe entre buzones contiguo mediante la fórmula 24, para luego calcular la cota de tapa mediante la fórmula 25.



Tabla 2 – 5 Lecturas obtenidas en la nivelación geométrica

BUZON	m_A (m)	m_B (m)
BZ01	0.453	
BZ02	1.126	2.667
BZ03	1.421	2.114
BZ04	1.496	1.719
BZ05	1.170	1.744
BZ06	0.585	1.890
BZ07	1.330	1.989
BZ08	1.384	1.043
BZ09	1.509	1.756
BZ10	1.458	1.811
BZ11	1.290	1.721
BZ12	1.401	1.770
BZ13	1.428	1.639
BZ14		1.632

a) Tramo BZ01 – BZ02

- Desnivel, la ecuación 24.

$$H_B^A = m_A - m_B = 0.453 - 2.667 = -2.214m$$

- Cota de tapa de buzón BZ02, ecuación 25.

$$Cota\ BZ01 = 2684.208\ m.\ s.\ n.\ m.\ (conocida)$$

$$Cota\ BZ02 = Cota\ BZ01 + \Delta H_B^A = 2684.208 + (-2.214)$$

$$Cota\ BZ02 = 2681.994\ m.\ s.\ n.\ m.$$

b) Tramo BZ02 – BZ03

- Desnivel, la ecuación 24.

$$H_C^B = m_B - m_C = 1.126 - 2.114 = -0.988m$$

- Cota de tapa de buzón BZ03, ecuación 25.

$$Cota\ BZ02 = 2681.994\ m.\ s.\ n.\ m.\ (conocida\ en\ el\ paso\ anterior)$$

$$Cota\ BZ03 = Cota\ BZ02 + \Delta H_C^B = 2681.994 + (-0.988)$$

$$Cota\ BZ03 = 2681.006\ m.\ s.\ n.\ m.$$



Del mismo modo se procedió para los demás tramos, obteniéndose las cotas de las tapas de cada buzón existente, en la tabla 2-6 se presenta en forma resumida la nivelación geométrica realizada.

Tabla 2 - 6 Cotas de tapa de buzones existentes

BUZON	m_A (m)	m_B (m)	ΔH_A^B (m)	COTA DE TAPA m.s.n.m.
BZ01	0.453			2684.208
BZ02	1.126	2.667	-2.214	2681.994
BZ03	1.421	2.114	-0.988	2681.006
BZ04	1.496	1.719	-0.298	2680.708
BZ05	1.170	1.744	-0.248	2680.460
BZ06	0.585	1.890	-0.720	2679.740
BZ07	1.330	1.989	-1.404	2678.336
BZ08	1.384	1.043	0.287	2678.623
BZ09	1.509	1.756	-0.372	2678.251
BZ10	1.458	1.811	-0.302	2677.949
BZ11	1.290	1.721	-0.263	2677.686
BZ12	1.401	1.770	-0.480	2677.206
BZ13	1.428	1.639	-0.238	2676.968
BZ14		1.632	-0.204	2676.764

2.7.2.2. Distancia entre buzones

Terminado el levantamiento topográfico se obtuvo las coordenadas x,y,z de los puntos de interés; las cuales fueron procesadas mediante el software AutoCAD Civil 3D Land Desktop Companion 2009, para ubicar las estructuras existente de la zona, principalmente los buzones, y calcular las distancias horizontales que existen entre ellos.

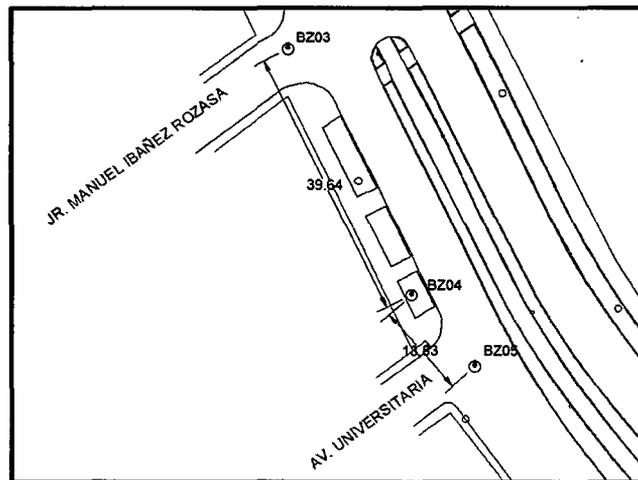


Figura 2 – 5 Medición de Distancias entre buzones en Auto Cad

En Auto Cad se calculó las distancias entre buzones existentes, en la tabla 2-7 se presenta los datos obtenidos.

Tabla 2 – 7 Longitud horizontal entre buzones existentes

TRAMO		LONGITUD
DEL	AL	(m)
BZ01	BZ02	51.92
BZ02	BZ03	77.12
BZ03	BZ04	39.72
BZ04	BZ05	13.75
BZ05	BZ06	48.71
BZ06	BZ07	58.45
BZ07	BZ08	52.34
BZ08	BZ09	49.28
BZ09	BZ10	89.59
BZ10	BZ11	51.68
BZ11	BZ12	78.75
BZ12	BZ13	29.21
BZ13	BZ14	53.20

2.7.2.3. Cota de fondo de buzones

Teniendo la profundidad de buzón (Tabla 2-3), y la cota de tapa de los buzones existentes (Tabla 2-6), se obtuvo la cota de fondo restando cota de tapa menos la altura de buzón.



a) Cota de fondo BZ01

- Profundidad de buzón BZ01 = 1.70m (Tabla 2-3)
- Cota Tapa BZ01 = 2684.208 m. s. n. m. (Tabla 2-6)
- Cota de Fondo BZ01 = $2684.208 - 1.70 = 2682.508$ m. s. n. m.

b) Cota de fondo BZ02

- Profundidad de buzón BZ02 = 1.12m (Tabla 2-3)
- Cota Tapa BZ02 = 2681.994 m. s. n. m. (Tabla 2-6)
- Cota de Fondo BZ02 = $2681.994 - 1.12 = 2681.994$ m. s. n. m.

Del mismo modo se procedió al cálculo de todas las cotas de fondo de los buzones existentes en el Jirón La Cantuta; la tabla 2-8 muestra el resultado de estos cálculos.

Tabla 2 – 8 Cota de fondo de buzones existentes

BUZON	COTA DE TAPA m.s.n.m.	PROF. (m)	COTA DE FONDO m.s.n.m.
BZ01	2684.208	1.70	2682.508
BZ02	2681.994	1.12	2680.874
BZ03	2681.006	1.10	2679.906
BZ04	2680.708	1.22	2679.488
BZ05	2680.460	2.13	2678.330
BZ06	2679.740	1.75	2677.990
BZ07	2678.336	1.40	2676.936
BZ08	2678.623	1.49	2677.133
BZ09	2678.251	1.38	2676.871
BZ10	2677.949	1.83	2676.119
BZ11	2677.686	1.63	2676.056
BZ12	2677.206	1.68	2675.526
BZ13	2676.968	1.52	2675.448
BZ14	2676.764	1.51	2675.254



2.7.2.4 Pendiente de la red

Para obtener la pendiente que existe en la red, se debe determinar el desnivel que existe entre las cotas de fondo de los buzones contiguos restando éstas, además de la longitud que existe entre ejes de buzones (Tabla 2-7), con estos datos se procedió al cálculo de las pendientes de los tramos de red mediante la ecuación 21.

a) Tramo BZ01 – BZ02

- Cota de fondo BZ01 = 2682.508 m.s.n.m. (Tabla 2-8)
- Cota de fondo BZ02 = 2680.874 m.s.n.m. (Tabla 2-8)
- Desnivel = 2682.508 – 2680.874 = 1.634 m
- Longitud entre ejes de buzones = 51.61 m (Tabla 2-7)

$$Pendiente (o/oo) = \frac{1.634}{51.61} \cdot 1000 = 31.66 o/oo$$

b) Tramo BZ02 – BZ03

- Cota de fondo BZ02 = 2680.874 m.s.n.m. (Tabla 2-8)
- Cota de fondo BZ03 = 2679.906 m.s.n.m. (Tabla 2-8)
- Desnivel = 2680.874 – 2679.906 = 0.968 m
- Longitud entre ejes de buzones = 77.51 m (Tabla 2-7)

$$Pendiente (o/oo) = \frac{0.968}{77.51} \cdot 1000 = 12.49 o/oo$$

La tabla 2-9 resume los cálculos de pendiente en los tramos existentes en el Jirón La Cantuta.



Tabla 2 – 9 Pendiente en los tramos existentes

TRAMO				LONGITUD	DESNIVEL	PENDIENTE
DEL	C.F.	AL	C.F.	(m)	(m)	(o/oo)
BZ01	2682.508	BZ02	2680.874	51.92	1.634	31.47
BZ02	2680.874	BZ03	2679.906	77.12	0.968	12.55
BZ03	2679.906	BZ04	2679.488	39.72	0.418	10.52
BZ04	2679.488	BZ05	2678.330	13.75	1.158	84.24
BZ05	2678.330	BZ06	2677.990	48.71	0.340	6.98
BZ06	2677.990	BZ07	2676.936	58.45	1.054	18.03
BZ07	2677.236	BZ08	2677.133	52.34	0.103	1.97
BZ08	2677.133	BZ09	2676.871	49.28	0.262	5.32
BZ09	2676.871	BZ10	2676.119	89.59	0.752	8.39
BZ10	2676.119	BZ11	2676.056	51.68	0.063	1.22
BZ11	2676.056	BZ12	2675.526	78.75	0.530	6.73
BZ12	2675.526	BZ13	2675.448	29.21	0.078	2.67
BZ13	2675.448	BZ14	2675.254	53.20	0.194	3.65

2.7.2.5. Caudal por tramos

Teniendo los datos de pendiente y tirante de agua, se procedió al empleo de Microsoft Excel, para el cálculo del ángulo central (ecuación 11 y ecuación 15), áreas (ecuación 8 y ecuación 12), perímetro mojado (ecuación 9 y ecuación 13), radio hidráulico (ecuación 10 y ecuación 14), y luego se calculó los caudales respectivos en cada tramo de la red (ecuación 3).

a) Tramo BZ01 – BZ02

- Tirante $d = 0.013 \text{ m}$ (Tabla 2-4)
- Diámetro $D = 0.200 \text{ m}$ (anexo B)
- Pendiente $S = 0.0317 \text{ m/m}$ (Tabla 2-9)
- $K = \frac{d}{K} = \frac{0.013}{0.20} = 0.065 < 0.5$, por lo que se utiliza las ecuación 12, 13, 14 y 15.
- $\beta^\circ = 4 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{K}{\sqrt{K-K^2}} \right) = 4 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{0.065}{\sqrt{0.065-0.065^2}} \right) = 59.08^\circ$
- $\beta = 59.08^\circ \cdot \frac{\pi}{180} = 1.031188 \text{ (Rad)}$



- $A = \frac{D^2}{4} \cdot \left(\frac{\beta}{2} - \frac{\sin \beta^\circ}{2} \right) = \frac{0.2^2}{4} \cdot \left(\frac{1.03118}{2} - \frac{\sin 59.08^\circ}{2} \right) = 0.0009 \text{ m}^2$
- $P_m = \frac{D}{2} \cdot \beta = \frac{0.20}{2} * 1.031188 = 0.1031 \text{ m}$
- $R_h = \frac{D}{4} \cdot \left[1 - \frac{\sin \beta^\circ}{\beta} \right] = \frac{0.20}{4} \cdot \left[1 - \frac{\sin 59.08^\circ}{1.031188} \right] = 0.0084 \text{ m}$
- $Q = \frac{A}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{1/2} = \frac{0.0009}{0.013} \cdot 0.0084^{2/3} \cdot 0.03170^{1/2} = 0.0004904 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q = 0.0004904 * 1000 = 0.4904 \text{ lts/s}$

b) Tramo BZ02 – BZ03

- Tirante $d = 0.017 \text{ m}$ (Tabla 2-4)
- Diámetro $D = 0.200 \text{ m}$ (anexo B)
- Pendiente $S = 0.0125 \text{ m/m}$ (Tabla 2-9)
- $K = \frac{d}{K} = \frac{0.017}{0.20} = 0.085 < 0.5$, por lo que se utiliza las ecuación 12, 13, 14 y 15.
- $\beta^\circ = 4 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{K}{\sqrt{K-K^2}} \right) = 4 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{0.085}{\sqrt{0.085-0.085^2}} \right) = 67.80^\circ$
- $\beta = 67.80^\circ \cdot \frac{\pi}{180} = 1.183377 \text{ (Rad)}$
- $A = \frac{D^2}{4} \cdot \left(\frac{\beta}{2} - \frac{\sin \beta^\circ}{2} \right) = \frac{0.2^2}{4} \cdot \left(\frac{1.183377}{2} - \frac{\sin 67.80^\circ}{2} \right) = 0.0013 \text{ m}^2$
- $P_m = \frac{D}{2} \cdot \beta = \frac{0.20}{2} * 1.031188 = 0.1183 \text{ m}$
- $R_h = \frac{D}{4} \cdot \left[1 - \frac{\sin \beta^\circ}{\beta} \right] = \frac{0.20}{4} \cdot \left[1 - \frac{\sin 59.08^\circ}{1.031188} \right] = 0.0109 \text{ m}$
- $Q = \frac{A}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{1/2} = \frac{0.0013}{0.013} \cdot 0.0109^{2/3} \cdot 0.03170^{1/2} = 0.00054364 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q = 0.00054364 * 1000 = 0.54364 \text{ lts/s}$



El mismo procedimiento se utilizó en los tramos existentes, en la tabla 2-10 se presenta el resumen de los cálculos necesarios para obtener el caudal, excepto los tramos colapsados.

Tabla 2 – 10 Caudal en los tramos existentes

TRAMO		LONG.	S	n	D	d	K	α	β	A	Pm	Rh	Q
Del	Al	(m)	(m/m)		(m)	(m)		(°)	(°)	(m ²)	(m)	(m)	(lts/s)
BZ01	BZ02	51.92	0.03147	0.013	0.20	0.013	0.07		59.08	0.0009	0.1031	0.0084	0.48862
BZ02	BZ03	77.12	0.01255	0.013	0.20	0.017	0.09		67.80	0.0013	0.1183	0.0109	0.54473
BZ03	BZ04	39.72	0.01052	0.013	0.20	0.018	0.09		69.83	0.0014	0.1219	0.0115	0.56265
BZ04	BZ05	13.75	0.08424	0.013	0.20	0.012	0.06		56.72	0.0008	0.0990	0.0078	0.67429
BZ05	BZ06	48.71	0.00698	0.013	0.20	0.060	0.30		132.84	0.0079	0.2319	0.0342	5.36615
BZ06	BZ07	58.45	0.01803	0.013	0.20	0.050	0.25		120.00	0.0061	0.2094	0.0293	6.03273
BZ07	BZ08	52.34	0.00197	0.013	0.20	0.020	0.10		73.74	0.0016	0.1287	0.0127	0.30393
BZ08	BZ09	49.28	0.00532	0.013	0.20	0.090	0.45		168.52	0.0137	0.2941	0.0466	9.96449
BZ09	BZ10	89.59	0.00839	0.013	0.20				Tramo colapsado				
BZ10	BZ11	51.68	0.00122	0.013	0.20				Tramo colapsado				
BZ11	BZ12	78.75	0.00673	0.013	0.20	0.090	0.45		168.52	0.0137	0.2941	0.0466	11.20744
BZ12	BZ13	29.21	0.00267	0.013	0.20	0.120	0.60	156.93		0.0197	0.3544	0.0555	11.38610
BZ13	BZ14	53.20	0.00365	0.013	0.20	0.110	0.55	168.52		0.0177	0.3342	0.0530	11.60601

2.7.2.6. Tensión tractiva

Obtenido los datos del perímetro mojado (Tabla 2-10) y la pendiente (Tabla 2-9); se calculó la tensión tractiva que existe en cada tramo de la red de alcantarillado sanitario del Jirón La Cantuta, mediante la fórmula 20.

a) Tramo BZ01 – BZ02

- Radio Hidráulico $R_h = 0.0084 \text{ m}$ (Tabla 2-10)
- Pendiente $S = 0.03170 \text{ m/m}$ (Tabla 2-9)

$$\sigma_\tau = \rho \cdot g \cdot R_h \cdot S = 1000 \cdot 9.81 \cdot 0.0084 \cdot 0.0317 = 2.612 \text{ Pa}$$

b) Tramo BZ02 – BZ03

- Radio Hidráulico $R_h = 0.0109 \text{ m}$ (Tabla 2-10)
- Pendiente $S = 0.0125 \text{ m/m}$ (Tabla 2-9)

$$\sigma_\tau = \rho \cdot g \cdot R_h \cdot S = 1000 \cdot 9.81 \cdot 0.0109 \cdot 0.0125 = 1.334 \text{ Pa}$$



La tabla 2-11 muestra en forma resumida los cálculos necesarios para obtener la tensión tractiva en los tramos de la red existente.

Tabla 2 – 11 Tensión Tractiva en los tramos existentes

TRAMO		S	n	D	d	K	α	β	Rh	τ
Del	Al	(m/m)		(m)	(m)		(°)	(°)	(m)	(N/m ²)
BZ01	BZ02	0.03147	0.013	0.20	0.013	0.07		59.08	0.0084	2.59383
BZ02	BZ03	0.01255	0.013	0.20	0.017	0.09		67.80	0.0109	1.33943
BZ03	BZ04	0.01052	0.013	0.20	0.018	0.09		69.83	0.0115	1.18587
BZ04	BZ05	0.08424	0.013	0.20	0.012	0.06		56.72	0.0078	6.42480
BZ05	BZ06	0.00698	0.013	0.20	0.060	0.30		132.84	0.0342	2.34100
BZ06	BZ07	0.01803	0.013	0.20	0.050	0.25		120.00	0.0293	5.18687
BZ07	BZ08	0.00197	0.013	0.20	0.020	0.10		73.74	0.0127	0.24551
BZ08	BZ09	0.00532	0.013	0.20	0.090	0.45		168.52	0.0466	2.43291
BZ09	BZ10	0.00839	0.013	0.20			Tramo Colapsado			
BZ10	BZ11	0.00122	0.013	0.20			Tramo Colapsado			
BZ11	BZ12	0.00673	0.013	0.20	0.090	0.45		168.52	0.0466	3.07772
BZ12	BZ13	0.00267	0.013	0.20	0.120	0.60	156.93		0.0555	1.45445
BZ13	BZ14	0.00365	0.013	0.20	0.110	0.55	168.52		0.0530	1.89693

2.7.2.7. Pendiente mínima de la red

Se calculó la pendiente mínima que debe tener cada tramo de la red, mediante el criterio de la tensión tractiva, utilizando las ecuaciones 11, 15 y 23.

a) Tramo BZ01 – BZ02

- Tirante $d = 0.013 \text{ m}$ (Tabla 2-4)
- Diámetro $D = 0.200 \text{ m}$ (anexo B)
- $K = \frac{d}{K} = \frac{0.013}{0.20} = 0.065 < 0.5$, por lo que se utiliza las ecuación 15 y 23.
- $\theta^\circ = 4 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{K}{\sqrt{K-K^2}} \right) = 4 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{0.065}{\sqrt{0.065-0.065^2}} \right) = 59.08^\circ$
- $\theta = 59.08^\circ \cdot \frac{\pi}{180} = 1.031188 \text{ (Rad)}$

$$S_{min} = \frac{\sigma_{\tau min}}{\rho \cdot g \cdot \frac{D}{4} \left[1 - \frac{360 \text{ sen } \theta^\circ}{2\pi \theta^\circ} \right]} = \frac{1}{1000 \cdot 9.81 \cdot \frac{0.2}{4} \left[1 - \frac{360 \text{ sen } 59.08^\circ}{2\pi \cdot 59.08^\circ} \right]}$$

$$S_{min} = 0.01213 \text{ m/m}$$



b) Tramo BZ02 – BZ03

- Tirante $d = 0.017 \text{ m}$ (Tabla 2-4)
- Diámetro $D = 0.200 \text{ m}$ (anexo B)
- $K = \frac{d}{K} = \frac{0.017}{0.20} = 0.085 < 0.5$, por lo que se utiliza las ecuación 15 y 23.
- $\theta^\circ = 4 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{K}{\sqrt{K-K^2}} \right) = 4 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{0.085}{\sqrt{0.085-0.085^2}} \right) = 67.80^\circ$
- $\theta = 67.80^\circ \cdot \frac{\pi}{180} = 1.183377 \text{ (Rad)}$

$$S_{min} = \frac{\sigma_{\tau min}}{\rho \cdot g \cdot \frac{D}{4} \left[1 - \frac{360 \text{ sen } \theta^\circ}{2\pi\theta^\circ} \right]} = \frac{1}{1000 \cdot 9.81 \cdot \frac{0.2}{4} \left[1 - \frac{360 \text{ sen } 67.80^\circ}{2\pi \cdot 67.80^\circ} \right]}$$

$$S_{min} = 0.00937 \text{ m/m}$$

La tabla 2-12 muestra la pendiente mínima en cada tramo de red, siguiendo los pasos anteriormente explicados.

Tabla 2 – 12 Pendiente mínima en cada tramo de red

TRAMO		s (m/m)	n	D (m)	d (m)	θ (°)	PEND. (min) (m/m)	CUMPLE CON LA NORMA OS.070
Del	Al							
BZ01	BZ02	0.03147	0.013	0.20	0.013	59.08	0.01213	SI
BZ02	BZ03	0.01255	0.013	0.20	0.017	67.80	0.00937	SI
BZ03	BZ04	0.01052	0.013	0.20	0.018	69.83	0.00887	SI
BZ04	BZ05	0.08424	0.013	0.20	0.012	56.72	0.01311	SI
BZ05	BZ06	0.00698	0.013	0.20	0.060	132.84	0.00298	SI
BZ06	BZ07	0.01803	0.013	0.20	0.050	120.00	0.00348	SI
BZ07	BZ08	0.00197	0.013	0.20	0.020	73.74	0.00802	NO
BZ08	BZ09	0.00532	0.013	0.20	0.090	168.52	0.00219	SI
BZ09	BZ10	0.00839	0.013	0.20			Tramo Colapsado	
BZ10	BZ11	0.00122	0.013	0.20			Tramo Colapsado	
BZ11	BZ12	0.00673	0.013	0.20	0.090	168.52	0.00219	SI
BZ12	BZ13	0.00267	0.013	0.20	0.120	203.07	0.00184	SI
BZ13	BZ14	0.00365	0.013	0.20	0.110	191.48	0.00192	SI



2.7.2.8. Velocidad real en la red

Un valor importante es la velocidad que existe en los tramos de red, para lo cual es necesario contar con radio hidráulico (Tabla 2-11) y pendiente (Tabla 2-9), utilizando la ecuación 1, se calculó la velocidad real de la red en estudio.

a) Tramo BZ01 – BZ02

- Radio Hidráulico $R_h = 0.0084 \text{ m}$ (Tabla 2-10)
- Pendiente $S = 0.03170 \text{ m/m}$ (Tabla 2-9)

$$V = \frac{(R_h)^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} = \frac{(0.0084)^{2/3} \cdot 0.0317^{1/2}}{0.13} = 0.1790 \text{ m/s}$$

b) Tramo BZ02 – BZ03

- Radio Hidráulico $R_h = 0.0109 \text{ m}$ (Tabla 2-10)
- Pendiente $S = 0.0125 \text{ m/m}$ (Tabla 2-9)

$$V = \frac{(R_h)^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} = \frac{(0.0109)^{2/3} \cdot 0.0125^{1/2}}{0.13} = 0.1335 \text{ m/s}$$

En la tabla 2-13 se resumen los cálculos y las velocidades reales en los tramos existentes.

Tabla 2 – 13 Velocidad real en cada tramo de red

TRAMO	S	n	D	d	K	α	β	Rh	Velocidad
Del	Al	(m/m)	(m)	(m)		(°)	(°)	(m)	(m/s)
BZ01	BZ02	0.03147	0.013	0.20	0.013	0.07	59.08	0.0084	0.5640
BZ02	BZ03	0.01255	0.013	0.20	0.017	0.09	67.80	0.0109	0.4231
BZ03	BZ04	0.01052	0.013	0.20	0.018	0.09	69.83	0.0115	0.4018
BZ04	BZ05	0.08424	0.013	0.20	0.012	0.06	56.72	0.0078	0.8762
BZ05	BZ06	0.00698	0.013	0.20	0.060	0.30	132.84	0.0342	0.6770
BZ06	BZ07	0.01803	0.013	0.20	0.050	0.25	120.00	0.0293	0.9822
BZ07	BZ08	0.00197	0.013	0.20	0.020	0.10	73.74	0.0127	0.1859
BZ08	BZ09	0.00532	0.013	0.20	0.090	0.45	168.52	0.0466	0.7267
BZ09	BZ10	0.00839	0.013	0.20			Tramo Colapsado		
BZ10	BZ11	0.00122	0.013	0.20			Tramo Colapsado		
BZ11	BZ12	0.00673	0.013	0.20	0.090	0.45	168.52	0.0466	0.8174
BZ12	BZ13	0.00267	0.013	0.20	0.120	0.60	156.93	0.0555	0.5785
BZ13	BZ14	0.00365	0.013	0.20	0.110	0.55	168.52	0.0530	0.6555



CAPÍTULO III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.1.1. Profundidades de los buzones

En el ítem 1.2.14.c, indica que la profundidad de los buzones es de mínimo 1 m. sobre la clave del tubo, para nuestro caso; el diámetro del tubo es de 200mm, por lo tanto la profundidad mínima de los buzones es de 1.20m, esto para evitar que cargas vehiculares puedan dañar a la tubería.

En la tabla 2-3, se muestran las profundidades de los buzones existentes, pudiéndose observar que los buzones BZ02 y BZ03 están incumpliendo con esta norma, sin embargo, este tramo no está expuesto a cargas vehiculares, ya que la red está instalada por el jardín existente a un costado de la calzada, por lo tanto no es necesario profundizar más, siempre que cumplan con la velocidad y tensión tractiva mínima para evitar la sedimentación en el tramo y por ende el colapso de los buzones existentes.

3.1.2. Diámetro Mínimo de la Red

El material de la tubería de la red de alcantarillado sanitario del Jirón La Cantuta, es íntegramente de concreto simple normalizado de 8 pulgadas (200mm) de diámetro con lo que cumple con lo establecido en el ítem 1.2.12. y que se muestra en la tabla 3-1.



Tabla 3 – 1 Tipo y diámetro de la tubería existente en la red

TRAMO		TIPO DE TUBERIA	DIAMETRO (pulg.)	DIAMETRO MINIMO (pulg.)	CUMPLE CON LA NORMA OS.070
DEL	DEL				
BZ01	BZ02	CSN	8	8	SI
BZ02	BZ03	CSN	8	8	SI
BZ03	BZ04	CSN	8	8	SI
BZ04	BZ05	CSN	8	8	SI
BZ05	BZ06	CSN	8	8	SI
BZ06	BZ07	CSN	8	8	SI
BZ07	BZ08	CSN	8	8	SI
BZ08	BZ09	CSN	8	8	SI
BZ09	BZ10	CSN	8	8	SI
BZ10	BZ11	CSN	8	8	SI
BZ11	BZ12	CSN	8	8	SI
BZ12	BZ13	CSN	8	8	SI
BZ13	BZ14	CSN	8	8	SI

3.1.3. Separación Máxima entre Buzones

La Tabla 2-7 muestra la separación entre buzones existentes en la red de alcantarillado del Jirón La Cantuta; teniéndose como distancia mínima 13.75 m y una máxima de 89.59m.

Debido a que, en esta red el diámetro de la tubería instalada es de 200mm, la separación máxima entre cámaras de inspección, según la tabla 1-4 es de 80m, y como se puede apreciar el tramo BZ09 – BZ10 no cumple con esta norma, por lo que es difícil el mantenimiento de la red de alcantarillado.

En la figura 3–3 se puede apreciar que el buzón BZ10, no está cumpliendo con las especificaciones de una cámara de inspección, ya que se encuentra parcialmente lleno, ésto conlleva a que los tramos contiguos al buzón no funcionen hidráulicamente como canales.



3.1.4. Tensión Tractiva

En ítem 1.2.11.1. se especifica la tensión tractiva mínima que debe tener los tramos de red de alcantarillado sanitario (σ_{τ}) teniendo ésta un valor mínimo $\sigma_{\tau} = 1$ Pa; en la tabla 2-11 muestra tensión tractiva que existe en la red, la cual fluctúa desde un valor mínimo de 0.24925 Pa. y un máximo 6.3836 Pa.; como se puede apreciar en dicha tabla del BZ07 al BZ08 no cumple con la tensión mínima, ésto debido a que este tramo es de inicio o arranque, por lo que este tramo está expuesto a la sedimentación.

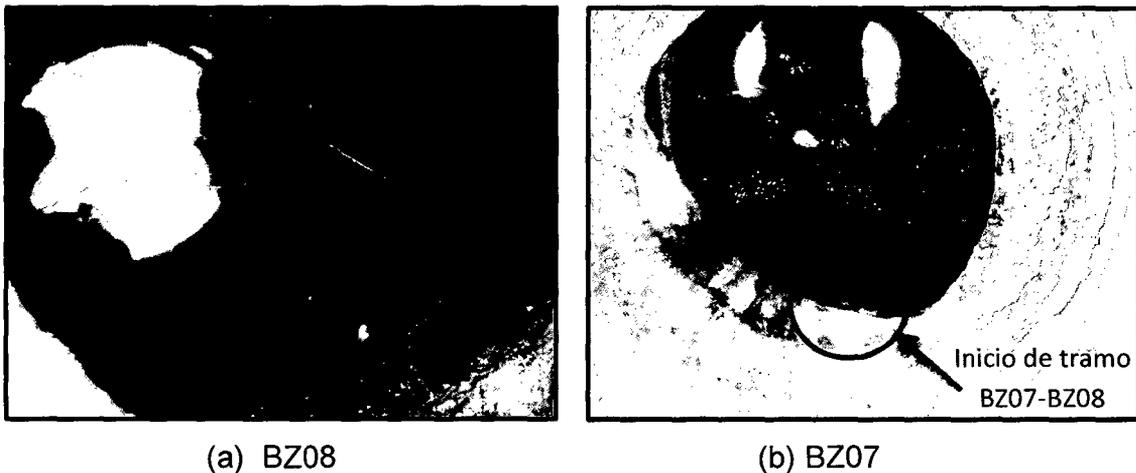


Figura 3 – 1 Buzones tramo que no cumple con la tensión tractiva

3.1.5. Pendiente en la Red

La pendiente existente en la red de alcantarillado debe ser mayor a la mínima calculada, la tabla 3-2 hace una comparación entre la existente y la mínima para poder determinar qué tramos cumplen o no con la norma.

Como se puede apreciar el tramo BZ07 – BZ08 no cumple con la pendiente mínima, ésto debido a que tampoco cumple con la tensión tractiva mínima.



Tabla 3 – 2 Pendiente existente y pendiente mínima en cada tramo de red

TRAMO		S (m/m)	PEND. (min) (m/m)	CUMPLE CON LA NORMA OS.070
Del	Al			
BZ01	BZ02	0.03170	0.01213	SI
BZ02	BZ03	0.01250	0.00937	SI
BZ03	BZ04	0.01050	0.00887	SI
BZ04	BZ05	0.08370	0.01311	SI
BZ05	BZ06	0.00700	0.00298	SI
BZ06	BZ07	0.01800	0.00348	SI
BZ07	BZ08	0.00200	0.00802	NO
BZ08	BZ09	0.00530	0.00219	SI
BZ09	BZ10	0.00970	Tramo Colapsado	
BZ10	BZ11	0.00100	Tramo Colapsado	
BZ11	BZ12	0.00670	0.00219	SI
BZ12	BZ13	0.00270	0.00184	SI
BZ13	BZ14	0.00360	0.00192	SI

3.1.6. Velocidad en la Red

La velocidad que existe en una red de alcantarillado es muy importante, ya que ella es útil para el arrastre de sólidos, así como controlar la erosión que se pudiera presentar en alguna estructura de la red; en el ítem 1.2.6. se indica la velocidad mínima de 0.60 m/s y una máxima de 3 m/s para tubería de PVC, asbesto cemento y concreto simple normalizado.

En la tabla 3-3 se presenta las velocidades existentes en los tramos así como las permisibles.

Como se puede apreciar en la tabla 3-3 los tramos: BZ01 – BZ02, BZ02 – BZ03, BZ03 – BZ04, BZ07 – BZ08, BZ12 – BZ13, no cumplen con la velocidad mínima por lo que son más propensos a la sedimentación y colapso de buzones como se puede apreciar en la figura 3-2.



Tabla 3 – 3 Velocidades existentes y permisible

TRAMO		Velocidad	V min	V max	CUMPLE CON LA
Del	Al	(m/s)	(m/s)	(m/s)	NORMA OS.070
BZ01	BZ02	0.5640	0.60	3.00	NO
BZ02	BZ03	0.4231	0.60	3.00	NO
BZ03	BZ04	0.4018	0.60	3.00	NO
BZ04	BZ05	0.8762	0.60	3.00	SI
BZ05	BZ06	0.6770	0.60	3.00	SI
BZ06	BZ07	0.9822	0.60	3.00	SI
BZ07	BZ08	0.1859	0.60	3.00	NO
BZ08	BZ09	0.7267	0.60	3.00	SI
BZ09	BZ10	Tramo Colapsado			
BZ10	BZ11	Tramo Colapsado			
BZ11	BZ12	0.8174	0.60	3.00	SI
BZ12	BZ13	0.5785	0.60	3.00	NO
BZ13	BZ14	0.6555	0.60	3.00	SI



(a) BZ 02



(b) BZ13

Figura 3 – 2

Buzones sedimentados

3.1.7. Buzones colapsados.

Como se ha podido apreciar en las tablas anteriores, los tramos BZ09 – BZ10 y BZ10 – BZ11, figuran como tramo colapsado, ésto debido a que los buzones BZ10 y BZ11 se encuentran parcialmente llenos, formando remolinos para poder evacuar las aguas servidas.



En estos tramos la pendiente es baja, lo que ocasiona la baja velocidad del tramo, y en consecuencia la sedimentación y posterior rebalse de buzones.



(a) BZ10



(b) BZ11

Figura 3 – 3 Buzones parcialmente colapsados

En la red de alcantarillado sanitario del Jirón La Cantuta existen tramos que no cumplen con las normas establecidas, como el tramo BZ07 – BZ08 que no cumple con la tensión tractiva (Tabla 2-11), pendiente mínima (Tabla 3-2), o los tramos BZ01 – BZ02, BZ02 – BZ03, BZ03 – BZ04, BZ07 – BZ08, BZ12 – BZ13 no cumplen con la velocidad mínima (Tabla 3-3), el tramo BZ08 – BZ09 tiene una longitud mayor a la máxima establecida para un buen mantenimiento y por último podemos citar los tramos colapsados BZ09 – BZ10, BZ10 – BZ11.

Debido al poco desnivel que existe en la zona de estudio, y para poder cumplir con las normas establecidas, se puede combinar el sistema convencional y sistema condominial; en los tramos BZ01 - BZ02 - BZ03 se puede emplear este sistema, ya que la red de alcantarillado está instalada por el jardín ubicado, al costado de



derecho de la calzada y además sólo existen viviendas a este lado de la vía por lo que es necesario realizar un estudio condominial para este tramo.

Además se debe cambiar el material de las tuberías instaladas, con aquellas que tengan menor coeficiente de rugosidad, ésto para mejorar las condiciones de conducción hidráulica en la red.

3.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

De lo hasta aquí desarrollado a lo largo del presente trabajo, se puede afirmar que en la red de alcantarillado sanitario del Jirón La Cantuta, no se está cumpliendo con los parámetros establecidos para un buen funcionamiento hidráulico, como velocidad, pendiente, tensión tractiva; lo que permite validar la hipótesis planteada al inicio del presente trabajo como una respuesta tentativa a esta investigación.



CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- La evaluación de la red de alcantarillado sanitario del Jirón La Cantuta, determinó que ésta, es deficiente hidráulicamente; ya que tramos de la red no cumplen tensión y velocidad mínima indicada en la norma OS-070.
- Se logró determinar los caudales reales de la red; pudiéndose identificar en los cuatro tramos iniciales, que el caudal es pequeño para el diámetro de la tubería instalada.
- Se determinó la pendiente adecuada para cada tramo red, encontrándose que existen tramos de red que no cumplen con la mínima normada.
- Para solucionar las deficiencias hidráulicas en la red, se debe combinar el sistema convencional y condominial de evacuación de aguas de residuales.
- Dos de los buzones existentes están parcialmente colapsados.



4.2. RECOMENDACIONES

- Realizar un mantenimiento constante de las redes y cámaras de inspección, debido a que su funcionamiento se encuentra en estado crítico.
- Realizar un estudio de sistema condominial para la zona de inicio y así poder reducir la profundidad de los buzones.
- Se recomienda realizar una campaña de sensibilización en la zona de estudio para el adecuado uso de la red de alcantarillado sanitario, y evitar introducir objetos que pudiesen producir sedimentación en los buzones.
- Hacer llegar la documentación a la empresa prestadora de servicios, y se pueda ejecutar las recomendaciones antes mencionadas, debido al estado crítico de la red.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Ruiz P. 2007. Apuntes sobre el Curso de Ingeniería Sanitaria 1. Trabajo de Graduación Ingeniero Civil. Guatemala. Universidad de San Carlos.
- Amancha Torres HF. 2012. Estudio de Fabricación de Tubos de Hormigón Mediante Vibro - Compactación en la Fábrica "San Jacinto" en la Parroquia Izamba para Mejorar los Niveles de Producción. Trabajo Estructurado de Manera Independiente Ingeniero Mecánico. Ambato – Ecuador. Universidad Técnica de Ambato.
- Amores Pacheco MV, Bayas Bonilla MA. 2012. Procesamiento y Ajuste de da Red GPS Costera del Ecuador. Trabajo de Graduación Perito Geomensor. Ecuador. Universidad Central del Ecuador.
- ATCO (Asociación de Fabricantes de Tubos de Concreto). Usos y Ventajas Diferenciales de los Tubos de Concreto Consultado. 27 feb. 2013. Disponible en <http://www.atco.org.mx/formatos/ventajas.pdf>.
- Benoit F, Especificaciones Técnicas para levantamientos topográficos con Estación Total. Consultado 15 ene. 2013. Disponible en <http://www.reparacionestopograficas.com/~manuales/Manual2-Estacion-Total.pdf>.
- Casanova Matera I. 2002. Topografía Plana (en línea). Mérida - Venezuela. Universidad de los Andes. Consultado 4 feb. 2013. Disponible en



<http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros->

[electronicos/libros/topografia_plana/pdf/topografia.pdf](http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/libros/topografia_plana/pdf/topografia.pdf).

- Chilón Pozo JG, Valdez Muñoz W. 2011. Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado – Tratamiento de las Aguas Servidas de Ichocán. Proyecto Profesional Ingeniero Civil. Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Farjas Abadía M. 2010. Nivelación Geométrica. Consultado 28 feb. 2013. Disponible en http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/contenidos/Mis_documentos.
- Ibañez Asensio S, Gisbert Blanquer JM, Moreno Ramón H. 2011. La pendiente del terreno (en línea). España. Consultado 4 feb. 2013. Disponible en <http://riunet.upv.es/handle/10251/10776>.
- Machado Mejía PC, Buruca Romero GB, Argueta Umaña WA. 2009. Diseño de la Red de Alcantarillado y Propuesta para el Tratamiento de las Aguas Residuales Domésticas de la Zona Urbana del Municipio de Chilanga Departamento de Morazan. Tesis Ingeniero Civil. San Miguel El Salvador. Universidad de Oriente.
- Morales Soto JE. 2004. Estudio y Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario del Cantón El Copado, Municipio de Santo Domingo, Departamento de Suchitepéquez. Trabajo de Graduación Ingeniero Civil. Guatemala. Universidad de San Carlos.
- Nogales Soria SF, Quispe Aricoma DT. 2009. Material de Apoyo Didáctico de “Diseño y Métodos Constructivos de Sistemas de Alcantarillado y Evacuación de Aguas Residuales” para la Materia de Ingeniería Sanitaria II. Trabajo



Dirigido, Por Adscripción, Licenciatura en Ingeniería Civil. Cochabamba – Bolivia. Universidad Mayor de San Simón.

- Norma Boliviana 688.
- OPS/CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). 2005. Operación y Mantenimiento de Sistemas de Alcantarillado Sanitario en el Medio Rural.
- Pachas L. R. 2009. El Levantamiento Topográfico: Uso del GPS y Estación Total. Universidad de Los Andes (ULA). Venezuela. Consultado 20 ene. 2013. Disponible en <http://www.slideshare.net/soufrontt/levantamiento-topografico>.
- Reglamento Nacional de Edificación, Norma OS 070 - 2009 (Decreto modificado).
- Toledo Ibarra. Topografía Plana (en línea). Chile. Consultado 20 ene. 2013. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/62934758/Capitulo-I-PDF-Topografia-General>



ANEXOS

ANEXO A. PLANO DE UBICACIÓN

ANEXO B. PLANO PLANTA PERFIL