



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL
CASERÍO LA NUEVA ESPERANZA, MUNICIPIO DE VILLA
CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Oswaldo Antonio Pérez Jacobo
Asesorado por Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, noviembre de 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL
CASERÍO LA NUEVA ESPERANZA, MUNICIPIO DE VILLA
CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

OSWALDO ANTONIO PÉREZ JACOBO

ASESORADO POR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I:	Ing. Murphy Olimpo Páiz Recinos
VOCAL II:	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III:	Ing. Julio David García Celada
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Páiz
VOCAL V:	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR:	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR:	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO LA NUEVA ESPERANZA, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 26 de septiembre del 2003.

Oswaldo Antonio Pérez Jacobo

AGRADECIMIENTO A:

Dios	Todo poderoso por darme la vida, bendiciones y sabiduría para que mi meta fuera alcanzada.
Mis padres	Por la confianza depositada en mí, brindándome con mucho sacrificio su apoyo moral y económico.
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta	Por su asesoría y colaboración en la realización del presente trabajo.
Mis padrinos	Ing. Civil José Eduardo Ramírez S. Ing. Industrial Andrés Alejandro Bátres Licda. Ernestina Rosales de Jacobo
Mis amigos	Que de una y otra forma contribuyeron en el presente trabajo.
Municipalidad de Villa Canales	Por permitirme realizar mi trabajo de graduación con ellos, especialmente a la arquitecta Ninett de Paz.

ACTO QUE DEDICO

Dios	“Pues él da la sabiduría y de su boca sale la inteligencia y la ciencia” <i>Proverbios 2,6</i>
La Santísima Virgen	
Mis padres	Marcos Jacobo de Pérez (Q.E.P.D.) Delfino Pérez
Mi esposa	Hilda Evangelina Maldonado de Pérez, por su apoyo incondicional.
Mis hijos	Hilda Liseth, Oswaldo Enrique, Jaquelin Janneth por ser mi felicidad.
Mis hermanos	Juan, Elena, Mauro, Lucrecia, Mariela, Norma y Mayra.
Mis cuñados	Marina, Alma Odilia, Ruperto, Maco, Mario, Marco Antonio, Maynor, por su apoyo moral.
Mis familiares	Al brindarme su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Monografía del caserío La Nueva Esperanza.....	1
1.1.1 Ubicación geográfica.....	1
1.1.2 Límites y colindancias.....	2
1.1.3 Topografía	3
1.1.4 Suelo.....	3
1.1.5 Situación socio económica.....	3
1.1.6 Clima	4
1.1.7 Servicios públicos	4
1.2 Encuesta sanitaria.....	6
1.2.1 Datos de la población	6
1.2.2 Datos de vivienda.....	7
1.2.3 Datos sobre el uso de agua.....	7
1.2.4 Disposición de aguas servidas.....	8
1.3 Investigación sobre las necesidades prioritarias de servicios públicos en el caserío.....	9

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO - PROFESIONAL	11
2.1 Descripción del proyecto.....	11
2.2 Levantamiento topográfico	12
2.2.1 Levantamiento planímetro.....	13
2.2.2 Levantamiento altimétrico.....	14
2.3 Características del subsuelo	15
2.4 Tipo de sistema a utilizar	15
2.5 Período de diseño	16
2.6 Velocidad de diseño	17
2.7 Estimación de la población de diseño	17
2.8 Determinación del caudal de aguas servidas.....	21
2.8.1 Población tributaria	21
2.8.2 Dotación	22
2.8.3 Factor de retorno al sistema	22
2.8.4 Factor de flujo instantáneo	23
2.8.5 Relación de diámetros y caudales	23
2.8.6 Caudal domiciliar	24
2.8.7 Caudal de infiltración.....	24
2.8.8 Caudal de conexiones ilícitas	25
2.8.9 Factor de caudal medio (FQM)	26
2.8.10 Caudal de diseño	27
2.8.11 Diseño de secciones y pendientes	28
2.8.11.1 Diseño de secciones	29
2.8.11.2 Diseño de pendiente	31
2.8.12 Obras accesorias.....	33
2.8.12.1 Colectores.....	33
2.8.12.2 Pozos de visita.....	33
2.8.13 Diseño de la red de alcantarillado sanitario	35

3. PRESUPUESTO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASERÍO LA NUEVA ESPERANZA	47
3.1 Descripción del personal y maquinaria con que cuenta la municipalidad de Villa Canales para la ejecución del alcantarillado sanitario del caserío La Nueva Esperanza	47
3.2 Especificaciones de construcción para los pozos de visita adaptadas en la municipalidad de Villa Canales.....	48
3.3 Criterios adoptados para la integración del presupuesto.....	48
3.4 Presupuesto de materiales	49
3.5 Presupuesto de mano de obra	53
3.6 Resumen general del presupuesto	55
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Plano de localización del municipio	01
2.	Curva de crecimiento de población caserío La Nueva Esperanza	18
3.	Presión atmosférica en las tuberías	28
4.	Conexión domiciliar	30
5.	Cota Invert	40
6.	Volumen de excavación	41
7.	Planta general.....	66
8.	Planta – alcantarillado sanitario P.V.-0 P.V.-48.....	67
9.	Planta – alcantarillado sanitario P.V.-35 P.V.-76.....	68
10.	Planta – alcantarillado sanitario P.V.-76 P.V.-87.....	69
11.	Planta – perfil ejes P.V.-0 P.V.-43.....	70
12.	Planta – perfil ejes P.V.-40 P.V.-76.....	71
13.	Planta – perfil ejes P.V.-76 P.V.-87.....	72
14.	Plano de detalles.....	73
15.	Plano de localización de la fosa séptica	74

TABLAS

I.	Población actual del caserío La Nueva Esperanza	06
II.	Abastecimiento de agua del caserío La Nueva Esperanza	07
III.	Servicios sanitarios del caserío la Nueva Esperanza.....	08
IV.	Servicios públicos necesarios del caserío La Nueva Esperanza.....	09
V.	Ancho mínimo de zanja.....	31
VI.	Datos para el diseño hidráulico.....	34
VII.	Diseño hidráulico de alcantarillado sanitario	43
VIII.	Cantidad y costo de materiales para la construcción de un pozo de visita promedio.....	45
IX.	Cantidad y costo de materiales para la construcción de una conexión domiciliar.....	46
X.	Presupuesto de materiales del alcantarillado sanitario para el caserío la Nueva Esperanza.....	47
XI.	Presupuesto de mano de obra de un pozo de visita promedio.....	48
XII.	Presupuesto de mano de obra de un metro lineal de tubería.....	49
XIII.	Presupuesto de mano de obra de una conexión domiciliar.....	49
XIV.	Presupuesto de mano de obra de alcantarillado sanitario del caserío La Nueva Esperanza.....	50
XV.	Presupuesto total de alcantarillado sanitario del caserío La Nueva Esperanza.....	51

LISTA DE SÍMBOLOS

$l/\text{hab}/\text{día}$	Litros por habitante por día
q	Caudal real a sección parcialmente llena
Q	Caudal a sección llena
v	Velocidad de flujo dentro de la alcantarilla
V	Velocidad de flujo a sección llena
d	Altura del tirante de agua dentro de la alcantarilla
D	Diámetro de la tubería
v/V	Relación de velocidades
d/D	Relación de diámetros
a/A	Relación de áreas
q/Q	Relación de caudales
m/seg	Metros por segundo
I	Intensidad de lluvia

C	Coeficiente de escorrentía
A	Área
mm./hora	Milímetros por hora
F.H.	Factor de Harmond
P	Población
n	Coeficiente de rugosidad
m	Metro
S	Pendiente
PV	Pozo de visita
q_{inf}	Caudal de infiltración
Ha	Hectáreas
mm/hr	Milímetro por hora
P.V.C.	Cloruro de polivinilo
“	Segundos
‘	Minutos

E_a	Error angular
E_l	Error lineal
E_n	Error de nivelación
lts./s	Litros por segundo
q_{dis actual}	Caudal de diseño actual
q_{dis futuro}	Caudal de diseño futuro
q_{dom.}	Caudal domiciliar
q_{c.i}	Caudal de conexiones ilícitas
q_{com.}	Caudal comercial
q_{ind.}	Caudal industrial
p.p.m.	Partes por millón
MSNM.	Metros sobre el nivel del mar
Hp	Caballos de fuerza
Pf	Población futura
Po	Población inicial

L	Longitud
p	Población en miles de habitantes
i	Intensidad de lluvia
FQM	Factor de caudal medio

GLOSARIO

Aguas negras	Son las aguas que una vez utilizadas son retiradas de una vivienda, comercio o industria, tienen una relación directa con el caudal que ingresa ya que una menor parte es consumida en diversos usos.
Alcantarillado sanitario	Es el conjunto de obras accesorias y tuberías o conductos cerrados, que normalmente trabajan como canales a través de los cuales corren las aguas negras.
Altimetría	Parte de la topografía que sirve para medir las diferencias de alturas de un terreno referenciadas a un punto.
Bases de diseño	Es el conjunto de datos para las condiciones finales e intermedias de diseño, que sirven para el dimensionamiento de los procesos de tratamientos. Los datos generalmente incluyen: poblaciones, caudales, concentraciones y aportes de las aguas residuales. Los parámetros que generalmente se describen en las bases de diseño son: sólidos en suspensión, fecales y nutrientes.
Banco de marca	Es el lugar que tiene un punto fijo cuya elevación se toma como referencia para determinar la altura de otros puntos.

Caudal	Es un volumen de líquido que circula a través de una tubería en una unidad de tiempo determinado.
Caudal comercial	Es el volumen de aguas negras que se desechan de los comercios.
Caudal doméstico	Es el caudal de aguas negras que se desechan de las viviendas.
Caudal de infiltración	Es el caudal de agua subterránea que se infiltra en la tubería.
Colector	Tubería, generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas indeseables de la población al lugar de desfogue.
Colector principal	Sucesión de tramos que, partiendo de la descarga, siguen la dirección de los gastos mayores.
Colector secundario	Sucesión de tramos que, partiendo del colector principal, siguen la dirección de los gastos mayores.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas negras desde la tubería de la vivienda hasta el colector domiciliar.
<i>Cota invert</i>	Es la cota de la parte inferior del diámetro interno de la tubería instalada.
Densidad de vivienda	Es la relación que existe entre el número de viviendas por unidad de área.

Descarga	Vertido de las aguas provenientes de un colector principal, las que deben estar tratadas, en un cuerpo receptor.
Dotación	Estimación de la cantidad promedio de agua que consume cada habitante por día.
Factor de caudal máximo o de Harmond	Factor de seguridad para las horas pico, está en relación directa con la población. El factor de Harmond no es constante para todo el sistema, sino por el contrario varía para cada tramo de acuerdo al número de habitantes acumulados de dicho tramo. Por lo tanto el valor del factor de Harmond de flujo actual es diferente al factor de flujo futuro.
Factor de caudal medio	Es la relación entre la suma de los caudales y los habitantes a servir.
Factor de retorno	Porcentaje de agua que después de ser utilizada, retorna al sistema de drenaje o alcantarillado.
Factor de rugosidad	Factor que expresa la intensidad de la rugosidad de una tubería dependiendo del material con que sea fabricada.

Pendiente	Inclinación necesaria con respecto a una línea horizontal diseñada para que el agua que conducen las tuberías se desplacen libremente a través de ella haciendo uso de la fuerza de gravedad, la cual en alcantarillados cumple con especificaciones establecidas.
Período de diseño	Tiempo durante el cual la obra diseñada prestará un servicio satisfactorio.
Planimetría	Parte de la topografía que se emplea para medir superficies planas de terreno.
Tirante	Altura de las aguas negras dentro de la tubería.

RESUMEN

La eliminación de las aguas servidas provenientes del caudal doméstico ha sido uno de los problemas que más ha preocupado a la humanidad.

Para la evacuación de las aguas residuales se hace uso de drenajes sanitarios, los cuales las transportan hacia un lugar donde no afecten el medio; generalmente hacia una planta de tratamiento.

El saneamiento ambiental de las comunidades hoy en día, es un tema que ha cobrado mucha importancia ya que la contaminación en sus diferentes fases ha llegado a índices sumamente alarmantes, produciendo en los seres vivos enfermedades que pueden hasta causar la muerte.

El caserío La Nueva Esperanza, es uno de los más afectados en el municipio de Villa Canales por la falta de un alcantarillado sanitario. Este problema lo vienen enfrentado los pobladores desde hace muchos años, razón por la cual, el comité Pro-Mejoramiento ha solicitado ante la municipalidad de Villa Canales, la construcción del mismo, por lo cual se ha tomado la decisión de ejecutarlo, mediante el apoyo técnico de la Facultad de Ingeniería de la USAC, a través del programa E.P.S.

El primer capítulo, contiene la investigación monográfica del caserío La Nueva Esperanza, la cual se recolectó directamente en el lugar con el apoyo de los pobladores. Esta información, sirvió de base para la elaboración del segundo capítulo, donde se encuentra el diseño de la red de alcantarillado sanitario, ajustando esta información a normas y especificaciones técnicas.

El capítulo 3 cuenta con el presupuesto final del alcantarillado sanitario detallado.

OBJETIVOS

- **General**

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario del caserío La Nueva Esperanza, del municipio de Villa Canales, mejorando así las condiciones sanitarias de sus habitantes mediante el apoyo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

- **Específicos**

1. Desarrollar una investigación monográfica del caserío La Nueva Esperanza que sirva para conocer las características de la población.
2. Presentar un costo estimado de la obra a la Municipalidad de Villa Canales para su posterior ejecución.
3. Determinar las principales necesidades de infraestructura que tiene la población y presentarlas a la Municipalidad para que puedan tomarlo en cuenta para su planificación y posterior ejecución.

INTRODUCCIÓN

Las obras de alcantarillado, como parte del saneamiento ambiental, contribuyen a disminuir las enfermedades, especialmente, las de tipo gastrointestinales y proliferación de aquellas que afecten a la salud, ya que los sistemas ambientales son alterados, especialmente el físico, el hídrico y el paisaje, por lo que la construcción del alcantarillado se ve como una necesidad de primer orden.

En toda comunidad donde se cuente con un sistema de abastecimiento de agua potable, se requiere de la construcción de un sistema de alcantarillado para evacuar las aguas servidas.

El presente trabajo de graduación, en el capítulo uno, presenta una descripción de las características monográficas del caserío La Nueva Esperanza entre las que se menciona, ubicación geográfica, límites, situación socioeconómica, clima, educación, comunicación, salud, agua potable, transporte, energía eléctrica, datos de la población, datos sobre vivienda, uso del agua y disposición de las aguas servidas, las cuales actualmente corren por las calles del caserío.

En el capítulo dos, se encuentra la fase de servicio técnico profesional, en el cual se describe: el proyecto a realizar, el tipo de levantamiento topográfico utilizado, el tipo de sistema de alcantarillado a utilizar, el período de diseño, las velocidades permisibles para el diseño, la estimación de la población futura a servir por medio del incremento geométrico, ya que es el método que más se adapta a los países en vías de desarrollo como el nuestro.

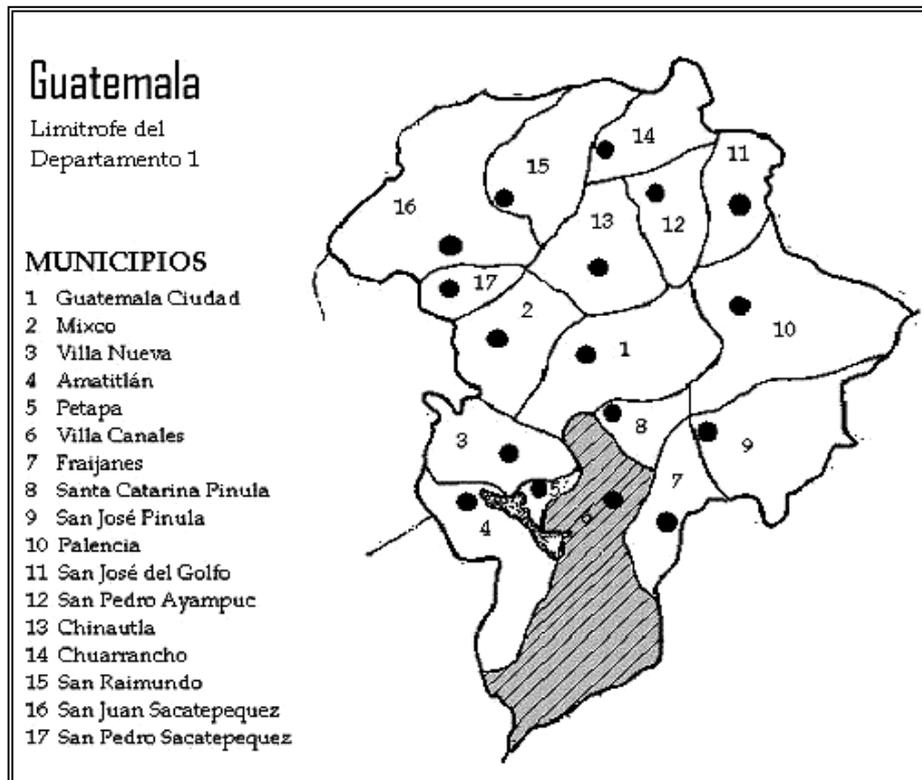
La dotación de agua potable, el factor de retorno al sistema de alcantarillado, el factor de flujo instantáneo (factor de Harmond), que es el que presenta la probabilidad de que múltiples artefactos sanitarios, se estén usando al mismo tiempo, la relación de diámetros, el cálculo de caudales, el diseño de secciones y las pendientes; y por último en el capítulo tres, se encuentra el presupuesto del alcantarillado sanitario en su totalidad.

1. INVESTIGACIÓN

1.1 Monografía del caserío La Nueva Esperanza

1.1.1 Ubicación geográfica

Figura 1. Plano de localización del municipio



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, CD Conozcamos Guatemala, Sección de Mapas Departamento 1

En la figura 1 se encuentra la localización del municipio en el mapa departamental.

El área que ocupa el caserío La Nueva Esperanza es una franja que sirve como colindancia entre las fincas: Candelaria y Capulín, también es una vereda de acceso entre las fincas El Tapacún y el caserío San Gregorio. El caserío donde se ubica el proyecto se localiza a 13 ½ kilómetros de la cabecera departamental de Guatemala, por medio de una carretera de primer orden (Asfaltada) transitada en toda época del año, (parte de la carretera a El Salvador).

El caserío en observación también tiene otro acceso por medio de una carretera asfaltada, la cual une al municipio de Villa Canales con Santa Elena Barrillas con una distancia aproximada de 9 ½ kilómetros y de esta carretera hacia el proyecto 800 metros de terracería la cual llega también al caserío El Tapacún.

Se encuentra a 1,600 m. S.N.M. Latitud 14°26'15", longitud 90°30'10".

Posee un clima templado propio del municipio de Villa Canales, con vientos de norte a sur moderados.

En la actualidad el área en estudio tiene una población con más de 580 personas, entre ellas niños, mujeres y hombres. La mayoría de sus habitantes se dedican a actividades de agricultura en fincas cercanas (Candelaria y Capulín).

1.1.2 Límites y colindancias

Al norte con Guatemala latitud 14° 35' norte longitud 90° 27' oeste, al sur con Escuintla latitud 14° 18' norte y longitud 90° 48' este; al este con Santa Elena Barrillas latitud 14° 24' norte y 90° 33' este; al oeste con Amatitlán 14° 29' norte y 90° 37' oeste.

1.1.3 Topografía

Un 90% de la extensión territorial del caserío muestra una topografía accidentada, tiene pendientes que van desde un 1.58% hasta un 78,16%, toda la región está en la montaña, se encuentra en medio de dos fincas (El Capulín y Candelaria) fincas que se dedican al cultivo de café.

1.1.4 Suelo

Antes de describir la clase de suelo existente en el caserío es necesario conocer la definición de suelo. Suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan

El suelo del caserío, en su primera capa, es de tipo orgánico, hasta una profundidad de 0.30 m. aproximadamente, el cual presenta un color café oscuro, a partir de esta capa es arcilloso limoso de un color café claro, café oscuro.

1.1.5 Situación socio económica

Las actividades socio-económicas a que se dedican los habitantes del caserío son varias, la mayoría trabajan en las fincas cercanas de corte de café, en las pocas fábricas existentes y construcciones en la carretera a el Salvador (CA-1) y en la ciudad capital.

Algunos de los habitantes se dedican al cultivo de maíz y frijol en fincas arrendadas a terceros. Las mujeres en su mayoría casadas y solteras se dedican al trabajo de corte de café.

1.1.6 Clima

El clima del caserío varía entre 12° C a 28° C en condiciones atmosféricas normales, presentándose la menor temperatura en horas de la noche y la madrugada y la máxima temperatura al medio día. La precipitación media anual varía entre 1057 m.m. y 1558 m.m. La dirección del viento generalmente es de noreste a suroeste con una velocidad considerable debido a la altura en la que se encuentra el caserío, estos datos fueron obtenidos en el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

1.1.7 Servicios públicos

Educación

El caserío no cuenta con una escuela propia y la que esta, está a 5 minutos del lugar y se encuentra en el caserío El Tapacún donde se imparte enseñanza pre-primaria y primaria. Carece de un establecimiento donde se imparta la educación básica y los que estudian al nivel básico y diversificado lo hacen en el municipio.

Comunicación

No tienen servicio de telefonía domiciliar, en el caserío, contando con servicios de celulares, en diferentes sectores.

Salud

Se carece de un centro de salud que atienda las necesidades de los pobladores, por lo que para ser atendidos deben viajar al centro de salud más cercano que se encuentra en Santa Elena Barillas, o si no, a la cabecera municipal. Tan sólo cuentan con una pequeña farmacia ubicada en la casa del presidente del comité pro-mejoramiento.

Agua potable

Los habitantes del caserío se abastecen de agua, por medio de un pozo mecánico ejecutado por el FIS (Fondo de Inversión Social), la red de agua domiciliar ya está instalada y funcionando la cual cuenta con dos llena cántaros, los cuales abastecen al caserío La Nueva Esperanza, a diferentes horarios. El pozo consta de una bomba sumergible trifásica de etapas y un motor sumergible de 40 Hp de 3 fases.

El pozo se encuentra ubicado en la parte más baja del caserío y en la parte alta, hay un depósito aéreo de 40 m³ que por gravedad abastece el caserío.

Transporte

Se cuenta con transporte extraurbano que pasa por dos lados de sus extremos al sur a 800 mts. De la carretera que conduce de Santa Elena Barillas al municipio y luego a la ciudad de Guatemala, lo hacen aproximadamente en 3 horas al este. En su parte alta los buses que van de Santa Elena Barillas por la cuchilla carretera Guatemala-El Salvador, hasta la terminal de buses de la ciudad de Guatemala, lo hacen aproximadamente en 2 ó 3 horas.

Energía eléctrica

El servicio de energía eléctrica es prestado por la Empresa Eléctrica de Guatemala (E.E.G.S.A.) el cual se ha extendido por todo el caserío beneficiando al 95% de la población, aunque todavía no cuentan con alumbrado público.

1.2 Encuesta sanitaria

Debido a la falta de datos confiables con respecto a la población para determinar el número actual de habitantes del caserío, su sistema de abastecimiento de agua, y la forma en que evalúan sus excretas, fue necesario efectuar un censo del Caserío La Nueva Esperanza y así tomar la información de fuentes primarias.

1.2.1 Datos de la población

La población del caserío La Nueva Esperanza es en un 80% ladina. El 79.29% de los habitantes se encuentran vecindados a la municipalidad de Villa Canales y por lo tanto, vale la pena mencionar que el proyecto sanitario propuesto a los habitantes de la aldea tuvo una gran aceptación entre los mismos.

Basándose en la encuesta sanitaria y de población realizada en el caserío La Nueva Esperanza se tabularon los siguientes datos de población.

Tabla I. Población actual del caserío La Nueva Esperanza

HABITANTES	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
TOTAL DE PERSONAS	280	300	580
DE 0-5 AÑOS	80	100	180
DE 6-14 AÑOS	50	150	200
DE 15-17 AÑOS	40	60	100
DE 18 EN ADELANTE	45	55	100

1.2.2 Datos de vivienda

Un 99.5% de los habitantes del caserío cuentan con vivienda propia y 0.5% la casa donde viven es prestada.

En lo que concierne al tipo de casa, se describe que un 30% son de paredes de block con techo de lámina, un 40% son de paredes de madera rústica con techo de lámina, el 30% de las paredes todavía son de adobe, colocando de canto con techo de lámina.

En la encuesta realizada en el caserío se pudo determinar que en varios casos en una sola casa viven varias familias y por lo tanto comparten todos los servicios, como lo son letrinas, agua potable, energía eléctrica, etc.

El manto friático en esta zona se encuentra superficial por lo montañoso de la topografía, por lo que se puede ver la necesidad urgente de la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario para no alterar el sistema hídrico de la zona.

Las dimensiones de las casas son aproximadamente de 6 x 9.00. En las cuales las distribuciones de los ambientes es sencilla, pues solo se dividen en dos ambientes cocina-comedor y dormitorios.

1.2.3 Datos sobre el uso de agua

El agua es utilizada exclusivamente para el consumo humano, ya que no se dedican al cultivo de productos agrícolas.

La forma de abastecimiento del vital líquido de esta población es la siguiente:

Tabla II. Abastecimiento de Agua del Caserío La Nueva Esperanza

PROCEDENCIA	CANTIDADES DADAS	%
Manantial	0	0
Pozo	72	100
Río	0	0
Chorro público	0	0
Agua potable	-----	-----
Total	72	100

En su totalidad se abastecen del pozo mecánico las 72 casas.

1.2.4 Disposición de aguas servidas

Las aguas servidas son el problema principal que aqueja al caserío La Nueva Esperanza, ya que cuenta con la mayoría de los servicios básicos como lo son el agua potable, carreteras, energía eléctrica, transporte, etc., pero carece de un sistema de alcantarillado sanitario apropiado para poder evacuar las aguas servidas, además no se conducen en forma adecuada las mismas.

Por las calles del caserío se puede observar por sus orillas correr el agua gris que se introducen en las fincas vecinas.

El agua gris proveniente de las casas, producto de los lavaderos y pilas, se extiende al total de la población, pues nadie tiene pozos de absorción para este tipo de aguas. La situación se agrava, pues se produce una cantidad de vectores (zancudos y mosquitos) que transmiten enfermedades entre los habitantes del caserío.

Las excretas, utilizan pozos ciegos pero esto agrava la situación, pues el medio ambiente se contamina con los malos olores y se llenan luego, produciendo también la contaminación del manto freático que baja hacia el lago de Amatitlán.

Tabla III. Servicio sanitario del caserío La Nueva Esperanza

TIPO DE SERVICIO	CANTIDAD DE CASAS	PORCENTAJE
Inodoros conectados a la red de drenaje	0	0
Inodoros conectados a fosa séptica	0	0
Letrinas o pozos ciegos	71	99
Evacuados a la calle	1	1

1.3 Investigación sobre las necesidades prioritarias de servicios públicos en el caserío

Para lograr disponer el agua residual en forma adecuada es necesario construir una planta de tratamiento, donde desemboquen las aguas negras transportadas por el sistema de alcantarillado a construirse, también debe implementarse un sistema de recolección de basura. Actualmente los vecinos lo están haciendo por medio de su comité. Se solicitó a la Municipalidad de Villa Canales la construcción de un centro de salud. Otro servicio público que es necesario en el caserío pero de menor importancia es el servicio de teléfonos públicos.

En la tabla IV, que se presenta a continuación, se muestran las principales necesidades de servicios públicos en orden jerárquico.

Tabla IV. Servicios públicos necesarios en el caserío La Nueva Esperanza

Núm.	Servicio
1	Sistema de alcantarillado
2	Planta de tratamiento
3	Puesto de salud
4	Instituto de educación media
5	Sistema de recolección de basura
6	Alumbrado público
7	Teléfonos públicos
8	Pavimentación de las calles
9	Disposición adecuada de desechos sólidos municipales

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO - PROFESIONAL

Diseño de la red de alcantarillado sanitario para el caserío La Nueva Esperanza, municipio de villa canales, departamento de Guatemala.

2.1 Descripción del proyecto

El diseño de la red de alcantarillado del caserío La Nueva Esperanza, se efectuó mediante un estudio detallado de la población, para determinar los factores que influyen en el diseño del mismo.

Se inicio el estudio mediante una investigación de tipo monográfica, luego se realizó el levantamiento topográfico por medio del cual se determinó que la longitud de la línea principal que es de 1348.15 metros. Por la topografía accidentada del terreno, fue necesario ubicar varios puntos de marcas en diferentes lugares visibles hasta llegar al punto donde se van a descargar en el cuerpo receptor. Posteriormente se procede al diseño hidráulico, elaboración de planos en los cuales se deben anotar las especificaciones de construcción, y presupuesto del proyecto. En el presente trabajo, no se incluye la fase de tratamiento de aguas residuales, ni la construcción de una planta de tratamiento, pues la municipalidad de Villa Canales, debe hacer todas las gestiones con el futuro gobierno para efectuar los estudios y ejecutarlo.

La tubería que se utilizará en este proyecto será de P.V.C., siguiendo las especificaciones de instalación y diseño hidráulico proporcionadas por la empresa que fabrica este tipo de tuberías, en este caso Tubovinil S.A.

Además se utilizarán las especificaciones del INFOM (Instituto de Fomento Municipal), para el diseño y construcción del sistema de alcantarillado sanitario para el área rural del país.

Los pozos de visita con alturas entre 2 y 3.5 mts. sus bases se reforzarán con vigas de 4 No. 3 + Est. No. 2 @ 0.20 y el concreto será de una proporción 1.2.3 con refuerzo No.3 @ 0.25 en ambos sentidos también a c/21 hiladas se colocará anillo de 4 No.3 + estribo No.2 @ 0.15 metros. Las tapaderas de los pozos de visita serán redondas con un diámetro de 0.84 metros y un espesor 0.10 debido a que gran parte de las calles son estrechas, y no pueden circular vehículos, en donde circulan vehículos, se pueden dañar las tapaderas.

2.2 Levantamiento topográfico

En el levantamiento topográfico se tomó en cuenta el área edificada actualmente y la de futuro desarrollo, incluyendo la localización exacta de las calles y zonas edificadas o no; alineación municipal, ubicación de estos que puedan afectar el diseño. Tanto en el levantamiento topográfico de la población, como en lo correspondiente a la línea de descarga se tendrán en cuenta las quebradas, zanjas, cursos de agua, elevaciones, depresiones, etc.

Los datos de todo el levantamiento topográfico deberán quedar claramente consignados en libretas de campo, las cuales estarán libres de borrones, manchas, etc. Es necesario que se acompañen de los croquis o esquemas correspondientes los cuales deberán ser ejecutados en el campo a medida que avanza el trabajo. Los errores permisibles según el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) para los levantamientos en sistemas de alcantarillado del área rural son los siguientes:

a) Error angular: $E_a = (n)^{1/2}$

Siendo E_a = Error angular permisible en minutos
 n = número de estaciones del polígono

b) Error lineal: $E_1 = 0.003 L$

Siendo E_1 = Error lineal de cierre del polígono
 L = Longitud total de los lados del polígono

c) Error de nivelación: $E_n = 24 (L)^{1/2}$

Siendo E_n = Error de cierre de la nivelación en milímetros
 L = Longitud total de nivelada en kilómetros

2.2.1 Levantamiento planímetro

Los métodos más usados en los levantamientos planímetros son:

- Conservación del azimut
- Rumbos
- Distancias

El levantamiento planímetro del caserío La Nueva Esperanza, se realizó por medio del método conocido como conservación del azimut, con vuelta de campana.

En este levantamiento se utilizó el siguiente equipo:

- Un teodolito Sokkisha Tm 20
- Un estadal

- Una cinta métrica de 50 metros de longitud
- 3 plomadas
- Brújula
- Radios de comunicación, etc.

2.2.2 Levantamiento altimétrico

Los levantamientos altimétricos se pueden realizar mediante los siguientes métodos

- Nivelación barométrica
- Nivelación trigonométrica
- Nivelación geométrica (o directa)
 - Nivelación geométrica simple
 - Nivelación geométrica compuesta

El levantamiento altimétrico debe realizarse con instrumentos que permitan una precisión de 1 cm por kilómetro o menor. Se efectuó sobre el eje de las calles, tomando elevaciones en

- Todos los cruces de calles.
- En todos los puntos en que haya cambio de pendiente del terreno.
- En todos los lechos de quebradas, puntos salientes de terrenos y depresiones.
- En las alturas máximas y mínimas en el caudal o cuerpo de agua en el que se proyecte efectuar la descarga.

En el levantamiento altimétrico del caserío La Nueva Esperanza, se utilizó el método de nivelación geométrica compuesta. Para el levantamiento altimétrico se utilizó el siguiente equipo:

- Un nivel D-5 2-3 con una aproximación 2 m.m. por kilómetro.
- Un estadal
- Una cinta métrica de 50 mts.
- Estacas
- Pintura
- Clavos

2.3 Características del subsuelo

El suelo del caserío La Nueva Esperanza, en su primera capa es de tipo orgánico hasta una profundidad de 0.30 mts. aproximadamente debido a su historia fue una finca cafetalera. Presenta un color café oscuro y a partir de esta capa es arcilloso limoso, de un color amarillo hasta una profundidad de 2.5 mts., luego se encuentra una capa de talpetate de color café oscuro. Estos datos se obtuvieron de la experiencia en excavaciones efectuadas por los vecinos y la municipalidad de Villa Canales.

El nivel freático de este caserío es variado, en algunos lugres está a 6 mts. y otros puntos altos está 18 mts. aproximadamente, por estar en una montaña. El manto freático tiende a buscar el nivel más bajo.

2.4 Tipo de sistema a utilizar

De acuerdo a su finalidad existen 3 tipos básicos de alcantarillado: la sección de cada uno de ellos dependerá de un estudio cuidadoso de factores, tanto topográficos como funcionales, pero quizá el más importante es el económico.

- a) Alcantarillado sanitario: consiste en un conjunto de tuberías que recogen las aguas servidas domiciliarias, comerciales e industriales principalmente.

- b) Alcantarillado pluvial: conduce exclusivamente aguas producto de las lluvias.
- c) Alcantarillado combinado: en éste se conducen tanto las aguas negras como las aguas producto de la lluvia. Este sistema en los últimos años se ha dejado de utilizar, pues sobre la base de múltiples estudios se ha determinado que no es el adecuado para el saneamiento del ambiente, debido a que en la actualidad el Ministerio de Medio Ambiente exige el tratamiento de las aguas residuales, y cuando llueve el caudal de agua que transporta este sistema es demasiado grande para una planta de tratamiento, y ésta entonces deja de cumplir la función para la que fue diseñada.

2.5 Período de diseño

Es el período de tiempo en que el sistema de alcantarillado sanitario prestará un servicio de forma eficiente en un 100% a la población, pasado este período es necesario rehabilitar el mismo.

Los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente su función durante un período de 30 a 40 años a partir de la fecha en que se desarrolle el diseño.

Para seleccionar el período de diseño de una red de alcantarillado sanitario o de cualquier obra de ingeniería se debe de considerar factores como la vida útil de las estructuras, equipos y componentes; tomando en cuenta la antigüedad, el desgaste natural que sufren los materiales, así como la facilidad para hacer ampliaciones a las obras planeadas, también, la relación anticipada de crecimiento de la población, incluyendo en lo posible, el desarrollo urbanístico comercial o industrial de las áreas adyacentes.

En ciertas situaciones, se considera incluir, dentro del período de diseño, un tiempo de 1 ó 2 años adicionales, debido al tiempo que se lleva en gestionar el proyecto, para su respectiva autorización y desembolso económico. El período de diseño recomendado por el Instituto de Fomento Municipal –INFOM- es de 20 años. Para el presente proyecto se adoptó un período de diseño de 21 años.

2.6 Velocidad de diseño

Para este proyecto, la tubería a usar es P.V.C., norma ASTM 3034, se aconseja que la velocidad de flujo en las líneas de drenaje sanitario no sea menor de 0.60 m/seg, para prevenir asolvamiento en la tubería proporcionando una acción de autolimpieza, en la tubería, ni mayor de 3.00 m/seg. A sección llena es a sección parcialmente llena la velocidad mínima es de 0.40 m/seg y la velocidad máxima 3.00 m/seg.

A velocidades mayores de 1.50 m/seg. deben tomarse consideraciones especiales respecto a ondas de presión y especialmente en caso que la tubería trabaje a sección llena (según catálogo técnico tuberías de P.V.C. para alcantarillado sanitario de Tubovinil).

La velocidad mínima tiene como objetivo principal evitar la sedimentación de sólidos en la tubería que obstruya la libre circulación del flujo dentro de la tubería. El límite establecido para la velocidad máxima tiene como objetivo principal evitar la abrasión de la tubería debido a los sólidos que transporta el flujo.

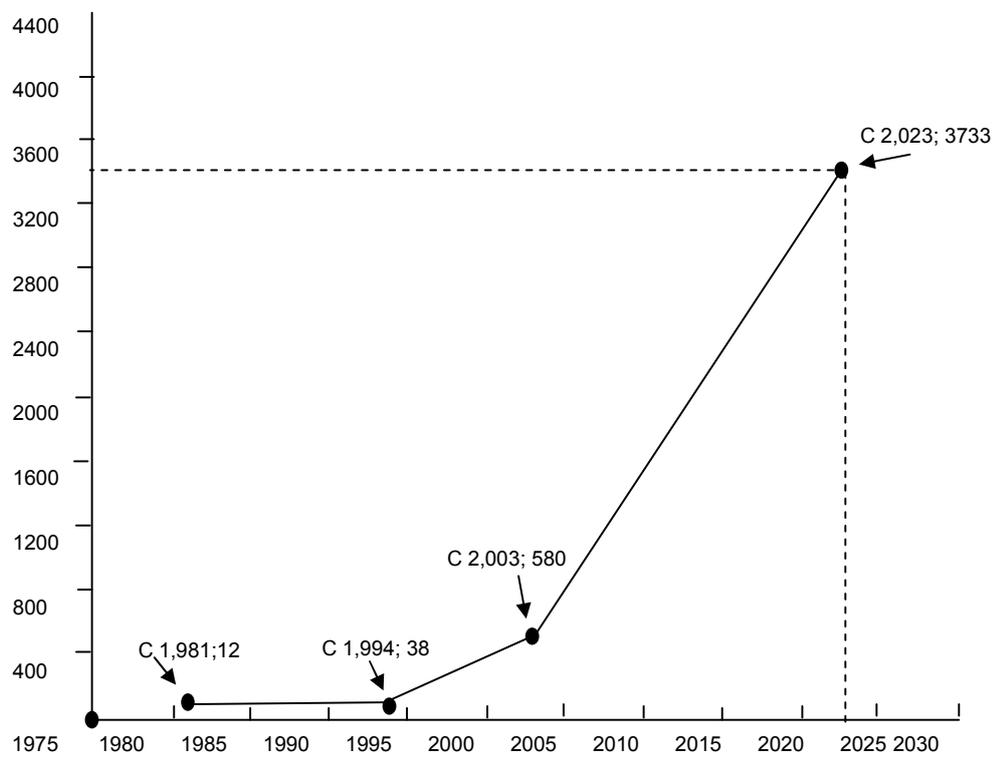
2.7 Estimación de la población de diseño

Para la estimación del número de habitantes futuros de una población, se tienen varios métodos dentro de los cuales se pueden mencionar

- Método del crecimiento aritmético
- Método del crecimiento geométrico
- Método del incremento de incremento

Para la estimación de la población futura del caserío La Nueva Esperanza, el método utilizado fue el incremento geométrico, debido a que al graficar los datos de la población de los censos de 1981 y 1994 que se obtuvieron de el Instituto Nacional de Estadística –INE- y lo obtenido en la muestra sanitaria se obtuvo la grafica esquematizada en la figura 2.

Figura 2 **Curva de crecimiento de población del caserío La Nueva Esperanza**



El gráfico que se obtuvo fue una curva exponencial, lo cual pone de manifiesto la forma geométrica en que crece la población del caserío.

2.7.1 Método del Incremento Geométrico

El método del incremento geométrico es el más utilizado para el cálculo de poblaciones de los países en vías de desarrollo como el nuestro, debido a que la población en nuestro país crece a un ritmo geométrico o exponencial, y el caserío la nueva esperanza no es la excepción, pues al graficar los datos de población obtenidos en el Instituto Nacional de Estadística –INE- se obtuvo una curva exponencial (fig. 2). Este método tiene la ventaja de que no se necesitan muchos datos para su aplicación y se adapta más a la realidad y su desventaja es que se puede sobre estimar la población. La formula de crecimiento geométrico es la siguiente:

$$P_1 = P_0 (1 + r)^n$$

Donde: P_1 = Población futura
 P_0 = Población de ultimo censo
 r = Tasa de Crecimiento
 n = Período de diseño en años

Es necesario tener conocimiento de la tasa de crecimiento del caserío La Nueva Esperanza, pero en el Instituto Nacional de Estadística –INE- no cuentan con el último censo de población, ni con la tasa de crecimiento poblacional por caserío y aldeas, solo posee la del crecimiento urbano que es de 2.6 % por lo que para el diseño se utilizó esta tasa de crecimiento:

$$P_1 = P_0 (1 + r)^n$$

Con los datos de población obtenidos en el Instituto Nacional de Estadística (INE), y conociendo el período de años entre los censos, se puede calcular la tasa de crecimiento poblacional del caserío, pero al calcular esta no se ajusta a la realidad del crecimiento poblacional del caserío, por lo que no se tomó en cuenta para el diseño del presente proyecto.

Al utilizar el método geométrico, se evaluó el crecimiento de la población a servir. Según el censo de 1981, en el caserío habían 12 personas, para el censo de 1,994, habían 38 personas y en el censo realizado en la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, en el año 2003, hay 580 personas.

La población actual es de 580 personas, calculando la población para el período de diseño de 21 años se encuentra:

$$P_{2023} = 580 (1+0.026)^{21} = 994.31 \text{ habitantes}$$

2.8 Determinación del caudal de aguas servidas

En sistemas sanitarios el caudal de diseño será determinado de acuerdo con los parámetros siguientes.

2.8.1 Población tributaria

En este caso se obtuvo la población tributaria teniendo el número de casas localizadas en cada tramo, multiplicado por el número de los habitantes promedio por casa.

Para el caserío La Nueva Esperanza se obtuvo la densidad de habitantes por vivienda de la siguiente forma:

Habitantes por vivienda = número de habitantes / número de casas

= 580 Habitantes / 71 casas

= 8.16 Habitantes / casa

= 8 Habitantes / casa

2.8.2 Dotación

El cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros / habitante.

Los factores que se consideran en la dotación son: clima, nivel de vida , actividad productiva, servicios comunales o públicos, facilidad de drenajes, calidad de agua, medición, administración del sistema y presión del mismo.

La dotación del caserío La Nueva Esperanza es de 100 litros / hab / día, según el factor hora máximo = 2. Información proporcionada por el FIS (Fondo de Inversión Social), que es la unidad que tuvo a su cargo el diseño del proyecto de agua potable.

2.8.3 Factor de retorno al sistema

Es el factor que indica la cantidad de agua que las personas retornan al alcantarillado sanitario, la cual se considera entre el 70% y el 90% de la dotación de agua potable.

Se sabe que no todo el 100% de la dotación de agua potable que entra a una vivienda regresa al alcantarillado sanitario por razones de uso en riegos de terrenos agrícolas y patrios, considerando perderse un 25% por infiltración y evaporación, por lo tanto para este caso tomo un factor de retorno al sistema de 75%.

2.8.4 Factor de flujo instantáneo

Es el factor que representa la probabilidad de que múltiples accesorios sanitarios de las viviendas se estén utilizando simultáneamente en una comunidad.

Es llamado también Factor de Harmond (F.H.) regula un valor máximo de aportaciones por uso doméstico.

Este factor actúa principalmente en las horas picos, es decir en las horas que más se utiliza el sistema de drenaje se puede calcular para un tramo de la red por medio de su formula la cual es:

$$F.H. = (18 + p^{1/2}) / (4 + p^{1/2})$$

Donde F.H. = Factor de Harmond

P = Población en miles de habitantes

El factor de flujo instantáneo no es constante para todo el sistema de alcantarillado, si no por el contrario varía por cada tramo de acuerdo al número de habitantes acumulados en ese tramo, por lo tanto también es diferente el valor de flujo actual al valor de flujo futuro.

2.8.5 Relación de diámetros y caudales

La relación q/Q no deberá ser mayor a 0.75, ni menor a 0.10 del diámetro interno de la tubería, para alcantarillado sanitario, esto es para que funcione como canales abiertos, en los cuales circula el flujo por acción de la gravedad sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera. Aunque existen sus excepciones, como los sifones invertidos y las tuberías de impulsión de las estaciones elevadas, que trabajan siempre a presión,

también puede suceder que el canal esté cerrado, como en el caso de los conductos que sirven de alcantarillados para que circule el agua de desecho y que eventualmente se produzca alguna presión debido a la formación de gases.

2.8.6 Caudal domiciliario

El caudal de agua que una vez ha sido utilizado por las personas, para limpieza o producción de alimentos, es desechado y conducido hacia la red de alcantarillado sanitario, es decir que el agua de desechos domésticos, está relacionada con la dotación del suministro de agua potable, menos una porción que no será vertida al drenaje sanitario correspondiente al lavado de vehículos, riego de jardines, etc. El caudal domiciliario está dado por la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{(\text{dotación} \times \text{Núm. de habitantes futuros} \times \text{factor de retorno})}{86400}$$

$$Q_{\text{dom}} = \frac{(100 \text{ l/hab/día} \times 994.00 \times 0.75)}{86400} = \frac{100 \text{ l/hab/día} \times 994.00 \times 0.75}{86400}$$

$$Q_{\text{dom}} = 0.86 \text{ l / seg}$$

2.8.7 Caudal de infiltración

Para la estimación del caudal de infiltración que entra en los alcantarillados, se toma en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad de las tuberías, la permeabilidad del terreno, el tipo de junta usadas en las tuberías y la calidad de mano de obra y supervisión con que se cuenta durante la construcción. Hay dos formas de medirlo, una es, en litros diarios por hectáreas o litros diarios por kilómetro de tubería. Incluyendo la longitud de la tubería de los entronques domiciliarios, para lo cual puede asumirse

como 6 mt. de longitud por cada vivienda. Este factor puede variar entre 16,000 y 20,000 litros diarios por kilómetro de tubería, el caudal de infiltración está dado por la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{inf}} = \frac{\left(\frac{\text{fact. Inf. X (m de tubería + Núm. de casas futuras x 6 m.)}{1000} \right)}{86400}$$

Para el caso del sistema de alcantarillado sanitario del caserío La Nueva Esperanza, el caudal de infiltración es cero debido a que el material a utilizar es tubería de P.V.C. norma ASTM 3034.

2.8.8 Caudal de conexiones ilícitas

Es el caudal producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema de agua pluvial al sistema de alcantarillado sanitario, se estima un porcentaje de viviendas que puede realizar conexiones ilícitas que varía del 0.5 % a 2.5% según el Instituto de Fomento Municipal –INFOM-. Este valor se puede tomar como un 10% del caudal domiciliar, sin embargo, en áreas en donde no hay alcantarillado pluvial, podrá usarse un valor más alto.

Como el cómputo de caudal de conexiones ilícitas va directamente relacionado con el caudal producido por las lluvias, una de las formas para calcularlo es el método racional, el cual está dado por:

$$Q_{\text{ conexiones ilícitas}} = (CIA / 360 = CI (AX\%)) / 360$$

Donde: Q = Caudal (m³ / seg)
 C = Coeficiente de escorrentía
 I = Intensidad de lluvia (m.m. / hora)

A = Área que es factible conectar ilícitamente al sistema
(m.m. / hora)

Este caudal, también se puede calcular por el método de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria, el cual indica que se puede tomar un valor de 50 l./hab/día¹. Este método, es el que se utiliza para el desarrollo del presente proyecto pues es el que más se apega a la realidad.

2.8.9 Factor de caudal medio (FQM)

Este factor regula la aportación de caudal en la tubería, es la suma de los caudales domésticos de conexiones ilícitas, de infiltración, comercial e industrial. Este factor debe estar dentro del siguiente rango:

$$0.002 \leq FQM \leq 0.005$$

Si da un valor inferior al rango anterior se tomará 0.002 y si por el contrario da un valor mayor al rango anterior se tomará 0.005.

El factor de caudal medio para este proyecto está dado por:

$$FQM = q_m / \text{Núm. de habitantes futuros}$$

Donde: q_m = Caudal sanitario

$$q_m = q_{\text{dom}} + q_{\text{inf}} + q_{\text{conexiones ilícitas}} + q_{\text{comercial}} + q_{\text{industrial}}$$

Para el caso del presente proyecto no se tomarán en cuenta los caudales de infiltración comercial e industrial, debido a que la tubería a utilizarse es de P.V.C. y en el caserío no existen negocios ni industrias respectivamente.

¹ Elmer A gusto Guevara Gonzáles. Diseño de la red de drenajes sanitarios para la aldea La Campana, Municipio de Monjas, Departamento de Jalapa.

$$Q_m = 0.86 \text{ l/seg} + 0.73 \text{ lts / seg}$$

$$Q_m = 1.59 \text{ l / seg}$$

$$\text{F.Q.M.} = (1.59 \text{ l / seg}) / 994 \text{ habitantes}$$

$$\text{F.Q.M.} = 1.60 \times 10^{-3}$$

El factor de caudal medio se encuentra dentro del rango interior anterior. Por lo tanto es de 0.0016 valor real adoptado para el diseño del presente proyecto, se tomará 0.002.

2.8.10 Caudal de diseño

El caudal con que se diseñará cada tramo del sistema sanitario será la suma de: caudal máximo de origen doméstico, caudal comercial, caudal industrial, caudal de infiltración y caudal de conexiones ilícitas. Para este proyecto en particular solo se toman en cuenta el caudal máximo de origen doméstico y el caudal de conexiones ilícitas.

El caudal de diseño de cada tramo será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de Harmond y el número de habitantes a servir, a la población actual y futura, para que funcione adecuadamente durante el período de diseño.

$$Q_{\text{dis actual}} = (\text{FQM}) (\text{FH actual}) (\text{Núm. de habitantes actual})$$

$$Q_{\text{dis futuro}} = (\text{FQM}) (\text{FH futuro}) (\text{Núm. de habitantes futuro})$$

Para el presente estudio de drenajes, el caudal de diseño será del caudal de diseño crítico que es el caudal de diseño actual, en el cual se pueden producir taponamientos debido a la poca cantidad de flujo que circula por las tuberías, a la vez se realizó un chequeo final del período de diseño, cuando el tirante y la velocidad del flujo en la tubería sea máximo. Otra forma de calcular el caudal de diseño es integrándolo directamente por medio de la siguiente expresión:

$$q_{dis} = q_{dom.} \times FH + q_{inf} + q_c + q_{con} + q_{ino}$$

La diferencia entre ambos métodos para el cálculo del caudal de diseño puede notarse cuando las poblaciones son muy grandes, aunque la segunda forma integra todos los caudales reales que se producen en un tramo de tubería pero puede producir diámetros mayores, repercutiendo en onerosos resultados económicos para el presupuesto del proyecto. Para el presente estudio se utilizó el primer método por ser una población pequeña.

2.8.11 Diseño de secciones y pendientes

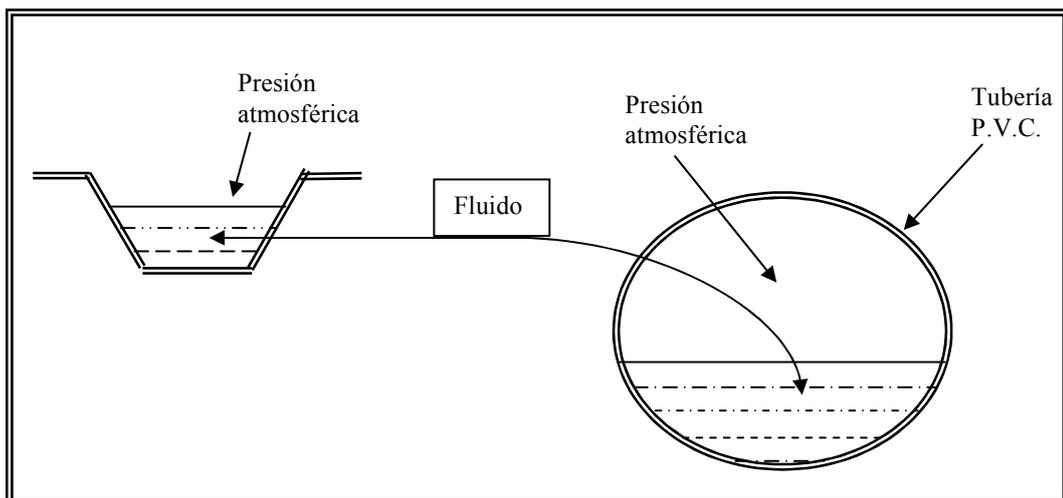
El análisis y la investigación del flujo hidráulico, han establecido que las condiciones del flujo y las pendientes hidráulicas en sistemas sanitarios de P.V.C. por gravedad, pueden ser diseñadas conservadoramente utilizando la ecuación de Manning.

La relativamente pequeña concentración de sólidos (600 p.p.m.) usualmente encontradas en las aguas negras y de tormenta no es suficiente para hacer que su evolución sea diferente la del agua. Por esta razón, se acepta que las aguas negras tengan las mismas características que el agua, siempre que se mantengan velocidades mínimas de autolimpieza. Al igual que el agua, las aguas negras buscarán el nivel más bajo cuando son introducidas en una tubería con pendiente. El intento de las aguas negras de buscar su nivel induce un movimiento conocido como flujo por gravedad.

Para simplificar el diseño de sistemas de tuberías sanitarias, es necesario asumir condiciones constantes de flujo. La mayoría de sistemas de drenajes funciona como caudales, sus momentos variables son desde que se diseñan y permiten que el área de drenaje aumente o disminuya, se considera como flujo en canales abiertos.

En sistemas de alcantarillado por gravedad, el flujo se encuentra en contacto directo con la atmósfera, por lo tanto, carece de cualquier tipo de presión, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 3. Presión atmosférica en las tuberías



2.8.11.1 Diseño de secciones

En general se usarán en el diseño secciones circulares de tuberías P.V.C., debido a que las condiciones de terreno donde se ubica la red de drenaje, presenta inconvenientes para el uso de tuberías de concreto.

Estas tuberías funcionan como canales, para que el agua circule por acción de gravedad sin ninguna presión, es decir, están en contacto directo con la atmósfera. Como se muestra en la figura 3.

La fórmula de Manning está basada en las condiciones antes mencionadas, o sea flujos constantes y canales abiertos. La ecuación de Manning es la siguiente:

$$V = 1/n (R^{2/3} \times S^{1/2})$$

Para el sistema métrico la fórmula de Manning adopta la siguiente forma:

$$V = 1/n (D \times 0.0254 / 4)^{2/3} \times S^{1/2}$$

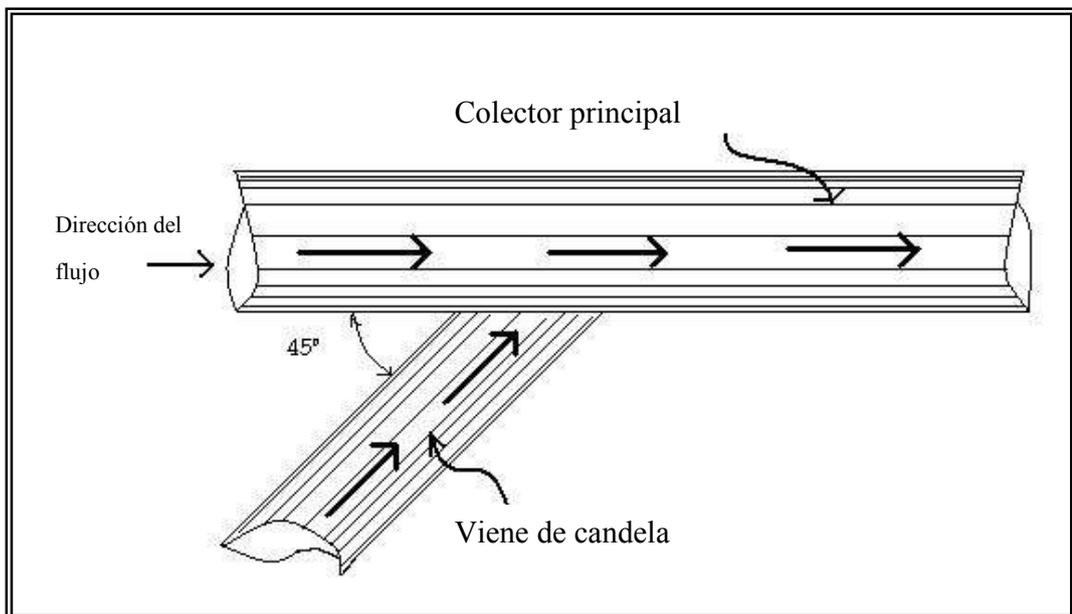
Donde: V = Velocidad de flujo a sección llena (mts. / seg.)
 R = Radio hidráulico = área / pavimento mojado
 D = Diámetro de la sección circular (metros)
 S = Pendiente de la gradiente hidráulica (m / mm)
 N = Coeficiente de rugosidad de Manning
 = 0.010 para diseño de sistemas de alcantarillado
 sanitarios por gravedad usando tubería de P.V.C.
 norma 3034.

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios es tubería de P.V.C. de 6 pulgadas, el cual podrá aumentar cuando a criterio del ingeniero diseñador sea necesario. Para las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo será de 4 pulgadas.

2.8.11.2 Diseño de pendiente

Para las condiciones domiciliarias, la pendiente mínima será de 2% y la máxima será de 6% formará un ángulo horizontal con respecto a la línea central de aproximadamente 45 grados en el sentido de la corriente del colector principal, como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Conexión domiciliar



Para el colector principal, la pendiente a utilizar será aquella que permita estar dentro del rango de velocidades permitidas, $0.60 \text{ m/seg} \leq V \leq 3.00 \text{ m/seg}$ aunque para las velocidades en casos críticos como en terrenos muy planos y ramales iniciales donde el flujo es pequeño se acepta una velocidad de 0.40 m/seg.

La profundidad de la zanja podrá variar según las circunstancias, pero no podrá tener en ningún caso, un recubrimiento menor de 60 cms. Sobre la corona del tubo, en lugares de tránsito pesado, de lo contrario, deberá protegerse el tubo con una loseta diseñada para proteger el tubo de aplastamiento.

Si en el fondo de la zanja se encuentra agua, se utiliza a manera de filtro una capa de grava (1/2 máximo) de un espesor de 15 centímetros.

En el relleno de la zanja se utilizará un material que de una compactación adecuada como el selecto, cuando la altura de coronamiento de la tubería principal tenga una profundidad mayor de 3.00 metros bajo la superficie del terreno, se diseñará una tubería auxiliar sobre las principales para recibir las conexiones domiciliarias del tramo correspondiente.

El ancho mínimo de zanja, está determinado por el espacio mínimo que necesita un obrero para instalación de la tubería sin mayor dificultad. Este mínimo es de 0.45 m para tuberías de 4 pulgadas, 6 pulgadas, de 8 pulgadas 0.61 y 10 pulgadas 0.66 y no más de 0.15 mt a 0.23 mt de espacio libre a cada lado de la tubería.

El fondo de las zanjas debe de compactarse con material selecto para evitar que la tubería pueda sufrir algún daño por alguna piedra que al compactarse la quiebre o que la zanja no esté bien nivelada y se pandee.

A continuación se presenta una tabla de anchos mínimos de zanjas recomendados por Tubovinil.

Tabla V. Ancho mínimo de zanja

Diámetro nominal	Ancho de zanja mínimo			h promedio			
	Número de diámetros	Pulgadas	m.	1: 00 a 1.85 m	1.86 m a 2.85 m	2.86 m a 3.85 m.	3.36 m en adelante
4"	4.3	18	0.45	-	0.5	0.5	0.55
6"	2.9	18	0.45	-	0.5	0.5	0.55
8"	2.9	24	0.61	-	0.65	0.7	0.75
10"	2.5	26	0.66	-	0.7	0.7	0.75
12"	2.4	30	0.76	-	-	-	0.8
15"	200	30	0.76	-	-	-	0.8
18"	1.8	32	0.82	-	-	-	

2.8.12 Obras accesorias

Se diseñan para garantizar el buen funcionamiento del sistema de alcantarillado.

2.8.12.1 Colectores

Son las tuberías por las que se conduce el agua residual. Deben de cumplir con ciertas especificaciones técnicas descritas anteriormente pero la principal es que trabajan como canales abiertos.

2.8.12.2 Pozos de visita

Sirven para verificar el buen funcionamiento de la red de tubería, así como para efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento, se pueden construir de cualquier material siempre que sea impermeable y duradero, dentro del período de diseño.

En la actualidad, hay empresas que se están dedicando a la fabricación de pozos de visita de P.V.C. Se diseñan pozos de visita para localizarlos en los siguientes casos.

- Cambio de diámetro
- Cambio de pendiente
- Cambio de dirección horizontal para diámetros menores a 24 pulgadas.
- En la intersección de dos o más tuberías.
- En el extremo inicial de un tramo.
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta de diámetro hasta de 24 pulgadas.
- En distancias no mayores a 300 metros en diámetros superiores a 24 pulgadas.

La diferencia de cotas Invert entre las tuberías que entran y salen de un pozo de vista será como mínimo de 0.03 mts.

Cuando el diámetro interior de la tubería que entra a un pozo de visita, sea menor que el diámetro interior de la que sale la diferencia de cotas Invert será como mínimo la diferencia de dichos diámetros.

Cuando la diferencia de cotas Invert entre la tubería que entra y la que sale en un pozo de vista, sea mayor a 0.70 metros deberá diseñarse un accesorio especial que encauce el caudal con un mínimo de turbulencia.

Cuando a un pozo de vista llega una tubería y salen dos tuberías, todas de igual diámetro, una de corrimiento y otra inicial, la tubería de corrimiento debe de colocarse por lo menos un diámetro de bajo de la tubería de ramal inicial y por lo menos a 0.03 mts. de la tubería de llegada.

Cuando a un pozo de visita llegan dos o más tuberías todas de igual diámetro, la tubería de salida debe de colocarse por lo menos 0.03 mts. debajo de la tubería que llegue a mayor profundidad.

Cuando a un pozo de visita llega una tubería y salen 3 ramales, dos iniciales y uno de corrimiento, la tubería de corrimiento debe de colocarse como mínimo un diámetro debajo de la tubería del ramal inicial de mayor profundidad y por lo menos 0.003 mts. debajo de la tubería de llegada.

2.8.13 Diseño de la red de alcantarillado sanitario

Para el diseño del alcantarillado sanitario se emplearán las especificaciones técnicas para tubería de P.V.C. utilizando diversas fórmulas, que se desarrollarán oportunamente con el siguiente ejemplo eligiendo al azar un tramo del sistema de alcantarillado sanitario, haciendo comparación entre el caudal que se producirá con la población actual y el incremento que tendrá para el final del período de diseño.

El diámetro mínimo a utilizar para el proyecto es de 6 pulgadas para el inicio de los tramos, 8 pulgadas y 10 pulgadas en los colectores más bajos y 4 pulgadas para las conexiones domiciliarias, para la candela domiciliar se empleará un tubo de concreto de un diámetro de 12 pulgadas.

Tabla VI. Datos para el diseño hidráulico

Datos generales	
Población actual año 2003	994 habitantes
Población futura año 2023	37733 habitantes
Tasa de crecimiento	2.6 %
Período de diseño	21 años
Densidad de vivienda	5 habitantes / casa
Dotación de agua potable	100 l / hab / día
Factor de retorno	0.75
Material a utilizar	tubería de P.V.C
Coefficiente de rugosidad	0.01
Cota inicial de terreno	183.552 m
Cota final de terreno	183.285 m
Distancia horizontal	4.108 m

Solución del ejemplo:

- Pendiente del terreno

$$S_{\text{terreno}} = \frac{183.552 - 183.285}{4.108} \times 100 \text{ M}$$

$$S_{\text{terreno}} = 6.49951 \%$$

$$\% \text{ de pendiente del tubo propuesto} = 6.00 \%$$

$$\text{Núm. de casas del terreno} = 2$$

$$\text{Núm. de casas acumuladas} = 3$$

$$\text{Densidad de vivienda} = 5 \text{ habitantes / casa}$$

- Cálculo de la población a servir.

Población actual = (densidad de vivienda) (Núm. de viviendas acumuladas actual)

$$\begin{aligned} \text{Población actual} &= (5 \text{ hab}) (15) \\ &= 75 \text{ habitantes} \end{aligned}$$

Población futura = Población Actual (1 + tasa de crecimiento) ^{Λ periodo de diseño}

$$\begin{aligned} \text{Población futura} &= 75 (1 + 2.6 \%)^{\wedge 21} \\ &= 128.57479 \text{ habitantes} \\ &= 129 \text{ habitantes} \end{aligned}$$

- Factor de Harmond

$$\begin{aligned} \text{FH actual} &= \frac{18 + (P / 1000)^{1/2}}{4 + (P / 1000)^{1/2}} = \frac{18 + (7.5 / 1000)^{1/2}}{4 + (7.5 / 1000)^{1/2}} \\ &= \frac{18.27386}{4.27386} = 4.27573 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FH futuro} &= \frac{18 + (P / 1000)^{1/2}}{4 + (P / 1000)^{1/2}} = \frac{18 + (129 / 1000)^{1/2}}{4 + (129 / 1000)^{1/2}} \\ &= \frac{18.359166}{4.3591657} = 4.2116238 \end{aligned}$$

- Caudal de diseño

$$q \text{ diseño actual} = (\text{Núm. de hab. actual}) (\text{FQM}) (\text{FH actual})$$

$$q \text{ diseño actual} = (75) (0.0022) (4.27573) = 0.7055 \text{ lts/seg}$$

$$q \text{ diseño futuro} = (\text{Núm. de hab. futuros}) (\text{FQM}) (\text{FH futuro})$$

$$q \text{ diseño futuro} = (129) (4.2116238) (0.0022) = 1.1952588 \text{ lts/seg}$$

- Velocidad a sección llena (V)

Al Utilizar la fórmula de Manning para calcular la velocidad a sección llena de la tubería de diámetro 6 pulgadas se tiene

$$V = (1/n) \times (R)^{2/3} \times (s)^{1/2}$$

$$V = (1/0.010) \times (6 \times 0.0254/4)^{2/3} \times (0.02)^{1/2}$$

$$V = 1.60 \text{ m/seg}$$

- Caudal a sección llena (Q)

$$Q = (1/n) \times (R)^{2/3} \times (S)^{1/2} \times (\pi/4) (D \times 0.0254)^2$$

$$Q = 1.60 \times (\pi/4) (6 \times 0.0254)^2 \times (1000 \text{ lts} / 1 \text{ m}^3)$$

$$Q = 29.19 \text{ lts / seg}$$

Teniendo el valor de la relación q/Q y buscando este valor en las tablas de diseño hidráulico se puede obtener el valor de v/V

$$q/Q = 0.7055 / 29.18 = 0.02418$$

Para la comprobación del diseño se tomó la población actual que es el caso crítico.

$$q/Q = 4.7189 / 29.18 = 0.16172$$

Para la comprobación del diseño no sobrepasar la capacidad del tubo.

- Velocidad de diseño (V)

La velocidad del diseño debe estar dada por

$$V = (v/V) \times V$$

Donde: v = Velocidad de diseño a sección parcialmente llena.

v/V = Valor obtenido de las tablas de relaciones hidráulicas, a partir del valor de q/Q .

V = Velocidad de sección llena según la pendiente asumida del tubo.

q = Caudal a sección parcialmente llena

Q = Caudal a sección llena

$$V \text{ actual} = (0.420) \times 1.60 = 0.6720 \text{ m/seg}$$

$$V \text{ futuro} = (0.49) \times 1.60 = 0.784 \text{ m/seg}$$

- Cálculo de tirantes

A partir de la relación q/Q se puede obtener el valor del tirante (de agua).

Para que no exista taponamiento en la tubería ni se sobrepase la capacidad del tubo, el tirante, debe de cumplir con la siguiente condición:

$$0.10 D \leq d \leq 0.75 D$$

$$\begin{aligned} d_{\text{actual}} &= (d/D) \times (D) = 0.1075 \times (6'' \times (2.54 \text{ cm} / 1 \text{ pulg})) = 1.6383 \text{ cms} \\ &= 0.10 (6'' \times 2.54) = 1.5240 \end{aligned}$$

Como se puede observar, el tirante de agua es mayor a $0.10 D$ por lo tanto es correcto el cálculo.

$$\begin{aligned} d_{\text{futuro}} &= (d/D) \times (D) \\ d_{\text{futuro}} &= (0.1375) \times (6'' \times (2.54 \text{ m} / 1 \text{ pulg})) = 2.0955 \text{ cms} \\ &0.75 (6'' \times 2.54 \text{ cm}) = 11.43 \text{ cms} \end{aligned}$$

Como se puede observa, el tirante de agua es menor a $0.75 D$ por lo tanto al final del periodo de diseño no se sobrepasará la capacidad del futuro.

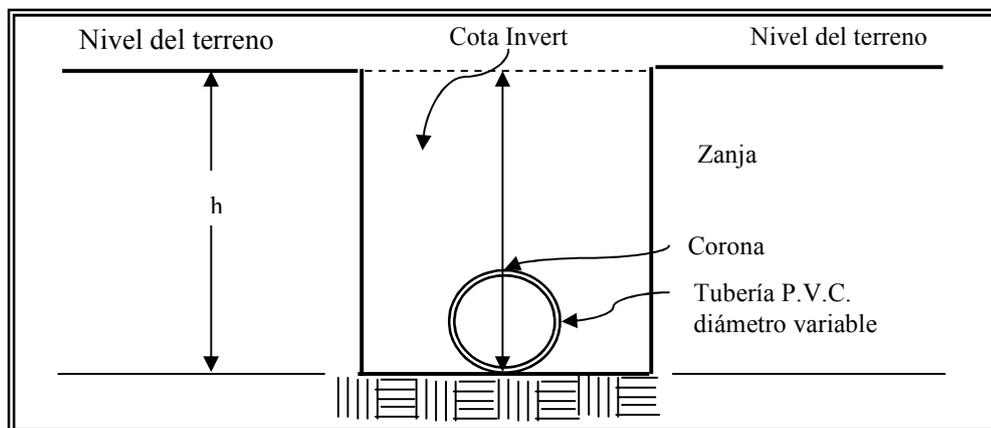
Para el caso del ejemplo anterior, tanto las velocidades como los tirantes de agua cumplen con las especificaciones establecidas, si cuando se diseña un sistema de alcantarillado sanitario estos valores no cumplen, el diseñador deberá probar el cálculo haciendo variar la pendiente, hasta lograr que el valor obtenido se encuentre dentro de las especificaciones técnicas recomendadas.

- Cota Invert

La cota Invert, para colocar la tubería estará determinada por el tránsito a soportar.

En la figura 5 se muestra la forma de medir la cota Invert.

Figura 5. Cota Invert



Para tránsito liviano la h_{\min} es de 1.00 m. y para tránsito pesado es de 1.20 mts. Para el caso del ejemplo anterior, la cota Invert la se obtendrá de la siguiente forma:

$$\text{Cota Invert inicial} = \text{cota de terreno inicial} - h \text{ anterior de pozo} - 0.03$$

$$\text{CII} = 183.552 - 1.52 - 0.03 \text{ mts} = 182.00200$$

$$\text{Cota Invert final} = \text{cota invert inicial} - (\text{Distancia Horizontal} \times \text{S\% tubo})$$

$$\text{CIF} = 182.00200 - 4.108 \times 6\% = 181.75552$$

$$\text{Altura de pozo inicio} = \text{cota de terreno inicial} - \text{cota Invert inicial}$$

$$\text{HP} = 183.552 - 182.00200 = 1.55 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Altura del pozo final} &= \text{cota del terreno final} - \text{cota Invert final} \\ \text{HP} &= 183.285 - 181.7552 = 1.53 \text{ mt} \end{aligned}$$

- Volumen de excavación

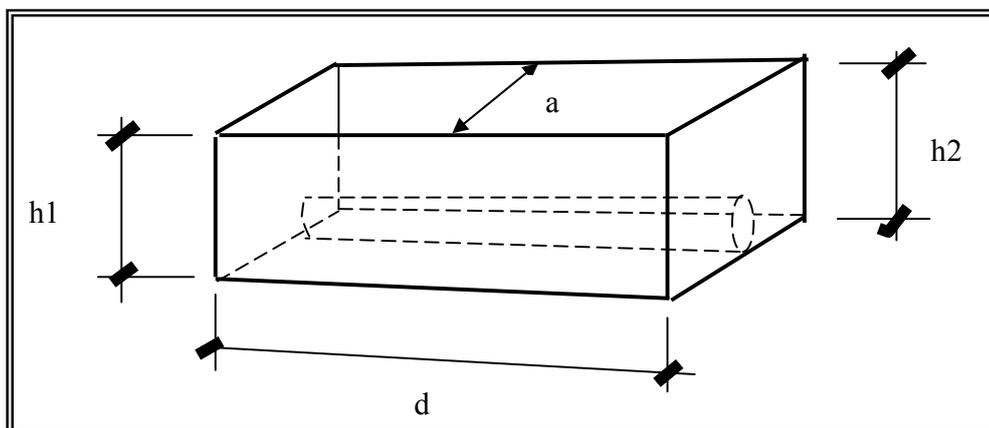
Para calcular el volumen de excavación donde se instalará la tubería del drenaje, simplemente se cubica la fracción del suelo, poniendo mucha atención cuando se calculan h_1 y h_2 como se muestra en la figura 6; el volumen de excavación está dado por la fórmula:

$$\text{Vol Exc.} = \frac{(h_1 + h_2)}{2} \times d \times a$$

Donde:

- h_1 y h_2 = representan los extremos del tramo entre pozos
- d = es la distancia horizontal entre pozos
- a = es el ancho de zanja

Figura 6. Volumen de excavación



$$V \text{ excavación} = \frac{(1.55 + 1.53)}{2} \times 4.108 \times 0.60$$

$$V \text{ excavación} = 3.80 \text{ m}^3$$

El procedimiento descrito anteriormente en una solución del ejemplo es el que se usó para el cálculo de los demás tramos del sistema de alcantarillado sanitario.

A continuación se presentan las tablas de resumen del diseño hidráulico del caserío La Nueva Esperanza que se muestran en las páginas 44 y 45.

3. PRESUPUESTO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASERÍO LA NUEVA ESPERANZA

3.1 Descripción del personal y maquinaria con que cuenta la municipalidad de Villa Canales para la ejecución del alcantarillado sanitario del caserío La Nueva Esperanza

La municipalidad de Villa Canales, cuenta con su propia cuadrilla para la instalación de drenajes la cual está integrada por el supervisor que es un maestro de obra con mucha experiencia en la instalación de drenajes.

En el caserío La Nueva Esperanza la comunidad cuenta con un comité bien organizado el cual organizó la ejecución de la instalación del agua domiciliar por medio de cuadrillas de personas que viven en el caserío, la supervisión estuvo a cargo del FIS (Fondo de Inversión Social). Por lo tanto en sesión de vecinos se acordó que lo mismo se haría en el caso del drenaje sanitario.

La dirección de obras de la municipalidad de Villa Canales cuenta con equipo completo como maquinaria propia para la ejecución de los proyectos entre los que se puede mencionar: retroexcavadoras, un patrol, un tractor, cuatro camiones de volteo.

El comité de vecinos, la municipalidad y el FIS, se encargarán de la ejecución del alcantarillado sanitario del caserío La Nueva Esperanza.

3.2 Especificaciones de construcción para los pozos de visita adaptadas en la municipalidad de Villa Canales

- Los pozos se construirán en su totalidad de ladrillo tayuyo de 0.05 x 0.11 x 0.23.
- Cuando la profundidad del pozo es menor de 1.50 metros de profundidad, se construye el pozo sin refuerzo en su contorno, pero cuando la profundidad es mayor de 1.50 metros se refuerza con una solera de 4 Num.3 más estribo Num.2 a cada 0.15 mts.
- El espesor de las paredes de los pozos será de 0.23 metros más acabados.
- El fondo de los pozos de visita tiene un espesor de 0.20 metros armados en ambos sentidos a 0.25 metros con acero Num.3.
- Las tapaderas de los pozos de visita son redondas con un radio de 0.42 metros y con un espesor de 0.10 metros, armados en ambos sentidos a 0.125 metros con acero Num.4.
- Las tapaderas deberán de llevar un jalador movable para poder levantarlas con facilidad cuando sea necesario.

3.3 Criterios adoptados para la integración del presupuesto

- Para el cálculo de materiales de los pozos de visita se tomó como base el costo individual.
- El concreto para la fundición de pozos se calculó por metro cúbico.

- La cantidad de arena de río y el pedrín se calculó por medio de metro cúbico de fundición.
- La cantidad de refuerzo y alambre de amarre se calculó por quintal por pozo de visita.
- Las conexiones domiciliarias se calcularon en forma unitaria.
- Los materiales a utilizar serán locales y los que sean necesarios, transportados de la ciudad capital al caserío; los proveedores de materiales los surtirán en obra sin costo alguno debido a la cercanía del caserío a la ciudad capital.
- Los precios de los materiales se tomaron con base en los manejados en el mercado local.

3.4 Presupuesto de materiales

Para el presupuesto de materiales de cualquier proyecto de infraestructura, se debe tener presente, que en la ejecución física de los proyectos, surgen imprevistos, que ocasionan que se empleen más materiales y mano de obra. En la ejecución de nuevos renglones de trabajo y los sistemas de alcantarillado no es la excepción. Por ejemplo, cuando se hace la excavación, se podría dañar la tubería de distribución de agua potable, un drenaje transversal o se excava en una calle que está pavimentada. Por lo que se tendrá que reparar el daño ocasionado y cuando se integra el presupuesto se deberá incluir en el costo del proyecto el valor de la reparación de los daños, si se conoce la magnitud de las reparaciones a efectuarse, de lo contrario, se debe de incluir un factor de imprevistos en el costo total del proyecto.

A continuación se presentan las tablas de resumen de integración de cantidad de materiales y costo de materiales de un pozo de visita con una altura promedio de 1.70 metros y una conexión domiciliar, los detalles de pozos típicos se encuentra en el apéndice Z (plano 8/8).

Tabla VIII. Cantidad y costo de materiales para la construcción de un pozo de visita promedio

Núm.	Componentes	Cantidad	Unidad	Precio unitario en quetzales	Monto de inversión en quetzales
1	Arena	0.49305	m3	Q 85.00	Q 41.91
2	Piedrín triturado	0.45	m3	Q 130.00	Q 58.50
3	Cemento	5.00	sacos	Q 36.50	Q 182.50
4	Hierro de 3/4"	2.00	varilla	Q 47.14	Q 94.28
5	Hierro de 3/8"	1.70	quintal	Q 153.27	Q 260.56
6	Hierro de 1/4"	4.00	varilla	Q 4.42	Q 17.80
7	Alambre de amarre	7.00	libras	Q 2.50	Q 17.50
8	Madera	30.00	pie tabla	Q 3.50	Q 105.00
9	Madera para 3' * 4' * 12"	15.00	pie tabla	Q 5.60	Q 84.00
10	Clavos de 3"	3.00	libras	Q 2.50	Q 7.50
11	Clavo de 4"	2.00	libra	Q 2.50	Q 5.00
12	Ladrillo tayuyo de 0.05 * 0.11 * 0.23	71.00	ladrillos	Q 1.80	Q 127.80
Total					Q 1,002.35

El detalle de conexiones domiciliarias se encuentran en el figura 14 apéndice 2 (plano 8/8)

Tabla IX. Cantidad y costo de materiales para la construcción de una conexión domiciliar

Núm.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario en quetzales	Monto de inversión en quetzales
1	Tubo PVC Ø 4"	4	ml	Q 30.55	Q 122.20
2	Silleta "y" 6" x 4"	1	u	Q 86.18	Q 86.18
3	1 codo a 45° de Ø 4"	1	u	Q 25.64	Q 25.64
4	Pegamento de 100 gr	1	u	Q 21.85	Q 21.85
5	Tubo de concreto 12"	4	u	Q 43.50	Q 174.00
6	Tapadera de candela	1	u	Q 30.00	Q 30.00
7	Cemento	1	saco	Q 36.50	Q 36.50
8	Arena	4	carretadas	Q 7.00	Q 28.00
9	Piedrín	6	carretadas	Q 10.41	Q 62.46
10	Cierra para cortar	2	u	Q 8.50	Q 17.00
Costo de materiales para conexión domiciliar con silleta de 6 x 4 pulgadas				Total	Q 603.83

En la siguiente tabla se encuentra el costo de materiales total del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío La Nueva Esperanza

Tabla X. Presupuesto de materiales del alcantarillado sanitario para el caserío La Nueva Esperanza

Núm.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario en quetzales	Monto de inversión en quetzales
1	Pozo de vista promedio	88	unidad	Q 1,002.37	Q 88,208.56
2	Instalación de tubería de Ø 6"	52	tubos	Q 446.08	Q 23,196.16
3	Instalación de tubería de Ø 8"	40	tubos	Q 745.84	Q 29,833.60
4	Instalación de tubería de Ø 10"	104	tubos	Q 998.75	Q 103,870.00
5	Conexión domiciliar	71	unidad	Q 603.83	Q 42,871.93
6	Silleta de 6" x 4"	26	unidad	Q 109.88	Q 2,856.88
7	Silleta de 8" x 4"	20	unidad	Q 144.87	Q 2,997.40
8	Silleta de 10" x 4"	17	unidad	Q 212.62	Q 3,614.54
Total					Q 297,449.07

3.5 Presupuesto de mano de obra

Para la integración del presupuesto de mano de obra se toman como base los precios que se manejan en las diferentes construcciones civiles que se dedican a los trabajos de urbanización, se calculó el precio unitario para un pozo promedio, al igual que para las conexiones domiciliarias y un metro lineal de instalación de tubería. A continuación se presentan las tablas de resumen de los precios unitarios.

Tabla XI. Presupuesto mano de obra de un pozo de visita promedio

Núm.	Descripción	Cantidad	Unidad	Mano de obra calificada en quetzales	Total en quetzales
1	Topografía (trazo y nivelación)	1	hora	Q 85.00	Q 85.00
2	Excavación	4	m3	Q 20.00	Q 80.00
3	Formaleta	14.5	m2	Q 15.00	Q 217.50
4	Armadura y fundición	1	m3	Q 100.00	Q 100.00
5	Desencofrado	14.5	m2	Q 4.00	Q 58.00
6	Armadura y fundición de tapadera	1	unidad	Q 20.00	Q 20.00
Mano de obra de pozo de visita estándar				Total	Q 560.50

Tabla XII. Presupuesto de mano de obra de un metro lineal de tubería

Núm.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario en quetzales	Total en quetzales
1	Topografía (trazo y nivelación)	1	hora	Q 85.00	Q 85.00
2	Excavación	1.5	m3	Q 20.00	Q 30.00
3	Nivelación de zanja	1	ml	Q 4.00	Q 4.00
4	Colocación de tubo de 6" de diámetro	1	ml	Q 20.00	Q 20.00
6	Relleno y compactación	1.5	m3	Q 18.00	Q 27.00
Total					Q 166.00

Tabla XIII. Presupuesto de mano de obra de una conexión domiciliar

Núm.	Descripción	Cantidad	Unidad	Mano de obra en quetzales	Total en quetzales
1	Topografía (trazo y nivelación)	1	hora	Q 85.00	Q 85.00
2	Excavación	1.6	m3	Q 20.00	Q 32.00
3	Nivelación de zanja	3.5	ml	Q 4.00	Q 14.00
4	Colocación de tubería P.V.C. 4" diámetro	3.5	ml	Q 14.00	Q 49.00
5	Relleno y compactación	1.6	m3	Q 18.00	Q 28.80
6	Colocación de candelas 12" diámetro tubería de concreto	1	unidad	Q 15.00	Q 15.00
7	Tapadera para candela	1	unidad	Q 20.00	Q 20.00
8	Colocación de silletas	1	unidad	Q 20.00	Q 20.00
Total mano de obra conexión domiciliar				Total	Q 263.80

Tabla XIV. Presupuesto mano de obra del alcantarillado sanitario para el caserío La Nueva Esperanza, Villa Canales

Núm.	Descripción	Cantidad	Unidad	Mano de obra en quetzales	Total en quetzales
1	Topografía (trazo y nivelación)	1348	ml	Q 2.00	Q 2,696.00
2	Pozo de visita promedio	88	unidad	Q 560.00	Q 49,280.00
3	Instalación de tubería P.V.C. De 6" de diámetro	52	tubos	Q 202.00	Q 10,504.00
4	Instalación de tubería P.V.C. De 8" de diámetro	40	tubos	Q 210.00	Q 8,400.00
5	Instalación de tubería P.V.C. De 10" de diámetro	104	tubos	Q 400.00	Q 41,800.00
6	Conexión domiciliar	71	unidad	Q 263.80	Q 18,723.80
7	Excavación zanja	1213.33	m3	Q 13.50	Q 16,379.96
8	Excavación Pozos	116.46	m3	Q 13.50	Q 1,572.21
Total de mano de obra para el alcantarillado sanitario				Total	Q 149,355.97

3.6 Resumen general del presupuesto

Para la integración del presupuesto total además de considerar los materiales y la mano de obra no calificada y los costos indirectos como lo son los gastos administrativos, siempre se debe de tener presente un factor de imprevistos, para cubrir los gastos de algún acontecimiento inesperado.

Tabla XV. Presupuesto total del alcantarillado sanitario del caserío La Nueva Esperanza, Villa Canales

Núm.	Tipo de costo	Descripción	Sub-Total	Total
1	Costo directo	Presupuesto de materiales total materiales		Q 297,449.07
1.1		Presupuesto de mano de obra	Q 149,355.97	
1.2		% ayudante (35%)	Q 52,274.59	
1.3		% prestaciones (75%)	Q 151,222.92	
		Total mano de obra		Q 352,853.48
2	Costo indirecto	Administración, gastos generales e imprevistos (20%)		Q 70,570.70
Costo total del proyecto				Q 720,873.25

CONCLUSIONES

1. Con la construcción del alcantarillado sanitario se estará beneficiando directamente a la población del caserío La Nueva Esperanza, eliminando los focos de contaminación que tantas enfermedades les han causado.
2. Con base en el estudio de la población se puede realizar un diseño del alcantarillado sanitario principalmente en cuanto a diámetros de tubería se refiere adecuándolo a las necesidades del proyecto.
3. Debido a las pendientes muy altas de los terrenos, hubo necesidad de aumentar el número de pozos de visita para disminuir las velocidades tan fuertes que produjo el diseño.
4. El caserío La Nueva Esperanza está ubicado en medio de dos fincas que son Candelaria y el Capulín, formando una franja a lo largo que se utiliza como vía de comunicación para comunicar otros caseríos (El Tapacún y San Gregorio)
5. Con base en la elaboración de los diferentes planos del alcantarillado sanitario se puede determinar el costo total del proyecto para que la municipalidad programe la inversión y ejecución del proyecto sanitario para dicho caserío.

6. En la ejecución del proyecto, como se acordó en sesión de vecinos y la municipalidad de Villa Canales, se tomará la mano de obra de los vecinos, por lo tanto debe de haber supervisores técnicamente calificados para la supervisión.

RECOMENDACIONES

1. Para lograr un servicio adecuado del alcantarillado sanitario, obteniendo un 100% de su vida útil, se debe de concienciar de su funcionamiento a todos los vecinos del caserío La Nueva Esperanza para que den el uso correcto al mismo.
2. Comunicar a los vecinos los daños que ocurren al depositar basura dentro de los pozos de registro o en las tuberías y sobre todo que no deben de conectar las aguas de lluvia de sus casas a este sistema de alcantarillado.
3. Implementar un plan de mantenimiento de los drenajes, especialmente en la época de verano, para evitar que el sistema colapse.
4. En los tramos donde las pendientes del terreno son muy pronunciadas y las calles son estrechas debe suspenderse temporalmente el paso peatonal.
5. La municipalidad, a la conclusión del proyecto, debe de asesorarse en lo que corresponde al tratamiento de las aguas servidas y construir un sistema de tratamiento de aguas servidas, por lo que se recomienda un tratamiento primario de tanques IMFO, patio de secado de lodos y sus descargas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cabrera Riepele, Ricardo Antonio, Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2, Tesis Ing. Civil, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería 1989, 133 pag.
2. Durman Esquivel, Manuel. **Técnico General**. Folleto de información técnica de tubería P.V.C. Guatemala. 130 pag.
3. Guevara González Elmer Augusto. Diseño de la red de drenaje sanitario para la aldea Los Jocotes, municipio de San Jerónimo, departamento de Baja Verapaz Tesis Ing. Civil Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2001, 55 pag.
4. INFOM. **Normas Generales para Diseños de Alcantarillado** Guatemala 2001, 30 pag.
5. Marrit Frederick S. **Manual del Ingeniero Civil** Tomo II. Tercera Edición. Editorial Mc Graw Hill. México 1992, 221 pag.
6. Metcalf, Hedí. **Ingeniería de aguas residuales redes de alcantarillado y bombeo**, Editorial Mc Graw Hill, México. 461 pag.
7. TUBOVINIL S.A. **Instalación de Tubería P.V.C.** folleto de información técnica sobre tubería P.V.C. Guatemala, 20 pag.
8. TUBOVINIL S.A. **Norma ASTM 3034, tubería P.V.C..** Folleto de información técnica sobre tubería P.V.C. Guatemala, 28 pag.

ANEXO

Figura 16. Encuesta sanitaria y de población

Población: caserío La Nueva Esperanza, municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala.

Fecha: septiembre 2003

Nombre del propietario de la casa: _____

Número de cédula: _____

Dirección de la casa: _____

1. Número de habitantes:

Hombres (mayores de 18 años)	Núm. de Cédula
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Mujeres (mayores de 18 años)	Núm. de Cédula
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

1.1 Niños (0-5 años) _____	(6-14 años) _____	(14-17 años) _____
1.2 Niñas (0-5 años) _____	(6-14 años) _____	(14-17 años) _____

Continuación

2. Instituciones existentes (escuelas, colegios, iglesias, etc.)

2.1 Tipo _____

2.2 Capacidad _____ personas

3. Servicio actual de abastecimiento de agua

Procedencia

Manantial Pozo Río Chorro público Agua potable

4. Servicio actual de drenaje

4.1 Tiene servicio no tiene servicio

4.2 Forma

Letrina Fosa séptica Evacuados a la calle

5. Le interesa el servicio de drenaje y colaboraría usted con la construcción del mismo

Sí No

6. De qué forma:

Económica Mano de obra Materiales

7. De acuerdo al trabajo actual de la municipalidad le interesa que este proyecto se trabaje conjuntamente municipalidad - vecinos

Sí No