



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE
SANITARIO DEL CANTÓN PUEBLO NUEVO, DEL MUNICIPIO DE
PALENCIA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

LAUREN ESTRADA GODÍNEZ

Asesorado por Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, octubre de 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE
SANITARIO DEL CANTÓN PUEBLO NUEVO, DEL MUNICIPIO DE
PALENCIA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LAUREN ESTRADA GODÍNEZ

ASESORADO POR ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE 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 Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETERIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
EXAMINADOR	Ing. Chirsta del Rosario Classon de Pinto
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:

**PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE
SANITARIO DEL CANTÓN PUEBLO NUEVO, DEL MUNICIPIO DE
PALENCIA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 25 de marzo de 2003.

LAUREN ESTRADA GODÍNEZ

DEDICATORIA:

A DIOS TODOPODEROSO	Fuente y guía de mi vida.
A mis padres	Roberto Estrada Ovalle (Q.E.P.D.) Clara Godínez Vda. de Estrada Por su amor, dedicación, esfuerzo y sabias enseñanzas, para seguir el mejor camino en la vida.
A mis hermanos	Axel Miguel, Evelin Rocío y Roberto. Con todo mi amor y cariño.
A mis sobrinos	Fernanda, Margarita, Carlos Roberto y Olga Mariana. Con Amor.
A mis abuelos	Carmen Fuentes, José Godínez, Felisa Ovalle, Miguel Estrada (Q.E.P.D.) Por darle la vida a los mejores padres del mundo.
A toda mi familia en general	Con mucho cariño.
A mis amigos y compañeros de estudio.	Por toda su amistad y ayuda a lo largo de estos años.
A la Facultad de Ingeniería USAC	Por su valiosa aportación académica.

AGRADECIMIENTOS:

Al Ingeniero Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta	Por su valiosa ayuda en el transcurso del E.P.S. y asesoría en el trabajo de graduación.
A la Municipalidad de Palencia	Por las facilidades y aportes para la realización de este trabajo.
A todos aquellos que, de una u otra forma, colaboraron en la realización del presente trabajo. QUE DIOS LOS BENDIGA A TODOS.	

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	X
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XIV
INTRODUCCIÓN	XV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN. (DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN)	1
1.1. Antecedentes históricos del municipio de Palencia	1
1.1.1. Primeros pobladores	1
1.1.2. Datos históricos	1
1.1.3. Sucesos históricos importantes	2
1.2. Datos generales del municipio	4
1.2.1. Categoría y extensión territorial	4
1.2.2. Altitud de la cabecera municipal	4
1.2.3. Colindancias	4
1.2.4. Distancias y tipo de vías de comunicación	4
1.2.5. División geográfico-administrativa	5
1.2.6. Accidentes geográficos	5
1.2.7. Sitios arqueológicos	6
1.2.8. Condiciones agrológicas	6
1.2.8.1. Clima	6
1.2.8.2. Altitud	6

1.2.8.3.	Precipitación pluvial anual	7
1.2.8.4.	Temperatura media anual	7
1.2.8.5.	Suelos	7
1.2.8.6.	Cultivos potenciales	8
1.2.9.	Aspectos sociales	8
1.2.9.1.	Análisis de la población	8
1.2.9.2.	Población por ubicación	8
1.2.9.3.	Tasa de crecimiento intercensal	8
1.2.9.4.	Estructura por edad y sexo	8
1.2.9.5.	Grupo étnico de la población indígena	9
1.2.9.6.	Población económicamente activa	9
1.2.9.7.	Cantidad de viviendas	9
1.2.9.8.	Densidad de la población	9
1.2.9.9.	Aspecto social	9
1.2.10.	Aspectos culturales	9
1.2.11.	Nivel económico-social	10
1.3.	Infraestructura existente y funcionamiento actual	11
1.3.1.	Salud	11
1.3.1.1.	Agua potable	12
1.3.1.2.	Drenajes	13
1.3.1.3.	Basura	14
1.3.1.4.	Centros asistenciales	15
1.3.2.	Educación	15
1.3.2.1.	Analfabetismo	16
1.3.3.	Vivienda	16
1.3.4.	Comunicaciones	17
1.3.5.	Recreación	18
1.4.	Carencias de infraestructura y necesidades comunitarias principales para el mejoramiento del municipio	19

1.4.1.	Salud	20
1.4.2.	Educación	21
1.4.3.	Vivienda	21
1.4.4.	Comunicaciones	21
1.4.5.	Recreación	22
1.4.6.	Seguridad y socorro	22
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO-PROFESIONAL.	23
2.1.	Identificación del problema	23
2.1.1.	Situación actual	23
2.1.2.	Problema de atención inmediata	23
2.1.3.	Consecuencias de una inadecuada disposición de aguas residuales	24
2.2.	Generalidades del diseño de alcantarillado	25
2.2.1.	Estudios topográficos	25
2.2.1.1.	Planimetría	26
2.2.1.2.	Altimetría	27
2.3.	Tipos de sistema de alcantarillado	28
2.3.1.	Sistema de alcantarillado sanitario	29
2.3.2.	Sistema de alcantarillado separativo	29
2.3.3.	Sistema de alcantarillado combinado	29
2.4.	Tipo de drenaje por usar	29
2.5.	Selección de ruta	30
2.6.	Área tributaria	30
2.7.	Localización de la descarga	31
2.8.	Período de diseño	32
2.9.	Cálculo de la población futura	32
2.10.	Incremento geométrico	32

2.11. Población tributaria	33
2.12. Fórmulas para el cálculo hidráulico	33
2.12.1. Ecuaciones para flujo en canales	34
2.12.2. Ecuación a sección llena	37
2.12.3. Ecuación a sección parcialmente llena	38
2.12.4. Relaciones hidráulicas	39
2.13. Tirantes	43
2.14. Velocidades de escurrimiento límites	43
2.15. Pendientes	43
2.16. Diámetros	44
2.17. Profundidad y ancho de zanja	45
2.18. Conexiones	47
2.19. Cambios de dirección	48
2.20. Conexiones domiciliarias	48
2.20.1. Caja de registro (candela domiciliar o acometida domiciliar)	48
2.20.2. Tubería secundaria	49
2.21. Pozos de vista	50
2.21.1. Especificaciones físicas de los pozos de visita	50
2.22. Volumen de excavación	55
2.23. Volumen de relleno	56
2.24. Volumen de retiro	56
2.25. Cálculo e integración de caudales	56
2.25.1. Consideraciones generales	56
2.25.2. Caudal	57
2.25.3. Usos del agua	57
2.25.4. Caudal domiciliar	58
2.25.4.1. Descripción	58

2.25.4.2. Factor de retorno	58
2.25.5. Caudal de conexiones ilícitas	58
2.25.5.1. Descripción	58
2.25.5.2. Intensidad de lluvia	59
2.25.5.3. Porcentaje de escorrentía	59
2.25.6. Caudal de infiltración	60
2.25.6.1. Descripción	60
2.25.7. Caudal comercial	60
2.25.7.1. Descripción	60
2.25.8. Caudal industrial	61
2.25.8.1. Descripción	61
2.25.9. Factor de caudal medio	61
2.25.9.1. Descripción	61
2.25.10. Factor de Hardmon	62
2.25.10.1. Descripción	62
2.25.11. Caudal de diseño	62
2.25.11.1. Descripción	62
2.26. Diseño de la red de alcantarillado sanitario del cantón Pueblo Nuevo	63
2.26.1. Descripción del proyecto	63
2.26.2. Diseño del alcantarillado	64
2.26.3. Parámetros de diseño	64
2.26.4. Ejemplo de cálculo de un ramal	65
2.26.5. Tiempo de ejecución	69
2.26.6. Costo total del proyecto	69
2.26.7. Tratamiento de aguas residuales	70
2.26.7.1. Importancia de un tratamiento de aguas residuales	70
2.26.7.2. Proceso para el tratamiento	71

2.26.7.2.1.	Tratamiento primario	72
2.26.7.2.2.	Tratamiento secundario	72
2.26.7.2.3.	Tratamiento terciario	73
2.26.7.2.4.	Desinfección	73
2.26.7.2.5.	Disposición de lodos	73
2.26.7.3.	Limitaciones y justificación en la selección	74
2.26.8.	Propuesta de tratamiento	74
2.26.8.1.	Descripción general del sistema	74
2.26.8.2.	Condiciones básicas de selección de la planta	76
2.26.8.3.	Operación y mantenimiento	77
2.26.8.4.	Elementos electromecánicos	78
CONCLUSIONES		79
RECOMENDACIONES		81
BIBLIOGRAFÍA		82
APÉNDICE		83
ANEXO		101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Porcentaje de población con servicio de agua potable en el municipio de Palencia	12
2. Porcentaje de población con servicio de drenajes en el municipio de Palencia	13
3. Área tributaria	31
4. Sección del canal	34
5. Área de sección llena	38
6. Área de sección parcialmente llena	38
7. Características hidráulicas de una tubería de sección circular	40
8. Profundidad de tubería	46
9. Pozo de visita. $\phi_A = \phi_B$	51
10. Pozo de visita. $\phi_A \rangle \phi_B$	51
11. Pozo de visita. $\phi_A = \phi_B = \phi_C$	52
12. Pozo de visita. $\phi_A = \phi_B$ y, $\phi_C \rangle \phi_A, \phi_C \rangle \phi_B$	53
13. Pozo de visita. $\phi_A \neq \phi_B$ y, $\phi_C \rangle \phi_A, \phi_C \rangle \phi_B$	53
14. Pozo de visita. $\phi_C = \phi_B, \phi_A \neq \phi_B, \phi_C \rangle \phi_A$	54
15. Volumen de excavación	55
16. Plano topográfico y densidad de vivienda. Cantón Pueblo Nuevo	93
17. Plano de planta conjunto. Cantón Pueblo Nuevo	94
18. Plano de planta perfil. Cantón Pueblo Nuevo	95

19. Plano de planta perfil. Cantón Pueblo Nuevo	96
20. Plano de planta perfil. Cantón Pueblo Nuevo	97
21. Plano de planta perfil. Cantón Pueblo Nuevo	98
22. Plano de planta perfil. Cantón Pueblo Nuevo	99
23. Plano de detalles constructivos	100
24. Detalle de planta de tratamiento	102
25. Localización del municipio de Palencia	103
26. Ubicación del proyecto de drenaje sanitario en el cantón Pueblo Nuevo	104

TABLAS

I. Grupos de edades por porcentajes en el municipio de Palencia	9
II. Coeficiente de rugosidad (n)	35
III. Relaciones hidráulicas para una alcantarilla de sección circular	41
IV. Profundidades mínimas para la tubería, según el tránsito vehicular	46
V. Ancho libre de zanja, según la profundidad y diámetro de la tubería	47
VI. Diseño hidráulico del alcantarillado sanitario	84
VII. Integración de precios unitarios	86
VIII. Presupuesto por renglones de trabajo	90
IX. Cronograma de ejecución	91
X. Cronograma de inversión	92

LISTA DE SÍMBOLOS

Lts./hab./día	Litros por habitante por día
%	Por ciento
q	Caudal a sección parcialmente llena
Q	Caudal a sección llena
v	Velocidad del flujo dentro de la alcantarilla
V	Velocidad del 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/s	Metros por segundo
m	Metro
S	Pendiente
P.V.	Pozo de visita
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
L/s	Litros por segundo
D.G.O.P.	Dirección General de Obras Públicas
INFOM	Instituto de Fomento Municipal

GLOSARIO

Alcantarillado	Sistema formado por obras accesorias, tuberías o conductos generalmente cerrados, que no trabajan a presión y que conducen aguas residuales o pluviales.
Agua cruda	Es aquella que no ha sido sometida a proceso de tratamiento.
Aguas residuales	Son las aguas que son retiradas de una vivienda, comercio o industria, después de haber sido utilizadas; tienen una relación directa con el caudal que ingresa. Otros términos usados como sinónimos son aguas servidas, aguas negras o cloacales.
Agua potable	Es aquella que por reunir requisitos físicos, químicos y bacteriológicos, que al ser consumida por la población humana no produce efectos adversos a su salud.
Colector	Es una tubería generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas indeseables de la población al lugar de desfogue.
Contaminación del agua	Es la polución de ésta, que produce o puede producir enfermedad y aun la muerte al consumidor.

Cota Invert	Es la cota de la parte inferior del diámetro interno de la tubería instalada.
Descarga	Vertido de las aguas provenientes de un colector principal, las cuales pueden estar crudas o tratadas, en un cuerpo receptor.
Desfogar	Salida del agua de desecho en un punto determinado.
Dotación	Estimación de la cantidad promedio de agua que consume cada habitante por día.
Factor de rugosidad	Factor que expresa la intensidad de la rugosidad de una tubería, según el material con que sea fabricada.
Monografía	Breve descripción sobre las características físicas, económicas, sociales y culturales de una región o pueblo.
Pendiente	Inclinación necesaria respecto a una línea horizontal diseñada, para que el agua que conducen las tuberías se desplace libremente a través de ellas, haciendo uso de la fuerza de gravedad.
Período de diseño	Tiempo durante el cual la obra diseñada prestará un servicio satisfactorio.

Planta de tratamiento	Es el conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos y operaciones unitarios, que permitan obtener agua potable.
Polución del agua	Es la alteración de sus características físicas, químicas y bacteriológicas, como resultado de las actividades humanas o procesos naturales.
Resalto hidráulico	Es una sobreelevación de la superficie líquida, el cual se presenta al pasar de una profundidad menor a mayor. Ocurre cuando se pasa de un flujo rápido a uno tranquilo. Se puede presentar con gran turbulencia, el cual hace que cierta porción del líquido retorne contra la corriente, o como una superficie agitada pero sin remolinos y sin retorno del líquido.
Sistema de alcantarillado sanitario	Red de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias, que sirven para drenar o desalojar aguas negras.
Tratamiento	Es el conjunto de operaciones y procesos unitarios que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características físicas, químicas o bacteriológicas, para obtener agua potable que cumpla las normas y criterios de calidad establecidos.

RESUMEN

Este trabajo presenta, una propuesta de planificación y diseño para la construcción del sistema de drenaje sanitario del cantón Pueblo Nuevo, el cual viene a satisfacer las necesidades básicas de los pobladores, en lo que se refiere a saneamiento urbano. El trabajo se encuentra dividido en dos capítulos.

El capítulo 1 contiene las características monográficas del cantón Pueblo Nuevo: antecedentes históricos del municipio, categoría y extensión territorial, altitud de la cabecera municipal, colindancias, distancias y tipo de vías de comunicación, división geográfico-administrativo, accidentes geográficos, condiciones agrológicas, aspectos sociales, aspectos culturales, y nivel económico-social. Además se describe la infraestructura existente y funcionamiento actual, carencias de infraestructura y necesidades comunitarias principales para el mejoramiento del municipio.

En el capítulo 2 se encuentra la fase de servicio técnico profesional, en el cual se describen: identificación del problema, generalidades del diseño de alcantarillado; estudios topográficos, tipos de sistema de alcantarillado, selección de ruta, área tributaria, localización de la descarga, período de diseño, cálculo de la población futura, población tributaria, fórmulas para el cálculo hidráulico, tirantes, velocidades de escurrimiento límites, pendientes, diámetros, profundidad de instalación de tubería, conexiones, cambios de dirección, conexiones domiciliarias, pozos de visita, volumen de excavación, volumen de relleno, volumen de retiro, cálculo e integración de caudales, así como el diseño de la red de alcantarillado sanitario del cantón Pueblo Nuevo.

OBJETIVOS

General

Presentar a la Municipalidad de Palencia una solución adecuada al problema, en lo que se refiere a la recolección y disposición de las aguas negras, de manera que sea factible, tanto técnica como económicamente.

Específicos

1. Realizar una investigación de tipo monográfico y una investigación diagnóstica, que sirva para conocer las características de la población.
2. Seleccionar el tipo de sistema de alcantarillado adecuado a la población.
3. Desarrollar la planificación y diseño del alcantarillado sanitario, de un sector del casco urbano del municipio de Palencia, denominado cantón Pueblo Nuevo, que contribuirá a mejorar las condiciones sanitarias de los habitantes.

INTRODUCCIÓN

La falta de un sistema de recolección, conducción y tratamiento de las aguas residuales causa grandes molestias a la población, especialmente de tipo higiénico, y contribuye al deterioro del aspecto físico de la comunidad; por esa razón, la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario se convierte en una necesidad básica, de carácter prioritario. Por eso, la Municipalidad ha tomado la decisión de ejecutarlo, mediante el apoyo técnico proporcionado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través del programa del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.).

Debido a las exigencias de un mejor nivel de vida de los pobladores, se requiere del diseño funcional del sistema del alcantarillado sanitario, para lo cual los criterios del diseñador deberán ser muy precisos.

El trabajo se encuentra dividido en dos capítulos: en el primero, se explican todos los aspectos monográficos en una completa fase de investigación, cuya información sirve de base para el diseño del drenaje sanitario de la comunidad; en el segundo se explica el aporte técnico profesional, en donde se identifica la necesidad del drenaje sanitario como el servicio básico con máxima demanda. Se presenta el desarrollo de la planificación y diseño del alcantarillado sanitario de la comunidad, con sus respectivas consideraciones técnicas.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN. (DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN)

1.1. Antecedentes históricos del municipio de Palencia

1.1.1. Primeros pobladores

En el XVIII del recién pasado milenio, se fundó el Ingenio de Palencia y a éste se incorporaron colonos y labriegos, que se constituyeron como el grupo humano, del cual se han originado las actuales generaciones que habitan en el territorio.

1.1.2. Datos históricos

Palencia fue en sus principios una hacienda con el nombre de San José, de población escasa. Comprada en 1624 por Mathias de Palencia; a los pocos años se le conocía por el nombre de Hacienda Palencia y luego, sólo por Palencia. Sacada a subasta pública a solicitud del ciudadano Juan José Guerra, se señaló el 4 de septiembre de 1832 para el remate; se mandaron a practicar las medidas que verificaron José Gregorio Carrascosa y José María Orellana, y se encargó Pantaleón Díaz de su administración. En esta ocasión estuvieron entre los postores los ciudadanos Mariano Vidaurre, José María Urruela y Juan José Guerra; la preferencia la obtuvieron los señores Manuel José Jáuregui y Juan Nepomuceno Asturias a razón de \$ 200 pesos la caballería que consta de 64 manzanas, con aumento de pujas de \$ 16,130 pesos.

En 1848, dueño era el Teniente General Rafael Carrera, ante quien se presentó don Mariano Rivera Paz, en nombre de la orden religiosa de Santo Domingo de Guzmán a solicitarle ésta hacienda para su fomento y adelanto. El General Carrera, entonces presidente de la República, atendió favorablemente la petición; vende al Gobierno su propiedad con sus anexos: Agua Caliente, Plan Grande, Los Cubes, el Cangrejito y Lo de Silva, por la suma de \$ 15,000 pesos, de los cuales le fueron pagados \$ 10,000 pesos al contado y el resto en el término de cinco meses, para que la Asamblea Legislativa cediera las tierras a la orden religiosa. Carrera encarece a los religiosos no enajenar las tierras que se les había proporcionado; reunir a sus habitantes para formar un pueblo, sin ejercer violencia alguna, así como darles ventajas para que voluntariamente dejaran la vida aislada que llevaban en los lejanos bosques y educarlos con dedicación y esmero.

1.1.3. Sucesos históricos importantes

En los primeros años de vida, fueron los religiosos Dominicanos, quienes atendieron la parroquia de San José Palencia, de 1786 a 1840, luego los Diocesanos de 1841 a 1848, y de nuevo los Dominicanos de 1849 a 1880.

En la noche del 13 de octubre de 1849, el General Agustín Guzmán, de acuerdo con el entonces Presidente de El Salvador, Doroteo Vasconcelos y con Juan Francisco Barrundia, procedente de dicha República, atacó la ciudad de Guatemala con 400 hombres. Se dice que Agustín Guzmán fue herido y conducido vivo hasta el paraje don Bernardo donde murió, y que el cadáver fue sepultado en la hacienda de Palencia.

El Mariscal de Campo Don Serapio Cruz, llamado popularmente Tata Lapo, se levantó en armas contra la administración del Mariscal Don Vicente

Cerna; se encontraba el 22 de enero de 1870 con su gente en la Vega del Tercero, cercana al pueblo de Palencia, que ocupó la madrugada del día 23 del mismo mes. Alarmado el gobierno con esos movimientos tan cercanos a la capital, envió allá al Mariscal Antonio Solares con 400 hombres, los cuales sorprendieron en Palencia a Cruz al amanecer del mismo día, matando y haciendo prisioneros a muchos de sus partidarios. El mismo caudillo revolucionario murió decapitado al querer escaparse por el lado del cementerio, y su cabeza quedó colgada en una rama de la ceiba de la plaza de Palencia.

Por acuerdo gubernativo del 13 de enero de 1835, se dispuso que Palencia perteneciera al Distrito de la Corte, capital, y fue mencionado como pueblo por decretos de Asamblea del 27 de agosto de 1836 y del 9 de septiembre de 1839.

Palencia era hacienda de los Dominicos y a raíz de las leyes de consolidación dictadas después de la Revolución de 1871 tuvo que ser entregada al Gobierno, como se menciona en el acuerdo del 28 de mayo de 1872, que considera deber del Estado proporcionar los medios para que los habitantes que carezcan de tierras de cultivo puedan subsistir y progresar, por lo que era conveniente formar centros de población.

El mencionado acuerdo también dispone conceder al pueblo de Palencia la legua cuadrada de terreno que señalaba la ley vigente sobre el particular, para que la Hacienda de Palencia se redujera a poblado, dentro del menor tiempo posible; se comisionó al agrimensor Don Félix Vega para que practicara la medida del ejido mencionado. El Acuerdo Gubernativo del 19 de marzo de 1873 amplió la extensión del ejido, adjudicándole a Palencia el resto de los terrenos de la Hacienda del mismo nombre. El título de los Ejidos de Palencia, fue aprobado por acuerdo Gubernativo del 31 de diciembre de 1891.

1.2. Datos generales del municipio

1.2.1. Categoría y extensión territorial

El municipio de Palencia, departamento de Guatemala, está situado al Este de la ciudad Capital de Guatemala, localizándose geográficamente en latitud 14° 40' 00" y longitud 90° 21' 30". La extensión territorial abarca un área de ciento noventa y seis kilómetros cuadrados (196 km²). (ver Anexo, figuras 25 y 26).

1.2.2. Altitud de la cabecera municipal

Es de 1,300 metros sobre el nivel del mar.

1.2.3. Colindancias

NORTE: San José del Golfo, San Pedro Ayampuc de Guatemala y San Antonio La Paz, El Progreso.

SUR: San José Pinula.

ESTE: San Antonio La Paz y Sanarate, El Progreso.

OESTE: San Pedro Ayampuc y Ciudad de Guatemala.

1.2.4. Distancias y tipo de vías de comunicación

Palencia dista del centro de la Capital de Guatemala 29 kilómetros, que se dividen así: 20 kilómetros sobre la ruta al Atlántico y 9 kilómetros sobre acceso asfaltado desde la ruta al Atlántico, hasta el centro urbano del municipio.

Asimismo se encuentra acceso parcialmente asfaltado en un 50% de 20 kilómetros aproximadamente, que comunica a Palencia con la cabecera municipal de San José Pinula. Desde la cabecera municipal de Palencia, hacia sus aldeas y caseríos, existen vías de acceso consistentes en carreteras de terracería, cuyo mantenimiento se dificulta en la época de invierno.

1.2.5. División geográfico-administrativa

El territorio del municipio de Palencia está dividido en:

- Aldeas: El Paraíso, Los Planes, Los Cubes, Los Tecomates, Los Mixtos, El Tambor, El Bejucal, El Triunfo, Azacualpílla, El Fiscal, Buena Vista, Lo de Silva, El Manzanote, Plan Grande, Sansur, Primera Joya, La Concepción, Sanguayabá, y el Dulce Nombre.
- Caseríos: Potrero Grande, Joya Honda, Marillanos, La Máquina, El Regadillo, El Sacabastal, El Pie del Cerro, El Pito, Las Montañitas, Las Nubitas, Joya Galana, Hierbabuena, Los Tablones, El Morrito, Los Anonos, El Cimarrón, El Socorro.
- Fincas principales: Armenia San Jorge, Las Hormigas, San Antonio, Santa Teresa, La Joya, Jardines de Palencia y El Porvenir.

1.2.6. Accidentes geográficos

La serranía que penetra por el sur del Municipio en los montes de la Cerrita, se dirige al noroeste por las llamadas montañas de Palencia y determina las dos vertientes de la comarca: la del noreste que contiene las primeras estribaciones y barrancas y la del sur-este, formado por una serie de declives separados por barrancas casi paralelas. Nótese también entre estas

formaciones los cerros La Campana y Tomastepeque de 2,150 metros de altura sobre el nivel del mar, cuya ubicación es al sur de la cabecera Municipal.

Los ríos como el de Los Cubes y el Viejo que circundan la meseta donde se asienta la cabecera municipal, el de Las Cañas, que en su recorrido de oeste a este recibe el caudal de los antes mencionados. Asimismo otros ríos menores como El Molino, Teocinte, El Aguacate, Joya Honda, Vado Hondo y el Colorado.

1.2.7. Sitios arqueológicos

Agua Caliente, Azacualpilla, Plan Grande y Tabloncitos.

1.2.8. Condiciones agrológicas

1.2.8.1. Clima

El clima de Palencia consta de las unidades bioclimáticas:

- bh-MB = Bosque húmedo montano bajo sub-tropical
- bh-S = Bosque húmedo sub-tropical (templado)

1.2.8.2. Altitud

Es de 1,200 a 2,200 metros sobre el nivel del mar.

1.2.8.3. Precipitación pluvial anual

Es de 800 a 1,900 milímetros. El régimen pluvial da inicio en el área de Palencia a mediados del mes junio, y termina a finales del mes de octubre.

1.2.8.4. Temperatura media anual

15 a 25 grados centígrados.

1.2.8.5. Suelos

Se agrupan dentro de la altiplanicie central, poco profundos sobre materiales volcánicos, firmemente cementados; pertenece a las series Pinula y Guatemala, según Simmons, Ch y Tárano J.M. 1959, en el reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. De color café oscuro, texturas francas, franco-arcillosas, gravosas, friables con espesor de 20 a 30 centímetros, pendientes de 10 a 35%, drenaje regular, peligro alto de erosión, fertilidad natural moderada, Ph. 5.5-7.0 con potencialidad para cultivo de bosques de coníferas y algunas especies caducifolias como el encino, cultivos agrícolas y frutícolas; asimismo con algunos yacimientos de obsidiana con potencialidad para empleo artesanal y algunas vetas de materiales terráqueos, para uso en mantenimiento de carreteras y construcción: pedrín, balasto y selecto.

Asimismo se observan otras características en este recurso como: riesgo alto de erosión, buen drenaje, factor higroscópico alto y facilidad en la penetración de raíces.

1.2.8.6. Cultivos potenciales

En cada temporada, los cultivos más explotados por los agricultores son: el maíz, la papa, el frijol y el güisquil; si la disponibilidad económica de éstos y las condiciones climáticas lo permiten, se pueden cultivar potencialmente.

1.2.9. Aspectos sociales

1.2.9.1. Análisis de la población

La población actual para todo el municipio se estima, según datos recientes en 75,926 habitantes: 41,900 hombres y 34,026 mujeres.

1.2.9.2. Población por ubicación

Urbana = 18,900

Rural = 57,026

1.2.9.3. Tasa de crecimiento intercensal

El promedio de la tasa anual de crecimiento de población del municipio es del 2.8%.

1.2.9.4. Estructura por edad y sexo

Los grupos de edades y porcentajes del total son los siguientes:

Tabla I. Grupos de edades por porcentaje en el municipio de Palencia

Años	%
0 – 4	18
5 – 9	10
15 – 19	11
20 – a más	41

Fuente: Municipalidad de Palencia. **Monografía del municipio de Palencia.**

1.2.9.5. **Grupo étnico de la población indígena:** Es del 1%.

1.2.9.6. **Población económicamente activa:** 27%.

1.2.9.7. **Cantidad de viviendas:** 6,991.

1.2.9.8. **Densidad de la población:** $196 \frac{hab}{km^2}$

1.2.9.9. **Aspecto social**

Casi toda la población es ladina y habla sólo el español.

1.2.10. **Aspectos culturales**

Existen escritores, músicos, bailarines clásicos (casa de la Cultura), etc. Sobresale su moderno edificio de la iglesia Parroquial de San José Palencia, así como los centros arqueológicos de Agua Caliente, Azacualpilla, Plan Grande y Tabloncitos.

En la región, predomina la religión católica, seguida de la evangélica, que son básicamente las religiones de mayor afluencia en el municipio.

En lo que se refiere a sus costumbres, en la cabecera municipal, el día especial para mercado es el sábado, que es cuando llegan vendedores de otros lugares a ofrecer sus productos. La fiesta titular se celebra del 20 al 27 de Abril en honor a San Benito, lo cual despierta gran animación popular.

1.2.11. Nivel económico-social

La tasa de población económicamente es de 12,900 hombres y 3,500 mujeres, de los cuales el 80% está inserto en la rama de la actividad agrícola; le sigue el comercio con 15% y la construcción con tan sólo 5%.

De la población económicamente activa, el 78% se encuentra ocupado y el 22% es la variante de trabajadores que se encuentran en busca o cambio de trabajo.

Se dedican principalmente a la agricultura y ganadería; este municipio es uno de los productores de hortalizas del país. Se cultivan en gran escala maíz, maicillo, frijol, zanahoria, perulero, papa, güisquil, frutas, etc.

En cuanto a la ganadería, se tienen varias crianzas de bovinos en algunas fincas, así como porcinos y aves, pues estas actividades se ha desarrollado últimamente en la región.

1.3. Infraestructura existente y funcionamiento actual

Para la descripción de la infraestructura y el análisis del funcionamiento actual en el municipio se han considerado cinco sectores, que tratan de abarcar la mayor información para el desarrollo del mismo: salud, educación, vivienda, comunicación y recreación.

1.3.1. Salud

La salud es un estado en que el ser humano tiene la facultad de ejercer normalmente todas sus funciones físicas y mentales.

El estado de salud de la población de Palencia es derivado a factores económicos, sociales, culturales e institucionales, que han contribuido a mejorar las condiciones de salud de la población, pero la capacidad de ingresos de cada familia determina el acceso que pueda tenerse a los servicios esenciales.

Las principales causas de morbilidad y mortalidad en el área urbana de Palencia son: enfermedades de la piel, infección intestinal, neumonía, paros respiratorios, insuficiencia cerebral, bronconeumonías, desnutrición, cáncer gástrico, infarto, cáncer en la cerviz.

Actualmente las causas de estas enfermedades se están tratando de erradicarse, debido a su persistencia, por lo cual se deben de tener ciertos programas de prevención.

La comunidad de Palencia cuenta con pocos centros de salud, considerando el tamaño grande de dicho territorio; afortunadamente existe un Centro de salud Tipo B, que proporciona los servicios básicos.

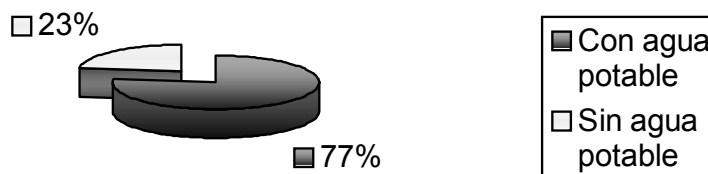
Para la descripción del análisis de salud de Palencia, se han considerado cuatro aspectos elementales:

1.3.1.1. Agua potable

Para el consumo de agua potable en la comunidad, se requiere que ésta sea libre de gérmenes y tóxicos, para el bienestar de esta población.

En el municipio de Palencia, la distribución de agua es favorable, debido a que éste posee diversas fuentes de agua, lo cual contribuye a la realización de proyectos de abastecimiento de agua potable, para que no exista mucha carencia en este servicio. Entre estas fuentes, se encuentran ríos, pozos y lagos.

Figura 1. Porcentaje de población con servicio de agua potable en el municipio de Palencia



Fuente: Trabajo de campo e Instituto Nacional de Estadística

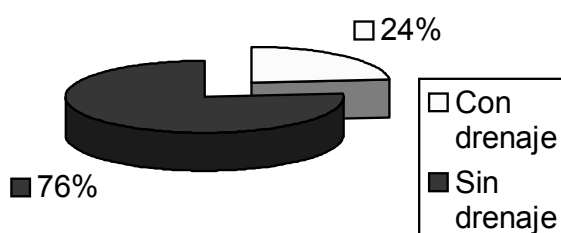
Para prestar un mejor servicio, la Municipalidad de Palencia está realizando trabajos para mejorar el servicio de agua. Se debe implementar un buen proyecto de forestación, para contribuir a la protección de las fuentes de agua.

1.3.1.2. Drenajes

Para depositar las aguas residuales en un sitio, donde no afecte la salud de la población, es necesario de una infraestructura de drenaje que va a conducir las aguas pluviales y domiciliarias lejos de la comunidad. Por eso es necesaria la implementación de una red de drenaje eficiente, para la conducción de las aguas que puedan perjudicar la salud de la población.

El servicio de drenaje está siendo mejorado para la mayoría de la población urbana, pero como se analiza continuación, algunas comunidades rurales aún no cuentan con una red de drenaje que los ayude a mejorar sus condiciones de vida. Es importante señalar que, en lo que respecta un sistema de red de alcantarillado, no se posee en los caseríos ni aldeas; solamente en el casco municipal, se esta implementando.

Figura 2. Porcentaje de población con servicio de drenajes en el municipio de Palencia



Fuente: Trabajo de campo e Instituto Nacional de Estadística

El porcentaje de población con servicio de drenajes en Palencia es del 23.71%, lo que se puede considerar muy bajo, principalmente por la carencia de dicho servicio en las áreas rurales del municipio. (Véase figura 2).

Según el trabajo de observación de campo, se puede decir que el funcionamiento de drenajes en carreteras del municipio (cunetas, tragantes y reposaderos) es deficiente, los cuales necesitan de mayor mantenimiento y limpieza, pues se pudo comprobar que muchos de éstos están tapados; esto es en lo que se refiere a las existentes, que son muy pocas, por lo que se debe de realizar proyectos para conducir escorrentía, para evitar daños a partes aledañas a estas, y así evitar también enfermedades.

1.3.1.3. Basura

Se entiende por basura a todos aquellos sólidos, orgánicos e inorgánicos, que una comunidad desecha, debido a un uso de un producto o del proceso de una acción determinada.

En lo que se refiere a la disposición y recolección de la basura, no existe en el municipio un basurero municipal, sino que únicamente en el casco urbano hay recolección de basura, por parte de las autoridades de la ciudad capital. Por eso es muy importante que se realice un sistema de recolección y disposición de la basura adecuadamente, para evitar que se contamine el ambiente, y se eviten las enfermedades.

La mayoría de la población que vive en el área urbana del municipio de Palencia cuenta con el servicio de recolección de basura, pero en las comunidades rurales este servicio es inexistente, debido principalmente a la difícil accesibilidad y por la falta de recursos de sus habitantes para pagar dicho servicio. Se puede decir que este servicio es proporcionado únicamente a algunas de las principales colonias, lotificaciones y su cabecera municipal.

Según el trabajo de campo realizado, se observó que las principales calles de la ciudad de Palencia no cuentan con depósitos de basura, lo cual hace que mantengan sucias y descuidadas. Además existen varios terrenos baldíos que son utilizados como basureros clandestinos, por personas que no pueden costear dicho servicio.

1.3.1.4. Centros asistenciales

Los centros asistenciales del municipio son todas aquellas instituciones o entidades que de una u otra forma prestan servicios para asistir a la población necesitada.

En el municipio existen centros de salud, servicios de farmacias, promotores de salud, que son establecimientos particulares, privados o comunitarios, centros de convergencia que son extensiones mínimas de centro de salud en un lugar determinado, y en algunos lugares se cuenta con servicios privados de asistencia de salud, es decir, con clínicas médicas y dentales.

1.3.2. Educación

El sistema educativo debe de ser de mejor calidad, para ser adecuado a las necesidades que se dan en el transcurso del desarrollo social, y así poder mejorar el aspecto de relaciones sociales de producción, su condición propia del hombre mismo y por consiguiente su hábitat.

La infraestructura que abarca a la educación en el área de Palencia se refiere a los establecimientos públicos o privados que proporcionen conocimientos de carácter educativo a la población, como: colegios, escuelas, institutos, etc.

El municipio de Palencia cuenta con 5 establecimientos destinados a la educación: Escuela Tipo Federación (Oficial), Básico IMVA (Oficial), América Latina (Privado), San Francisco De Asís (Privado) y Campos de la Asunción (Privado); se dedican a la educación pre-primaria, primaria y ciclo básico.

1.3.2.1. Analfabetismo

El porcentaje de analfabetismo es del 34.78%; un 65.22% de la población es alfabetada.

La mayoría de la población es alfabetada, pero vale la pena mencionar que en el área rural, en comparación con la urbana, la población analfabetada es de consideración, pues a pesar de existir escuelas en algunas aldeas y caseríos se hace sentir aún la necesidad de contar con más centros educativos, que posean suficientes maestros, y que las instalaciones sean las adecuadas.

1.3.3. Vivienda

Las condiciones de vivienda, en el municipio de Palencia, están más afectada en la población rural, lo cual se visualiza en lo estructural, lo que afecta grandemente a la población de bajos recursos. La mayoría de la población en Palencia tiene viviendas propias, pero aun así existen minorías que dependen de apartamentos, palomares y casas improvisadas. En lo que se refiere a la comunidad rural, los materiales comúnmente utilizadas para su construcción son entre otros: madera, lámina, en las cuales existen algunas en donde su techo y paredes son de lámina, el piso es de tierra y no tiene divisiones interiores dentro de ella, es decir, que en un mismo ambiente está el dormitorio, la cocina y el comedor. En el área urbana, se presentan las casas de tipo formal, que son construidas con materiales, entre otros: block, ladrillo,

madera y lámina; la mayoría de viviendas en el área urbana cuenta con todos sus servicios y su división de ambientes esta bien distribuido.

Electricidad: existe un 57.26% de la población de Palencia que cuenta con dicho servicio, lo cual es aceptable; se espera que se cubra en su totalidad el servicio. Lo que se debe mejorar es el alumbrado público, ya que como se observa es bastante deficiente.

1.3.4. Comunicaciones

En el municipio, se cuenta con servicio de buses extraurbanos, que van desde el casco municipal al centro de la ciudad capital; prestan este servicio aproximadamente a cada media hora, desde horas muy tempranas, hasta casi terminar el día; además cuenta con buses extraurbanos en varias comunidades, cuyo horario es algo restringido en lo que se refiere a su afluencia.

Se cuenta con servicio de correo y telégrafo, teléfonos celulares, teléfonos comunitarios, y actualmente se están implementado teléfonos domiciliarios en el caso urbano, sin obviar que en algunas colonias ya tienen teléfonos, principalmente las que se encuentran sobre la ruta al Atlántico.

En el casco urbano, no se cuenta con un Mercado Municipal ni tampoco con terminal de buses, por lo cual se deben de considerar su implementación para prestar los servicios fundamentales a la comunidad.

Carreteras: la carretera principal que va desde Palencia (casco urbano) a la ciudad capital es de doble vía y está pavimentada, la cual se encuentra en buen estado; existe la carretera pavimentada que va desde el casco Urbano a la parte sur, para San José Pinula, pasando aldeas como Los Mixcos, y termina

en la parte de la Aldea Los Tecomates, (aproximadamente del entronque a la aldea los Mixcos 23 Kilómetros); de allí en adelante la carretera esta balastada, la cual es bastante transitable, hasta llegar a San José Pinula. Existe un proyecto de pavimentación de este tramo carretero que falta.

En lo que se refiere al casco urbano, cuenta con calles pavimentadas que en su totalidad son aproximadamente de 3 kilómetros; la calle real esta adoquinada; existen varias calles que hace falta pavimentar.

Las vías de comunicación de carreteras en las aldeas se puede decir que son transitables casi en su totalidad, ya que se encuentran balastadas y se les da mantenimiento constantemente por parte de las autoridades, tanto de las centrales como las municipales, conjuntamente con la comunidad.

1.3.5. Recreación

La recreación de una población es esencial para el desarrollo físico, mental y social, ya que le sirve a la persona para liberar tensión, ejercitarse físicamente, sociabilizarse y descansar; es fundamental en la etapa de la niñez, pues mejora su carácter, condición física y su sociabilidad.

En el municipio de Palencia se cuenta con varios salones comunales en las diferentes comunidades, los cuales sirven para realizar actividades sociales, juntas, reuniones, sesiones y otras de carácter organizativo. Existen casi en todas las comunidades campos de fútbol; en algunas otras de básquet y en algunas otras se cuenta con polideportivos, tal es el caso de la aldea el Fiscal. Existen también varios centros de recreación, en los cuales se tienen piscinas, restaurantes, etc., que son de muy buena calidad.

En el área urbana de Palencia, se cuenta con un parque central denominado Serapio Cruz, estadio de foot ball y cancha de básquet ball.

Centros comunales: Municipalidad, Juzgado de Paz, Correos, Salón Comunal y Biblioteca.

Seguridad y socorro: en relación con la seguridad en este municipio, se cuenta con la sub-estación de la Policía Nacional Civil No. 1251, que pertenece a la Comisaría No. 12 con sede en la Cabecera de Palencia.

Para prestar asistencia de socorro se cuenta con el centro de Salud que cuenta con primeros auxilios, ubicados en la cabecera municipal.

1.4. Carencias de infraestructura y necesidades comunitarias principales para el mejoramiento del municipio

Con base en el análisis hecho anteriormente y la recopilación de información realizada en el municipio de Palencia, se puede decir que el área rural, es la más necesitada en lo que se refiere a infraestructura.

Respecto a la descripción de estas carencias y necesidades, éstas se dividieron en:

- Carencias de infraestructura: abarca todo objeto de tipo estructural que ayude a mejorar los niveles de desarrollo.
- Necesidades comunitarias: se refiere a la asistencia de tipo técnico, que necesite de conocimientos para la aplicación o implementación de algo que mejore los niveles de desarrollo del municipio.

- Carencia de infraestructura: estas carencias serán divididas, según las secciones establecidas anteriormente y conforme lo visto en la comunidad. Lo que sufre más carencia es el sector de salud, vivienda y comunicación.

1.4.1. **Salud**

- En el casco urbano, existe un porcentaje de la población que carece de los servicios adecuados para la depositación de las excretas, por lo que se necesita una red de drenaje sanitario para no contaminar el ambiente. Además se carece de plantas de tratamiento de aguas negras, en los sectores donde ya existe una red de drenaje, exceptuando la aldea el Fiscal que tiene su planta de tratamiento. Existen varias comunidades que carecen de un sistema de alcantarillado de aguas residuales.
- Falta un porcentaje bajo en lo que se refiere al abastecimiento de agua entubada para las comunidades rural, por lo que se requiere de diseños de abastecimiento o de perforación de pozos mecánicos, para abastecer a la población.
- Mejoramiento y construcción de puestos de salud.
- Mejoramiento del cementerio general, con mejores condiciones, debido a que el existente es de pequeño tamaño, por lo que se deben de crear nichos en mejores condiciones, aprovechando el terreno existente.
- Implementación de un basurero municipal, para evitar contaminación, seleccionando el terreno adecuadamente.
- Crear planes de forestación para la protección del medio ambiente, y sostenimiento de las fuentes de abastecimiento de agua.
- Mejora en el manejo de la escorrentía para evitar enfermedades y daños a las obras aledañas.

1.4.2. **Educación**

- Construcción y mejoramiento de escuelas rurales y urbanas.

1.4.3. **Vivienda**

- Falta de vivienda adecuada, que requiere el mejoramiento de viviendas en el área rural.
- Falta de protección de tipo estructural en viviendas ubicadas en laderas pronunciadas.

1.4.4. **Comunicaciones**

- Falta de mantenimiento de caminos vecinales y de calles, para lo cual se requiere la ampliación y mantenimiento de los mismos, que permita mejorar la circulación de la población.
- Falta de alumbrado público y extensión de la red de energía eléctrica, principalmente en el área rural.
- Falta de un mercado municipal, que evite las ventas improvisadas, y así fomente las mejores transacciones.
- Falta de una terminal de buses, para mejorar el servicio de transporte extraurbano.
- Falta de pavimentación en el casco urbano para mejorar la circulación de la población.

1.4.5. Recreación

- Mejoramiento de la infraestructura de recreación en áreas rural y urbana, con la creación de un salón de usos múltiples, así como áreas de recreación para niños y jóvenes. También se debe de mejorar el parque en el área urbana.

1.4.6. Seguridad y socorro

- Se debe de ampliar la seguridad policial en el municipio, para evitar la violencia.
- Se deben crear más puestos de socorro en lugares estratégicos para la población.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO-PROFESIONAL

2.1. Identificación del problema

2.1.1. Situación actual

Actualmente las viviendas de un sector del casco urbano del municipio de Palencia, denominado cantón Pueblo Nuevo, disponen de sus aguas residuales, en función de sus condiciones económicas, como: depositación superficial en patios y calles, y además en pozos ciegos; esto es debido a la falta de un sistema adecuado de recolección y conducción de dichas aguas.

2.1.2. Problema de atención inmediata

Con el fin de evacuar completamente y en buena forma los caudales provenientes de las aguas servidas, y así evitar las molestias que éstas causan a la población en general, la red de drenaje abarcará todas las calles pertenecientes al cantón Pueblo Nuevo, que sobrepasen las dificultades que presenta la topografía del lugar y sobre todo el aspecto económico, como es el caso de las condiciones impuestas por las autoridades municipales, al realizarse el análisis económico comparativo respecto a la ruta de los colectores en un tramo donde existe pavimento, en el cual los colectores fueron puestos colaterales a la calle.

2.1.3. Consecuencias de una inadecuada disposición de aguas residuales

Al igual que muchos otros problemas y efectos que causa un poblado en el medio ambiente que la rodea, el municipio de Palencia ha generado efectos de contaminación de diferente índole; un caso muy específico es la degradación de los recursos hídricos que, como los ríos que rodean al Municipio, han padecido los efectos de la disposición indiscriminada de las aguas servidas.

Se puede observar con preocupación cómo se ha limitado la generación de vida, al haberse perdido el atractivo natural de estos ríos, y el peligro de perder la salud. Esta situación, presente en el municipio de Palencia, produce la denominada contaminación o polución de recursos de agua. Un análisis de los principales efectos de estas situaciones es la siguiente:

La polución física se presenta por el estado calamitoso del cuerpo de aguas, al alterarse por la presencia de cuerpos y partículas en dilución, que son desagradables a la vista, unidas al mal olor y apariencia repulsiva.

La polución química se presenta cuando se derraman efluentes, a los cuales se les ha agregado sustancias de este origen. La presencia de determinados contaminantes puede ocasionar un crecimiento nocivo de microorganismos, especialmente algas, que perjudican la calidad del agua.

La polución bioquímica ha sido la degradación menos investigada; para controlarla, se deberán establecer datos estadísticos de un alto carácter técnico-científico.

La presencia de organismos patógenos, en las aguas receptoras, es el factor de mayor significancia e interés en la Salud Pública, por lo que se deberá procurar eliminar las bacterias, ya que el oxígeno disuelto no sería un parámetro de referencia.

Los efectos de los diferentes tipos de polución mencionados son los siguientes:

- Daños causados a los abastecimientos públicos de agua situados cerca de las descargas de aguas servidas.
- Contaminación por bacterias y virus en las aguas de ríos y océanos.
- Encarecimiento de los servicios de tratamiento de agua.
- Perjuicio a la agricultura e industria pecuaria.
- Daños causados a la regulación natural de las aguas, que provocan inundaciones.

2.2. Generalidades del diseño de alcantarillado

En éste capítulo, se dan algunas generalidades de diseño y normas que proporcionan criterios y principios que sirven de guía y base al Ingeniero, desde las investigaciones preliminares, para la recopilación de información y datos necesarios, hasta las bases del diseño en sí.

2.2.1. Estudios topográficos

En el levantamiento topográfico, se tomó en cuenta el área edificada actualmente y la de futuro desarrollo, que incluye la localización exacta de las calles y zonas edificables o no; edificios, alineación municipal, ubicación de éstos, carreteras y todas aquellas estructuras, que guarden relación con el

problema por resolver o influyan en el diseño. Tanto en el levantamiento topográfico de la población, como en los correspondientes a las líneas 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 indispensable que se acompañen de los croquis o esquemas correspondientes, los cuales deberán ser ejecutados en campo, a medida que avanza el trabajo. Los errores permisibles, según el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), para los levantamientos en sistemas de alcantarillado, son:

- Error angular: $E_a = n^{\frac{1}{2}}$, Siendo:

E_a = Error angular permisible en minutos

n = número de estaciones del polígono

- Error Lineal $E_l = 0.003 \times L$, Siendo:

E_l = Error lineal de cierre del polígono en metros

L = Longitud total de los lados del polígono

- Error de nivelación: $E_n = 24 \times L^{\frac{1}{2}}$, Siendo:

E_n = Error de cierre de la nivelación en milímetros

L = Longitud total nivelada en kilómetros

2.2.1.1. Planimetría

Poligonal: el levantamiento planimétrico sirve para localizar la red dentro de las calles, ubicar los pozos de visita y, en general, ubicar todos aquellos puntos de importancia. Para el levantamiento planimétrico, se utilizan diferentes

métodos, como: conservación del azimut, rumbos, distancias; el más común es el de conservación de azimut, con una poligonal cerrada; este método tiene la ventaja de garantizar un buen levantamiento, ya que permite conocer un error de cierre.

El equipo utilizado es el siguiente: un teodolito, un estadal, una cinta métrica, una plomada y estacas.

Éste fue el método utilizado en el levantamiento topográfico del proyecto, (ver Apéndice. Figura 16).

2.2.1.2. Altimetría

Curvas de nivel: las curvas de nivel son la representación gráfica del perfil del terreno sobre un plano; esta representación es en cuanto a elevaciones. Las curvas de nivel son líneas que unen diferentes puntos de igual altitud sobre el terreno. Las curvas de nivel tienen ciertas características como son:

- Una curva de nivel no se une con otra de diferente nivel
- Una curva de nivel no cruza sobre otra
- Una curva de nivel, lo suficientemente amplia, define un plano

Levantamientos altimétricos: se pueden realizar mediante los siguientes métodos: nivelación barométrica, nivelación trigonométrica y nivelación geométrica (o directa), la cual puede ser nivelación geométrica simple y nivelación geométrica compuesta.

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

- A distancias no mayores de 20 metros
- 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 del agua en el caudal o cuerpo de agua en el que se proyecte efectuar la descarga.

Se debe de dar importancia a la obtención de cotas de piso de terreno o construcciones, para que no queden por debajo de la cota de la rasante de la calle del frente.

En el levantamiento altimétrico del cantón Pueblo Nuevo, se utilizó el método de nivelación geométrica compuesta, para el cual se utilizó el siguiente equipo: un nivel de precisión, un estadal, una cinta métrica, estacas, pintura y clavos. El desarrollo del presente estudio requirió de un levantamiento topográfico del perfil del terreno, para determinar las diferentes elevaciones y pendientes del mismo (ver Apéndice. Figura 18).

2.3. Tipos de sistema de alcantarillado

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

2.3.1. Sistema de alcantarillado sanitario

Es el que conduce las aguas que llevan los residuos provenientes de las casas; pueden recolectar algunos desechos industriales, pero no ésta diseñado para las aguas provenientes de las lluvias.

2.3.2. Sistema de alcantarillado separativo

Se diseñan dos redes independientes: una para que transporte las aguas negras y la otra las aguas provenientes de las lluvias; es importante que las casas y edificios cuenten con tuberías separadas y así se recolecten las aguas, de la forma en la cual se espera funcione este sistema.

2.3.3. Sistema de alcantarillado combinado

Se diseña para que transporte las aguas negras y las de lluvia.

2.4. Tipo de drenaje por usar

De la investigación de normas de diseño de instituciones públicas que se dedican a diseñar drenajes, se pudo establecer que es preferible la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario, en función a las condiciones socio-económicas de la región, con el propósito de facilitar el tratamiento de las aguas servidas, hasta un determinado nivel, de manera que al verterlas a ríos o drenes naturales no causen contaminación.

2.5. Selección de ruta

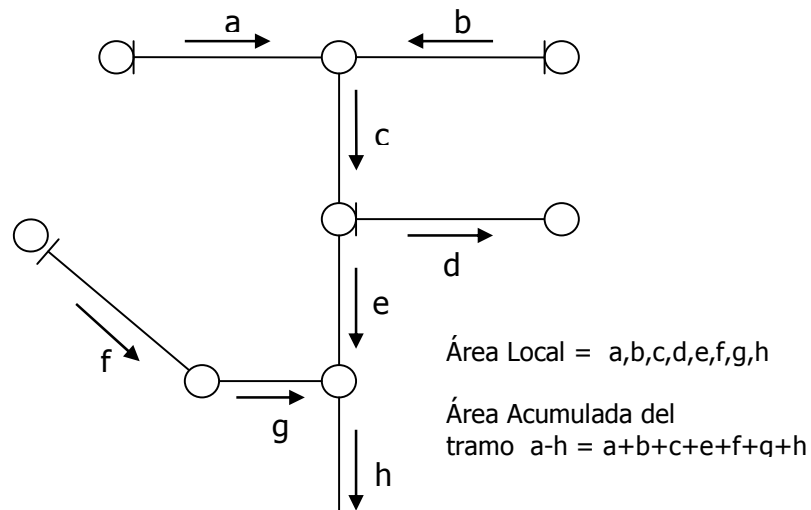
Al realizar la selección de la ruta que seguirá el agua, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Iniciar el recorrido en los puntos que tengan las cotas más altas, y dirigir el flujo hacia las cotas más bajas.
- Para el diseño, en lo posible, se debe seguir la pendiente del terreno, con lo cual se evitará una excavación profunda, y así disminuirán los costos de excavación.
- Acumular los caudales mayores en tramos, en los cuales la pendiente del terreno es pequeña, para evitar que a la tubería se le dé otra pendiente, ya que se tendría que colocar la tubería más profunda.
- Evitar, en lo posible, conducir el agua en contra de la pendiente del terreno.

2.6. Área tributaria

Se considera como área tributaria a la longitud que se encuentra entre los pozos de visita, que contribuye al caudal que pasa por ese sector, hasta unirse a otro tramo; el área acumulada se obtendrá al sumar cada tramo, conforme se lleve el diseño de cada uno de éstos, siguiendo la ruta elegida para cada sector determinado.

Figura 3. Área tributaria



2.7. Localización de la descarga

Al guiarnos por la pendiente natural del terreno, se dieron tres puntos de desfogue.

Ventajas:

- Se evitó la conducción de tubería en contrapendiente
- Se incrementó el área de servicio

Desventajas:

- Necesidad de tres plantas de tratamiento

Esto se dio considerando las ventajas y desventajas desde el punto de vista económico y de protección a los efluentes naturales. El trazo final de la red puede verse en el Apéndice. Figura 17.

2.8. Período de diseño

Los sistema de alcantarillado se diseñan, tomando como base un período de 30 a 40 años para colectores principales y redes secundarias; de 20 a 30 años, para plantas de tratamiento; de 10 a 15 años en las líneas de descarga sumergida, y de 8 a 10 años para el equipo mecánico y electrónico; todo a partir de la fecha de su construcción.

2.9. Cálculo de la población futura

Un sistema de alcantarillado sanitario debe diseñarse para trabajar hidráulicamente bien, desde que se pone en funcionamiento, hasta el final del período de diseño; por lo tanto, se hace necesario conocer la población que se va a servir, al inicio y al final de su período de vida.

Para encontrar la cantidad de habitantes que utilizarán el servicio en el período establecido (30 años), se aplicó uno de los métodos de incremento de población (Incremento geométrico).

2.10. Incremento geométrico

$P_f = P_0 \times (1 + r)^n$, donde: P_f = Población buscada.

P_0 = Población del último censo.

r = Tasa de crecimiento.

n = diferencia de años.

Utilizando el método geométrico se evaluó el crecimiento de la población por servir; se encontraron los porcentajes de las tasas de crecimiento a nivel nacional, departamental, municipal, y tomando en cuenta el número de

habitantes encontrados en el Diagnóstico Participativo Comunitario, se estimó un porcentaje de crecimiento para el diseño de 2.80%.

2.11. Población tributaria

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

Para el cantón Pueblo Nuevo se obtuvo la densidad de habitantes por vivienda de la siguiente forma.

Habitantes por vivienda = número de habitantes/número de casas

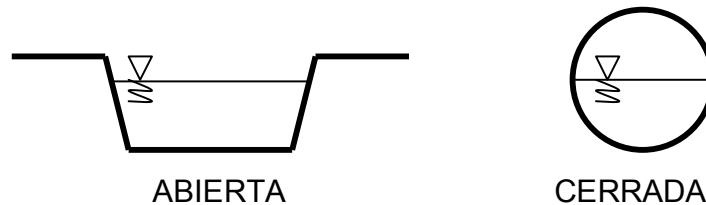
Habitantes por vivienda = 1792 habitantes/224 casas = 8 habitantes/casa

2.12. Fórmulas para el cálculo hidráulico

Las alcantarillas basan su funcionamiento en transportar el agua de desecho en conductos libres, que están en contacto con el del aire, a los cuales se les conoce como canales; el flujo queda determinado por la pendiente del canal y la superficie del material del cual está construido.

La sección del canal puede ser abiertas o cerrada; en el caso de los sistemas de alcantarillado se emplean canales cerrados circulares, en donde la superficie del agua está sometida a la presión atmosférica y eventualmente a presiones producidas por los gases que se forman en el canal.

Figura 4. Sección del canal



2.12.1. Ecuaciones para flujo en canales

Los valores de velocidad y caudal que ocurren en un canal se han estimado por medio de fórmulas desarrolladas experimentalmente, en las cuales se involucran los factores que más afectan al flujo de las aguas en el canal; una de las fórmulas que es empleada para canales es la de Chezy, para flujos uniformes y permanentes.

La velocidad media se calculará por la fórmula de Chezy:

$$V = C \times \sqrt{R \times S}, \text{ donde:}$$

- V = Velocidad media en m/seg.
- R = Radio hidráulico
- S = Pendiente hidráulica en m/m
- C = Coeficiente de velocidad

El valor de C está determinado por una serie de elementos que conforman las características físicas e hidráulicas del canal; varios investigadores elaboraron fórmulas, en las cuales se determina el valor de esta constante; las más utilizadas son:

Bazin:

$$C = \frac{87}{1 + \sqrt{\frac{y}{R}}}, \text{ donde: } R = \text{Radio hidráulico}$$

y = Coeficiente de rugosidad de Bazin

Kutter y Ganguillet Simplificada:

$$C = \frac{100 \times \sqrt{R}}{M + \sqrt{R}}, \text{ donde: } R = \text{Radio hidráulico}$$

M = Coeficiente de rugosidad de Kutter y Ganguillet

Manning:

$$C = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n}, \text{ donde: } R = \text{Radio hidráulico}$$

n = Coeficiente de rugosidad de Manning, el cual depende del material del que está hecho el canal

Tabla II. Coeficiente de rugosidad (n)

MATERIAL	n
Canales cubiertos de piedra	0.030
Tubos de metal corrugado	0.021
Canales de mampostería de ladrillo sin revestimiento	0.015
Tubos de concreto	0.013
Tubos de asbesto cemento	0.011
Tubos de P.V.C.	0.007 – 0.011

Manning-Strickler:

$$C = K \times R^{\frac{1}{6}}, \text{ donde: } \quad R = \text{Radio hidráulico}$$
$$K = \text{Coeficiente de rugosidad de Manning-Strickler}$$

Darcy-Prandtl-Colebrook:

$$Q = A \times \left[-2 \times \text{Log} \left(\frac{2.51 \times \nu}{D \times \sqrt{2 \times g \times \frac{h}{L} \times D}} + \frac{K}{3.71 \times D} \right) \right] \times \sqrt{2 \times g \times \frac{h}{L} \times D},$$

Donde: Q = Caudal en m³/seg.

A = Área de la sección transversal de la tubería.

ν = Viscosidad cinemática en m²/Seg.

D = Diámetro en metros

g = Aceleración debida a la gravedad en m/seg²

h = Pérdida debida a la fricción en metros

L = Longitud de la conducción en metros

K = Altura de rugosidad en metros

Se recomienda usar un $K=0.25$ para tuberías rectas y sin acometida, y un $K=0.40$ para tuberías con acometidas y pozos de registro.

Todas las cloacas y colectores, cualquiera que sea la forma de su sección, se calculan llenos, pero sin presión.

Se hace notar que todas las fórmulas dan resultados aceptables y, por lo tanto, se puede hacer uso de ellas, además de todas se tienen tabulados los valores de los coeficientes en función del tipo de material a usar, sin embargo se recalca que la fórmula de Manning-Strickler (sistema métrico) es la que se

recomienda en primer término para tuberías de concreto y Darcy Prandtl-Colebrook para la tubería de asbesto cemento y P.V.C. Sin embargo, la más utilizada en nuestro medio para ambos, debido a su simplicidad, es la de Manning, que es la utilizada en este estudio.

Sustituyendo Manning en Chezy, se tiene:

$$V = \left(\frac{R^{\frac{1}{6}}}{n} \right) \times \sqrt{R \times S}, \text{ simplificando tenemos: } V = \frac{R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Ésta se conoce como la fórmula de Manning para canales abiertos y cerrados.

2.12.2. Ecuación a sección llena

Para el diseño del alcantarillado sanitario, se debe contar con la información correspondiente a los valores de la velocidad y caudal de la sección llena de la tubería que se está utilizando.

Para el cálculo de la velocidad, se emplea la fórmula siguiente:

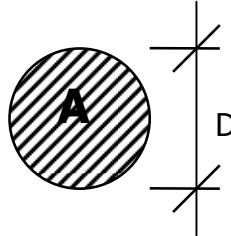
$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{n}, \text{ el caudal que transportará: } Q = A \times V$$

Q = Caudal a tubo lleno (litros/seg.)

A = Área de la tubería (m²)

V = Velocidad a sección llena (m/seg.)

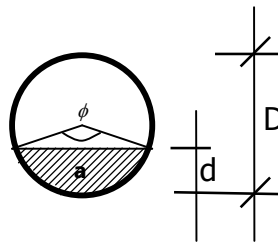
Figura 5. Área de sección llena



2.12.3. Ecuación a sección parcialmente llena

Las ecuaciones, para calcular las características hidráulicas de la sección parcialmente llena del flujo de una tubería circular, se presentan a continuación:

Figura 6. Área de sección parcialmente llena



$$a = \left(\frac{D^2}{4} \right) \times \left(\frac{\pi \times \phi}{360} \right) \times \left(\frac{\text{sen } \phi}{2} \right)$$

$$p = \frac{\pi \times \phi \times D}{360}$$

$$r_h = \left(\frac{D}{4} \right) \times \left(1 - \frac{360 \times \text{sen } \phi}{2 \times \pi \times \phi} \right)$$

$$r_h = \frac{a}{p}$$

$$v = \frac{r_h^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

$$q = a \times v$$

$$d = \left(\frac{D}{2}\right) \times \left(1 - \cos\frac{D}{2}\right)$$

D = Diámetro del tubo

d = Tirante de la sección

v = Velocidad a sección parcial

q = Caudal a sección parcial

2.12.4. Relaciones hidráulicas

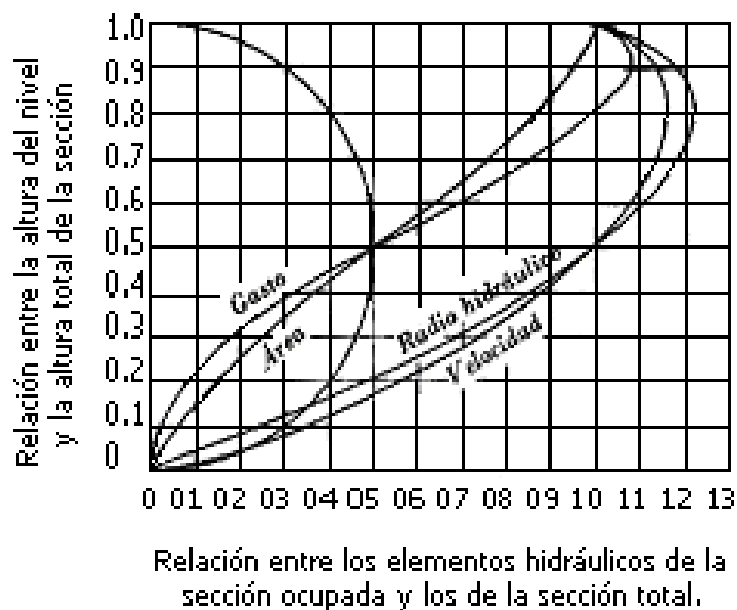
Al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena y poder agilizar de alguna manera los resultados de velocidad, área y caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionaron los términos de la sección totalmente llena, con los de la sección parcial; de los resultados obtenidos, se construyó el gráfico y tablas, con la aplicación de la fórmula de Manning, las cuales se presenta más adelante.

Se deberán determinar los valores de la velocidad y caudal a sección llena, por medio de las ecuaciones ya establecidas; se procederá a obtener la relación de caudales (q/Q), caudal de diseño entre caudal de sección llena; el resultado obtenido se busca en la gráfica (figura 7) en el eje de las abcisas; desde allí, se levanta una vertical hasta la curva de relaciones de caudales, el valor de la relación (d/D) se obtiene en la intersección de la curva con la vertical, leyendo sobre el eje de las ordenadas; la profundidad del flujo (tirante) se obtiene multiplicando el valor por el diámetro de la tubería.

Para el valor de la relación (v/V), velocidad parcial entre velocidad a sección llena, ubicar el punto de intersección entre la vertical y la curva de relación de caudales que se estableció anteriormente, y se traza una horizontal hasta llegar a interceptar la gráfica de velocidades; en este nuevo punto, se

traza una vertical hacia el eje de las abcisas y se toma la lectura de la relación de velocidades, la cual se multiplica por la velocidad a sección llena, para obtener la velocidad a sección parcial; de igual manera, se calculan las otras características de la sección.

Figura 7. Características hidráulicas de una tubería de sección circular



Fuente: Ernest W. Steel. **Abastecimiento de agua y alcantarillado**. Pagina 386

La utilización de las tablas se realiza determinando primero la relación (q/Q); luego se busca el valor en la tabla III; si no está el valor exacto, se busca uno que sea aproximado; en la columna de la izquierda se ubica la relación (v/V), y de la misma forma, se debe multiplicar el valor obtenido por la velocidad a sección llena, y así se obtiene la velocidad a sección parcial.

Tabla III. Relaciones hidráulicas para una alcantarilla de sección circular

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0050	0.00600	0.050	0.000030	0.1000	0.05204	0.401	0.020868
0.0075	0.00110	0.074	0.000081	0.1025	0.05396	0.408	0.022016
0.0100	0.00167	0.088	0.000147	0.1050	0.05584	0.414	0.023118
0.0125	0.02370	0.103	0.000244	0.1075	0.05783	0.420	0.024289
0.0150	0.00310	0.116	0.000360	0.1100	0.05986	0.426	0.025500
0.0175	0.00391	0.129	0.000504	0.1125	0.06186	0.432	0.026724
0.0200	0.00477	0.141	0.000672	0.1150	0.06388	0.439	0.028043
0.0225	0.00569	0.152	0.000865	0.1175	0.06591	0.444	0.029264
0.0250	0.00665	0.163	0.001084	0.1200	0.06797	0.450	0.030587
0.0275	0.00768	0.174	0.001336	0.1225	0.07005	0.456	0.031943
0.0300	0.00874	0.184	0.001608	0.1250	0.07214	0.463	0.033401
0.0325	0.00985	0.194	0.001911	0.1275	0.07426	0.468	0.034754
0.0350	0.01100	0.203	0.002233	0.1300	0.07640	0.473	0.036137
0.0375	0.01219	0.212	0.002584	0.1325	0.07855	0.479	0.037625
0.0400	0.01342	0.221	0.002233	0.1350	0.08071	0.484	0.039064
0.0425	0.01468	0.230	0.003376	0.1375	0.08289	0.490	0.040616
0.0450	0.01599	0.239	0.003822	0.1400	0.08509	0.495	0.042120
0.0475	0.01732	0.248	0.004295	0.1425	0.08732	0.501	0.043747
0.0500	0.01870	0.256	0.004787	0.1450	0.08954	0.507	0.045697
0.0525	0.02010	0.264	0.005306	0.1475	0.09129	0.511	0.046649
0.0550	0.02154	0.273	0.005880	0.1500	0.09406	0.517	0.048629
0.0575	0.02300	0.281	0.006463	0.1525	0.09638	0.522	0.050310
0.0600	0.02449	0.289	0.007078	0.1550	0.09864	0.528	0.052082
0.0625	0.02603	0.297	0.007731	0.1575	0.10095	0.533	0.053806
0.0650	0.02758	0.305	0.008412	0.1600	0.10328	0.538	0.055563
0.0675	0.02916	0.312	0.009098	0.1650	0.10796	0.548	0.059162
0.0700	0.03078	0.320	0.009850	0.1700	0.11356	0.560	0.063594
0.0725	0.03231	0.327	0.010565	0.1750	0.11754	0.568	0.066765
0.0750	0.03407	0.334	0.011379	0.1800	0.12241	0.577	0.070630
0.0775	0.03576	0.341	0.012194	0.1850	0.12733	0.587	0.074743
0.0800	0.03747	0.348	0.013040	0.1900	0.13229	0.696	0.078845
0.0825	0.03922	0.355	0.013923	0.1950	0.13725	0.605	0.083036
0.0850	0.04098	0.361	0.014794	0.2000	0.14238	0.615	0.087564
0.0875	0.04277	0.368	0.015739	0.2050	0.14750	0.624	0.091040
0.0900	0.04459	0.375	0.016721	0.2100	0.15266	0.633	0.096634
0.0925	0.04642	0.381	0.017918	0.2150	0.15786	0.644	0.101662
0.0950	0.04827	0.388	0.018729	0.2200	0.16312	0.651	0.106191
0.0975	0.05011	0.393	0.019690	0.2250	0.16840	0.659	0.110976

Continuación

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.2300	0.14356	0.669	0.116112	0.6000	0.62646	1.072	0.641570
0.2350	0.17913	0.676	0.121092	0.6100	0.63892	1.078	0.688760
0.2400	0.18455	0.684	0.126232	0.6200	0.65131	1.083	0.705370
0.2450	0.19000	0.692	0.131480	0.6300	0.66363	1.089	0.722690
0.2500	0.19552	0.702	0.137260	0.6400	0.67593	1.094	0.739470
0.2600	0.20660	0.716	0.147930	0.6500	0.68770	1.098	0.755100
0.2700	0.21784	0.730	0.159020	0.6600	0.70053	1.104	0.773390
0.2800	0.22921	0.747	0.171220	0.6700	0.71221	1.108	0.789130
0.2900	0.24070	0.761	0.183170	0.6800	0.72413	1.112	0.805230
0.3000	0.25232	0.776	0.195800	0.6900	0.73596	1.116	0.821330
0.3100	0.26403	0.790	0.208580	0.7000	0.74769	1.120	0.837410
0.3200	0.24587	0.804	0.221800	0.7100	0.75957	1.124	0.853760
0.3300	0.28786	0.817	0.235160	0.7200	0.77079	1.126	0.867910
0.3400	0.29978	0.830	0.248820	0.7300	0.78216	1.130	0.883840
0.3500	0.31230	0.843	0.263270	0.7400	0.79340	1.132	0.897340
0.3600	0.32411	0.856	0.277440	0.7500	0.80450	1.134	0.912300
0.3700	0.33637	0.868	0.291970	0.7600	0.81544	1.136	0.926340
0.3800	0.34828	0.879	0.306490	0.7700	0.82623	1.137	0.939420
0.3900	0.36108	0.891	0.321720	0.7800	0.83688	1.139	0.953210
0.4000	0.34354	0.902	0.336930	0.7900	0.85101	1.140	0.970150
0.4100	0.38604	0.913	0.352460	0.8000	0.86760	1.140	0.989060
0.4200	0.39858	0.921	0.367090	0.8100	0.87759	1.140	1.000450
0.4300	0.40890	0.934	0.381910	0.8200	0.87759	1.140	1.000450
0.4400	0.42379	0.943	0.399630	0.8300	0.88644	1.139	1.009650
0.4500	0.43645	0.955	0.416810	0.8400	0.89672	1.139	1.021400
0.4600	0.44913	0.964	0.432960	0.8500	0.90594	1.138	1.031000
0.4700	0.46178	0.973	0.449310	0.8600	0.91491	1.136	1.047400
0.4800	0.47454	0.983	0.466470	0.8700	0.92361	1.134	1.047400
0.4900	0.48742	0.991	0.483030	0.8800	0.93202	1.131	1.054100
0.5000	0.50000	1.000	0.500000	0.8900	0.94014	1.128	1.060300
0.5100	0.51258	1.009	0.517190	0.9000	0.94796	1.124	1.065500
0.5200	0.52546	1.016	0.533870	0.9100	0.95541	1.120	1.070100
0.5300	0.53822	1.023	0.550600	0.9200	0.96252	1.116	1.074200
0.5400	0.55087	1.029	0.566850	0.9300	0.96922	1.109	1.074900
0.5500	0.56355	1.033	0.582150	0.9400	0.97554	1.101	1.074100
0.5600	0.57621	1.049	0.604440	0.9500	0.98130	1.094	1.073500
0.5700	0.58882	1.058	0.622970	0.9600	0.98658	1.086	1.071400
0.5800	0.60142	1.060	0.637500	0.9700	0.99126	1.075	1.065600
0.5900	0.61396	1.066	0.654880	0.9800	0.99522	1.062	1.058900

2.13. Tirantes

Por norma, se supone que el drenaje funciona como un canal abierto, es decir, que no funciona a presión; el tirante máximo de flujo por transportar lo da la relación d/D , donde d es la profundidad o altura del flujo y D es el diámetro interior de la tubería; esta relación debe ser mayor de 0.10 para que exista arrastre de las excretas y menor de 0.80; para que funcione como un canal abierto, es decir, el tirante del flujo deberá ser mayor de 10% del diámetro de la tubería y menor del 80% de la misma, para asegurar su funcionamiento como un canal abierto.

2.14. Velocidades de escurrimiento límites

La velocidad de flujo está determinada por la pendiente del terreno, el diámetro de la tubería y el tipo de tubería que se utiliza. La velocidad del flujo se puede determinar por la fórmula de Manning y las relaciones hidráulicas de v/V , donde v es la velocidad del flujo y V es la velocidad a sección llena, v por norma ASTM 3034, debe ser mayor de 0.40 metros/seg., para que no exista sedimentación en la tubería y por lo tanto algún taponamiento, y menor o igual que 5.00 metros/seg., para que no exista erosión o desgaste; estos datos son aplicables para tubería de P.V.C.

2.15. Pendientes

Las pendientes de tuberías deben seguir, hasta donde sea posible, la inclinación del terreno con el objeto de tener excavaciones mínimas.

Deben evitarse cuidadosamente las disminuciones bruscas de la pendiente, las reducciones de la sección y en general cualquier causa de disturbios del régimen que ocasionen remansos, resaltos hidráulicos, etc. Cuando no puedan evitarse alteraciones del flujo uniforme, deben tomarse las precauciones necesarias para evitar disturbios en los conductos.

Las pendientes mínimas se usarán en casos en que, contando con un desnivel muy bajo, es preciso sacrificar la eficiencia hidráulica del tramo del alcantarillado, para evitar la construcción de una planta de bombeo de aguas negras.

Pendiente mínima es aquella que produce una velocidad de 0.30 m/seg. al hacer escurrir el gasto mínimo; se entiende por pendiente máxima aquella que produce una velocidad máxima de 5 m./s. al caudal, que escurra al tubo lleno.

El objeto de contar en el diseño con diversidad de pendientes es evitar, hasta donde sea posible, la construcción de estructuras de caída libre, que además de encarecer notablemente las obras, provocan la producción de hidrógeno sulfurado, que destruye el concreto de los conductos y aumenta la molestia de los malos olores de las aguas negras.

2.16. Diámetros

Nunca se debe descargar el gasto de tuberías mayores a menores, aún cuando la capacidad de éstas pueda ser mayor (pendientes más pronunciadas o coeficientes de fricción menores), para evitar posibles obstrucciones en la entrada de la tubería chica.

El diámetro mínimo será de 8 pulgadas, salvo para el empleo de tubería de P.V.C. y Asbesto Cemento, donde podrá considerarse el diámetro de 6 pulgadas, siempre y cuando esta tubería sea hidráulicamente capaz de conducir el caudal deseado a las condiciones de velocidad permitida.

El diámetro máximo está regido por la capacidad necesaria del conducto y por las condiciones topográficas del tramo, en que se pretenda instalar la tubería.

2.17. Profundidad y ancho de zanja

La carga máxima de tierra que soporta la tubería P.V.C. depende del prisma de tierra directamente encima de ella. Si la carga de diseño sobre la tubería se calcula con base en este criterio, el ancho de la zanja se influye por una excavación práctica y económica.

La profundidad de la tubería estará definida por el diseño hidráulico del sistema, que toma como una profundidad mínima 1.20 metros desde la cota del terreno, hasta la cota invert de la tubería. También hay que considerar en el momento de determinar la profundidad, la protección contra las inclemencias del tiempo y principalmente contra las cargas transmitidas por el tráfico, con lo cual se evitan con esto rupturas en los tubos.

La tubería tendrá un recubrimiento mínimo sobre la corona de 0.90 metros para el colector principal y de 0.80 metros para conexiones domiciliarias.

En la tabla IV, aparecen profundidades mínimas referidas a la cota inferior de la tubería.

Figura 8. Profundidad de tubería

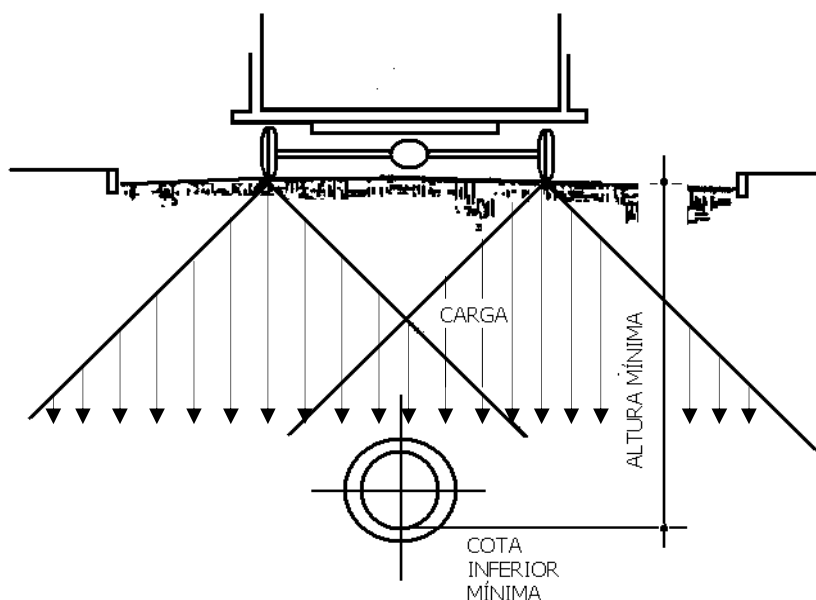


Tabla IV. Profundidades mínimas para la tubería, según el tránsito vehicular

Diámetro de tubería (pulgadas)	Profundidad para tránsito normal (m)	Profundidad para tránsito pesado (m)
8	1.22	1.42
10	1.28	1.48
12	1.33	1.53
15	1.41	1.61
18	1.50	1.70

Fuente: AMANCO-TUBOVINIL, Norma ASTM 3034 tuberías P.V.C. para alcantarillado sanitario. Pág. 7

El ancho de zanja mínimo está determinado por el espacio mínimo que necesita un operario para instalar la tubería, el cual es de 45 cm. para tubería de 4" y 6" de diámetro y no más de 15 a 23 cm. de espacio libre a cada lado de la tubería de 8" de diámetro, o mayor.

En la siguiente tabla, se muestra el ancho libre de zanjas, según su profundidad y el diámetro de la tubería que se va a instalar.

Tabla V. Ancho libre de zanja, según la profundidad y diámetro de la tubería.

Prof. De la zanja	De	De	De	De	De	De	De	De	De	De	De
	0.0	1.31	1.86	2.36	2.86	3.36	3.86	4.38	4.86	5.36	5.86
Ø _{nominal} (Pl.)	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	1.30	1.85	2.35	2.85	3.35	3.85	4.35	4.85	5.35	5.85	6.35
	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
6	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
8	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
10		70	70	70	70	70	75	75	75	80	80
12		75	75	75	75	75	75	75	75	80	80
15		90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
18		110	110	110	110	110	110	110	110	110	110

Fuente: AMANCO-TUBOVINIL. **Norma ASTM 3034 tuberías P.V.C. para alcantarillado sanitario.** Pag. 8.

Otro factor, que se va a tomar en cuenta al determinar la profundidad mínima de instalación de tubería, es permitir la correcta conexión de las descargas domiciliarias al alcantarillado municipal.

La profundidad máxima es aquella que no ofrece dificultades constructivas mayores, de acuerdo con la cohesión del terreno y el sistema de construcción, hasta una altura de 4 metros sería un valor máximo aconsejable de colocación de tubería en zanja, abierta a mano.

2.18. Conexiones

Las conexiones entre los conductos, con excepción de las descargas domiciliarias, deben hacerse empleando pozos de visita o cajas de caída.

En las intersecciones de tuberías, la cota de la corona de los tubos entrantes debe ser mayor o igual a la de la corona del tubo saliente y éste no ser nunca de un diámetro menor al de aquellos.

2.19. Cambios de dirección

Cuando el diámetro sea de 762 mm. o menor, los cambios de dirección horizontal de 90 grados de la tubería puede hacerse en un solo pozo de visita.

Cuando el diámetro sea mayor a 762 mm., un pozo o caja de visita puede emplearse para cambiar la dirección de la tubería hasta en 45 grados.

En colectores, cuando el diámetro es igual o mayor de 1.50 metros y la planificación del sitio en que se ubique lo permita, los cambios de dirección horizontal pueden hacerse con la tubería, instalándola en cuervas con cuerdas iguales a la longitud del tubo, siempre que el grado de la curva sea igual o menor al doble de la deflexión máxima que permita la junta entre tubo y tubo.

2.20. Conexiones domiciliarias

Tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las casas o edificios y llevarlas al alcantarillado central. Consta de las siguientes partes:

2.20.1. Caja de registro (candela domiciliar o acometida domiciliar)

La conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente; el lado menor de la caja será de 45 centímetros; si fuese circular tendrá un diámetro no menor

de 12 pulgadas, los cuales deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones.

El fondo tiene que ser fundido de concreto, dejando la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y pueda llevarla al alcantarillado central; la altura mínima de la candela será de 1 metro.

2.20.2. Tubería secundaria

La conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tiene un diámetro mínimo de 6 pulgadas en tubería de concreto y de 4 pulgadas en tubería de P.V.C.; debe tener una pendiente mínima del 2% ni mayor del 6%, a efecto de evacuar adecuadamente el agua.

La conexión con la alcantarilla central se hará en el medio diámetro superior, a un ángulo no menor de 30 grados ni mayor de 75 grados aguas abajo; lo recomendable es colocarlo a un ángulo de 45 grados aguas abajo.

Al realizar el diseño del alcantarillado, deben considerarse las alturas en las cuales se encuentran las casas en relación con la alcantarilla central; con esto, no se profundiza demasiado la conexión domiciliar, aunque en algunos casos resulta imposible por la topografía del terreno, por lo que se deben considerar otras formas de realizar dicha conexión (ver Apéndice. Figura 23).

2.21. Pozos de vista

Forman parte del sistema de alcantarillado, y proporcionan acceso a éste, con el fin de realizar trabajos de inspección y limpieza. Están contruidos de concreto o mampostería.

Se proyectan pozos de visita en los siguientes casos:

- En cambios de diámetro
- En cambio de pendiente
- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24”
- En las intersecciones de dos o más tuberías
- En los extremos superiores de ramales iniciales
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta en diámetros, hasta de 24”
- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores de 24”

2.21.1. Especificaciones físicas de los pozos de visita

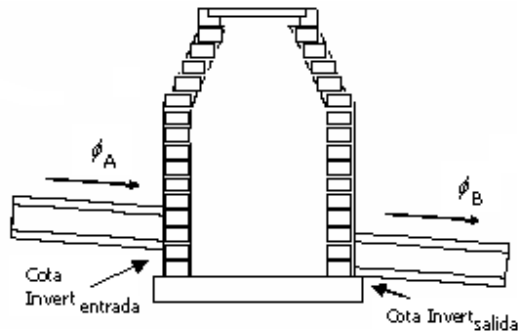
Al diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, se deben considerar los siguientes aspectos referentes a las cotas invert de entrada y salida de las tuberías en los pozos de visita, así como una serie de especificaciones, que deben tomarse en consideración, las cuales se indican a continuación:

2.21.1.1. Cuando a un pozo de visita entra una tubería y sale otra del mismo diámetro: la cota invert de salida estará como mínimo 3 cm. debajo de la cota invert de entrada.

$$\phi_A = \phi_B$$

$$\text{Cota Invert}_{\text{salida}} = \text{Cota Invert}_{\text{entrada}} + 0.03 \text{ m.}$$

Figura 9. Pozo de visita. $\phi_A = \phi_B$

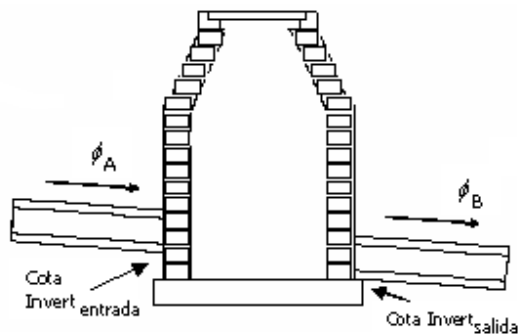


2.21.1.2. Cuando a un pozo de visita entra una tubería de un diámetro y salga otra de diferente diámetro: la cota invert de salida estará como mínimo debajo de la cota invert de entrada, igual a la diferencia de los diámetros de la cota invert de entrada y salida.

$$\phi_A > \phi_B$$

$$\text{Cota Invert}_{\text{salida}} = \text{Cota Invert}_{\text{entrada}} + [(\phi_B - \phi_A) \times 0.0254]$$

Figura 10. Pozo de visita. $\phi_A > \phi_B$



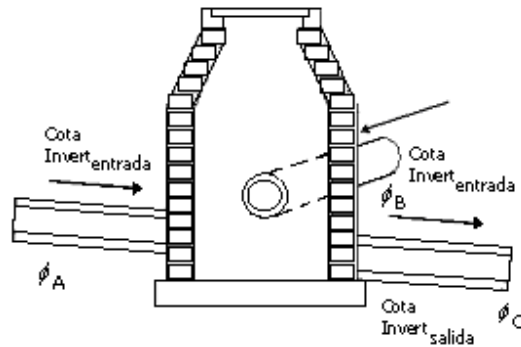
2.21.1.3. Cuando a un pozo de visita la tubería de salida es del mismo diámetro a las que ingresan en él: la cota invert de salida mínima estará 3 cm. debajo de la cota más baja que entre.

$$\phi_A = \phi_B = \phi_C$$

$$\text{Cota Invert}_{\text{salida}} = \text{Cota Invert}_{\text{entrada}}(\text{A}) + 0.03 \text{ m.}$$

$$\text{Cota Invert}_{\text{salida}} = \text{Cota Invert}_{\text{entrada}}(\text{B}) + 0.03 \text{ m.}$$

Figura 11. Pozo de visita. $\phi_A = \phi_B = \phi_C$



2.21.1.4. Cuando a un pozo de visita la tubería de salida es de diferente diámetro a las que ingresan en él: la cota invert de salida deberá cumplir con las especificaciones anteriores y se tomará el valor menor.

A continuación, se presentan los siguientes casos:

2.21.1.4.1. Ingresan más de una tubería de igual diámetro y sale una de diferente diámetro: la cota invert de salida será la diferencia de los diámetros para cada una y se tomará el valor menor.

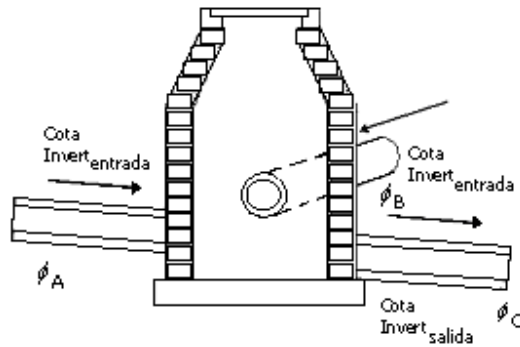
$$\phi_A = \phi_B$$

$$\phi_C > \phi_A, \phi_C > \phi_B$$

$$\text{Cota Invert}_{\text{salida}} = \text{Cota Invert}_{\text{entrada}}(\text{A}) + [(\phi_C - \phi_A) \times 0.0254]$$

$$\text{Cota Invert}_{\text{salida}} = \text{Cota Invert}_{\text{entrada}}(\text{B}) + [(\phi_C - \phi_B) \times 0.0254]$$

Figura 12. Pozo de visita. $\phi_A = \phi_B$ y, $\phi_C > \phi_A, \phi_C > \phi_B$



2.21.1.4.2. Ingresa más de una tubería de diferente diámetro y sale una de diámetro distinto: la cota invert de salida será la diferencia de los diámetros para cada una, y se tomará el valor menor.

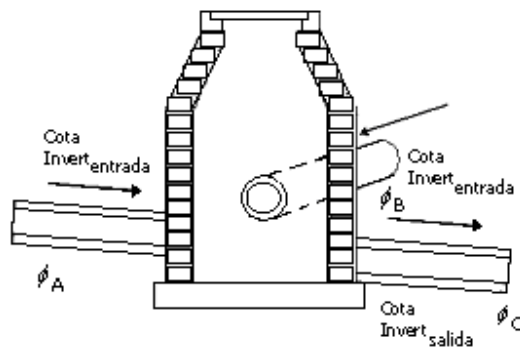
$$\phi_A \neq \phi_B$$

$$\phi_C > \phi_A, \phi_C > \phi_B$$

$$\text{Cota Invert}_{\text{salida}} = \text{Cota Invert}_{\text{entrada}}(\text{A}) + [(\phi_C - \phi_A) \times 0.0254]$$

$$\text{Cota Invert}_{\text{salida}} = \text{Cota Invert}_{\text{entrada}}(\text{B}) + [(\phi_C - \phi_B) \times 0.0254]$$

Figura 13. Pozo de visita. $\phi_A \neq \phi_B$ y, $\phi_C > \phi_A, \phi_C > \phi_B$



2.21.1.4.3. Ingresa más de una tubería de diferente diámetro; una de ellas del diámetro de la tubería de salida; la cota invert de salida será

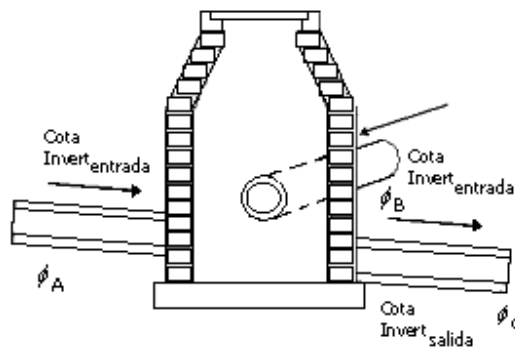
para una de ellas la diferencia de los diámetros, y la otra tendrá como mínimo 3 cms.; se tomará el valor menor.

$$\phi_C = \phi_B, \phi_A \neq \phi_B, \phi_C \rangle \phi_A$$

$$\text{Cota Invert}_{\text{salida}} = \text{Cota Invert}_{\text{entrada}}(B) + 0.03 \text{ m.}$$

$$\text{Cota Invert}_{\text{salida}} = \text{Cota Invert}_{\text{entrada}}(A) + [(\phi_C - \phi_A) \times 0.0254]$$

Figura 14. Pozo de visita. $\phi_C = \phi_B, \phi_A \neq \phi_B, \phi_C \rangle \phi_A$



2.21.1.4.4. Sólo una tubería de las que sale es de seguimiento; las otras que salgan del pozo de visita deberán ser iniciales.

2.21.1.4.5. La cota invert de salida de la tubería inicial deberá estar como mínimo a la profundidad del tráfico liviano o pesado, según se considere.

2.21.1.4.6. La cota invert de salida de la tubería de seguimiento deberá cumplir con la especificaciones descritas anteriormente.

La diferencia de cotas invert entre las tuberías que entran y la que sale de un pozo de visita será como mínimo de 0.03 metros.

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.

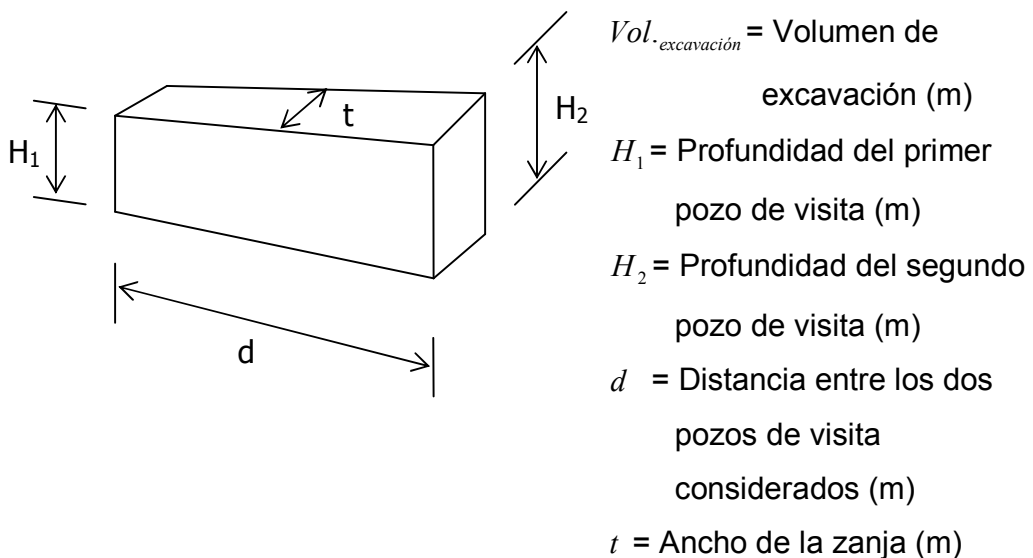
Siempre que la diferencia de cotas invert entre la tubería que entra y la que sale de un pozo de visita sea mayor de 0.70 metros, deberá diseñarse un accesorio especial que encauce el caudal con un mínimo de turbulencia.

2.22. Volumen de excavación

Es el volumen de tierra que habrá que remover para la colocación adecuada de la tubería y se calcula con base en el volumen del prisma, generado por la profundidad de dos pozos de visita, la distancia entre ellos y el ancho de la zanja, según la altura y el diámetro de la tubería. Este cálculo se puede obtener mediante la relación siguiente:

$$Vol_{excavación} = \left(\frac{H_1 + H_2}{2} \right) \times d \times t$$

Figura 15. Volumen de excavación



2.23. Volumen de relleno

El volumen de relleno se define como la diferencia entre el volumen de excavación, menos el volumen del tubo que se va a instalar.

2.24. Volumen de retiro

Una vez excavado y posteriormente rellenado el suelo que se repuso, quedará un excedente de volumen de suelo, el cual tendrá que retirarse del lugar y depositarlo en un lugar preestablecido por el diseñador. Cabe mencionar que existen casos en que se importa material de relleno y/o reposición de pavimento, lo cual tendrá que tomarse en cuenta a la hora del presupuesto.

$$Volumen_{retiro} = Volumen_{Excavación} \times Factor_{Expansión} - Volumen_{Relleno} \times Factor_{Expansión}$$

El factor de expansión $Factor_{Expansión}$ será entre 1.4 a 1.5, y se define como la relación que existe cuando las partículas que componen el suelo se separan por motivo de la excavación.

2.25. Cálculo e integración de caudales

2.25.1. Consideraciones generales

El cálculo de los diferentes caudales, que componen el flujo de aguas negras, se efectúa mediante la aplicación de diferentes factores, en el que intervienen la población, como: dotación de agua potable por habitante por día, utilización del agua en las viviendas, usos del agua en el sector industrial y su dotación, usos de agua en el sector comercial y su dotación, intensidad de lluvia en la población, estimación de las conexiones ilícitas, cantidad de agua que

puede infiltrarse en el drenaje y las condiciones socioeconómicas de la población.

2.25.2. Caudal

El caudal que puede transportar el drenaje está determinado por el diámetro, pendiente y velocidad del flujo dentro de la tubería. Por norma, se supone que el drenaje funciona como un canal abierto, es decir, que no funciona a presión; el tirante máximo de flujo a transportar lo da la relación d/D , donde d es la profundidad o altura del flujo y D es el diámetro interior de la tubería; esta relación debe ser mayor de 0.10, para que exista arrastre de las excretas y menor de 0.80, para que funcione como un canal abierto.

2.25.3. Usos del agua

El agua potable tiene diferentes usos dentro del hogar, en el que depende de muchos factores como: el clima, nivel de vida o condiciones socioeconómicas, tipo de población, si se cuenta o no con medición, la presión en la red, la calidad y el costo del agua. Estos usos se han cuantificado por diferentes entes como: La Asociación Guatemalteca de Ingeniería Sanitaria y Ambiental y La Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, que establecen datos en lo referente a bebidas, preparación de alimentos, lavado de utensilios, abluciones, baño, lavado de ropa, descarga de inodoros, pérdidas, etc.

Con esto, se ha podido estimar, que del total de agua que se consume, aproximadamente entre un setenta y un ochenta por ciento se descarga al drenaje, que constituye el caudal domiciliario, y al porcentaje de agua que se envía a la alcantarilla o drenaje, es lo que se conoce como factor de retorno.

2.25.4. Caudal domiciliar

2.25.4.1. **Descripción:** es el agua que ha sido utilizada para limpieza o producción de alimentos, la cual es desechada y conducida a la red de alcantarillado; el agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación y suministro de agua potable.

Como se indicó anteriormente, una parte de ésta no será llevada al alcantarillado como la de los jardines y lavado de vehículos, de tal manera que el valor del caudal domiciliar está afectado por un factor que varía entre 0.70 a 0.80, el cual queda integrado de la siguiente manera:

$$Q_{domiciliar} = \frac{Dotación \times hab \times factor}{86,400}$$

donde: $Q_{domiciliar}$ = Caudal domiciliar $\left(\frac{litros}{seg.} \right)$

$Dotación$ = Dotación (lts./hab/día)

hab = Número de habitantes

$factor$ = Factor de retorno

2.25.4.2. **Factor de retorno:** el factor de retorno, como ya se mencionó, es el porcentaje de agua, que después de ser usada, vuelve al drenaje; en éste caso se considera un 80 por ciento de factor como retorno.

2.25.5. Caudal de conexiones ilícitas

2.25.5.1. **Descripción:** es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema de agua pluvial al

alcantarillado sanitario; se estima un porcentaje de viviendas que pueden realizar conexiones ilícitas que varía de 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 por el Método Racional, el cual está dado por:

$$Q_{conex.ilicitas} = \frac{C \times i \times A}{360} = \frac{C \times i \times (A\%) \times 1000}{360}, \text{ donde:}$$

$$Q_{conex.ilicitas} = \text{Caudal} \left(\frac{\text{litros}}{\text{seg.}} \right)$$

C = Coeficiente de escorrentía, el que depende de las condiciones del suelo y topografía del área por integrar.

i = Intensidad de lluvia. $\left(\frac{mm}{hora} \right)$

A = Área que es factible de conectar. (*Has*)

2.25.5.2. Intensidad de lluvia: es la cantidad de lluvia que cae en un área por unidad de tiempo, y se expresa en milímetros por hora.

2.25.5.3. Porcentaje de escorrentía: es la cantidad de lluvia que escurre, en función de la permeabilidad de la superficie del terreno.

2.25.6. Caudal de infiltración

2.25.6.1. **Descripción:** es el caudal que se infiltra en el alcantarillado, el cual depende de la profundidad de la tubería, de la permeabilidad del terreno, la altura de la napa freática, la posibilidad de inundaciones periódicas, la determinación de futuras roturas en juntas y otras estructuras, debido a los temblores de tierra o asentamientos, al tipo de juntas y a la calidad de mano de obra utilizada y a la supervisión técnica.

Puede calcularse de dos formas: en litros diarios por hectárea o litros diarios por kilómetro de tubería; se incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias, que supone un valor de 6.00 m. por cada casa, cuya dotación de infiltración varía entre 12,000 y 18,000 litros/km./día.

$$Q_{\text{infiltración}} = \left[\frac{\text{Dot.} \times (\text{m.tubo} + \# \text{casas} \times 6 \text{metros}) \times \frac{1}{1000}}{86400} \right] \text{ donde:}$$

$$Q_{\text{infiltración}} = \text{Caudal} \left(\frac{\text{litros}}{\text{seg.}} \right)$$

Dot. = Dotación (*lts./kilómetro/día*)

#casas = Número de casas

2.25.7. Caudal comercial

2.25.7.1. **Descripción:** es el agua que se desecha de los comercios, restaurantes, hoteles, etc.

La dotación comercial varía según el establecimiento a considerarse y puede estimarse entre 600 a 3,000 litros/comercio/día.

$$Q_{comercial} = \frac{(\#comercios \times Dot.)}{86400}$$

2.25.8. Caudal industrial

2.25.8.1. **Descripción:** es el agua negra proveniente de las industrias, como fábricas de textiles, licoreras, alimentos, etc. Si no se cuenta con un dato de dotación de agua suministrada, se puede estimar entre 1,000 y 1,800 litros/industria/día, el cual dependerá del tipo de industria.

$$Q_{industrial} = \frac{(\#industrias \times Dot.)}{86400}$$

2.25.9. Factor de caudal medio

2.25.9.1. **Descripción:** una vez computado el valor de los caudales anteriormente descritos, se procede a integrar el caudal medio del área a drenar:

$$Q_{medio} = \text{Caudal medio} = Q_{domiciliar} + Q_{comercial} + Q_{industrial} + Q_{infiltraciones} + Q_{conex. ilicitas}$$

Éste a su vez, al ser distribuido entre el número de habitantes, se obtiene un factor de caudal medio:

$$f_{qm} = \frac{Q_{medio}}{\#hab.}, \text{ donde:}$$

f_{qm} = Factor de Caudal medio

Para facilitar la obtención del factor de caudal medio, las instituciones, que se dedican al diseño de sistema de alcantarillado sanitario, han establecido valores de este factor con base a la experiencia.

- $f_{qm} = 0.0046$ Según INFOM.
- $f_{qm} = 0.0030$ Según La Municipalidad de Guatemala
- $0.0020 \leq f_{qm} \leq 0.0050$ Según D.G.O.P., si el cálculo del factor está entre esos dos límites, se utiliza el calculado; en cambio, si es inferior o excede, se utiliza el límite más cercano, según sea el caso.

2.25.10. Factor de Hardmon

2.25.10.1. **Descripción:** es el valor estadístico, que suele variar entre 1.5 a 4.5 y determina la probabilidad del número de usuarios máximos, que estarán haciendo uso del servicio, el cual está dado de la siguiente manera:

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}, \text{ donde:}$$

$F.H.$ = Factor de Hardmon

P = Población futura acumulada en miles

2.25.11. Caudal de diseño

2.25.11.1. **Descripción:** para realizar la estimación de la cantidad de agua negra que transportará el alcantarillado en los diferentes puntos donde ésta fluya, se tendrán que integrar los valores que se describen en la fórmula siguiente:

$q_{\text{diseño}} = \#hab. \times F.H. \times Fqm$, donde:

$\#hab.$ = Número de habitantes futuros acumulados

$F.H.$ = Factor de Hardmon

Fqm = Factor de caudal medio

2.26. Diseño de la red de alcantarillado sanitario del cantón Pueblo Nuevo

2.26.1. Descripción del proyecto

El diseño de la red de alcantarillado sanitario del cantón Pueblo Nuevo, se realizó mediante un estudio detallado de la población, para determinar los factores que influyen en el diseño del mismo.

Se inició 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 es de 3823.18 m. Por la topografía accidentada del terreno, fue necesario ubicar 3 puntos de descarga.

Uno de estos puntos se descargará en un colector de desfogue existente, y en los otros se deberá de ubicar en cada uno de ellos un sistema de tratamiento, previo a descargar las aguas servidas al cuerpo receptor; posteriormente se procede al diseño hidráulico, a la elaboración de planos, en los cuales se deben anotar las especificaciones de construcción, y presupuesto del proyecto. En el presente estudio, se incluye una propuesta de tratamiento de aguas residuales y construcción de una planta de tratamiento, pero se recomienda hacer un estudio más preciso por parte de un profesional en la materia.

2.26.2. Diseño del alcantarillado

Se emplearán las especificaciones técnicas para tubería de P.V.C., utilizando diversas fórmulas, que se desarrollarán oportunamente con el siguiente ejemplo, tomando al azar un tramo del sistema de alcantarillado sanitario.

El diámetro mínimo que se va a utilizar para el proyecto es de 6 pulgadas para el colector principal por ser P.V.C., según la norma ASTM 3034, sin embargo, debido a los requerimientos de las autoridades municipales, se tomarán como mínimo 8 pulgadas, y 4 pulgadas para las conexiones domiciliarias; para la candela domiciliar, se empleará un tubo de concreto de un diámetro de 12 pulgadas.

2.26.3. Parámetros de diseño

Tipo de sistema:	Drenaje sanitario
Tiempo de vida del sistema:	30 años
Población actual:	1,792 habitantes
Población de diseño:	4,103 habitantes
Tasa de crecimiento:	2.8%
Diámetro de la tubería:	Mínimo tubería P.V.C. 6"
Conexión domiciliar:	Pendiente mínima: 2% Pendiente máxima: 6% Tubería P.V.C. 4"
Dotación de agua:	150 litros/habitante/día
Factor de retorno de aguas negras:	0.80
Cota invert mínimo:	1.42 metros

Relación de velocidad:	$0.40 \frac{\text{metros}}{\text{segundo}} \leq v \leq 5 \frac{\text{metros}}{\text{segundo}}$
Material a utilizar:	Tubería P.V.C. norma ASTM 3034
Coefficiente de rugosidad:	0.010
Longitud del alcantarillado:	3,823.18 m.
Longitud de tubería domiciliar:	6 m.l. por casa
Densidad de vivienda:	8 habitantes/casa

2.26.4. Ejemplo de cálculo de un ramal

Se diseña el tramo comprendido entre el pozo de visita PV 5 y PV 4; los datos necesarios para calcularlo son los siguientes:

- Cotas del terreno:
Cota Inicial: 1,003.7975 m.
Cota final: 1,001.7159 m.
- Longitud entre los pozos: 88.95 m.
- Pendiente del terreno: $\left(\frac{1,003.7975 - 1,001.7159}{88.95} \right) \times 100 = 2.34\%$
- Número de casas del tramo: 8
- Número de casas acumuladas: 14
- Densidad de vivienda: 8 hab/casa
- Cálculo de la población por servir:
Población actual = (Dens. de viv.) \times (# de viv. acumuladas actual)
Población actual = 8 hab/casa \times 14 casas = 112 habitantes

Población futura = $P_f = 112 \times \left(1 + \frac{2.8}{100} \right)^{30} = 256 \text{ hab.}$
- Caudal medio:

$$Q_{medio} = Q_{domiciliar} + Q_{comercial} + Q_{industrial} + Q_{infiltraciones} + Q_{conex.ilicidas}$$

$$Q_{domiciliar} = \frac{Dotación \times hab \times factor}{86,400} = \frac{150 \text{ lts./ hab./ día} \times 4103 \text{ hab} \times 0.80}{86,400} = 5.70 \frac{\text{lts.}}{\text{seg.}}$$

$Q_{comercial} = 5.70 \text{ lts./ seg.} \times 0.2 = 1.14 \text{ lts./ seg.}$, según información del INFOM 20% del caudal domiciliar.

$$Q_{infiltración} = \left[\frac{Dot. \times (m.tubo + \#casas \times 6 \text{ metros}) \times \frac{1}{1000}}{86400} \right] = 0$$

$$Q_{conex.ilicidas} = \frac{120 \text{ lts./ hab./ día} \times 4103 \text{ hab}}{86,400} = 5.70 \text{ lts./ seg.}, \text{ según información del}$$

INFOM dotación 120 litros/habitante/día.

$$Q_{medio} = 5.70 \text{ lts./ seg.} + 1.14 + 0 + 0 + 5.70 \text{ lts./ seg.} = 12.54 \text{ lts./ seg.}$$

Para el caso del sistema de alcantarillado sanitario del cantón Pueblo Nuevo, el caudal de infiltración es cero, porque el material que se va a utilizar es tubería P.V.C. norma ASTM 3034. De igual manera el caudal industrial es cero debido a que no existen industrias.

- Factor de caudal medio:

$$f_{qm} = \frac{Q_{medio}}{\#hab.} = \frac{12.54 \text{ lts./ seg}}{4103 \text{ hab.}} = 0.003055, \text{ el factor de caudal medio se encuentra}$$

dentro del rango establecido.

$0.0020 \leq f_{qm} \leq 0.0050$ Según D.G.O.P.

Por lo tanto, éste es el valor adoptado para el diseño del presente proyecto.

- Factor de Hardmon:

$$F.H._{actual} = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{112}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{112}{1000}}} = 4.23$$

$$F.H._{futuro} = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{256}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{256}{1000}}} = 4.11$$

- Caudal de diseño:

$$q_{diseño(Actual)} = 112 \times 4.23 \times 0.003055 = 1.45 \text{ lts./seg.}$$

$$q_{diseño(Futuro)} = 256 \times 4.11 \times 0.003055 = 3.22 \text{ lts./seg.}$$

- Velocidad a sección llena:

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{n} = \frac{\left(\frac{\text{Diametro}(m)}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \times (S)^{\frac{1}{2}}}{0.010} = \frac{\left(\frac{0.2032m}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \times \left(\frac{2.35}{100}\right)^{\frac{1}{2}}}{0.010} = 2.10 \frac{m}{seg}$$

- Caudal a sección llena:

$$Q = A \times V = \frac{\Pi \times (0.2032)^2}{4} \times 2.10 = 0.06819 \text{ m}^3 / \text{seg.} = 68.19 \text{ lts./seg.}$$

- Se obtiene el valor de la relación q/Q,

$$\frac{q}{Q} = \frac{1.45 \text{ lts./seg.}}{68.19 \text{ lts./seg.}} = 0.021229, \text{ (Actual)}$$

$$\frac{q}{Q} = \frac{3.22 \text{ lts./seg.}}{68.19 \text{ lts./seg.}} = 0.047195, \text{ (Futuro)}$$

q = caudal a sección parcialmente llena

Q = caudal a sección llena

- Se busca este valor en las tablas de diseño hidráulico, en el cual se obtiene:

- Velocidad de diseño

$$\text{Está dada por: } v = (v/V) \times V$$

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 a sección llena, según la pendiente asumida del tubo

$$v = (v/V) \times V = 0.408 \times 2.10 = 0.86 \text{ m./seg. (Actual)}$$

$$v = (v/V) \times V = 0.511 \times 2.10 = 1.07 \text{ m./seg. (Futuro)}$$

- Cálculo de tirantes

A partir de la relación q/Q , se puede obtener el valor del tirante (d) 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: $0.10 \leq \frac{d}{D} \leq 0.75$

$$d = (d/D) \times D \quad d = (0.1025) \times (6" \times 0.0254) = 0.015621 \text{ m. (Actual)}$$

$d = (0.10) \times (6" \times 0.0254) = 0.01524 \text{ m.}$ Como se puede observar, el tirante de agua es mayor a $0.10D$, por lo tanto es correcto el cálculo.

$$d = (d/D) \times D \quad d = (0.1475) \times (6" \times 0.0254) = 0.022479 \text{ m. (Futuro)}$$

$d = (0.75) \times (6" \times 0.0254) = 0.1143 \text{ m.}$ Como se puede observar, el tirante de agua es menor a $0.75D$, por lo tanto, al final del período de diseño no se sobrepasará la capacidad del tubo.

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, éstos 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.

- Profundidad del pozo de visita

- ◆ Pozo 5.

$$\text{Cota invert}_{\text{inicio}} = \text{Cota invert}_{\text{entrada}} - 0.03$$

$$\text{Cota invert}_{\text{inicio}} = 1002.35 \text{ m.} - 0.03 \text{ m.} = 1002.32 \text{ m.}$$

$$\text{Altura de pozo} = \text{Cota del terreno} - \text{Cota invert}_{\text{salida}}$$

$$\text{Altura de pozo} = 1,003.80 \text{ m.} - 1002.32 \text{ m.} = 1.47 \text{ m.}$$

◆ Pozo 4.

$$\text{Cota invert}_{\text{final}} = \text{Cota inver}_{\text{inicio}} - [(\text{Dist.Hor.} - \phi_{\text{Pozo}}) \times S\%_{\text{tubo}}]$$

$$\text{Cota invert}_{\text{final}} = 1002.32 \text{ m.} - (88.95 - 1.2) \times 0.0235 = 1000.26 \text{ m.}$$

$$\text{Altura de pozo} = \text{Cota del terreno} - \text{Cota invert}_{\text{final}}$$

$$\text{Altura de pozo} = 1,001.72 \text{ m.} - 1000.26 \text{ m.} = 1.45 \text{ m.}$$

• Volumen de excavación

$$\text{Vol.}_{\text{excavación}} = \left(\frac{H_1 + H_2}{2} \right) \times d \times t = \left(\frac{1.47 + 1.45}{2} \right) \times 88.95 \times 0.60 = 78.15 \text{ m}^3$$

El procedimiento descrito anteriormente, en la solución del ejemplo, es el que se usó para el cálculo de los demás tramos del sistema de alcantarillado sanitario. (Ver Apéndice. Tabla 6).

2.26.5. Tiempo de ejecución

Se tiene prevista la duración de la ejecución del proyecto, de 8 meses a partir de su inicio. (Ver Apéndice. Tabla 9).

2.26.6. Costo total del proyecto

El proyecto tendrá un costo total de Q 1,349,024.28 para el año 2003. (Ver Apéndice. Tabla VII).

2.26.7. Tratamiento de aguas residuales

2.26.7.1. Importancia de un tratamiento de aguas residuales

Las actividades humanas dan lugar a la producción de una amplia gama de productos residuales, muchos de los cuales pasan al agua, que actúa como vehículo de transporte. Estas aguas residuales pueden contener deyecciones humanas, residuos domésticos, descargas industriales, escorrentías procedentes de la agricultura y escorrentías urbanas de aguas pluviales. Todos estos residuos, individual o colectivamente, pueden contaminar o polucionar el medio ambiente.

La protección de los recursos de agua contra la polución es un requisito básico para el desarrollo de una sana economía. Tanto para el mantenimiento de la salud pública, como para la conservación de los recursos de agua, es esencial evitar la polución.

Con el aumento de la urbanización, las letrinas, los pozos sépticos, las descargas en los terrenos, a través de filtros de arena y otros medios de eliminar los residuos humanos, pueden llegar a crear problemas económicos y sanitarios. Otros procedimientos como el de enterrar los excrementos y deyecciones procedentes de las viviendas o el de eliminar las aguas residuales en pozos negros, pueden también contribuir de una forma importante a la polución del suelo y del agua, si se aplican a la escala requerida por un gran centro urbano.

En consecuencia, el agua residual ha de ser cuidadosamente tratada antes de devolverse a la tierra o a las aguas de nuestro planeta.

Queda claro, que si bien, la recolección y evacuación del agua residual de una población, por medio de alcantarillas, contribuye al saneamiento y a mejorar el aspecto físico del lugar, éstas seguirán causando deterioro y problemas higiénicos a la misma población, si se eliminan sin ningún tratamiento previo.

El tipo de tratamiento que ha de usarse, en un determinado lugar, depende de qué contaminantes se deben eliminar y hasta qué punto, por lo tanto, debe hacerse un análisis de las condiciones locales, para poder dar una solución satisfactoria.

2.26.7.2. Proceso para el tratamiento:

Cada etapa en el tratamiento tiene una función específica que contribuye, en forma secuencial, al mejoramiento de la calidad del afluente, respecto a su condición inicial al ingresar al ciclo de depuración, que va desde el proceso más simple, hasta el proceso más complejo. Esto permite separar las etapas, por lo que, el análisis de cada una en forma individual, se da siempre que exista una interrelación entre cada una. Asimismo, el criterio que se va a utilizar para la selección y diseño de las respectivas unidades que se proponen dependen de la etapa de tratamiento.

Todo proceso de tratamiento contiene varias etapas que son:

- Tratamiento preliminar
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario
- Tratamiento terciario
- Desinfección
- Disposición de lodos

Los dispositivos para el tratamiento preliminar están destinados a eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, los sólidos inorgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de aceites o grasas. Para lograr estos objetivos, se utilizan diversas unidades, entre las que se pueden mencionar:

- Rejillas
- Desarenadores

2.26.7.2.1. Tratamiento primario

Los dispositivos que se usan en el tratamiento primario están diseñados para retirar de las aguas residuales, los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables que se encuentran suspendidos, mediante el proceso físico de sedimentación. La actividad biológica en esta etapa tiene poca importancia.

El propósito fundamental de los dispositivos, para el tratamiento primario, consiste en disminuir lo suficiente la velocidad de las aguas, para que puedan sedimentarse los sólidos que representan la materia, tanto orgánica como inorgánica, que es susceptible de degradación.

Las unidades de tratamiento más utilizadas en esta etapa son:

- Tanques Imhoff
- Sedimentadores simples o primarios

2.26.7.2.2. Tratamiento secundario

Este término comúnmente se utiliza para los sistemas de tratamiento del tipo biológico, en los cuales se aprovecha la acción de microorganismos presentes en las aguas residuales. La presencia o ausencia de oxígeno esta disuelto en el agua residual, que define dos grandes grupos o procesos de

actividad biológica: proceso aerobio (en presencia de oxígeno) y proceso anaerobio (en ausencia de oxígeno).

Los dispositivos que se utilizan en esta etapa pueden ser:

- Filtro goteador con tanques de sedimentación secundario
- Tanques de aereación
- Filtro percolador (goteador, biofiltro o biológico)
- Filtros de arena
- Lechos de contacto
- Lagunas de estabilización

2.26.7.2.3. Tratamiento terciario

Es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una calidad física químico-biológica, que está adecuada para el uso al que se destina el agua residual, sin riesgo alguno. En este proceso se le da un pulimento al agua de acuerdo al rehúso que se le pretenda dar a las aguas residuales renovadas.

2.26.7.2.4. Desinfección

Existen dos procesos para efectuar la desinfección:

- Físicos: filtración, ebullición, rayos ultravioletas, etc.
- Químicos: aplicación de cloro, bromo, yodo, ozono, iones, plata, etc.

2.26.7.2.5. Disposición de lodos

Los lodos de las aguas residuales están constituidos por los sólidos que se eliminan en las unidades de tratamiento primario y secundario, junto con el agua que se adhiere a ellos.

2.26.7.3. Limitaciones y justificación en la selección

Para que funcionen las plantas de tratamiento, se requiere del espacio necesario para la ubicación de la misma. Su implementación le corresponde a un Ingeniero Sanitario conocedor del tema, para que éste decida, entre las condiciones que se tengan en cada caso, lo más conveniente por hacer en el proceso de tratamiento.

También se debe hacer énfasis en que si la planta requiere del uso de energía eléctrica o por combustibles, su funcionamiento puede ser abandonado debido a la escasez de recursos en el municipio. En el caso de que se requiera del uso de equipos mecánicos, como bombas o compresores, éstos necesitan de un servicio adecuado, y debido a que la Municipalidad es la encargada de darles el mantenimiento, en la mayoría de los casos no se cuenta con los fondos necesarios para cubrir estos rubros.

2.26.8. Propuesta de tratamiento

Para el cantón Pueblo Nuevo, se propone la construcción de dos plantas de tratamiento, con un sistema de aireación extendida de lodos activados. Dichas plantas serían diseñadas por AMANCO, empresa de conocido prestigio a nivel latinoamericano, y requiere un terreno de 12 m. * 12 m. para cada punto de descarga, con una eficiencia del 85% en remoción de materia orgánica y sólidos suspendidos.

2.26.8.1. Descripción general del sistema

El sistema propuesto es un sistema biológico, aeróbico de aireación extendida “Lodos activados” con régimen completamente mezclado, que se

utiliza para tratar aguas residuales, que contienen materia orgánica biodegradable.

Con esta modalidad de Aireación extendida, se lograrán afluentes de calidad, con baja producción de lodos y alto grado de oxidación y estabilización de la materia, con adición de un sistema de cloración para la seguridad en el rehúso del líquido en irrigación de jardines, redes independientes de abastecimiento de inodoros, riego de áreas de terracería, etc. Este proceso involucra básicamente las siguientes etapas:

- Una y/o varias etapas de acción en tanques de aireación, donde se suministra aire por difusión en el fondo, lo que permite el crecimiento de microorganismos que requieren de oxígeno para vivir; la materia presente servirá para alimentar las bacterias aeróbicas, que transformarán los contaminantes en materia celular y energía, para crecer y reproducirse, lo que originará los flóculos que son conocidos como lodos activados. El elemento básico en este proceso es el soplador.
- Dependiendo del volumen de agua que se va a tratar, se requieren de más compartimientos para un complemento de aireación al proceso con los fines anunciados en la etapa anterior y que complementa el oxígeno necesario.
- Los flóculos pasarán al tanque de clarificación secundaria, que es el lugar donde sedimentan por gravedad los lodos; el sobrenadante es vertido al área de cloración y los lodos depositados se recirculan para retroalimentar el sistema; el exceso de lodos se depositará en un tanque de lodos para su estabilización; una vez estabilizado se deposita al área de secado de lodos, que puede ser un filtro prensa y un pequeño patio de secado de lodos y/o un área de secado de lodos mayor para sistemas tradicionales de secado.
- El agua clarificada es tratada para su desinfección por medio de un sistema de cloración a base de tabletas de Hipoclorito de Calcio, cuando se descarga

directamente a un cuerpo de agua, previa reacción del cloro en un depósito, que variará de acuerdo con el volumen tratado.

- El agua tratada puede almacenarse o verse al acuífero previo análisis de la capacidad de absorción del subsuelo; esta actividad corre por cuenta del cliente; por otra parte, se deberá contar con la seguridad de que sus características son adecuadas para esta disposición. Si se almacenan, su función sería reutilizarlas adecuadamente. Donde el acuífero es muy alto, la descarga puede hacerse por medio de zanjas de absorción de 80 metros de profundidad, o descargarse a un drenaje pluvial.

(ver detalle de planta de tratamiento en Anexo. Figura 24)

2.26.8.2. Condiciones básicas de selección de la planta

Desfogue 1

No. viviendas	109 viviendas
Aporte de aguas negras por persona	120 litros/habitante/día
Promedio de habitantes por vivienda	8 habitantes
Capacidad GPD	27,000 $\frac{m^3}{día}$
Carga orgánica diaria	60 #/dbo
Concentración de DBO 5.20 a la entrada	250 mg/l
Eficiencia en remoción de materia orgánica y sólidos suspendidos	85 %

Desfogue 2

No. viviendas	92 viviendas
Aporte de aguas negras por persona	120 litros/habitante/día
Promedio de habitantes por vivienda	8 habitantes

Capacidad GPD	27,000 $\frac{m^3}{día}$
Carga orgánica diaria	60 #/dbo
Concentración de DBO 5.20 a la entrada	250 mg/l
Eficiencia en remoción de materia orgánica y sólidos suspendidos	85 %

2.26.8.3. Operación y mantenimiento

La operación y mantenimiento son bastante sencillos y sus costos de operación corresponden únicamente a las horas que un responsable de la misma le suministre al día, del consumo eléctrico de un motor de 5 Hp. y las tabletas de cloro que se consuman cuando se reutilice el líquido tratado.

El sistema tiene como ventaja lo compacto de la planta, así como su alta eficiencia; de no existir malos olores fuera de las instalaciones de la planta, se recomienda una distancia de 10 metros de separación con la última casa, para evitar algunos problemas de ruido durante la quietud de la noche; la producción de lodos es baja, así como su operación automática y su mantenimiento.

A la par de la estructura base, se deberá construir un tanque para bombear el excedente de lodos, cuando el volumen diario sea mayor a 12,000 gpd., y un sistema de patios para secar los lodos; estas estructuras son complementarias al sistema y ayudan a un mejor aprovechamiento de los lodos con fines agrícolas.

Una planta de tratamiento de aguas negras, tipo doméstica, de una capacidad media de 27,000 GPD acoplada a una estructura de concreto y/o estructura de block pineada, que es fabricada por el cliente.

2.26.8.4. Elementos electromecánicos

- Un soplador rotatorio de desplazamiento positivo 45, acoplado a motor eléctrico horizontal 110/120 de 5 Hp. con un silenciador y su filtro; todo esto está protegido por un albergue de fibra de vidrio con apoyo de hierro.
- Tubería de difusión de aire con dos ramales para las líneas de aireación con difusores sellados, así como una línea que alimenta el desnatador de superficie y la tubería de lodos.
- Un desnatador de superficie con retorno neumático.
- Tubería de evacuación de lodos con retorno neumático.
- Vertedero de transferencia, con cortinas ajustables, mámparas, válvulas y conexiones.
- Tabique de lámina plástica con apoyos.
- Dosificador de hipoclorito de calcio en tabletas (opcional).
- Recipiente de 25 libras de tabletas de hipoclorito de calcio (opcional).
- Tablero eléctrico de control para funcionamiento automático.
- Manual de operación y mantenimiento.
- Rejillas para cubierta superior de la estructura de la planta.
- Tubería de lodos y de aire para el digestor de lodos (opcional).

CONCLUSIONES

1. Se seleccionó el sistema de alcantarillado sanitario, en función de las condiciones socioeconómicas de la región, con el propósito de facilitar el tratamiento de las aguas servidas, hasta un determinado nivel, de manera que al verterlas a ríos o drenes naturales no provoquen contaminación.
2. Con la construcción del alcantarillado sanitario en el cantón Pueblo Nuevo, se estará beneficiando directamente a la población; se eliminarán los focos de contaminación y proliferación de enfermedades, se evitará el mal aspecto que ocasionan las aguas negras que corren a flor de tierra, y se generará así un mejor desarrollo físico y mental de los pobladores.
3. La realización del diseño de alcantarillado sanitario, adecuado a las necesidades de la población, se realizó en función de criterios y parámetros de diseño, con base en el estudio de la población, para que éste sea técnico y económicamente funcional.
4. Con la planificación del proyecto de alcantarillado sanitario para el cantón Pueblo Nuevo, se tendrá un soporte técnico cuando se ejecute el proyecto.
5. Queda claro, que si bien la recolección y evacuación del agua residual de una población, por medio de alcantarillas, contribuye al saneamiento y a mejorar el aspecto físico del lugar, éstas seguirán provocando deterioro y problemas higiénicos a la misma población, si se eliminan sin ningún tratamiento previo.

6. Este trabajo de E.P.S. proporcionó una buena experiencia, pues permitió realizar un proyecto completo de ingeniería, desde las investigaciones preliminares, para la recopilación de parámetros de diseño, los trabajos topográficos, hasta el diseño en sí con la ejecución de planos finales. Ha sido importante el hecho de tomar decisiones en un proyecto real, así como conocer las necesidades de servicios públicos que hay en nuestro país.

RECOMENDACIONES

1. Para lograr un buen funcionamiento del alcantarillado sanitario, se debe de hacer conciencia a todos los vecinos del cantón, para que le den el uso adecuado, explicándoles que no deben de permitir que ningún vecino bote basura dentro de los pozos de visita o tubería, y sobre todo, que no deben conectar las aguas de lluvias de sus casas a este sistema.
2. Se debe de implementar un plan de mantenimiento de los drenajes, por parte de las autoridades municipales.
3. Se recomienda la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales propuestas, o la planificación de éstas, con el fin de reducir los índices de contaminación, que se originan en las aguas servidas que se viertan a su destino final.
4. La única forma de que el proyecto brinde y proporcione los resultados esperados, es garantizando que las especificaciones contenidas en los planos se cumplan a cabalidad; esto se logrará a través de una adecuada supervisión técnica, por profesionales de Ingeniería Civil.

BIBLIOGRAFÍA

1. Amanco Tubovinil. **Lista de precios al público**. Guatemala.
2. Cabrera Riepele, Ricardo Antonio. Apuntes de Ing. Sanitaria 2. Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1989, 133pp.
3. INFOM. **Normas generales para diseños de alcantarillados**. Guatemala 2001. 30pp.
4. Martín Gonzalez, Eduardo Antonio De La Trinidad. Diseño de la red de drenaje sanitario para la Aldea de San José Municipio de Villa Nueva. Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1998, 66pp.
5. Peláez Godoy, Luis Alberto. Proyecto de reglamento de diseño y construcción de obras de alcantarillado para la ciudad de Guatemala. Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1981, 86pp.
6. Steel, Ernest W. **Abastecimiento de agua y alcantarillado**. 3^a. edición. Barcelona. Editorial Gustavo Gili, S. A. 1965. 659pp.
7. Tubovinil S.A. **Instalación de Tubería P.V.C. Folleto de información técnica sobre tubería P.V.C**. Guatemala. 20pp.

APÉNDICE

Tabla VI. Diseño hidráulico del alcantarillado sanitario

DE A. COTA TERRENO	DIST.	PEND. TERR.	No. CASAS	HABIT. LOCAL	Qsanit (l/s)	FQM	FAC. HARM. ACT. FUT.	Qdiseño (l/s)	Ø TUB	PEND. TUB %	SEC. LLENA	q/Q	v (m/s)	COT. INVERT. INIC.	COT. INVERT. FINAL	H (POZO) INIC.	H (POZO) FINAL	ANCHO ZANUA	VOL. EXC.											
																				PV INICIO	PV FINAL	INC.	FINAL	ANCHO ZANUA	EXC.					
91	97	1038.08	1035.11	27.42	10.85	3	24	55	0.07	0.17	0.003	0.003	4.37	4.31	0.32	0.72	1.27	1035.98	1032.57	2.10	2.53	0.65	41.30							
96	97	1035.11	1028.76	39.15	16.21	5	64	147	0.20	0.45	0.003	0.003	4.25	4.19	0.84	1.88	1.35	1032.37	1027.34	2.73	1.42	0.85	52.83							
97	96	1028.76	1027.72	22.18	4.72	4	12	96	0.29	0.67	0.003	0.003	4.29	4.13	1.25	2.78	5	1027.909	1026.25	1.47	1.47	0.80	19.56							
DE A. COTA TERRENO	DIST.	PEND. TERR.	No. CASAS	HABIT. LOCAL	Qsanit (l/s)	FQM	FAC. HARM. ACT. FUT.	Qdiseño (l/s)	Ø TUB	PEND. TUB %	SEC. LLENA	q/Q	v (m/s)	COT. INVERT. INIC.	COT. INVERT. FINAL	H (POZO) INIC.	H (POZO) FINAL	ANCHO ZANUA	VOL. EXC.											
91	96	1035.01	1027.72	18.13	9.34	15	120	275	0.37	0.84	0.003	0.003	4.22	4.09	1.55	3.44	8	1027.72	1025.07	0.42	2.00	2.01	0.65	101.87						
96	96	1027.72	1028.49	65.99	-1.17	5	32	256	0.58	0.78	0.003	0.003	4.11	3.94	3.21	7.05	2	1.94	62.90	1.11	2.12	1.28	0.75	153.26						
95	94	1028.49	1023.21	33.57	15.72	2	34	272	0.63	0.93	0.003	0.003	4.10	3.92	4.00	7.47	8	13	4.95	160.37	0.046555	0.511	2.53	1024.26	1020.05	4.23	3.16	0.75	93.08	
94	93	1023.21	1018.26	25.09	17.75	4	36	304	0.66	0.93	0.003	0.003	4.08	3.90	3.79	8.29	8	13	4.95	160.37	0.051670	0.528	2.61	1019.95	1016.84	3.26	1.41	0.70	41.07	
93	92	1018.26	1014.25	31.21	12.86	3	41	328	0.75	1.00	0.003	0.003	4.06	3.88	4.07	8.90	8	13	4.95	160.37	0.055474	0.538	2.66	1017.74	1012.84	1.51	1.40	0.60	27.30	
92	91	1014.25	1012.19	21.58	9.52	3	44	352	0.85	1.08	0.003	0.003	4.05	3.86	4.35	9.50	8	10	4.34	140.66	0.067557	0.568	2.46	1012.79	1010.76	1.45	1.44	0.80	18.70	
91	30	1012.19	1004.31	70.81	11.14	8	52	416	0.95	1.27	0.003	0.003	4.01	3.81	5.10	11.10	8	11.25	4.80	149.19	0.074398	0.587	2.70	1010.71	1002.87	1.49	1.43	0.80	61.99	
DE A. COTA TERRENO	DIST.	PEND. TERR.	No. CASAS	HABIT. LOCAL	Qsanit (l/s)	FQM	FAC. HARM. ACT. FUT.	Qdiseño (l/s)	Ø TUB	PEND. TUB %	SEC. LLENA	q/Q	v (m/s)	COT. INVERT. INIC.	COT. INVERT. FINAL	H (POZO) INIC.	H (POZO) FINAL	ANCHO ZANUA	VOL. EXC.											
94	101	1023.21	1020.48	18.99	14.38	2	16	37	0.05	0.11	0.003	0.003	4.39	4.34	0.21	0.49	8	13.25	4.99	161.91	0.003001	0.230	1.15	1021.41	1019.06	1.80	1.43	0.80	18.36	
42	41	1026.53	1024.49	26.00	7.88	1	8	18	0.02	0.06	0.003	0.003	4.42	4.39	0.11	0.25	8	8.5	4.00	129.68	0.001893	0.194	0.78	1025.13	1023.03	1.40	1.46	0.60	22.30	
41	38	1024.49	1014.36	105.70	9.58	3	4	32	0.73	0.10	0.22	0.003	0.003	4.36	4.28	0.43	0.96	8	10.3	4.00	142.75	0.006710	0.281	1.24	1022.98	1012.21	1.51	2.16	0.66	125.62
39	38	1014.36	1010.85	37.50	9.37	2	6	48	1.10	0.15	0.34	0.003	0.003	4.32	4.23	0.63	1.42	8	6	3.88	125.81	0.011297	0.334	1.30	1012.16	1009.26	2.20	1.59	0.65	46.18
38	37	1010.85	1010.43	6.69	6.28	0	6	48	1.10	0.15	0.34	0.003	0.003	4.32	4.23	0.63	1.42	8	5.5	3.22	104.31	0.013625	0.355	1.14	1009.23	1008.93	1.62	1.50	0.60	6.26
37	36	1010.43	1009.36	60.56	1.72	3	9	72	1.65	0.22	0.50	0.003	0.003	4.28	4.18	0.94	2.10	8	1.2	4.75	154.08	0.013658	0.355	1.69	1012.78	1009.43	1.59	1.49	0.80	26.91
36	35	1009.36	1009.27	44.14	0.26	2	11	88	2.02	0.27	0.62	0.003	0.003	4.23	4.15	1.15	2.55	8	11.2	4.59	148.86	0.014137	0.361	1.66	1009.38	1006.33	1.54	1.43	0.80	33.39
35	34	1006.97	1006.97	61.00	3.77	3	14	112	2.56	0.34	0.78	0.003	0.003	4.23	4.11	1.45	3.22	8	3.2	2.45	79.57	0.040444	0.490	1.20	1007.45	1005.53	1.82	1.43	0.80	43.33
34	33	1006.97	1006.61	37.00	0.36	1	15	120	2.75	0.37	0.84	0.003	0.003	4.22	4.09	1.55	3.44	8	0.8	1.23	99.78	0.065408	0.615	0.75	1005.50	1005.06	1.46	1.71	0.60	54.23
33	32	1006.61	1006.61	37.00	0.36	2	26	208	4.76	0.64	1.46	0.003	0.003	4.14	3.98	2.63	5.80	8	0.7	1.15	37.21	0.155634	0.730	0.84	1005.03	1004.84	1.74	1.77	0.80	28.95
32	31	1006.61	1007.39	78.80	-0.91	1	27	216	4.95	0.66	1.51	0.003	0.003	4.14	3.98	2.73	6.01	8	0.7	1.15	37.21	0.161468	0.730	0.84	1004.81	1004.27	1.80	3.06	0.70	134.07
31	30	1007.39	1004.31	33.65	8.99	0	27	216	4.95	0.66	1.51	0.003	0.003	4.14	3.98	2.73	6.01	8	7.5	3.76	121.81	0.049335	0.517	1.94	1004.24	1001.80	3.09	2.50	0.70	65.89
30	29	1004.31	1000.01	49.33	8.71	3	82	656	15.02	2.00	4.59	0.003	0.003	3.91	3.68	7.84	16.89	8	6.7	3.55	115.13	0.146668	0.716	2.54	1001.77	998.55	2.53	1.46	0.65	64.04
29	11	1000.01	1000.01	10.00	0.00	0	82	656	15.02	2.00	4.59	0.003	0.003	3.91	3.68	7.84	16.89	8	1	1.37	44.48	0.379535	0.934	1.28	998.52	998.43	1.49	1.58	0.80	9.22
DE A. COTA TERRENO	DIST.	PEND. TERR.	No. CASAS	HABIT. LOCAL	Qsanit (l/s)	FQM	FAC. HARM. ACT. FUT.	Qdiseño (l/s)	Ø TUB	PEND. TUB %	SEC. LLENA	q/Q	v (m/s)	COT. INVERT. INIC.	COT. INVERT. FINAL	H (POZO) INIC.	H (POZO) FINAL	ANCHO ZANUA	VOL. EXC.											
42	43	1026.53	1022.36	96.00	4.35	3	24	55	0.07	0.17	0.003	0.003	4.37	4.31	0.32	0.72	8	4.4	2.88	93.30	0.007750	0.297	0.85	1025.11	1020.94	1.42	1.42	0.80	81.71	
43	44	1022.36	1021.48	25.00	3.53	0	3	24	0.55	0.07	0.17	0.003	0.003	4.37	4.31	0.32	0.72	8	3.5	2.57	83.21	0.006689	0.305	0.78	1020.84	1020.01	1.52	1.47	0.60	22.36
44	25	1021.48	1021.34	10.70	1.27	0	3	24	0.55	0.07	0.17	0.003	0.003	4.37	4.31	0.32	0.72	8	2.8	2.30	74.43	0.009715	0.320	0.73	1019.91	1019.64	1.57	1.70	0.60	10.48
25	51	1021.34	1019.54	28.46	6.35	3	6	48	1.10	0.15	0.34	0.003	0.003	4.32	4.23	0.63	1.42	8	6	3.36	106.95	0.013045	0.348	1.17	1019.54	1017.91	1.80	1.63	0.80	29.25
51	52	1019.54	1018.68	18.80	4.55	2	6	48	1.10	0.15	0.34	0.003	0.003	4.32	4.23	0.63	1.42	8	4.6	2.94	95.40	0.019687	0.393	1.16	1017.81	1017.00	1.73	1.68	0.80	19.23
52	60	1018.68	1018.52	47.60	0.33	3	11	88	2.02	0.27	0.62	0.003	0.003	4.26	4.15	1.15	2.55	8	2	1.94	62.90	0.040589	0.490	0.95	1016.91	1016.04	1.71	2.48	0.65	64.87
60	58	1018.52	1017.56	63.93	17.14	3	14	112	2.56	0.34	0.78	0.003	0.003	4.23	4.11	1.45	3.22	8	16.5	5.59	181.23	0.017757	0.381	2.13	1016.01	1005.60	2.51	1.97	0.65	93.09
58	122	1017.56	990.79	97.07	17.28	5	19	152	3.68	0.46	1.06	0.003	0.003	4.19	4.05	1.95	4.31	8	16.82	5.83	162.42	0.023611	0.414	2.33	1005.50	998.37	2.07	1.42	0.65	109.97
122	121	990.79	990.44	55.08	0.65	3	22	176	4.03	0.54	1.23	0.003	0.003	4.17	4.02	2.24	4.95	8	0.6	1.06	34.45	0.143697	0.716	0.76	989.34	989.02	1.45	1.42	0.60	47.36
121	121	990.44	987.50	61.62	4.76	4	26	208	4.76	0.64	1.46	0.003	0.003	4.14	3.98	2.63	5.80	8	4.8	3.01	97.55	0.059448	0.548	1.65	989.99	988.08	1.45	1.40	0.60	53.01
121	120	987.50	989.40	44.83	-4.23	3	29	232	5.31	0.71	1.62	0.003	0.003	4.12	3.96	2.92	6.43	8	0.5	0.97	31.45	0.204398	0.790	0.77	986.05	985.84	1.45	3.57	0.70	78.71
120	80	989.40	988.78	33.29	1.86	3	32	256	0.58	0.78	1.79	0.003	0.003	4.11	3.94	3.21	7.05	8	0.5	0.97	31.45	0.224242	0.804	0.78	985.84	985.64	3.60	3.14	0.70	78.46
80	81	988.78	982.60	55.68	11.06	1	63	504	11.64	1.54	3.53	0.003	0.003	3.97	3.76	6.12	13.26	8	8.1	3.90	126.59	0.104708	0.651	2.54	986.59	981.17	3.19	1.43	0.70	90.40
DE A. COTA TERRENO	DIST.	PEND. TERR.	No. CASAS	HABIT. LOCAL	Qsanit (l/s)	FQM	FAC. HARM. ACT. FUT.	Qdiseño (l/s)	Ø TUB	PEND. TUB %	SEC. LLENA	q/Q	v (m/s)	COT. INVERT. INIC.	COT. INVERT. FINAL	H (POZO) INIC.	H (POZO) FINAL	ANCHO ZANUA	VOL. EXC.											
60	61	1018.52	1018.92	50.15	-0.79	4	4	32	0.73	0.10	0.22	0.003	0.003	4.35	4.28	0.43	0.96	8	2	1.94	62.90	0.015227	0.361	0.70	1016.52	1015.54	2.00	3.38	0.70	94.34
61	62	1018.92	1011.86	91.29	7.73	6	10	80	1.83	0.24	0.56	0.003	0.003	4.27	4.16	1.04	2.33	8	6	3.36	106.95	0.021380	0.401	1.35	1015.49	1010.09	3.43	1.77	0.70	166.12

Continuación

DE PV	A COTA TERRENO INICIO	TERRENO FINAL	DIST.	PEND. TERR.	No. CASAS LOCAL	CASAS LOCAL	HABIT. LOCAL	ACT. LOCAL	FOM LOCAL	FAC. HARM. LOCAL	Gdiseño (fs) LOCAL	Ø LOCAL	PEND. TUB. LOCAL	SEC. LLENA LOCAL	q/Q LOCAL	v LOCAL (m/s)	COT. INVERT. LOCAL	H (POZO) LOCAL	ANCHO LOCAL	VOL. LOCAL										
																					ACT. LOCAL	FOM LOCAL	FAC. HARM. LOCAL	Gdiseño (fs) LOCAL	Ø LOCAL	PEND. TUB. LOCAL	SEC. LLENA LOCAL	q/Q LOCAL	v LOCAL (m/s)	COT. INVERT. LOCAL
23	1026.53	1023.77	33.05	8.35	1	1	8	18	0.02	0.06	0.003	0.003	4.42	4.39	0.11	0.25	8	10	4.34	140.66	0.001745	0.194	0.84	1025.11	1021.93	1.42	1.84	0.60	32.36	
22	1023.77	1020.54	33.36	8.23	3	24	55	0.07	0.17	0.003	0.003	4.37	4.31	0.32	0.72	8	39	8.57	277.78	0.002603	0.212	1.82	1017.71	1017.91	2.04	2.62	0.60	55.09		
63	1020.54	1011.86	20.50	42.30	3	24	55	0.07	0.17	0.003	0.003	4.37	4.31	0.32	0.72	8	39	8.57	277.78	0.002603	0.212	1.82	1017.71	1017.91	2.04	2.62	0.60	55.09		
62	1011.86	1003.05	35.18	25.06	3	16	128	293	0.39	0.90	0.003	0.003	4.21	4.08	1.65	3.66	8	26	6.39	226.80	0.016121	0.375	2.62	1009.99	1001.15	1.88	1.89	0.60	39.79	
70	1003.05	991.16	56.46	21.04	2	18	144	330	0.44	1.01	0.003	0.003	4.20	4.06	1.85	4.09	8	22	6.43	206.63	0.019609	0.393	2.53	1000.95	988.79	2.09	2.37	0.60	75.60	
71	991.16	988.78	17.70	13.46	3	30	240	550	0.73	1.68	0.003	0.003	4.12	3.95	3.02	6.64	8	15	5.31	172.27	0.038629	0.484	2.57	988.59	966.12	2.57	2.66	0.60	27.78	
DE A	COTA TERRENO INICIO	TERRENO FINAL	DIST.	PEND. TERR.	No. CASAS LOCAL	CASAS LOCAL	HABIT. LOCAL	ACT. LOCAL	FOM LOCAL	FAC. HARM. LOCAL	Gdiseño (fs) LOCAL	Ø LOCAL	PEND. TUB. LOCAL	SEC. LLENA LOCAL	q/Q LOCAL	v LOCAL (m/s)	COT. INVERT. LOCAL	H (POZO) LOCAL	ANCHO LOCAL	VOL. LOCAL										
22	1023.77	1014.36	104.29	9.03	4	32	73	101	0.22	0.003	0.003	4.35	4.28	0.43	0.96	8	9	8.65	4.30	139.60	0.006861	0.289	1.24	1022.35	1012.20	1.42	2.16	0.60	112.06	
20	1014.36	1010.59	36.21	9.87	1	5	40	92	0.12	0.28	0.003	0.003	4.30	4.25	0.53	1.19	8	9	4.14	134.18	0.008872	0.312	1.29	1012.17	1006.80	2.19	1.79	0.60	45.62	
19	1010.59	1009.36	54.70	2.20	7	56	128	0.17	0.39	0.003	0.003	4.30	4.21	0.74	1.65	8	15	2.69	54.84	0.030097	0.450	0.76	1006.77	1007.96	1.82	1.43	0.60	53.23		
18	1009.36	1008.79	50.80	1.17	3	10	80	183	0.24	0.56	0.003	0.003	4.27	4.16	1.04	2.33	8	16	1.73	66.26	0.041402	0.495	0.86	1007.81	1007.02	1.58	1.77	0.60	51.04	
17	1008.79	1006.97	55.90	3.26	3	13	104	298	0.32	0.73	0.003	0.003	4.24	4.12	1.35	3.00	8	3	2.38	77.04	0.039807	0.484	1.15	1006.99	1005.34	1.80	1.62	0.60	57.45	
16	1006.97	1006.69	92.80	0.29	4	17	136	311	0.42	0.95	0.003	0.003	4.20	4.07	1.75	3.87	8	0	1.23	99.78	0.097379	0.633	0.78	1006.31	1004.58	1.65	2.11	0.60	113.54	
15	1006.69	1006.95	42.18	-0.60	2	19	152	348	0.46	1.06	0.003	0.003	4.19	4.05	1.95	4.31	8	0	1.23	39.78	0.082655	0.651	0.80	1004.55	1004.22	2.14	2.72	0.60	86.70	
14	1006.95	1004.31	50.00	5.28	2	21	168	385	0.51	1.18	0.003	0.003	4.17	4.03	2.14	4.74	8	4	2.91	94.36	0.050205	0.522	1.52	1004.19	1002.00	2.75	2.31	0.60	82.27	
13	1004.31	1003.93	13.50	2.79	1	22	176	403	0.54	1.23	0.003	0.003	4.17	4.02	2.24	4.95	8	3	2.38	77.04	0.064263	0.560	1.33	1001.97	1001.60	2.34	2.33	0.60	20.50	
12	1003.93	1000.01	39.70	9.87	0	22	176	403	0.54	1.23	0.003	0.003	4.17	4.02	2.24	4.95	8	7	3.96	125.02	0.039601	0.484	1.87	1001.57	988.53	2.36	1.49	0.60	49.64	
DE A	COTA TERRENO INICIO	TERRENO FINAL	DIST.	PEND. TERR.	No. CASAS LOCAL	CASAS LOCAL	HABIT. LOCAL	ACT. LOCAL	FOM LOCAL	FAC. HARM. LOCAL	Gdiseño (fs) LOCAL	Ø LOCAL	PEND. TUB. LOCAL	SEC. LLENA LOCAL	q/Q LOCAL	v LOCAL (m/s)	COT. INVERT. LOCAL	H (POZO) LOCAL	ANCHO LOCAL	VOL. LOCAL										
17	1008.79	1006.49	29.26	7.87	1	1	8	18	0.02	0.06	0.003	0.003	4.42	4.39	0.11	0.25	8	8	5	4.00	129.68	0.001893	0.194	0.78	1007.37	1004.98	1.42	1.50	0.60	25.66
78	1006.49	1004.98	14.84	10.12	1	2	16	37	0.05	0.11	0.003	0.003	4.39	4.34	0.21	0.49	8	10	4.38	142.06	0.003420	0.230	1.01	1004.95	1003.56	1.53	1.42	0.60	13.16	
77	1004.98	1001.90	28.63	10.79	2	4	32	73	0.10	0.22	0.003	0.003	4.35	4.28	0.43	0.96	8	11	2.49	146.86	0.006435	0.281	1.29	1003.53	1000.46	1.45	1.44	0.60	24.80	
76	1001.90	1000.78	16.39	6.78	0	4	32	73	0.10	0.22	0.003	0.003	4.35	4.28	0.43	0.96	8	7	3.63	117.68	0.008139	0.305	1.11	1000.43	999.37	1.47	1.42	0.60	14.18	
75	1000.78	997.64	55.76	5.64	0	4	32	73	0.10	0.22	0.003	0.003	4.35	4.28	0.43	0.96	8	5	2.94	106.66	0.008860	0.312	1.03	999.34	996.20	1.45	1.44	0.60	48.29	
74	997.64	997.22	20.67	2.02	0	4	32	73	0.10	0.22	0.003	0.003	4.35	4.28	0.43	0.96	8	2	1.94	62.90	0.015277	0.368	0.71	996.17	995.78	1.47	1.44	0.60	19.54	
73	997.22	997.10	89.58	0.13	3	7	56	128	0.17	0.39	0.003	0.003	4.30	4.21	0.74	1.65	8	1	1.17	1.48	0.043404	0.468	0.69	994.72	1.47	2.39	0.60	112.34		
72	997.10	991.16	51.15	11.61	2	9	72	165	0.22	0.50	0.003	0.003	4.28	4.18	0.94	2.10	8	10	2	4.38	142.06	0.014814	0.361	1.58	994.69	989.59	2.42	1.57	0.60	86.35
DE A	COTA TERRENO INICIO	TERRENO FINAL	DIST.	PEND. TERR.	No. CASAS LOCAL	CASAS LOCAL	HABIT. LOCAL	ACT. LOCAL	FOM LOCAL	FAC. HARM. LOCAL	Gdiseño (fs) LOCAL	Ø LOCAL	PEND. TUB. LOCAL	SEC. LLENA LOCAL	q/Q LOCAL	v LOCAL (m/s)	COT. INVERT. LOCAL	H (POZO) LOCAL	ANCHO LOCAL	VOL. LOCAL										
13	1004.31	1002.08	47.90	4.65	6	48	110	0.15	0.34	0.003	0.003	4.32	4.23	0.63	1.42	8	4	6	2.94	95.40	0.014898	0.361	1.06	1002.81	1000.66	1.50	1.42	0.60	41.96	
87	1002.08	1000.54	24.49	6.26	4	10	80	183	0.24	0.56	0.003	0.003	4.27	4.16	1.04	2.33	8	6	3.50	113.40	0.020541	0.401	1.40	1000.63	999.11	1.45	1.43	0.60	21.15	
86	1000.54	996.78	56.24	6.69	6	16	128	293	0.39	0.90	0.003	0.003	4.21	4.08	1.65	3.66	8	7	3.63	117.68	0.031069	0.450	1.63	999.08	995.23	1.46	1.55	0.60	50.84	
85	996.78	992.69	52.06	7.87	6	22	176	403	0.54	1.23	0.003	0.003	4.17	4.02	2.24	4.95	8	8	3.88	125.81	0.039353	0.484	1.88	995.20	991.13	1.58	1.55	0.60	48.99	
84	992.69	989.58	37.61	8.25	5	27	216	495	0.66	1.51	0.003	0.003	4.14	3.98	2.73	6.01	8	8	3.95	128.15	0.046888	0.511	2.02	991.10	988.08	1.58	1.50	0.60	34.82	
83	989.58	987.17	86.61	3.51	2	29	232	531	0.71	1.62	0.003	0.003	4.12	3.96	2.92	6.43	8	3	5	2.57	83.21	0.077255	0.696	1.79	988.05	985.69	1.53	1.48	0.60	61.99
82	987.17	982.60	70.33	6.50	0	29	232	531	0.71	1.62	0.003	0.003	4.12	3.96	2.92	6.43	8	6	5	3.50	113.40	0.056690	0.538	1.88	985.66	981.17	1.51	1.43	0.60	62.06
DE A	COTA TERRENO INICIO	TERRENO FINAL	DIST.	PEND. TERR.	No. CASAS LOCAL	CASAS LOCAL	HABIT. LOCAL	ACT. LOCAL	FOM LOCAL	FAC. HARM. LOCAL	Gdiseño (fs) LOCAL	Ø LOCAL	PEND. TUB. LOCAL	SEC. LLENA LOCAL	q/Q LOCAL	v LOCAL (m/s)	COT. INVERT. LOCAL	H (POZO) LOCAL	ANCHO LOCAL	VOL. LOCAL										
9	1009.48	1008.69	53	1.49	2	2	16	36	0.05	0.11	0.003	0.003	4.39	4.34	0.21	0.49	8	1	1.84	59.676	0.008142	0.31	0.56	1008.1	1007.1	1.42	1.56	0.6	47.42	
8	1008.69	1006.56	44.10	4.63	2	4	32	73	0.10	0.22	0.003	0.003	4.35	4.28	0.43	0.96	8	4	3	0.1	97.45	0.008629	0.320	0.96	1007.10	1005.04	1.59	1.52	0.60	41.20
7	1006.56	1005.82	22.50	3.37	1	5	40	92	0.12	0.28	0.003	0.003	4.33	4.25	0.53	1.19	8	3	2.49	80.80	0.014733	0.361	0.90	1005.01	1004.32	1.55	1.50	0.60	20.12	
6	1005.82	1003.80	31.50	6.42	1	6	48	110	0.15	0.34	0.003	0.003	4.32	4.23	0.63	1.42	8	6	4	3.47	112.53	0.012631	0.341	1.18	1004.29	1002.35	1.53	1.44	0.60	28.07
5	1003.80	1001.72	88.95	2.34	4	14																								

Tabla VII. Integración de precios unitarios

No	Descripción	Cantidad	Unidad	Q/unidad	Subtotal
1	Preliminares				
	Replanteo topográfico	3823.18	m.l.	1.90	7,264.04
	Limpia y chapeo	3823.18	m.l.	1.20	4,587.82
	Trazo y nivelación	3823.18	m.l.	2.15	8,219.84
	Imprevistos	6.00	%	200.72	1,204.30
	Prestaciones	37.37	%	200.72	7,500.79
	Total				28,776.79
2	Excavación y relleno de zanja	4480.50	m³	24.00	107,532.00
	Imprevistos	6.00	%	1,075.32	6,451.92
	Prestaciones	37.37	%	1,075.32	40,184.71
	Total				154,168.63
3	Tubería Ø 8" pvc norma 3034	3823.18	m.l.	Q77.27	Q295,417.12
	Colocado de tubería	3823.18	m.l.	Q3.50	Q13,381.13
	Imprevistos	6.00	%	Q3,087.98	Q18,527.89
	Prestaciones	37.37	%	Q133.81	Q5,000.53
	Total				Q332,326.67
Pozos de visita insitu (construidos en el lugar)					
4	Pozos de visita H: 1.50	Cantidad	46		
	Materiales ctes. cono + base + brocal				
	Cemento	9.72	sacos	Q38.00	Q369.36
	Arena	1.53	m³	Q100.00	Q153.00
	Piedrín	0.38	m³	Q150.00	Q57.00
	Ladrillo tayuyo	492.00	unidad	Q1.40	Q688.80
	Acero No 5	0.55	var	Q35.00	Q19.60
	Acero No 3	5.86	var	Q11.93	Q69.91
	Acero No 2	4.93	var	Q5.17	Q25.49
	Alambre de amarre	3.00	lb	Q2.50	Q7.50
	Cal hidratada	4.36	bolsa	Q19.00	Q82.84
	Arena amarilla	0.32	m³	Q100.00	Q32.00
	Piedra bola	0.86	m³	Q60.00	Q51.60
	Madera	53.22	p-t	Q3.00	Q159.66
	Clavos	3.00	lb	Q2.50	Q7.50
	Total de materiales constantes				Q1,724.26
	Materiales (altura de pozo, var)	Altura	1.50		
	Ladrillo tayuyo	301.79	unidad	Q1.40	Q422.50
	Arena amarilla	0.19	m³	Q100.00	Q19.22
	Cal hidratada	2.67	bolsa	Q19.00	Q50.73
	Total de materiales variables				Q492.46
	Total materiales (por pozo)				Q2,216.72
	Mano de obra (incluye todo)	1.00	unidad	Q775.00	Q775.00
	Prestaciones	37.37	%	Q7.75	Q289.62
	Total de mano de obra por pozo (mano de obra)				Q1,064.62
	Pozo de visita completo				Q3,281.33
	Total pozos, altura 1.50				Q150,941.41

Continuación

5	Pozos de visita H: 1.90	Cantidad	17		
	Materiales ctes. cono + base + brocal				
	Cemento	9.72	sacos	Q38.00	Q369.36
	Arena	1.53	m³	Q100.00	Q153.00
	Piedrín	0.38	m³	Q150.00	Q57.00
	Ladrillo tayuyo	492.00	unidad	Q1.40	Q688.80
	Acero No 5	0.56	var	Q35.00	Q19.60
	Acero No 3	5.86	var	Q11.93	Q69.91
	Acero No 2	4.93	var	Q5.17	Q25.49
	Alambre de amarre	3.00	lb	Q2.50	Q7.50
	Cal hidratada	4.36	bolsa	Q19.00	Q82.84
	Arena amarilla	0.32	m³	Q100.00	Q32.00
	Piedra bola	0.86	m³	Q60.00	Q51.60
	Madera	53.22	p-t	Q3.00	Q159.66
	Clavos	3.00	lb	Q2.50	Q7.50
	Total de materiales constantes			Q1,724.26	
	Materiales (altura de pozo, var)	Altura	1.90		
	Ladrillo tayuyo	477.03	unidad	Q1.40	Q667.84
	Arena amarilla	0.30	m³	Q100.00	Q30.38
	Cal hidratada	4.22	bolsa	Q19.00	Q80.19
	Total de materiales variables			Q778.42	
	Total materiales (por pozo)			Q2,502.68	
	Mano de obra (incluye todo)	1.00	unidad	Q1,000.00	Q1,000.00
	Prestaciones	37.37	%	Q10.00	Q373.70
	Total de mano de obra por pozo (mano de obra)			Q1,373.70	
	Pozo de visita completo			Q3,876.38	
	Total pozos, altura 1.90			Q65,898.41	
6	Pozos de visita H: 2.39	Cantidad	8		
	Materiales ctes. cono + base + brocal				
	Cemento	9.72	sacos	Q38.00	Q369.36
	Arena	1.53	m³	Q100.00	Q153.00
	Piedrín	0.38	m³	Q150.00	Q57.00
	Ladrillo tayuyo	492.00	unidad	Q1.40	Q688.80
	Acero No 5	0.56	var	Q35.00	Q19.60
	Acero No 3	5.86	var	Q11.93	Q69.91
	Acero No 2	4.93	var	Q5.17	Q25.49
	Alambre de amarre	3.00	lb	Q2.50	Q7.50
	Cal hidratada	4.36	bolsa	Q19.00	Q82.84
	Arena amarilla	0.32	m³	Q100.00	Q32.00
	Piedra bola	0.86	m³	Q60.00	Q51.60
	Madera	53.22	p-t	Q3.00	Q159.66
	Clavos	3.00	lb	Q2.50	Q7.50
	Total de materiales constantes			Q1,724.26	
	Materiales (altura de pozo, var)	Altura	2.39		
	Ladrillo tayuyo	686.62	unidad	Q1.40	Q961.26
	Arena amarilla	0.44	m³	Q100.00	Q43.73
	Cal hidratada	6.07	bolsa	Q19.00	Q115.42
	Total de materiales variables			Q1,120.42	
	Total materiales (por pozo)			Q2,844.68	
	Mano de obra (incluye todo)	1.00	unidad	Q1,200.00	Q1,200.00
	Prestaciones	37.37	%	Q12.00	Q448.44
	Total de mano de obra por pozo (mano de obra)			Q1,648.44	
	Pozo de visita completo			Q4,493.12	
	Total pozos, altura 2.39			Q35,944.97	

Continuación

7	Pozos de visita H: 2.85	Cantidad	4		
	Materiales ctes. cono + base + brocal				
	Cemento	9.72	sacos	Q38.00	Q369.36
	Arena	1.53	m ³	Q100.00	Q153.00
	Piedrín	0.38	m ³	Q150.00	Q57.00
	Ladrillo tayuyo	492.00	unidad	Q1.40	Q688.80
	Acero No 5	0.56	var	Q35.00	Q19.60
	Acero No 3	5.86	var	Q11.93	Q69.91
	Acero No 2	4.93	var	Q5.17	Q25.49
	Alambre de amarre	3.00	lb	Q2.50	Q7.50
	Cal hidratada	4.36	bolsa	Q19.00	Q82.84
	Arena amarilla	0.32	m ³	Q100.00	Q32.00
	Piedra bola	0.86	m ³	Q60.00	Q51.60
	Madera	53.22	p-t	Q3.00	Q159.66
	clavos	3.00	lb	Q2.50	Q7.50
	Total de Materiales constantes				Q1,724.26
	Materiales (altura de pozo, var)	Altura	2.85		
	Ladrillo tayuyo	886.53	unidad	Q1.40	Q1,241.15
	Arena amarilla	0.56	m ³	Q100.00	Q56.47
	Cal hidratada	7.84	bolsa	Q19.00	Q149.03
	Total de Materiales variables				Q1,446.65
	Total Materiales (por pozo)				Q3,170.90
	Mano de obra (incluye todo)	1.00	unidad	Q1,350.00	Q1,350.00
	Prestaciones	37.37	%	Q13.50	Q504.50
	Total de Mano de obrapor pozo (mano de obra)				Q1,854.50
	Pozo de visita completo				Q5,025.40
	Total Pozos, altura 2.85				Q20,101.60
8	Pozos de visita H: 3.37	Cantidad	4		
	Materiales Ctes. Cono + Base + Brocal				
	Cemento	9.72	sacos	Q38.00	Q369.36
	Arena	1.53	m ³	Q100.00	Q153.00
	Piedrín	0.38	m ³	Q150.00	Q57.00
	Ladrillo tayuyo	492.00	unidad	Q1.40	Q688.80
	Acero No 5	0.56	var	Q35.00	Q19.60
	Acero No 3	5.86	var	Q11.93	Q69.91
	Acero No 2	4.93	var	Q5.17	Q25.49
	Alambre de amarre	3.00	lb	Q2.50	Q7.50
	Cal hidratada	4.36	bolsa	Q19.00	Q82.84
	Arena amarilla	0.32	m ³	Q100.00	Q32.00
	Piedra bola	0.86	m ³	Q60.00	Q51.60
	Madera	53.22	p-t	Q3.00	Q159.66
	Clavos	3.00	lb	Q2.50	Q7.50
	Total de mteriales constantes				Q1,724.26
	Materiales (altura de pozo, var)	Altura	3.37		
	Ladrillo tayuyo	1108.86	unidad	Q1.40	Q1,552.40
	Arena amarilla	0.71	m ³	Q100.00	Q70.63
	Cal hidratada	9.81	bolsa	Q19.00	Q186.41
	Total de materiales variables				Q1,809.44
	Total materiales (por pozo)				Q3,533.70
	Mano de obra (incluye todo)	1.00	unidad	Q1,480.00	Q1,480.00
	Prestaciones	37.37	%	Q14.80	Q553.08
	Total de mano de obra por pozo (mano de obra)				Q2,033.08
	Pozo de visita completo				Q5,566.77
	Total pozos, altura 3.37				Q22,267.09

Continuación

9	Pozos de visita H: 4.23	Cantidad	1		
	Materiales ctes. cono + base + brocal				
	Cemento	9.72	sacos	Q38.00	Q369.36
	Arena	1.53	m³	Q100.00	Q153.00
	Piedrín	0.38	m³	Q150.00	Q57.00
	Ladrillo tayuyo	492.00	unidad	Q1.40	Q688.80
	Acero No 5	0.56	var	Q35.00	Q19.60
	Acero No 3	5.86	var	Q11.93	Q69.91
	Acero No 2	4.93	var	Q5.17	Q25.49
	Alambre de amarre	3.00	lb	Q2.50	Q7.50
	Cal hidratada	4.36	bolsa	Q19.00	Q82.84
	Arena amarilla	0.32	m³	Q100.00	Q32.00
	Piedra bola	0.86	m³	Q60.00	Q51.60
	Madera	53.22	p-t	Q3.00	Q159.66
	Clavos	3.00	lb	Q2.50	Q7.50
	Total de materiales constantes			Q1,724.26	
	Materiales (altura de pozo, var)	Altura	4.23		
	Ladrillo tayuyo	1480.90	unidad	Q1.40	Q2,073.26
	Arena amarilla	0.94	m³	Q100.00	Q94.33
	Cal hidratada	13.10	bolsa	Q19.00	Q248.95
	Total de materiales variables			Q2,416.54	
	Total materiales (por pozo)			Q4,140.80	
	Mano de obra (incluye todo)	1.00	unidad	Q1,600.00	Q1,600.00
	Prestaciones	37.37	%	Q16.00	Q597.92
	Total de mano de obra por pozo (mano de obra)			Q2,197.92	
	Pozo de visita completo			Q6,338.72	
	Total pozos, altura 4.23			Q6,338.72	
	Total de pozos de visita			Q	301,492.19
10	Conexiones domiciliars	224.00	unidad	Q 445.00	Q 99,680.00
	Total materiales + mano de obra		Q	916,444.28	
	Generales				
	Encargado	8.00	meses	3,660.00	29,280.00
	Bodeguero	8.00	meses	1,250.00	10,000.00
	Guardián	8.00	meses	1,250.00	10,000.00
	Guardiania	1.00	global	3,500.00	3,500.00
	Herramienta y equipo	1.00	global	4,200.00	4,200.00
	Fletes	1.00	global	6,000.00	6,000.00
	Visita de supervisión	32.00	unidad	300.00	9,600.00
	Total generales			Q	72,580.00
	Costo directo + gastos generales			Q989,024.28	
	Obras accesorias	Cantidad	1		
2	Planta de tratamiento AMANCO				
	Obra civil	90000.00			
	Equipamiento	90000.00			
	Total		180000		
	Total de plantas de tratamientos				Q360,000.00
	Total de obras accesorias				Q360,000.00
	Costo total del proyecto			Q1,349,024.28	

Tabla VIII. Presupuesto por renglones de trabajo						
No	Descripción	Cantidad	Unidad	Q/unidad	Subtotal en Q	Subtotal en dólares
1	Preliminares	3823.18	ml	Q8.31	Q31,788.71	\$4,013.73
2	Excavación y relleno de zanja	4480.50	m³	Q37.14	Q166,422.16	\$21,012.90
3	Tubería PVC de 8" norma 3034	3823.18	ml	Q93.56	Q357,704.22	\$45,164.67
4	Pozo de visita de H=1.50m	46.00	Unidad	Q3,543.88	Q163,018.31	\$20,583.12
5	Pozo de visita de H=1.90m	17.00	Unidad	Q4,190.26	Q71,234.40	\$8,994.24
6	Pozo de visita de H=2.39m	8.00	Unidad	Q4,822.83	Q38,582.60	\$4,871.54
7	Pozo de visita de H=2.85m	4.00	Unidad	Q5,394.19	Q21,576.76	\$2,724.34
8	Pozo de visita de H=3.37m	4.00	Unidad	Q5,975.29	Q23,901.17	\$3,017.82
9	Pozo de visita de H=4.23m	1.00	Unidad	Q6,803.89	Q6,803.89	\$859.08
10	Conexiones domiciliarias	224.00	Unidad	Q482.11	Q107,992.06	\$13,635.36
11	Obras accesorias	2.00	Unidad	Q180,000.00	Q360,000.00	\$45,454.55
Costo total del Proyecto					Q1,349,024.28	\$170,331.35
Tipo de cambio: US\$ 1.00 = Q7.92						
Tipo de cambio para el 25 junio de 2003						
El proyecto asciende a un millos trecientos cuarenta y nueve mil veinticuatro quezales con veintiocho centavos, su equivalente en moneda extranjera es de ciento setenta mil trecientos treinta y un dólares con treinta y cinco centavos.						
Nota: en el presupuesto, no están contemplados los costos indirectos, e impuestos, por motivo de uso municipal; el dato proporcionado es el costo directo del proyecto.						

Tabla IX. Cronograma de ejecución

No.	Renglón	Tiempo de ejecución en meses								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Preliminares	█								
2	Excavación y relleno de zanja	█	█	█	█	█	█	█	█	
3	Tubería PVC de 8" norma 3034		█	█	█	█	█	█	█	
4	Pozo de visita de H=1.50m		█	█	█	█	█	█	█	
5	Pozo de visita de H=1.90m			█	█	█	█	█	█	
6	Pozo de visita de H=2.39m				█	█	█	█	█	
7	Pozo de visita de H=2.85m					█	█	█	█	
8	Pozo de visita de H=3.37m						█	█	█	
9	Pozo de visita de H=4.23m							█	█	
10	Conexiones domiciliarias								█	█
11	Obras accesorias									█

Tabla X. Cronograma de inversión

No.	Descripción	Costo por renglón	Tiempo en meses										
			1	2	3	4	5	6	7	8			
1	Preliminares	Q31,788.71											
2	Excavación y relleno de zanja	Q166,422.16	Q26,627.55		Q26,627.55	Q26,627.55	Q26,627.55	Q26,627.55	Q26,627.55	Q26,627.55	Q26,627.55	Q26,627.55	
3	Tubería PVC de 8" norma 3034	Q357,704.22			Q79,489.83	Q79,489.83	Q79,489.83	Q79,489.83	Q79,489.83	Q79,489.83	Q79,489.83	Q79,489.83	Q39,744.91
4	Pozo de visita de H=1.50m	Q163,018.31	Q36,226.29		Q36,226.29	Q36,226.29	Q36,226.29	Q36,226.29	Q36,226.29	Q36,226.29	Q36,226.29	Q36,226.29	Q18,113.15
5	Pozo de visita de H=1.90m	Q71,234.40			Q28,493.76	Q28,493.76	Q28,493.76	Q28,493.76	Q28,493.76	Q28,493.76	Q28,493.76	Q28,493.76	
6	Pozo de visita de H=2.39m	Q38,582.60			Q19,291.30	Q19,291.30	Q19,291.30	Q19,291.30	Q19,291.30	Q19,291.30	Q19,291.30	Q19,291.30	
7	Pozo de visita de H=2.85m	Q21,576.76			Q14,384.51	Q14,384.51	Q14,384.51	Q14,384.51	Q14,384.51	Q14,384.51	Q14,384.51	Q14,384.51	
8	Pozo de visita de H=3.37m	Q23,901.17	Q5,975.29		Q11,950.58	Q11,950.58	Q11,950.58	Q11,950.58	Q11,950.58	Q11,950.58	Q11,950.58	Q11,950.58	
9	Pozo de visita de H=4.23m	Q6,803.89			Q4,535.92	Q4,535.92	Q4,535.92	Q4,535.92	Q4,535.92	Q4,535.92	Q4,535.92	Q4,535.92	
10	Conexiones domiciliarias	Q107,992.06											Q26,998.02
11	Obras accesorias	Q360,000.00											Q360,000.00
	TOTAL	Q1,349,024.28											
	Total mensual	Q38,445.59	Q68,829.13	Q182,788.01	Q215,024.45	Q212,340.08	Q212,340.08	Q151,228.53	Q93,370.47	Q386,998.02	Q386,998.02	Q386,998.02	
	Total mensual acumulado	Q38,445.59	Q107,274.72	Q290,062.73	Q505,087.18	Q717,427.25	Q962,026.26	Q1,118,645.79	Q1,211,416.26	Q1,349,024.28	Q1,349,024.28	Q1,349,024.28	
	Porcentaje mensual	2.85%	5.10%	13.55%	15.94%	15.74%	11.21%	6.92%	28.69%	100.00%	100.00%	100.00%	
	Porcentaje mensual acumulado	2.85%	7.95%	21.50%	37.44%	53.18%	64.39%	71.31%	78.33%	84.35%	91.27%	98.19%	100.00%

Figura 16. Plano topográfico y densidad de vivienda. Cantón Pueblo Nuevo

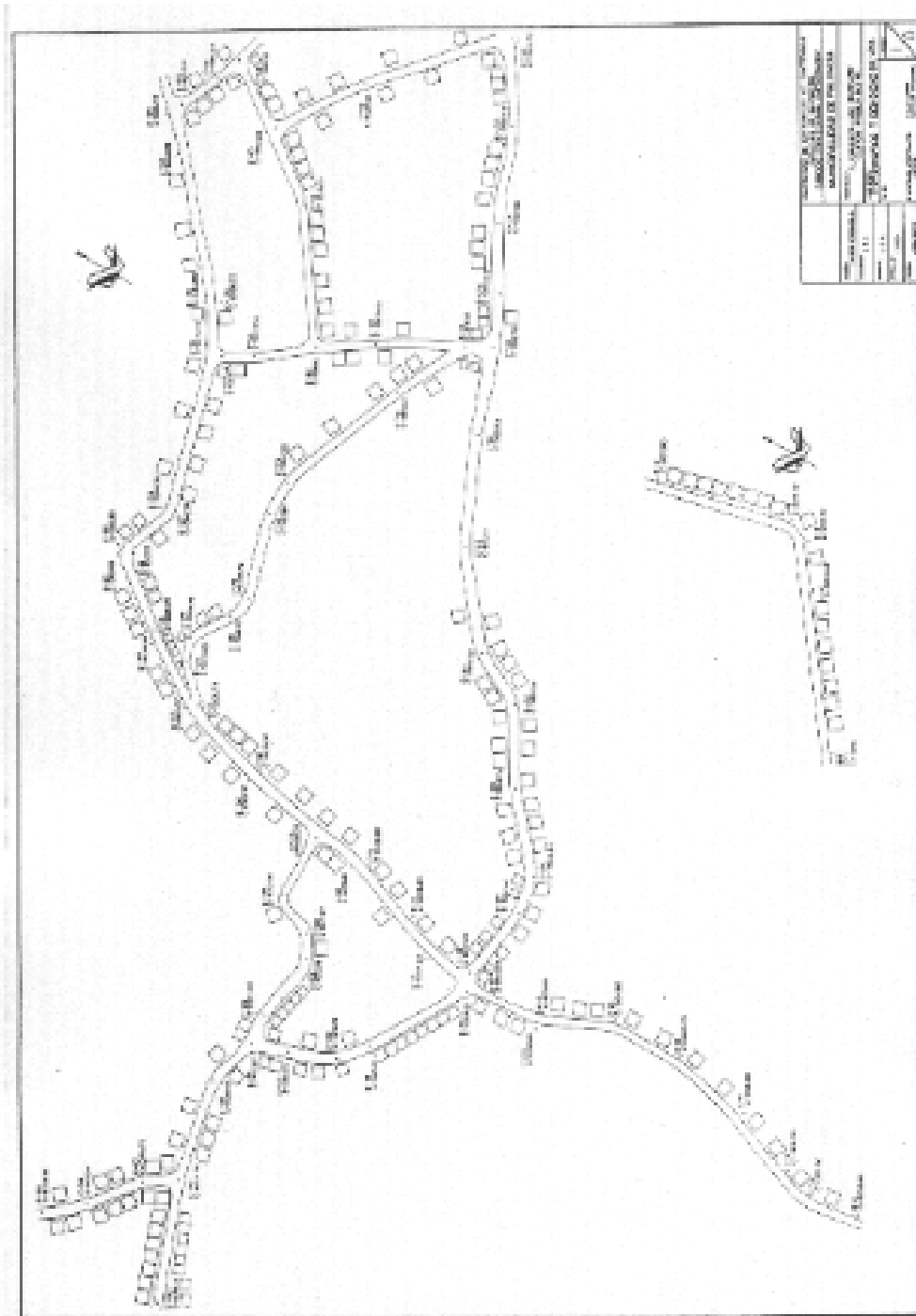


Figura 17. Plano de planta conjunto. Cantón Pueblo Nuevo

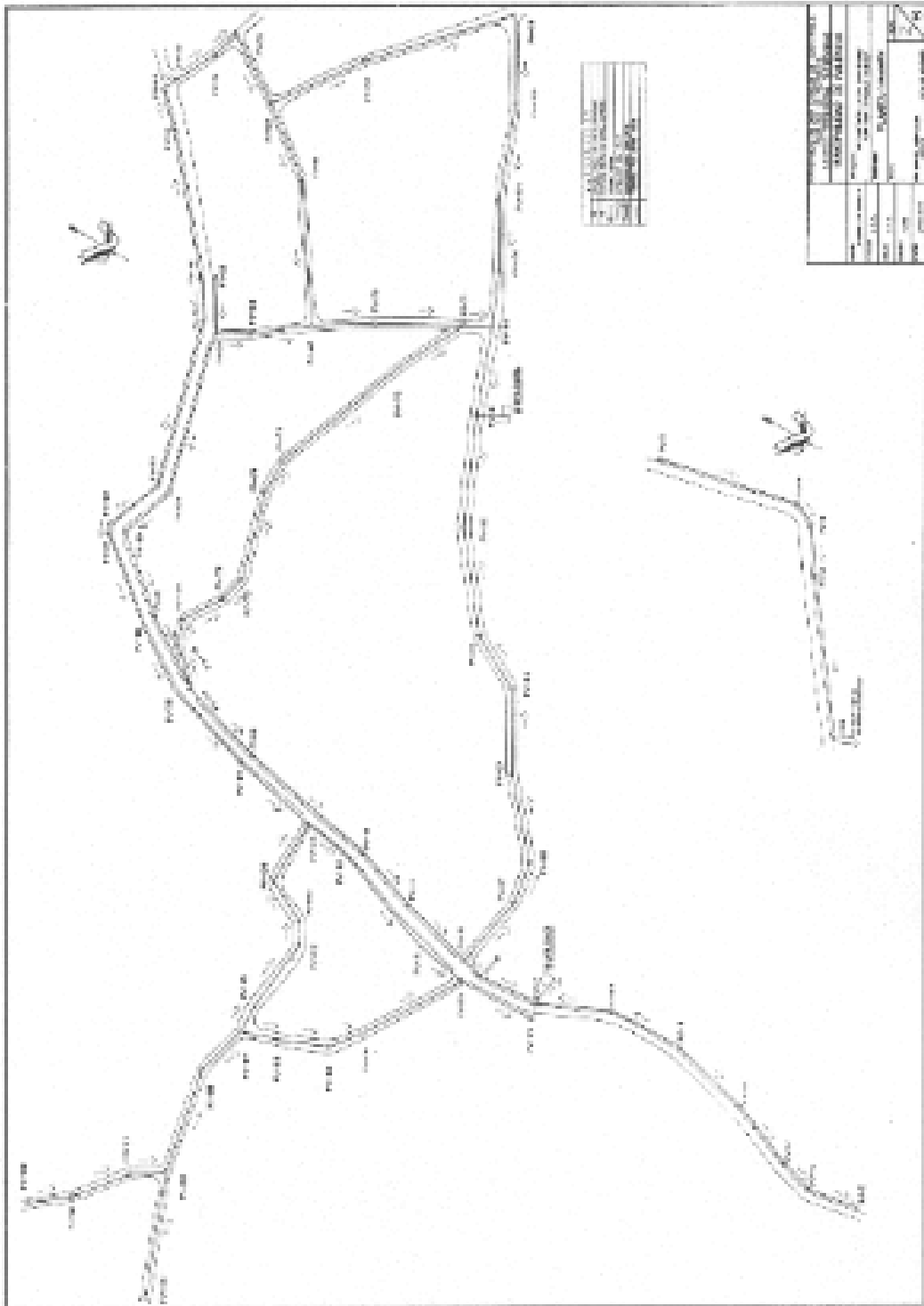


Figura 18. Plano de planta perfil. Cantón Pueblo Nuevo

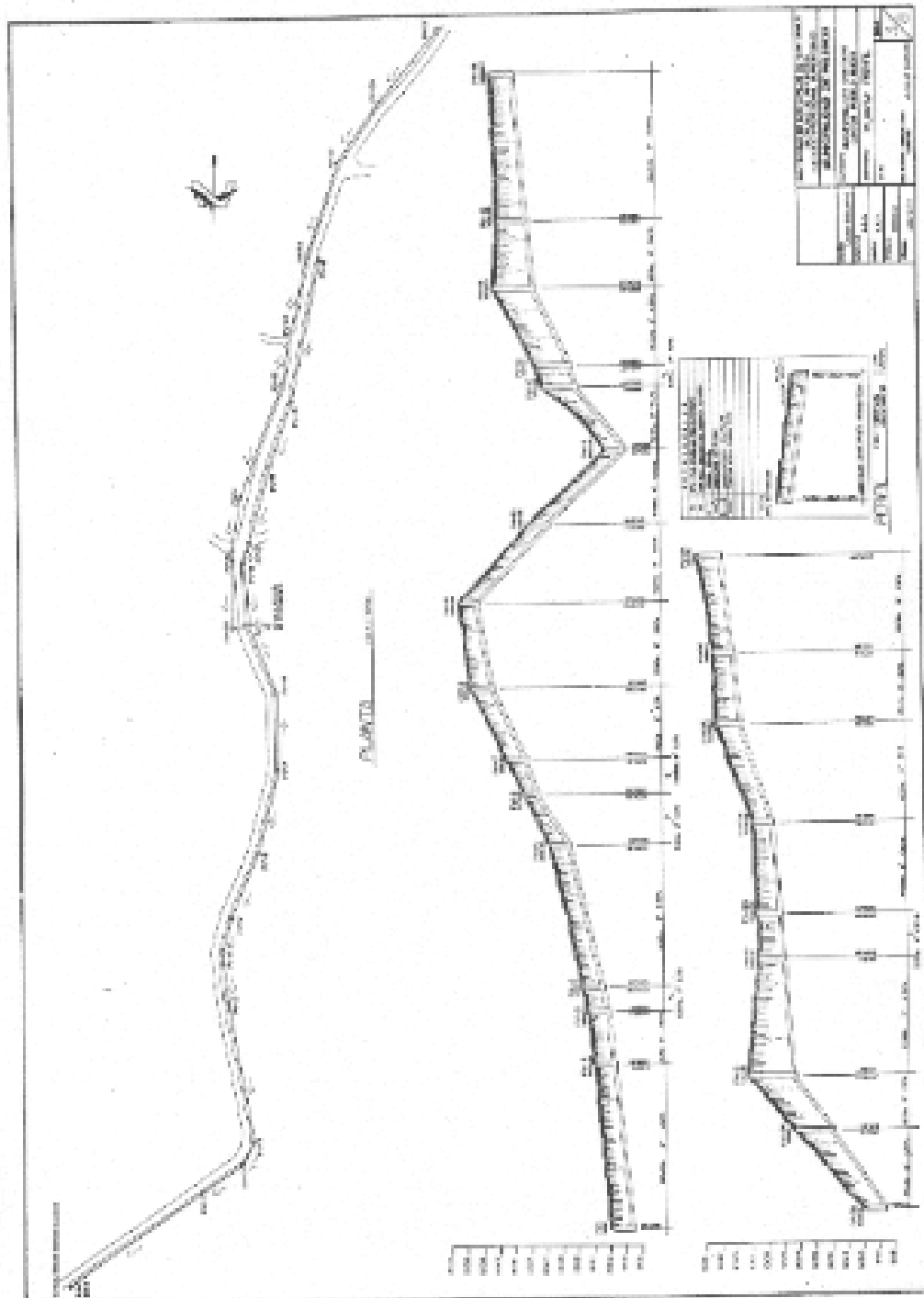


Figura 19. Plano de planta perfil. Cantón Pueblo Nuevo

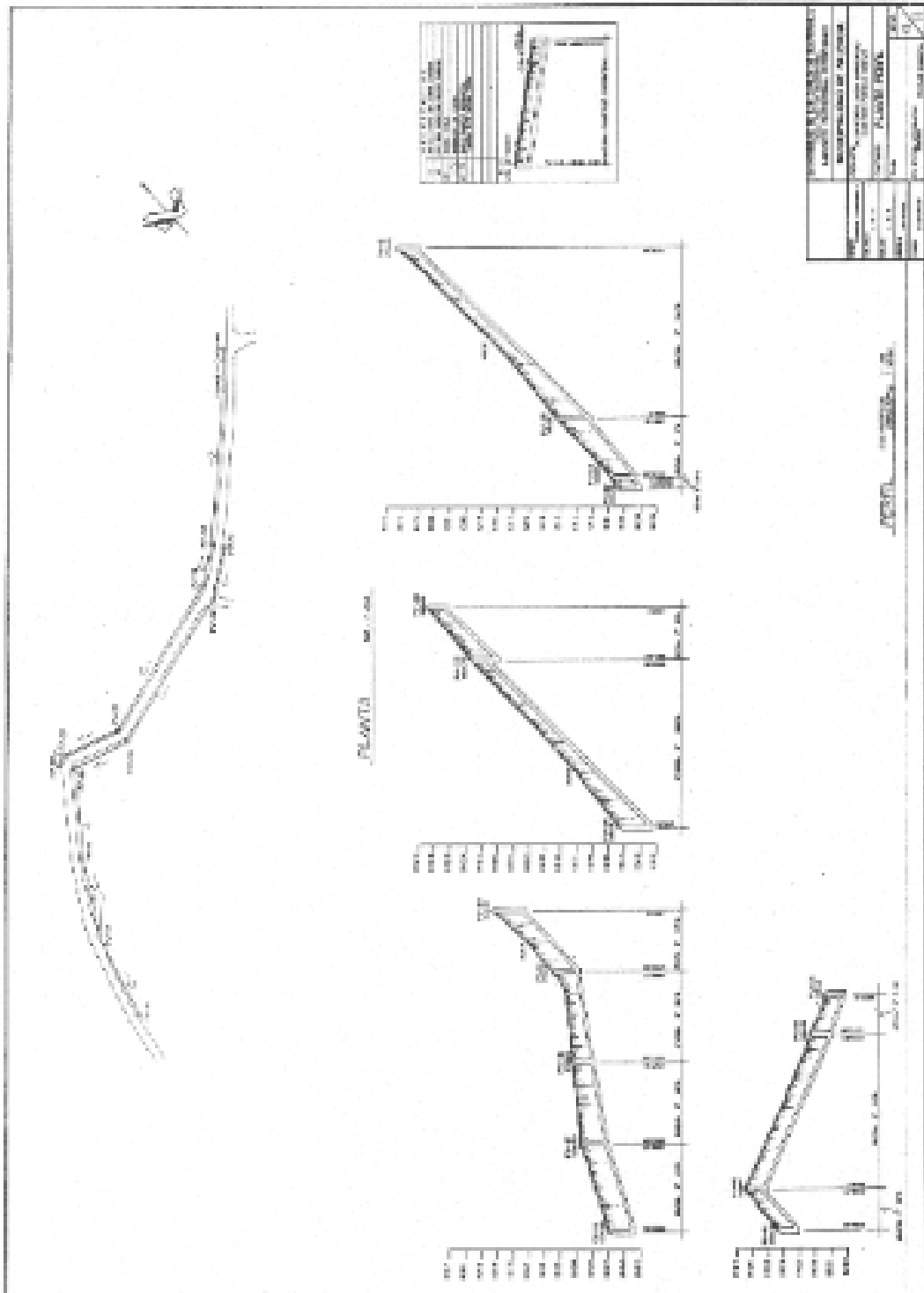


Figura 20. Plano de planta perfil. Cantón Pueblo Nuevo

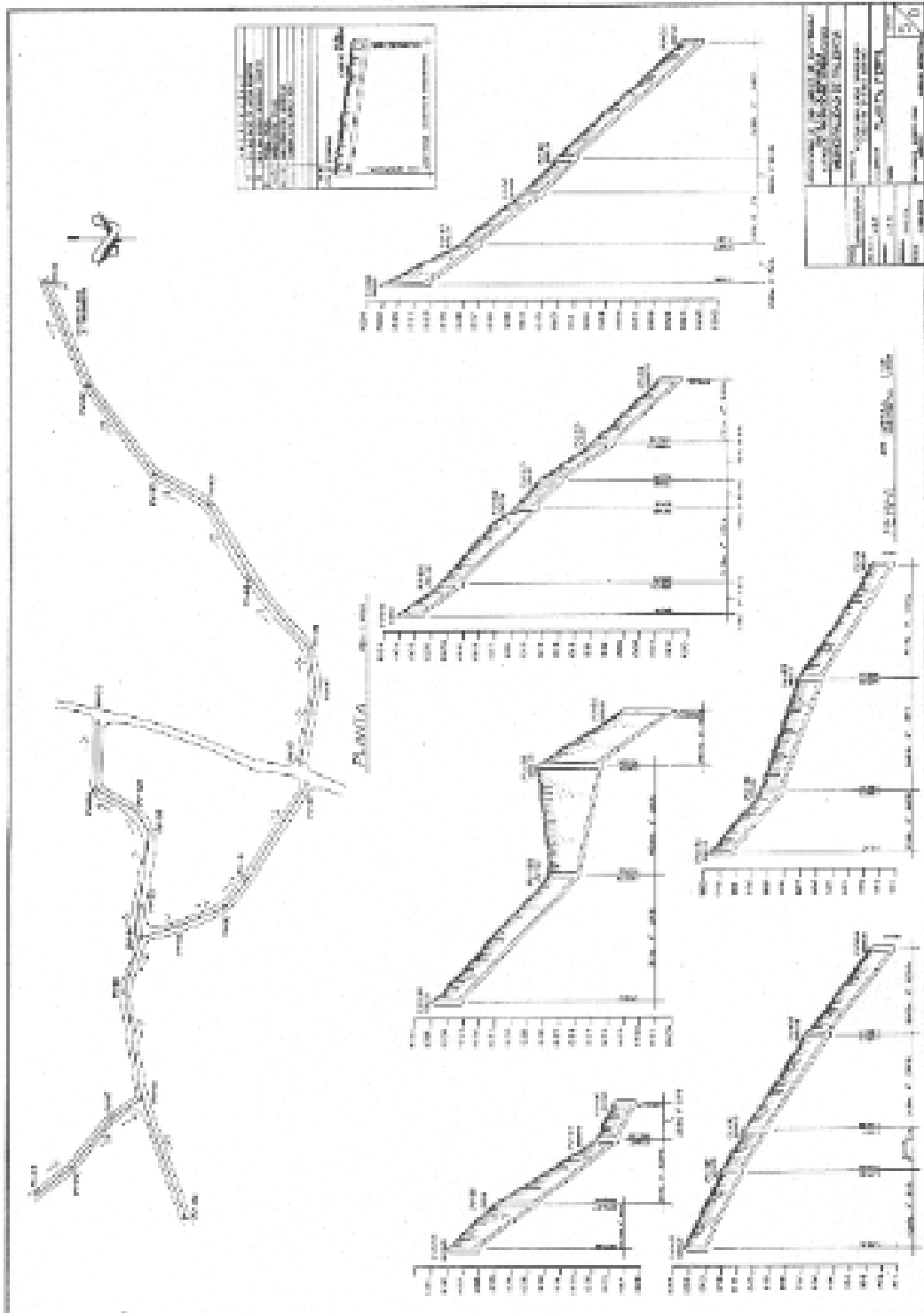


Figura 21. Plano de planta perfil. Cantón Pueblo Nuevo

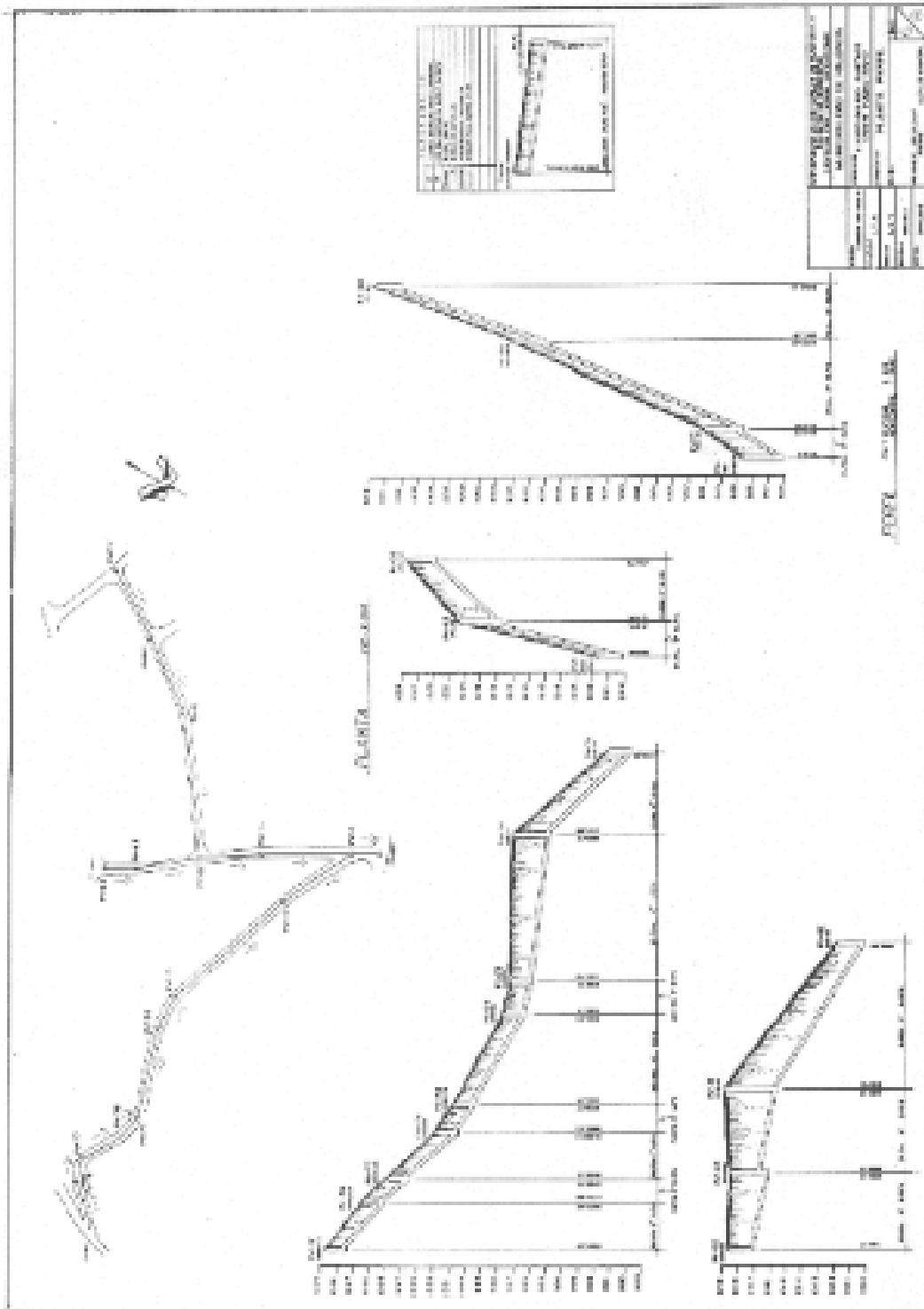
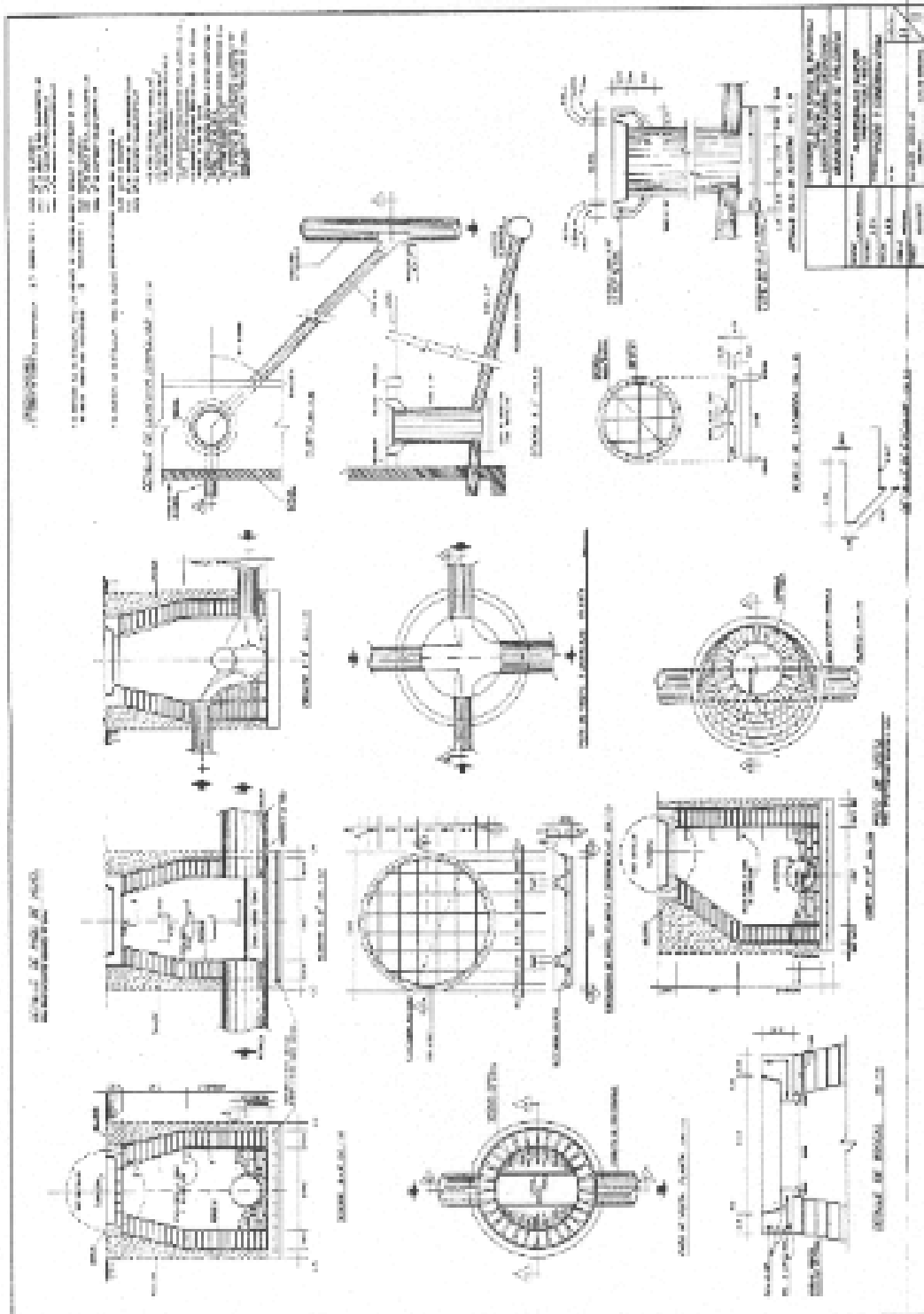
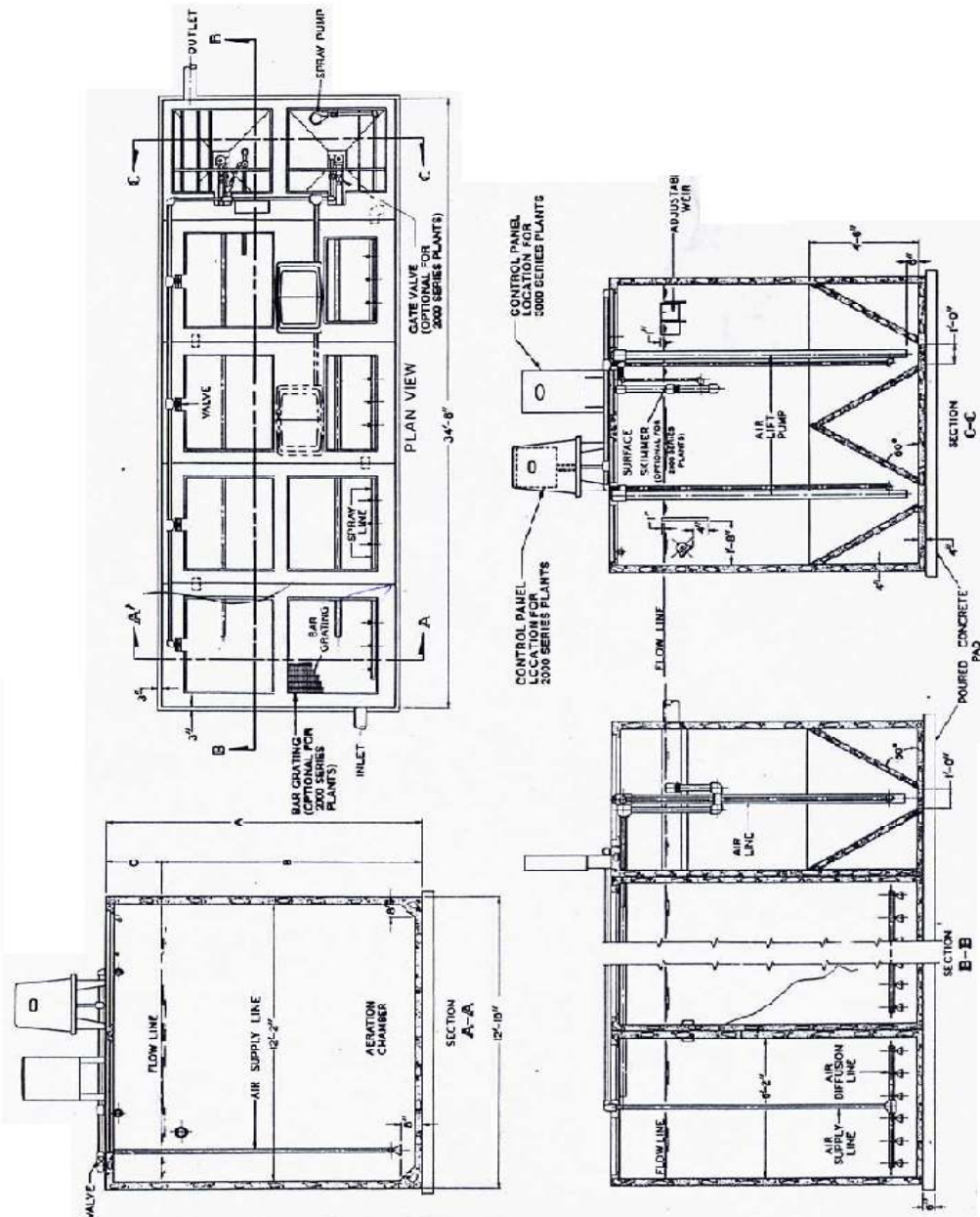


Figura 23. Plano de detalles constructivos



ANEXOS

Figura 24. Detalle de planta de tratamiento



Fuente: AMANCO.

Figura 26. Ubicación del proyecto de drenaje sanitario en el cantón Pueblo Nuevo



Fuente: Instituto geográfico nacional I.G.N.