

Ciudad Obregón, Sonora, a 20 de mayo de 2014.

Instituto Tecnológico de Sonora  
P r e s e n t e.

El que suscribe **César Esteban Ayala Castro**, por medio del presente manifiesto bajo protesta de decir verdad, que soy autor y titular de los derechos de propiedad intelectual tanto morales como patrimoniales, sobre la obra titulada: **“Estudio Comparativo de dos métodos de diseño de una red de atarjeas de alcantarillado sanitario, utilizando el software Civilcad”**, en lo sucesivo “LA OBRA”, misma que constituye el trabajo de tesis que desarrolle para obtener el grado de **Ingeniero Civil** en ésta casa de estudios, y en tal carácter autorizo al Instituto Tecnológico de Sonora, en adelante “EL INSTITUTO”, para que efectúe la divulgación, publicación, comunicación pública, distribución y reproducción, así como la digitalización de la misma, con fines académicos o propios del objeto del Instituto, es decir, sin fines de lucro, por lo que la presente autorización la extiendo de forma gratuita.

Para efectos de lo anterior, EL INSTITUTO deberá reconocer en todo momento mi autoría y otorgarme el crédito correspondiente en todas las actividades mencionadas anteriormente de LA OBRA.

De igual forma, libero de toda responsabilidad a EL INSTITUTO por cualquier demanda o reclamación que se llegase a formular por cualquier persona, física o moral, que se considere con derechos sobre los resultados derivados de la presente autorización, o por cualquier violación a los derechos de autor y propiedad intelectual que cometa el suscrito frente a terceros con motivo de la presente autorización y del contenido mismo de la obra.

CÉSAR E. AYALA  
**César Esteban Ayala Castro**  
(Nombre y firma del autor)



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA**  
Educar para Trascender

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS MÉTODOS DE  
DISEÑO DE UNA RED DE ATARJEAS DE  
ALCANTARILLADO SANITARIO, UTILIZANDO EL  
SOFTWARE CIVILCAD”**

**TESIS**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA:**

**CÉSAR ESTEBAN AYALA CASTRO**

Mayo de 2014

Cd. Obregón, Sonora

## DEDICATORIAS

*-Dedico el presente, a mis padres (†) Carlos Ayala y Laura Elena Castro, mis hermanos Carlos Alberto y Luis Mario y sus respectivas esposas e hijas, quienes han sido mi ejemplo e impulso para salir adelante, porque han estado siempre detrás de mí para no dejarme dar un paso atrás ni desfallecer en los momentos difíciles.*

*-A la nueva alegría de la familia, Valentina e Ivana que son la nueva inspiración y motivación para seguirme esforzando para lograr mis metas.*

*-A Gloria Angélica que ha sido mi compañera en los buenos, malos y peores momentos impulsándome a seguir con ánimo y ganas de lograr mis objetivos y sueños en la vida.*

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a Dios por iluminar siempre mi camino, permitirme llegar a este punto de mi vida y por dar salud a mi familia y seres queridos.*

*-A mi asesor M.V. Humberto Aceves Gutiérrez, quien ha sido parte fundamental en mi desarrollo profesional, al ser un ejemplo a seguir y un tutor durante mis estudios.*

*-A mi padre (†) Carlos, que desde mi niñez vi en él la imagen del trabajo arduo, la fortaleza de ser el pilar de una familia y la muestra de que demostrar el amor y el cariño por la familia con un abrazo, un beso o una palabra de aliento no te vuelve una persona débil ni menos importante. Por haberme enseñado el valor del trabajo, la honestidad, el respeto y que lo más valioso que tiene un hombre es su palabra y su persona misma. Sé que ahora, a pesar de su ausencia física, al lado de Dios cuida a su familia y estará contento al ver que sus enseñanzas rinden frutos.*

*-A mi madre Laura, por ella es mi esfuerzo y sin ella no hubiese sido posible llegar a donde me encuentro; sus consejos, su calor, su aliento y su amor de madre lograron levantarme de mis caídas. Por ser una maestra de tiempo completo, sin descanso días, noches y madrugadas, por dar todo por sus hijos. Es ella quien me inculcó los valores principales, el respetar a las personas y hacer el bien sin mirar a quien. Le agradezco hacer de mí un buen ser humano pero sobre todo por sacar adelante un hogar a pesar de la pérdida de su compañero, anímica y económicamente para hacer también un profesionalista al menor de sus hijos.*  
GRACIAS MA.

*- A Carlos y Yadira, Mario y Eloísa, por el apoyo incondicional y haber sido mis dos amigos más cercanos, cada uno demostrándome a su manera que se puede lograr lo que uno se propone en la vida y siendo un ejemplo a seguir,*

*aconsejándome en todo momento y alentándome en cada decisión que he tomado.*

*-A la familia Ayala Chairez y Castro Sandoval por brindarme su apoyo en cualquier circunstancia de la vida.*

*-A la familia Peña Delgado por recibirme en su hogar y brindarme su apoyo.*

*-A mis maestros, que por sus enseñanzas, críticas, consejos y vivencias compartidas que han dejado una huella muy importante y de quienes tomé algún aspecto que da forma a mi futuro profesional.*

*-A mis compañeros y amigos que son parte fundamental en el desarrollo de un estudiante, porque por esos momentos de estrés, desveladas y diversión hicieron posible que juntos llegáramos a la meta.*

# ÍNDICE GENERAL

<b>Dedicatorias</b> .....	ii
<b>Agradecimientos</b> .....	iii
<b>Índice General</b> .....	v
<b>Índice Figuras</b> .....	vi
<b>Índice Tablas</b> .....	ix
<b>Resumen</b> .....	x
<b>Capítulo I. Introducción</b> .....	11
1.1 Antecedentes.....	11
1.2 Planteamiento del problema.....	14
1.3 Objetivo.....	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 Justificación.....	17
1.5 Planteamiento de la hipótesis.....	18
1.6 Delimitaciones.....	18
1.7 Limitaciones.....	19
<b>Capítulo II. Marco teórico</b> .....	20
2.1 Alcantarillado.....	20
2.1.1 Antecedentes.....	21
2.1.2 Tipos de alcantarillado.....	22
2.1.2.1 Sistemas de alcantarillado convencionales.....	23
2.1.2.2 Sistemas de alcantarillado no convencionales.....	26
2.2 Alcantarillado sanitario.....	29
2.3 Métodos de diseño de redes de atarjeas.....	35
2.3.1 Sistema en “Doble peine” o “Espina de pescado”.....	35
2.3.2 Sistema en “Bayoneta” o “Zig-Zag”.....	36
2.3.3 Sistema “Combinado”.....	37
2.4 Prospección y limpieza de redes de alcantarillado.....	38

2.5 Normatividad y criterios de diseño.....	41
2.6 CivilCAD.....	47
<b>Capítulo III. Método.....</b>	<b>48</b>
3.1 Tipo de investigación.....	48
3.2 Ubicación del objeto de estudio.....	48
3.3 Participantes.....	49
3.4 Instrumentos.....	49
3.5 Procedimiento.....	49
<b>Capítulo IV. Resultados y Discusión.....</b>	<b>59</b>
<b>Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>70</b>
5.1 Conclusiones.....	70
5.2 Recomendaciones.....	73
<b>Referencias.....</b>	<b>75</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>78</b>
<b>Apéndices.....</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Número</b>	<b>Nombre</b>	<b>Página</b>
Figura 1	Ejemplo de alcantarillado sanitario.....	24
Figura 2	Ejemplo de recolección en alcantarillado pluvial.....	25
Figura 3	Ejemplo de alcantarillado separado.....	25
Figura 4	Ejemplo de alcantarillado combinado.....	26
Figura 5	Ejemplo de alcantarillado simplificado.....	27
Figura 6	Ejemplo de alcantarillado condominal.....	28
Figura 7	Ejemplo de alcantarillado sin arrastre de sólidos.....	29
Figura 8	Conexión de una descarga domiciliaria.....	30
Figura 9	Pozos de visita contruidos en sitio.....	31
Figura 10	Pozos de visita prefabricados de anillos de concreto.....	32
Figura 11	Trazo de la red de atarjeas en Doble Peine.....	36
Figura 12	Trazo de la red de atarjeas en Bayoneta.....	37
Figura 13	Trazo de la red de atarjeas en Combinado.....	38
Figura 14	Operación de los equipos de raspado.....	41
Figura 15	Clima de la región.....	43
Figura 16	Población de Ciudad Obregón, Sonora.....	44
Figura 17	Área de estudio.....	50
Figura 18	Diseño de fraccionamiento por Doble Peine.....	50
Figura 19	Diseño de fraccionamiento por Bayoneta.....	51
Figura 20	Definición de Coeficiente de Manning.....	53
Figura 21	Disposición y numeración de pozos de visita método Doble Peine.....	53
Figura 22	Disposición y numeración de pozos de visita método Bayoneta.....	54
Figura 23	Flujo de las tuberías y cabezas de atarjeas para el método Doble Peine.....	54
Figura 24	Flujo de las tuberías y cabezas de atarjeas para el método de Bayoneta.....	55

Figura 25	Parámetros requeridos para ambos métodos.....	56
Figura 26	Coeficientes y opciones.....	57
Figura 27	Análisis al inicio de la red método Doble Peine.....	60
Figura 28	Análisis al final de la red método Doble Peine.....	61
Figura 29	Análisis al inicio de la red método Bayoneta.....	62
Figura 30	Análisis al final de la red método Bayoneta.....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Número</b>	<b>Nombre</b>	<b>Página</b>
Tabla 1	Separación máxima entre pozos de visita.....	32
Tabla 2	Métodos de limpieza de alcantarillado.....	39
Tabla 3	Lineamientos de diseño de calles de un fraccionamiento.....	42
Tabla 4	Lineamientos de diseño de lotes de un fraccionamiento.....	42
Tabla 5	Tipo de clima según su temperatura.....	43
Tabla 6	Dotación al fraccionamiento según población y tipo de clima...	45
Tabla 7	Período de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario.....	46
Tabla 8	Costo por metro lineal de limpieza por método de raspado.....	46
Tabla 9	Volúmenes método Doble Peine.....	63
Tabla 10	Volúmenes método Bayoneta.....	64
Tabla 11	Diámetros y cantidad de metros de tubería método Doble Peine.....	64
Tabla 12	Diámetros y cantidad de metros de tubería método Bayoneta.	65
Tabla 13	Resumen de presupuesto de construcción.....	65
Tabla 14	Costos de construcción.....	66
Tabla 15	Resumen de presupuesto de mantenimiento para un año.....	67
Tabla 16	Costos de mantenimiento en un año.....	67
Tabla 17	Resumen de presupuesto de mantenimiento para 20 años.....	68
Tabla 18	Costos de mantenimiento para la totalidad de la vida útil 20 años.....	68
Tabla 19	Costos totales generados por la red para un año.....	68
Tabla 20	Costos totales generados por la red para la vida útil de 20 años.....	69

## RESUMEN

En el presente estudio, se compararon dos métodos de diseño de redes de atarjeas de alcantarillado sanitario apoyándose en el software CivilCAD; se trazaron dos redes de atarjeas de drenaje sanitario: el primero para el método de Doble Peine y el segundo para el de Bayoneta, ambos sobre un fraccionamiento diseñado para Ciudad Obregón Sonora, con el fin de obtener datos de excavación y relleno, diámetros requeridos de tuberías y velocidades de flujo; de este modo aplicar los costos de obra y obtener un presupuesto total para cada método en la vida útil del sistema, para determinar cuál de ellos resulta ser más viable de utilizar en relación a los costos de construcción y de mantenimiento, con el propósito de otorgar al lector una comparación cuantitativa en porcentaje de economía entre ambos sistemas, debido a que en el manual de alcantarillado sanitario de CONAGUA (2009), únicamente se hace una comparación cualitativa de los mismos. Se llegó a la conclusión de que el método de Bayoneta, resulta ser más económico en comparación con los altos costos de mantenimiento que genera el método de doble peine.

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Antecedentes**

Los asentamientos humanos se remontan hasta las épocas en que los grupos de nómadas dieron inicio a la sedentarización. Al momento de que un grupo de personas se reúnen en un mismo lugar, en convivencia, dan inicio a la civilización o nacimiento de las ciudades.

Una ciudad es un área urbana donde predomina la industria y los servicios a la población. Se diferencia de otros asentamientos urbanos, principalmente, por la cantidad de habitantes, puesto que en las ciudades la densidad poblacional es muy grande (UNAM, 2009), el mejor ejemplo de ello es el Distrito Federal ya que según datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010), el Distrito Federal tiene la menor extensión territorial, pero la mayor

densidad de población con 5 920 hab/km<sup>2</sup>, lo cual indica que la demanda de recursos públicos es mayor en una población más densificada.

Desde la antigüedad se ha buscado la organización de las ciudades y su buena planificación, menciona Lefebvre (2002) que para cambiar la vida primeramente es necesario cambiar el espacio, lo cual implica que los planificadores de las ciudades deben buscar organizar una ciudad que beneficie a todos sus habitantes. La construcción de casas, infraestructura de las calles y las tuberías, proveer servicios públicos como electricidad, agua potable y recolección de basura, regular el comercio, proveer áreas de recreación como parques y museos y facilitar el transporte, es labor de los planificadores de las ciudades.

La Directora Ejecutiva del Instituto Paraguayo de Derechos Humanos (IPDH), afirma que la relación del hombre con el agua en las diferentes sociedades, con variados procesos de desarrollo socioeconómico, ha dictado las formas de percibir el agua como don de la naturaleza, como un recurso natural casi no renovable (Almirón, 2012) además de que el desarrollo de los pueblos ha estado estrechamente vinculado con el agua, ya que éste es un factor importante en la selección de sitios para ubicar plantas industriales de todo tipo y en el desarrollo de los centros urbanos y agropecuarios.

Además de agua para beber, los seres humanos utilizan el agua en casi todas sus actividades, la requieren para riego de cultivos, cría de animales y en la industria en la fabricación de productos y energía eléctrica, pero sobretodo preparar alimentos, para el aseo personal, etc. de allí nace la necesidad de dotar a las comunidades de agua potable.

El abastecimiento de agua potable en la salud del hombre es de vital importancia, esta idea es expresada con claridad por López (1985) “La salubridad de un pueblo depende, entre otros factores, de la cantidad y calidad del agua suficiente para sus necesidades y constituye el auténtico cimiento del urbanismo moderno.” (p. 13).

El abastecimiento hídrico siempre ha sido una necesidad para las ciudades, y a la par de las líneas de abastecimiento, se requiere una red de alcantarillado la cual recolecte las aguas negras o las aguas de desecho de la población consumidora.

Las llamadas aguas negras según Babbitt y Baumann (1962), son los residuos o desechos líquidos de una comunidad, por tanto la evacuación de los mismos es un problema necesario de resolver para proteger la salud y el bienestar de una población.

López (1985), destaca la importancia de los sistemas de alcantarillado al afirmar que éstos al contar con corriente líquida resuelven el problema de eliminar las inmundicias creadas por el habitante de las ciudades. Las materias indeseables desaparecen y el ciudadano no se preocupa más por ellas. Además, define al alcantarillado como una red de conductos, generalmente subterráneos, extendida en toda la localidad y a través de los cuales se evacúan las aguas sucias en forma rápida y segura para llevarla a un lugar de vertido.

La red de alcantarillado es la mejor alternativa cuando se piensa en la eliminación de aguas sucias, por ello es la medida más utilizada en lo referente a las labores de saneamiento relacionadas con estos desechos.

El tipo de alcantarillado que se utilice dependerá de las características de tamaño de la población, distribución de la red según el área a satisfacer, topografía del lugar y las condiciones económicas del proyecto.

El elemento principal de un sistema de alcantarillado sanitario convencional es la red de atarjeas, su objetivo en base a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en 2009, es recolectar y transportar las aportaciones de las descargas de aguas residuales domésticas, comerciales e industriales, hacia los colectores e interceptores los cuales se encargan de llevarla hasta el emisor, que este descarga hacia el lugar de vertido requerido para dicho sistema.

Así mismo CONAGUA (2009), estipula que el diseño de la red de atarjeas puede realizarse de tres maneras: trazo en bayoneta, trazo en doble peine y trazo combinado. Resulta complicado conocer cuál de los tres sistemas es el más óptimo para el proyecto que se desee realizar. Se deben evaluar las condiciones del lugar donde se requiere colocar el sistema de alcantarillado sanitario, pero una vez realizadas se debe optar por el modelo que resulte más económico sin dejar de lado el satisfacer las necesidades por las que fue realizado.

## **1.2. Planteamiento del problema**

Al desarrollar un proyecto para un fraccionamiento habitacional es necesario elaborar varios proyectos pertenecientes a uno mismo general, los cuales se denominan ingenierías y dentro de ellos se encuentra el de alcantarillado sanitario, necesario para la eliminación de las aguas residuales de origen doméstico principalmente.

Un proyecto inadecuado de alcantarillado sanitario, puede provocar que la construcción del mismo se complique derivado de la profundidad a la que fue diseñado, trayendo consigo un sobre costo de la obra producto de los volúmenes de obra generados.

Otra situación que se puede presentar es la complejidad de la construcción debido a la profundidad, ya que se puede encontrar en el subsuelo la presencia del nivel freático o presencia de materiales arenosos que provocan dificultades en la construcción y con ello que se eleven los costos de la construcción del sistema de alcantarillado sanitario.

Además en el caso de proyectos diseñados con pendientes mínimas, se pueden generar problemas de asolvamiento en las tuberías derivados de los bajos escurrimientos o gastos que se conducen por las tuberías, incrementando con

esto los costos de operación y mantenimiento de las redes o sistemas de alcantarillado sanitario.

Estas situaciones se presentan en todas las ciudades del país, en las instancias del sector público que se dedican al desarrollo de proyectos de alcantarillado sanitario o en el sector privado con los desarrolladores de viviendas o fraccionamientos habitacionales.

Si se desea diseñar un sistema de alcantarillado sanitario convencional, se debe buscar el buen funcionamiento de la red, así como satisfacer las necesidades para las que fue requerido su diseño.

Un gran problema para el proyectista es elegir el mejor diseño para la red de atarjeas buscando la economía del mismo, para ello es necesario proponer una red utilizando cada uno de los trazos disponibles, lo cual resulta ser tardado y poco viable debido a la restricción tiempo para presentar sus opciones planteadas.

CONAGUA en su manual de diseño de un sistema de alcantarillado sanitario propone dos métodos alternativos: uno denominado en Doble Peine o Espina de Pescado y otro en Bayoneta o Zig-Zag y establece las ventajas de uno sobre el otro, pero en ninguna de estas ventajas se establecen las razones económicas o de comportamiento hidráulico.

¿Cómo saber cuál de los dos sistemas, mas comunes, de diseño de redes de atarjeas para un alcantarillado sanitario convencional, resulta ser más conveniente para ser utilizado donde ambos métodos son viables?

### 1.3. Objetivo

#### 1.3.1. Objetivo general

Determinar la opción de diseño más económica de construir y mantener para un sistema de alcantarillado sanitario de un fraccionamiento ubicado en Ciudad Obregón, Sonora a partir de los métodos propuestos por CONAGUA utilizando como herramienta el software CivilCAD y los criterios de diseño establecidos por esta institución, considerando los costos generados por volúmenes de excavación y relleno, materiales y costos de mantenimiento al sistema determinados para cada método.

#### 1.3.2. Objetivos específicos

- ❖ Diseñar un sistema de alcantarillado sanitario por el método de Doble Peine, con los criterios establecidos por CONAGUA, utilizando el software CivilCAD y considerando los volúmenes de excavación y relleno, los diámetros de las tuberías y el mantenimiento a la red, determinar los costos totales de dicho método.
- ❖ Diseñar un sistema de alcantarillado sanitario por el método de Bayoneta, con los criterios establecidos por CONAGUA, utilizando el software CivilCAD y considerando los volúmenes de excavación y relleno, los diámetros de las tuberías y el mantenimiento de la red, determinar los costos totales de dicho método.
- ❖ Comparar el funcionamiento hidráulico, en cada uno de los diseños, en puntos estratégicos de la red para determinar la necesidad de limpieza y mantenimiento de la misma.

- ❖ Determinar la eficiencia de cada sistema con respecto al otro, en condiciones hídricas y financieras.
- ❖ Comparar el porcentaje de superioridad económica e hidráulica de un método con respecto al otro.

#### **1.4. Justificación**

Para cualquier proyecto de construcción es de gran importancia contar con el presupuesto óptimo en cuanto a economía, sin dejar de satisfacer los requerimientos establecidos en el mismo. Es labor del ingeniero evaluar las opciones de diseño para conocer cuál de ellas resulta ser menos costosa, lo cual influye para determinar lo viable al proyecto.

Mediante el presente estudio se conocerá en qué porcentaje un método resulta ser más conveniente que el otro, de este modo el ingeniero diseñador podrá comparar ambos sistemas y elegir el que mejor se adecúe a los requerimientos.

Los resultados pueden arrojar que un sistema sea mejor en cuanto a comportamiento hidráulico, lo cual lo volvería más económico para fines de mantenimiento pero más costoso en cuanto a instalación, en ese momento se tomará la decisión de cuál utilizar en base al proyecto que se pretenda ejecutar.

Realizar el presente estudio contribuirá a que las instancias del sector público y privado relacionadas con el diseño y construcción de sistemas de alcantarillado sanitario, tengan un elemento de carácter cuantitativo y no cualitativo que les permita decidir sobre la opción más económica desde el punto de vista de los volúmenes de excavación y relleno, con el fin de que éste evalúe las opciones y en medida de lo posible, realice el diseño menos costoso para el cliente.

Así mismo el trabajo permitirá incorporar otros criterios como ventajas o desventajas no establecidos por CONAGUA en relación con estos métodos en su manual.

### **1.5. Planteamiento de la hipótesis**

El sistema en Doble Peine es más económico en un rango de 5-10 % que el sistema en Bayoneta, tomando en cuenta los costos de construcción y mantenimiento de sistema de alcantarillado, considerando una vida útil de 20 años.

### **1.6. Delimitaciones**

- Para el estudio se utilizan los criterios de diseño establecidos por CONAGUA, así como los criterios establecidos internacionalmente al software CivilCAD.
- La tubería a utilizar en el proyecto o diseño será PVC sanitario.
- No se consideran las condiciones existentes en el subsuelo como nivel freático o suelos arenosos.
- La topografía del sitio se considera aproximada, debido a que el proyecto consta de un diseño propuesto de un fraccionamiento no existente, por tanto se extrajeron puntos de referencia de altimetría del software Google Earth.
- En lo referente a mantenimiento, únicamente se considera como referencia la limpieza de la red en cuando a azolves, debido a que la reparación de fugas se considera en la misma proporción para ambos métodos.

- CivilCAD no especifica el ancho de la zanja de colocación de tubería, pero al inicio se asigna que utilice criterios de CNA.
- Al prever el costo del sistema a 20 años, no se considera la inflación de costos ya que el aumento es equitativo por tanto la comparación sería similar en porcentaje.
- Los costos de construcción de obra, fueron obtenidos de Desarrollo Urbano del municipio de Cajeme, con base en los precios de la obra de la calle Quintana Roo ubicada en Ciudad Obregón, Sonora en Abril de 2014.

### **1.7. Limitaciones**

Al realizar el estudio se encontraron ciertas limitaciones en cuanto a diseño, normatividad dispuesta por CONAGUA en su manual de alcantarillado sanitario, además de ciertas limitaciones del software de apoyo CivilCAD.

La comparación del sistema se limita en cuanto a los costos utilizados, ya que el presupuesto puede variar con respecto a los precios de la región donde se ubique el estudio; además del método de limpieza que se utilice para el sistema, por tanto debe considerarse un ajuste de precios según sea el caso.

CivilCAD no indica la cota de la cabezas de atarjea, detalle que omite al indicar la realización del plano.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Alcantarillado**

Alegría (1985), define al alcantarillado como una red de conductos, generalmente subterráneos, extendida en toda la localidad y a través de los cuales se evacuan las aguas sucias en forma rápida y segura para llevarla a un lugar llamado de vertido, donde no causen daño ni molestia.

Además señala el mismo autor, que puede considerarse al alcantarillado como el medio más apropiado y eficaz para la eliminación de las aguas sucias, de tal manera que cuando se trata de efectuar una labor de saneamiento relacionada con estos desechos, siempre se piensa en una red de alcantarillas.

Afirma Tchobanoglous (1996), que la recogida y el transporte del agua residual desde los diversos puntos en que se origina constituye el primer paso de la gestión efectiva del saneamiento de una población. Así mismo hace mención de que los conductos que recogen y transportan el agua residual se denominan alcantarillas y el conjunto de las mismas constituye la red de alcantarillado.

Por tanto, se puede definir a un sistema de alcantarillado como una serie de conductos o tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir, conducir, ventilar y evacuar las aguas sucias o residuales de la población, hacia un lugar de vertido, con el fin de alejarlas de la población hacia un lugar donde no causen daño ni molestia.

La finalidades principales que se persiguen con un alcantarillado, según Alegría (1985) son: La recolección de las aguas de desecho y su rápido alejamiento del hombre y evitar daños y molestias al agrupamiento humano que las produce o a otros establecidos en otros lugares que puedan ser afectados por las obras respectivas.

### 2.1.1 Antecedentes

La bibliografía referente a los sistemas de alcantarillado, detalla los inicios de los mismos desde las épocas medievales, muestra de ello lo da McGuee (1999), al mencionar que han sido encontrados restos de alcantarillas sanitarias en las ruinas antiguas de las ciudades de Creta y Asiria, además de señalar que en Roma los primeros sistemas de alcantarillado pretendían transportar las aguas de lluvias. El problema de dichos sistemas fue que las personas arrojaban desperdicios a las calles, provocando que el agua de lluvia arrastrase los desperdicios hacia los sistemas de alcantarillado, dando lugar a que éstos se taparan o no funcionaran con eficiencia.

El mismo autor menciona que el drenaje en las ciudades medievales como Roma, era principalmente mediante el flujo sobre la superficie de las calles, lo cual era un problema ya que en éstos establecimientos las calles eran lugares de depósito de desperdicios, así como de excrementos humanos y de animales. Además de ello el lanzar el contenido de las bacinillas por las ventanas, se volvió peligroso tanto para la ropa como para la salud de los transeúntes que circulaban por el lugar.

De igual manera se menciona como los primeros sistemas de alcantarillado se realizaron con el objetivo de evacuar las aguas de lluvias, prohibiendo el uso de ellos para desperdicios domésticos, pero una vez que se dotó a las comunidades de una fuente de agua potable y surgió la necesidad de deshacerse de los residuos de estas aguas se comenzó a utilizar los sistemas de alcantarillado o redes de drenaje.

Reiterando dicha idea, Tchobanoglous (1996), menciona que de las muchas alcantarillas primitivas que se describen en la literatura, los grandiosos desagües subterráneos de la antigua Roma son los mejor conocidos. Esto se sabe según el autor, a que los escritos de la época mencionan que la conexión directa de las casas a dichos desagües no era práctica generalizada, por ausencia de un reconocimiento de las exigencias de salud pública; además que el saneamiento obligatorio habría sido considerado como una violación del derecho privado.

Además, menciona como considera sorprendente que, aunque se construyeron muchas alcantarillas desde los días del imperio romano, no se experimentó ningún progreso notable en el proyecto y construcción de redes de saneamiento hasta la década de 1840-1850.

### 2.1.2 Tipos de alcantarillado

La elección del sistema de alcantarillado, con base a Alegría (1985), lo deciden la capacidad de los conductos y la forma en que se va a proceder a su alejamiento;

si sólo interesa retirar las aguas sucias que se producen en las edificaciones como resultado de los menesteres domésticos e industriales del hombre; si es también urgente la evacuación por alcantarillas de las aguas de lluvia, y si convendría reunir las en los mismos o diversos conductos eliminatorios.

Alegría (1985) y Tchobanoglous (1996), coinciden en dos principales tipos básicos de redes de alcantarillado: Separativas y unitarias. Las primeras se proyectan para recoger y transportar exclusivamente aguas residuales. Las segundas se proyectan para recoger y transportar tanto las aguas residuales como las pluviales.

Tchobanoglous (1996), hace mención que para la fecha de publicación de su libro, la mayor parte de las legislaciones estatales de Estados Unidos y la mayor parte de los países permiten construir solamente redes separativas con el fin de diseñar con diámetros más pequeños y en sitios de poca precipitación evitar asolvamientos de las aguas negras debido a la baja velocidad del flujo.

CONAGUA (2009), por su parte designa dos principales tipos de alcantarillado: convencionales y no convencionales, descritos a continuación.

#### 2.1.2.1 Sistemas de alcantarillado convencionales

Los sistemas de alcantarillado convencionales, son descritos como sistemas de tuberías de grandes diámetros que permiten una gran flexibilidad en la operación del sistema, debido a que existe gran cantidad de parámetros que definen el caudal: densidad de población y su estimación futura, mantenimiento inadecuado o nulo. Los sistemas de alcantarillado se definen como sigue:

- Alcantarillado sanitario

Es aquel sistema diseñado para recolectar exclusivamente las aguas residuales domésticas e industriales (ver Figura 1). Colecta únicamente aguas negras y se conecta a una red de tuberías sólo para las mismas.

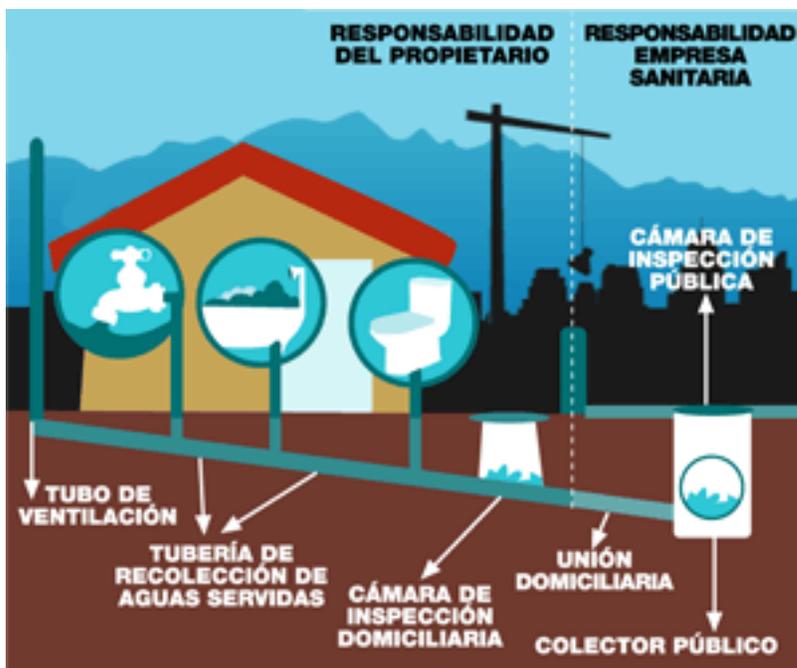


Figura 1. *Ejemplo alcantarillado sanitario*

Fuente: (SISS, 2000)

- Alcantarillado pluvial

Es el sistema de evacuación de escorrentía superficial producida por la precipitación exclusivamente, sin incluir flujos de alcantarillado sanitario (ver Figura 2).

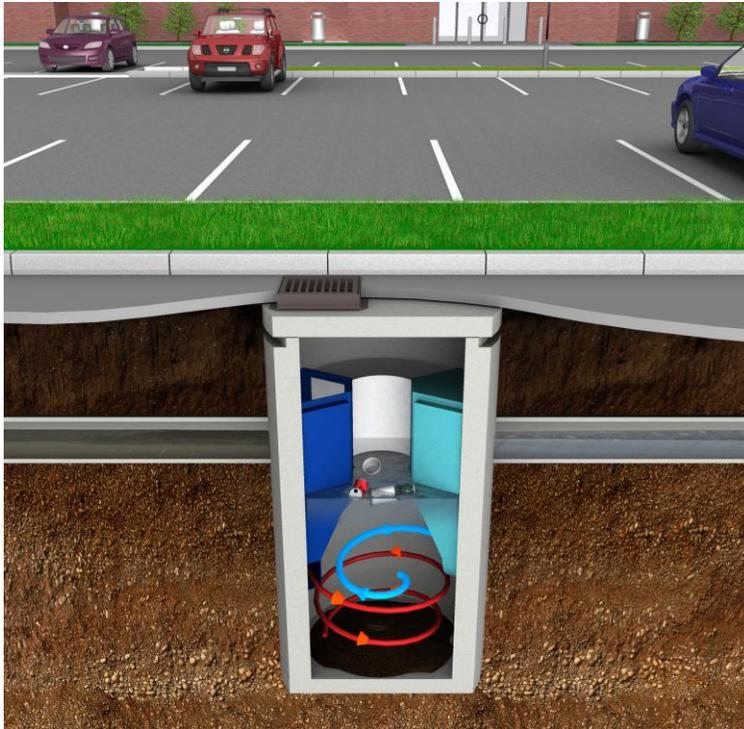


Figura 2. *Ejemplo de recolección en alcantarillado pluvial*

Fuente: (pluviales, 2013)

Ambos métodos anteriores, circulan por dos redes de tuberías distintas, pero colocadas en el mismo sentido, en paralelo (ver Figura 3).



Figura 3. *Ejemplo de alcantarillado separado*

Fuente: (IUTA, 2011)

- Alcantarillado combinado o mixto

Sistema diseñado para conducir simultáneamente las aguas residuales, domesticas e industriales, y las aguas de lluvia. Se muestra en la Figura 4 como ambas tuberías colectoras, tanto de aguas negras como agua de lluvia, descargan en una misma red de tuberías combinada.

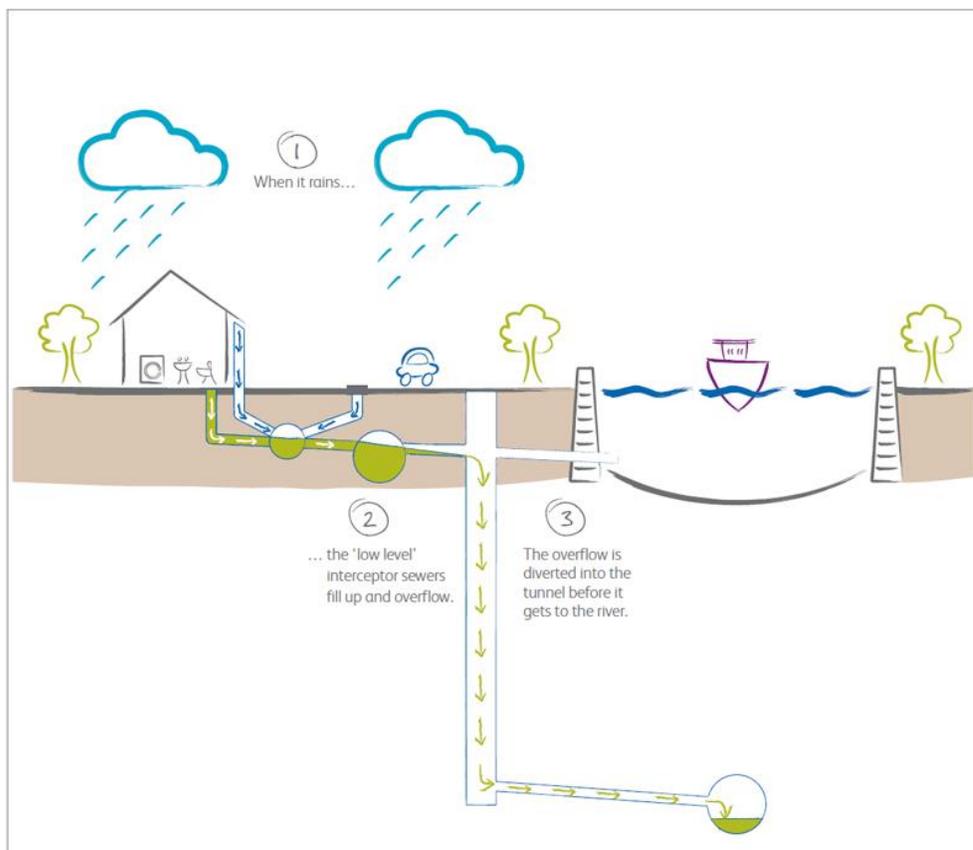


Figura 4. *Ejemplo de alcantarillado combinado*

Fuente: (IUTA, 2011)

### 2.1.2.2 Sistemas de alcantarillado no convencionales

De la misma manera son clasificados por CONAGUA (2009), según el tipo de tecnología aplicada y, en general, se limita a la evacuación de aguas residuales.

- Alcantarillado simplificado

Se diseña con los mismos lineamientos de un alcantarillado convencional, pero teniendo en cuenta la posibilidad de reducir diámetros y disminuir distancias entre pozos al disponer de mejores equipos de mantenimiento (ver Figura 5).

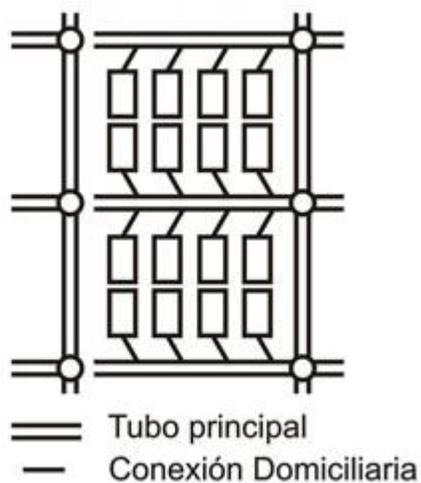


Figura 5. *Ejemplo de alcantarillado simplificado*

Fuente: Autor

- Alcantarillado condominial

Son los alcantarillados que recogen las aguas residuales de un pequeño grupo de viviendas, menor a una hectárea, y las conduce a un sistema de alcantarillado convencional (ver Figura 6).

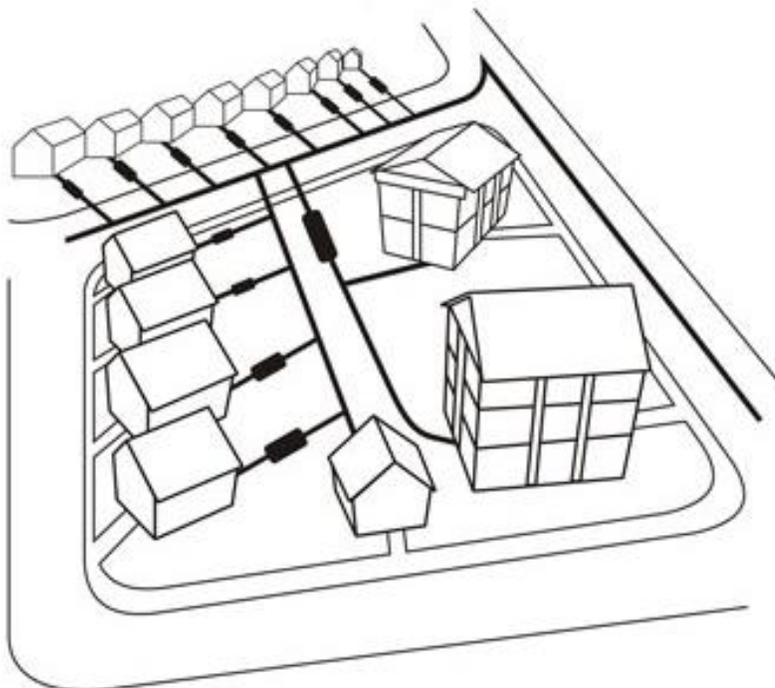


Figura 6. *Ejemplo de alcantarillado condominial*

Fuente: (GOSB, 2006)

- Alcantarillado sin arrastre de sólidos

También conocidos como alcantarillados a presión, son sistemas en los cuales se eliminan los sólidos de los efluentes de la vivienda por medio de un tanque séptico interceptor.

El agua es transportada a través de tuberías de diámetro de energía uniforme y que, por tanto, pueden trabajar a presión en algunas secciones (ver Figura 7).

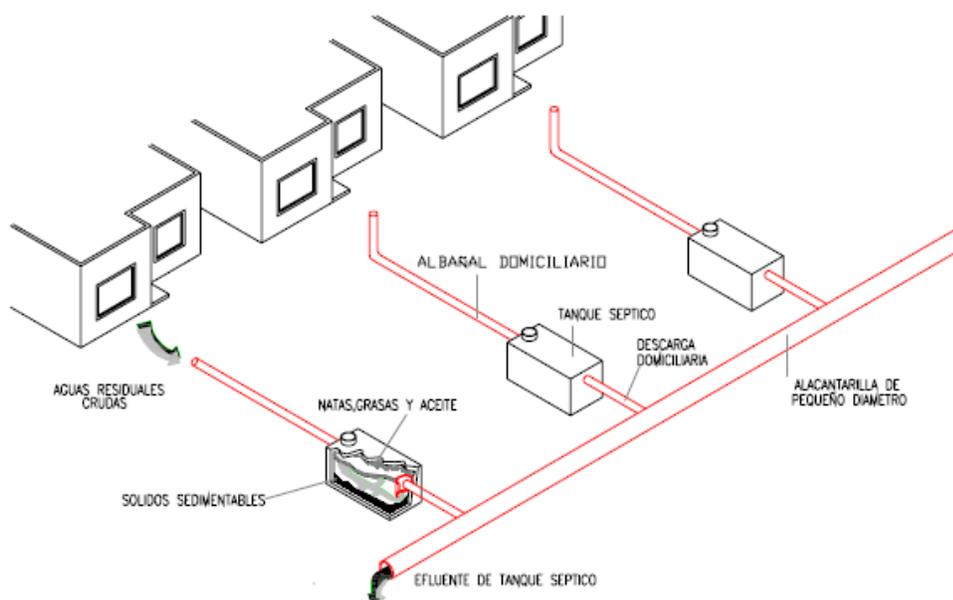


Figura 7. *Ejemplo de alcantarillado sin arrastre de sólidos*

Fuente: (GOSB, 2006)

## 2.2 Alcantarillado sanitario

Las partes o componentes de un sistema de alcantarillado sanitario son destacadas por CONAGUA (2009), de la siguiente manera.

- Descargas domiciliarias

Se denomina a la descarga domiciliaria o albañal exterior a la instalación hidráulica que conecta el último registro de una edificación a la atarjea o colector (ver Figura 8).



Figura 8. *Conexión de una descarga domiciliaria*

Fuente: (GOSB, 2006)

- Red de atarjeas

La red de atarjeas tiene por objeto recolectar y transportar las aportaciones de las descargas de aguas residuales domésticas, comerciales e industriales, hacia los colectores e interceptores.

La red está constituida por un conjunto de tuberías por las que son conducidas las aguas residuales captadas. El ingreso del agua a las tuberías es paulatino a lo largo de la red, acumulándose los caudales. De esta manera se obtienen en el diseño las mayores secciones en los tramos finales de la red. Así mismo se especifica que no es admisible diseñar reducciones en los diámetros en el sentido del flujo cuando se mantiene la pendiente de la tubería siendo caso contrario cuando la pendiente se incrementa podrá diseñarse un diámetro menor siempre cubriendo el gasto de diseño y los límites de la velocidad.

De la misma manera, se señala que la red se inicia con la descarga domiciliaria o albañal, a partir del parámetro exterior de las edificaciones. El diámetro del albañal en la mayoría de los casos es de 15 centímetros, siendo este el mínimo recomendable; sin embargo, esta dimensión puede variar en función de las disposiciones de las autoridades locales. Al mismo tiempo se estipula que las conexiones entre albañal y atarjea debe ser hermética y la tubería de interconexión debe de tener una pendiente mínima del 1%.

- Pozos de visita

Es la estructura típica de liga entre dos tramos de la red que permite el acceso del exterior para su inspección y maniobras de limpieza; también tiene la función de ventilación de la red para la eliminación de gases. Las uniones de la red de las tuberías con los pozos de visita deben ser herméticas.

Los pozos pueden ser construidos en sitio (ver Figura 9) o se pueden solicitar pozos prefabricados (ver Figura 10) dependiendo de las condiciones del proyecto a desarrollar.



Figura 9. Pozos de visita contruidos en sitio

Fuente: Autor

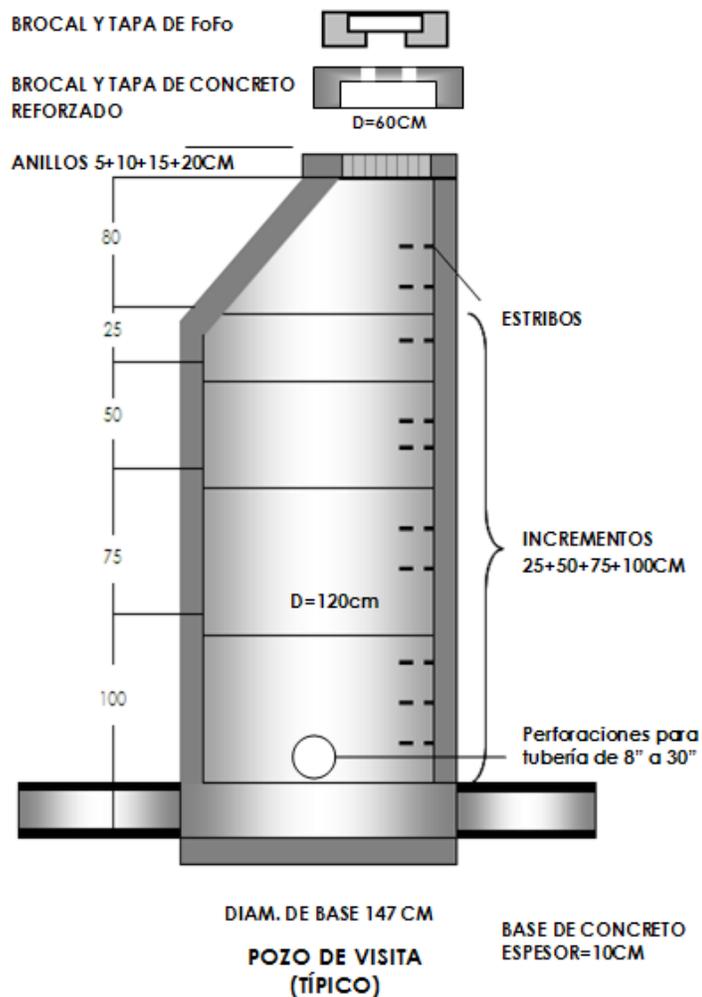


Figura 10. Pozos de visita prefabricados de anillos de concreto

Fuente: (GOSB, 2006)

Además que los pozos de visita deben localizarse en todos los cruceros, cambios de dirección, pendiente y diámetro y para dividir tramos que exceden la máxima longitud recomendada para las maniobras de limpieza y ventilación (ver Tabla 1).

Tabla 1. Separación máxima entre pozos de visita

DIÁMETRO, EN M	SEPARACIÓN, EN M
0.20-0.76	125-135
0.90-1.22	175-190
Mayores de 1.22	250-275

Fuente: Manual de Alcantarillado de CONAGUA (2009)

- Colectores e interceptores

Son las tuberías que tienen aportación de los colectores y terminan en un emisor. CONAGUA aconseja que por razones de economía, colectores e interceptores deban ser en lo posible una réplica subterránea del drenaje superficial natural.

- Emisor

El emisor es el conducto que recibe las aguas de uno o varios colectores o interceptores. No recibe ninguna aportación adicional en su trayecto y su función es conducir las aguas residuales a la planta de tratamiento o a un sistema de reúso.

Por su parte Alegría (1985), destaca partes similares en los sistemas de alcantarillado como sigue.

- Alcantarilla

Una alcantarilla es señalada como un tramo de la red que va de pozo a pozo conservando uniformes su sección, pendiente y dirección, y que recibe en su trayecto las aportaciones de los albañales negros y pluviales.

- Albañal

Es la tubería que recoge las aguas sucias del interior de las residencias y las entrega a la atarjea.

- Atarjea

Son conductos de servicio público que principalmente recoge agua de albañal. El diámetro mínimo recomendable de las atarjeas es de 20 cm cuando sólo recoge aguas negras.

- Colector

Es el conducto que da el sentido al escurrimiento y principalmente recoge las aguas de las atarjeas y de los subcolectores.

- Emisor

Es el conducto de alejamiento que sólo transporta aguas al vertido y en su trayecto ya no recibe ningún aporte más.

- Pozos de visita

Son estructuras que se erigen para inspección y limpieza, por tanto, deben tener las dimensiones necesarias para facilitar el acceso a las tuberías, así como la extracción de los productos de la limpieza. Estos pozos de visita se colocan en tramos rectos a una distancia máxima de 120 y hasta 125 m. y deben construirse en todo cambio de dirección, de pendiente, de sección y uniones de alcantarillas.

Se puede recurrir a cualquiera de los términos antes mencionados debido a que ambos autores hablan de contenidos similares sólo con términos sinónimos.

## 2.3 Métodos de diseño de redes de atarjeas

CONAGUA (2009), recomienda que, con el objeto de aprovechar al máximo la capacidad de los tubos en el diseño de las atarjeas, se deba dimensionar cada tramo con el diámetro mínimo que cumpla las condiciones hidráulicas definidas por el proyecto. Por tanto, para realizar el análisis de la red de atarjeas, se requiere considerar, en forma simultánea, las posibles alternativas de trazo y funcionamiento de colectores, emisores y descarga final.

Así mismo estipula que el trazo de las atarjeas se realiza coincidiendo con el eje longitudinal de cada calle y de la ubicación de los frentes de los lotes. Los trazos más usuales se pueden agrupar en forma general en los siguientes tipos:

### 2.3.1 Sistema en “Doble peine” o “Espina de pescado”

Se forma cuando existen varias atarjeas con tendencia al paralelismo, empiezan su desarrollo en una cabeza de atarjea, descargando su contenido en una tubería común de mayor diámetro, perpendicular a ellas (ver Figura 11).

Este sistema garantiza aportaciones rápidas y directas de las cabezas de atarjeas a la tubería común de cada peine, y de éstas a los colectores, propiciando rápidamente un régimen hidráulico establecido.

Tiene una amplia gama de valores para las pendientes de las cabezas de atarjeas, lo cual resulta útil en el diseño cuando la topografía es muy irregular.

Debido al corto desarrollo que generalmente tienen las atarjeas antes de descargar a un conducto mayor, en la mayoría de los casos aquellos trabajan por debajo de su capacidad, ocasionando que se desaproveche parte de dicha capacidad.

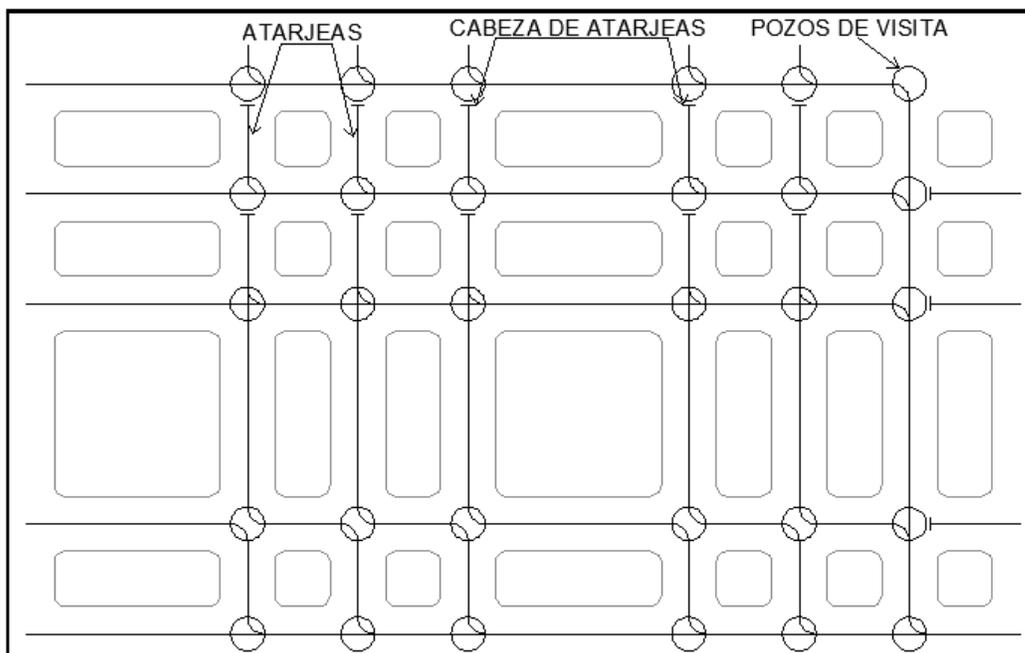


Figura 11. *Trazo de la red de atarjeas en Doble Peine*  
Fuente: Manual de Alcantarillado CONAGUA (2009)

### 2.3.2 Sistema en “Bayoneta” o “Zig-Zag”

Se denomina así al trazo que iniciando en una cabeza de atarjea tiene un desarrollo en zigzag o en escalera (ver Figura 12).

Reduce el número de cabezas de atarjeas y permite un mayor desarrollo de las atarjeas, con lo que los conductos adquieren un régimen hidráulico establecido, logrando con ello aprovechar adecuadamente la capacidad de cada uno de los conductos.

Requiere de terrenos con pendientes suaves o más o menos estables y definidas.

Para este tipo de trazo, en las plantillas de los pozos de visita, las medias cañas usadas para el cambio de dirección de las tuberías que confluyen, son independientes y con curvatura opuesta, no debiendo tener una diferencia mayor de 0.50 m entre las dos medias cañas.

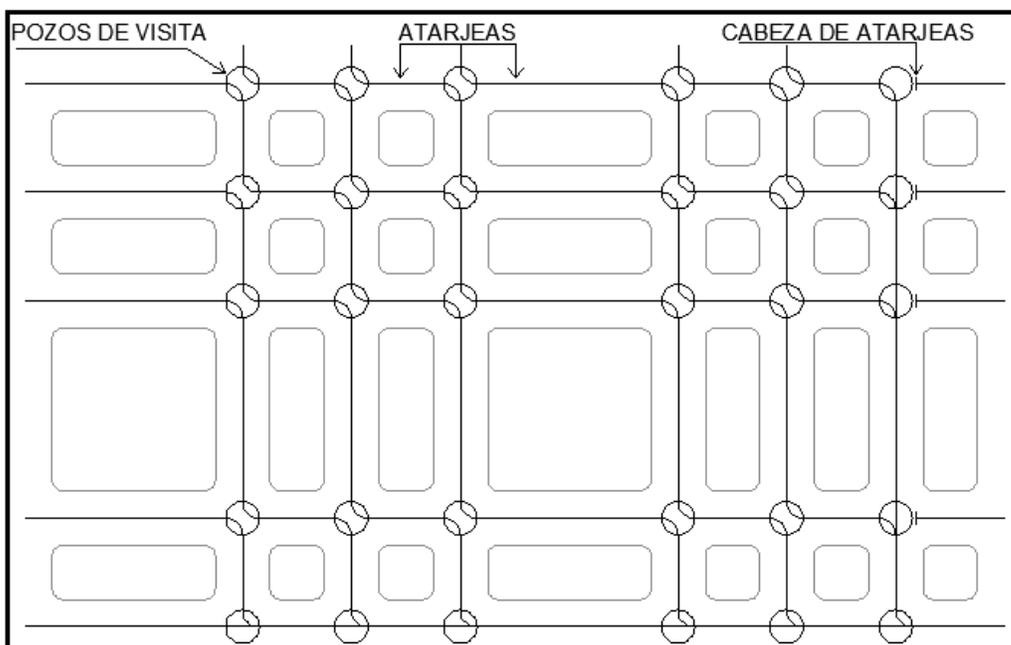


Figura 12. *Trazo de la red de atarjeas en Bayoneta*

Fuente: Manual de Alcantarillado CONAGUA (2009)

### 2.3.3 Sistema “Combinado”

Corresponde a una combinación de los dos trazos anteriores y a trazos particulares obligados por los accidentes topográficos de la zona (ver Figura 13).

Aunque cada tipo de trazo tiene características particulares respecto a su uso, el modelo de bayoneta tiene cierta ventaja sobre otros modelos, en lo que se refiere al aprovechamiento de la capacidad de las tuberías. Sin embargo, éste no es el único punto que se considera en la elección del tipo de trazo, pues depende fundamentalmente de las condiciones topográficas del sitio en estudio.

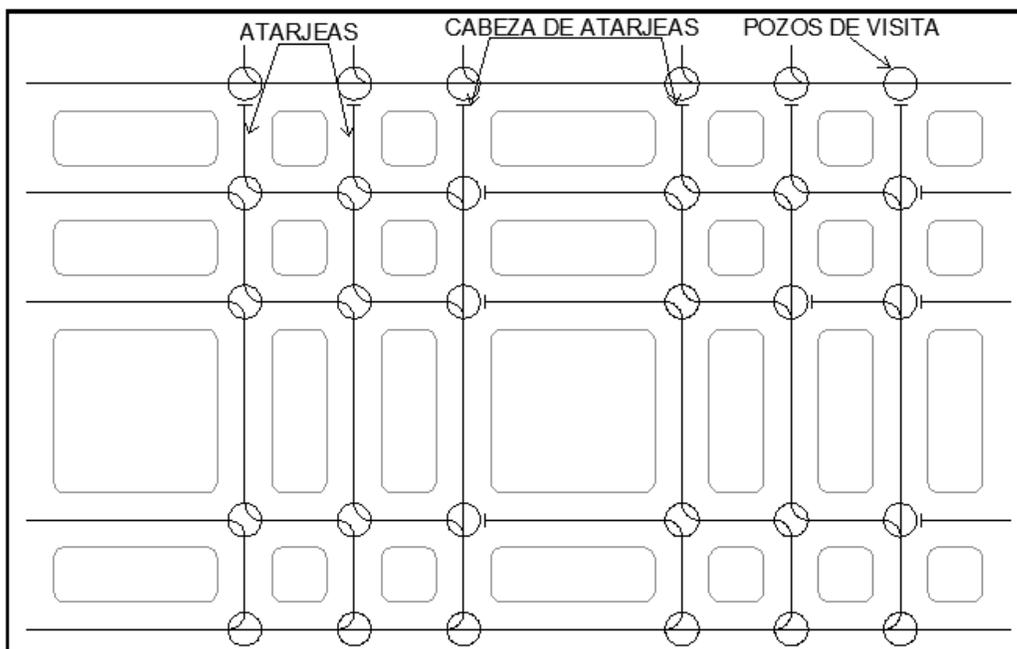


Figura 13. *Trazo de la red de atarjeas combinado*  
Fuente: Manual de Alcantarillado CONAGUA (2009).

## 2.4 Prospección y limpieza de redes de alcantarillado

A medida que se produce el envejecimiento de los sistemas de alcantarillado, el riesgo de deterioro, obstrucciones y derrumbes se convierte en una consideración muy importante. Por esta razón las municipalidades en todo el mundo están haciendo esfuerzos para mejorar de antemano el nivel de desempeño de sus sistemas de alcantarillado. La limpieza y la inspección de los colectores de agua residual son fundamentales para el mantenimiento y funcionamiento correcto del sistema, y además extienden la inversión de la comunidad en su infraestructura de alcantarillado (EPA, 2013).

El sistema de alcantarillado requiere un programa de limpieza para mantener su funcionamiento apropiado. Existen varias técnicas que son usadas tradicionalmente para eliminar obstrucciones y como herramientas de mantenimiento preventivo. La Tabla 2 resume algunos de los métodos de limpieza alcantarillado más comúnmente utilizados (EPA, 2013).

Tabla 2. *Métodos de limpieza de alcantarillado*

<b>Tecnología</b>	<b>Usos y aplicaciones</b>
<b>Remoción mecánica</b>	
Método de raspado (ver Figura 13)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usa un motor y un eje de soporte con barras continuas de raspado o en secciones.</li> <li>• A medida que rotan las barras estas deshacen los depósitos de grasas, cortan las raíces y remueven la basura.</li> <li>• Las máquinas de raspado también ayudan a colocar los cables que se usan para inspecciones televisadas y las máquinas de baldes.</li> <li>• Es más efectivo en tuberías hasta de 300 mm (12 pulgadas) de diámetro.</li> </ul>
Máquina de baldes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparato cilíndrico, cerrado en un extremo y con dos mandíbulas opuestas de bisagra al otro extremo.</li> <li>• Las mandíbulas se abren, y raspan los materiales para depositarlos en el balde.</li> <li>• Remueve parcialmente depósitos grandes de lodo, arena, grava y otros tipos de residuos sólidos.</li> </ul>
<b>Remoción hidráulica</b>	
Máquina de esfera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una esfera de limpieza de caucho con estrías gira y limpia el interior de la tubería a medida que aumenta el flujo en la línea de alcantarillado.</li> <li>• Remueve depósitos de material inorgánico sedimentado y acumulación de grasas.</li> <li>• Es de mayor eficacia en tuberías de diámetros desde 13 a 60 cm (5 a 24 pulgadas).</li> </ul>
Método de vaciados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduce un flujo de agua a la línea desde un pozo de visita.</li> <li>• Remueve materiales flotantes y en cierta medida arena y grava.</li> <li>• Es de mayor eficacia cuando se usa en combinación con otras operaciones mecánicas como por ejemplo limpieza con máquinas de baldes.</li> </ul>
Chorro a presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirige un chorro de agua de alta velocidad a la tubería desde un pozo de visita.</li> <li>• Remueve la acumulación de basura y grasas, remueve las obstrucciones y corta raíces en tuberías de diámetro pequeño.</li> <li>• Es eficiente para la limpieza rutinaria de tuberías de diámetro pequeño y con flujo reducido.</li> </ul>
Carretilla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escudo metálico circular con borde de caucho y articulación de bisagra montada sobre una carretilla de acero con ruedas pequeñas. El escudo funciona</li> </ul>

	<p>como un tapón para inducir una acumulación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Restriega la pared interna de la tubería.</li> <li>• Eficaz en la eliminación de escombros pesados y la limpieza de grasas en la línea.</li> </ul>
Cometas, bolsas y “poly pigs”	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Similar en función a la máquina de esfera.</li> <li>• Los bordes rígidos de la bolsa y la cometa inducen una acción de restregado.</li> <li>• Es eficaz para remover la acumulación de desechos en descomposición y las grasas y removilizarlos aguas abajo.</li> </ul>
Trampa de lodos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolecta sedimentos en lugares convenientes.</li> <li>• Necesitan ser vaciadas regularmente como parte del programa de mantenimiento.</li> </ul>
Trampa de grasas e interceptores de arena y aceite	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La solución final para la acumulación de grasa es recolectarla y eliminarla.</li> <li>• En algunos casos los códigos locales de construcción o las regulaciones del alcantarillado requieren estos tipos de estructuras. Generalmente se requieren interceptores de arena y aceite en las descargas de talleres de automóviles.</li> <li>• Necesitan de una limpieza completa para su funcionamiento correcto.</li> <li>• La frecuencia de limpieza varía desde dos veces por mes hasta una vez cada seis meses dependiendo de la cantidad de grasa en la descarga.</li> <li>• Se debe dar instrucción a los operadores de restaurantes y talleres de automóviles sobre la necesidad de dar mantenimiento a estas trampas.</li> </ul>
Sustancias químicas Antes de usar estas sustancias hay que revisar las hojas de seguridad industrial de materiales y contactar a las autoridades locales en lo referente al uso correcto de acuerdo con las regulaciones y la disposición final una vez usadas en la operación. Si se requiere asistencia o recomendaciones respecto al uso de algunas sustancias.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usadas para controlar raíces, grasas, olores (gas H<sub>2</sub>S), corrosión del concreto, roedores e insectos.</li> <li>• Control de raíces – el efecto dura más tiempo que el de las máquinas de raspado (aproximadamente 2 a 5 años).</li> <li>• Gas H<sub>2</sub>S – algunas sustancias químicas comunes con el cloro (Cl<sub>2</sub>), el peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), el oxígeno puro (O<sub>2</sub>), el aire, la cal (CA(OH)<sub>2</sub>), el hidróxido de sodio (NaOH) y las sales de hierro.</li> <li>• Problemas de grasa y jabón – algunas sustancias químicas comunes son los ácidos biológicos, agentes de digestión, enzimas, cultivos de bacterias, catalizadores, materiales cáusticos, hidróxidos y neutralizantes.</li> </ul>

Fuente: United States Environmental Protection Agency

La Figura 14 muestra la configuración del equipo necesario del método de raspado para la limpieza de un sistema de alcantarillado, mediante la prospección por pozos de visita.

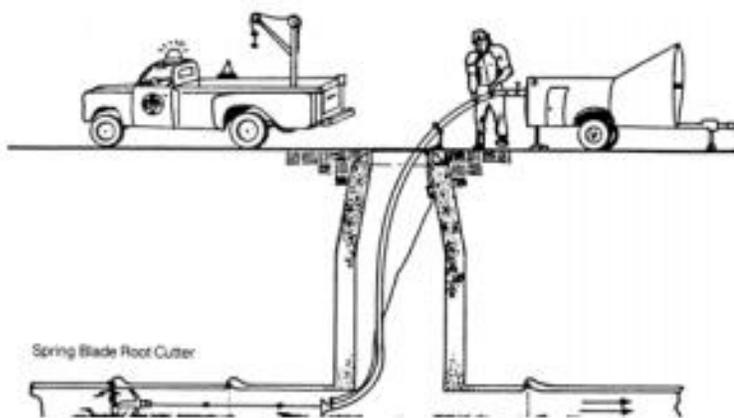


Figura 14. *Operación de los equipos de raspado*

Fuente: United States Environmental Protection Agency

## 2.5 Normatividad y criterios de diseño

- Infraestructura básica del fraccionamiento

El diseño de un fraccionamiento habitacional, debe realizarse con base en la Ley 101 de Desarrollo Urbano del Estado de Sonora. En ella se estipula que todo fraccionamiento debe contar con los siguientes servicios básicos: red de agua potable y tomas domiciliarias, red de alcantarillado y descargas domiciliarias, red de electrificación, red telefónica, red de alumbrado público, nomenclatura y señalamientos de tránsito, guarniciones, banquetas, pavimento, etc. Para el diseño de los datos básicos como las calles deben tomarse en cuenta la Tabla 3 y para el dimensionamiento de los lotes para las viviendas se considera la Tabla 4, extraídas de la ley antes mencionada.

Tabla 3. *Lineamientos de diseño de calles de un fraccionamiento*

<b>LINEAMIENTOS DE CALLES</b>		
	REQUERIMIENTO MIN.	<u>DATO DE PROYECTO</u>
CALLES LOCALES	11 m de arroyo	<u>12 m de arroyo</u>
CALLES COLECTORAS	11 m de arroyo	<u>12 m de arroyo</u>

Fuente: Ley 101 de Desarrollo Urbano del Estado de Sonora

Tabla 4. *Lineamientos de diseño de lotes de un fraccionamiento*

<b>LINEAMIENTOS DE LOS LOTES</b>				
	FRENTE MÍNIMO	SUPERFICIE MÍNIMA	<u>FRENTE DE PROYECTO</u>	<u>SUPERFICIE DE PROYECTO</u>
EN CALLES LOCALES	12 m	150 m <sup>2</sup>	<u>12 m</u>	<u>360 m<sup>2</sup></u>
EN CALLES COLECTORAS	14 m	300 m <sup>2</sup>	<u>15 m</u>	<u>450 m<sup>2</sup></u>

Fuente: Ley 101 de Desarrollo Urbano del Estado de Sonora

- Población del fraccionamiento

Se establece la cantidad de habitantes por vivienda para la clase del fraccionamiento, lo cual sirve para conocer la dotación de agua potable y con ello llegar a conocer la aportación al sistema de alcantarillado sanitario.

- Promedio de temperatura anual de la región

El observatorio sinóptico del Servicio Meteorológico Nacional, es una dependencia de la Comisión Nacional del Agua, la cual se encarga de analizar y pronosticar la temperatura de cada región del territorio nacional. La siguiente figura muestra la temperatura promedio más reciente de Ciudad Obregón, Sonora.

LATITUD N 27° 29'  
 LONGITUD W 109° 55'  
 ALTITUD 38 msnm

PERIODO 1981-2000

OBSERVATORIO SINOPTICO  
DEPENDENCIA: SMN-CNA

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>TEMPERATURA</b>													
MAXIMA EXTREMA	31.6	32.2	36.2	39.6	41.6	43.4	43.4	43.0	44.2	42.6	36.8	31.2	44.2
PROMEDIO DE MAXIMA	28.1	28.3	30.1	33.5	36.7	38.5	38.8	37.3	37.7	36.7	32.0	27.6	33.8
MEDIA	18.1	18.5	20.0	22.9	26.3	30.3	32.1	31.3	30.9	27.9	22.3	18.5	24.9
PROMEDIO DE MINIMA	8.2	8.8	9.8	12.3	15.8	22.1	25.4	25.3	24.2	19.1	12.5	9.4	16.1
MINIMA EXTREMA	0.6	-2.6	3.4	5.6	7.0	10.2	18.0	2.4	14.6	1.0	3.6	-1.8	-2.6
OSCILACION	20.0	19.4	20.3	21.2	20.9	16.4	13.5	12.1	13.4	17.7	19.5	18.2	17.7
TOTAL HORAS INSOLACION	234	220	261	274	297	289	254	247	251	255	225	217	3026
<b>HUMEDAD</b>													
TEMPERATURA BULBO HUMEDO	12.9	13.9	15.1	16.7	19.6	23.9	26.7	26.8	25.7	21.7	16.3	13.4	19.4
HUMEDAD RELATIVA MEDIA	70	71	69	63	62	66	73	75	73	67	66	71	69
EVAPORACION	83	92	144	202	251	267	225	188	157	152	100	75	1935.4
<b>PRECIPITACION</b>													
TOTAL	16.3	14.9	2.9	2.2	0.2	6.3	44.6	73.7	58.4	19.5	16.4	33.7	289.1
MAXIMA	152.3	62.1	20.4	12.8	2.0	28.1	123.4	122.5	160.3	80.3	49.3	94.4	160.3
MAXIMA EN 24 HRS.	44.4	41.1	18.1	12.4	2.0	27.4	62.4	104.4	99.0	55.6	35.9	52.6	104.4
MAXIMA EN 1 HORA	19.7	14.6	12.4	4.7	2.0	27.0	40.0	53.0	76.5	23.3	22.4	21.7	76.5
<b>PRESION</b>													
MEDIA EN LA ESTACION	1010.7	1012.2	1011.7	1011.3	1009.2	1007.2	1003.2	1006.1	1004.6	1006.1	1006.2	1009.3	1008.1
<b>VIENTO MAXIMO DIARIO</b>													
MAGNITUD MEDIA	9.1	9.3	10.7	12.5	13.7	13.6	14.3	13.3	12.1	10.9	9.3	8.9	11.5
<b>FENOMENOS ESPECIALES</b>													
LLUVIA APRECIABLE	1.7	2.1	0.9	0.7	0.2	0.6	7.1	8.6	5.4	2.4	2.2	3.1	35.1
DESPEJADOS	11.4	9.7	12.5	14.1	17.1	13.5	1.8	0.6	5.9	11.8	11.9	10.2	120.5
MEDIO NUBLADOS	11.9	12.0	12.9	12.0	11.1	14.0	15.7	17.3	17.3	15.1	12.4	12.4	164.1
NUBLADO/CERRADO	7.7	6.2	5.5	3.9	2.9	2.5	13.6	13.1	6.8	4.1	5.8	8.4	80.4
GRANIZO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HELADA	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
TORRENTA ELECTRICA	0.2	0.3	0.2	0.2	0.0	0.2	3.6	4.7	1.9	0.8	0.4	0.2	12.7
NIEBLA	2.2	2.1	1.7	0.8	1.3	0.6	0.1	0.3	0.2	0.6	0.8	1.2	11.8

UNIDADES: TEMPERATURA (°C), HUMEDAD RELATIVA (%), PRECIPITACION Y EVAPORACION (mm), PRESION (mb), VIENTO (m/s) Y FENOMENOS ESPECIALES (dias)

 Figura 15. *Clima de la región*

Fuente: SMN (2010)

- Se establece que, con base en la temperatura de la región de estudio, se definirá el tipo de clima y así determinar la dotación al sistema de agua potable.

 Tabla 5. *Tipo de clima según su temperatura*

TEMPERATURA MEDIA ANUAL: (°C)	TIPO DE CLIMA
Mayor que 22	CALIDO
De 18 a 22	SEMICALIDO
De 12 a 17.9	TEMPLADO
De 5 a 11.9	SEMIFRIO
Menor que 5	FRIO

Fuente: Manual de Alcantarillado CONAGUA (2009)

- El fraccionamiento de estudio, se propuso en Ciudad Obregón sonora, Ciudad que con base en INEGI (2010), cuenta con 409,310 habitantes, dato requerido para cálculo de dotación (ver Figura 16).

Clave del municipio	Municipio	Cabecera municipal	Habitantes (año 2010)
001	Aconchi	Aconchi	2 637
002	Agua Prieta	Agua Prieta	79 138
003	Alamos	Alamos	25 848
004	Altar	Altar	9 049
005	Arivechi	Arivechi	1 253
006	Arizpe	Arizpe	3 037
007	Atil	Atil	0 625
008	Bacadéhuachi	Bacadéhuachi	1 252
009	Bacanora	Bacanora	0 784
010	Bacerac	Bacerac	1 467
011	Bacoachi	Bacoachi	1 646
012	Bácum	Bácum	22 821
013	Banámichi	Banámichi	1 646
014	Baviácora	Baviácora	3 560
015	Bavispe	Bavispe	1 454
016	Benjamín Hill	Benjamín Hill	5 275
017	Caborca	Heroica Caborca	81 309
018	Cajeme	Ciudad Obregón	409 310

Figura 16. Población de Ciudad Obregón, Sonora.

Fuente: INEGI (2010)

- Dotación de agua potable con base en el tipo de clima de la región, y la cantidad de habitantes de la población donde se realice el estudio. Al conocer el tipo de clima y población de la región y el tipo de fraccionamiento en estudio, es posible determinar la dotación per cápita, siendo ésta de 300 litros/habitante/día, con base en la Tabla 6 con clima cálido y población de más de 150,000 habitantes.

Tabla 6. Dotación al fraccionamiento según población y tipo de clima

POBLACIÓN DE PROYECTO ( lts. / hab.- día )				TIPO DE CLIMA		
				CÁLIDO	TEMPLADO	FRÍO
DE	2500	A	15000	150	125	100
DE	15000	A	30000	200	150	125
DE	30000	A	70000	250	200	175
DE	70000	A	150000	300	250	200
DE	150000	o MAS		300	300	250

Fuente: Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C.

- Aportación al alcantarillado sanitario

CONAGUA establece en su manual la cantidad o porcentaje de aportación al alcantarillado basado en la dotación al fraccionamiento; siendo ésta el 80 por ciento de la dotación de agua potable.

- Topografía del fraccionamiento

La topografía del fraccionamiento se obtuvo a partir de un levantamiento con la ayuda del software Google Earth, debido a que es un prototipo de fraccionamiento, se planteó en una zona urbanizable y totalmente viable para construir el mismo.

- Conexiones y tipo de descarga a la red municipal

La aportación del fraccionamiento se establece como una conexión hacia una línea de PVC conectada hasta la red municipal más cercana.

- Vida útil de los sistemas de alcantarillado

Los sistemas de alcantarillado, según la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2007) se diseñan en general para una vida útil de 20 años, como se aprecia en la Tabla 7.

Tabla 7. *Período de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario*

Elemento	Periodo de diseño (años)
Fuente: Pozo Embalse (presa)	5 hasta 50
Línea de conducción	de 5 a 20
Planta potabilizadora	de 5 a 10
Estación de bombeo	de 5 a 10
Tanque	de 5 a 20
Distribución primaria	de 5 a 20
Distribución Secundaria	a saturación (*)
Red de atarjeas	a saturación (*)
Colector y emisor	de 5 a 20
Plantade tratamiento	de 5 a 10

(\*) En el caso de distribución secundaria y red de atarjeas, por condiciones de construcción difícilmente se podrá definir la inversión. Fuente: CONAGUA (2009)

- Costos de limpieza para la red de tuberías

Para determinar los costos de limpieza, fue necesario determinar los tramos que no alcanzaran velocidades de autolavado, siendo ésta velocidad de a 6 m/s que es cuando se da la autolimpieza de tuberías por el mismo flujo (Fair, Geyer, & Okun, 1999).

Además fue necesario conocer la relación de costos por metro lineal de tubería por medio del método de cuchillas de raspado mostrada en la Tabla 8 y el método de la máquina de esferas que se presenta en la Tabla 9 encontrada en el sitio de RSMEANS (2014).

Tabla 8. *Costo por metro lineal de limpieza por método de raspado*

METODO DE RASPADO			
Tubería	Precio	Coef. De ajuste	Precio
D (mm)	USD/ft lineal	por zona	\$/ml
100-315	\$ 3.70	0.63	\$ 99.42
350-610	\$ 4.33	0.63	\$ 116.35

## 2.6 CivilCAD

La plataforma AUTODESK, describe su producto AutoCAD como un paquete para elaboración de planos de carácter principalmente arquitectónico, en dos y tres dimensiones; aunque con él se puede trabajar planos de otras áreas como la ingeniería mecánica, eléctrica, hidráulica, etc. Básicamente su función final es la de proveer planos útiles para la construcción o materialización de proyectos, indicando formas y dimensiones.

El civilCAD es un complemento o módulo de AutoCAD que utiliza el entorno de este último para proveer una herramienta básicamente orientada al diseño geométrico de vías en ingeniería civil. Lo mismo se puede hacer en AutoCAD, pero para los cálculos numéricos involucrados se requiere apoyo de otro programa, por ejemplo una hoja electrónica de Excel. En CivilCAD por el contrario, se introducen manualmente o desde instrumentos de medición (una estación total por ejemplo) las coordenadas de los puntos levantados en el terreno, para desarrollar en el programa el trazado de una vía; se puede realizar cubicación de tierras en movimiento de tierras para construcción de vías; trazado de curvas de nivel y cualquier cantidad de herramientas están disponibles en lo referente al diseño de vías principalmente además de ciertas funciones referente a sistemas de Agua potable y Alcantarillado.

## **CAPÍTULO III. MÉTODO**

### **3.1 Tipo de investigación**

El presente proyecto de investigación cuantitativo, dará resultado a una hipótesis que indica cuál de los dos métodos resulta ser más viable.

### **3.2 Ubicación del objeto de estudio**

Se seleccionó un área urbanizable de la calle California y Blvd. Las Torres, cercano a la colonia zona norte de Ciudad Obregón, Sonora, con el fin de simular sobre ella el diseño de un fraccionamiento habitacional.

### **3.3 Participantes**

Un maestro de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Sonora y un estudiante de Ingeniería Civil de la misma institución.

### **3.4 Instrumentos**

Para la realización del presente, al tratarse de un estudio comparativo de dos métodos existentes, fue de manera virtual con ayuda de software especializado.

- Software Google Earth. Con la finalidad de obtener las coordenadas y las cotas de los puntos donde se diseñó el fraccionamiento.
- Software AutoCAD. Se utilizó para realizar el dibujo del fraccionamiento para ambos métodos de diseño.
- Manual de Agua Potable de la Comisión Nacional del Agua en su edición 2009.
- Manual de Alcantarillado de la Comisión Nacional del Agua en su edición 2009.
- Software CivilCAD. Se utiliza como herramienta de AutoCAD con opciones específicas de diseño de Redes de Agua Potable y Alcantarillado. En él se lleva a cabo la introducción de datos del fraccionamiento y calcula las dimensiones y profundidades de la red de alcantarillado.

### **3.5 Procedimiento**

1. Se utilizó el software Google Earth para obtener las cotas y coordenadas del terreno a fraccionar (ver Figura 17).

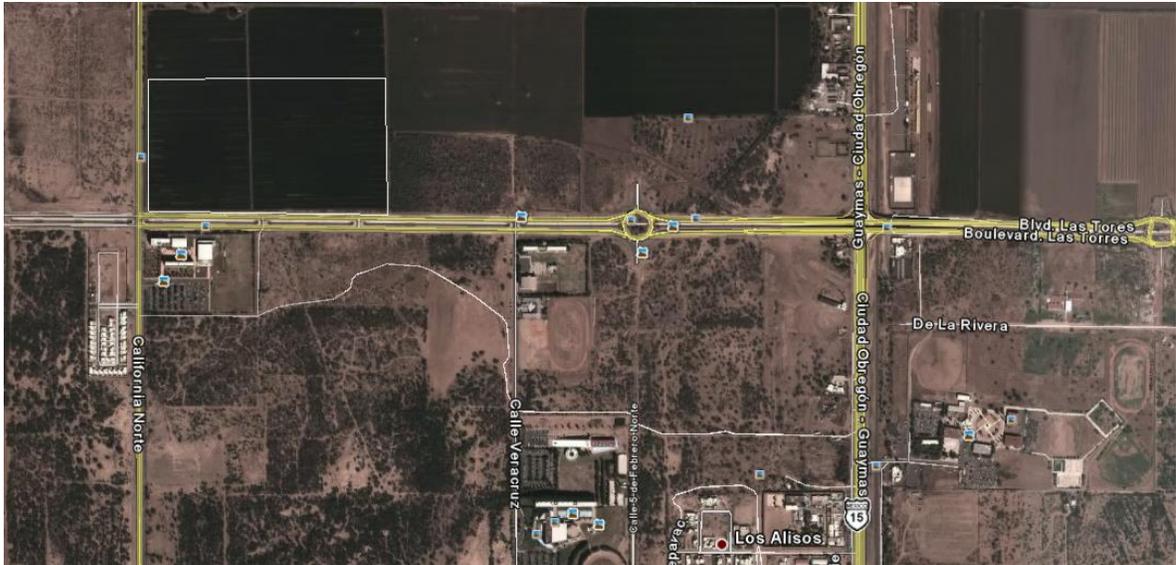


Figura 17. Área de estudio

2. Con la herramienta computacional AutoCAD se diseñó un fraccionamiento tipo (ver Figura 18 y 19) con ayuda de la Ley 101 de Desarrollo Urbano del Estado de Sonora, se determinaron las dimensiones de las vialidades con base en la normatividad (ver Tabla 3), y después se determinó el tamaño de los lotes (ver Tabla 4) para las viviendas.

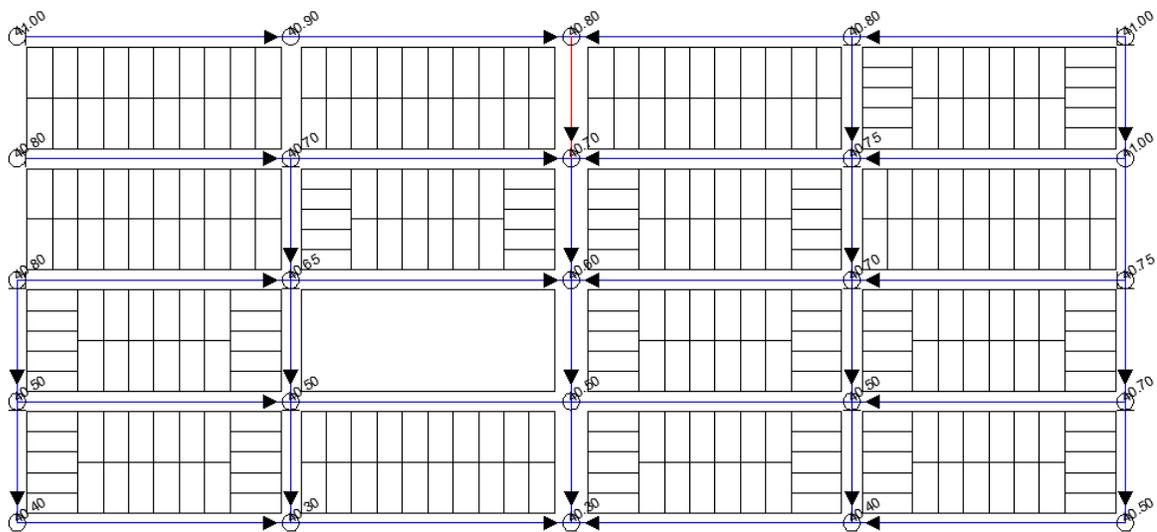


Figura 18. Diseño de fraccionamiento por Doble Peine

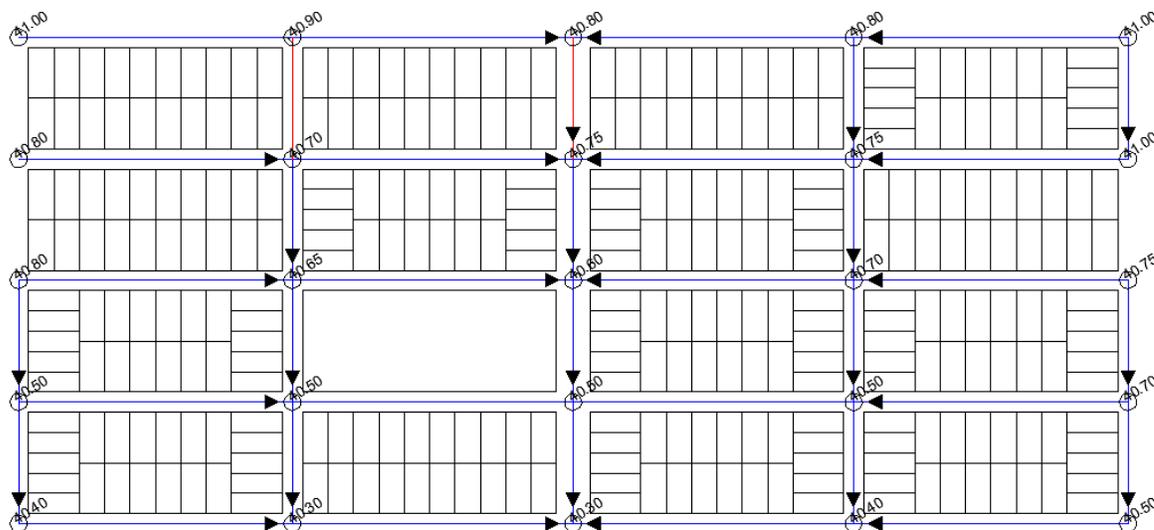


Figura 19. *Diseño de fraccionamiento por Bayoneta*

3. Se realizaron para el mismo fraccionamiento, dos diseños a evaluar: el primero para el diseño de la red de atarjeas en doble peine y el segundo para el diseño en bayoneta.
4. Se propuso una población de proyecto de tal manera que cumpliera con los requerimientos de la clase del fraccionamiento.
5. Primeramente, se realizó la estimación de la cantidad de agua potable para después proceder al diseño del alcantarillado. Siguiendo lo estipulado por los manuales de CONAGUA (2009), se sigue el procedimiento para determinar la dotación de agua potable al fraccionamiento. Se acudió al Observatorio Sinóptico del Servicio Meteorológico Nacional de CONAGUA, y con referencia a la Figura 15 encontrada en la Normatividad del presente documento, se muestra el promedio de temperatura anual para la región del objeto de estudio, Ciudad Obregón, Sonora. Una vez conocida la media de temperatura anual, se acudió a la Tabla 5, del mismo apartado, para determinar y confirmar que la región cuenta con un clima cálido. Una vez conocida dicha información, la Tabla 6 muestra como para una población de más de 150000 habitantes como

Ciudad Obregón y con clima cálido la dotación de agua potable es de 300 litros por persona por día.

6. Se procedió a determinar la aportación al alcantarillado sanitario, con base en CONAGUA (2009) ya que en su manual de alcantarillado, designa a la aportación como el 80 por ciento de la dotación por habitante del fraccionamiento.
7. Después de realizado lo anterior, se calculó la longitud tributaria, ésto es con el fin de conocer cuáles son las tuberías que aportaran agua sucia al alcantarillado. Se llevó a cabo midiendo con ayuda del software AutoCAD, las longitudes de tubería encontrada en los frentes de las viviendas y sumando las mismas hasta obtener los metros lineales de línea tributaria.
8. Una vez conocida la longitud de las líneas tributarias y la población del proyecto se debió calcular la densidad lineal, con la finalidad de conocer cuántos habitantes aportan al alcantarillado sus desechos sanitarios por metro lineal de tubería.
9. Al conocer esto, se acudió al software CivilCAD para introducir los datos de agua potable y de alcantarillado para hacer correr el programa, primeramente por el método del peine y después por el método de bayoneta.
10. Como primer paso fue necesario definir el Coeficiente de Manning para tubería de PVC como 0.009 para ambos métodos (ver Figura 20).

**Dibujar Redes de Alcantarillado**

**Líneas de Tubería**

Tipo de Línea...: CENTRO1

Capa...: CVL\_REDSAN

Color...: 6

Coeficiente rugosidad de Manning: 0.009

Diámetro para símbolo de pozo(mm): 6

Tolerancia para detectar intersecciones(m): 0.1

Borrar líneas seleccionadas

Soldar líneas colineales

Aceptar Cancelar Ayuda...

Figura 20. Definición de Coeficiente de Manning

11. Al haber establecido el circuito en estudio, y establecidos los criterios, se da el primer paso que es revisar las distancias máximas entre pozos de visita y al ser necesario se establecieron pozos de visita nuevos y se numeraron (ver Figura 21 y 22).

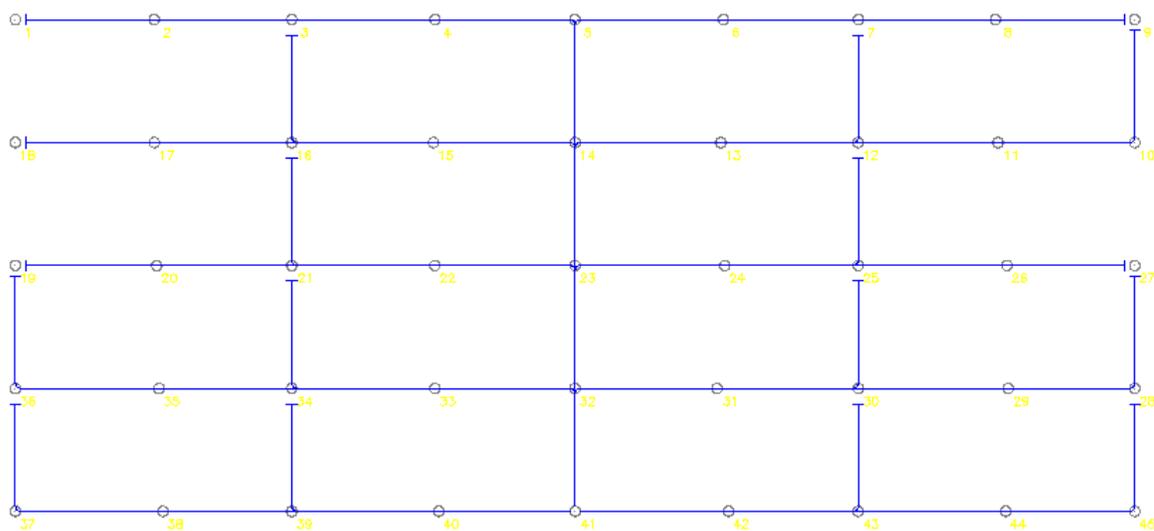


Figura 21. Disposición y numeración de pozos de visita método Doble Peine

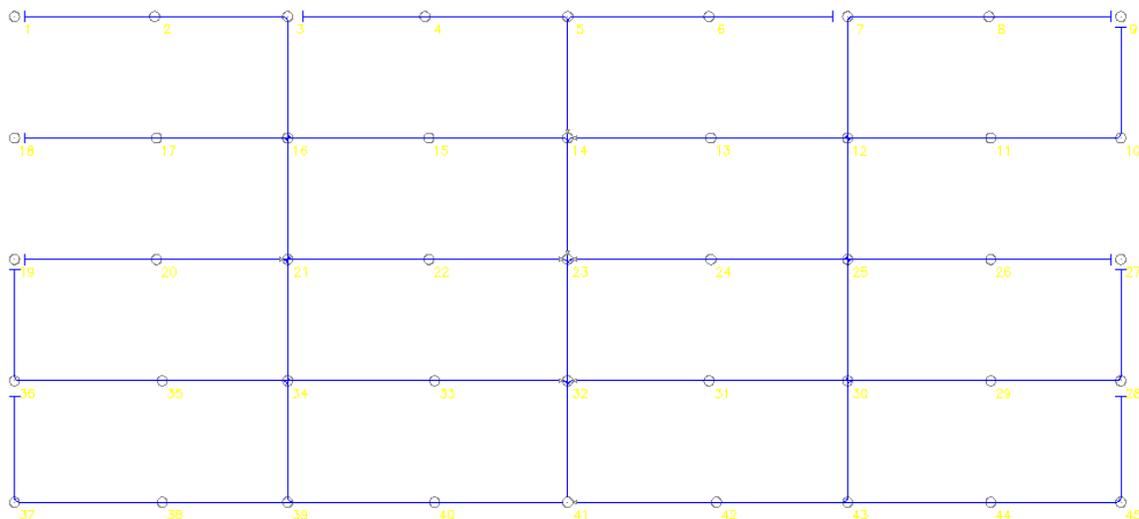


Figura 22. Disposición y numeración de pozos de visita método Bayoneta

12. Se indicaron para cada uno de los pozos de visita, las rasantes o cota al nivel de terreno, las cuales fueron extraídas del software Google Earth.

13. Al haber indicado las cotas de rasante para cada pozo, se pide al programa que muestre los flujos siguiendo las cotas del terreno, para después invertir el flujo en caso de ser necesario y asignar la cabeza o inicio de cada atarjea con el fin de indicar el sentido que debe tomar el agua (ver Figura 23 y 24).

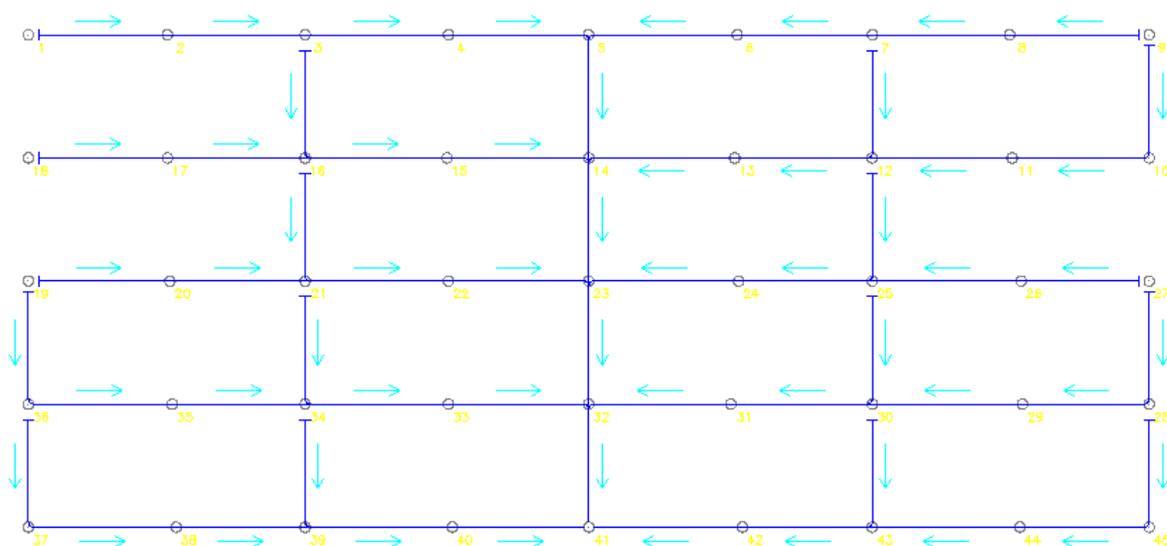


Figura 23. Flujo de las tuberías y cabezas de atarjeas para el método Doble Peine

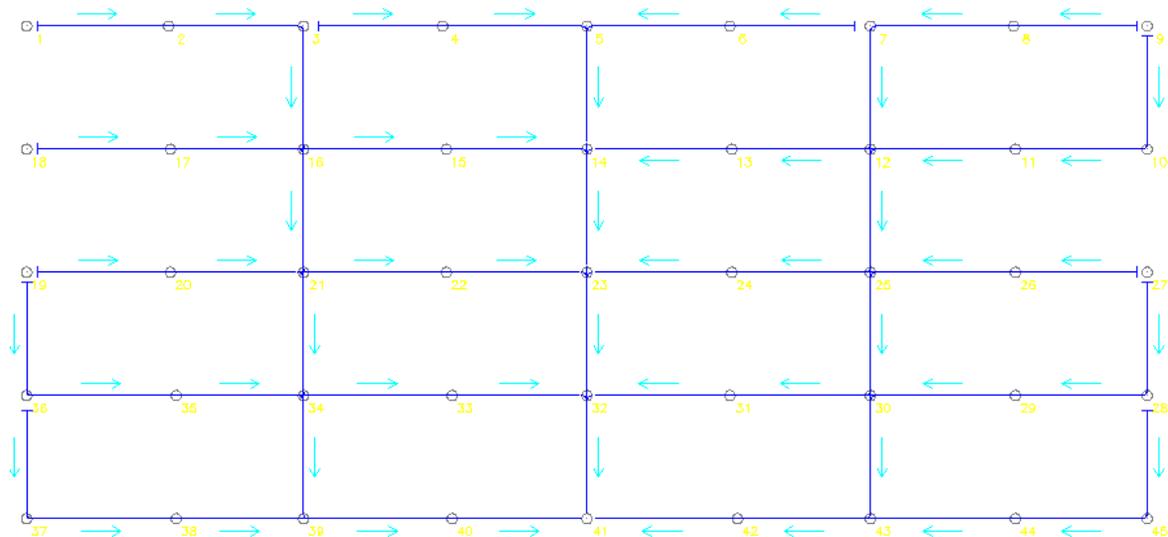


Figura 24. *Flujo de las tuberías y cabezas de atarjeas para el método de Bayoneta*

14. Una vez establecidos los datos finales, se pide al programa generar tabla de cálculo, para lo cual es necesario asignar valores como dotación y población definidas previamente además, de velocidades mínima y máxima, pendiente mínima permisible, tirante mínimo en las tuberías y profundidad mínima en los pozos de visita todos siguiente criterios establecidos en el Manual de Alcantarillado Sanitario de CONAGUA (ver Figura 25).

**Cálculo de Redes de Alcantarillado**

**Datos Generales**

Proyecto: Tesis

Autor: Cesar Ayala

Población Total(Habs.): 6500

Dotación agua potable(lts/hab/día): 300

Coeficientes y Opciones...

**Parámetros**

Velocidad Mínima(m/s): 0.3

Velocidad Máxima(m/s): 5.0

Pendiente Mínima(mil.): 1.58

Tirante Mínimo(cm): 1.5

Profundidad Mínima(m): 0.9

**Distribución de Población**

Proporcional a la longitud del tramo

Proporcional al area tributaria.

Proporcional a las unidades drenadas.

Aceptar Cancelar Ayuda...

Figura 25. *Parámetros requeridos para ambos métodos*

15. Así mismo se asignan los coeficientes necesarios para correr el programa como la aportación y la previsión o gasto máximo extraordinario, así como las opciones de cálculo de cada método en estos casos se piden al programa que calcule los volúmenes de excavación, que defina cual pendiente es la máxima admisible, utilizar el criterio de CNA para calcular el coeficiente de Harmon y calcular el gasto máximo previsto (ver Figura 26).

Figura 26. *Coeficientes y opciones*

16. Finalmente se pide al software CivilCAD que calcule genere la tabla de cálculo para cada uno de los métodos (ver Apéndices A y B) así como general el plano con los datos extraídos de la tabla de cálculo (Ver Apéndices C y D).
17. Se extrajeron los volúmenes de excavación y relleno para ambos métodos generados en la tabla de cálculo, con el fin de comparar cuál de ellos requiere mayor trabajo de construcción.
18. Con base en la tabla de cálculo (ver Apéndices A y B) se conocieron los diámetros necesarios de tubería para cada uno de los métodos y se

compararon para analizar cuál de los dos métodos resulta más costoso en cuanto a materiales.

19. A las cantidades de obra determinadas se les aplicaron los costos de los conceptos de obra lo cual arrojó el presupuesto final de construcción de cada método de diseño.

20. Una vez analizados los resultados, se tomaron puntos estratégicos de la red y se analizaron las velocidades de flujo para ambos métodos de diseño con el fin de conocer si se generan velocidades de autolavado y se logran evitar costos futuros de mantenimiento.

## **CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Después de reconocidos los lineamientos y al haber sido diseñado el fraccionamiento propuesto para estudio, se accedió al software CivilCAD para iniciar el ordenamiento de datos requeridos para iniciar la corrida del programa; tales valores como la población, dotación, y topografía, fueron calculados en el presente proyecto con anterioridad, mientras que la aportación, coeficientes y opciones se obtuvieron de los lineamientos establecidos por CONAGUA.

Estudiando los apéndices C y D (Planos arrojados por CivilCAD, para cada método) se logra apreciar el efecto de las pendientes con respecto a las profundidades de plantilla de los pozos.

Para el método de Doble Peine se logra apreciar como el flujo es dirigido hacia el colector ubicado a lo largo de los pozos 5, 14, 23, 32 y 41, ésto se debe a que las

pendientes tienden a dirigirse hacia dichos puntos, al inicio de la red se aprecian las profundidades iniciales de los pozos de visita, las cuales se ven afectadas por la pendiente y longitud de cada tramo (ver Figura 27).

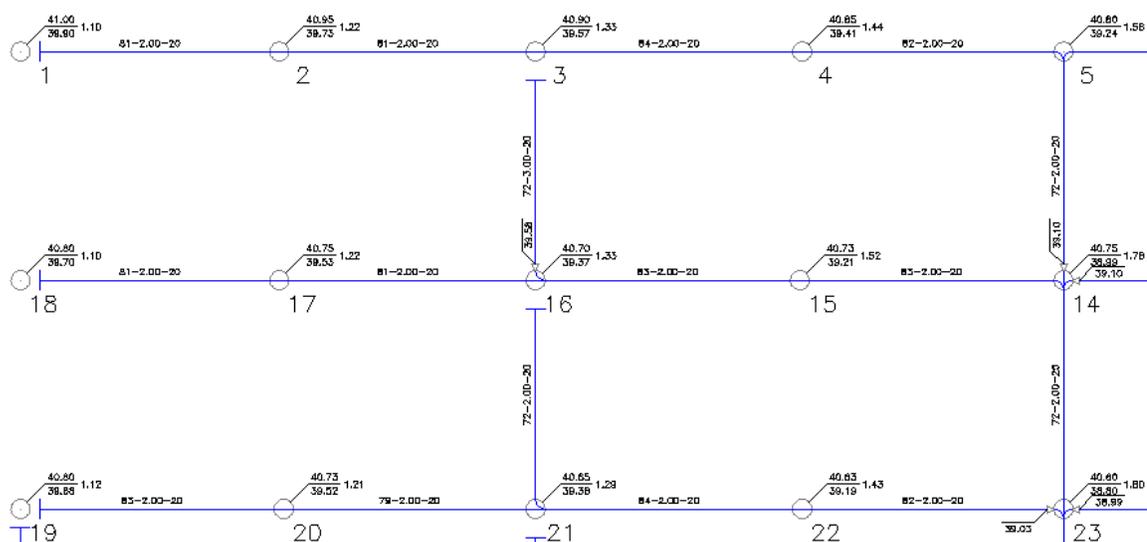


Figura 27. Análisis al inicio de la red método Doble Peine

Al lado contrario, y en la parte inferior de la red se muestran valores mayores de profundidad de los pozos de visita, debido a que el colector es una línea con gran longitud, por tanto la pendiente provoca que aumente su profundidad y así la red queda más profunda al término de la misma (ver Figura 28).

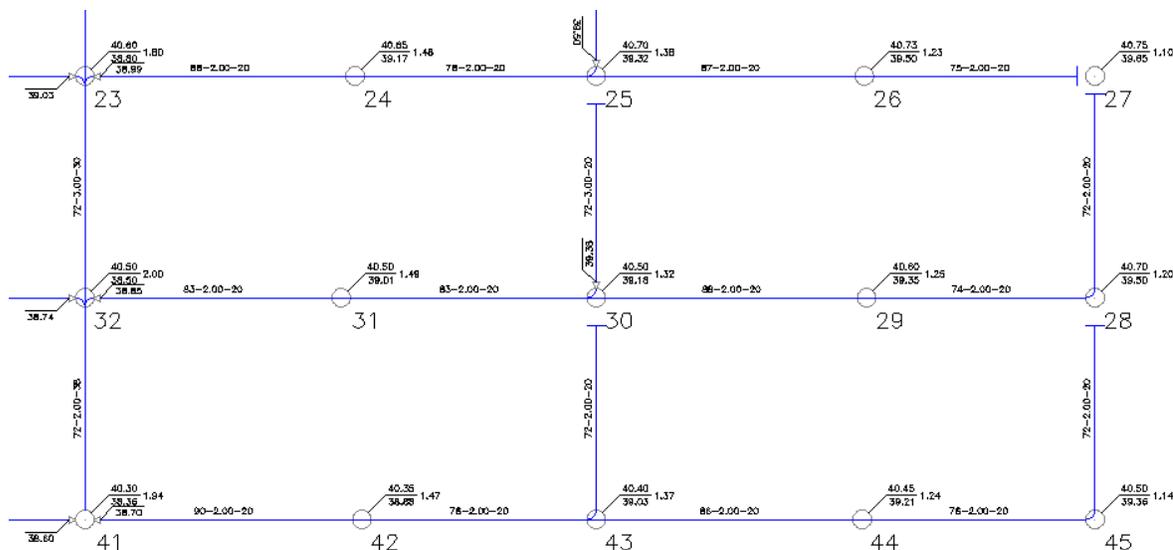


Figura 28. Análisis al final de la red método Doble Peine

Es notorio que al dirigirse las pendientes al centro de la red, las profundidades de la colocación de la misma y los pozos de visita será mayor, generando de este modo mayores volúmenes de excavación y relleno al centro y a la parte inferior de la red.

Los tramos de conducción continua llevan el flujo hacia el colector del centro, para este método de Doble Peine, los tramos de conducción continua son cortos y por tanto, conducen menos cantidad de aguas negras requiriendo por dichas razones tubería en general de 8" y escasos tramos con tubería de 10", 12" y 14" en el colector principalmente.

Por las mismas razones, los tramos de conducción hacia el colector no conducen el agua a grandes velocidades, lo cual puede generar una mayor cantidad de azolves en las tuberías.

El método de Bayoneta, realizando el mismo análisis, se puede apreciar que al inicio de la red (ver Figura 29) que las profundidades de plantilla de los pozos de visita llegan a ser mayores, debido a que los tramos de conducción son más extensos, siendo éstos afectados por la pendiente entre cada pozo de visita.

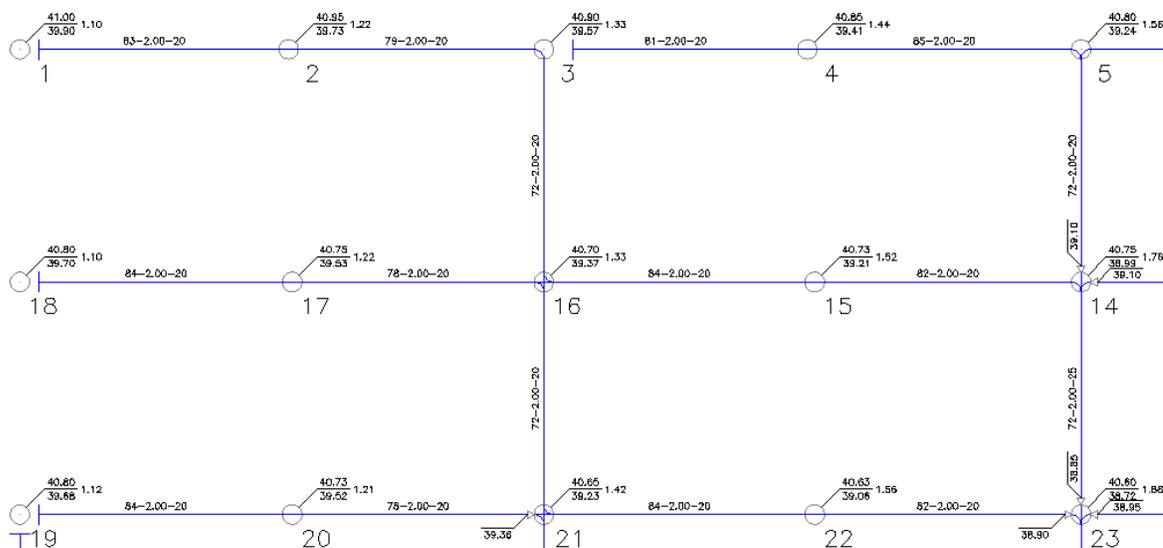


Figura 29. Análisis al inicio de la red método Bayoneta

Al llegar al final de la red (ver Figura 30), por consecuencia de los grandes tramos, las profundidades son altas, así como los diámetros de las tuberías debido a que se conduce una mayor cantidad de agua por la continuidad del diseño de la red.

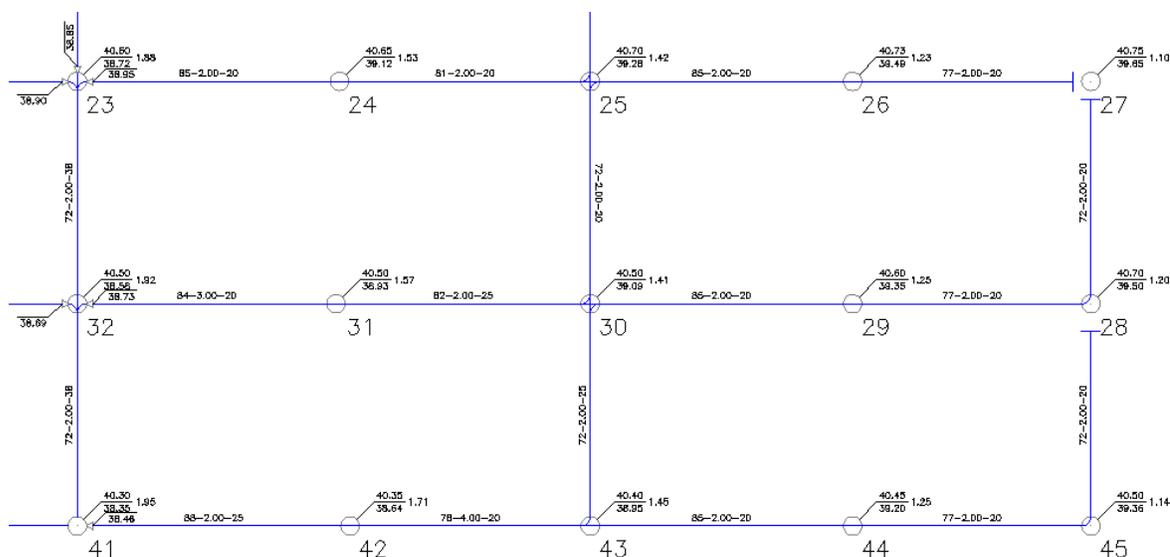


Figura 30. Análisis al final de la red método Bayoneta

Al final del colector se aprecia que requiere de un mayor diámetro, siendo éste de 14", debido a que se conducen las aguas negras desde puntos más superiores en la red que para el método de doble peine.

Así mismo, las velocidades alcanzadas para este método son mayores, generando mayores tramos con velocidades de autolavado (mayores o iguales a 0.6 mts/seg) logrando así evitar el mantenimiento contra azolves de la misma red.

A continuación se muestra más a detalle la comparación y los costos que genera cada uno de los métodos en lo referente a construcción.

- **Costos de construcción**

Para la construcción e instalación se analizó el proceso de la colocación, unión y funcionamiento inicial del sistema en estudio, por tanto se consideraron volúmenes de tierra de plantilla, excavación con máquina y relleno compactado, diámetro de tuberías, accesorios como pozos de visita y conceptos de obra que genera la instalación.

Con base en la tabla de cálculo generada por el Software CivilCAD (Apéndices A y B), se procedió a extraer datos claves como los volúmenes requeridos de excavación y relleno. Primeramente, se aprecia el estudio del método de Doble Peine (ver Tabla 9), donde se muestra la cantidad de metros cúbicos extraídos de la zanja de la tubería, así como la plantilla necesaria para sentar el tubo y el volumen de relleno necesario compactado al 95% y cerrar la apertura de la zanja.

Tabla 9. *Volúmenes método Doble Peine*

<b>Método Doble Peine</b>		
VOLUMENES (m3)		
Excavación	Plantilla	Relleno
4277.83	340.68	3937.15

De igual manera el estudio muestra los mismos resultados pero para el método de Bayoneta (ver Tabla 10) y se logra apreciar que éste genera mayores volúmenes de tierra a trabajar, lo cual se traduce a mayores costos.

Tabla 10. *Volúmenes método Bayoneta*

<b>Método Bayoneta</b>		
VOLUMENES (m3)		
Excavación	Plantilla	Relleno
4493.54	344.60	4148.94

Comparando los volúmenes de excavación que resultan ser los más relevantes, ya que de estos dependen la plantilla y el relleno, que para el método de Bayoneta se requiere mayor excavación y por consecuencia aumenta el relleno, debido principalmente a la continuidad de los tramos, lo cual los hace ganar mayor profundidad al ser la pendiente continua tramo a tramo.

Además de los volúmenes de excavación y relleno, se estudió en la tabla de cálculo de cada método, la variación de diámetros según el tramo de tubería estudiados, y se aprecia como el método de Doble Peine (ver Tabla 11) utiliza más variabilidad de tuberías pero al ser únicamente en el colector, son tramos cortos de tuberías grandes, siendo más significativa la cantidad de tubería de 8" ya que ésta es la que predomina; mientras que en el método de Bayoneta ( ver Tabla 12) los tramos conducen y colectan mayor cantidad de metros las aguas negras, lo cual hace que aumente el caudal y por tanto el diámetro requerido para transporte del mismo.

Tabla 11. *Diámetros y cantidad de metros de tubería método Doble Peine*

<b>Método Doble Peine</b>		
TUBERÍAS		
8"=	4288	m
10"=	72	m
12"=	72	m
14"=	72	m
Total=	4504	m

Tabla 12. Diámetros y cantidad de metros de tubería método Bayoneta

<b>Método Bayoneta</b>		
<b>TUBERÍAS</b>		
8"=	3720	m
10"=	640	m
14"=	144	m
<b>Total=</b>	<b>4504</b>	<b>m</b>

Una vez determinadas las cantidades de obra, se le aplicaron los costos unitarios de los conceptos de obra, para obtener un presupuesto de los costos de construcción de un sistema de alcantarillado sanitario (ver Apéndice E). A continuación se muestra un resumen del presupuesto, (ver Tabla 13) dentro de los conceptos de obra se incluyen el trazo y la colocación de la tubería, los volúmenes de movimiento de tierras, los costos de movimiento, unión y suministro de tubería y finalmente los costos de construcción y accesorios de los pozos de visita.

Tabla 13. Resumen de presupuesto de construcción

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	P. U.	MÉTODO DOBLE PEINE		MÉTODO BAYONETA	
				CANTIDAD	IMPORTE	CANTIDAD	IMPORTE
<b>2</b>	<b>DRENAJE SANITARIO</b>						
<b>2.1</b>	<b>PRELIMINARES</b>						
	Trazo para la colocación de la tubería.	ML	\$ 4.98	4,504.00	\$ 22,429.92	4,504.00	\$ 22,429.92
				<b>PRELIMINARES</b>	<b>\$ 22,429.92</b>	<b>PRELIMINARES</b>	<b>\$ 22,429.92</b>
<b>2.2</b>	<b>TERRACERIAS</b>						
	Excavación con máquina	M³	\$ 30.45	4,277.83	\$ 130,259.87	4,493.54	\$ 136,828.25
	Fabricación de Plantilla	M³	\$ 176.91	340.68	\$ 60,269.70	344.60	\$ 60,962.85
	Relleno de zanja	M³	\$ 65.70	3,937.15	\$ 258,670.64	4,148.94	\$ 272,585.39
				<b>TERRACERIAS</b>	<b>\$ 496,812.65</b>	<b>TERRACERIAS</b>	<b>\$ 517,988.92</b>
<b>2.3</b>	<b>INSTALACIONES</b>						
	Instalación de tubería de pvc de 8"	ML	\$ 27.84	4,288.00	\$ 119,377.92	3,720.39	\$ 103,575.53
	Suministro de tubería de PVC Sanitario S.M Serie 20 de 200 mm	ML	\$ 103.32	4,288.00	\$ 443,019.01	3,720.39	\$ 384,375.34
	Instalación de tubería de pvc de 10"	ML	\$ 29.71	72.00	\$ 2,139.12	639.61	\$ 19,002.95
	Suministro de tubería de PVC Sanitario S.M Serie 20 de 250 mm	ML	\$ 158.52	72.00	\$ 11,413.15	639.61	\$ 101,389.15
	Instalación de tubería de pvc de 12"	ML	\$ 33.09	72.00	\$ 2,382.48	-	\$ -
	Suministro de tubería de PVC Sanitario S.M Serie 20 de 315 mm	ML	\$ 252.08	72.00	\$ 18,149.40	-	\$ -
	Instalación de tubería de pvc de 14"	ML	\$ 36.85	72.00	\$ 2,653.20	144.00	\$ 5,306.40
	Suministro de tubería de PVC Sanitario S.M Serie 20 de 355 mm	ML	\$ 341.55	72.00	\$ 24,591.60	144.00	\$ 49,183.20
	Construcción de pozo de visita "común" de 1.25 m de profundidad	PZA	\$ 4,992.39	27.00	\$ 134,794.53	24.00	\$ 119,817.36
	Construcción de pozo de visita "común" de 1.50 m de profundidad	PZA	\$ 5,218.50	12.00	\$ 62,622.00	15.00	\$ 78,277.50
	Construcción de pozo de visita "común" de 1.75 m de profundidad	PZA	\$ 5,441.10	3.00	\$ 16,323.30	4.00	\$ 21,764.40
	Construcción de pozo de visita Común de 2.00 mt de profundidad	PZA	\$ 5,730.25	3.00	\$ 17,190.75	2.00	\$ 11,460.50
				<b>INSTALACIONES</b>	<b>\$ 892,648.92</b>	<b>INSTALACIONES</b>	<b>\$ 932,144.78</b>
				<b>TOTAL=</b>	<b>\$1,411,891.48</b>	<b>TOTAL=</b>	<b>\$1,472,563.62</b>

Al ser obtenidos los costos de construcción, se procedió a comparar los resultados para cada uno de los métodos (ver Tabla 14), para con ello conocer la diferencia en porcentaje de los costos de instalación de un método con respecto al otro.

Tabla 14. *Costos de construcción*

<b>Costos generados por construcción</b>		
	Método Doble Peine	Método Bayoneta
Costos de construcción	\$ 1,411,891.48	\$ 1,472,563.62
Diferencia en porcentaje	BASE	4.30 %

Los resultados muestran como el método de Bayoneta resulta tener un importe mayor en cuanto a construcción de 4.30%, en comparación al costo del Doble Peine.

- **Costos de mantenimiento**

Para cuestiones de mantenimiento, se consideró únicamente como referencia de comparación los aspectos de limpieza de azolves en las tuberías con bajas velocidades de flujo, sin tomar en cuenta el costo de la eliminación de raíces debido que para fines de comparación sería igual para ambos métodos, tomando como tramos propensos a mantenimiento los cuales no alcanzan velocidades mayores a 0.6 m/s (ver Apéndices F y G).

Analizando los tramos que requieren mayor limpieza, se realizó un presupuesto para evaluar el costo de los mismos asegurando un mantenimiento de una vez al año, de modo que fue necesario conocer el diámetro de la tubería así como los metros de la misma que requieren limpieza (ver Tabla 15).

Tabla 15. Resumen de presupuesto de mantenimiento para un año

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	P. U.	MÉTODO DOBLE PEINE		MÉTODO BAYONETA	
				CANTIDAD	IMPORTE	CANTIDAD	IMPORTE
2	DRENAJE SANITARIO						
2.4	MANTENIMIENTO						
	Limpieza de tubería con máquina para tubería de 200 mm	ML	\$ 99.42	2,718.87	\$ 270,310.06	2,456.00	\$ 244,175.52
				TOTAL=	\$ 270,310.06	TOTAL=	\$ 244,175.52

Se muestra en el presupuesto de obra que la limpieza de las tuberías, al ser mayor cantidad de metros para el método de doble peine, resulta ser más costoso el mantenimiento que en el método de bayoneta. La Tabla 16 presenta la comparación en porcentaje para conocer la varianza de costos de mantenimiento para un año.

Tabla 16. Costos de mantenimiento en un año

Costos generados por mantenimiento para un año		
	Método Doble Peine	Método Bayoneta
Costos de mantenimiento	\$ 270,310.06	\$ 244,175.52
Diferencia en Porcentaje	BASE	-9.67 %

Se aprecia que el método Bayoneta resulta más económico en un 9.67% que el método de Doble Peine en cuanto a mantenimiento o limpieza de la red para un año de utilización.

Si se desea analizar la totalidad de los costos entre ambos sistemas, es necesario considerar la vida útil del mismo, por ello se debe llevar a cabo un presupuesto de mantenimiento considerado para los 20 años de vida útil para los cuales se diseña un sistema de alcantarillado (ver Tabla 17), en la cual no se consideraron las variaciones de los costos de mantenimiento por aspectos de inflación.

Tabla 17. Resumen de presupuesto de mantenimiento para 20 años

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	P. U.	MÉTODO DOBLE PEINE		MÉTODO BAYONETA	
				CANTIDAD	IMPORTE	CANTIDAD	IMPORTE
2	DRENAJE SANITARIO						
2.4	MANTENIMIENTO						
	Limpieza de tubería con máquina de raspado para tubería de 200 mm	ML	\$ 99.42	2,718.87	\$ 270,310.06	2,456.00	\$ 244,175.52
	Consideración de vida útil	Años	20	TOTAL=	\$5,406,201.19	TOTAL=	\$4,883,510.40
				<b>TOTAL=</b>	<b>\$5,406,201.19</b>	<b>TOTAL=</b>	<b>\$4,883,510.40</b>

El porcentaje resulto ser el mismo para el periodo de la vida útil que para un año. El costo de mantenimiento para la totalidad de la vida útil se presenta en la Tabla 18.

Tabla 18. Costos de mantenimiento para la totalidad de la vida útil de 20 años

Costos generados por mantenimiento a 20 años		
	Método Doble Peine	Método Bayoneta
Costos de mantenimiento	\$ 5,406,201.19	\$ 4,883,510.40
Diferencia en Porcentaje	BASE	-9.67 %

- **Costos totales**

Finalmente al conocer ambos costos que genera un sistema de alcantarillado, instalación y mantenimiento de la red, se debe llegar a obtener el total de costos para cada uno de los métodos en primera instancia para un año (ver Tabla 19).

Tabla 19. Costos totales generados por la red para un año

Costos totales para un año		
	Método Doble Peine	Método Bayoneta
Costos de construcción	\$ 1,411,891.48	\$ 1,472,563.62
Costos de mantenimiento	\$ 270,310.06	\$ 244,175.52
Costo total	\$ 1,682,201.54	\$ 1,716,739.14
Diferencia en Porcentaje	BASE	2.05 %

Se muestra en la tabla la sumatoria total de los costos de instalación y mantenimiento de un año de vida útil para la red, lo cual arroja que el sistema diseñado por el método de Bayoneta resulta tener un importe mayor en un 2.05% que el sistema diseñado por el Doble Peine.

Para la totalidad de los costos de instalación y mantenimiento para el período de vida del sistema, siendo de 20 años, con la finalidad de conocer el verdadero costo que generaría la instalación de un método respecto a otro a largo plazo (ver Tabla 20).

Tabla 20. *Costos totales generados por la red para la vida útil de 20 años*

<b>Costos totales para 20 años</b>		
	Método Doble Peine	Método Bayoneta
Costos de construcción	\$ 1,411,891.48	\$ 1,472,563.62
Costos de mantenimiento	\$ 5,406,201.19	\$ 4,883,510.40
Costo total	\$ 6,818,092.68	\$ 6,356,074.02
Diferencia en Porcentaje	BASE	-6.78 %

Tomando en cuenta la vida útil del sistema, se obtuvo un presupuesto más apegado a la realidad, ya que la construcción resulta ser un costo mínimo con respecto al mantenimiento de 20 años de la red. De este modo, el método de Bayoneta es más económico un 6.78% con base al de Doble Peine.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

Al finalizar el presente proyecto se debe destacar que se han obtenido los resultados esperados, la comparación de ambos estudios de diseño de alcantarillado sanitario ha servido como evidencia para demostrar, según las condiciones presentadas, que uno de ellos es más económico que el otro, de este modo se logra tener un punto de referencia de carácter cuantitativo sobre la conveniencia de utilizar alguno de los métodos de diseño analizados.

Con la elaboración del estudio se logró conocer con éxito el proceso de diseño de un sistema de alcantarillado sanitario, desde sus inicios en definición de parámetros y normatividad hasta terminar el proyecto y conocer los costos de construcción y mantenimiento del sistema.

La evaluación de dos sistemas de diseño de redes de atarjeas logra evidenciar el comportamiento de uno con respecto al otro, y de este modo definir cuál de ellos es más viable para utilizar según las necesidades del usuario.

Mediante un análisis de ambos métodos se logró observar que el principal factor que influye en la diferencia de resultados entre los mismos, es la continuidad del flujo hidráulico hacia el colector, ya que para el método de Doble Peine se da poca continuidad al mismo, abarcando menos tramos de tubería para descargar al colector; mientras que, el método de Bayoneta utiliza más cantidad de tramos de tubería para descargar al colector con el objetivo de dar mayor continuidad al caudal.

Al determinar los costos de construcción de los sistemas, se logró indicar que uno de los principales factores de influencia es la pendiente de las tuberías, determinada según el caudal y el diámetro requerido. Para el diseño de doble peine los tramos de descarga al colector son cortos y la pendiente afecta naturalmente a la descarga; para el método de Bayoneta dichos tramos son de mayor dimensión al utilizar más tramos de tuberías, por tanto, al acarrear un mayor caudal, las pendientes son mayores dando lugar a un sistema de tuberías más profundo para el segundo método.

Otro factor para determinar el costo inicial, es el diámetro de las tuberías a utilizar, como se menciona anteriormente, los tramos de descarga del método de Bayoneta son más extensos por tanto conducen mayor flujo dando lugar a una necesidad mayor de diámetro de tubería que para el método de Doble Peine.

Dicho comportamiento hidráulico, provocado por el manejo del flujo provoca que para el método de Bayoneta la velocidad del caudal sea mayor, favoreciendo a que en la red se presenten tramos de tubería que alcanzan velocidades autolavables y con ellos contribuir al ahorro de limpieza de tubería; tal ahorro se ve reflejado en la disminución de costos de mantenimiento para el método de

Bayoneta ya que para el Doble Peine se presentan menores tramos con velocidades del flujo de autolimpieza.

Respecto a los objetivos establecidos, se puede decir que al final del proyecto se cumplieron los objetivos y se presenta una solución al problema planteado.

Con base en los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

- Si únicamente se desean considerar costos de construcción del alcantarillado sanitario, el sistema de bayoneta tiene un importe mayor que el de Doble Peine en un 4.30%.
- Si sólo se estudia el mantenimiento o limpieza del sistema de alcantarillado, se aprecia que, por el contrario el método de Bayoneta es más económico en un 9.67% que el método de Doble Peine.
- Proponiendo un período de un año para estudio de costos y considerando ambos conceptos como son los presupuestos de construcción y mantenimiento se obtiene que el método de Bayoneta se encuentra más costoso en un 2.05% que el método de Doble Peine.
- Conociendo el periodo de diseño de un sistema de alcantarillado, siendo este de 20 años, se realizó una nueva comparación de costos totales y se observó que en este caso el método de Bayoneta es más bajo en su costo que el de Doble Peine en un 6.78%.

Al iniciar el proyecto, se propuso la siguiente hipótesis: *El sistema en Doble Peine es más económico en un rango de 5-10 % que el sistema en Bayoneta, tomando en cuenta los costos de construcción y mantenimiento de sistema de alcantarillado, considerando una vida útil de 20 años.*

Al analizar los resultados se concluye que la hipótesis planteada se rechaza debido a que el método de Bayoneta resultó un 6.78% más económico que el método de Doble Peine.

Para fines de comparación, el lector debe analizar cuál es su plan de diseño para su sistema de alcantarillado sanitario, y tomando como base en el presente estudio y sus delimitaciones, podrá comparar el costo y comportamiento hidráulico del método de diseño de redes de atarjeas de Doble Peine contra el de Bayoneta y así tomar como referencia cuál de ellos resulta más conveniente para sus fines.

Cabe señalar que, las dependencias reguladoras de diseño de redes de alcantarillado, no cuentan con un análisis o una comparación cuantitativa de alguno de los métodos con respecto al otro, por tanto el presente proyecto aporta una comparación de dicho carácter que puede utilizarse siempre y cuando las condiciones en estudio sean similares a las que se delimitan en el presente.

Se puede además, incorporar aspectos cuantitativos a las ventajas y desventajas de cada uno de los métodos que están planteadas en el manual de alcantarillado sanitario descrito por CONAGUA (2009).

## **5.2. Recomendaciones**

La topografía es un factor importante que puede influir para la variación de costos, debido a que determina las condiciones del flujo para la red de alcantarillado, el presente estudio considera una topografía prácticamente plana, por tanto, el estudio será únicamente válido al compararse con terrenos similares y debe adecuarse el lector a las condiciones establecidas en el presente, el autor considera interesante realizar estudios similares para variaciones topográficas y así evaluar el comportamiento de un sistema respecto al otro.

Todos los costos son representativos de la región, por ello el análisis es válido al contarse con un porcentaje de variación entre métodos, si se desea adecuar a alguna otra región es recomendable variar los costos unitarios de cada concepto de obra lo cual puede ocasionar una variación en la diferencia de precios e incluso revertir los resultados.

CivilCAD es una herramienta válida en el uso de módulos de agua potable y alcantarillado, para fines de comparación se aceptan los resultados ya que sus limitaciones se aplican tanto a un método como a otro. Pudiese realizarse el mismo estudio manualmente para conocer las limitantes de CivilCAD.

## Referencias

- Alegría, P. (1985). *Abastecimiento de Agua Potable y Disposición y Eliminación de Excretas*. Ciudad de México, Edo. de México: Talleres Gráficos de la Nación.
- Almirón, E. (2012). Observatorio de Políticas Públicas de Derechos Humanos en el MERCOSUR. Recuperado el 01 de Febrero de 2014, de ObservatorioMercosur.org.uy:  
[http://www.observatoriomercosur.org.uy/libro/el\\_agua\\_como\\_elemento\\_vital\\_en\\_el\\_desarrollo\\_del\\_hombre\\_17.php](http://www.observatoriomercosur.org.uy/libro/el_agua_como_elemento_vital_en_el_desarrollo_del_hombre_17.php)
- Babbitt, H., & Baumann, R. (1962). *Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Negras*. México, D.F.: Compañía Editorial Continental, S.A.
- CNA. (2007). *Datos básicos*. Coyoacán, México, DF.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA. (01 de Diciembre de 2009). Comisión Nacional del Agua. Recuperado el 15 de Diciembre de 2013, de [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx):  
<http://www.conagua.gob.mx/inicio.aspx>
- CONAGUA. (2009). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario*. México, D.F.: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- EPA. (13 de 05 de 2013). United States Environmental Protection Agency. Recuperado el 21 de 03 de 2014, de United States Environmental Protection Agency:  
[http://water.epa.gov/scitech/wastetech/upload/2003\\_07\\_30\\_mtb\\_cs-99-031.pdf](http://water.epa.gov/scitech/wastetech/upload/2003_07_30_mtb_cs-99-031.pdf)

Fair, G., Geyer, J., & Okun, D. (1999). *Abastecimiento de Agua y Remoción de Aguas Residuales*. México, D.F.: LIMUSA, S.A. de C.V.

GOSB. (01 de 03 de 2006). Guía de Orientación en Saneamiento Básico. Recuperado el 19 de 03 de 2014, de Guía de Orientación en Saneamiento Básico: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-5sas.htm#arriba>

INEGI. (01 de Enero de 2010). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado el 02 de Febrero de 2014, de INEGI.ORG.MX: <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/densidad.aspx?tema=P>

IUTA. (01 de 10 de 2011). Instituto Universitario de Tecnología Agroalimentaria. Recuperado el 19 de 03 de 2014, de Instituto Universitario de Tecnología Agroalimentaria: <http://dc251.4shared.com/doc/Y3QCux7N/preview.html>

J. McGhee, T. (1999). *Abastecimiento de agua y alcantarillado*. En T. J. McGhee, *Abastecimiento de agua y alcantarillado* (pág. 602). Santafé de Bogotá, D.C., Colombia: McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A.

Lefebvre, H. (01 de Enero de 2002). Naciones Unidas. Recuperado el 02 de Febrero de 2014, de NU.ORG: <http://www.un.org/cyberschoolbus/spanish/cities/eideal.asp>

pluviales, H. s. (19 de 02 de 2013). Hidro soluciones pluviales. Recuperado el 17 de 03 de 2014, de Hidro soluciones pluviales: <http://hidropluviales.com/?p=103>

RSMEANS. (01 de Enero de 2014). RSMEANS. Recuperado el 28 de Abril de 2014, de RSMEANS: <http://rsmeans.reedconstructiondata.com/>

SISS. (01 de 01 de 2000). Superintendencia de Servicios Sanitarios. Recuperado el 17 de 03 de 2014, de Superintendencia de Servicios Sanitarios: <http://www.siss.gob.cl/577/w3-article-8579.html>

SMN, S. (01 de 01 de 2010). Observatorio Sinóptico de SMN.CNA. Recuperado el 1 de Marzo de 2014, de <http://smn.cna.gob.mx/observatorios/historica/obregon.pdf>

Tchobanoglous, G. (1996). *Ingeniería de aguas residuales*, Tomo III: Redes de alcantarillado y bombeo. México, D.F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.

UNAM. (10 de 07 de 2009). *Revista Universidad Nacional Autónoma de México*. Recuperado el 14 de 03 de 2014, de Revista Universidad Nacional Autónoma de México: <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num7/art44/int44-1.htm>

# **ANÉXOS**

## **COTIZACIÓN DE MATERIALES**



**URBANIZACIÓN Y RIEGO BAJA CALIFORNIA, S.A. DE C.V.**  
Circuito del Parque No. 1057, Parque Industrial Cd .Obregón, Cd. Obregón, Son. C.P. 85065  
Tel. y Fax: (644) 413 0420 y 21  
www.urbaca.com.mx

## COTIZACIÓN

Página 1 de 1

**CLIENTE** ALFARO VASQUEZ CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V

**NÚMERO DE CLIENTE:** 504

**DIRECCIÓN:** EJERCITO NACIONAL No. 1024 OTE, PRIMAVERA, CD. OBREGON, SONORA

**TELÉFONO:** 644-417-9999

**FAX:** 644-417-9992

**CONTACTO:**

**FECHA:** 03/abril/2014

**No. DE COTIZACIÓN:** 18868

**ATENDIÓ:** JOSÉ CABANILLAS

PART	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P. U.	IMPORTE
1	TS02500080	TUBO PVC SAN S.M S-25 200mm x 6	1.000	PZ	\$490.87	\$490.87
2	TS02500100	TUBO PVC SAN S.M S-25 250mm x 6	1.000	PZ	\$767.66	\$767.66
3	TS02500120	TUBO PVC SAN S.M S-25 315mm x 6	1.000	PZ	\$1,223.44	\$1,223.44
4	TS02500140	TUBO PVC SAN S.M S-25 355mm x 6	1.000	PZ	\$1,657.00	\$1,657.00
5	TS02500160	TUBO PVC SAN S.M S-25 400mm x 6	1.000	PZ	\$2,080.76	\$2,080.76
6	TS0200080	TUBO PVC SAN S.M S-20 200mm x 6	1.000	PZ	\$619.90	\$619.90
7	TS0200100	TUBO PVC SAN S.M S-20 250mm x 6	1.000	PZ	\$951.10	\$951.10
8	TS0200120	TUBO PVC SAN S.M S-20 315mm x 6	1.000	PZ	\$1,512.45	\$1,512.45
9	TS0200140	TUBO PVC SAN S.M S-20 355mm x 6	1.000	PZ	\$2,049.33	\$2,049.33
10	TS0200160	TUBO PVC SAN S.M S-20 400mm x 6	1.000	PZ	\$2,600.99	\$2,600.99

**SUB-TOTAL** \$13,953.50

**16 % I.V.A.** \$2,232.56

**TOTAL** \$16,186.06

**MONEDA:** MONEDA NACIONAL

**TIEMPO DE ENTREGA:**

**VIGENCIA:** 18/abr/2014

**CONDICIONES DE PAGO:**

**OBSERVACIONES:**

**FAVOR DE HACER REFERENCIA AL NÚMERO DE COTIZACIÓN EN SU ORDEN DE COMPRA**

## APÉNDICE A

### TABLA DE CÁLCULO DOBLE PEINE

**TABLA DE CALCULO HIDRAULICO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO**

**Proyecto: Tesis      Autor: Cesar Ayala      Fecha: 09/05/2014**

		HABITACIONAL					Coef. Previsión = 1.50					
		POBLACION = 6500 Hab					Coef. Harmon =3.14					
		DENSIDAD POBLACION = 1.44 Hab/m					Long. total red = 4504.00m					
		DOTACION = 300 l/Hab/Día										
		APORTACION = 240 l/Hab/Día										
		Qmin = 9.03 lps					GASTO MINIMO = 9.03 lps					
		Qmed = 18.06 lps					GASTO MEDIO = 18.06 lps					
		Qmax inst = 56.65 lps					GASTO MAX. INST. = 56.65 lps					
		Qmax prev = 84.98 lps					GASTO MAX. PREV. = 84.98 lps					
NOMBRE DE LA CALLE	TRAMO	LONGITUD(m)			POBLACION	COEF. HARMON	GASTOS(lps)			COTAS TERRENO(m)		
		Tramo	Tributaria	Total			Qmed	Qmin	QMax Prev	Inicial	Final	
	36-37	72	0	72	104	3.800	0.289	1.500	1.645	40.500	40.400	
	19-36	72	0	72	104	3.800	0.289	1.500	1.645	40.800	40.500	
	36-35	84	72	156	225	3.800	0.626	1.500	3.569	40.500	40.500	
	35-34	78	156	234	338	3.800	0.938	1.500	5.347	40.500	40.500	
	21-34	72	0	72	104	3.800	0.289	1.500	1.645	40.650	40.500	
	37-38	86	72	158	229	3.800	0.635	1.500	3.620	40.400	40.350	
	38-39	76	158	234	338	3.800	0.938	1.500	5.347	40.350	40.300	
	34-39	72	0	72	104	3.800	0.289	1.500	1.645	40.500	40.300	
	19-20	83	0	83	119	3.800	0.332	1.500	1.892	40.800	40.725	
	20-21	79	83	162	234	3.800	0.649	1.500	3.702	40.725	40.650	
	16-21	72	0	72	104	3.800	0.289	1.500	1.645	40.700	40.650	
	27-28	72	0	72	104	3.800	0.289	1.500	1.645	40.750	40.700	
	28-29	74	72	146	211	3.800	0.586	1.500	3.339	40.700	40.600	
	29-30	88	146	234	338	3.800	0.938	1.500	5.347	40.600	40.500	
	25-30	72	0	72	104	3.800	0.289	1.500	1.645	40.700	40.500	
	30-31	83	306	389	561	3.800	1.558	1.500	8.883	40.500	40.500	
	31-32	83	389	472	681	3.800	1.892	1.500	10.785	40.500	40.500	
	34-33	84	306	390	563	3.800	1.563	1.500	8.908	40.500	40.500	
	33-32	82	390	472	681	3.800	1.892	1.500	10.785	40.500	40.500	
	27-26	75	0	75	108	3.800	0.300	1.500	1.711	40.750	40.725	
	26-25	87	75	162	234	3.800	0.649	1.500	3.702	40.725	40.700	
	12-25	72	0	72	104	3.800	0.289	1.500	1.645	40.750	40.700	
	25-24	78	234	312	451	3.800	1.252	1.500	7.136	40.700	40.650	
	24-23	88	312	400	577	3.800	1.604	1.500	9.140	40.650	40.600	
	21-22	84	234	318	459	3.800	1.274	1.500	7.263	40.650	40.625	
	22-23	82	318	400	577	3.800	1.604	1.500	9.140	40.625	40.600	
	9-10	72	0	72	104	3.800	0.289	1.500	1.645	41.000	41.000	
	10-11	80	72	152	220	3.800	0.610	1.500	3.476	41.000	40.875	

**TABLA DE CALCULO HIDRAULICO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO**

Proyecto: Tesis      Autor: Cesar Ayala      Fecha: 09/05/2014

PENDIENTE(m/km)		DIAMETRO			Coef. Rug. Manning	TUBO LLENO		RELACION DE GASTOS	
Terreno	Propuesta	Cálculo (cm)	Comercial (cm)	Pulg.		QII (lps)	VII (m/s)	Qmin/QII	Qmax/QII
1.389	2	7.671	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.074
4.167	4	6.736	20	8"	0.009	31.258	0.964	0.048	0.053
0.000	2	10.256	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.161
0.000	2	11.934	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.242
2.083	2	7.671	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.074
0.578	2	10.311	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.164
0.662	2	11.934	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.242
2.778	2	7.671	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.074
0.906	2	8.084	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.086
0.947	2	10.397	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.167
0.694	2	7.671	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.074
0.694	2	7.671	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.074
1.349	2	10.003	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.151
1.138	2	11.934	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.242
2.778	3	7.109	20	8"	0.009	27.071	0.835	0.055	0.061
0.000	2	14.437	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.402
0.000	2	15.526	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.488
0.000	2	14.452	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.403
0.000	2	15.526	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.488
0.334	2	7.785	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.077
0.287	2	10.397	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.167
0.694	2	7.671	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.074
0.639	2	13.298	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.323
0.570	2	14.592	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.414
0.298	2	13.386	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.329
0.304	2	14.592	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.414
0.000	2	7.671	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.074
1.560	2	10.155	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.157

**TABLA DE CALCULO HIDRAULICO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO**

**Proyecto: Tesis      Autor: Cesar Ayala      Fecha: 09/05/2014**

RELACION VELOCIDAD		RELACION TIRANTES		VELOCIDAD (m/s)		TIRANTE (cm)		COTA CLAVE (m)	
Vmin/VII	Vmax/VII	ymin/D	ymin/D	Vmin	Vmax	ymin	ymin	Inicial	Final
0.571	0.586	0.176	0.185	0.389	0.400	3.585	3.751	39.600	39.456
0.515	0.529	0.149	0.156	0.496	0.510	3.029	3.168	39.888	39.600
0.571	0.735	0.176	0.272	0.389	0.501	3.585	5.522	39.600	39.432
0.571	0.824	0.176	0.335	0.389	0.561	3.585	6.806	39.432	39.276
0.571	0.586	0.176	0.185	0.389	0.400	3.585	3.751	39.744	39.600
0.571	0.738	0.176	0.274	0.389	0.503	3.585	5.562	39.456	39.283
0.571	0.824	0.176	0.335	0.389	0.561	3.585	6.806	39.283	39.132
0.571	0.586	0.176	0.185	0.389	0.400	3.585	3.751	39.276	39.132
0.571	0.611	0.176	0.198	0.389	0.416	3.585	4.019	39.888	39.722
0.571	0.742	0.176	0.277	0.389	0.506	3.585	5.625	39.722	39.564
0.571	0.586	0.176	0.185	0.389	0.400	3.585	3.751	39.800	39.656
0.571	0.586	0.176	0.185	0.389	0.400	3.585	3.751	39.850	39.706
0.571	0.721	0.176	0.263	0.389	0.491	3.585	5.338	39.706	39.558
0.571	0.824	0.176	0.335	0.389	0.561	3.585	6.806	39.558	39.382
0.537	0.552	0.160	0.167	0.449	0.461	3.248	3.397	39.800	39.584
0.571	0.945	0.176	0.441	0.389	0.644	3.585	8.962	39.382	39.216
0.571	0.994	0.176	0.493	0.389	0.677	3.585	10.016	39.216	39.050
0.571	0.946	0.176	0.442	0.389	0.645	3.585	8.975	39.276	39.108
0.571	0.994	0.176	0.493	0.389	0.677	3.585	10.016	39.108	38.944
0.571	0.593	0.176	0.188	0.389	0.404	3.585	3.825	39.850	39.700
0.571	0.742	0.176	0.277	0.389	0.506	3.585	5.625	39.700	39.526
0.571	0.586	0.176	0.185	0.389	0.400	3.585	3.751	39.850	39.706
0.571	0.892	0.176	0.391	0.389	0.608	3.585	7.940	39.526	39.369
0.571	0.953	0.176	0.448	0.389	0.649	3.585	9.107	39.369	39.194
0.571	0.896	0.176	0.395	0.389	0.611	3.585	8.017	39.564	39.396
0.571	0.953	0.176	0.448	0.389	0.649	3.585	9.107	39.396	39.232
0.571	0.586	0.176	0.185	0.389	0.400	3.585	3.751	40.100	39.956
0.571	0.729	0.176	0.268	0.389	0.497	3.585	5.448	39.956	39.796

**TABLA DE CALCULO HIDRAULICO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO**

Proyecto: Tesis

Autor: Cesar Ayala

Fecha: 09/05/2014

COTA BATEA (m)		PROFUNDIDAD (m)		VOLUMENES (m3)			OBSERVACIONES
Inicial	Final	Pozo	Media	Excavación	Plantilla	Relleno	
39.397	39.253	1.003	1.047	55.361	5.400	49.961	
39.685	39.397	1.015	1.003	54.497	5.400	49.097	
39.397	39.228	1.003	1.172	68.665	6.315	62.351	
39.228	39.073	1.172	1.327	72.907	5.835	67.071	
39.541	39.397	1.009	1.003	54.335	5.400	48.935	
39.253	39.080	1.047	1.170	71.873	6.483	65.390	
39.080	38.929	1.170	1.271	69.173	5.667	63.506	
39.073	38.929	1.327	1.271	70.157	5.400	64.757	
39.685	39.519	1.015	1.106	65.859	6.210	59.649	
39.519	39.361	1.106	1.189	68.159	5.940	62.219	
39.597	39.453	1.003	1.097	56.711	5.400	51.311	
39.647	39.503	1.003	1.097	56.711	5.400	51.311	
39.503	39.355	1.097	1.145	62.355	5.561	56.795	
39.355	39.179	1.145	1.221	77.973	6.589	71.384	
39.597	39.381	1.003	1.019	54.605	5.400	49.205	
39.179	39.013	1.221	1.387	80.947	6.208	74.740	
39.013	38.847	1.387	1.553	91.759	6.242	85.517	
39.073	38.905	1.327	1.495	88.728	6.288	82.440	
38.905	38.741	1.495	1.659	97.175	6.162	91.014	
39.647	39.497	1.003	1.128	59.853	5.617	54.236	
39.497	39.323	1.128	1.277	78.567	6.533	72.033	
39.647	39.503	1.003	1.097	56.711	5.400	51.311	
39.323	39.166	1.277	1.384	78.113	5.871	72.242	
39.166	38.991	1.384	1.509	95.164	6.579	88.585	
39.361	39.193	1.189	1.332	79.264	6.288	72.976	
39.193	39.029	1.332	1.471	86.361	6.162	80.199	
39.897	39.753	1.003	1.147	58.061	5.400	52.661	
39.753	39.593	1.147	1.182	70.004	6.010	63.994	

**TABLA DE CALCULO HIDRAULICO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO**

**Proyecto: Tesis      Autor: Cesar Ayala      Fecha: 09/05/2014**

	11-12	82	152	234	338	3.800	0.938	1.500	5.347	40.875	40.750
	7-12	72	0	72	104	3.800	0.289	1.500	1.645	40.800	40.750
	12-13	81	306	387	558	3.800	1.549	1.500	8.832	40.750	40.750
	13-14	85	387	472	681	3.800	1.892	1.500	10.785	40.750	40.750
	18-17	81	0	81	118	3.800	0.326	1.500	1.860	40.800	40.750
	17-16	81	81	162	234	3.800	0.649	1.500	3.702	40.750	40.700
	3-16	72	0	72	104	3.800	0.289	1.500	1.645	40.900	40.700
	16-15	83	234	317	458	3.800	1.271	1.500	7.246	40.700	40.725
	15-14	83	317	400	577	3.800	1.604	1.500	9.140	40.725	40.750
	9-8	82	0	82	118	3.800	0.327	1.500	1.865	41.000	40.900
	8-7	80	82	162	234	3.800	0.649	1.500	3.702	40.900	40.800
	7-6	79	162	241	348	3.800	0.966	1.500	5.508	40.800	40.800
	6-5	87	241	328	473	3.800	1.315	1.500	7.495	40.800	40.800
	1-2	81	0	81	118	3.800	0.326	1.500	1.860	41.000	40.950
	2-3	81	81	162	234	3.800	0.649	1.500	3.702	40.950	40.900
	3-4	84	162	246	355	3.800	0.986	1.500	5.617	40.900	40.850
	4-5	82	246	328	473	3.800	1.315	1.500	7.495	40.850	40.800
	5-14	72	656	728	1051	3.786	2.918	1.500	16.574	40.800	40.750
	14-23	72	1600	1672	2413	3.521	6.703	3.351	35.400	40.750	40.600
	23-32	72	2472	2544	3671	3.366	10.198	5.099	51.498	40.600	40.500
	32-41	72	3488	3560	5138	3.234	14.271	7.136	69.231	40.500	40.300
	30-43	72	0	72	104	3.800	0.289	1.500	1.645	40.500	40.400
	28-45	72	0	72	104	3.800	0.289	1.500	1.645	40.700	40.500
	45-44	76	72	148	213	3.800	0.592	1.500	3.374	40.500	40.450
	44-43	86	148	234	338	3.800	0.938	1.500	5.347	40.450	40.400
	43-42	76	306	382	551	3.800	1.531	1.500	8.730	40.400	40.350
	42-41	90	382	472	681	3.800	1.892	1.500	10.785	40.350	40.300
	39-40	86	306	392	566	3.800	1.572	1.500	8.959	40.300	40.300
	40-41	80	392	472	681	3.800	1.892	1.500	10.785	40.300	40.300

**TABLA DE CALCULO HIDRAULICO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO**

Proyecto: Tesis      Autor: Cesar Ayala      Fecha: 09/05/2014

1.527	2	11.934	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.242
0.694	2	7.671	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.074
0.000	2	14.406	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.400
0.000	2	15.526	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.488
0.614	2	8.033	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.084
0.620	2	10.397	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.167
2.778	3	7.109	20	8"	0.009	27.071	0.835	0.055	0.061
-0.301	2	13.375	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.328
-0.302	2	14.592	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.414
1.225	2	8.040	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.084
1.244	2	10.397	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.167
0.000	2	12.067	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.249
0.000	2	13.545	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.339
0.614	2	8.033	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.084
0.620	2	10.397	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.167
0.596	2	12.157	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.254
0.609	2	13.545	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.339
0.694	2	18.241	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.750
2.083	2	24.245	25	10"	0.009	40.076	0.791	0.084	0.883
1.389	3	25.862	30	12"	0.009	79.813	1.094	0.064	0.645
2.778	2	31.179	38	15"	0.009	118.156	1.036	0.060	0.586
1.389	2	7.671	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.074
2.778	2	7.671	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.074
0.661	2	10.041	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.153
0.579	2	11.934	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.242
0.658	2	14.343	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.395
0.556	2	15.526	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.488
0.000	2	14.483	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.405
0.000	2	15.526	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.488

**TABLA DE CALCULO HIDRAULICO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO**

**Proyecto: Tesis      Autor: Cesar Ayala      Fecha: 09/05/2014**

0.571	0.824	0.176	0.335	0.389	0.561	3.585	6.806	39.796	39.632
0.571	0.586	0.176	0.185	0.389	0.400	3.585	3.751	39.900	39.756
0.571	0.944	0.176	0.440	0.389	0.643	3.585	8.932	39.632	39.471
0.571	0.994	0.176	0.493	0.389	0.677	3.585	10.016	39.471	39.300
0.571	0.608	0.176	0.196	0.389	0.414	3.585	3.985	39.900	39.737
0.571	0.742	0.176	0.277	0.389	0.506	3.585	5.625	39.737	39.576
0.537	0.552	0.160	0.167	0.449	0.461	3.248	3.397	40.000	39.784
0.571	0.895	0.176	0.394	0.389	0.610	3.585	8.006	39.576	39.410
0.571	0.953	0.176	0.448	0.389	0.649	3.585	9.107	39.410	39.244
0.571	0.608	0.176	0.196	0.389	0.415	3.585	3.990	40.100	39.937
0.571	0.742	0.176	0.277	0.389	0.506	3.585	5.625	39.937	39.776
0.571	0.830	0.176	0.340	0.389	0.566	3.585	6.913	39.776	39.618
0.571	0.904	0.176	0.401	0.389	0.616	3.585	8.156	39.618	39.444
0.571	0.608	0.176	0.196	0.389	0.414	3.585	3.985	40.100	39.937
0.571	0.742	0.176	0.277	0.389	0.506	3.585	5.625	39.937	39.776
0.571	0.835	0.176	0.344	0.389	0.569	3.585	6.985	39.776	39.608
0.571	0.904	0.176	0.401	0.389	0.616	3.585	8.156	39.608	39.444
0.571	1.097	0.176	0.646	0.389	0.748	3.585	13.128	39.444	39.300
0.607	1.129	0.196	0.730	0.480	0.893	4.966	18.549	39.244	39.100
0.560	1.063	0.171	0.585	0.613	1.163	5.222	17.816	39.100	38.884
0.551	1.039	0.167	0.550	0.571	1.077	6.350	20.960	38.884	38.740
0.571	0.586	0.176	0.185	0.389	0.400	3.585	3.751	39.382	39.238
0.571	0.586	0.176	0.185	0.389	0.400	3.585	3.751	39.706	39.562
0.571	0.723	0.176	0.264	0.389	0.493	3.585	5.366	39.562	39.411
0.571	0.824	0.176	0.335	0.389	0.561	3.585	6.806	39.411	39.238
0.571	0.941	0.176	0.437	0.389	0.641	3.585	8.874	39.238	39.086
0.571	0.994	0.176	0.493	0.389	0.677	3.585	10.016	39.086	38.906
0.571	0.948	0.176	0.443	0.389	0.646	3.585	9.004	39.132	38.960
0.571	0.994	0.176	0.493	0.389	0.677	3.585	10.016	38.960	38.800

**TABLA DE CALCULO HIDRAULICO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO**

**Proyecto: Tesis      Autor: Cesar Ayala      Fecha: 09/05/2014**

39.593	39.429	1.182	1.221	73.795	6.140	67.655
39.697	39.553	1.003	1.097	56.711	5.400	51.311
39.429	39.268	1.221	1.382	78.616	6.039	72.577
39.268	39.097	1.382	1.553	94.090	6.411	87.680
39.697	39.534	1.003	1.116	64.705	6.106	58.598
39.534	39.373	1.116	1.227	70.808	6.044	64.764
39.797	39.581	1.003	1.019	54.605	5.400	49.205
39.373	39.207	1.227	1.418	82.436	6.232	76.204
39.207	39.041	1.418	1.609	94.128	6.218	87.910
39.897	39.734	1.003	1.066	63.353	6.122	57.230
39.734	39.573	1.066	1.127	66.116	6.028	60.088
39.573	39.415	1.127	1.285	71.495	5.927	65.568
39.415	39.241	1.285	1.459	89.509	6.523	82.986
39.897	39.734	1.003	1.116	64.705	6.106	58.598
39.734	39.573	1.116	1.227	70.808	6.044	64.764
39.573	39.405	1.227	1.345	80.868	6.288	74.580
39.405	39.241	1.345	1.459	86.392	6.162	80.230
39.241	39.097	1.459	1.553	81.335	5.400	75.935
38.990	38.846	1.660	1.654	95.443	5.760	89.683
38.795	38.579	1.705	1.821	107.883	6.120	101.763
38.503	38.359	1.897	1.841	134.568	7.200	127.368
39.179	39.035	1.221	1.265	67.133	5.400	61.733
39.503	39.359	1.097	1.041	57.737	5.400	52.337
39.359	39.208	1.041	1.142	61.940	5.673	56.267
39.208	39.035	1.142	1.265	77.972	6.477	71.495
39.035	38.883	1.265	1.367	75.060	5.703	69.357
38.883	38.703	1.367	1.497	96.638	6.747	89.891
38.929	38.757	1.271	1.443	87.633	6.457	81.177
38.757	38.597	1.443	1.603	91.298	5.993	85.305

## APÉNDICE B

### TABLA DE CÁLCULO BAYONETA

**TABLA DE CALCULO HIDRAULICO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO**

**Proyecto: TESIS      Autor: CESAR AYALA      Fecha: 09/05/2014**

		HABITACIONAL			Coef. Previsión = 1.50							
		POBLACION = 6500 Hab			Coef. Harmon =3.14							
		DENSIDAD POBLACION = 1.44 Hab/m			Long. total red = 4504.00m							
		DOTACION = 300 l/Hab/Día										
		APORTACION = 240 l/Hab/Día										
		Qmin = 9.03 lps			GASTO MINIMO = 9.03 lps							
		Qmed = 18.06 lps			GASTO MEDIO = 18.06 lps							
		Qmax inst = 56.65 lps			GASTO MAX. INST. = 56.65 lps							
		Qmax prev = 84.98 lps			GASTO MAX. PREV. = 84.98 lps							
NOMBRE DE LA CALLE	TRAMO	LONGITUD(m)			POBLACION	COEF. HARMON	GASTOS(lps)			COTAS TERRENO(m)		
		Tramo	Tributaria	Total			Qmed	Qmin	QMax Prev	Inicial	Final	
	36-37	72	0	72	104	3.800	0.289	1.500	1.645	40.500	40.400	
	19-36	72	0	72	104	3.800	0.289	1.500	1.645	40.800	40.500	
	36-35	88	72	160	230	3.800	0.640	1.500	3.647	40.500	40.500	
	35-34	74	160	234	338	3.800	0.938	1.500	5.347	40.500	40.500	
	19-20	84	0	84	122	3.800	0.338	1.500	1.924	40.800	40.725	
	20-21	78	84	162	234	3.800	0.649	1.500	3.702	40.725	40.650	
	18-17	84	0	84	122	3.800	0.338	1.500	1.924	40.800	40.750	
	17-16	78	84	162	234	3.800	0.649	1.500	3.702	40.750	40.700	
	1-2	83	0	83	120	3.800	0.333	1.500	1.898	41.000	40.950	
	2-3	79	83	162	234	3.800	0.649	1.500	3.702	40.950	40.900	
	3-16	72	162	234	338	3.800	0.938	1.500	5.347	40.900	40.700	
	16-21	72	396	468	675	3.800	1.876	1.500	10.694	40.700	40.650	
	21-34	72	630	702	1013	3.796	2.814	1.500	16.025	40.650	40.500	
	37-38	88	72	160	230	3.800	0.640	1.500	3.647	40.400	40.350	
	38-39	74	160	234	338	3.800	0.938	1.500	5.347	40.350	40.300	
	34-39	72	936	1008	1455	3.689	4.041	2.020	22.361	40.500	40.300	
	27-28	72	0	72	104	3.800	0.289	1.500	1.645	40.750	40.700	
	28-29	77	72	149	215	3.800	0.598	1.500	3.407	40.700	40.600	
	29-30	85	149	234	338	3.800	0.938	1.500	5.347	40.600	40.500	
	27-26	77	0	77	111	3.800	0.309	1.500	1.762	40.750	40.725	
	26-25	85	77	162	234	3.800	0.649	1.500	3.702	40.725	40.700	
	9-10	72	0	72	104	3.800	0.289	1.500	1.645	41.000	41.000	
	10-11	77	72	149	215	3.800	0.598	1.500	3.407	41.000	40.875	
	11-12	85	149	234	338	3.800	0.938	1.500	5.347	40.875	40.750	
	9-8	78	0	78	113	3.800	0.314	1.500	1.788	41.000	40.900	
	8-7	84	78	162	234	3.800	0.649	1.500	3.702	40.900	40.800	
	7-12	72	162	234	338	3.800	0.938	1.500	5.347	40.800	40.750	
	12-25	72	468	540	779	3.800	2.165	1.500	12.339	40.750	40.700	

**TABLA DE CALCULO HIDRAULICO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO**

Proyecto: TESIS      Autor: CESAR AYALA      Fecha: 09/05/2014

PENDIENTE(m/km)		DIAMETRO			Coef. Rug. Manning	TUBO LLENO		RELACION DE GASTOS	
Terreno	Propuesta	Cálculo (cm)	Comercial (cm)	Pulg.		QII (lps)	VII (m/s)	Qmin/QII	Qmax/QII
1.389	2	7.671	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.074
4.167	4	6.736	20	8"	0.009	31.258	0.964	0.048	0.053
0.000	2	10.339	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.165
0.000	2	11.934	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.242
0.891	2	8.134	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.087
0.964	2	10.397	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.167
0.594	2	8.134	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.087
0.643	2	10.397	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.167
0.602	2	8.093	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.086
0.633	2	10.397	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.167
2.778	2	11.934	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.242
0.694	2	15.477	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.484
2.083	2	18.012	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.725
0.571	2	10.339	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.165
0.672	2	11.934	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.242
2.778	2	20.409	25	10"	0.009	40.076	0.791	0.050	0.558
0.694	2	7.671	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.074
1.297	2	10.079	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.154
1.178	2	11.934	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.242
0.324	2	7.870	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.080
0.294	2	10.397	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.167
0.000	2	7.671	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.074
1.621	2	10.079	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.154
1.472	2	11.934	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.242
1.278	2	7.913	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.081
1.194	2	10.397	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.167
0.694	2	11.934	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.242
0.694	2	16.330	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.558

**TABLA DE CALCULO HIDRAULICO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO**

Proyecto: TESIS      Autor: CESAR AYALA      Fecha: 09/05/2014

RELACION VELOCIDAD		RELACION TIRANTES		VELOCIDAD (m/s)		TIRANTE (cm)		COTA CLAVE (m)	
Vmin/VII	Vmax/VII	ymin/D	ymin/D	Vmin	Vmax	ymin	ymin	Inicial	Final
0.571	0.586	0.176	0.185	0.389	0.400	3.585	3.751	39.600	39.456
0.515	0.529	0.149	0.156	0.496	0.510	3.029	3.168	39.888	39.600
0.571	0.739	0.176	0.275	0.389	0.504	3.585	5.583	39.600	39.425
0.571	0.824	0.176	0.335	0.389	0.561	3.585	6.806	39.425	39.276
0.571	0.614	0.176	0.199	0.389	0.418	3.585	4.052	39.888	39.720
0.571	0.742	0.176	0.277	0.389	0.506	3.585	5.625	39.720	39.564
0.571	0.614	0.176	0.199	0.389	0.418	3.585	4.052	39.900	39.732
0.571	0.742	0.176	0.277	0.389	0.506	3.585	5.625	39.732	39.576
0.571	0.612	0.176	0.198	0.389	0.417	3.585	4.025	40.100	39.934
0.571	0.742	0.176	0.277	0.389	0.506	3.585	5.625	39.934	39.776
0.571	0.824	0.176	0.335	0.389	0.561	3.585	6.806	39.776	39.632
0.571	0.992	0.176	0.490	0.389	0.676	3.585	9.966	39.576	39.432
0.571	1.090	0.176	0.631	0.389	0.743	3.585	12.827	39.432	39.288
0.571	0.739	0.176	0.275	0.389	0.504	3.585	5.583	39.456	39.281
0.571	0.824	0.176	0.335	0.389	0.561	3.585	6.806	39.281	39.132
0.522	1.027	0.153	0.534	0.413	0.813	3.878	13.561	39.276	39.132
0.571	0.586	0.176	0.185	0.389	0.400	3.585	3.751	39.850	39.706
0.571	0.725	0.176	0.265	0.389	0.494	3.585	5.393	39.706	39.552
0.571	0.824	0.176	0.335	0.389	0.561	3.585	6.806	39.552	39.382
0.571	0.598	0.176	0.191	0.389	0.408	3.585	3.880	39.850	39.696
0.571	0.742	0.176	0.277	0.389	0.506	3.585	5.625	39.696	39.526
0.571	0.586	0.176	0.185	0.389	0.400	3.585	3.751	40.100	39.956
0.571	0.725	0.176	0.265	0.389	0.494	3.585	5.393	39.956	39.802
0.571	0.824	0.176	0.335	0.389	0.561	3.585	6.806	39.802	39.632
0.571	0.601	0.176	0.192	0.389	0.410	3.585	3.908	40.100	39.944
0.571	0.742	0.176	0.277	0.389	0.506	3.585	5.625	39.944	39.776
0.571	0.824	0.176	0.335	0.389	0.561	3.585	6.806	39.776	39.632
0.571	1.027	0.176	0.534	0.389	0.700	3.585	10.852	39.632	39.488

**TABLA DE CALCULO HIDRAULICO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO**

Proyecto: TESIS

Autor: CESAR AYALA

Fecha: 09/05/2014

COTA BATEA (m)		PROFUNDIDAD (m)		VOLUMENES (m3)			OBSERVACIONES
Inicial	Final	Pozo	Media	Excavación	Plantilla	Relleno	
39.397	39.253	1.003	1.047	55.361	5.400	49.961	
39.685	39.397	1.015	1.003	54.497	5.400	49.097	
39.397	39.222	1.003	1.178	71.655	6.569	65.086	
39.222	39.073	1.178	1.327	69.917	5.581	64.336	
39.685	39.516	1.015	1.109	67.059	6.315	60.744	
39.516	39.361	1.109	1.189	67.039	5.835	61.204	
39.697	39.528	1.003	1.122	67.090	6.315	60.775	
39.528	39.373	1.122	1.227	68.527	5.835	62.692	
39.897	39.731	1.003	1.119	66.120	6.230	59.890	
39.731	39.573	1.119	1.227	69.455	5.920	63.535	
39.573	39.429	1.227	1.171	64.757	5.400	59.357	
39.373	39.229	1.227	1.321	68.807	5.400	63.407	
39.229	39.085	1.321	1.315	71.183	5.400	65.783	
39.253	39.078	1.047	1.172	72.903	6.569	66.334	
39.078	38.929	1.172	1.271	68.187	5.581	62.606	
39.022	38.878	1.378	1.322	77.760	5.760	72.000	
39.647	39.503	1.003	1.097	56.711	5.400	51.311	
39.503	39.349	1.097	1.151	65.020	5.783	59.237	
39.349	39.179	1.151	1.221	75.531	6.367	69.164	
39.647	39.493	1.003	1.132	61.753	5.783	55.970	
39.493	39.323	1.132	1.277	76.709	6.367	70.342	
39.897	39.753	1.003	1.147	58.061	5.400	52.661	
39.753	39.599	1.147	1.176	67.189	5.783	61.406	
39.599	39.429	1.176	1.221	76.326	6.367	69.960	
39.897	39.740	1.003	1.060	60.523	5.868	54.655	
39.740	39.573	1.060	1.127	68.691	6.282	62.409	
39.573	39.429	1.127	1.221	63.407	5.400	58.007	
39.429	39.285	1.221	1.315	68.483	5.400	63.083	

**TABLA DE CALCULO HIDRAULICO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO**

Proyecto: TESIS      Autor: CESAR AYALA      Fecha: 09/05/2014

	25-30	72	702	774	1117	3.769	3.103	1.551	17.539	40.700	40.500
	30-31	82	1008	1090	1573	3.664	4.371	2.185	24.024	40.500	40.500
	31-32	84	1090	1174	1694	3.641	4.706	2.353	25.701	40.500	40.500
	34-33	87	936	1023	1476	3.685	4.101	2.051	22.667	40.500	40.500
	33-32	79	1023	1102	1590	3.661	4.418	2.209	24.260	40.500	40.500
	25-24	81	702	783	1130	3.765	3.139	1.570	17.730	40.700	40.650
	24-23	85	783	868	1253	3.735	3.480	1.740	19.493	40.650	40.600
	21-22	84	630	714	1030	3.792	2.861	1.500	16.273	40.650	40.625
	22-23	82	714	796	1149	3.760	3.191	1.595	17.999	40.625	40.600
	12-13	81	468	549	792	3.800	2.201	1.500	12.548	40.750	40.750
	13-14	85	549	634	915	3.800	2.542	1.500	14.487	40.750	40.750
	16-15	84	396	480	692	3.800	1.923	1.500	10.961	40.700	40.725
	15-14	82	480	562	811	3.800	2.253	1.500	12.842	40.725	40.750
	7-6	82	0	82	119	3.800	0.330	1.500	1.880	40.800	40.800
	6-5	84	82	166	240	3.800	0.665	1.500	3.793	40.800	40.800
	3-4	81	0	81	118	3.800	0.327	1.500	1.861	40.900	40.850
	4-5	85	81	166	240	3.800	0.665	1.500	3.793	40.850	40.800
	5-14	72	332	404	583	3.800	1.620	1.500	9.231	40.800	40.750
	14-23	72	1600	1672	2413	3.521	6.703	3.351	35.400	40.750	40.600
	23-32	72	3336	3408	4918	3.252	13.662	6.831	66.635	40.600	40.500
	32-41	72	5684	5756	8307	3.034	23.075	11.537	105.021	40.500	40.300
	30-43	72	1008	1080	1559	3.667	4.329	2.165	23.817	40.500	40.400
	28-45	72	0	72	104	3.800	0.289	1.500	1.645	40.700	40.500
	45-44	77	72	149	215	3.800	0.598	1.500	3.407	40.500	40.450
	44-43	85	149	234	338	3.800	0.938	1.500	5.347	40.450	40.400
	43-42	78	1314	1392	2009	3.584	5.579	2.790	29.997	40.400	40.350
	42-41	88	1392	1480	2136	3.563	5.933	2.966	31.713	40.350	40.300
	39-40	87	1242	1329	1918	3.600	5.328	2.664	28.770	40.300	40.300
	40-41	79	1329	1408	2032	3.580	5.644	2.822	30.314	40.300	40.300

**TABLA DE CALCULO HIDRAULICO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO**

Proyecto: TESIS      Autor: CESAR AYALA      Fecha: 09/05/2014

2.778	2	18.632	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.070	0.794
0.000	2	20.965	25	10"	0.009	40.076	0.791	0.055	0.599
0.000	3	19.928	20	8"	0.009	27.071	0.835	0.087	0.949
0.000	2	20.513	25	10"	0.009	40.076	0.791	0.051	0.566
0.000	2	21.042	25	10"	0.009	40.076	0.791	0.055	0.605
0.616	2	18.708	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.071	0.802
0.589	2	19.385	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.079	0.882
0.299	2	18.116	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.736
0.304	2	18.814	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.072	0.814
0.000	2	16.433	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.568
0.000	2	17.343	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.655
-0.299	2	15.621	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.496
-0.304	2	16.576	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.581
0.000	2	8.064	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.085
0.000	2	10.492	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.172
0.614	2	8.034	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.084
0.591	2	10.492	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.172
0.694	2	14.646	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.418
2.083	2	24.245	25	10"	0.009	40.076	0.791	0.084	0.883
1.389	2	30.736	38	15"	0.009	118.156	1.036	0.058	0.564
2.778	2	36.453	38	15"	0.009	118.156	1.036	0.098	0.889
1.389	2	20.897	25	10"	0.009	40.076	0.791	0.054	0.594
2.778	2	7.671	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.074
0.648	2	10.079	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.154
0.589	2	11.934	20	8"	0.009	22.103	0.682	0.068	0.242
0.643	4	20.008	20	8"	0.009	31.258	0.964	0.089	0.960
0.567	2	23.266	25	10"	0.009	40.076	0.791	0.074	0.791
0.000	3	20.789	25	10"	0.009	49.082	0.969	0.054	0.586
0.000	4	20.088	20	8"	0.009	31.258	0.964	0.090	0.970

**TABLA DE CALCULO HIDRAULICO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO**

Proyecto: TESIS      Autor: CESAR AYALA      Fecha: 09/05/2014

0.576	1.109	0.179	0.673	0.393	0.756	3.645	13.667	39.488	39.344
0.535	1.045	0.159	0.558	0.423	0.826	4.028	14.173	39.344	39.179
0.614	1.138	0.199	0.778	0.512	0.950	4.049	15.801	39.179	38.928
0.525	1.031	0.154	0.538	0.415	0.815	3.906	13.674	39.276	39.102
0.536	1.047	0.159	0.561	0.424	0.828	4.049	14.259	39.102	38.944
0.578	1.112	0.180	0.678	0.394	0.758	3.666	13.776	39.488	39.326
0.596	1.129	0.190	0.729	0.406	0.769	3.856	14.820	39.326	39.156
0.571	1.093	0.176	0.638	0.389	0.745	3.585	12.962	39.432	39.265
0.581	1.115	0.182	0.685	0.396	0.760	3.695	13.929	39.265	39.100
0.571	1.032	0.176	0.540	0.389	0.703	3.585	10.964	39.632	39.470
0.571	1.067	0.176	0.590	0.389	0.727	3.585	11.998	39.470	39.300
0.571	0.998	0.176	0.498	0.389	0.680	3.585	10.111	39.576	39.409
0.571	1.037	0.176	0.547	0.389	0.707	3.585	11.120	39.409	39.244
0.571	0.610	0.176	0.197	0.389	0.416	3.585	4.006	39.776	39.611
0.571	0.748	0.176	0.280	0.389	0.509	3.585	5.696	39.611	39.444
0.571	0.608	0.176	0.196	0.389	0.414	3.585	3.986	39.776	39.613
0.571	0.748	0.176	0.280	0.389	0.509	3.585	5.696	39.613	39.444
0.571	0.955	0.176	0.451	0.389	0.651	3.585	9.158	39.444	39.300
0.607	1.129	0.196	0.730	0.480	0.893	4.966	18.549	39.244	39.100
0.544	1.030	0.163	0.537	0.564	1.067	6.217	20.474	39.100	38.956
0.635	1.130	0.211	0.734	0.658	1.171	8.042	27.965	38.956	38.812
0.533	1.043	0.158	0.555	0.422	0.825	4.010	14.097	39.344	39.200
0.571	0.586	0.176	0.185	0.389	0.400	3.585	3.751	39.706	39.562
0.571	0.725	0.176	0.265	0.389	0.494	3.585	5.393	39.562	39.408
0.571	0.824	0.176	0.335	0.389	0.561	3.585	6.806	39.408	39.238
0.618	1.139	0.202	0.786	0.596	1.098	4.102	15.962	39.200	38.889
0.585	1.109	0.184	0.671	0.463	0.877	4.677	17.049	38.889	38.713
0.534	1.040	0.158	0.550	0.517	1.007	4.019	13.977	39.132	38.871
0.621	1.139	0.203	0.794	0.598	1.098	4.126	16.127	38.871	38.555

**TABLA DE CALCULO HIDRAULICO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO**

Proyecto: TESIS

Autor: CESAR AYALA

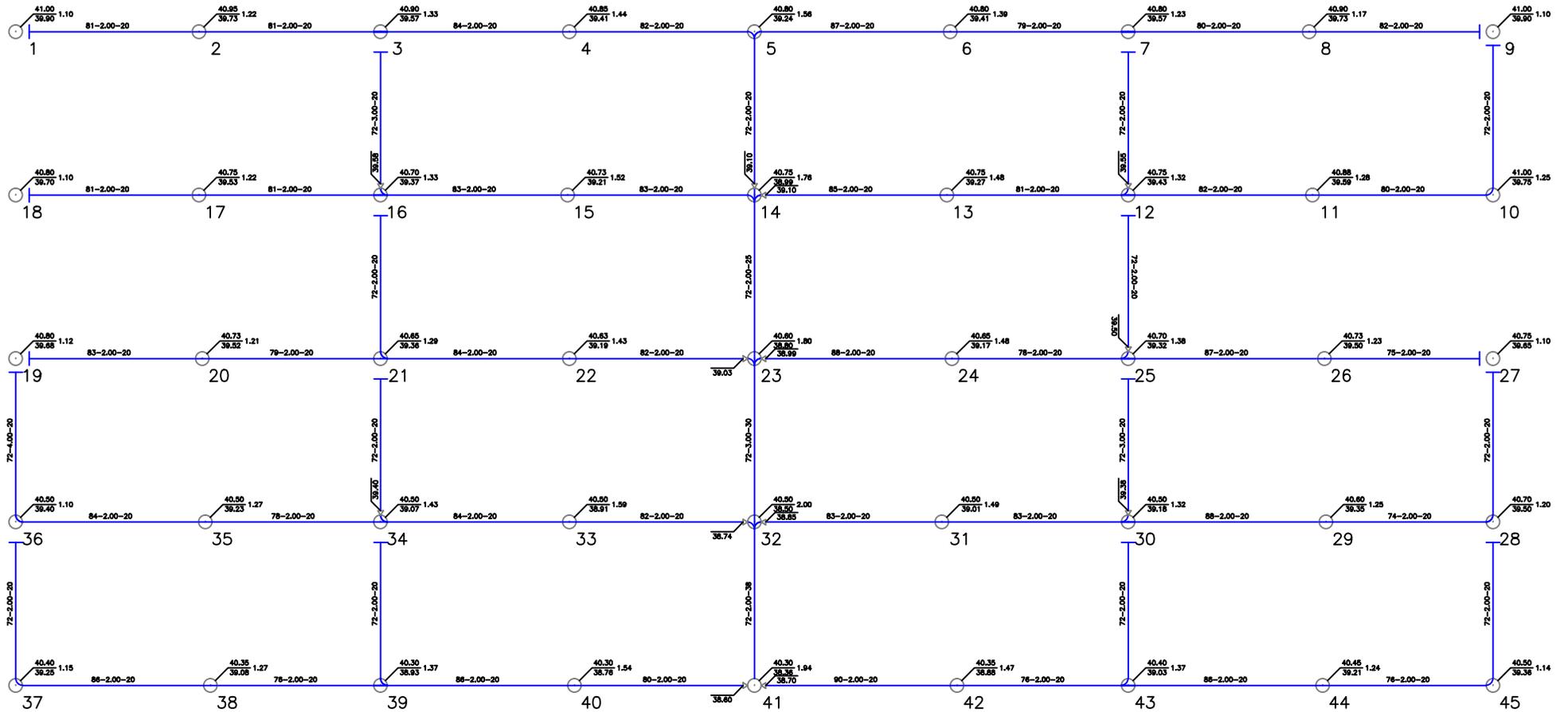
Fecha: 09/05/2014

39.285	39.141	1.315	1.259	69.509	5.400	64.109	
39.090	38.925	1.310	1.475	91.627	6.581	85.046	
38.976	38.725	1.424	1.675	97.300	6.280	91.020	
39.022	38.848	1.378	1.552	102.084	6.968	95.117	
38.848	38.690	1.552	1.710	102.959	6.312	96.647	
39.285	39.123	1.315	1.427	83.448	6.085	77.363	
39.123	38.953	1.427	1.547	94.667	6.365	88.302	
39.229	39.061	1.321	1.464	87.417	6.278	81.139	
39.061	38.897	1.464	1.603	94.640	6.172	88.468	
39.429	39.267	1.221	1.383	79.249	6.085	73.164	
39.267	39.097	1.383	1.553	93.457	6.365	87.093	
39.373	39.205	1.227	1.420	83.085	6.278	76.807	
39.205	39.041	1.420	1.609	93.467	6.172	87.295	
39.573	39.408	1.127	1.292	74.622	6.170	68.452	
39.408	39.241	1.292	1.459	86.381	6.280	80.101	
39.573	39.410	1.227	1.340	78.415	6.109	72.306	
39.410	39.241	1.340	1.459	88.756	6.341	82.414	
39.241	39.097	1.459	1.553	81.335	5.400	75.935	
38.990	38.846	1.660	1.654	95.443	5.760	89.683	
38.719	38.575	1.781	1.825	129.816	7.200	122.616	
38.575	38.431	1.825	1.769	129.384	7.200	122.184	
39.090	38.946	1.310	1.354	76.723	5.760	70.963	
39.503	39.359	1.097	1.041	57.737	5.400	52.337	
39.359	39.205	1.041	1.145	63.228	5.783	57.444	
39.205	39.035	1.145	1.265	76.740	6.367	70.373	
38.997	38.686	1.303	1.564	83.599	5.831	77.768	
38.635	38.459	1.615	1.741	118.488	7.060	111.428	
38.878	38.617	1.322	1.583	101.217	6.968	94.249	
38.668	38.352	1.532	1.848	100.027	5.918	94.110	

## APÉNDICE C

PLANO CIVILCAD PARA MÉTODO DE DOBLE PEINE

# DISEÑO MÉTODO DOBLE PEINE



## APÉNDICE D

PLANO CIVILCAD PARA MÉTODO DE BAYONETA



## **APÉNDICE E**

### **PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO**

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	P. U.	MÉTODO DOBLE PEINE		MÉTODO BAYONETA	
				CANTIDAD	IMPORTE	CANTIDAD	IMPORTE
<b>2</b>	<b>DRENAJE SANITARIO</b>						
<b>2.1</b>	<b>PRELIMINARES</b>						
	Trazo en colocación de líneas de tuberías de agua Potable y Alcantarillado Sanitario según proyecto en superficie regularmente plana. Incluye: materiales, mano de obra, herramienta y equipo.	ML	\$ 4.98	4,504.00	\$ 22,429.92	4,504.00	\$ 22,429.92
				<b>PRELIMINARES</b>	<b>\$ 22,429.92</b>	<b>PRELIMINARES</b>	<b>\$ 22,429.92</b>
<b>2.2</b>	<b>TERRACERÍAS</b>						
	Excavación con máquina en zanjas de líneas de agua potable y drenaje sanitario, en material "A" zona "B" en seco, incluye: extracción del material, limpieza Y afine de plantilla y taludes, traspaleo fuera de la excavación, maniobras, sondeos necesarios de tomas y descargas, mano de obra, herramienta y equipo(puesto en obra)( el ancho de la excavación deberá ser el indicado en el plano de proyecto independiente del bote de la retroexcavadora del contratista). Profundidad de 0.00 a 3.50 mts. (m3 compacto).	M³	\$ 30.45	4,277.83	\$ 130,259.87	4,493.54	\$ 136,828.25
	Fabricación de Plantilla de espesor según proyecto con material limo-arenoso CLASE III compactada al 90% de la prueba proctor en zanjas incluye: Afine y compactación del fondo de la zanja, materiales, mano de obra, herramienta y equipo. (m3 compacto)	M³	\$ 176.91	340.68	\$ 60,269.70	344.60	\$ 60,962.85
	Relleno con material producto de excavación en capas no mayores de 20 cm. compactado por medios mecánicos al 95% de la prueba Proctor, con incorporación de humedad óptima; incluye: acarreo y maniobras locales de material, traspaleo, afine y nivelación de la superficie, equipo. ( Unidad: M3 medido compacto )	M³	\$ 65.70	3,937.15	\$ 258,670.64	4,148.94	\$ 272,585.39
				<b>TERRACERIAS</b>	<b>\$ 496,812.65</b>	<b>TERRACERIAS</b>	<b>\$ 517,988.92</b>
<b>2.3</b>	<b>INSTALACIONES</b>						
	Instalación, nivelación, junteo y prueba de tubería de pvc de 8" sanitaria con campana, incluye: conexiones, lubricante, bajado de material, equipo para prueba que cumpla con las especificaciones y métodos de la norma NOM-001-CONAGUA-2011, maniobras, alineación, limpieza, verificación de niveles, materiales, mano de obra, herramienta y equipo . metros lineales medidos en planta.	ML	\$ 27.84	4,288.00	\$ 119,377.92	3,720.39	\$ 103,575.53
	Suministro de tubería de PVC Sanitario S.M Serie 20 de 200 mm	ML	\$ 103.32	4,288.00	\$ 443,019.01	3,720.39	\$ 384,375.34

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	P. U.	MÉTODO DOBLE PEINE		MÉTODO BAYONETA	
				CANTIDAD	IMPORTE	CANTIDAD	IMPORTE
	Instalación, nivelación, junteo y prueba de tubería de pvc de 10" sanitaria con campana, incluye: conexiones, lubricante, bajado de material, equipo para prueba que cumpla con las especificaciones y métodos de la norma NOM-001-CONAGUA-2011, maniobras, alineación, limpieza, verificación de niveles, materiales, mano de obra, herramienta y equipo . metros lineales medidos en planta.	ML	\$ 29.71	72.00	\$ 2,139.12	639.61	\$ 19,002.95
	Suministro de tubería de PVC Sanitario S.M Serie 20 de 250 mm	ML	\$ 158.52	72.00	\$ 11,413.15	639.61	\$ 101,389.15
	Instalación, nivelación, junteo y prueba de tubería de pvc de 12" sanitaria con campana, incluye: conexiones, lubricante, bajado de material, equipo para prueba que cumpla con las especificaciones y métodos de la norma NOM-001-CONAGUA-2011, maniobras, alineación, limpieza, verificación de niveles, materiales, mano de obra, herramienta y equipo . metros lineales medidos en planta.	ML	\$ 33.09	72.00	\$ 2,382.48	-	\$ -
	Suministro de tubería de PVC Sanitario S.M Serie 20 de 315 mm	ML	\$ 252.08	72.00	\$ 18,149.40	-	\$ -
	Instalación, nivelación, junteo y prueba de tubería de pvc de 14" sanitaria con campana, incluye: conexiones, lubricante, bajado de material, equipo para prueba que cumpla con las especificaciones y métodos de la norma NOM-001-CONAGUA-2011, maniobras, alineación, limpieza, verificación de niveles, materiales, mano de obra, herramienta y equipo . metros lineales medidos en planta.	ML	\$ 36.85	72.00	\$ 2,653.20	144.00	\$ 5,306.40
	Suministro de tubería de PVC Sanitario S.M Serie 20 de 355 mm	ML	\$ 341.55	72.00	\$ 24,591.60	144.00	\$ 49,183.20
	Construcción de pozo de visita "común" de 1.25 m de profundidad, de 1.20 m de diámetro inferior interior y 0.60 m diámetro superior interior. incluye losa de desplante de 15 cm de espesor con concreto f'c = 150 kg/cm2 tma 3/4", con varilla no. 3 @ 30 cm. en ambos sentidos, muro de tabique común 7 x 14 x 28 cm de 28 cm de ancho, asentado con mortero cemento arena 1:3, aplanado interior de 2.5 cm de espesor con mortero cemento arena 1:3 acabado pulido en interior y a talocha en exterior, habilitado y colocación de escalones con varilla corrugada de 3/4" de 40 cm a cada 40 cm. recubiertos con poliducto de 1" y anclado 10 cm. incluye: relleno fluido 20 kg/cm2 mortero sin agregado, revenimiento mayor a 20 cm, en 30 cm de ancho en el perímetro del pozo, herramienta, equipo y mano de obra. no incluir excavación ni relleno.	PZA	\$ 4,992.39	27.00	\$ 134,794.53	24.00	\$ 119,817.36

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	P. U.	MÉTODO DOBLE PEINE		MÉTODO BAYONETA	
				CANTIDAD	IMPORTE	CANTIDAD	IMPORTE
	Construcción de pozo de visita "común" de 1.50 m de profundidad, de 1.20 m de diámetro inferior interior y 0.60 m diámetro superior interior. incluye losa de desplante de 15 cm de espesor con concreto f'c = 150 kg/cm2 tma 3/4", con varilla no. 3 @ 30 cm en ambos sentidos, muro de tabique común 7 x 14 x 28 cm de 28 cm de espesor, asentado con mortero cemento arena 1:3, aplanado pulido en interior de 2.5 cm de espesor con mortero cemento arena 1:3 acabado a talocha en exterior, habilitado y colocación de escalones con varilla corrugada de 3/4" de 40 cm a cada 40 cm, recubiertos con poliducto de 1" y anclado 10 cm. incluye: relleno fluido 20 kg/cm2 mortero sin agregado, revenimiento mayor a 20 cm, en 30 cm de ancho del perímetro del pozo, herramienta, equipo y mano de obra. no incluir excavación ni relleno.	PZA	\$ 5,218.50	12.00	\$ 62,622.00	15.00	\$ 78,277.50
	Construcción de pozo de visita "común" de 1.75 m de profundidad, de 1.20 m de diámetro inferior interior y 0.60 m diámetro superior interior. incluye losa de desplante de 15 cm de espesor con concreto f'c = 150 kg/cm2 tma 3/4", muro de tabique común 7 x 14 x 28 cm de 28 cm de espesor, asentado con mortero cemento arena 1:3, aplanado interior de 2.5 cm de espesor con mortero cemento arena 1:3 acabado a talocha, habilitado y colocación de escalones con varilla corrugada de 3/4" de 40 cm a cada 40 cm. incluye herramienta, equipo y mano de obra. no incluir excavación ni relleno.	PZA	\$ 5,441.10	3.00	\$ 16,323.30	4.00	\$ 21,764.40
	Construcción de pozo de visita Común de 2.00 mt de profundidad, de 1.20 mt de diámetro interior inferior y 0.60 mt de diámetro interior superior, incluye: firme de 15 cm de espesor con concreto F'c= 150 kg/cm2 tma 3/4" armada con acero de 3/8" @ 30 cm ambos sentidos, plantilla de 5 cm de espesor con concreto f'c= 100 kg/cm2, muro de tabique de 7x14x28cm asentado con cemento-arena 1:3 en juntas de 2.5 cm, aplanado interior del pozo con cemento -arena 1:3 de 2.5 cm de espesor acabado pulido, aplanado exterior del pozo con cemento-arena 1:3 acabado talocha , habilitado y colocación de escalera marina a base de varilla corrugada de 3/4" de 40 cm de longitud anclada a muro separada 40 cm recubierta con poliducto 1", cabeceo de pozo con concreto F'c= 300 kg/cm2 armada con malla electrosoldada 6-6/10-10 según proyecto unido al brocal, cimbra metálica para cabeceo y firme, materiales, mano de obra, herramienta, equipo, referenciar pozo para incremento compactación de plantilla	PZA	\$ 5,730.25	3.00	\$ 17,190.75	2.00	\$ 11,460.50
				<b>INSTALACIONES</b>	<b>\$ 892,648.92</b>	<b>INSTALACIONES</b>	<b>\$ 932,144.78</b>
				<b>TOTAL=</b>	<b>\$1,411,891.48</b>	<b>TOTAL=</b>	<b>\$1,472,563.62</b>

## APÉNDICE F

### ANÁLISIS DE VELOCIDADES DOBLE PEINE

METODO DOBLE PEINE				
TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (in)	VELOCIDAD (m/s)	
			Vmin	Vmax
36-37	72	8"	0.389	0.400
19-36	72	8"	0.496	0.510
36-35	84	8"	0.389	0.501
35-34	78	8"	0.389	0.561
21-34	72	8"	0.389	0.400
37-38	86	8"	0.389	0.503
38-39	76	8"	0.389	0.561
34-39	72	8"	0.389	0.400
19-20	83	8"	0.389	0.416
20-21	79	8"	0.389	0.506
16-21	72	8"	0.389	0.400
27-28	72	8"	0.389	0.400
28-29	74	8"	0.389	0.491
29-30	88	8"	0.389	0.561
25-30	72	8"	0.449	0.461
30-31	83	8"	0.389	0.644
31-32	83	8"	0.389	0.677
34-33	84	8"	0.389	0.645
33-32	82	8"	0.389	0.677
27-26	75	8"	0.389	0.404
26-25	87	8"	0.389	0.506
12-25	72	8"	0.389	0.400
25-24	78	8"	0.389	0.608
24-23	88	8"	0.389	0.649
21-22	84	8"	0.389	0.611
22-23	82	8"	0.389	0.649
9-10	72	8"	0.389	0.400
10-11	80	8"	0.389	0.497
11-12	82	8"	0.389	0.561
7-12	72	8"	0.389	0.400
12-13	81	8"	0.389	0.643
13-14	85	8"	0.389	0.677
18-17	81	8"	0.389	0.414
17-16	81	8"	0.389	0.506
3-16	72	8"	0.449	0.461
16-15	83	8"	0.389	0.610
15-14	83	8"	0.389	0.649
9-8	82	8"	0.389	0.415
8-7	80	8"	0.389	0.506
7-6	79	8"	0.389	0.566
6-5	87	8"	0.389	0.616
1-2	81	8"	0.389	0.414
2-3	81	8"	0.389	0.506
3-4	84	8"	0.389	0.569

4-5	82	8"	0.389	0.616
5-14	72	8"	0.389	0.748
14-23	72	10"	0.480	0.893
23-32	72	12"	0.613	1.163
32-41	72	15"	0.571	1.077
30-43	72	8"	0.389	0.400
28-45	72	8"	0.389	0.400
45-44	76	8"	0.389	0.493
44-43	86	8"	0.389	0.561
43-42	76	8"	0.389	0.641
42-41	90	8"	0.389	0.677
39-40	86	8"	0.389	0.646
40-41	80	8"	0.389	0.677

## **APÉNDICE G**

### **ANÁLISIS DE VELOCIDADES BAYONETA**

METODO BAYONETA				
TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO (in)	VELOCIDAD (m/s)	
			Vmin	Vmax
36-37	72	8"	0.389	0.400
19-36	72	8"	0.496	0.510
36-35	88	8"	0.389	0.504
35-34	74	8"	0.389	0.561
19-20	84	8"	0.389	0.418
20-21	78	8"	0.389	0.506
18-17	84	8"	0.389	0.418
17-16	78	8"	0.389	0.506
1-2	83	8"	0.389	0.417
2-3	79	8"	0.389	0.506
3-16	72	8"	0.389	0.561
16-21	72	8"	0.389	0.676
21-34	72	8"	0.389	0.743
37-38	88	8"	0.389	0.504
38-39	74	8"	0.389	0.561
34-39	72	10"	0.413	0.813
27-28	72	8"	0.389	0.400
28-29	77	8"	0.389	0.494
29-30	85	8"	0.389	0.561
27-26	77	8"	0.389	0.408
26-25	85	8"	0.389	0.506
9-10	72	8"	0.389	0.400
10-11	77	8"	0.389	0.494
11-12	85	8"	0.389	0.561
9-8	78	8"	0.389	0.410
8-7	84	8"	0.389	0.506
7-12	72	8"	0.389	0.561
12-25	72	8"	0.389	0.700
25-30	72	8"	0.393	0.756
30-31	82	10"	0.423	0.826
31-32	84	8"	0.512	0.950
34-33	87	10"	0.415	0.815
33-32	79	10"	0.424	0.828
25-24	81	8"	0.394	0.758
24-23	85	8"	0.406	0.769
21-22	84	8"	0.389	0.745
22-23	82	8"	0.396	0.760
12-13	81	8"	0.389	0.703
13-14	85	8"	0.389	0.727
16-15	84	8"	0.389	0.680
15-14	82	8"	0.389	0.707
7-6	82	8"	0.389	0.416
6-5	84	8"	0.389	0.509
3-4	81	8"	0.389	0.414

4-5	85	8"	0.389	0.509
5-14	72	8"	0.389	0.651
14-23	72	10"	0.480	0.893
23-32	72	15"	0.564	1.067
32-41	72	15"	0.658	1.171
30-43	72	10"	0.422	0.825
28-45	72	8"	0.389	0.400
45-44	77	8"	0.389	0.494
44-43	85	8"	0.389	0.561
43-42	78	8"	0.596	1.098
42-41	88	10"	0.463	0.877
39-40	87	10"	0.517	1.007
40-41	79	8"	0.598	1.098