

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

ANALISIS DE COSTO DEL PROYECTO DE  
SANEAMIENTO EN LAS ZONAS 10 Y 15  
DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE  
LA FACULTAD DE INGENIERIA

POR

JOSE ANTONIO RADA RIVAS

AL CONFERIRLE EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JUNIO DE 1, 996

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

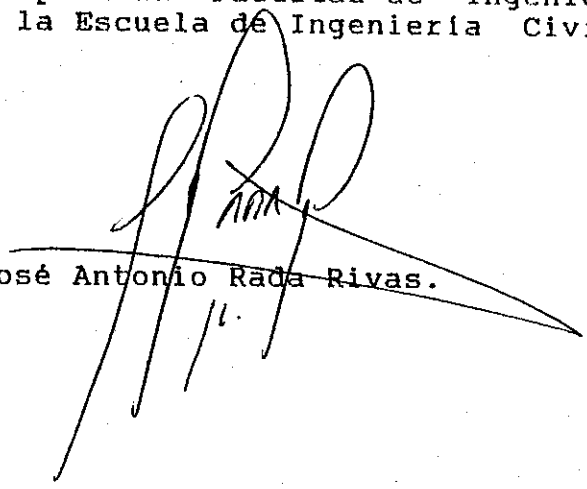
08  
T(3725)  
C.4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

ANALISIS DE COSTO DEL PROYECTO DE  
SANEAMIENTO EN LAS ZONAS 10 Y 15  
DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

Tema que me fue aprobado por la Facultad de Ingeniería a través de la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 23 de mayo de 1,996.



José Antonio Rada Rivas.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

<b>DECANO</b>	Ing. Julio Ismael González Podszueck.
<b>VOCAL PRIMERO</b>	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra.
<b>VOCAL SEGUNDO</b>	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano.
<b>VOCAL TERCERO</b>	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez.
<b>VOCAL CUARTO</b>	Br. Fernando Waldemar De León Contreras.
<b>VOCAL QUINTO</b>	Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor.
<b>SECRETARIO</b>	Ing. Francisco Javier González López.

TRIBUNAL QUE PRACTICO  
EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

<b>DECANO</b>	Ing. Jorge Mario Morales González.
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. Jorge Antonio García Chiú.
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. Herbert René Miranda Barrios.
<b>EXAMINADOR</b>	Ing. Enrique René González Carrera.
<b>SECRETARIO</b>	Ing. Edgar José Bravatti Castro.

Guatemala, 24 de mayo de 1996.

Ing. Jorge Amando Vides D.  
Jefe Depto. de Construcciones Civiles.  
Facultad de Ingenieria.  
Presente.

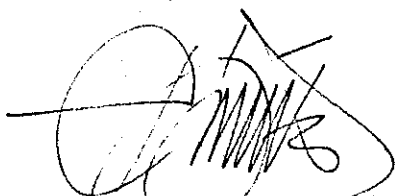
Estimado Ingeniero Vides:

Por este medio le informo que he revisado el trabajo de tesis del estudiante universitario de Ingenieria Civil, JOSE ANTONIO RADA RIVAS, titulado ANALISIS DE COSTO, DEL PROYECTO DE SANEAMIENTO EN LAS ZONAS 10 Y 15 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA, cumpliendo con los objetivos que se plantearon.

En la realizaci3n de este trabajo de tesis, el estudiante JOSE ANTONIO RADA RIVAS, puso toda la experiencia adquirida en el mismo, por lo que hago de su conocimiento que apruebo dicho trabajo.

Sin otro particular, y agradeciendo la atenci3n que se sirva dar a la presente, quedo de usted,

Atentamente,



Ing. Edwin Rolando Nuñez R.  
Asesor de Tesis.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

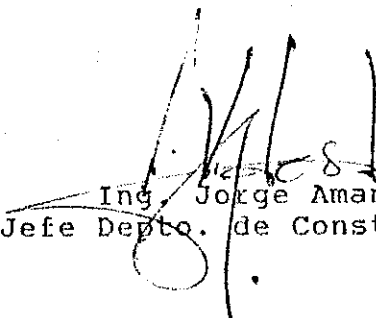
Guatemala, 24 de mayo, 1996.

Señor Director.  
Escuela de Ingeniería Civil.  
Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano.  
Su Despacho.

Estimado Ingeniero Ibarra:

Como parte de las funciones de la Jefatura de este Departamento, he tenido para consideración el trabajo de Tesis titulado ANALISIS DE COSTO, DEL PROYECTO DE SANEAMIENTO EN LAS ZONAS 10 Y 15 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA, del estudiante universitario de Ingeniería Civil JOSE ANTONIO RADA RIVAS; trabajo que satisface los objetivos planteados y que presenta un aporte significativo para el Area de Construcciones Civiles, por lo que con la aprobación respectiva la remito a esa Dirección para lo pertinente.

De usted, cordialmente,

  
Ing. Jorge Amando Vides D.  
Jefe Depto. de Construcciones Civiles.



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Edwin Rolando Nuñez R. y del Coordinador del Area de Construcciones Civiles Ing. Jorge Amando Vides Domínguez, sobre el trabajo de tesis del estudiante José Antonio Rada Rivas, titulado ANALISIS DE COSTO DEL PROYECTO DE SANEAMIENTO EN LAS ZONAS 10 Y 15 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA, da por este medio su aprobación a dicha tesis.

  
Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano



Guatemala, junio de 1,996.

JDIS/bbdeb.



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

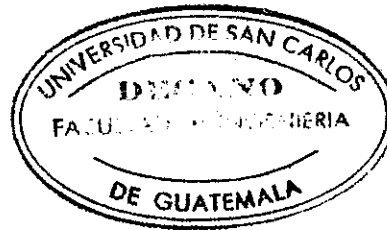
Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano, al trabajo de tesis ANALISIS DE COSTO DEL PROYECTO DE SANEAMIENTO EN LAS ZONAS 10 Y 15 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA, del estudiante José Antonio Rada Rivas, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podeszueck

DECANO



Guatemala, junio de 1, 1996

/bbdeb.

**TRABAJO QUE DEDICO A:**

**MIS PADRES:**

Berta Rivas de Rada. " Por tu confianza ".

José Antonio Rada Ruiz. (qepd) " De quien recibí más apoyo e increíble motivación para la culminación de mi carrera. **GRACIAS PADRE**, y aunque tarde llegué, que Dios te tenga siempre en su gloria, gracias..."

**MI ESPOSA:**

Vilma Lucrecia Guillén de Rada.

**MI HIJA:**

Silvia Patricia Rada Batres.

**MI HERMANA:**

Silvia Lorena Rada de Rodríguez.

**MI MADRINA:**

Clara Beatriz Rivas Visquerra.

**TODA LA FAMILIA.**



**AGRADECIMIENTO ESPECIAL A:**

**DIOS TODOPODEROSO:**

" Porque solamente tú has bendecido, bendices y bendecirás todos los actos de mi vida, gracias ... "

**AGRADECIMIENTO A:**

Nora Gutiérrez Caballeros y Julio Stuardo Durán Garzaro.

Por su ayuda y apoyo incondicional.

Ing. Jorge Amando Vides D.

Por su apoyo desinteresado, desde el inicio hasta el final, en el desarrollo de este trabajo.

Ing. Edwin Rolando Nuñez Rivas.

Por su apoyo espontáneo.

## I N D I C E

<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>11</b>
<b>I INVESTIGACION</b>	<b>1</b>
Conceptos generales	1
Aspectos urbanísticos	5
Aspectos demográficos	6
Estado actual del zanjón	7
Población actual	9
Población futura	10
<b>II TOPOGRAFIA</b>	<b>14</b>
Planimetría	15
Altimetría	15
<b>III DISEÑO DE ALCANTARILLADO</b>	<b>17</b>
Alcantarillado sanitario	17
Alcantarillado pluvial	20
Alcantarillado combinado	24
<b>IV CALCULO DE LA TUBERIA</b>	<b>25</b>
<b>V ANALISIS DE COSTOS</b>	<b>31</b>
Generalidades	31
Listado de materiales	35
Estimación de mano de obra	40
Integración de costos	52
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>iii</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>iv</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>v</b>
<b>APENDICE</b>	
Arbol de realidad	
Ubicación de zanjón 1 y zanjón 2	
Ubicación colector de oriente	
<b>ANEXO</b>	
Ilustraciones de ejecución	

## INTRODUCCION

El saneamiento de una ciudad, es una de las necesidades básicas a cubrir, para lograr el mejoramiento del nivel de vida de los habitantes.

Con el afán de evitar la contaminación del suelo, de las aguas superficiales y freáticas, y por lo tanto prevenir enfermedades, se ha tenido que recurrir a diferentes métodos y sistemas de evacuación de aguas negras, como una solución, y es aquí donde la Ingeniería juega un papel importante, siendo el medio por el cual se ejecutan obras civiles que presenten el diseño más apropiado, y así brindar servicio a poblaciones actuales y futuras, de acuerdo a sus necesidades.

El presente trabajo de tesis, consiste en presentar un detallado análisis de costos, de la ejecución de ampliación del saneamiento de la ciudad de Guatemala, para servir a toda la población que utiliza el zanjón de Oakland (orientación este-norte), identificado en el presente trabajo como Zanjón 1, y el zanjón que sirve de límite entre las zonas 10 y 15 (orientación sur-norte), identificado en el presente trabajo como Zanjón 2, para descargar el drenaje sanitario y pluvial, de las viviendas, industrias, comercios, centros comerciales, urbanizaciones, centros estudiantiles, calles, etc..

Para llegar al análisis de costos, se hizo necesario llevar a cabo una investigación habitacional y poblacional actual del área a servir, así como la estimación del crecimiento de dicha población, y de esa forma, llegar al diseño de alcantarillado.

## OBJETIVOS

Proporcionar costos reales, unitarios y generales, en la ejecución del proyecto de ampliación del saneamiento del gran colector de oriente, ubicado en las zonas 10 y 15 de la Ciudad de Guatemala.

Por medio de la integración de costos, brindar un parámetro de referencia, para la ejecución de posteriores proyectos de saneamiento, tales como entubamiento de zanjones, ya sea dentro de la Ciudad de Guatemala, como en el Interior de la República.

## I INVESTIGACION

### - Conceptos Generales.

Aguas negras, son fundamentalmente las aguas de abastecimiento de una población, después de haber sido impurificadas por diversos usos.

Las aguas negras pueden ser originadas por:

- a. Desechos humanos y animales.
- b. Desperdicios caseros.
- c. Corrientes pluviales.
- d. Infiltraciones de aguas subterráneas.
- e. Desechos industriales.

Desechos humanos y animales.

Son los desperdicios corporales que llegan a formar parte de las aguas negras, mediante los sistemas hidráulicos de los retretes y en cierto grado de los procedentes de los animales, que van a dar a las alcantarillas al ser lavadas en el suelo o en las calles.

Desperdicios caseros.

Proceden de las manipulaciones domésticas de lavado de ropa, baño, desperdicios de cocina, limpieza y preparación de los alimentos y lavado de la loza.

Corrientes pluviales.

Las lluvias, al escurrir arrastran polvo, arena, hojas y otras basuras, y pasan a formar parte importante de las aguas negras.

Infiltraciones de aguas subterráneas.

Las juntas entre las secciones de tubería que forman las

alcantarillas no quedan perfectamente ajustadas, existiendo siempre la posibilidad de que se infiltre el agua subterránea. El volumen de agua subterránea que se infiltra no puede determinarse con exactitud, porque depende de la estructura del suelo, del tipo de alcantarilla que se haya construido, de las condiciones del agua subterránea, de las lluvias y de otras condiciones climatológicas.

#### Desechos industriales.

Estos desechos varían mucho por su tipo y volumen, pues dependen de la clase de establecimiento fabril ubicado en la localidad.

Los nombres descriptivos a los diferentes tipos de aguas negras según su procedencia, corresponden a las siguientes definiciones:

#### Aguas negras domésticas.

Son las que contienen desechos humanos, animales y caseros. También se incluye la infiltración de aguas subterráneas. Estas aguas negras son típicas de las zonas residenciales en las que no se efectúan operaciones industriales, o sólo en muy corta escala.

#### Aguas negras sanitarias.

Son las aguas negras domésticas, más todos los desechos industriales de la población.

#### Aguas pluviales.

Formadas por todo el escurrimiento superficial de las lluvias, que fluyen desde los techos, pavimentos y otras superficies naturales del terreno.

### Aguas negras combinadas.

Son una mezcla de las aguas negras domésticas o sanitarias y de las aguas pluviales, cuando se conectan en las mismas alcantarillas.

### Desechos industriales.

Son las aguas de desecho provenientes de los procesos industriales. Pueden colectarse y disponerse aisladamente o pueden agregarse y formar parte de las aguas negras sanitarias o combinadas.

Las aguas negras son líquidos turbios que contienen material en suspensión. Cuando son frescas, su color es gris y tienen un olor a moho, no desagradable. Flotan en ellas cantidades variables de materia: sustancias fecales, trozos de alimentos, basura, papel, astillas y otros residuos de las actividades cotidianas de los habitantes de una comunidad. Con el transcurso del tiempo, el olor cambia gradualmente del gris al negro, desarrollándose un olor ofensivo y desagradable; y sólidos negros aparecen flotando en la superficie o en todo el líquido. En este estado se denominan aguas negras sépticas.

Los sólidos de las aguas negras pueden clasificarse en dos grupos generales según su composición o su condición física. Se tienen así, sólidos orgánicos e inorgánicos, los cuales a su vez pueden estar suspendidos y disueltos. Las definiciones de los sólidos de las aguas negras, son las siguientes:

### Sólidos orgánicos.

En general son de origen animal o vegetal, pueden incluirse también compuestos orgánicos sintéticos. Están sujetos a degradación o descomposición por la actividad de las bacterias

y otros organismos vivos; además son combustibles, es decir, pueden ser quemados.

#### Sólidos inorgánicos.

Son sustancias inertes que no están sujetas a la degradación, se les conoce frecuentemente como sustancias minerales, por lo general no son combustibles.

La cantidad de sólidos, tanto orgánicos como inorgánicos, en las aguas negras, les dan lo que frecuentemente se conoce como su fuerza. Las aguas negras fuertes son las que contienen gran cantidad de sólidos, especialmente de sólidos orgánicos, y las aguas negras débiles, las que contienen pequeñas cantidades de sólidos orgánicos.

Los sólidos pueden clasificarse de acuerdo a su condición física:

#### Sólidos suspendidos.

Perceptibles a simple vista en el agua, constituidos aproximadamente por un 70% de sólidos orgánicos y por un 30% de sólidos inorgánicos. A su vez se dividen en dos partes: sólidos sedimentables y sólidos coloidales.

#### Sólidos sedimentables.

Son la porción de los sólidos suspendidos cuyo tamaño y peso es suficiente para que se sedimenten en un periodo determinado, que generalmente es de una hora.

#### Sólidos coloidales suspendidos.

Se definen indirectamente como la diferencia entre los sólidos suspendidos totales y los sólidos suspendidos sedimentables.



Sólidos totales.

Como lo indica el mismo término, bajo este nombre se distinguen todos los constituyentes sólidos de las aguas negras, es decir la totalidad de sólidos orgánicos e inorgánicos, o la totalidad de sólidos suspendidos y disueltos.

La extensión y naturaleza de la descomposición bacteriana de los sólidos en las aguas negras, ha dado origen a ciertos términos que describen las condiciones o estado de las aguas negras, siendo estas aguas negras frescas, aguas negras sépticas y aguas negras estabilizadas. Estas últimas, son las que los sólidos han sido descompuestos hasta convertirse en materiales, que no están sujetos a descomposiciones ulteriores, o bien que son descompuestos lentamente; su olor es ligero o nulo, y tienen pocos sólidos suspendidos. De las aguas frescas y sépticas, ya se han mencionado las definiciones anteriormente.

#### - Aspectos Urbanísticos.

La urbanización en la Ciudad de Guatemala, alcanza en la actualidad un alto porcentaje, siendo pocos los sectores dentro de las distintas zonas de que consta la Ciudad, que aún no están urbanizados. El presente trabajo se desarrolla en una área que alcanza aproximadamente, un 95%, puesto que se trata de las zonas 9, 10, 13, 14, 15 y el tramo inicial de Carretera a El Salvador, donde existe una considerable cantidad de viviendas, escuelas, colegios, industria, edificios, centros comerciales, iglesias, parques, etc.; y las calles son todas asfaltadas o bien pavimentadas, siendo el zanjón el lugar en donde se descarga, el drenaje pluvial de

calles y áreas techadas de las construcciones, así como gran parte de drenaje sanitario domiciliar e industrial.

Se mencionó zonas 9, 10, 13, 14 y 15, aunque no se trata de la totalidad del área de que consta cada zona, sino únicamente las áreas en donde su descarga de drenajes, es el colector de oriente, que es el punto de interés del presente trabajo. Tal colector de oriente, en el tramo específico a tratar se dividirá en dos tramos, para identificarlo de una mejor manera; una parte, la cual posee una orientación este-norte, será llamado Zanjón 1, que corresponde al límite entre Oakland y Los Encuentros ambos en la zona 10, y la otra parte, la cual posee una orientación sur-norte, será llamado Zanjón 2, que corresponde al límite entre zona 10 y zona 15 (Colonia El Maestro).

En base a todo lo anterior, se hizo necesario realizar un cálculo de crecimiento, para tenerlo en cuenta en el diseño del alcantarillado a ampliar, así como de la tubería, con una proyección de 50 años; ya que se puede pensar, que en esta área, ya no existen grandes cantidades de terreno, para construcción de viviendas, pero si es de vital importancia, tomar en cuenta, que el crecimiento puede ser en edificios de oficinas, apartamentos, centros comerciales, etc., y para el presente trabajo el interés primordial es el análisis de costos, que esta obra civil pueda generar.

#### **- Aspectos Demográficos.**

Al hacer la investigación, se tomaron datos pasados y actuales de cantidad de población, y de esa manera poder realizar el respectivo cálculo de población futura a

servir, teniendo como parámetro el crecimiento de posibles construcciones, tal como se mencionó anteriormente.

Un diseño que permita una mayor vida útil, se debe lograr de acuerdo a proyección futura, y eso de margen a analizar los costos, que la obra significa.

**- Estado actual del zanjón.**

Una parte del proyecto a ejecutar, es la ampliación de la tubería municipal, que sirve de colector en todo el largo del Boulevard Los Próceres, Zona 10, cruza en la diagonal 6, siempre Zona 10, el drenaje sanitario continúa en dicha arteria, y el drenaje pluvial se desvía, por medio de un rebalse hacia el zanjón de Oakland - Zanjón 1 - y la otra parte a ejecutar es el zanjón que nace detrás del Colegio Evelyn Rogers, Carretera a El Salvador, pasa por debajo del trebol de Vista Hermosa, Zona 15, continúa dividiendo la Zona 10 de la Zona 15 - Zanjón 2 - y llega a unirse con el zanjón anteriormente indicado, y yá juntos continúan hacia la Universidad Francisco Marroquín, pasando por debajo del Boulevard de la Zona 15, dirigiéndose hacia las Vacas, por la Zona 5. El proyecto llegará en esta oportunidad, hasta el punto donde se unen ambos zanjones, por lo que se hará una breve descripción del estado actual de ambos.

En la primera visita realizada al sitio, se pudieron determinar una serie de aspectos, que será necesario contemplar para la planificación, previo a la ejecución de la construcción de dicho colector:

- a. El Zanjón 2 que corre como línea divisoria entre zona 10 y zona 15, lleva consigo drenaje pluvial y drenaje sanitario,

funcionando en época de verano e invierno, mientras que el Zanjón 1 únicamente drenaje pluvial, siendo un rebalse del colector que corre sobre la Diagonal 6, zona 10, funcionando en su totalidad solamente en época de invierno.

- b. Sobre el Zanjón 2, existe construida actualmente una bóveda de 2.50X2.50 m. en una longitud de 20 m., dicha bóveda es de forma cuadrada.
- c. El cauce del Zanjón 2, presenta varios quiebres en los cuales la corriente, está erosionando el talud natural.
- d. El Zanjón 1, presenta marcadas diferencias de nivel, por lo que se debe de tomar en cuenta la construcción de registros.
- e. El Zanjón 1, aparentemente su estado físico es menos crítico, puesto que solamente en época de invierno funciona como tal; pero la realidad es, que al subir de nivel el agua que llega al registro en la Diagonal 6, y no tener capacidad la tubería, entonces empieza a funcionar éste, llevando un considerable caudal.
- f. La vegetación que protege el Zanjón 1, es mucho más abundante, que la del Zanjón 2.
- g. El fondo de ambos zanjones, presenta una sedimentación abundante de materia orgánica.
- h. Se localizaron tres descargas claramente identificadas, dos sobre el Zanjón 2, determinando que una de ellas se origina del proyecto conocido como la Hondonada y la otra proviene de la urbanización conocida como Colonia del Maestro. El origen de la descarga sobre el Zanjón 1,

es el terreno que ocupa el Colegio Alfredo Nobel.

- i. Del terreno denominado los encuentros se originan cuatro descargas separativas, dos de drenajes pluviales y dos de drenajes sanitarios.
- j. La longitud del Zanjón 1 es de 249 m, y la del Zanjón 2 es de 370 m.

**- Población Actual.**

El estudio para determinar la población actual, en las áreas que descargan sus drenajes en el Zanjón 1 o bien en Zanjón 2, de las diferentes zonas de la ciudad, tales como 9, 10, 13, 14 y 15, se realizó en base a datos proporcionados por la Empresa Municipal de Agua (Empagua), y por datos del Instituto Nacional de Estadística acerca de la densidad poblacional de la ciudad por zonas, donde se pudo llegar a los siguientes resultados:

ZONA 9:	12,102 Habitantes.
ZONA 10:	37,687 Habitantes.
ZONA 13:	6,950 Habitantes.
ZONA 14:	45,207 Habitantes.
ZONA 15:	14,131 Habitantes.

Los datos anteriores, fueron obtenidos de acuerdo a las áreas de cada una de las zonas, en donde la descarga de drenajes es hacia el colector oriente, ya sea al llamado Zanjón 1 o Zanjón 2, tal como se identificaron anteriormente, es decir que no corresponden a la totalidad de los habitantes

por zona, sino los que servirán para el diseño y cálculo, y posteriormente al objetivo de este trabajo, o sea al análisis de costos del proyecto, para lo que se hace necesario tomar en cuenta y detallar cada punto que se considere necesario, y obtener resultados óptimos de servicio tanto en el presente como en el futuro, a un precio justo o bien económico.

#### - Población futura.

Para conocer la población futura en cualquier comunidad, es necesario tomar en cuenta factores tales como: posible desarrollo residencial, comercial e industrial. Con los datos anteriores de población actual, y datos obtenidos de población pasada, es posible utilizar tres diferentes métodos de estimación de población futura, siendo estos:

Método de incremento aritmético.

Método de incremento geométrico.

Método del promedio ponderado.

Se hará una presentación de cada uno de los métodos anteriores, en forma teórica, y posteriormente aparecerán los resultados obtenidos, tabulados en tablas informativas.

Método de incremento aritmético.

En este método se observan incrementos constantes para periodos de tiempo iguales. La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$Y_m = Y_1 + (Y_1 - Y_2) * (T_m - T_1) / (T_1 - T_2)$$

en donde:

$Y_m$  = población futura esperada a la fecha  $T_m$ .

$Y_1$  = población del último censo.

$Y_2$  = población del penúltimo censo.

$T_m$  = fecha en la que se desea la población futura.

$T_1$  = fecha del último censo.

$T_2$  = fecha del penúltimo censo.

Método del incremento geométrico.

En este método, el incremento de la población es constante, en un factor de proporcionalidad de la población, respecto del tiempo. La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$Y_m = Y_1 * (1 + r)^{(T_m - T_1)}$$

$$r = (T_1 - T_2) \cdot Y_1/Y_2 - 1$$

en donde:

$Y_m$  = población futura esperada a la fecha  $T_m$ .

$Y_1$  = población del último censo.

$Y_2$  = población del penúltimo censo.

$T_m$  = fecha en la que se desea la población futura.

$T_1$  = fecha del último censo.

$T_2$  = fecha del penúltimo censo.

$r$  = tasa del incremento geométrico.

Método del promedio ponderado.

Este método consiste en obtener un promedio, de los

resultados obtenidos por los dos métodos anteriores, y de esa manera obtener datos más representativos de la población, a la cual se desea servir. Realmente este método no representa un modelo matemático, pero sí da una idea general del comportamiento del crecimiento poblacional.

A continuación se dan los datos (obtenidos en el Instituto Nacional de Estadística y en Empagua), los cuales se tomaron como referencia, para el uso de las fórmulas anteriormente descritas:

ZONA	1973 (No. Hab.)	1980 (No. Hab.)	1990 (No. Hab.)
9	5,511	7,768	10,381
10	19,445	22,772	32,263
13	2,595	3,707	4,817
14	14,531	24,491	38,684
15	4,478	10,598	12,994

Utilizando las fórmulas descritas, los datos anteriores y tomando por supuesto en cuenta que el trabajo está proyectado para 50 años, es decir para el año 2046, se llegó a los resultados que se tomarán para el diseño del alcantarillado y cálculo de la tubería, de los cuales los más representativos son los obtenidos por medio del método del promedio ponderado, tal como se mencionó anteriormente.

Los datos son los siguientes:



POBLACION FUTURA ESTIMADA PARA EL AÑO 2046.

ZONA	M. INCREMENTO ARITMETICO (No. Hab.)	M. INCREMENTO GEOMETRICO (No. Hab.)	M. PROMEDIO PONDERADO (No. Hab.)
9	25,014	52,656	38,835
10	85,413	226,989	156,201
13	11,033	20,883	15,958
14	118,165	318,381	218,273
15	26,412	40,686	33,549
TOTAL	266,037	659,595	462,816

## II TOPOGRAFIA

Es de vital importancia, el renglón de Topografía, en cualquier proyecto de ingeniería a realizar, tales como, edificaciones, urbanizaciones, obras hidráulicas, vías terrestres, etc., por lo que en esta oportunidad, también fue necesario realizar el respectivo levantamiento topográfico, para obtener las pendientes adecuadas en la tubería que transportará el drenaje.

Por un lado, se presentará el plano topográfico, de todas las áreas de las diferentes zonas, las cuales descargan sus drenajes al gran colector oriente de la ciudad. Y por otro, con los datos obtenidos en la libreta de campo, se realizará el cálculo de las dimensiones de la tubería de los zanjones 1 y 2, donde será llevado a cabo el proyecto de entubamiento. El objeto de esto es, enmarcar la totalidad del área que se toma en cuenta para el diseño, y calcular el movimiento de tierra que será necesario, para brindar la correspondiente pendiente a la tubería a construir.

El estudio del movimiento de tierra, a través de la topografía, permitirá iniciar el análisis de costos, tomando en cuenta la mano de obra que será necesaria, pago de maquinaria pesada si lo requiere el diseño, y la programación del transporte de tierra; es por todo esto que la topografía juega un papel muy importante, y que además significa también un costo.

#### **- Planimetría.**

El plano planimétrico del área de la ciudad que interesa, fue proporcionado por Empagua, para la realización específica de este proyecto, pero este renglón se debe tomar como un costo, por lo que en el momento que dé inicio la integración de costos, la planimetría será incluida dentro del costo que representa la topografía.

Un levantamiento planimétrico, permite identificar, por medio de un plano, el área que se desee servir, y a través de dicha área, la cantidad de viviendas, comercio, industria, edificios, escuelas, calles, etc., con que cuenta y de esa forma incluirlo en el diseño correspondiente.

En el apéndice se presenta el plano planimétrico de la ciudad de Guatemala, haciéndose notar el área para la cual se realiza el presente trabajo.

#### **- Altimetría.**

El plano altimétrico, es decir el perfil del terreno, también es de vital importancia, puesto que llevará a decidir la ubicación y la pendiente de la tubería a construir, en base al estado natural del suelo. En este caso vale la pena mencionar, que el agua que corre a través del zanjón, por gravedad ha hecho su propio recorrido, y se puede pensar entonces, que este renglón topográfico no es necesario, pero no es así, porque si se retrocede a la descripción que se hizo anteriormente del estado actual del zanjón, se podrá observar

que se hizo mención, que el agua ha excavado algunos lugares, y esto no es conveniente, por lo que al realizar el entubamiento del zanjón, se debe de analizar la desaparición de tal desventaja y el aprovechamiento natural del perfil de la tierra, dando como resultado, la economía del proyecto.

Es de hacer notar entonces la importancia del levantamiento altimétrico, en este y en cualquier proyecto de ingeniería, ya que un buen diseño es aquel que alcanza un alto porcentaje de funcionabilidad con un alto grado de economía, y esto último es el objetivo del posterior análisis de costos.

### III DISEÑO DE ALCANTARILLADO

#### - Alcantarillado Sanitario.

Para el diseño del alcantarillado sanitario, es necesario conocer la cantidad de población a servir, lo cual, ya fue analizado y calculado anteriormente, y también la estimación de las áreas tributarias, lo cual será tomado de datos proporcionados por Empagua. Teniendo esto, se procederá a definir el siguiente paso, siendo éste el cálculo del caudal de diseño.

#### Caudal de diseño de aguas negras.

Los caudales que integran el caudal de diseño, son el domiciliar, el comercial, el industrial y el producido por las infiltraciones y conexiones ilícitas.

El valor de cada uno de estos caudales, que forman parte del caudal de diseño, se puede cuantificar de la siguiente manera:

**Caudal domiciliar:** Es el agua que una vez ha sido usada por los humanos, para limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida hacia la red de alcantarillado, es decir, que el agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación del suministro de agua potable, menos una porción que no será vertida al drenaje de aguas negras domiciliar, como los jardines, lavado de vehículos, etc. Para tal efecto, la dotación de agua potable es afectada por un factor que puede variar entre 0.7 a 0.8. De esta forma el caudal domiciliar o doméstico quedaría integrado así:

$Q_{dom.} = \text{DOTACION} \times \text{No. DE HABITANTES} \times \text{FACTOR}$

la dotación está en función de la categoría de la población que será servida, y varía de 50 a 300 litros diarios por habitante.

**Caudal comercial:** Como su nombre lo indica, es el agua de desecho de las edificaciones comerciales, como cafeterías, restaurantes, hoteles, etc.. Por lo general la dotación comercial varía según el establecimiento a considerar, pero puede estimarse entre 600 y 3,000 litros/comercio/día.

**Caudal industrial:** Es el agua de desecho de las industrias, como fábricas de textiles, licoreras, refrescos, alimentos, etc.. Al igual que en la anterior, si no se cuenta con el dato de la dotación de agua suministrada, se puede computar, dependiendo del tipo de industria, entre 1,000 y 18,000 litros/industria/día.

**Caudal de infiltración:** Para la estimación de lo que entra en la alcantarilla, se toma en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad de las tuberías, la permeabilidad del terreno, el tipo de juntas usadas en la tubería y la calidad de mano de obra y supervisión con que se cuenta durante la ejecución. Existen dos formas de medirlo: en litros diarios por hectárea o en litros diarios por kilómetro de tubería, este factor puede variar entre 12,000 y 18,000 litros/km./día.

**Caudal por conexiones ilícitas:** Es el producido por las viviendas que conectan las tuberías de sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario. Para efecto de diseño se puede estimar que un porcentaje de las viviendas de una localidad pueden hacer conexiones ilícitas, lo que puede

variar de 0.5 a 2.5 por ciento. Como el cómputo de caudal de conexiones ilícitas va directamente relacionado con el caudal producido por las lluvias, para su cómputo se utiliza la fórmula siguiente:

$$Q_{c.i.} = C i A/360 = C_i (A \times \%)/360$$

donde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/seg)

C = Coeficiente de escorrentía (%)

i = Intensidad de lluvia (mm/hora)

A = Area donde es factible conectar ilícitamente (hectáreas)

**Factor de caudal medio:** Una vez computado el valor de los caudales anteriormente descritos, se procede a integrar el caudal medio del área a drenar, que a su vez, al ser distribuido entre el número de habitantes, se obtiene un factor de caudal medio, el cual varía entre el rango de 0.002 a 0.005; si el cálculo del factor está entre esos dos límites, se utiliza el calculado; en cambio, si es inferior o excede, se utiliza el límite más cercano, según sea el caso.

$$Q_{medio} = Q_{dom.} + Q_{com.} + Q_{ind.} + Q_{inf.} + Q_{c.i.}$$

$$\text{Factor } Q_{medio} = Q_{medio}/\text{No. Habitantes}$$

$$0.002 < F. Q_{medio} < 0.005 \quad (\text{para Guatemala})$$

**Caudal máximo:** Para calcular el caudal máximo que corre por las tuberías, en un momento dado, hay que afectar el caudal medio por un factor conocido como factor de flujo, el cual suele variar entre 1.5 a 4.5, de acuerdo al tamaño de la población. El cómputo de dicho factor, es el valor obtenido de la fórmula de Harmon, siendo la forma más usada:

$$Q_{\max.}/Q_{\text{med.}} = 18 + (\text{raiz cuadrada de } P)/4 + (\text{raiz cuad. de } P)$$

donde:

$Q_{\max.}$  = Caudal máximo.

$Q_{\text{med.}}$  = Caudal medio.

$P$  = Población en miles.

o sea, una vez obtenido el factor del caudal medio, y el factor de Harmon (F.H.), se obtiene el factor del caudal máximo:

$$F. Q_{\max.} = F. Q_{\text{med.}} \times F.H.$$

el cual, al ser multiplicado por el número de habitantes, se obtiene el caudal máximo o caudal de diseño:

$$Q_{\max.} = Q_{\text{dis.}}$$

$$Q_{\text{dis.}} = \text{No. Habitantes} \times F. Q_{\max.}$$

#### - Alcantarillado Pluvial.

Más comunmente conocido como alcantarillado o desagüe de tormenta. A continuación se definirán los parámetros de diseño para este tipo de alcantarillado:

**Volumen de las aguas de tormenta:** La esorrentia es la porción de la precipitación que fluye por encima de la superficie de la tierra.

El valor de la esorrentia del agua de lluvia, para ser usado en el diseño de un alcantarillado pluvial, es



difícil de evaluar y calcular, ya que es altamente variable. La escorrentía es aquella parte de la precipitación que no se pierde por la infiltración en el subsuelo, ni se queda en las depresiones y superficies planas del terreno, y que posteriormente se evapora. Las condiciones del suelo y el subsuelo que afectan esas pérdidas y están sujetas a diferentes variables, ya sean naturales o artificiales.

Aunque se pueda disponer de numerosas fórmulas para determinar la cantidad de escorrentía de lluvia, el Método Racional es muy usado en el diseño de alcantarillado pluvial.

**Método racional:** La escorrentía es relacionada con la intensidad de lluvia, mediante la fórmula:

$$Q = (1/360) C i A$$

donde:

Q = Escorrentía máxima (m<sup>3</sup>/seg)

C = Coeficiente (depende de las características del área a drenar)

i = Promedio de la intensidad de lluvia (mm/hora)

A = Área a drenar (hectáreas)

este método se basa en los siguientes supuestos:

El máximo porcentaje de escorrentía en cualquier punto, es función directa del promedio de la intensidad de lluvia, durante el tiempo de concentración para ese punto.

La frecuencia de la descarga máxima, es la misma que el promedio de intensidad de lluvia.

El tiempo de concentración, es el tiempo requerido para que la

escorrentía llegue a ser establecida y fluya desde la parte más remota del área drenada, hasta el punto en consideración. Esta suposición se refiere a la parte más remota, en tiempo, no necesariamente en distancia.

**Area:** El área tributaria en cualquier punto en consideración, para un sistema de alcantarillado pluvial, puede ser medida precisamente, siendo el único elemento del método racional sujeto a determinación precisa.

Los límites del área de drenaje pueden establecerse por medio de levantamientos topográficos, por medio de mapas apropiados o por medio de fotografías aéreas. El total del área a drenar es subdividida en pequeñas partes, cada una tributaria al área de entrada. Esto requiere preliminarmente un trazo del sistema y la localización tentativa de puntos de entrada.

**Intensidad de lluvia:** La determinación de la intensidad de lluvia es posible por medio de la siguiente fórmula:

$$i = a / ( t + b )$$

donde:

i = Intensidad promedio.

t = Tiempo de concentración.

a = Constante.

b = Constante.

las constantes a y b, pueden ser obtenidas por la transformación logarítmica de la ecuación, usando los datos de lluvia de la oficina meteorológica de la localidad.

**Tiempo de concentración:** El tiempo de concentración "t", se

puede definir como el tiempo necesario para que se produzca el máximo caudal, y es igual al requerido para que una gota de agua circule desde un punto límite de la zona de recogida de agua, hasta aquel en que se determina el caudal. En tramos consecutivos, el tiempo de concentración se estimará por medio de la fórmula siguiente:

$$t_n = t_{n-1} + L / (60 V_{n-1})$$

donde:

$t_{n-1}$  = Tiempo de concentración hasta el tramo considerado.

L = longitud del tramo anterior.

$V_{n-1}$  = Velocidad a sección llena en el tramo anterior.

**Coefficiente de escorrentía:** El coeficiente de escorrentía "C", es la variable del método racional menos susceptible a determinación precisa. En general, para cada tramo se tomará el coeficiente de escorrentía promedio, correspondiente al área tributaria, de esa forma se puede calcular por medio de la siguiente fórmula:

$$C = \text{SUMATORIA } (c \times a) / \text{SUMATORIA } A$$

donde:

C = Coeficiente de escorrentía promedio por área a drenar.

c = Coeficiente de escorrentía de cada una de las áreas parciales.

a = Área parcial (Ha)

A = Área total (Ha)

**- Alcantarillado Combinado.**

Este tipo de alcantarilla, está integrado por el volumen proveniente de las aguas negras y el producido por el escurrimiento de tormenta.

Se ha observado que el caudal de las aguas negras, y las de infiltración obtenidas en el diseño de una alcantarilla de aguas negras, es un pequeño porcentaje del caudal de agua de lluvia. Como el error de estimación del agua de lluvia excederá por mucho a este porcentaje, no es necesario modificar las dimensiones de las alcantarillas de lluvia, para tener en cuenta el volumen de aguas negras, o de filtración, si quieren determinarse las dimensiones de las alcantarillas combinadas.

Pero hay que tener en cuenta la conducción de caudales en el período de estío (tiempo seco), en donde sólo circularán los caudales de aguas negras, por lo que se hace necesario verificar si en este período, se cumple con la velocidad mínima establecida, comunmente denominado "chequeo de la velocidad del agua negra o gasto negro".

#### IV CALCULO DE LA TUBERIA

- ZANJON 1. Orientación este-norte. Oakland Zona 10.

Resumen de valores adoptados y fórmulas utilizadas:

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA " c ":

$$c = 0.40$$

TIEMPO DE CONCENTRACION " t ":

Tramos iniciales:  $t = 12 \text{ min.}$

Tramos consecutivos:  $t = t_{n-1} + L/(60 V_{n-1})$

INTENSIDAD DE LLUVIA " I ":

$$I = 4604.5/(t + 24.2)$$

con probabilidad de ocurrencia de 20 años para la zona Atlántica en la Ciudad de Guatemala, según dato obtenido en Empagua.

CAUDAL DE DISEÑO " qd ":

$$qd = CIA/360$$

VELOCIDAD MINIMA " v ":

$$v = 0.60 \text{ m/seg.}$$

VELOCIDAD MAXIMA " v ":

$$v = 3.00 \text{ m/seg.}$$

VELOCIDAD A SECCION LLENA " V ":

$$V = 30.529 * ( D )^{2/3} * ( S )^{1/2}$$

donde: D es el diámetro.

S es la pendiente.

CAUDAL A SECCION LLENA " Q ":

$$Q = \text{Pi}/4 * ( D )^2 * ( V )$$

donde: D es el diámetro.

V es la velocidad a seccion llena.

TIRANTE " d/D ":

$$0.10 \quad d/D \quad 0.80$$

- ejemplo:

TRAMO A - B:

$$D = 2.50 \text{ m.}$$

$$S = 0.5 \text{ \%}.$$

$$qd = 3180.00 \text{ lts/seg.}$$

$$V = 30.529 * ( 2.50 )^{2/3} * ( 0.005 )^{1/2}$$

$$V = 3.98 \text{ m/seg.}$$

$$Q = \text{Pi}/4 * ( 2.50 )^2 * ( 3.98 ) * 1000$$

$$Q = 19519.15 \text{ lts/seg.}$$

$$q/Q = 3180.00 / 19519.15$$

$$q/Q = 0.163$$

$$v/V = 0.732 \quad (\text{ en tablas } )$$

$$v = 0.732 * 3.98$$

$v = 2.91 \text{ m/seg.}$  ; por lo tanto si chequea, puesto que la velocidad máxima es  $3.00 \text{ m/seg.}$  según especificación hidráulica.

$$d/D = 0.27 \quad (\text{ en tablas } )$$

también chequea, puesto que  $d/D$  debe estar entre  $0.10$  y  $0.80$ , según especificación hidráulica.

ZANJON 1

TRAMO	DATOS			COTAS TERRENO			CAUDAL PLUVIAL						DISEÑO						COTAS INTER	
	L(m)	AP.	Acum	INICIO	FINAL	S%	c	l/60V	t	I	qd	DIAM	S%	V	Q	V/V	V	d/D	ENTRADA	SALIDA
A	36	8	20	111.27	110.90	0.39	0.45	12.00	127.20	3180.00	2.50	0.50	3.98	19519.15	0.732	2.91	0.27	108.63	108.15	
B	38	6	26	109.40	108.85	1.45	0.40	12.40	125.80	3834.20	2.50	0.45	3.77	18517.49	0.776	2.93	0.30	106.65	106.48	
C	40	7	33	107.37	104.96	6.03	0.40	12.57	125.23	4591.81	2.50	0.40	3.56	17458.46	0.843	2.99	0.35	103.98	103.82	
D	des	75	7	99.74	98.85	1.19	0.40	12.76	124.59	5837.33	2.50	0.35	3.33	16330.89	0.901	2.99	0.40	99.07	98.81	



- ZANJON 2. Orientación sur - norte. Limite zona 10 y zona 15.

Resumen de valores adoptados y fórmulas utilizadas:

Período de diseño	50 años.
Población futura	16 380 habitantes.
Número de habitantes	390 hab/Ha.
Dotación domiciliar	220 lts/hab/día.
Caudal de infiltración	0.10 lts/seg/H
Conexiones ilícitas	100 lts/hab/día.
Caudal comercial e industrial	0.4 lts/seg/Ha.
Caudal de apartamentos	265 lts/Ha/día.
Caudal de diseño	Sumatoria de caudales sanitarios más caudal pluvial.

**NOTA:** para lo concerniente a los valores y fórmulas para el caudal pluvial, ver en el resumen anterior del Zanjón 1.

- ejemplo:

TRAMO 1 - 2:

$$D = 2.50 \text{ m.}$$

$$S = 0.5 \text{ \%}$$

$$qd = 2799.35 \text{ lts/seg.}$$

$$V = 30.529 * ( 2.50 )^{2/3} * ( 0.005 )^{1/2}$$

$$V = 3.98 \text{ m/seg.}$$

$$Q = \text{Pi}/4 * ( 2.50 )^2 * ( 1.26 ) * 1000$$

$$Q = 19519.15 \text{ lts/seg.}$$

$$q/Q = 2799.35 / 19519.15$$

$$q/Q = 0.143$$

$$v/V = 0.717 \quad ( \text{ en tablas } )$$

$$v = 0.717 * 3.98$$

$$v = 2.85 \text{ m/seg. ; por lo tanto si chequea.}$$

$$d/D = 0.26 \quad ( \text{ en tablas } )$$

por lo tanto si chequea.

ZANJON 2

TRAMO	DATOS		COTAS TEBERNO		CAUDAL PLUVIAL					
IDE	A	L(m)	Ar.	INICIO	FINAL	Σ				
1	2	80	7	104.47	103.27	1.50	0.40	12.00	127.20	2685.33
2	3	80	7	103.27	102.05	1.53	0.40	1.06	123.58	3570.09
3	4	69	4	102.05	100.91	1.65	0.40	1.06	120.16	4005.33
4	5	96	10	100.91	99.58	1.39	0.40	0.91	117.37	5216.44
5	des	45	2	99.58	98.95	1.62	0.40	1.27	113.69	5305.53

CAUDAL SANITARIO										DISERO									
P.PAR	P.ACUM	q.medio	f.fluj	q.domes	q.inf	q.c-ill	q.come	q.apto	q.sanita	q.diseño	DIAM	Σ	V	Q	Y	d/D	COTAS	INVER	
2730	7410	18.87	3.88	73.22	1.9	8.6	7.6	22.7	114.02	2799.35	2.50	0.50	3.98	19519.15	2.85	0.26	101.12	100.72	
2730	10140	25.82	3.36	99.67	2.6	11.7	10.4	31.1	155.47	3725.56	2.50	0.45	3.77	18517.49	2.97	0.31	190.72	100.36	
1560	11700	29.79	3.84	114.39	3.0	13.6	12.0	35.9	178.89	4184.22	2.50	0.45	3.77	18517.49	3.00	0.32	100.36	100.05	
3900	15600	39.72	3.80	150.94	4.0	18.1	16.0	47.8	236.84	5453.28	2.50	0.40	3.55	17458.46	3.00	0.38	99.55	99.17	
730	16380	41.71	3.77	157.25	4.2	19.0		50.2	247.45	5552.98	2.50	0.35	3.33	16330.89	3.00	0.40	98.97	98.81	

## V ANALISIS DE COSTOS

### - Generalidades.

Para realizar el análisis de costos, el cual en la mayoría de obras civiles viene a ser el aspecto más complicado, y en determinados momentos una de las limitantes más importantes; para que un proyecto planificado llegue a la fase de ejecución, se considera necesario realizar dicho análisis, tomando en cuenta dos criterios básicos. El primero, que todo proyecto debe de basarse en precios de materiales y mano de obra regulados por un mercado cambiante, el segundo, tomando en cuenta la perspectiva del cliente, el cual podría ser una empresa privada, una institución estatal o bien una persona en particular.

Tratar que en un análisis de costos exista una comunión entre los precios regulados por un mercado y la perspectiva del cliente, en la adquisición de un producto final, es una tarea difícil pero clave. Al situarse frente a dicho problema se detectaron aspectos que en la mayoría de los casos carecen de importancia, para quien analiza los costos para la ejecución de un proyecto, pero que sin embargo son la clave para obtener la comunión anteriormente mencionada.

Normalmente, los análisis de costos se reducen a una tabla de datos que incluyen cuantificaciones de materiales, costos de los mismos, cuantificaciones y costos de mano de obra, transportes e indirectos. Considerando que antes de efectuar este proceso que por demás será la clave para su ejecución, era necesario tomar en cuenta también la expectativa del posible cliente, cosa que normalmente no es acostumbrada y que como ya se mencionó viene a ser la

limitante para que una cuantificación o análisis, quede interpretada como una fría tabla de datos numéricos.

Basándose en el análisis que Eliyahu M. Goldratt, efectúa sobre la visión del cliente ante los análisis de costos para la ejecución de un proyecto, se decidió, previo a realizar éste, construir lo que él determina como árboles de realidad presente y futuro ( ver árbol de realidad en apéndice ).

Como se presenta, en el árbol de realidad expuesto anteriormente, el primer punto planteado responde a una realidad existente, que es, la existencia de un zanjón que actualmente conduce aguas pluviales y aguas negras, de las zonas ya indicadas, produciendo mal olor y contaminación. Eso permite determinar que en el planteamiento de costos, el proyecto responde a cubrir una necesidad existente y no es necesario crear dicha necesidad, sin embargo la solución podría tomarse desde el punto de vista del cliente, como el que él cargará con el costo de ejecución de una obra que será de beneficio no únicamente de él, sino de todos los pobladores de la zona.

El segundo punto que se plantea, es el hecho de que no se puede discutir de la ejecución de un proyecto sin tener claramente establecido el análisis de costos, esto permitirá que el cliente tenga una realidad del valor de dicho proyecto, y establecer en primer lugar si está dentro de sus posibilidades, para ser desarrollado, y en segundo lugar si los beneficios obtenidos al ejecutarlo responde a la inversión que vá a efectuar, los siguientes dos puntos están colocados en el mismo nivel, ya que están claramente inter-relacionados, el primero es, que el diseño del túnel presente una solución técnica al problema, a un bajo costo, y el segundo que el diseño responda a las necesidades y proyecciones del cliente.

Esto lleva a plantear el siguiente paso en el árbol, y es, el utilizar ventajas naturales que brinda el zanjón para el planteamiento del diseño, esto permitirá reducir el costo.

El siguiente punto lleva a la conclusión, que el levantamiento topográfico permitirá visualizar las ventajas y desventajas que pudiera presentar el zanjón y de esta manera adaptar el diseño a la topografía existente, consiguiendo con esto dos aspectos importantes: el primero, que se removerá la menor cantidad de tierra posible, y el segundo, que siendo el zanjón un límite colindante con los otros vecinos, en ningún momento vá a variar ese límite, y eso facilitará esclarecer los linderos de las propiedades.

Planteadas estas inquietudes, se determinó que el diseño también tenía que responder a dos realidades existentes: existía "x" población que se servía de este zanjón para hacer las descargas de aguas pluviales y negras, y esto implicaba en hacer un análisis del área que sería servida, sin olvidar por supuesto una proyección futura de la población.

Se consideró que el diseño del túnel presentara la posibilidad de que el zanjón recibiera una carga de relleno, que permitiera aumentar el área útil de los terrenos colindantes al mismo, como conclusión se determinó que presentándolo al cliente de esta manera, el aprovechamiento de la tierra podría ser mayor. Esto permitió que el cliente pudiera visualizar, no únicamente la solución del problema de evitar el mal olor y contaminación, sino un beneficio adicional, que era incrementar las áreas útiles de los terrenos colindantes y por lo tanto incrementar el valor de dichas áreas, beneficio que justificaba la inversión, que planteaba el análisis de costos.

**- Listado de materiales.**

Tomando como base las tablas de constantes de cálculo de materiales, de la Tesis Titulada " Metodología para calcular el costo de un colector pluvial (\*) ", las cuales brindan los siguientes datos:

**MATERIALES A USARSE EN COLECTOR, POR METRO LINEAL:**

Diámetro interno: 2.50 m.  
Cemento : 19.44 sacos.  
Arena de río : 1.12 m3.  
Piedrín : 1.66 m3.  
Madera : 36.75 pies tabla.

**MATERIALES A USARSE EN EL PISO DE REGISTRO, POR UNIDAD:**

Diámetro interno : 3.50 m.  
Cemento : 26.88 sacos.  
Arena de río : 1.55 m3.  
Piedrín : 2.30 m3.  
Hierro de 5/8" : 4.86 quintales.  
Alambre de amarre: 38.88 libras.

**MATERIALES A USARSE EN LOS CILINDROS DE REGISTRO, POR METRO LINEAL:**

Diámetro interno : 3.50 m.  
Cemento : 20.92 sacos.  
Arena de río : 1.21 m3.  
Piedrín : 1.79 m3.  
Hierro de 1/2" : 1.04 quintales.  
Hierro de 3/8" : 0.58 quintales.

(\*) Tesis del Ing. Abel Alberto Yon Chang.

Alambre de amarre: 19.80 libras.  
Madera : 128.17 pies tabla.

**MATERIALES A USARSE EN CONOS DE REGISTRO, POR UNIDAD:**

Reducción : de 3.50 m. a 0.60 m.  
Cemento : 42.04 sacos.  
Arena de río : 2.43 m<sup>3</sup>.  
Piedrín : 3.59 m<sup>3</sup>.  
Hierro de 1/2" : 3.52 quintales.  
Hierro de 3/8" : 0.67 quintales.  
Alambre de amarre: 33.52 libras.  
Madera : 355.38 pies tabla.

fue obtenido el listado de materiales siguiente, para cada uno de los renglones de trabajo:

**Zanjón 1.**

**Colector:**

Diámetro interno : 2.50 m.  
Longitud : 249.00 m.  
  
Cemento : 4 840.56 sacos.  
Arena de río : 278.88 m<sup>3</sup>.  
Piedrín : 413.34 m<sup>3</sup>.  
Madera : 9 150.75 pies tabla.

**Piso de registro:**

Diámetro interno : 3.50 m.



Cantidad : 4 unidades.  
Cemento : 107.52 sacos.  
Arena de río : 6.20 m3.  
Piedrín : 9.20 m3.  
Hierro de 5/8" : 19.44 quintales.  
Alambre de amarre: 155.52 libras.

Cilindros de registro:

Diámetro interno : 3.50 m.  
Longitud : 14.00 m.  
  
Cemento : 292.88 sacos.  
Arena de río : 16.94 m3.  
Piedrín : 25.06 m3.  
Hierro de 1/2" : 14.56 quintales.  
Hierro de 3/8" : 8.12 quintales.  
Alambre de amarre: 277.20 libras.  
Madera : 1 794.38 pies tabla.

Conos de registro:

Reducción : de 3.50 m. a 0.60 m.  
Cantidad : 4 unidades.  
  
Cemento : 168.16 sacos.  
Arena de río : 9.72 m3  
Piedrín : 14.36 m3.  
Hierro de 1/2" : 14.08 quintales.  
Hierro de 3/8" : 2.68 quintales.  
Alambre de amarre: 134.08 libras.  
Madera : 1 421.52 pies tabla.

## Zanjón 2.

### Colector:

Diámetro interno : 2.50 m.  
Longitud : 370 m.

Cemento : 7 192.80 sacos.  
Arena de río : 414.40 m3.  
Piedrín : 614.20 m3.  
Madera : 13 597.50 pies tabla.

### Piso de registro:

Diámetro interno : 3.50 m.  
Cantidad : 3 unidades.

Cemento : 80.64 sacos.  
Arena de río : 4.65 m3.  
Piedrín : 6.90 m3.  
Hierro de 5/8" : 14.58 quintales.  
Alambre de amarre: 116.64 libras.

### Cilindros de registro:

Diámetro interno : 3.50 m.  
Longitud : 11 m.

Cemento : 230.12 sacos.  
Arena de río : 13.31 m3.  
Piedrín : 19.69 m3.  
Hierro de 1/2" : 11.44 quintales.  
Hierro de 3/8" : 6.38 quintales.

Alambre de amarre: 217.80 libras.  
Madera : 1 409.87 pies tabla.

Conos de registro:

Reducción : de 3.50 m. a 0.60 m.  
Cantidad : 3 unidades.  
Cemento : 126.12 sacos.  
Arena de río : 7.29 m3.  
Piedrín : 10.77 m3.  
Hierro de 1/2" : 10.56 quintales.  
Hierro de 3/8" : 2.01 quintales.  
Alambre de amarre: 100.56 libras.  
Madera : 1 066.14 pies tabla.

**RESUMEN DEL LISTADO DE MATERIALES:**

**CEMENTO** : 13 039 sacos.  
**ARENA DE RIO** : 752 m3.  
**PIEDRIN** : 1 114 m3.  
**HIERRO DE 5/8"** : 35 quintales.  
**HIERRO DE 1/2"** : 51 quintales.  
**HIERRO DE 3/8"** : 20 quintales.  
**ALAMBRE DE AMARRE:** 1 002 libras.  
**MADERA** : 28 441 pies tabla.

**- Estimación de mano de obra.**

Tomando como base, el siguiente cuadro de rendimientos por día, en cada uno de los renglones de trabajo, tomado de la tesis titulada " Metodología para calcular el costo de un colector pluvial (\*)", es posible obtener los datos necesarios para elaborar el cálculo estimado de mano de obra, los cuales serán dados posteriormente.

**RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA/DIA EN COLECTORES.**

Excavación hasta 15 m. de profundidad	1.75 m3./tunelero.
Limpieza	10.00 m3./ayudante.
Colocación de formaleta	10.00 m2./1 Alb.+1 Ayu
Fundición	1.00 m3./1 Alb.+1 Ayu
Desencofrado	35.00 m2./1 Alb.+1 Ayu
Tallado	10.00 m2./1 Alb.+1 Ayu

**RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA/DIA EN PISOS DE REGISTRO.**

Excavación hasta 1.50 m.	4.00 m3./pocero.
Excavación de 1.51 m. a 2.50 m.	3.00 m3./pocero.
Excavación de 2.51 m. a 3.50 m.	2.50 m3./pocero.
Excavación de 3.51 m. a 4.50 m.	2.00 m3./pocero.

(\*) Tesis del Ing. Abel Alberto Yon Chang.

Limpieza	10.00 m3./ayudante.
Armadura con hierro de 5/8"	2.50 qq./1 Alb.+1 Ayu
Fundición	2.00 m3./1 Alb.+1 Ayu
Tallado	10.00 m2./1 Alb.+1 Ayu

RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA/DIA EN CILINDROS DE REGISTRO.

Excavación hasta 1.50 m.	4.00 m3./pocero.
Excavación de 1.51 m. a 2.50 m.	3.00 m3./pocero.
Excavación de 2.51 m. a 3.50 m.	2.50 m3./pocero.
Excavación de 3.51 m. a 4.50 m.	2.00 m3./pocero.
Limpieza	10.00 m3./ayudante
Colocación de formaleta	12.00 m2./1 Alb.+1 Ayu
Fundición	1.50 m2./1 Alb.+1 Ayu
Desencofrado	35.00 m2./1 Alb.+1 Ayu
Tallado	10.00 m2./1 Alb.+1 Ayu
Armadura con hierro de 1/2"	2.00 qq./1 Alb.+1 Ayu
Armadura con hierro de 3/8"	1.50 qq./1 Alb.+1 Ayu

RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA/DIA EN CONOS DE REGISTRO.

Excavación hasta 1.50 m.	4.00 m3./pocero.
Excavación de 1.51 m. a 2.50 m.	3.00 m3./pocero.
Excavación de 2.51 m. a 3.50 m.	2.50 m3./pocero.
Excavación de 3.51 m. a 4.50 m.	2.00 m3./pocero.
Limpieza	10.00 m3./ayudante.

Colocación de formaleta	10.00 m2./1 Alb.+1 Ayu
Desencofrado	30.00 m2./1 Alb.+1 Ayu
Fundición de 0.20 m. de espesor	12.00 m2./1 Alb.+1 Ayu
Tallado	7.50 m2./1 Alb.+1 Ayu
Armadura con hierro de 1/2"	2.50 qq./1 Alb.+1 Ayu
Armadura con hierro de 3/8"	2.00 qq./1 Alb.+1 Ayu

### SUELDOS ACTUALIZADOS.

Albañil ( Alb. )	Q. 35.00/día.
Tunelero	Q. 22.00/día.
Pocero	Q. 22.00/día.
Ayudante ( Ayu. )	Q. 18.00/día.

### PRESTACIONES.

Albañil :

Aguinaldo : Q. 35.00/día \* 30 días = Q. 1 050.00

Q. 1 050.00 / 365 días = Q. 2.88/día.

Bono 14 : Q. 35.00/día \* 30 días = Q. 1 050.00

Q. 1 050.00 / 365 días = Q. 2.88/día.

Vacaciones: Q. 35.00/día \* 15 días = Q. 525.00

Q. 525.00 / 365 días = Q. 1.44/día.

Indemnización: Q. 35.00/día \* 30 días = Q. 1 050.00

Q. 1 050.00 \* 14 = Q. 14 700.00

Q. 14 700.00 / 12 meses = Q. 1 225.00

Q. 1 225.00 / 365 días = Q. 3.36/día.

TOTAL : 2.88 + 2.88 + 1.44 + 3.36

Q. 10.56/día.

Porcentaje: Q. 10.56/día. / Q. 35.00/día.

0.30 = 30 %

#### Tunelero y pocero:

Aguinaldo : Q. 22.00/día \* 30 días = Q. 660.00

Q. 660.00 / 365 días = Q. 1.81/día.

Bono 14 : Q. 22.00/día \* 30 días = Q. 660.00

Q. 660.00 / 365 días = Q. 1.81/día.

Vacaciones: Q. 22.00/día \* 15 días = Q. 330.00

Q. 330.00 / 365 días = Q. 0.90/día.

Indemnización: Q. 22.00/día \* 30 días = Q. 660.00

Q. 660.00 / 14 = Q. 9 240.00

$$Q. 9\ 240.00 / 12 \text{ meses} = Q. 770.00$$

$$Q. 770.00 / 365 \text{ días} = Q. 2.11/\text{día.}$$

$$\text{TOTAL} : 1.81 + 1.81 + 0.90 + 2.11$$

$$Q. 6.63/\text{día.}$$

$$\text{Porcentaje: } Q. 6.63/\text{día} / Q. 22.00/\text{día.}$$

$$0.30 = 30 \%$$

**Ayudante:**

$$\text{Aguinaldo : } Q. 18.00/\text{día} * 30 \text{ días} = Q. 540.00$$

$$Q. 540.00 / 365 \text{ días} = Q. 1.48/\text{día.}$$

$$\text{Bono 14 : } Q. 18.00/\text{día} * 30 \text{ días} = Q. 540.00$$

$$Q. 540.00 / 365 \text{ días} = Q. 1.48/\text{día.}$$

$$\text{Vacaciones: } Q. 18.00/\text{día} * 15 \text{ días} = Q. 270.00$$

$$Q. 270.00 / 365 \text{ días} = Q. 0.74/\text{día.}$$

$$\text{Indemnización: } Q. 18.00/\text{día} * 30 \text{ días} = Q. 540.00$$

$$Q. 540.00 * 14 = Q. 7\ 560.00$$

$$Q. 7\ 560.00 / 12 \text{ meses} = Q. 630.00$$

$$Q. 630.00 / 365 \text{ días} = Q. 1.73/\text{día.}$$



TOTAL : 1.48 + 1.48 + 0.74 + 1.73

Q. 5.43/día.

Porcentaje: Q. 5.43/día / Q. 18.00/día

0.30 = 30 %

Como ya se mencionó anteriormente, por medio de todos estos datos, fue posible llegar a obtener los siguientes resultados de rendimiento en cada uno de los diferentes renglones de trabajo:

Colector por metro lineal.

Diámetro interno : 2.50 m.

Altura hasta 15.00 m. : 8.36 días + excavación + limpieza

Volumen de excavación : 7.07 m<sup>3</sup>.

Piso de registro por unidad.

Diámetro interno : 3.50 m.

Con armadura : 4.63 días + excavación + limpieza

Cilindros de registro por metro lineal.

Diámetro interno : 3.50 m.  
Con armadura : 4.91 días + excavación + limpieza  
Volumen de excavación : 11.95 m<sup>3</sup>.

Conos de registro por unidad.

Reducción : de 3.50 m. a 0.60 m.  
Altura 4.84 m. : 13.78 días + excavación + limpieza

Zanjón 1.

Colector:

Diámetro interno : 2.50 m.  
Longitud : 249.00 m.  
Excavación y limpieza : 1 245.00 m<sup>3</sup>.  
Número de días/ml. : 8.36 + excavación + limpieza.  
Total de días : 2 081.64  
Albañil : Q. 35.00/día.

Tunelero	:	Q.	22.00/día.	
Ayudante	:	Q.	18.00/día.	
Albañil	:	Q.	72 857.40	
Ayudante	:	Q.	37 469.52 + Q. 2 241.00 =	Q. 39 710.52
Tunelero	:	Q.	15 651.46	
				Q. 128 219.38
Prestaciones ( 30 % ) (*)		Q.	38 465.81	
		<b>TOTAL</b>	<b>Q. 166 685.19</b>	

Piso de registro:

Diámetro interno	:	3.50 m.	
Cantidad	:	4 Un. de 4.00 m. de profundidad.	
Excavación y limpieza	:	210.16 m3.	
Número de días/unidad	:	4.63 + excavación + limpieza.	
Total de días	:	18.52	
Albañil	:	Q. 35.00/día.	
Pocero	:	Q. 22.00/día.	
Ayudante	:	Q. 18.00/día.	
Albañil	:		Q. 648.20
Ayudante	:	Q. 333.36 + Q. 378.36 =	Q. 711.72
Pocero	:		Q. 1 503.04
			Q. 2 862.96
Prestaciones ( 30 % ) (*)		Q.	858.89
		<b>TOTAL</b>	<b>Q. 3 721.85</b>

(\*) Ver páginas 42, 43, 44 y 45, PRESTACIONES.

Cilindros de registro:

Diámetro interno	:	3.50 m.		
Longitud	:	14.00 m.		
Limpieza	:	110.00 m <sup>3</sup> .		
Número de días/ml.	:	4.91 + limpieza		
Total de días	:	68.74		
Albañil	:	Q. 35.00/día.		
Ayudante	:	Q. 18.00/día.		
Albañil :			Q.	2 405.90
Ayudante :	Q. 1 237.32 + Q. 198.00 =		Q.	1 435.32
			Q.	3 841.22
Prestaciones ( 30 % ) (*)			Q.	1 152.37
		<b>TOTAL</b>	<b>Q.</b>	<b>4 993.59</b>

Conos de registro:

Reducción	:	de 3.50 m. a 0.60 m.		
Cantidad	:	4 unidades.		
Limpieza	:	35.00 m <sup>3</sup> .		
Número de días/unidad	:	13.78 + limpieza		
Total de días	:	55.12		
Albañil	:	Q. 35.00/día.		
Ayudante	:	Q. 18.00/día.		
Albañil :			Q.	1 929.20
Ayudante :	Q. 992.16 + Q. 63.00 =		Q.	1 055.16

(\*) Ver páginas 42, 43, 44 y 45, PRESTACIONES.

	Q.	2 984.36
Prestaciones ( 30 % ) (*)	Q.	895.31
<b>TOTAL</b>	<b>Q.</b>	<b>3 879.67</b>

## Zanjón 2.

### Colector:

Diámetro interno	:	2.50 m.	
Longitud	:	370.00 m.	
Excavación y limpieza	:	2 220.00 m3.	
Número de días/ml.	:	8.36 + excavación + limpieza.	
Total de días	:	3 093.20	
Albañil	:	Q. 35.00/día.	
Tunelero	:	Q. 22.00/día.	
Ayudante	:	Q. 18.00/día.	
Albañil	:		Q. 108 262.00
Ayudante	:	Q. 55 677.60 + Q. 3 996.00 =	Q. 59 673.60
Tunelero	:		Q. 27 908.54
			Q. 195 844.14
Prestaciones ( 30 % ) (*)			Q. 58 753.24
<b>TOTAL</b>			<b>Q. 254 597.38</b>

(\*) Ver páginas 42, 43, 44 y 45, PRESTACIONES.

Piso de registro:

Diámetro interno : 3.50 m.  
Cantidad : 3 Un. de 4.50 m. de profundidad.  
Excavación y limpieza : 169.65 m3.  
Número de días/unidad : 4.63 + excavación + limpieza.  
Total de días : 13.89  
Albañil : Q. 35.00/día.  
Pocero : Q. 22.00/día.  
Ayudante : Q. 18.00/día.

Albañil :	Q.	486.15
Ayudante : Q. 250.02 + Q. 305.37 =	Q.	555.39
Pocero :	Q.	1 335.18
	Q.	2 376.72
Prestaciones ( 30 % ) (*)	Q.	713.02
	<b>Q.</b>	<b>3 089.74</b>

Cilindros de registro:

Diámetro interno : 3.50 m.  
Longitud : 11.00 m.  
Limpieza : 101.12 m3.  
Número de días/ml. : 4.91 + limpieza.  
Total de días : 54.01  
Albañil : Q. 35.00/día.  
Ayudante : Q. 18.00/día.

(\*) Ver páginas 42, 43, 44 y 45, PRESTACIONES.

Albañil :		Q.	1 890.35
Ayudante :	Q. 972.18 + Q. 182.02 =	Q.	1 154.20
		Q.	3 044.55
Prestaciones ( 30 % ) (*)		Q.	913.37
	<b>TOTAL,</b>	<b>Q.</b>	<b>3 957.92</b>

Conos de registro:

Reducción : de 3.50 m. a 0.60 m.  
 Cantidad : 3 unidades.  
 Limpieza : 35.00 m3.  
 Número de días/unidad : 13.78 + limpieza.  
 Total de días : 41.34  
 Albañil : Q. 35.00/día.  
 Ayudante : Q. 18.00/día.

Albañil :		Q.	1 446.90
Ayudante :	Q. 744.12 + Q. 63.00 =	Q.	807.12
		Q.	2 254.02
Prestaciones ( 30 % ) (*)		Q.	676.21
	<b>TOTAL</b>	<b>Q.</b>	<b>2 930.23</b>

(\*) Ver páginas 42, 43, 44 y 45, PRESTACIONES.

**- Integración de costos.**

La integración de costos, consistirá en llevar a cabo la unión de resultados obtenidos, en materiales y mano de obra, y aumentar a este último lo concerniente al Seguro Social (IGSS), por parte del patrono, lo cual representa un costo que debe ser cargado al proyecto, correspondiendo a un 10 % del total de mano de obra. Cabe hacer mención, que al listado de materiales, aún no se han colocado los precios de cada uno de ellos, por lo que ahora es el momento oportuno para realizarlo, por lo que serán incluidos los precios que en la actualidad se encuentran en el mercado, al igual que en la mano de obra, se han tomado los salarios por día, para cada uno de los oficios, como actualmente se maneja en la construcción.

Al final de la integración de costos, que a continuación se presenta, será tomado en cuenta un renglón muy importante, que en este trabajo se le denominará " Gastos indirectos ", los cuales van a corresponder al transporte, tanto del personal, como de material e imprevistos por lluvias (teniendo que pagar al operario sin el avance físico programado).

**Listado de precios de material:**

Cemento	: Q.	24.50/saco + transporte
Arena de río	: Q.	55.00/m3. ( puesto en obra )
Piedrín	: Q.	130.00/m3. ( puesto en obra )



Hierro de 5/8"	: Q.	135.00/qq.	+ transporte
Hierro de 1/2"	: Q.	128.00/qq.	+ transporte
Hierro de 3/8"	: Q.	121.00/qq.	+ transporte
Alambre de amarre	: Q.	2.90/libra	+ transporte
Madera	: Q.	3.82/pie-tabla	+ transporte

NOTA: Todos los precios dados anteriormente sufren variaciones periódicas.

Los precios anteriores ya incluyen el impuesto al valor agregado IVA.

Se aumentará en un 5 % el valor de los materiales que necesitan transporte, para gastos indirectos.

## ZANJON 1.

### Colector:

Materiales.	Cemento	4 841 sacos.	Q.	118 604.50
	Arena de río	279 m3.	Q.	15 345.00
	Piedrín	413 m3.	Q.	53 690.00
	Madera	9 151 p-tabla	Q.	34 956.82
			Q.	222 596.32
Mano de obra y prestaciones.			Q.	166 685.19
Seguro Social (IGSS) (10 %) (*)			Q.	16 668.52
Indirectos ( 5 % de transporte )			Q.	7 678.07
		<b>TOTAL</b>	<b>Q.</b>	<b>413 628.10</b>

### Piso de registro:

Materiales.	Cemento	108 sacos.	Q.	2 646.00
	Arena de río	6 m3.	Q.	330.00
	Piedrín	9 m3.	Q.	1 170.00
	Hierro de 5/8"	20 qq.	Q.	2 700.00
	Alambre de amarre	156 libras	Q.	452.40
			Q.	7 298.40
Mano de obra y prestaciones.			Q.	3 721.85
Seguro Social (IGSS) (10 %) (*)			Q.	372.19
Indirectos ( 5 % de transporte )			Q.	289.92
		<b>TOTAL</b>	<b>Q.</b>	<b>11 682.36</b>

(\*) Ver página 52, INTEGRACION DE COSTOS.

Cilindros de registro:

Materiales.	Cemento	293 sacos	Q.	7 178.50
	Arena de río	17 m3.	Q.	935.00
	Piedrín	25 m3.	Q.	3 250.00
	Hierro de 1/2"	15 qq.	Q.	1 920.00
	Hierro de 3/8"	8 qq.	Q.	968.00
	Alambre de amarre	277 libras	Q.	803.30
	Madera	1 794 p-tabla	Q.	6 853.08
			Q.	21 907.88
Mano de obra y prestaciones.			Q.	4 993.59
Seguro Social (IGSS) (10 %) (*)			Q.	499.36
Indirectos ( 5 % de transporte )			Q.	886.14
		<b>TOTAL</b>	<b>Q.</b>	<b>28 286.97</b>

Conos de registro:

Materiales.	Cemento	168 sacos	Q.	4 116.00
	Arena de río	10 m3.	Q.	550.00
	Piedrín	14 m3.	Q.	1 820.00
	Hierro de 1/2"	14 qq.	Q.	1 792.00
	Hierro de 3/8"	3 qq.	Q.	363.00
	Alambre de amarre	134 libras	Q.	388.60
	Madera	1 422 p-tabla	Q.	5 432.04
			Q.	14 461.64
Mano de obra y prestaciones.			Q.	3 879.67
Seguro Social (IGSS) (10 %) (*)			Q.	387.97
Indirectos ( 5 % de transporte )			Q.	604.58
		<b>TOTAL</b>	<b>Q.</b>	<b>19 333.86</b>

(\*) Ver página 52, INTEGRACION DE COSTOS.

**RESUMEN DEL ZANJON 1.**

COLECTOR	Q.	413 628.10
PISO DE REGISTRO	Q.	11 682.36
CILINDROS DE REGISTRO	Q.	28 286.97
CONOS DE REGISTRO	Q.	19 333.86
<b>TOTAL ZANJON 1</b>	<b>Q.</b>	<b>472 931.29</b>

## ZANJON 2.

### Colector:

Materiales.	Cemento	7 193 sacos.	Q.	176 228.50
	Arena de río	414 m3.	Q.	22 770.00
	Piedrín	614 m3.	Q.	79 820.00
	Madera	13 598 p-tabla	Q.	51 944.36
			Q.	330 762.86
Mano de obra y prestaciones.			Q.	254 597.38
Seguro Social (IGSS) (10 %) (*)			Q.	25 459.74
Indirectos ( 5 % de transporte )			Q.	11 408.64
		<b>TOTAL</b>	<b>Q.</b>	<b>622 228.62</b>

### Piso de registro:

Materiales.	Cemento	81 sacos.	Q.	1 984.50
	Arena de río	5 m3.	Q.	275.00
	Piedrín	7 m3.	Q.	910.00
	Hierro de 5/8"	15 qq.	Q.	2 025.00
	Alambre de amarre	117 libras	Q.	339.30
			Q.	5 533.80
Mano de obra y prestaciones.			Q.	3 089.74
Seguro Social (IGSS) (10 %) (*)			Q.	308.97
Indirectos ( 5 % de transporte )			Q.	217.44
		<b>TOTAL</b>	<b>Q.</b>	<b>9 149.95</b>

(\*) Ver página 52, INTEGRACION DE COSTOS.

Cilindros de registro:

Materiales.	Cemento	230 sacos.	Q.	5 635.00
	Arena de río	13 m3.	Q.	715.00
	Piedrín	20 m3.	Q.	2 600.00
	Hierro de 1/2"	11 qq.	Q.	1 408.00
	Hierro de 3/8"	6 qq.	Q.	726.00
	Alambre de amarre	218 libras	Q.	632.20
	Madera	1 410 p-tabla	Q.	5 386.20
			Q.	17 102.40
Mano de obra y prestaciones.			Q.	3 957.92
Seguro Social (IGSS) (10 %) (*)			Q.	395.79
Indirectos ( 5 % de transporte )			Q.	689.37
		<b>TOTAL</b>	<b>Q.</b>	<b>22 145.48</b>

Conos de registro:

Materiales.	Cemento	126 sacos	Q.	3 087.00
	Arena de río	7 m3.	Q.	385.00
	Piedrín	11 m3.	Q.	1 430.00
	Hierro de 1/2"	11 qq.	Q.	1 408.00
	Hierro de 3/8"	2 qq.	Q.	242.00
	Alambre de amarre	101 libras	Q.	292.90
	Madera	1 066 p-tabla	Q.	4 072.12
			Q.	10 917.02
Mano de obra y prestaciones.			Q.	2 930.23
Seguro Social (IGSS) (10 %) (*)			Q.	293.02
Indirectos ( 5 % de transporte )			Q.	455.10
		<b>TOTAL</b>	<b>Q.</b>	<b>14 595.37</b>

(\*) Ver página 52, INTEGRACION DE COSTOS.

**RESUMEN DEL ZANJON 2.**

COLECTOR	Q.	622 228.62
PISO DE REGISTRO	Q.	9 149.95
CILINDROS DE REGISTRO	Q.	22 145.48
CONOS DE REGISTRO	Q.	14 595.37
<b>TOTAL ZANJON 2</b>	<b>Q.</b>	<b>668 119.42</b>

A continuación se presenta un cuadro, dando a conocer todos los datos obtenidos, siendo entonces el reporte final del análisis de costos, en donde se incluirán también los renglones de trabajo siguientes:

- Topografía.
- Desviación del cauce del zanjón.

no así, lo correspondiente a Honorarios Profesionales.

- Topografía:

Se tomará en cuenta lo correspondiente al pago del levantamiento planimétrico, levantamiento altimétrico, trabajo de gabinete, trazo de la línea en obra y marcaje de niveles en obra.

- Desviación del cauce del zanjón:

En el caso del Zanjón 1, no existe mayor problema, puesto que éste funciona únicamente en invierno, y el proyecto se está desarrollando en verano, por lo que se incluirá la colocación de tubo PVC de 3" para drenaje, en donde estará corriendo un mínimo caudal de drenaje, y por supuesto el valor de dicho tubo, el cual no será recuperable, puesto que quedará debajo del colector ya terminado. Siendo la totalidad del zanjón 1 en cuanto a su longitud se refiere, 249.00 m., se necesitarán 39 unidades de tubo PVC.

En el caso del Zanjón 2, se necesita realizar un zanjeo y excavación adicional, así como la colocación de tubería PVC de 6", para lograr entubar el caudal en algunas áreas, puesto que el caudal que corre este Zanjón es continuo durante todo el



año, aumentando lógicamente en invierno.

Algunos tubos PVC podrán ser recuperables, por quedar colocados en la parte lateral del colector, pero otros no serán recuperables, puesto que servirán para atravesar el caudal por debajo del colector. Analizando la línea que llevará el colector, se pudo determinar que la cantidad de tubos PVC de 6" y 4" necesarios es la siguiente:

Tubo PVC de 6"	80 unidades.
Tubo PVC de 4"	22 unidades.

de los cuales:

Recuperables de 6"	38 unidades.
No recuperables de 6"	42 unidades.
Recuperables de 4"	12 unidades.
No recuperables de 4"	10 unidades.

Por lo que siendo considerable la cantidad, debe ser incluido dentro del costo general del proyecto.

RESUMEN DE MATERIAL, MANO DE OBRA E INDIRECTOS EN LA  
DESVIACION DEL CAUCE DE AMBOS ZANJONES:

Materiales.      Tubo PVC de 6"  
                    Tubo PVC de 4"  
                    Tubo pvc de 3"

Precio unitario del material.

Tubo PVC de 6"	Q.	230.26
Tubo PVC de 4"	Q.	80.18
Tubo PVC de 3"	Q.	47.55

Integración de costos de material, mano de obra e indirectos:

Material	Q.	22 039.21
Mano de obra	Q.	5 509.80
Indirectos	Q.	1 300.00

<b>TOTAL</b>	<b>Q.</b>	<b>28 849.01</b>
--------------	-----------	------------------

**REPORTE DEL ANALISIS DE COSTOS**

<b>TOTAL ZANJON 1</b>	<b>Q.</b>	<b>472 931.29</b>
<b>TOTAL ZANJON 2</b>	<b>Q.</b>	<b>668 119.42</b>
<b>TOPOGRAFIA</b>	<b>Q.</b>	<b>3 500.00</b>
<b>DESVIACION DEL CAUCE</b>	<b>Q.</b>	<b>28 849.01</b>
<b>G R A N T O T A L</b>	<b>Q.</b>	<b>1 173 399.72</b>

**NOTA:**

**EL UNICO RENGLON QUE NO HA SIDO INCLUIDO EN EL COSTO ANTERIOR, CORRESPONDIENTE AL GRAN TOTAL DEL PROYECTO, CORRESPONDE A LOS HONORARIOS PROFESIONALES.**

## CONCLUSIONES

En todo proyecto u obra civil, el Ingeniero tiene a su alcance, por medio de un detallado análisis de costos, el llevar a cabo diseños reales, adecuados, funcionales y económicos, pues el análisis le permite tener en cuenta todo renglón de trabajo, logrando programar la ejecución de cada uno de ellos, y de esa forma aprovechar al máximo el tiempo, que es quien brinda el parámetro más importante en el cumplimiento de ejecución.

En el desarrollo de ejecución del entubamiento del zanjón, es de vital importancia el clima, para la programación del avance físico y por lo tanto del avance financiero del proyecto, puesto que el verano permite realizar cada uno de los renglones de trabajo con más facilidad, puesto que el caudal que corre es mucho menor, logrando entonces una adecuada inter-relación entre avance físico y costo.

Un análisis de costos, en la construcción de un colector o túnel, debe resultar lo más aproximado a la realidad posible, puesto que existen factores difíciles de prever, los cuales pueden aumentar el costo, por lo que para lograr la mejor estimación se debe de contemplar todo lo que la naturaleza nos puede dar, y de esa manera tomar ventajas que representan un buen manejo del costo.

El realizar un árbol de realidades, permite visualizar el problema, y cada uno de los pasos a seguir, es una herramienta para la solución del mismo, en cualquier aspecto, en este caso, para desarrollar un real análisis de costos.

## RECOMENDACIONES

En el desarrollo del presente trabajo de tesis, es posible determinar la importancia de la realización del análisis de costos para la ejecución del proyecto de saneamiento, es decir, la construcción del túnel que lleva consigo aguas negras y aguas pluviales, por lo que se recomienda que para llevar a cabo cualquier proyecto de Ingeniería Civil, es sumamente necesario dicho análisis, y con esto presentar un adecuado presupuesto al cliente, detallando el valor que tendrá el material, la mano de obra incluyendo prestaciones y pasivo laboral, gastos indirectos y el porcentaje correspondiente a los honorarios profesionales; sirviendo esto también para realizar una programación tanto de avance físico como de avance financiero, y de esa forma llevar un buen control de ambos.

Es recomendable, auxiliarse de un árbol de realidad en el desarrollo de un proyecto, puesto que permite visualizar los problemas reales, enumerarlos, para luego anotar cada una de las soluciones, agruparlas, y de esa manera armar un camino que resulte más apropiado y económico, dado al orden que se siguió para llegar a la solución final. Para elaborar un árbol de realidad, como su nombre lo indica, es únicamente anotar lo que se quiere realizar (los objetivos generales y específicos), las herramientas con que se cuenta tanto humana como material (equipo), y elaborar un seguimiento lógico tomando en cuenta prioridades o bien pre-requisitos para elaborar cada una de las actividades que conduzcan a la solución real.

## BIBLIOGRAFIA.

VIDES TOBAR, Amando

Análisis y Control de Costos de Ingeniería.

2da. Edición. Guatemala. Edit. Piedra Santa. 1978. p.49 -p.114

MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA.

Normas y reglamento de Drenajes para la Ciudad de Guatemala.

Diario de Centro América. Mayo 1964.

DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVA YORK.

Manual de Tratamiento de Aguas Negras.

Dirección de Saneamiento del Medio Ambiente y Oficina de Entrenamiento Profesional. Edit. Limusa. 1973. p.15 - p.25

MARTINEZ NAVAS, Julio César.

Diseño del Alcantarillado Sanitario y Pluvial y Evaluación Preliminar del Sistema de Tratamiento de la Aldea Santa Elena Barillas, Municipio de Villa Canales.

Tesis. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1986. p.5 - p.50

YON CHANG, Abel Alberto.

Metodología para calcular el costo de un colector pluvial.

Tesis. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1991. p.2 - p.47

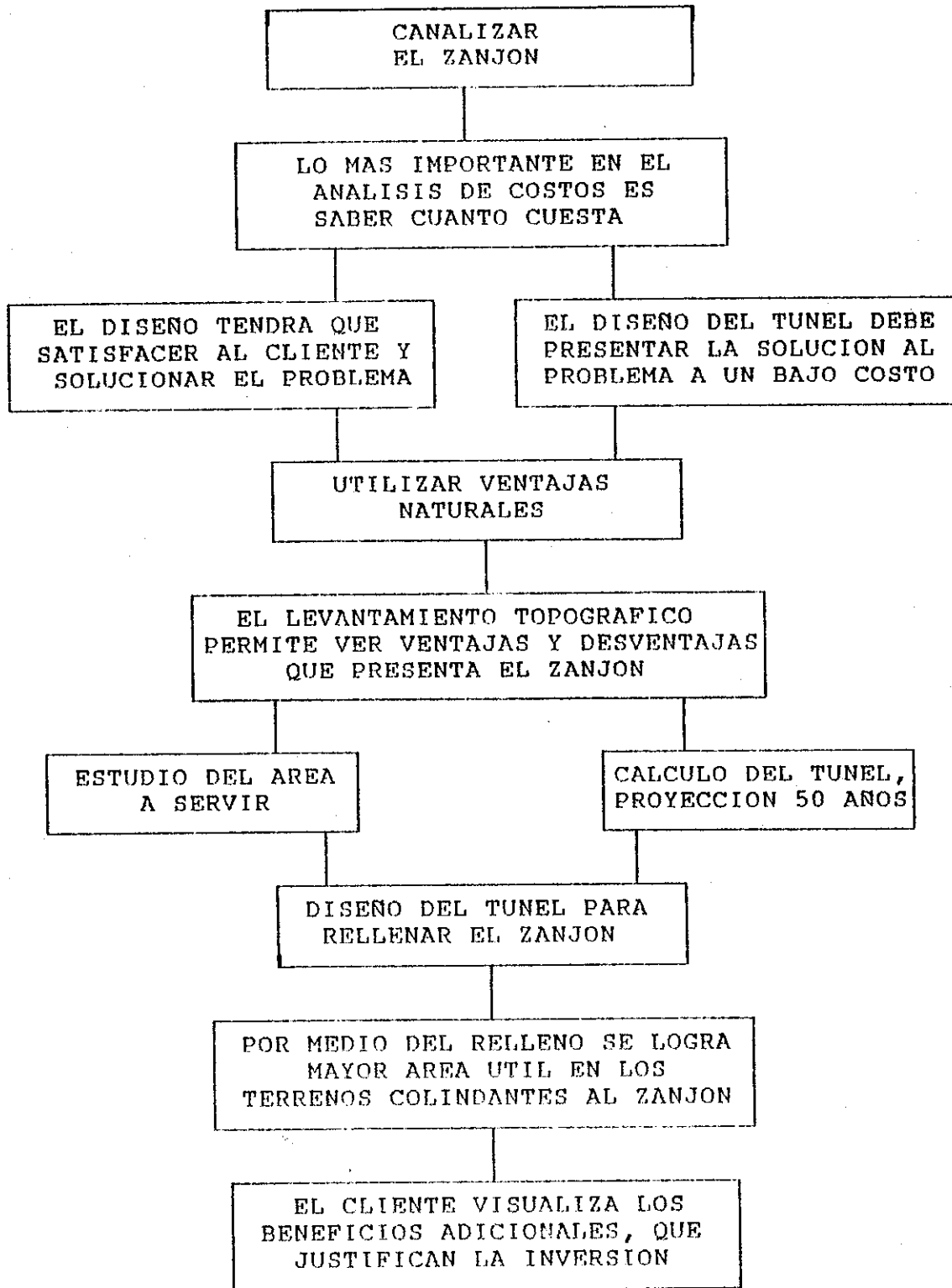
GOLDRATT, Eliyahu y COX, Jeff.

La Meta.

2da. Edición. Ediciones Castillo. Monterrey, México. 1995.  
p.1 - p.160

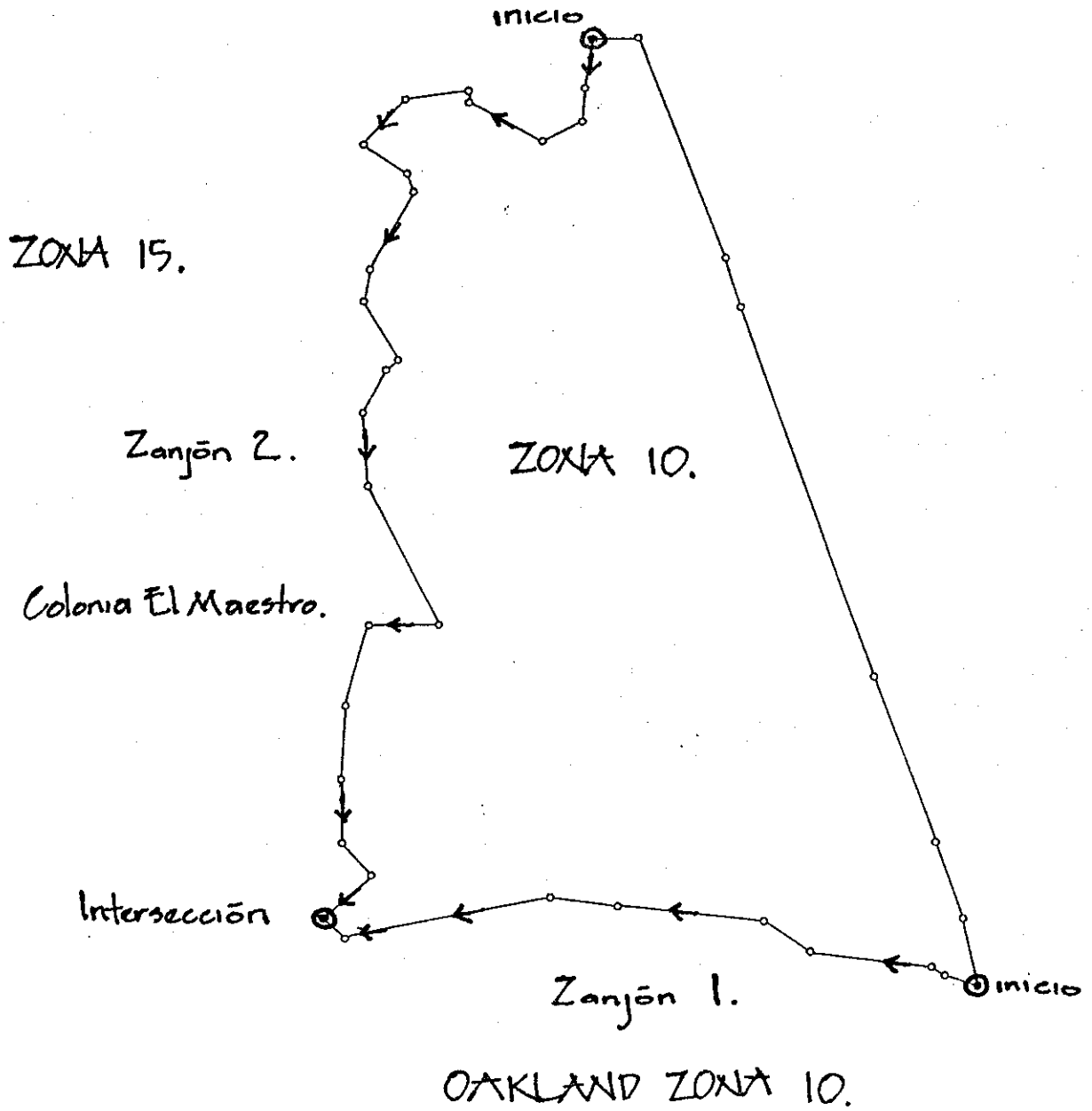
A P E N D I C E

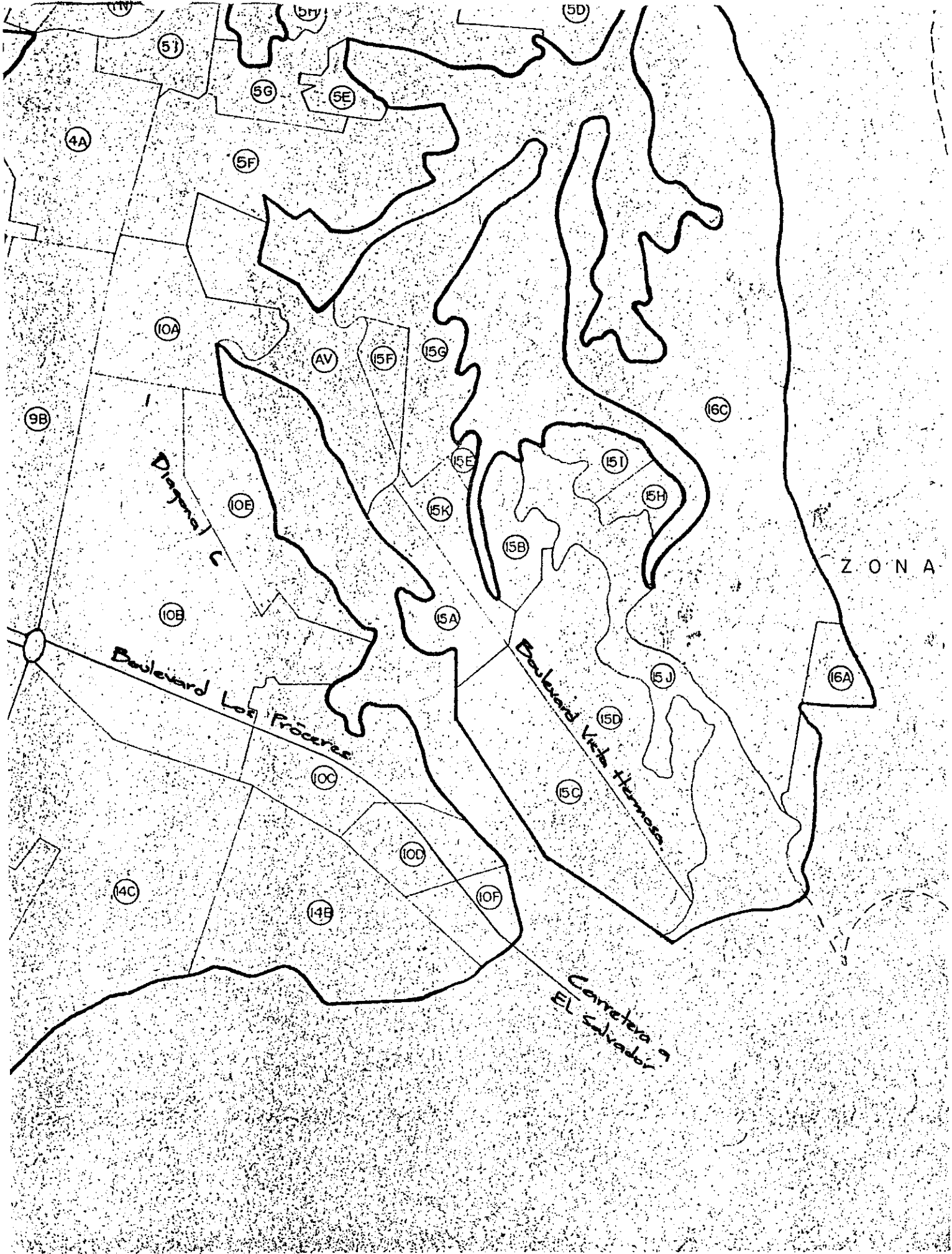
## ARBOL DE REALIDAD





UBICACION ZANJON 1 Y ZANJON 2





4A

5I

5G

5E

5F

10A

AV

15F

15G

9B

Diagonal C

10E

15E

15K

15I

15H

16C

10B

15A

Boulevard Los Próceres

Boulevard Viena Hermosa

15J

Z O N A

16A

14C

10C

10D

15C

14B

10F

Carretera a El Salvador

A N E X O

## ILUSTRACIONES DE EJECUCION

