

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN DENOMINADO:**

**“PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACIÓN EN EL  
SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUACHAPÁN”**

**PRESENTADO POR:**

**MARTÍNEZ CAMPOS, OSCAR ARTURO  
MOYA LEMUS, INMER ERNESTO  
ZALDAÑA SANTOS, WALTER ALBERTO**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**SANTA ANA, FEBRERO DE 2004.**

**SANTA ANA, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA.**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTORA:**

**DRA. MARIA ISABEL RODRÍGUEZ**

**VICERECTOR ACADÉMICO:**

**ING. JOAQUÍN ORLANDO MACHUCA GÓMEZ**

**VICERECTORA ADMINISTRATIVA:**

**DRA. CARMEN ELIZABETH RODRÍGUEZ DE RIVAS**

**SECRETARIA GENERAL:**

**LIC. LIDIA MARGARITA MUÑOZ VELA**

**FISCAL GENERAL:**

**LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA**

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE**

**DECANO:**

**LIC. JORGE MAURICIO RIVERA**

**VICEDECANO:**

**LIC. ROBERTO GUTIÉRREZ AYALA**

**SECRETARIO:**

**LIC. VÍCTOR HUGO MERINO QUEZADA**

**JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍA:**

**ING. MAURICIO ERNESTO GARCÍA EGUIZABAL**

**DOCENTE DIRECTOR:**

**ING. RAÚL ERNESTO MARTÍNEZ BERMÚDEZ**

**SANTA ANA, FEBRERO DE 2004.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

---

ING. RAÚL ERNESTO MARTÍNEZ BERMÚDEZ

DOCENTE DIRECTOR.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente a DIOS todopoderoso por encontrarse en todo momento con mi persona, por haberme guiado por el camino correcto, por iluminarme en todo momento y por haberme dado la existencia.

A MIS PADRES: Elena de los Ángeles Lemus de Moya y Félix Adolfo Moya Molina por haberme apoyado en todo momento, por orientarme y aconsejarme, por que en las buenas y en las malas siempre puedo contar con ustedes, y por sobre todo les agradezco por haberme dado la vida, a ellos les dedico todos mis logros profesionales.

A MI HERMANO: Por contar con el en todo momento, por brindarme buenos consejos, y por estar conmigo en las buenas y malas.

A MIS FAMILIARES: Por brindarme su mano y apoyarme en el desarrollo de mi carrera.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS: Por haberme dado la oportunidad de trabajar con ellos, por ser buenos compañeros, y se que puedo contar con ustedes en todo momento.

A MIS AMIGOS: En general a todos mis amigos sinceros que me brindan siempre su apoyo incondicional y siempre estuvieron a mi lado, ustedes pueden contar conmigo en cualquier momento y en especial al compadre Norman “Chimbolo” por compartir buenos momentos durante todo este tiempo.

**INMER ERNESTO MOYA LEMUS**

Gracias primeramente a DIOS todopoderoso por haberme dado la oportunidad de compartir con tanta gente maravillosa y poder vivir estos momentos de triunfos académicos, se que siempre te encuentras conmigo y me escuchas en todo momento.

A mis padres Ana Campos de Martínez y Miguel Ángel Martínez Martínez por su apoyo incondicional en todo momento, por haber sido mi fuente de inspiración, por compartir mis tristezas y alegrías y sobre todo por darme la vida y existencia en este mundo.

A mis hermanos Carlos Eduardo Martínez Campos y Miguel Ángel Martínez Campos porque además de hermanos somos amigos y compartimos todo lo que nos pasa, nuestros fracasos y triunfos, por sus buenos consejos espero compartir mis futuros logros con ellos.

A mis familiares, Amigos y a todas las personas que de una u otra forma me acompañaron y me ayudaron a alcanzar mi meta, ya que gracias a ustedes me he formado como profesional, pueden contar conmigo como su seguro servidor.

A mis compañeros de tesis por darme la oportunidad de trabajar con ellos y en general a todos mis amigos sinceros y a tantas personas que me acompañaron con sus oraciones y apoyo a lo largo de mi camino y mi vida, les agradezco mucho.

**OSCAR ARTURO MARTÍNEZ CAMPOS**

Agradezco primeramente a Dios todopoderoso por haberme dado la vida y haberme rodeado de personas maravillosas, por estar conmigo en todos los momentos buenos y malos de mi existencia, por ser el amigo que nunca me ha fallado, gracias Dios se me acabarían las palabras y nunca podría expresar la gratitud que siento por ti.

A ti Virgen María por haberme protegido y seguirlo haciendo, por ser mi madre, consuelo, ayuda y estar siempre a mi lado. Agradezco tu intercesión ante Dios por mí.

A mi padre Juan José Zaldaña Linares y a mi madrastra Rosa Haydee Delgado de Zaldaña. Por haberme ayudado a culminar mis estudios universitarios y por su sacrificio sincero y su amor total.

A mi madre biológica Esther Santos Mina que vive en Estados Unidos pero que siempre ha estado pendiente de mi, te agradezco por escucharme por ser mi fuente de inspiración, por acompañarme en las tristezas y las alegrías.

A todas mis hermanas por su apoyo incondicional y estar siempre a mi lado cuando mas las necesito y general a todos mis familiares que de una u otra forma me ayudaron coronar mi carrera.

A todas mis amistades que siempre han estado ahí y me han brindado su mano, les digo que pueden contar con un servidor en cualquier momento.

**WALTER ALBERTO ZALDAÑA SANTOS**

**ÍNDICE**  
**CAPÍTULO I: “GENERALIDADES”**

	No. PÁG.
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 OBJETIVOS GENERALES	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3 ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3.1 ANTECEDENTES	3
1.3.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.4 JUSTIFICACIONES	11
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES	13
1.5.1 ALCANCES	13
1.5.2 LIMITACIONES	13
1.6 METODOLOGÍA DEL PROYECTO A REALIZAR	14
1.7 DESCRIPCIÓN CAPITULAR	16
<b>CAPITULO II: “MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA”</b>	
2.1 MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA	18
2.1.1 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO SIG	18
2.1.1.1 DEFINICIÓN DE SIG	18
2.1.1.2 CAD VERSUS SIG	18
2.1.1.3 MANEJO DE DATOS GRÁFICOS TIPO SIG	19
2.1.1.4 APLICACIÓN DE DATOS GEOGRÁFICOS A	



CUENCAS	21
2.1.1.4.1 COBERTURA DE RÍOS Y QUEBRADAS	22
2.1.1.4.2 COBERTURA DE ZONA URBANA	23
2.1.1.4.3 COBERTURA DE CURVAS DE NIVEL	23
2.1.1.4.4 COBERTURA DE DRENAJE PLUVIAL	24
2.1.1.4.5 COBERTURA DE PUNTOS DE DESCARGA	24
2.1.2 EL ESTUDIO HIDROLÓGICO	24
2.1.2.1 MÉTODOS PARA LA REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO HIDROLÓGICO	24
2.1.2.1.1 MÉTODO HIDROMETEREOLÓGICO: LA FORMULA RACIONAL	24
2.1.2.1.1.1 CALCULO DE LAS I.D.F.	25
2.1.2.1.1.3 CALCULO DE LA ESCORRENTÍA	26
2.1.2.1.1.3 CALCULO DEL ÁREA DE INFLUENCIA	26
2.1.3 DISEÑO HIDRÁULICO	27
2.1.3.1 CALCULO HIDRÁULICO	27
2.1.3.2 FLUJOGRAMAS	28
2.2 LAS INUNDACIONES	29
2.2.1 CAUSAS DE LAS INUNDACIONES	29
2.2.2 MEDIDAS DE DEFENSA FRENTE A LAS INUNDACIONES	30
2.2.3 VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LAS CATÁSTROFES POR INUNDACIONES	30

2.2.3.1	EL MAL MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS	31
2.2.3.2	EL COMPORTAMIENTOS DE LAS LLUVIAS	31
2.2.3.3	EL SUELO	31
2.2.3.4	LA VEGETACIÓN	32
2.2.3.5	PRESIÓN Y EXPANSIÓN URBANA	32
2.2.4	DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DE LAS INUNDACIONES	33
2.2.5	CRONOLOGÍA DE LAS INUNDACIONES	33
2.2.6	EFFECTOS DE LAS INUNDACIONES	34
2.3	MEDIDAS DE MITIGACION PARA DRENAJES DE AGUAS LLUVIAS	35
<b>CAPITULO III. “DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA”</b>		
3.1	INTRODUCCIÓN	36
3.2	GENERALIDADES DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO	37
3.2.1	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DE LA ZONA DE ESTUDIO	37
3.3	CLIMATOLOGÍA	37
3.3.1	CLIMA	37
3.3.2	TEMPERATURA	38
3.3.3	PRECIPITACIÓN	38
3.3.4	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL	39
3.3.5	INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA ABSOLUTA	40
3.4	ANÁLISIS HIDROLÓGICO	40
3.4.1	OBTENCIÓN DEL ÁREA URBANA DE INFLUENCIA EXISTENTE A TRAVÉS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN	

GEOGRÁFICA S.I.G	40
3.4.2 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	42
3.4.3 INTENSIDAD DE LAS LLUVIAS	44
3.4.4 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	45
3.4.5 CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO	47
3.4.6 DETERMINACIÓN DE LAS CAPACIDAD DEL COLECTOR EXISTENTE	49
3.5 DIAGNÓSTICO DE COLECTORES	51
3.5.1 CÁLCULO DE CAUDALES	51
3.5.2 REVISIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA ACTUAL	51
3.5.3 CAPACIDAD INSTALADA DEL SISTEMA	51
3.5.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	57
3.6 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	58
 <b>CAPITULO IV. “PROYECTO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN”</b>	
4.4.1 CONDICIÓN ACTUAL DE LOS PUNTOS ANALIZADOS	60
4.1 OBRAS DE MITIGACION O PROTECCIÓN A PROPONER	61
4.2 ANÁLISIS PARA SELECCIÓN DE OBRAS DE MITIGACION	62
4.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE OBRAS	62
4.4 DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION	63
4.5 ALTIMETRÍA DE CALLES Y AVENIDAS	64
4.4.2 DISEÑO DE RASANTES DE TUBERÍAS	64
4.4.3 CALCULO DE DIÁMETRO DE TUBERÍA	65
4.4.4 UBICACIÓN DE TUBERÍAS DE AGUAS LLUVIAS	68

4.5 PRESUPUESTO DE RED DISEÑADA	68
4.6 ASPECTOS CONSIDERADOS PARA EL PRESUPUESTO DE LA RED DE DRENAJE	70
4.6.1 EXCAVACIÓN Y COMPACTACIÓN	71
4.6.2 POZOS DE VISITA O INSPECCIÓN	71
4.6.3 CAJAS TRAGANTES	71
4.6.4 CAJAS TRAGANTES PARA CALLES DE TIERRA	72
4.6.5 DESCARGA DE LOS COLECTORES	72
4.6.6 VOLÚMENES DE OBRA DEL PROYECTO	78
4.6.7 PRECIOS UNITARIOS APLICADOS AL PROYECTO	87
4.7 PRESUPUESTO DE LA RED DISEÑADA	105

## **CAPÍTULO V: FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA**

5.1 OBJETIVOS	106
5.1.1 OBJETIVO GENERAL	106
5.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	106
5.2 ESTUDIO TÉCNICO DEL PROYECTO	107
5.2.1 GENERALIDADES	107
5.2.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS FINANCIERAS	109
5.2.3 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	109
5.3 FACTIBILIDAD ECONÓMICA	110
5.3.1 CUADRO RESUMEN DE CANTIDAD DE OBRA	110
5.3.2 COMPARACIÓN DE COSTOS CON OTRO MATERIAL	110

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES	114
6.2 RECOMENDACIONES	115
 BIBLIOGRAFÍA	 116
ANEXOS	118

LISTADO DE TABLAS		
No.	NOMBRE	No. PÁG.
2.1	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	26
3.1	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	37
3.2	VARIACIÓN DE TEMP. MENSUALES AHUACHAPÁN	38
3.3	PRECIPITACIONES MENSUALES	39
3.4	VALORES MENSUALES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN	39
3.5	COEFICIENTE ESCORRENTÍA AHUACHAPÁN	42
3.6	VALOR PROMEDIO DE ESCORRENTÍA	43
3.7	INTENSIDADES DE PRECIP. MAX. ANUAL ABSOLUTA	44
3.8	INTENSIDADES Y FRECUENCIAS DE PRECIPITACIÓN	47
3.9	RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS HIDRÁULICO	49
3.10	CÁLCULO DE CAUDALES DE LOS COLECT. EXISTENTES	53-54
3.11	ESTADO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE LA CUENCA	55
3.12	DÉFICIT DE DESALOJO DE LAS OBRAS DE PASO	57
4.1	COLECTORES DE TUBERÍA A PROPONER	61-62
4.2	CAUDALES DE LA RED DISEÑADA	69
4.3	PARTIDAS	70
4.4	ANCHOS DE EXCAVACIÓN	71
4.5	PRESUPUESTO DE LA RED DISEÑADA	105
5.1	LONGITUD DE PROYECTO	107

LISTADO DE FIGURAS		
No.	NOMBRE	No. PÁG.
2.1	INTERFAZ GRAFICA DE ARCVIEW	20
2.2	APLICACIÓN DE DATOS GEOGRÁFICOS A CUENCAS	21
2.3	COBERTURA MUNICIPIO AHUACHAPÁN	22
2.4	COBERTURA DE RÍOS	22
2.5	ZONA URBANA DE AHUACHAPÁN	23
2.6	COTAS DE ELEVACIÓN	23
3.1	CUENCA EN ESTUDIO	41
3.2	DIVISIÓN DE LAS ÁREAS TRIBUTARIAS	41
3.3	DIVISIÓN DE CUENCA	43
3.4	INTENSIDADES DE DISEÑO	46
3.5	CURVAS IDF	48
3.6	NOMOGRAMA PARA CALCULO DE DRENAJES	50
4.1	CURVAS Y ELEVACIONES	64
4.2	RED DISEÑADA	68
4.3	DETALLES DE POZO DE VISITA	73
4.3.a	DETALLE POZO DE VISITA2	74
4.4	DETALLE CAJA TRAGANTE	75
4.5	CAJA TRAGANTE PARA CALLE DE TIERRA	76
4.6	DETALLE DE DESCARGA DE LOS COLECTORES	77

LISTADO DE ANEXOS		
No.	NOMBRE	No. PÁG.
1	GRAFICA DE PRECIPITACIÓN ANUAL EL SALVADOR	120
2	DIAGRAMAS FORMULA DE HAZEN WILLIAMS	122-123
3	DIAGRAMAS FORMULA DE MANNING	125
4	CUENCA EN ESTUDIO	127
5	COMPROBACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	129-133
6	PERFILES DE LA RED DISEÑADA	137
7	RED DISEÑADA	139

LISTADO DE GRAFICAS		
No.	NOMBRE	No. PÁG.
4.1	CURVA DE ELEMENTOS HIDRÁULICOS	67

# CAPITULO I: "GENERALIDADES"

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

La ciudad de Ahuachapán presenta un grave problema en cuanto se refiere al sistema de alcantarillado pluvial, el cual se refleja en inundaciones de sus principales calles y avenidas en el período lluvioso. En el presente documento se detallan todas las generalidades que se han tomado en cuenta para realizar un trabajo confiable, que presente una solución eficaz basada en la realidad de la problemática.

Se hace importante definir todos los conceptos que se verán relacionados con el desarrollo del proyecto, para poder tener una excelente comprensión de todas las etapas que conllevará el trabajo para la propuesta de solución adecuada, por lo que se incluye también en el documento elaborado, el respectivo marco teórico de referencia que se tendrá de base para todos los capítulos del proyecto de grado.

En la actualidad existen software que se utilizan en la rama de la Ingeniería Civil que facilitan los trabajos como lo son el de dibujar, calcular áreas, medir longitudes, entre otros. Es así como en el desarrollo del documento de trabajo de grado se hará con la ayuda del software ArcView, con el cual se pretende innovar en los proyectos de grado que conlleven el uso de éste, dando la pauta a una modernización en los trabajos de graduación.



## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVOS GENERALES:**

- Mitigar el problema de inundación en el sector urbano de la ciudad de Ahuachapán, a fin de mejorar la calidad de vida de la población, proponiendo el proyecto adecuado de captación, transporte y descarga final de las aguas superficiales
- Contribuir al mejoramiento ambiental de la ciudad mitigando la contaminación de las aguas superficiales, como consecuencia de las inundaciones.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Analizar el flujo que llega en la actualidad al sistema de drenaje pluvial, en los puntos específicos de estudio seleccionados.
- Determinar el caudal máximo instantáneo de escorrentía superficial que es capaz de desalojar la red existente.
- Proponer la obra civil necesaria para mitigar el problema de inundaciones.
- Establecer en base a la obra civil necesaria un presupuesto que contenga los costos unitarios y totales de la obra, para la mitigación de los problemas de inundación en la ciudad.

## 1.3 ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.3.1 ANTECEDENTES

#### A. DATOS REFERENTES AL MUNICIPIO<sup>1</sup>.

El departamento de Ahuachapán fue creado por Ley el 9 de febrero de 1869 durante la administración del Dr. Francisco Dueñas. Se nombró cabecera la ciudad de Ahuachapán y constaba de dos distritos o partidos: el de Ahuachapán y el de Atiquizaya, instituidos por las leyes del 4 de Julio de 1832 y 26 de febrero de 1869, respectivamente.

El Topónimo náhuat de Ahuachapán significa: “Ciudad de las casas de robles”.

#### UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

Ahuachapán es un departamento de la zona occidental de la República de El Salvador. Está limitado al norte, por la República de Guatemala y parte del departamento de Santa Ana; al este, por los departamentos de Santa Ana y Sonsonate; al sur por una pequeña parte del departamento de Sonsonate y el Océano Pacífico y al oeste, nuevamente por la República de Guatemala. Se localiza entre las coordenadas geográficas siguientes:

14°03'46" LN. (Extremo septentrional) y 13°40'29" LN. (Extremo meridional); 89°41'44" LWG. (Extremo oriental) y 90°07'58" (extremo occidental).

El área del departamento mide 1,239.60 Kms<sup>2</sup>. de los cuales corresponden al Municipio de Ahuachapán 244.84 Kms<sup>2</sup>.

#### DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA.

Para su administración el municipio se divide en 30 cantones y 118 caseríos.

#### GOBIERNO LOCAL.

El gobierno local lo ejerce el alcalde municipal, quien preside el concejo municipal con funciones predeterminadas por el código municipal.

#### HIDROGRAFÍA.

**Riegan el municipio los ríos:** Paz, El Jute, de Profundis, Pueblo Viejo, Los Toles, El Molino, Nejapa, Los Hervideros, El Playón, Frío o La Coyotera, Agua Caliente, Tahuapa, Salitrillo, Nuevo, Cusmapa, Casnalate, Asino, El Playón, El Jutal, Las Canoas, Quiroz, Los Ausoles o Escalante, Los Chorros, y Madre Vieja.

---

<sup>1</sup> Monografía de Ahuachapán, 2002

**Las Quebradas:** Los Alacranes, El Perical, El Mical, El Paso de los Arrieros, El Pital o Paso del León, El Mango, El Pílon o El Capulín, de Lajas, El Limón o El Cofre, Sunza o El Tanque, Las Burras o San Benancio, Las Mercedes, Las Guacamayas, La Aserradora o Nacional, El Espinal, El Arenal, El Obreje, Los Compás, El Coral, La Danta, La Culebra, La Curva del Coyote, El Túnel, El Barranco, Los Porrones, El Muerto, Barranca Oscura, El Ojushtal, Los García, Los Toles, El Papayo, Barranca El Pozón, El Indio, El Zancudo, El Roble, Atehucia, de Navas, El Limón, La Cueva del Coyote o La Lagartera. El Cebillo, El Piro, Plan de La Arenera, El Ajonjolí, Tierra Blanca, Agua Helada, Las Dos Quebradas, de Pazín, Los Muertos, Agua Chuca, de Chipilapa, El Trigo, Talpetates, Las Pozas El Cachal, El Chanal, El Playón, El Piro, La Zeta, Achutitán, de Quiñónez, Agua Caliente, Las Lajas, El Mico, Madre Vieja o El Cashal, Agua Tibia, Las Prezas, de Padre y Los Ausoles; existen además, las lagunas Verde, del Llano y Moran.

#### RÍOS PRINCIPALES.

**Los Hervideros.** Se forma de la afluencia de los ríos El Molino y Nejapa, 10.9 Kms. al oeste de la ciudad de Ahuachapán; corre de SE. a NW.; hasta desembocar en la margen izquierda del río Paz es de mucha importancia para el municipio, ya que sirve de límite natural, con el municipio de Tacuba. Longitud dentro del municipio: 4.75 Km.

**El Molino.** Se forma de la confluencia del río Asino y la Quebrada Agua Caliente, 2.0 kms. al SE. de la ciudad de Ahuachapán; corre SE. a NW. Recibe la afluencia de los ríos El Playón y Cusmapa, las Quebradas Atehuacia y El Zancudo. Longitud dentro del municipio 16.75 kms.

**Nejapa.** Se forma de la confluencia del río Guamo y la quebrada el muerto, 4.4 kms. al SN. de la ciudad de Ahuachapán, sirve de límite natural con el municipio de Tacuba. Longitud dentro del municipio 13.2 kms.

**Madre Vieja.** Es un brazo que se desprende del cauce del río Paz, 14.2 kms. al NW. de la ciudad de Ahuachapán corre de NE. a SW. y desemboca en el mismo río Paz. Recibe la afluencia del río Profundis y la quebrada El Jute. Longitud dentro de municipio 2.5 kms.

**Los Toles.** Nace con el nombre de la quebrada Los Toles, al este del caserío del mismo nombre, 12 kms. al NW. de la ciudad de Ahuachapán corre de SE. a NW. y desemboca en

el río Paz. Tiene como afluentes las quebradas Las Lajas y los García. Longitud dentro del municipio 5 kms.

**Frío.** Se forma de la confluencia de dos quebradas, el Piro y una sin nombre 4.5 kms. al norte de la ciudad de Ahuachapán; corre de sur a norte y desemboca en el río Agua Caliente; se conoce también en su inicio, con el nombre de río La Coyotera. Longitud dentro del municipio 12.5 kms.

**Escalante.** Nace a 6 kms. al SE. de la ciudad de Ahuachapán corre de sur a norte, hasta su confluencia con el río Quiroz, dando así origen al río Agua Caliente es conocido también con los nombres de Casnalate o los Ausoles. Longitud total 14.75 kms.

**Agua Caliente.** Se forma de la confluencia de los ríos Quiroz y Escalante, 9.4 kms. al norte de la ciudad de Ahuachapán corre de sur a norte, desde su formación hasta la desembocadura del río San Antonio o San Lorenzo, por su margen derecho luego cambia de este a oeste, hasta desembocar en el río Paz. Longitud total 15.5 Kms.

**Paz.** Sirve de límite fronterizo entre las Republicas de Guatemala y El Salvador; el tramo que corresponde al municipio de Ahuachapán, comprende de la desembocadura del río Agua Caliente hasta la desembocadura del río Los Hervideros, siendo sus afluentes los siguientes ríos; Madre Vieja, Pueblo Viejo, Los Toles y la quebrada Barranca El Pozón. Longitud dentro del municipio 18,8 Kms.

#### LAGUNAS.

**Del Llano.** Esta situada 4 Kms. al NW. de la ciudad de Ahuachapán, con una elevación de 675m SNM. y una superficie de 1.02 Kms<sup>2</sup>. de su espejo de agua.

**Verde.** Laguna cratérica, formada en el volcán de su mismo nombre; pertenece a los municipios de Ahuachapán y Apaneca (departamento de Ahuachapán) y Juayúa (departamento de Sonsonate). Área 0.122 Kms<sup>2</sup>.

**De Moran.** Laguna del municipio y departamento de Ahuachapán. Está situada 10.1 Kms. al NE. de la ciudad de Ahuachapán. Elevación 542 m SNM.

#### OROGRAFÍA.

Los rasgos orográficos más notables del municipio son, al norte, los cerros: El Meneadero, La Artillería. El Níspero y Lázaro; Las Lomas, El Perical, La Angostura, Rincón de Viana, Las Peñonas, El Copinol. El Órgano, El Potrerón, de Calapa, El Cipitío, Pueblo Viejo,

Rincón del Limón, Los Ranchos, El Nance o Bajaderón de La Nancera, Las Guacamayas, Las Burras, El Salitreral, El Amate, de los Bueyes, Las Caleras, El Zara, de Elías y Chancuyo; al sur, pero más específicamente en la región SW., los cerros: El Taburete, Cuyanausul, Las Ninfas, El Saitillal, Blanco y la Laguna Verde, que forman parte de la Sierra Apaneca-Ilamatepec.

### **GEOLOGÍA DEL LUGAR:**

#### **CERROS PRINCIPALES.**

**Saitillal.** Está situado 4.4 Kms. al SE, de la ciudad de Ahuachapán. Elevación 1383 m SNM.

**El Taburete.** Esta situado 10.3 Kms. al SE. de la ciudad de Ahuachapán. Sirve de punto trifinio a los municipios de Ahuachapán y Atiquizaya (departamento de Ahuachapán) y Juayúa (departamento de Sonsonate). Elevación 1817m SNM.

**Cuyanausul.** Cerro que pertenece a los municipios de Ahuachapán y Juayúa, situado 9.7 Kms. al SE, de la ciudad de Ahuachapán y 6.1 Kms. al norte de la ciudad de Juayúa. Elevación 1824m SNM.

**Laguna Verde.** Cerro perteneciente a los municipios de Apaneca y Ahuachapán (departamento de Ahuachapán) y Juayúa, (departamento de Sonsonate). Es un volcán apagado que hizo erupción en tiempos prehistóricos. Elevación 1829 m SNM.

#### **ROCAS.**

Abundan los materiales piroclásticos y lavas andesíticas y basálticas.

#### **SUELOS.**

El municipio pertenece a dos grandes formaciones siendo su descripción la siguiente: Formación San Salvador: piroclásticas ácidas (tierra blanco, limo, puzolana), epiclástitas volcánicas (tobas color café), efusivas ácidas. Formación del Bálsamo: Efusivas andesíticas basálticas (rocosas) otras de tipo subordinadas: efusivas andesíticas, piroclástitas volcánicas y en la zona costera principalmente aluviones.

#### **INTRUSIONES MAGMÁTICAS:**

La región de Ahuachapán se caracteriza por la presencia de intrusiones magmáticas a profundidades que han facilitado la explotación del vapor magmático para fines de producción de energía eléctrica.

#### CLIMA.

La elevación promedio del municipio es de 785 MSN. La mayor parte del municipio, incluyendo a la cabecera municipal, pertenece al tipo de clima de Sabanas Tropicales, siendo su temperatura máxima del mes más caluroso de 33°C, clasificación basada en las definiciones climáticas de Koppen.

#### VEGETACIÓN.

La flora está constituida por bosque húmedo subtropical fresco, bosque muy húmedo subtropical y bosque muy húmedo montano bajo. Las especies arbóreas más notables son: Ceiba, pinos, pepetos y madre cacao.

#### DIMENSIONES TERRITORIALES DEL MUNICIPIO.

Área Rural 243.04 Kms<sup>2</sup>. Aproximadamente

Área Urbana 1.80 Kms<sup>2</sup>. Aproximadamente

#### DATOS POBLACIONALES<sup>2</sup>.

Proyección de Población Total para el municipio de Ahuachapán, por años calendarios según 1995-2010.

AÑO	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
PROYECCIÓN	95,540	97,838	100,176	102,564	105,014	107,534	110,129	112,794
AÑO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PROYECCIÓN	115,521	118,299	121,123	124,010	126,964	129,961	132,971	135,970

POBLACIÓN URBANA Y SUBURBANA	POBLACIÓN RURAL	TOTAL
39,638	70,362	110,000 aproximadamente

#### VÍAS DE COMUNICACIÓN.

Dos carreteras internacionales, ambas pavimentadas, cruzan el departamento al norte (CA-8) que procedente de Sonsonate enlaza Apaneca, Ataco, Ahuachapán y las Chinamas con la República de Guatemala, a través del puente El Jobo (al sur, en la zona costera la (CA-2)), conocida también como carretera del Litoral, enlaza al país con la República de Guatemala,

---

<sup>2</sup> Según datos de la Dirección General de Estadísticas y Censos, 1994.

por el puente General Manuel José Arce sobre el río Paz. La Ruta Nacional 107 inaugurada el 31 de mayo del año 2002 por el presidente Francisco Flores, procedente de Santa Ana, une las poblaciones de El Refugio, Atiquizaya y Turín a la ciudad de Ahuachapán.

Las carreteras troncales que enlazan a la carretera de El Litoral las poblaciones de Jujutla, Guaymango, San Pedro Puxtla y San Francisco Menéndez.

Un ramal occidental del FENADESAL, comunica las poblaciones de Ahuachapán, Turín, Atiquizaya, Chalchuapa, Santa Ana y San Salvador.

Cantones y caseríos se comunican a sus respectivas cabeceras municipales por caminos vecinales y, a veces, por carretera pavimentada.

## **B. SITUACIÓN ACTUAL<sup>3</sup>.**

### **El Problema de las Inundaciones.**

Desde inicios de la década de los noventa el sistema de alcantarillado pluvial de la ciudad de Ahuachapán se ha vuelto deficiente; esto se puede comprobar en invierno, ya que varios sectores de la ciudad se ven inundados con aguas lluvias debido a que las tuberías que deberían evacuar el líquido ya no prestan el servicio para la cual fueron diseñados, debido a la falta de no haber proyectado un incremento urbanístico y poblacional.

Las primeras tormentas del invierno son un dolor de cabeza para los ahuachapanecos que residen en ciertos sectores. Ya que toda la basura que se acumula durante el invierno es arrastrada por los tragantes que casi de inmediato se tapan, lo que genera desbordamientos. La alcaldía debe invertir miles de dólares solo en la limpieza de cajas tragantes conectados a las alcantarillas, cuando ocurren temporales, es seguro que algunos sitios sufren inundaciones, pues no solo la basura afecta sino también lo pequeño de las alcantarillas, las cuales fueron instaladas para una ciudad pequeña, pero Ahuachapán ha crecido.

### **Solamente Limpieza de Tragantes.**

Para evitar las anegaciones de basura y ripio en las alcantarillas, la alcaldía municipal esta dando mantenimiento a los sectores afectados a fin de destapar las alcantarillas.

El jefe de saneamiento encargado, como proyecto de prevención ha puesto hasta un tipo de malla en algunos tragantes para evitar que la basura se vaya por las tuberías. A finales del

---

<sup>3</sup> La Prensa Grafica, publicación El Heraldo Occidente 30/08/2002

2002 se ha dejado una cuadrilla de trabajadores permanente para atender las denuncias de los pobladores.

**Inundaciones Afectan a Comunidad.**

Uno de los lugares que se ven afectados con las aguas negras y lluvias están en el propio centro de la ciudad tal es el caso particular de la Ferretería de los Hermanos Vidales ubicada sobre la 6ª calle, el propietario aseguró que desde 1997 hasta la fecha (2002) durante la época lluviosa en su establecimiento ha sufrido inundaciones debido a las torrenciales lluvias que caen sobre la ciudad.

Vecinos de la 1ª avenida sur, del barrio El Centro manifiestan que fueron varias ocasiones durante el año 2002 que los tragantes cercanos a sus viviendas se tapan, por lo que provocan inundaciones que traen como consecuencia gastos innecesarios a la alcaldía Municipal, focos de infección debido a las aguas estancadas, deterioro de las infraestructura vial, dificultad para peatones y conductores de transitar por las calles y aceras afectadas.



### **1.3.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El municipio de Ahuachapán ubicado en el departamento del mismo nombre, en los últimos 25 años ha notado como su población se ha duplicado, por lo que es una de las ciudades que más crecimiento ha tenido en zonas urbanas y rurales. En los últimos años el sistema de alcantarillado pluvial del municipio se ha convertido en un servicio deficiente; esto se puede comprobar en invierno, ya que varios sectores de la ciudad se ven inundados con aguas lluvias, debido a que las tuberías que deberían evacuar el líquido ya han cumplido con su vida útil para la cual fueron diseñadas, Ahuachapán es uno de los departamentos del país que presenta uno de los más altos valores de precipitación anual tal como se observa en la gráfica de precipitación anual del anexo 1.

Entre los sectores que se ven afectados se encuentran la Sexta Calle Oriente, los barrios El Centro y Santa Cruz, y la zona de Los Mercados. En dichos sectores en el período de invierno los tragantes se tapan lo cual hace que se produzcan inundaciones, esto ocurre por que la tubería que se diseñó para el sistema de alcantarillado pluvial ya cumplió su vida útil, ya que se diseñó para una población totalmente diferente a la actual, por lo que hoy ya no es lo suficientemente grande, debido al incremento de caudales. Según pobladores de las zonas más afectadas el problema se agrava en algunos lugares, pues las aguas lluvias hacen colapsar la cajas colectoras de aguas negras. Para evitar este problema en la ciudad, la alcaldía municipal se encarga de dar mantenimiento a los sectores afectados el cual consiste en la limpieza permanente de las alcantarillas, dicha limpieza tiene un costo de \$18,000.00 anuales, pero esto solo minimiza un poco el problema sin ser la solución adecuada.

Lo anterior hace necesario la realización de un “PROYECTO DE MITIGACIÓN DE RIESGOS POR INUNDACIÓN EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUACHAPÁN”, con la que pueda determinarse la alternativa aplicable para solucionar y prevenir el problema, con el objeto de evitar pérdidas materiales y humanas.

## 1.4 JUSTIFICACIONES

Actualmente el municipio de Ahuachapán como muchos otros municipios del occidente del país, esta sufriendo las consecuencias de haber pensado en pequeño hace tan solo algunos años. Para nadie es un secreto que la ciudad de Ahuachapán es una de las que más ha crecido en urbanización, en parte porque casi no resultó afectada durante el conflicto armado y porque también ocupa una posición privilegiada al estar cerca de la frontera con Guatemala. Entonces, ese crecimiento urbano ha generado que el sistema de alcantarillado pluvial se haya desfasado hasta el punto de ser obsoleto. Cuando a mediados del siglo pasado se instalaron las tuberías quizá Ahuachapán era una ciudad que difícilmente superaba los quince mil habitantes, ahora son más de 100 mil<sup>4</sup>. En aquella época no se planificó el crecimiento urbanístico y las tuberías hasta resultaban holgadas, aunque esa realidad dejó de existir y ahora la densidad poblacional ha aumentado considerablemente. La deforestación provoca que cada vez que llueva el agua arrastre tierra y basura, que por lógica tapan tragantes y como consecuencias provocan rebalses que afectan a algunas comunidades, de hecho los ahuachapanecos se quejan de que la más pequeña de las lluvias genera inundaciones en ciertos sectores.

Por el momento quizá el colapso de las alcantarillas no afecte a todos los ahuachapanecos, pero cada día más las tuberías van cediendo y el problema por desgracia pronto los alcanzará. Si en estos momentos la comuna ahuachapaneca quiere cambiar las tuberías, el proyecto costaría millones de dólares que la comuna no tiene, por lo que se hace necesaria una pronta solución económica que mitigue el problema, pero que responda para una visión a largo plazo. Cabe mencionar que el municipio aún no cuenta con un plan maestro de desarrollo urbano, ni mucho menos un plan maestro de drenajes que estén orientados a solucionar esta problemática de forma integral, lo cual aumenta la vulnerabilidad de la zona, desde la década de los noventa según notas de La Prensa Gráfica el problema se va gravando por lo que se requiere una pronta solución por parte de las entidades gubernamentales correspondientes.

---

<sup>4</sup> Monografía de Ahuachapán, 2002.

Con todo lo expuesto anteriormente se hace necesario llevar a cabo un “PROYECTO DE MITIGACIÓN DE RIESGOS POR INUNDACIÓN EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUACHAPÁN”, y de esta manera contribuir con la alternativa mas viable para la solución al problema.

## **1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.5.1 ALCANCES**

- Elaborar un estudio hidrológico urbano para el área de influencia ubicada en los sitios de estudio seleccionados.
- Determinar la capacidad colectora de la red existente en el área de influencia del estudio.
- Establecer un diagnóstico del estado físico (tuberías, cajas tragantes, pozos de visita etc.) sobre las condiciones actuales de dicha Red.
- Proponer la obra civil necesaria para solucionar el problema de inundación en los sectores seleccionados.
- Evaluar el proyecto formulado.

### **1.5.2 LIMITACIONES**

- Dificultad de revisar detalladamente la infraestructura dañada, debido al alto deterioro ocasionado por las inundaciones.
- Disponibilidad inmediata de recurso humano y equipo, para el trabajo de campo; por parte del Concejo Municipal, como ente de apoyo al proyecto.

## **1.6 METODOLOGÍA DEL PROYECTO A REALIZAR.**

El trabajo de grado es un estudio técnico científico que se efectúa sobre uno o varios problemas específicos, referidos a una problemática de interés social y que posea gran importancia. De acuerdo a lo anteriormente mencionado es necesario establecer la forma en la que la metodología de esta investigación se efectuará; para la cual se han establecido etapas descritas a continuación:

### **Etapa 1: Investigaciones Preliminares y Recolección de Información.**

Constituye un trabajo preliminar dividido así:

#### **a) Inspección Preliminar:**

Consiste en realizar visitas previas a las zonas afectadas con el fin de conocer la importancia del desarrollo de la problemática, todos aquellos aspectos que serán la base fundamental para la formulación del anteproyecto, al igual que servirán para establecer la visión general que el Proyecto de Mitigación de Riesgos deberá poseer. Para lo cual se hace necesario desarrollar lo siguiente:

- Visitas técnicas de campo
- Encuestas con ciudadanos afectados
- Consultas a instituciones publicas del Municipio (Alcaldía Municipal, Unidad de Salud, COEN).

#### **b) Investigación de Campo:**

Esta es una de las partes más importantes que se efectuarán durante la investigación, ya que consiste en profundizar sobre los aspectos hidrológicos y técnicos más relevantes, identificados en la inspección preliminar para lo cual será necesario seguir lo siguiente:

- Localización del área de interés: Determina la ubicación geográfica del proyecto y sus colindantes.
- Delimitación del trabajo a realizar en el área de interés: Se basa en lo anterior, para definir el espacio físico que se pretende abordar en la realización del estudio.
- Acudir a las instituciones pertinentes para facilitar colaboración (MOP, FOVIAL, CEPRODE, CNR, CENREN, ANDA, SNET, MARN, VMVDU y otros): Comprende toda actividad, para obtener apoyo técnico por parte de las instituciones que faciliten la realización del estudio.

- Elaboración del flujograma de la escorrentía superficial en la zona de estudio.
- Obtención de mapas de coberturas geográficas necesarias para la realización del estudio, proporcionadas por el departamento de información geográfica (SIG) del Ministerio del Medio Ambiente y el Servicio Nacional de Estudios Territoriales.

**c) Investigación Bibliográfica:**

Consiste en la recolección de información relacionada con el tema en estudio, la cual será utilizada en distintas etapas del estudio.

**Etapa II: Análisis de Información.**

Esta etapa consiste en el procesamiento y análisis de la información (bibliográfica y de campo) recolectada en la etapa I, puesto que esta etapa es la de diagnóstico de la investigación que se está desarrollando, y surgirán los análisis que servirán de base para la propuesta de solución que se entiende será la más apropiada de acuerdo a la selección técnica y económica que se determine.

**Etapa III: Propuesta de Solución.**

Esta etapa estará basada en la información obtenida en la etapa II. Lógicamente en esta fase deberán analizarse diversas alternativas que de alguna manera puedan convertirse en solución para un problema específico, de las cuales después de analizarlas desde el punto de vista técnico, económico y social permitirá establecer la propuesta definitiva para el problema tratado.

Es necesario mencionar que esta etapa es la más importante del desarrollo del documento, ya que es en esta fase donde se le puede dar vida al Proyecto de Mitigación de Riesgos por Inundación en el Sector Urbano de la ciudad de Ahuachapán.

**Etapa IV: Evaluación de la Propuesta.**

En esta etapa se realizará un estudio técnico y económico que nos permita determinar la factibilidad que tendrá el proyecto a realizarse. En este caso se hará una comparación de la propuesta de solución al problema detallado en este documento, con otra que también solucione el problema, pero cuyos costos son considerablemente mayor a la descrita; con lo que se justificará el proyecto propuesto en este documento.

## **1.7 DESCRIPCIÓN CAPITULAR**

### **CAPITULO I. GENERALIDADES.**

Para la elaboración de este capítulo será necesario auxiliarse de consultas bibliográficas y entrevistas con personas interesadas en la problemática. Por lo tanto este capítulo servirá como introducción para conocer los lineamientos de la investigación que se llevará a cabo, así como también el planteamiento del problema y antecedentes con respecto al estudio del drenaje pluvial en cuestión.

### **CAPITULO II. MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA.**

Se contemplará la base teórica de la investigación que se pretende elaborar y para ello será necesario consultar bibliografía referente al estudio como: Manual de ArcView, Almanques, Manuales de Hidrología, Manuales de Hidráulica, etc.

### **CAPITULO III. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.**

En este capítulo se pretende evaluar la capacidad de desagüe del Sistema de Drenaje de Aguas Lluvias a partir de las condiciones actuales de la ciudad. Para evaluar la capacidad de desagüe del Sistema de Drenaje de aguas pluviales de la ciudad de Ahuachapán y poder establecer un diagnóstico sobre las condiciones actuales de dicha Red, que permita la predicción de inundaciones y la prevención o mitigación de los riesgos que de avenidas se derivan, se recopilará la información técnica existente, revisándose los estudios similares efectuados anteriormente y se evaluará toda la información disponible en el área de estudio.

### **CAPITULO IV. PROYECTO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN.**

Con la información obtenida del capítulo anterior se procederá a plantear la solución que sea considerada como la más adecuada desde el punto de vista técnico y económico, se realizará el presupuesto total que tengan las obras de mitigación proyectadas.

### **CAPITULO V. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA.**

Se realizará un estudio de las condiciones favorables y desfavorables para la realización del proyecto, se efectuará un análisis del mercado de proyecto para poder establecer el % de personas que se verán beneficiadas con el proyecto, se presentará los elementos que fuesen necesarios para la elaboración técnica del proyecto como lo son recursos humanos, maquinaria, dinero, entre otros.

Como también se efectuará un análisis económico para poder determinar el monto que tendrá la ejecución del proyecto, presentar los costos directos e indirectos.

Cuando se haya terminado lo descrito anteriormente entraremos en la etapa del financiamiento del proyecto, la fuente de este podrá ser interna o externa, para lo cual se hará una solicitud formal de financiamiento a las instituciones pertinentes.

## **CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

En este capítulo se presentarán las conclusiones y recomendaciones pertinentes para establecer la situación real del sistema de drenaje pluvial de la zona de interés, así como la mitigación de riesgos por inundaciones en el proyecto de estudio.



## CAPITULO II: "MARCO TEORICO DE REFERENCIA"

## **2.1 MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA.**

### **2.1.1 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO SIG<sup>5</sup>.**

Los Sistemas de Información Geográfico (SIG) han irrumpido en el mundo de la técnica y se ha potenciado su desarrollo con la mejor y mayor capacidad del hardware de las computadoras, a menudo se planea utilizarlos sin saber qué son o qué pueden hacer o cuantos recursos hay que invertir en ellos. Los SIG iniciaron en los años 60<sup>2</sup> en Canadá pero se han desarrollado más en los Estados Unidos, aun no hay una definición exacta, a medida se trabaja con ellos y se progresa se entiende mejor que realmente son y que no son.

#### **2.1.1.1 DEFINICIÓN DE SIG<sup>6</sup>.**

Un SIG es un conjunto organizado de hardware, software y datos geográficos, diseñado específicamente para capturar, almacenar, poner al día, manipular, analizar y mostrar todo tipo de información referenciada geográficamente.

#### **2.1.1.2 CAD VERSUS SIG.**

Una de las bondades de ArcView es el de poder cargar otros tipos de archivos para poder manipularlos y así modificarlos a nuestra conveniencia, y adecuarlos a lo que se este desarrollando, con lo que se creará de esta forma un nuevo proyecto en ArcView con extensión APR y el cual puede ser usado como un shape o cobertura para cualquier otro proyecto que se pretenda crear.

Para que Arcview acepte otros formatos de archivos para trabajar dentro de su entorno es necesario cargar las extensiones a ocupar para un tipo de proyecto determinado. Las Extensiones son programas agregados al ArcView que permiten realizar funciones especializadas en SIG. ArcView viene con muchas extensiones, tales como Digitizer, CAD Reader, Projector, Network Analyst, etc.

Una de las principales y que será de gran importancia para este trabajo será la de poder cargar archivos CAD para poder trabajarlos en entorno ArcView y poder así manipular mapas creados en AutoCad y georeferenciarlos en ArcView con las coberturas existentes que se estén utilizando directamente para el desarrollo del proyecto de grado. Con la extensión CAD Reader, pueden visualizarse ficheros CAD, tanto ficheros DGN

---

<sup>5</sup> Curso de SIG. MARN – USAID – SETEFE 2001.

<sup>6</sup> ESRI, 1990

(Microstation) como DXF y DWG (AutoCad) solo en la versión Windows, aunque para editar estos datos primero deben ser convertidos a formato shape de ArcView.

A continuación se harán una serie de comparaciones entre el Software ArcView y el Software AutoCad:

- Un SIG NO ES un sistema computarizado para hacer mapas
- El SIG NO almacena “mapas ni vistas ni imágenes de un área determinada”
- El SIG almacena DATOS con los que reconstruye el mapa
- El SIG almacena ATRIBUTOS del mapa
- El SIG es una herramienta analítica
- La mayor ventaja del SIG es que identifica relaciones espaciales entre características de un mapa
- El SIG utiliza los atributos para calcular y/o producir nueva información
- La BASE de DATOS es el centro del SIG
- El SIG nos indica:
  - Que es...
  - Donde está...
  - Como está relacionado
- En esencia un SIG nos da la habilidad de asociar información con una característica de un mapa y crear nuevas relaciones que pueden determinar la toma de decisiones

### **2.1.1.3 MANEJO DE DATOS GEOGRÁFICOS TIPO SIG.**

Dentro de los componentes de un SIG se encuentra el Hardware, Software GIS, “Peopleware”, Datos y los Software auxiliares (SMBD, Herramientas de programación, Procesamiento de Imágenes, Html y Utilitarios).

En la actualidad existe una variedad de software utilizado para manejar datos geográficos, entre los que se pueden mencionar los siguientes: ILWIS for Windows, ARC/INFO Professional GIS, ArcView, INTERGRAPH, Idrisi 32 entre otros.

En nuestro medio el más conocido y utilizado es el software ArcView desarrollado por el Instituto de Investigación Media Ambiental de California ESRI por sus siglas en inglés, ArcView GIS es un software que le permite visualizar, explorar, consultar, analizar e imprimir datos geográficos georeferenciados que representan parte del mundo real.

Con ArcView puede desplegar mapas y cruzar información procedente de otros mapas, hacer consultas, análisis espacial, tabular información y generar mapas para su impresión, constituyéndose en un elemento de apoyo importante para la toma de decisiones tal como se muestra en la figura 2.1 Dentro de las aplicaciones que pueden tener los SIG tenemos:

- Redes
  - agua, energía, teléfonos, TV-Cable, gas, carreteras, red de drenajes (ríos), alcantarillado, etc.
- Planeamiento, ordenamiento del territorio
- Catastro urbano - rural
- Seguridad pública
- Defensa
- Agricultura
- Medio ambiente.

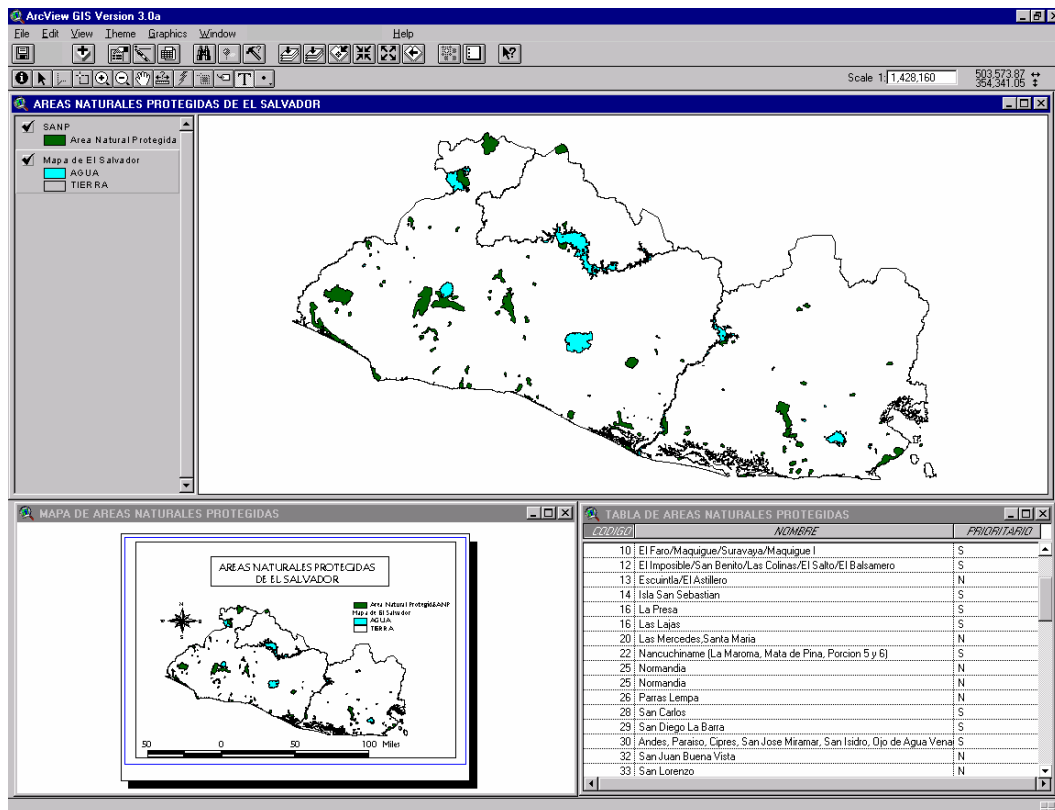


Figura 2.1 Interfaz Grafica de ArcView.

#### 2.1.1.4 APLICACIÓN DE DATOS GEOGRÁFICOS A CUENCAS

Una vez abierto el programa, lo que tenemos es una pantalla gráfica en blanco. Para ver los mapas, podemos añadir un *tema o cobertura*, que no es más que información gráfica especializada (p. ej.: cuencas, ríos, red pluvial, uso del suelo, tipos de cultivos, etc.).

Para ello, podemos utilizar el botón de añadir temas o en el menú desplegable *Themes, Add Theme* tal como se muestra en la figura 2.2.

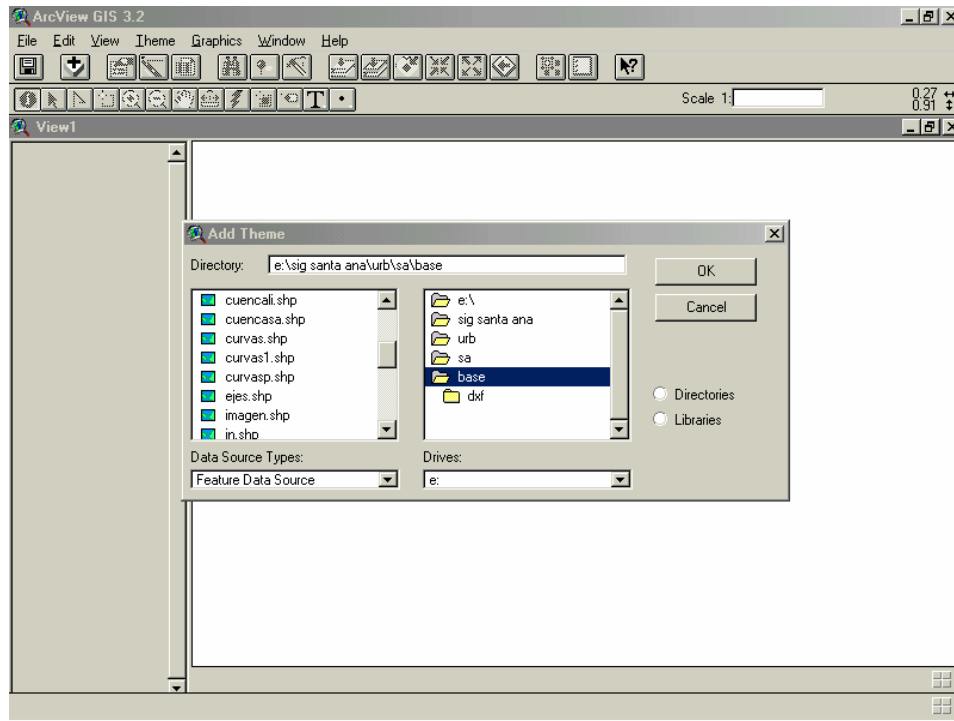


Figura 2.2 Añadir temas o coberturas al proyecto.

Luego se busca el directorio donde se instaló los datos geográficos (árbol de directorios). Seleccione con el cursor aquellos temas que desea mostrar, en este primer caso nos interesan las cuencas que envuelven los ríos de los puntos de interés (sirven los atajos con SHIFT y CTRL). Presione el botón Add Theme para que los temas pasen al área de edición. Presione Close para cerrar la ventana de diálogo. Dependiendo de cómo haya seleccionado los temas, puede o no que se vean todos los temas al mismo tiempo (aunque estén activados). Esto es porque debemos pensar que los temas son puestos en forma de capas o papel de calcar, donde el papel o capa de más arriba tapa a los de abajo. Mover un tema arriba de otro es también una indicación de su visibilidad tal como se observa en la figura 2.3.

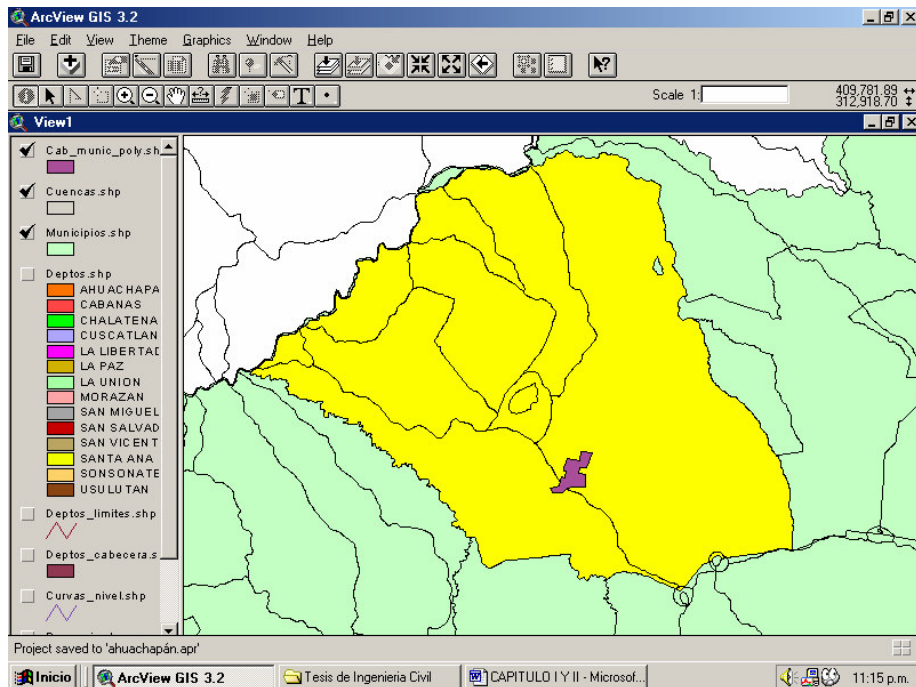


Figura 2.3. Coberturas o temas específicos para el estudio (Municipio de Ahuachapán).  
 Los siguientes apartados indican las coberturas más importantes a utilizar dentro del desarrollo del proyecto de grado, específicamente del punto de interés del trabajo.

#### 2.1.1.4.1 COBERTURAS DE RÍOS Y QUEBRADAS

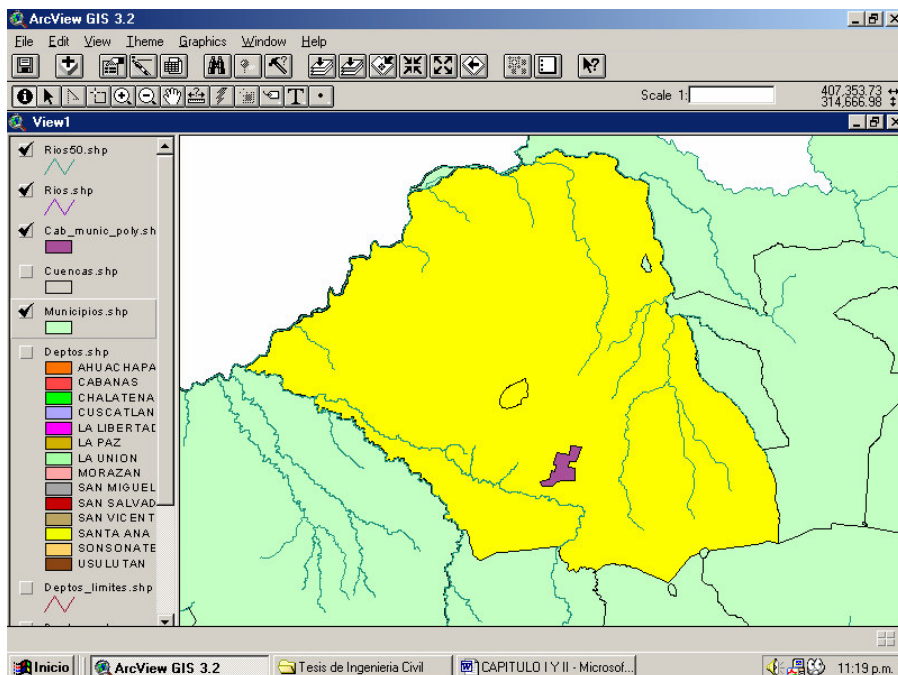


Figura 2.4 Ríos más importantes que convergen en el municipio.

### 2.1.1.4.2 COBERTURA DE ZONA URBANA.

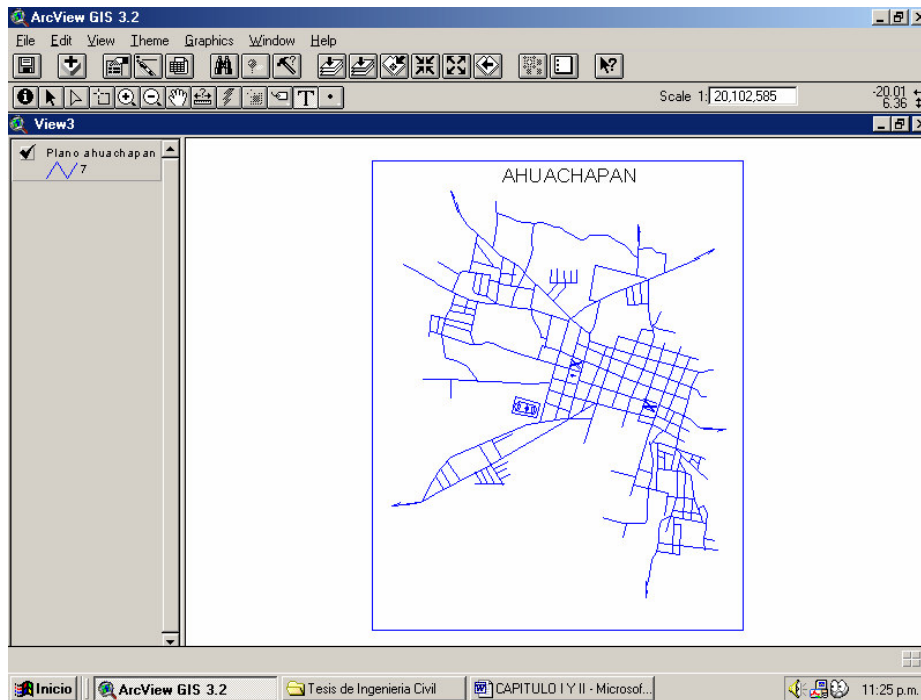


Figura 2.5 Zona urbana del municipio de Ahuachapán.

### 2.1.1.4.3 COBERTURA CURVAS DE NIVEL.

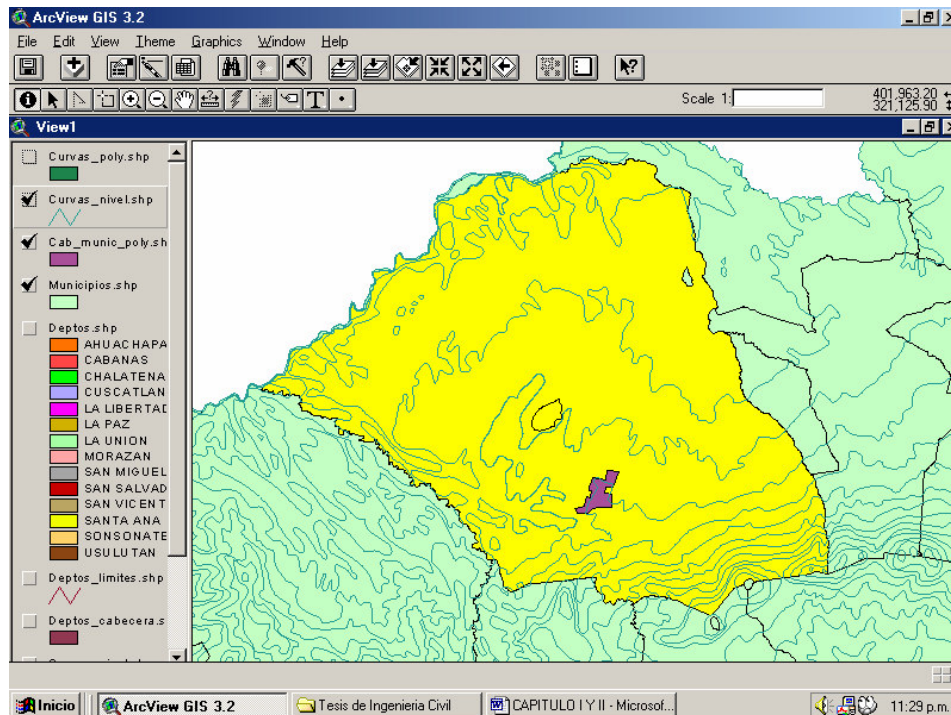


Figura 2.6 Diferentes cotas de elevación presentes en el municipio.

Otras coberturas que serán utilizadas para el desarrollo del trabajo de grado serán las siguientes:

#### **2.1.1.4.4 COBERTURA DE DRENAJE PLUVIAL**

#### **2.1.1.4.5 COBERTURA PUNTOS DE DESCARGA AGUAS LLUVIAS.**

Los dos últimos apartados se tendrá que realizar su levantamiento de campo, con sus respectivas distancias, ubicación, elevaciones, etc. Con la cual se tabulara los datos y se introducirán al sistema de información geográfico para contar con los puntos exactos y reales para poder presentarlos en Arcview.

### **2.1.2 EL ESTUDIO HIDROLÓGICO.**

#### **2.1.2.1 MÉTODOS PARA LA REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO HIDROLÓGICO<sup>7</sup>.**

Existe una gran cantidad de metodologías encaminadas a la determinación de Crecidas máximas Y Caudales máximos, las cuales han sido desarrolladas en base a observaciones realizadas en varias regiones del mundo. Estos se dividen en:

- MÉTODOS DIRECTOS: Aforos, Correlación con otras cuencas, Métodos del cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos.
- EMPÍRICOS: Fórmula de Fuller, Fórmula Burki Ziegler, Fórmula de Dickens, Fórmula de Mack Math, Fórmula de Rafael Heras.
- HIDROMETEOROLÓGICOS: Fórmula Racional, Isócronas, Hidrograma Unitario, Hidrograma Triangular.
- ESTADÍSTICOS: Ajuste de caudales máximos, Instantáneos.
- CORRELACIÓN: Leyes del U.S. Soil Conservation Service(Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos.)

#### **2.1.2.1.1 MÉTODO HIDROMETEOROLÓGICO: LA FORMULA RACIONAL**

Los Métodos Hidrometereológicos son aquellos que permiten determinar avenidas analizando datos de lluvia y algunas características físicas de la cuenca, su aplicación solo se puede hacer cuando se ha adquirido previamente, ya sea experimentalmente o por análisis

---

<sup>7</sup> Fundamentos de Hidrología de Superficie. Aparicio Mijares Francisco Javier.



de casos análogos, un buen conocimiento de la distribución de los grandes aguaceros precipitados en la cuenca para poder determinar la intensidad que produce la avenida máxima así como la probabilidad de ocurrencia tanto del aguacero como de la avenida que la produce. Los métodos más aplicables son:

- FÓRMULA RACIONAL
- MÉTODO DE LAS ISÓCRONAS
- MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO.

De lo anteriormente expuesto se deduce que los métodos hidrometeorológicos se aplican cuando se dispone de datos de lluvia (Método Racional), o bien cuando se dispone de datos de lluvia o de avenidas reales. (Hidrograma Unitario) y el Método de las isócronas no es más que una modificación de la aplicación de la Fórmula Racional.

#### FÓRMULA RACIONAL.

Esta formula establece una relación entre el caudal en función del área de la cuenca y de la intensidad de lluvia, a pesar de ser fórmula, se considera como un método, dado que por su escritura es aplicable a condiciones climatológicas.

La fórmula se enuncia así:

$$Q = 16.67 CIA \quad \text{Ec. 2.1}$$

Donde: Q = Caudal máximo instantáneo (m<sup>3</sup>/seg).

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional).

I = intensidad de lluvia (mm/m).

A = Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>).

#### **2.1.2.1.1.1 CALCULO DE LAS CURVAS DE**

#### **INTENSIDAD DURACIÓN Y FRECUENCIA.**

La estación metereológica representativa para el estudio es la de Ahuachapán que lleva registros de precipitación a través del tiempo.

De los registros observados se elaborarán las curvas intensidad-duración-frecuencia, para periodos de retorno de 5, 15, 25 y 50 años según convenga las cuales serán utilizados para determinar los valores de intensidad en mm/ minuto. Las curvas intensidad-duración-frecuencia que interrelacionan la intensidad de lluvia máxima absoluta con la duración y la

frecuencia de los eventos meteorológicos, que resultan de las observaciones realizadas durante los últimos años en la estación metereológica de Ahuachapán.

#### **2.1.2.1.1.2 CALCULO DE LA ESCORRENTÍA**

Para la determinación de los coeficientes de escorrentía se concluye que el caudal máximo instantáneo está directamente relacionado con los volúmenes de agua que pueda escurrir en una cuenca o subcuenca para un evento meteorológico determinado. Este volumen, puede ser calculado en términos de la relación existente entre la lámina precipitada y la lámina escurrida, dependiendo del tipo de suelo, de la cobertura vegetal del terreno de la pendiente media de la subcuenca o área de influencia y del grado de permeabilidad o impermeabilidad del terreno.

Establecidos los parámetros anteriores, tomando en cuenta además las áreas urbanas, semiurbanas, áreas sin vegetación, cultivos, hierba corta, grama o pastizado y vegetación densa se estimó usar los siguientes valores:

**Tabla 2.1**  
**Coefficiente de Escorrentía**

Coefficiente de Escorrentía	Condición de las Áreas
0.30	Con vegetación, con cultivos, vegetación densa, permeables.
0.40	Semiurbanas con hierba corta o grama semipermeables.
0.60	Urbanas, con aceras, pavimentos y techos casi impermeables.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería y Consultora Lotti & Associati.

#### **2.1.2.1.1.3 CALCULO DEL ÁREA INFLUENCIA CON ARCVIEW.**

Debido a las características de flujo en zonas urbanas el concepto de cuenca de recogimiento se ve afectado por la organización de la escorrentía en función de la captación de flujos, así como de las posibilidades de desalojo, por lo que es necesario definir las direcciones superficiales de flujo; definido estos elementos y en base a ellos se pueden delimitar las áreas de influencia del proyecto tomando como criterio que cada calle drena a un área específica.

La determinación de esta área específica se realiza trazando por cada intersección de ejes longitudinales de calles y vías de acceso a la urbanización, líneas a 45° y considerando que cada triangulo o trapecio adyacente a dichas calles conforman el área tributaria para cada calle, de esta forma el cálculo del área de recogimiento proporciona un balance en la aportación de los lotes o manzanas a la escorrentía de las distintas calles, con lo cual se puede prever cualquier modificación en la dirección del escurrimiento de los techos en las áreas construidas. Para subdividir las manzanas en caso de superficies inclinadas para la determinación del área tributaria a un tramo, se hará sumando el área del tramo considerado con las áreas tributarias de los tramos consecutivos anteriores<sup>8</sup>.

Una de las innovaciones que se pretende utilizar para el desarrollo del proyecto de grado como ya se mencionó anteriormente es el uso del software Arcview por lo que todo lo anteriormente expuesto se aplicará en un entorno SIG por lo que facilitará la labor puesto que en este caso se contará con toda la zona urbana de Ahuachapán digitalizada para su manipulación en ArcView (Figura 2.5).

### **2.1.3 DISEÑO HIDRÁULICO<sup>9</sup>**

#### **2.1.3.1 CÁLCULO HIDRÁULICO**

Para la resolución de problemas de corrientes de flujos en conductos cerrados se dispone de varias fórmulas empíricas. En este apartado se considerarán las que más se ocupan en nuestro medio siendo las fórmulas desarrolladas por Hazen – Willians y la fórmula de Manning.

La Fórmula de Hazen – Willians viene dada por la expresión:

$$V = 0.8492CR^{0.63}S^{0.54} \text{ (Sistema Internacional de Unidades) Ec.2.2}$$

Donde:

V = Velocidad en m/s

R = Radio Hidráulico en mts.

C = Coeficiente de rugosidad de Hazen – Willians

S = Pendiente de carga de la línea de alturas piezométricas (pérdida de carga por unidad de longitud del conducto).

---

<sup>8</sup> Propuesta de Solución al Problema del Drenaje Pluvial en el área urbana del municipio de Candelaria de la Frontera. Sonia Evelin Moran Zuniga. Tesis UES, 1998.

<sup>9</sup> Hidrología Aplicada. Ven Te Chow

La Fórmula de Manning viene dada por la expresión:

$$V = (1.0/n) R^{2/3} S^{1/2} \quad \text{Ec. 2.3}$$

Donde:

V = velocidad en m/s

R = radio hidráulico en m

n = coeficiente de rugosidad de Manning.

S = pendiente de carga de la línea de alturas piezométricas (pérdida de carga por unidad de longitud del conducto).

Las fórmulas de Hazen-Williams y de Manning se pueden utilizar para el análisis de flujos en conductos cerrados. La primera se ha utilizado ampliamente para el diseño de los sistemas de alimentación de agua. La Formula de Manning no se ha utilizado muy frecuente en el flujo en conductos cerrados y se ha aplicado con mas frecuencia en el flujo en canales abiertos ambas formulas tienen algunas importantes limitaciones y desventajas. Se pueden utilizar únicamente, para flujos de agua a temperaturas normales (ya que no se considera la viscosidad del fluido). Son aplicables con fiabilidad solo en flujo con elevada turbulencia (es decir, para numero de Reynolds muy grandes).

### **2.1.3.2 FLUJOGRAMAS.**

Antes del advenimiento de las tecnologías actuales es decir de las modernas computadoras y las calculadoras manuales, los cálculos con las formas de Hazen-Williams y de Manning eran muy complicados a causa de los exponentes que figuran en las mismas. De acuerdo con esto y con el fin de facilitar los análisis del flujo que conducen las tuberías se desarrollaron muchos nomogramas, gráficos, tablas diagramas, etc. Actualmente tales cálculos son sencillos debido a la disponibilidad de las modernas computadoras. Sin embargo los nomogramas, gráficos, etc., pueden ser muy útiles cuando se necesitan muchas soluciones con rapidez Los diagramas que se muestran en el anexo 2 y 3 pueden usarse para la resolución de problemas que emplean la formula de Hazen-Williams y de Manning. Los diagramas del anexo 2 han sido desarrollados para la fórmula de Hazen-Williams como se ilustra al pie de la figura los diagramas pueden utilizarse para resolver problemas con valores distintos de C. Los diagramas del anexo 3 han sido desarrollados para resolver problemas de la fórmula de Manning con  $n = 0.013$ .

Es de hacer notar el hecho de que por estar basados estos diagramas en la fórmula de Hazen-Williams y de Manning, su utilización esta limitada a problemas con flujos de agua a temperaturas normales y número de Reynolds muy elevados. Hay que señalar también que su uso esta restringido a conductos circulares a flujo lleno.

## **2.2 LAS INUNDACIONES<sup>10</sup>**

Las inundaciones son grandes cantidades de agua que se acumulan en lugares que poseen dificultad para desalojarla, tal dificultad puede originarse por una canalización bloqueada, natural o artificial y por las características de la superficie del terreno.

Las inundaciones generalmente se categorizan de acuerdo a su frecuencia estadística. Por ejemplo, se denomina planicie de inundación de 100 años a aquellas planicies que bordean zonas de agua siempre que cuenten con un uno por ciento de probabilidades de inundarse en un año determinado. Comúnmente se considera que una amenaza de esta magnitud, o mayor, es significativa.

### **2.2.1 CAUSAS DE LAS INUNDACIONES<sup>11</sup>**

Cuando llueve, parte del agua que cae es retenida por el suelo, otra es absorbida por la vegetación, parte se evapora, y el resto, que se incorpora al caudal de los ríos recibe el nombre de aguas de escorrentía. Las inundaciones se producen cuando, al no poder absorber el suelo y la vegetación toda el agua, ésta fluye sin que los ríos sean capaces de canalizarla ni los estanques naturales o pantanos artificiales creados por medio de presas puedan retenerla. Las escorrentías alcanzan alrededor de un 30% del volumen de precipitación. Las cuencas de muchos ríos se inundan periódicamente de manera natural, formando lo que se conoce como llanura de inundación. Las inundaciones fluviales son por lo general consecuencia de una lluvia intensa, lo que ocasiona que los ríos se desborden. Se dan también inundaciones relámpago en las que el nivel del agua sube y baja con rapidez. Suelen obedecer a una lluvia torrencial sobre un área relativamente pequeña. Las zonas costeras se inundan a veces durante la pleamar a causa de mareas inusualmente altas motivadas por fuertes vientos en la superficie oceánica, o por maremotos debidos a terremotos submarinos.

---

<sup>10</sup> Los Desastres en El Salvador, Visión Histórica Social Desastres por Actividad Meteorológica.

<sup>11</sup> Los Desastres en El Salvador, Visión Histórica Social Desastres por Actividad Meteorológica.

### **2.2.2 MEDIDAS DE DEFENSA FRENTE A LAS INUNDACIONES.**

Medidas de Defensa<sup>12</sup>: El riesgo inundación aumenta cuando el exceso de agua no es controlado por un buen sistema de drenaje. Los sistemas necesitan ser planeados y diseñados como parte integral del desarrollo de la ciudad, e instalado antes y no después de las construcción. Todos los componentes del sistema acumulan sedimentos que necesitan ser eliminados regularmente si se pretende que la infraestructura sea afectiva a mediano y largo plazo.

Para evitar las anegaciones de basura y ripio en las alcantarillas, la alcaldía municipal de Ahuachapán esta dando mantenimiento a los sectores afectados a fin de destapar las alcantarillas.

El jefe de saneamiento encargado, como proyecto de prevención ha puesto hasta un tipo de malla en algunos tragantes para evitar que la basura se vaya por las tuberías. A finales del 2002 se ha dejado una cuadrilla de trabajadores permanente para atender las denuncias de los pobladores.

### **2.2.3 VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LAS CATÁSTROFES POR INUNDACIONES<sup>13</sup>.**

Dentro de las que aplican a nuestro país están las siguientes:

- ✓ El Mal Manejo De Cuencas Hidrográficas
- ✓ El Comportamientos De Las Lluvias
- ✓ El Suelo
- ✓ La Vegetación
- ✓ Presión Y Expansión Urbana

A continuación se describirán una a una estas cinco variables que pueden aplicarse a nivel nacional como factores que intervienen en la producción de catástrofes por inundaciones:

---

<sup>12</sup> Las Ciudades Grandes, reduciendo la vulnerabilidad a los desastres, ITDG Perú 1997.

<sup>13</sup> Los Desastres en El Salvador, Visión Histórica Social Desastres por Actividad Metereológica.

### **2.2.3.1 El Mal Manejo de las Cuencas Hidrográficas.**

Se dice que todos vivimos sobre una cuenca o una subcuenca en tanto que la cuenca representa un lugar compuesto de una parte alta, media y una parte baja, en la parte alta se recibe el agua la cual desciende hasta almacenarse en la parte baja. Así, dependiendo del manejo adecuado de las zonas altas, se podrá mantener el equilibrio ecológico de las zonas bajas. Sin embargo todo parece indicar que la dinámica ecológica se orienta hacia el desequilibrio. El frenado de la escorrentía superficial es consecuencia de la mayor capacidad de absorción del suelo forestal, y los innumerables obstáculos que los árboles y los arbustos oponen a la marcha de las aguas y en el país la disminución acelerada de la cobertura vegetal ha sido de tan significación que actualmente constituye uno de los problemas mas serios directamente relacionados a la protección de los suelos y a la presencia del problema torrencial. La deforestación en El Salvador se ha convertido en un factor clave en el manejo de las cuencas, y ese deteriorado manejo incide a su vez directamente en la generación de desastres, no solo por inundaciones, sino también por deslizamientos.

### **2.2.3.2 El Comportamiento de las Lluvias**

La temporada lluviosa en El Salvador dura aproximadamente seis meses, de Mayo a Octubre, siendo Septiembre el mes más copioso. Según el Servicio de Meteorología e Hidrología en este mes pueden ocurrir hasta diez temporales al tiempo que se ven aumentados los reportes de inundaciones.

### **2.2.3.3 El Suelo**

La mayoría de los suelos que forman el territorio salvadoreño son de origen volcánico y aluvial. Estos suelos son sumamente fértiles derivados de la actividad volcánica mas reciente del país, los cuales se encuentran alrededor de casi todos los volcanes del territorio nacional. Por su composición, estos suelos han sido deteriorados por la acción del hombre, del agua y del viento. Por ser fácilmente erosionables, estos suelos son indicados para cultivos permanentes y no para cultivos anuales. En la actualidad muchas zonas que eran bosques han sido deforestadas para utilizar las tierras para cultivos anuales lo cual ha facilitado la erosión del suelo.

#### **2.2.3.4 La Vegetación.**

La influencia de la vegetación forestal sobre la protección del suelo es de mucha importancia, ya que disminuye la erosión laminar y la pérdida del suelo es mínima. Esta influencia positiva de la vegetación se ha reducido a niveles alarmantes, de tal suerte que ello potencia la producción de desastres por inundaciones.

#### **2.2.3.5 Presión y Expansión Urbana<sup>14</sup>.**

El proceso de urbanización ha sido una característica común en el desarrollo de las civilizaciones a través de la historia, desde que las comunidades empezaron a asentarse en zonas favorables y a establecer allí sus actividades comerciales, políticas y culturales. Los asentamientos humanos se han desarrollado alrededor de áreas que ofrecen beneficios sociales y comerciales, sin tomar en cuenta que esas mismas áreas pueden estar expuestas a amenazas naturales a esto se le llama *presión urbana*.

En el mundo actual los avances técnicos asociados con la industrialización y el incremento de las economías han estimulado durante los últimos años un alto índice de crecimiento en zonas urbanas. Las oportunidades de empleo en los sectores manufactureros e industrial se han multiplicado; este factor servicios ha sido complementado con los servicios de educación y salud, entre otros. En algunas partes del mundo, la modernización de los procesos agrícolas ha reducido la necesidad de la mano de obra rural y ha aumentado la demanda por servicios urbanos tales como la agroindustria. En otras áreas la sequía y la desertificación han dado como resultados la pérdida de las tierras agrícolas productivas, lo que, a su vez ha generado una migración hacia zonas urbanas. En resumen, la gente ha sido atraída por las perspectivas de empleo que, en el peor de los casos, son mejor recompensadas que las economías rurales, donde la propiedad de la tierra esta en manos de una minoría todo lo anteriormente expuesto se le denomina *expansión urbana*.

En la ultima década el proceso de urbanización en las áreas metropolitanas de las ciudades principales de El Salvador ha sido muy acelerado, producto de la migración del campo

---

<sup>14</sup> Las Ciudades Grandes, reduciendo la vulnerabilidad a los desastres, ITDG Perú 1997.



hacia la ciudad. Las pocas áreas que quedan cubiertas de bosque han disminuido continuamente por el crecimiento acelerado de la población. La demanda por tierra urbana para satisfacer mínimamente las necesidades habitacionales ha provocado un desordenamiento mayor. Aquí es necesario volver al tema de las cuencas. En El Salvador las principales ciudades del país han sido asentadas históricamente en terrenos cercanos a ríos, este es el caso de la ciudad de Ahuachapán que se encuentra asentado cerca del río Las Mandarinas y las quebradas El Piro y El Chanal.

## **2.2.4 DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DE LAS INUNDACIONES.**

- Intensidad de lluvias elevadas, que con frecuencia caen en la época lluviosa sobre la ciudad.
- Incapacidad hidráulica del sistema de recolección.
- Mantenimiento inadecuado del sistema de drenaje.

## **2.2.5 CRONOLOGÍA DE LAS INUNDACIONES.**

Por datos proporcionados por el Gerente de Servicios Públicos y Medio Ambiente de la Alcaldía Municipal de Ahuachapán Dr. Willy Maynor Herrera se presenta un resumen cronológico de las inundaciones más notorias:

Mayo 1987. El copioso invierno de esas fechas, sumado también al problema del nulo mantenimiento del sistema de drenaje hace que la zona de los mercados se arrastre todos los desperdicios ocasionando proliferaciones de focos infecciosos y basureros por todos lados.

Julio 1990. Como se dio en los años anteriores el problema de inundación afecta los negocios aledaños ubicados en la cercanía de la sexta calle oriente, la escorrentía fue tan grande que arrastro mercadería, carretones y toda los desperdicios que encontraba en las calles fueron a parar a las cajas tragantes,.

Agosto 1995. El problema de inundación en la zona del mercado N° 1 es agudizada por la intervención a la carretera Internacional en el Km 96

modificando las pendiente lo cual produjo drenajes inadecuados, fluyendo el agua lluvia sobre las calles Santa Maria 1, 2 y 3; el agua busca salida volviendo a quedar encajonada en la concavidad del sector del mercado, esta vez el agua sube su nivel de tal manera que entra a las casas habitacionales y negocios aledaños ocasionando perdidas económicas.

Abril 1998. El problema de inundación es más problemático, a causa que el terreno propiedad de la familia Arriaza contiguo a la terminal de buses departamentales tapa la canaleta que conduce desde la Calle Ashapuco hacia la Avenida 2 de Abril, con el fin de cosechar maíz y caña de azúcar.

Septiembre 1998. Se produce el fenómeno del Huracán Mitch el cual sobrepasa la capacidad de drenaje de las cajas tragantes, afectando no solo las zonas puntuales de los mercados sino todo el Área del centro de la ciudad de Ahuachapán.

Mayo 2003. En la actualidad todos los problemas anteriormente mencionados persisten, y seguirán así hasta que no se efectúen las obras de mitigación necesarias.

### **2.2.6 EFECTOS DE LAS INUNDACIONES<sup>15</sup>.**

Dentro de los efectos que provocan las inundaciones en la ciudad de Ahuachapán se pueden mencionar los siguientes:

Contaminación: luego de una inundación se dan encharcamientos de agua, que son factible para los criaderos de vectores transmisores de enfermedades. El agua se empoza y como consecuencia arrastra tierra que se convierte en lodo podrido que genera malos olores que dañan la salud de los vecinos.

Riesgos: a Haber colapsado el sistema de tuberías se corre el riesgo de que se den rupturas y hundimientos, lo que hace correr riegos a los peatones y automovilistas. Ya se han roto tuberías que se encuentran descubiertas.

---

<sup>15</sup> La Prensa Grafica, publicación El Heraldó Occidente 30/08/2002

Derrumbes: al desbordarse las aguas lluvias existe la posibilidad de derrumbes de paredones, incluso de viviendas. Lo peor serian derrumbes internos que generen hundimientos de grandes proporciones.

Gastos: las constates limpiezas de las cajas tragantes genera gastos no contemplado.

## **2.3 MEDIDAS DE MITIGACION PARA LOS DRENAJES DE AGUAS**

### **LLUVIAS.**

- Asegurar que los sistemas de drenaje se diseñen como parte integral de la planificación territorial.
- Asegurar que los sistemas de drenaje se instalen antes de que se desarrolle un área.
- Verificar que el desarrollo sea controlado de acuerdo con la estrategia de uso del suelo.
- Asegurar el mantenimiento y limpieza regular del sistema, especialmente antes de las temporadas lluviosas.

## CAPITULO III: "DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA".

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

El objetivo del presente capítulo, es evaluar la capacidad de desagüe del sistema de drenaje de aguas lluvias a partir de las condiciones actuales de la ciudad. Para evaluar la capacidad de desagüe del sistema de drenaje de aguas pluviales de la ciudad de Ahuachapán y poder establecer un diagnóstico sobre las condiciones actuales de dicha red, que permita la predicción de inundaciones y la prevención o mitigación de los riesgos que de avenidas se derivan, se ha recopilado la información técnica existente, revisándose los estudios similares efectuados anteriormente y se ha evaluado toda la información disponible en el área de estudio. La metodología de trabajo seguida ha sido la siguiente utilizando el software ArcView: demarcación y delimitación de la subcuenca que define el área de estudio. Demarcación y delimitación de las áreas tributarias a la red existente con sus respectivos puntos de descarga. Recopilación y evaluación de toda la información hidrológica existente, tanto en el área de influencia de la subcuenca como también en las circundantes a ella, las cuales pueden ser correlacionadas para los propósitos que se persiguen. Reconocimiento de las áreas de influencia de la red de aguas pluviales y de las zonas que se inundan en la ciudad. Levantamiento geodésico realizado con GPS de los diferentes drenajes pluviales y puntos de descarga que no se encuentran en los planos antiguos.

### 3.2 GENERALIDADES DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO

Tal como se ha descrito anteriormente, el objetivo del presente capítulo es evaluar la capacidad de desagüe de la Red de Aguas Lluvias de la ciudad de Ahuachapán, que sirve para desalojar el caudal máximo instantáneo de escorrentía superficial, para un período de retorno determinado.

#### 3.2.1 DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DE LA ZONA URBANA DE AHUACHAPÁN.

La zona donde se ubica la ciudad de Ahuachapán esta caracterizada por terrenos en planicie con pendientes menores del 10% lo que ha permitido mantener sus sistema de cuadrícula, los suelos son arenosos y franco arenosos, con cultivos anuales en las afueras de la ciudad. Sus coordenadas geográficas son las siguientes:

**TABLA 3.1 COORDENADAS GEOGRÁFICAS**

COORDENADAS	VALORES	
LATITUD	13°54'38"	13°56'04"
LONGITUD	89°50'00"	89°51'41"

FUENTE: Instituto Geográfico Nacional

### 3.3 CLIMATOLOGÍA

#### 3.3.1 CLIMA

La estación de Ahuachapán se encuentra ubicada en las afueras de la ciudad, cerca de la laguna del espino (Caserío Llano), en la zona central de la región occidental del país. La región donde se ubica la ciudad de Ahuachapán se zonifica climáticamente según Koppen, Sapper y Laurer como sabana tropical caliente o tierra caliente (0 - 800msnm) la elevación promedio es 785 msnm.

Considerando la regionalización climática de Holderidge, la zona de interés se clasifica como “Bosque Húmedo Subtropical” (con biotemperatura y temperatura del aire, medio anuales menor de 24°C).

Los rumbos de los vientos son predominantes del Noreste durante la estación seca y la estación lluviosa, la brisa marina del Sureste ocurre después del mediodía, la velocidad promedio anual es de 8.1Km/hora.

### 3.3.2 TEMPERATURA.

Las diferentes temperaturas para la región de Ahuachapán varían según la siguiente tabla:

**TABLA 3.2 VARIACIÓN DE TEMPERATURAS MENSUALES AHUACHAPÁN**

MESES	TEMP.: PROM. (°C)	TEMP.MAX.PROM(°C)	TEMP.MIN.PROM(°C)
ENERO	21.9	29.7	17.2
FEBRERO	22.3	30.9	17.4
MARZO	23.6	32.5	18.4
ABRIL	24.6	33.0	19.7
MAYO	24.4	31.7	20.1
JUNIO	23.5	29.7	19.7
JULIO	23.5	29.9	19.6
AGOSTO	23.3	29.5	19.5
SEPTIEMBRE	22.7	28.9	19.4
OCTUBRE	22.8	29.1	19.3
NOVIEMBRE	22.6	29.1	18.6
DICIEMBRE	22.0	29.2	17.8

Fuente: SNET/SMN/CIAGRO/AC/18/03/03

### 3.3.3 PRECIPITACIÓN.

De acuerdo a los registros metereológicos de la ciudad de Ahuachapán se han determinado las cantidades promedios de precipitación mensual, que reflejan el régimen de lluvia de la zona cuyos datos juntos con la humedad relativa mensual se muestran en la siguiente tabla:

**TABLA 3.3 PRECIPITACIONES MENSUALES**

MESES	H RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (MM)
ENERO	64	1.7
FEBRERO	63	2.0
MARZO	64	9.0
ABRIL	65	30.5
MAYO	72	132.8
JUNIO	79	296.2
JULIO	74	272.5
AGOSTO	78	293.9
SEPTIEMBRE	82	325.9
OCTUBRE	76	145.3
NOVIEMBRE	70	35.5
DICIEMBRE	66	4.5

Fuente: SNET/SMN/CIAGRO/AC/18/03/03

### 3.3.4 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

Considerando la información existente de los valores mensuales de Evapotranspiración Potencial (ETP Anual), calculado por el método Hargreaves (en mm) del período 1970-2001 según la estación; se obtienen los siguientes valores representados en la siguiente tabla:

**TABLA 3.4 VALORES MENSUALES DE ETP**

ESTACIÓN	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
AHUACHAPÁN	133	135	167	174	170	150	162	155	135	140	129	127	1777

FUENTE: SNET/SMN/CIAGRO/05/11/03

De los datos indicados se determinó que la ETP promedio anual observada en el área de estudio alcanza un valor de 1777 mm. Estos equivale a una lámina diaria de 4.87 mm.



### **3.3.5 INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA ABSOLUTA.**

La estación metereológica de Ahuachapán lleva registro desde 1969 siendo el máximo valor de intensidad observado de 4.68 mm/min. para una duración de tormenta de cinco minutos inventariado en el año de 1977, el mínimo es de 0.16 mm/min. para una duración de 180 minutos registrado en 1969.

De los registros observados se elaborarán las curvas de intensidad-duración-frecuencia para períodos de retorno de 5, 15, 25 y 50 años, que serán utilizados para determinar los valores de intensidad en mm/min.

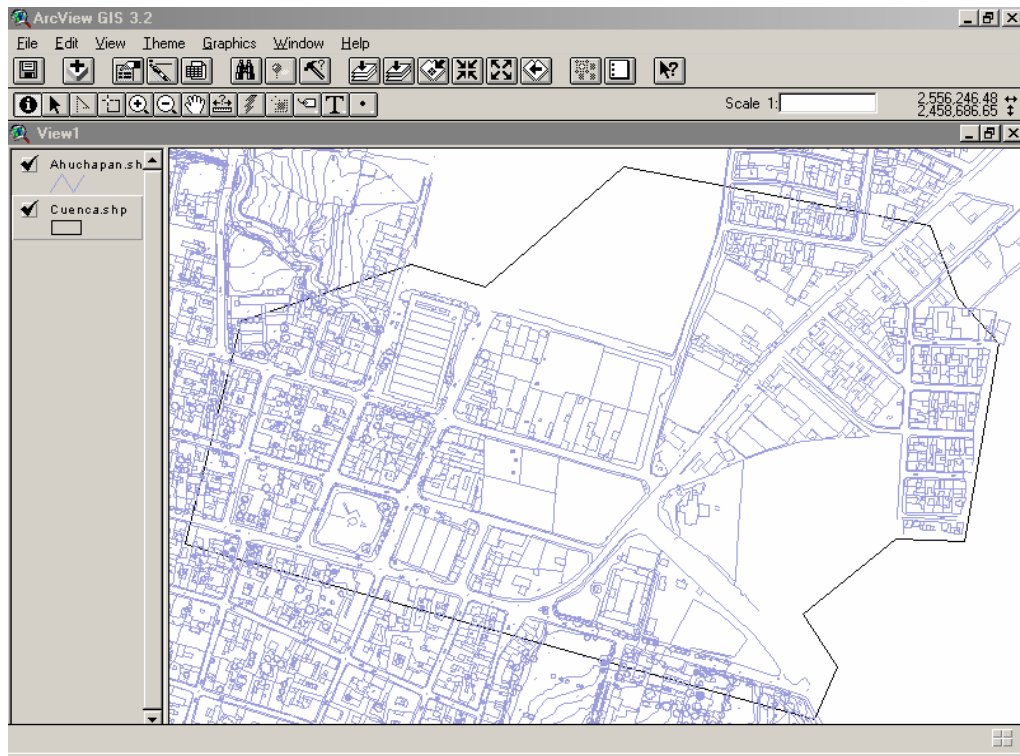
### **3.4 ANÁLISIS HIDROLÓGICO.**

En la ciudad de Ahuachapán para poder realizar un estudio hidrológico se considero a través del mapa en ArcView las zonas donde la superficie esta compuesta por vegetación y las que se componen por terrenos construidos con edificaciones (viviendas, fabricas, mercados, etc.) esto debido a que al urbanizarlo, se alteran las condiciones naturales, por lo que se obtienen variaciones, tanto en la velocidad como en el caudal máximo instantáneo de escorrentía superficial. Se pretende con dicho estudio llegar a la obtención de las capacidades de los colectores existentes, el cual nos dará el parámetro para poder establecer un diagnóstico del problema de las inundaciones en la ciudad de Ahuachapán.

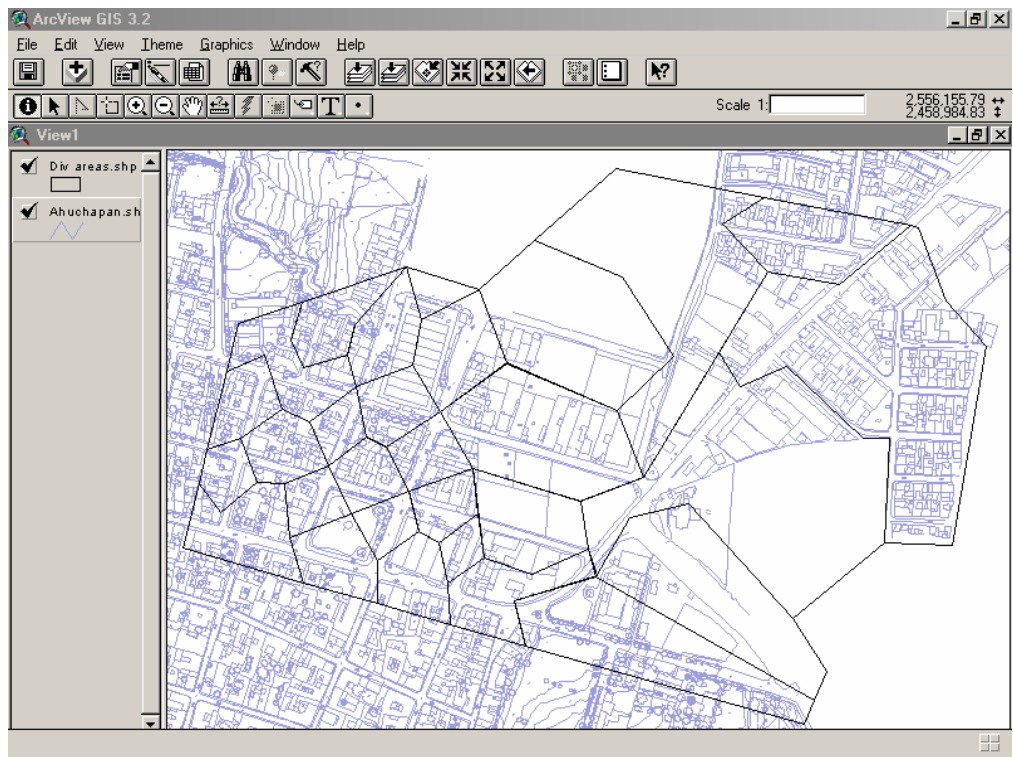
#### **3.4.1 OBTENCIÓN DEL ÁREA URBANA DE INFLUENCIA EXISTENTE A A TRAVÉS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA S.I.G.**

Como se hizo notar en el capítulo dos del proyecto para el caso particular de este estudio, la ciudad de Ahuachapán no cuenta con una base de datos geográfica; por lo que con la ayuda de un GPS, planos digitales, planos catastrales y cuadrantes de la zona se pretende referenciar geodésicamente el área de interés dentro del radio urbano de la ciudad para luego insertar toda esta información en ArcView y así crear nueva información geográfica para el departamento de Ahuachapán que pueda ser utilizada indistintamente para otros proyecto en general, siendo la zona de estudio o cuenca de estudio la que se puede observar en la figura 3.1 que muestra la cuenca de estudio para la zona urbana y la figura 3.2 muestra la división de las 29 áreas tributarias o de influencia de drenaje a utilizar para su respectivo estudio de acuerdo al método mencionado en el capítulo II en la sección 2.1.2.1.1.3. En el anexo 4 se observa la cuenca delimitada en Autocad.

**FIGURA 3.1 CUENCA EN ESTUDIO**



**FIGURA 3.2 DIVISIÓN DE LAS 29 ÁREA TRIBUTARIAS**



### 3.4.2 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.

Para la determinación del coeficiente de escorrentía se concluye que el caudal máximo instantáneo esta directamente relacionado con los volúmenes de agua que pueda escurrir en una cuenca o subcuenca para un evento metereológico determinado. Este volumen, puede ser calculado en término de la relación existente entre la lámina precipitada y la lámina escurrida, dependiendo del tipo de suelo, de la cobertura vegetal del terreno, de la pendiente media de la subcuenca o área de influencia y del grado de permeabilidad o impermeabilidad del terreno. Establecido los parámetros anteriores, tomando en cuenta además las áreas urbanas, semiurbanas, áreas sin vegetación, cultivos, hierba corta, gramo pastizado y vegetación densa se decidió usar los siguientes valores:

**TABLA 3.5 COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA\***

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	CONDICIÓN DE LAS ÁREAS.
0.30	Con vegetación, con cultivos, vegetación densa, permeables.
0.40	Semiurbanas con hierba corta o grama semipermeables.
0.60	Urbanas, con aceras, pavimentos y techos casi impermeables.

FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA Y CONSULTORA LOTTI Y ASSOCIATI.

\*Es de hacer notar que la anterior tabla fue extraída del Plan Maestro de Desarrollo Urbano desarrollado para la ciudad de Santa Ana, elaborada por la prestigiosa empresa española TUCSA, observando las condiciones que se determinaron para la ciudad de Santa Ana, dado que se realizó un estudio similar en el Volumen 11: Servicios Públicos, en el cual se verificó el estado actual del alcantarillado pluvial de dicha ciudad, ya que Ahuachapán presenta características similares en cuanto a superficie se consideró utilizar dicha tabla como referencia.

Para el caso en particular se obtienen dos grandes zonas de estudio tal como se puede observar en la figura 3.3 siendo las áreas denominadas Subcuenca Norte y Subcuenca Sur y su porcentaje del área total el siguiente:

**TABLA 3.6 VALOR PROMEDIO DE ESCORRENTÍA**

No. ÁREAS	EXTENSIÓN (M <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)	C	FACTOR
ÁREA 1	30,759.49	08.92	0.40	0.036
ÁREA 2	314220.88	91.08	0.60	0.546
	344980.37	100		0.582

La zona de estudio que comprende el departamento de Ahuachapán se divide en dos grandes zonas de acuerdo a su escorrentía (Semiurbana y Urbana) por lo que para el cálculo de la intensidad de diseño para toda la cuenca en general será necesario promediar las zonas de escorrentía de acuerdo al porcentaje que representa cada área del área total de la cuenca y multiplicarlo por su respectivo valor de escorrentía de la siguiente manera según la tabla 3.6:

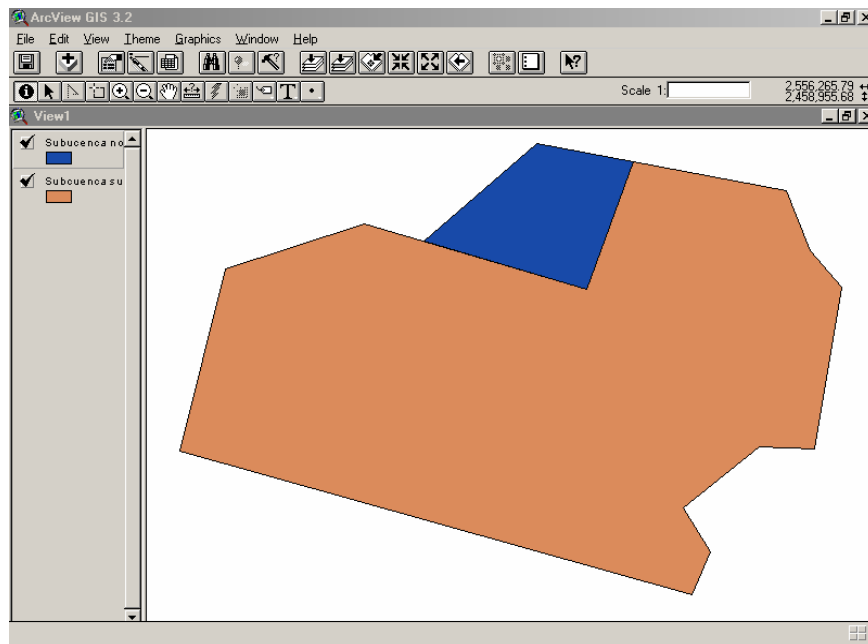
Área total de la cuenca = 344,980.37 m<sup>2</sup>

Área 1 =  $30,759.49 / 344,980.37 = 8.92\%$  Escorrentía = 0.4 ; Factor =  $0.40 \times 0.0892 = 0.036$

Área 2 =  $314,220.88 / 344,92.37 = 91.08\%$  Escorrentía = 0.60 Factor =  $0.60 \times 0.9108 = 0.546$

Sumando las cantidades promediadas se obtiene el valor de escorrentía que es representativo para toda la zona de estudio. De la tabla anterior se deduce el valor de escorrentía promedio que impera en la zona de interés, siendo el valor de este de **C = 0.582**.

**FIGURA 3.3 DIVISIÓN DE CUENCA**



### 3.4.3 INTENSIDAD DE LAS LLUVIAS.

Las intensidades máximas de lluvia han sido obtenidas de las curvas intensidad-duración-frecuencia que interrelaciona a este factor con la duración y la frecuencia de los eventos meteorológicos, que resultan de las observaciones realizadas durante 16 años por la estación base Ahuachapán. Siendo observadas las siguientes intensidades:

**TABLA 3.7 INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL  
ABSOLUTA.**

En mm/min. para diferentes periodos.

Estación: AHUACHAPÁN Índice: H-8 Latitud:13°56.6' Longitud: 89°51.6' Elev: 725

m.s.n.m

AÑO	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	240	360
1969	2.02	1.92	1.55	1.34	1.11	0.95	0.89	0.65	0.50	0.46	0.16	0.16	0.13
1970	2.06	1.91	1.63	1.42	1.15	0.79	0.61	0.42	0.33	0.18	0.16	0.14	0.07
1971	2.46	2.36	2.29	2.25	1.83	1.38	1.10	0.76	0.60	0.49	0.42	0.32	0.08
1972	2.10	2.04	1.97	1.76	1.34	0.98	0.76	0.52	0.41	0.35	0.30	0.25	0.15
1973	3.64	2.92	2.28	1.94	1.51	1.09	0.89	0.60	0.27	0.23	0.20	0.14	0.06
1974	2.48	1.69	1.44	1.26	1.01	0.78	0.61	0.46	0.35	0.29	0.24	0.20	0.15
1975	2.60	1.83	1.45	1.40	1.11	0.82	0.62	0.42	0.42	0.26	0.22	0.19	0.15
1976	2.28	1.97	1.75	1.40	0.99	0.85	0.67	0.46	0.35	0.30	0.25	0.21	0.14
1977	2.58	2.44	2.39	2.21	1.80	1.40	1.10	0.75	0.56	0.45	0.38	0.29	0.26
1978	2.40	2.08	1.96	1.64	1.07	0.75	0.62	0.48	0.31	0.25	0.21	0.18	0.12
1979	2.70	2.01	1.51	1.21	0.94	0.63	0.54	0.47	0.38	0.31	0.26	0.19	0.15
1980	4.68	2.96	2.51	2.36	1.90	1.43	1.11	0.77	0.58	0.46	0.39	0.29	0.26
1981	2.64	2.02	1.73	1.50	1.27	1.01	0.91	0.62	0.47	0.37	0.32	0.25	0.18
1982	2.20	1.90	1.75	1.56	1.27	1.00	0.75	0.42	0.31	0.25	0.20	0.16	0.10
1983	3.02	2.02	1.91	1.68	1.36	0.96	0.76	0.52	0.40	0.19	0.18	0.18	0.01
1984	2.24	1.82	1.58	1.44	1.21	1.02	0.80	0.56	0.32	0.26	0.21	0.14	0.16

FUENTE: SNET/SMN/CIAGRO/05/11/03

### 3.4.4 TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN.

El tiempo de concentración, es definido como: tiempo que tarda una gota de agua en llegar desde el punto más alejado de la cuenca o subcuenca hasta el punto de avenida máxima (en este caso sitio de descarga en el cauce natural). Para la cuantificación de este parámetro, se ha utilizado la expresión matemática siguiente:

$$T_c = (\sqrt{A} + 1.5 L) / 0.8\sqrt{\Delta H}$$

Donde:  $T_c$  = Tiempo de concentración en minutos.

$A$  = Área de la cuenca en  $\text{km}^2$ .

$L$  = Longitud del punto más alejado al punto de interés en Km.

$\Delta H$  = Elevación media en mts.

Al sustituir dicha expresión matemática por los valores correspondientes de la zona de estudio tomados de ArcView se obtiene el siguiente resultado:

Elev. Máxima = 805.40 mt.

Elev. Mínima = 778.00 mt.

$H = (805.40 + 778.00) / 2$

$H = 791.7$  mt

$A = 0.345$   $\text{km}^2$

$L = 0.965$  Km.

Luego:

$$T_c = \frac{\sqrt{0.345} + 1.5(0.965)}{0.8\sqrt{791.7}}$$

$T_c = 0.090$  horas x 60 min.

1 hora

**$T_c = 5.42$  min.**

Según el valor del tiempo de concentración ( $T_c = 5.42$ min) obtenido, se procede a seleccionar de la tabla 3.7 los períodos de 5, 10 y 15 min., ordenando dichos datos en forma ascendente tal como aparecen en la tabla 3.8, para luego graficar las intensidades en papel Gumbell (Fig. 3.4); y determinar así las intensidades en el período de diseño establecido (que para obras de drenaje pluvial se ocupan un período de diseño de 25 años). Calculando para esta gráfica la frecuencia.

## PERIODO DE RETORNO

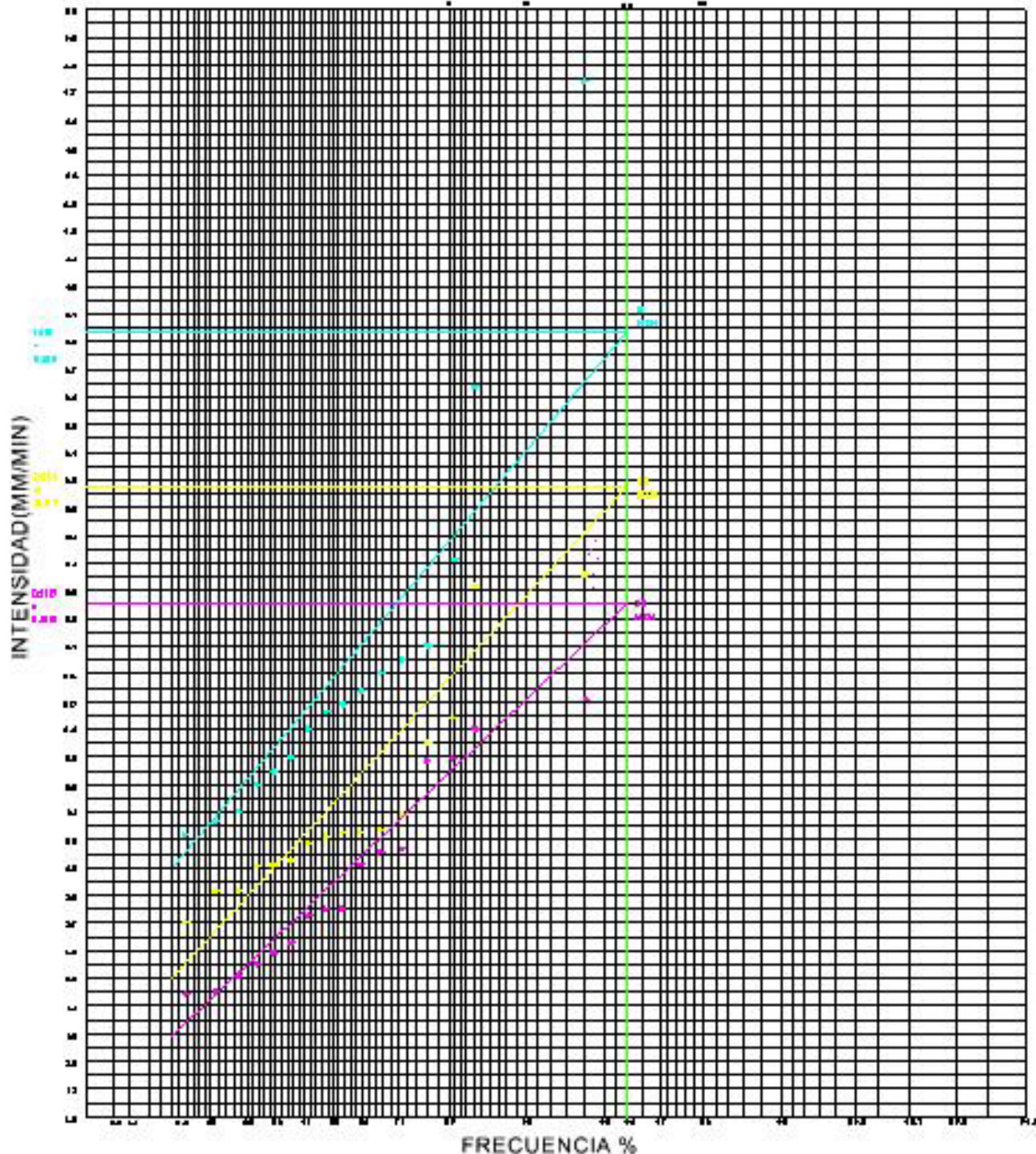


FIG. 3.4 INTENSIDADES DE DISEÑO

### UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION  
EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUACHAPAN

PRESENTAN:  
OSCAR ARTURO MARTINEZ CAMPOS  
INMER ERNESTO MOYA LINUS  
WALTER ALBERTO ZA. DARA SANTOS



Según la siguiente fórmula:

$$f = \frac{(m \times 100)}{n + 1}$$

Donde:

m = Posición del dato

n = Número total de datos

f = Frecuencia ocurrida

**TABLA 3.8 INTENSIDADES Y FRECUENCIAS DE PRECIPITACIÓN  
MÁXIMA ANUAL**

5 min	10 min	15 min	Frecuencia %
2.02	1.69	1.44	5.88
2.06	1.82	1.45	11.76
2.10	1.83	1.51	17.65
2.20	1.90	1.55	23.53
2.24	1.91	1.58	29.41
2.28	1.92	1.63	35.29
2.40	1.97	1.73	41.18
2.46	2.01	1.75	47.06
2.48	2.02	1.75	52.94
2.58	2.02	1.91	58.82
2.60	2.04	1.96	64.71
2.64	2.08	1.97	70.59
2.70	2.36	2.28	76.47
3.02	2.44	2.29	82.35
3.64	2.92	2.39	88.24
4.68	2.96	2.51	94.12

Una vez encontradas las intensidades en el período de diseño establecido (25 años), se traza el gráfico de las curvas intensidad, duración y frecuencia (IDF); para encontrar la intensidad de diseño **Id = 3.75 mm/min**. Fig. 3.5

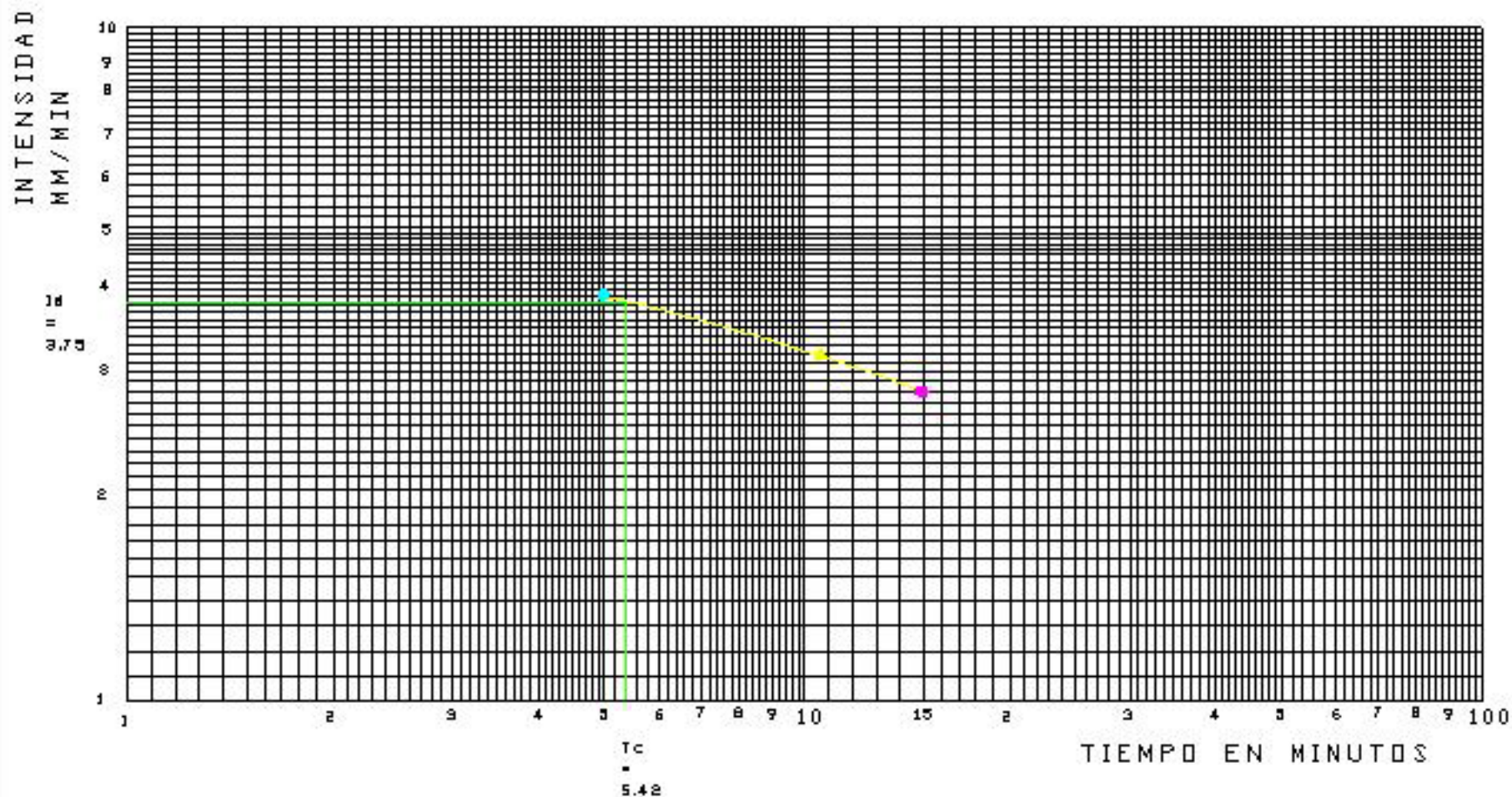
#### 3.4.5 CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO

Conocida el área de la cuenca, la intensidad de diseño y el coeficiente de escorrentía promedio imperante en la zona, se determina el Caudal Máximo Instantáneo que esta llegando al punto de interés o punto de descarga de la zona.

$$Q = CIA$$



FIG. 3.5 CURVA INTENSIDAD DURACION FRECUENCIA  
 PARA UN PERIODO DE DISEÑO DE 25 AÑOS.



## UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION  
 EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUACHAPAN

PRESENTAN:  
 OSCAR ARTURO MARTINEZ CAMPOS  
 INMER ERNESTO MOYA LEMUS  
 WALTER ALBERTO ZALDAÑA SANTOS



Donde:

$$C = 0.582$$

$$A = 0.345 \text{ km}^2 = 3.45 \times 10^5 \text{ m}^2$$

$$I_d = 3.75 \text{ mm/min.}$$

$$I_d = 6.25 \times 10^{-5} \text{ m/seg.}$$

Luego:

$$Q = 0.582 (3.45 \times 10^5 \text{ m}^2)(6.25 \times 10^{-5} \text{ m/seg.})$$

$$Q = 12.55 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q = 12550 \text{ Lts/seg}$$

### 3.4.6 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA DESCARGA EXISTENTE.

Establecidos los diámetros de las descargas colectoras y las pendientes promedios imperantes en sus camas de agua se hace uso del Nomograma de Manning fig 3.6 para tuberías de cemento – arena con un  $n = 0.015$ . Para determinar la capacidad real de desalojo de la tubería, según los siguientes parámetros:

$$\varnothing = 60 \text{ pulg.}$$

$$\text{Pendiente} = 1\%$$

Se obtienen los siguientes valores:

$$\text{Capacidad} = 6,500 \text{ lts/seg.}$$

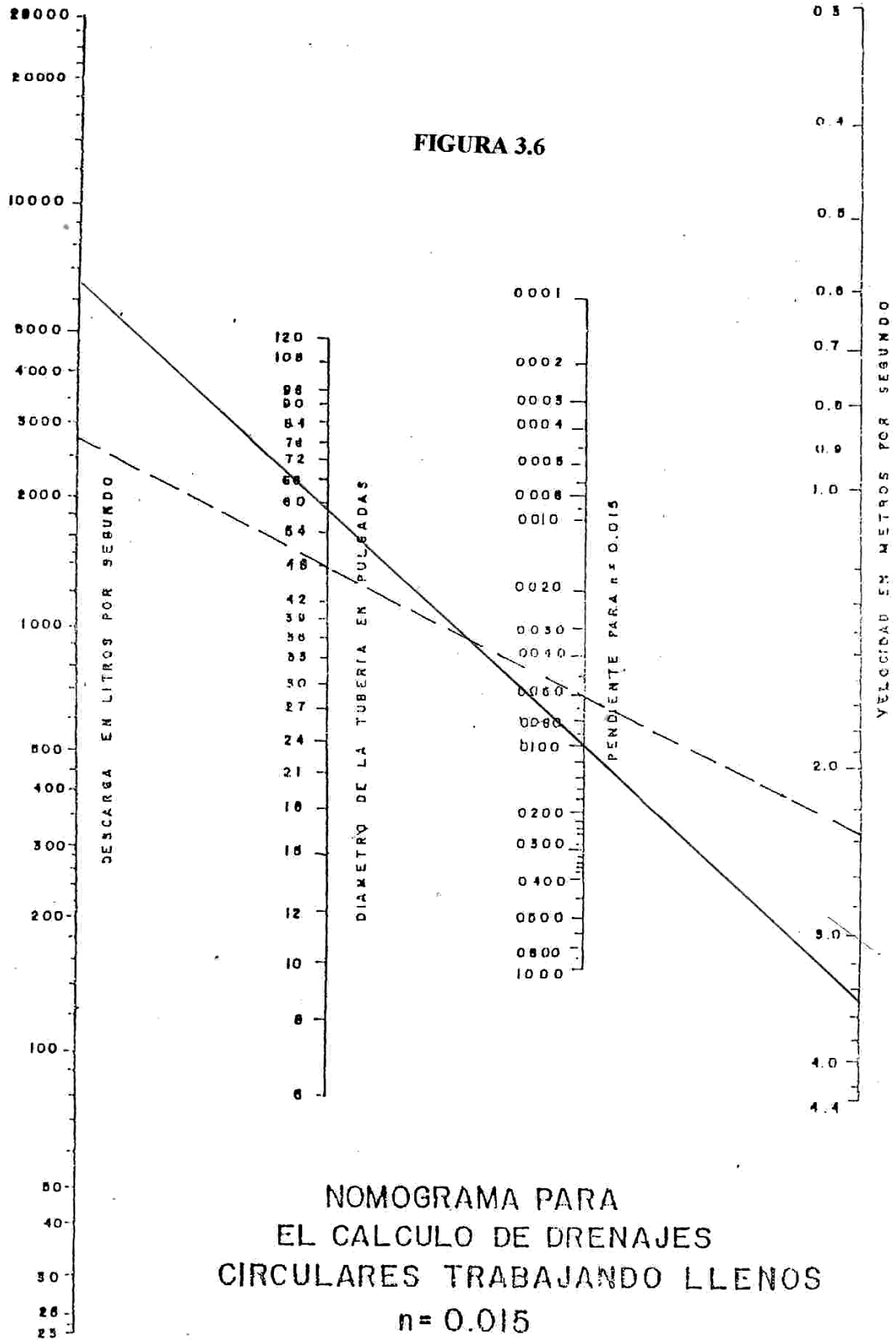
$$\text{Velocidad} = 3.5 \text{ m/s}$$

La capacidad de conducción es directamente proporcional al producto de la sección y de la velocidad de escurrimiento. En la tabla 3.9 se muestran los resultados obtenidos del análisis de la Red del Sistema de Aguas Lluvias, que ponen de manifiesto la capacidad del tubo en lts/seg. y la velocidad en metros/seg., trabajando a tubo lleno. Estos valores de capacidad son comparados con el caudal máximo instantáneo esperado, para determinar su condición actual.

**TABLA 3.9 RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL PUNTO DE DESCARGA DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS EXISTENTE.**

ÁREA KM <sup>2</sup>	COEF. C	H MEDIA M	LONGITUD L KM	INTENSIDAD MM/MIN	CAUDAL M <sup>3</sup> /SEG	DIÁMETRO PULG.	PENDIENTE %	CAPACIDAD LTS/SEG	CONDICIÓN
0.345	0.582	791.7	0.609	3.75	12.55	60	1	6500	No Satisface

FIGURA 3.6



### **3.5 DIAGNÓSTICO DE COLECTORES.**

#### **3.5.1 CALCULO DE CAUDALES.**

Establecidos los diámetros de los colectores primarios y las pendientes promedios imperantes en las rasantes de sus camas hidráulicas, se ha hecho uso de expresiones matemáticas hidráulicas como son: la fórmula de Manning para determinar la capacidad de desalojo de las tuberías existentes y el caudal real que les esta llegando a las mismas; tal como se puede observar en la tabla 3.10. Antes en la figura 3.7 se puede observar el sentido del drene de las aguas lluvias.

#### **3.5.2 REVISIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA ACTUAL.**

En una serie de visitas que se efectuaron para constatar el estado de los componentes del sistema de alcantarillado pluvial se pudo determinar que la mayoría de las tuberías se encuentran azolvadas y presentan problemas de fracturas en su longitud, tal como se muestra en las fotografías del anexo 5: comprobación del problema, esto en gran medida obedece según el encargado de mantenimiento desde hace 14 años de los sistemas Sr. José Luis Montano, debido a que nunca se ha contado con el equipo necesario (mascarillas o algún equipo mecánico) que logre dar alcance a la totalidad de los tramos que hay entre los pozos de visita.

En la tabla 3.11 se describen el estado de todos los tramos que conforman el sistema.

#### **3.5.3 CAPACIDAD INSTALADA DEL SISTEMA**

La red de drenaje pluvial analizada para la zona urbana de la ciudad de Ahuachapán, cuenta con 7 colectores principales o primarios los cuales desalojan el agua proveniente de las precipitaciones pluviales, a igual número de tuberías las cuales conectadas descargan directamente a la quebrada El Piro. Esta problemática generada en la ciudad de Ahuachapán es en consecuencia entre otros aspectos de las condiciones físicas en las obras de paso. Construcciones que datan de 1952, presentan aspectos de falla y deterioro en sus elementos como por ejemplo la perdida de mampostería de concreto en el caso de las tuberías. Prueba de ello, es la descripción que se presentan de la capacidad instalada actual de la obra de drenaje existente:

**TABLA 3.10 CALCULO DE LOS CAUDALES DE LOS COLECTORES EXISTENTES QUE FORMAN EL SISTEMA DE LA ZONA DE ESTUDIO**

No.	TRAMO	DESDE	HASTA	ÁREA M2	C	I	Q M3/SEG	Q LTS/SEG	Q ACUM.	PEND. %	Ø	CAPACIDAD	COMENTARIO	CONDICIÓN
<b>SUBCUENCA NORTE</b>														
1	RN 107	Av. Santa Isabel	Calle B	49831.73	0.582	3.75	1.81263	1,812.629	1,812.629					
2	Calle B	RN 107	Calle Ashapuco	11496	0.582	3.75	0.41817	418.167	2,230.796					
3	Calle Ashapuco	10 Calle Ote..	Calle B	34993.61	0.582	3.75	1.27289	1,272.893	3,503.689					
4	12 Calle Ote	Calle Ashapuco	Av. Francisco Menéndez	23521.98	0.582	3.75	0.85561	855.612	4,359.301					
								<b>Q</b>	<b>4,359.301</b>				TRIB. COLECT. F Y G	
								<b>COLECTOR F</b>	<b>11,277.960</b>	<b>1.000</b>	<b>30</b>	<b>1,000.000</b>		<b>NO SATISFACE</b>
<b>SUBCUENCA SUR</b>														
5	RN 107	8 Calle Ote.	Av. Santa Isabel	49303.71	0.582	3.75	1.79342	1,793.422	1,793.422					
6	CA08	6 Calle Ote.	RN 107	22690.76	0.582	3.75	0.82538	825.376	2,618.798					
7	6 Calle Ote	CA08	RN 107	21124.18	0.582	3.75	0.76839	768.392	3,387.190					
								<b>COLECTOR A</b>	<b>3,387.190</b>	<b>1.000</b>	<b>30</b>	<b>1,000.000</b>		<b>NO SATISFACE</b>
8	6 Calle Ote	RN 107	1 Av. Norte	7901.67	0.582	3.75	0.28742	287.423	3,674.613					
								<b>COLECTOR B</b>	<b>3,674.613</b>	<b>1.000</b>	<b>30</b>	<b>1,000.000</b>		<b>NO SATISFACE</b>
9	6 Calle Ote	1 Av. Norte	Av. Francisco Menéndez	5737.49	0.582	3.75	0.20870	208.701	3,883.314					
								<b>Q</b>	<b>3,883.314</b>				TRIB. COLECT. C	
10	2 Av. Norte	6 Calle Pte.	8 Calle Pte.	3171.68	0.582	3.75	0.11537	115.370	115.370					
11	6 Calle Pte	Av. 2 de Abril	2 Av. Nte	8806.93	0.582	3.75	0.32035	320.352	435.722					
12	6 Calle Pte	Av. Francisco Menéndez	Av. 2 de Abril	6168.01	0.582	3.75	0.22436	224.361	660.083				TRIB. COLECT. C	
								<b>Q</b>	<b>660.083</b>					
13	Av. Francisco Menéndez	6 Calle Ote.	8 Calle Ote.	3115.03	0.582	3.75	0.11331	113.309	4,656.706					
								<b>COLECTOR C</b>	<b>4,656.706</b>	<b>1.000</b>	<b>30</b>	<b>1000</b>		<b>NO SATISFACE</b>

**TABLA 3.10 CONTINUACION DE CALCULO DE LOS CAUDALES DE LOS COLECTORES EXISTENTES QUE FORMAN EL SISTEMA DE LA ZONA DE ESTUDIO**

No.	TRAMO	DESDE	HASTA	ÁREA M2	C	I	Q M3/SEG	Q LTS/SEG	Q ACUM.	PEND. %	Ø	CAPACIDAD	COMENTARIO	CONDICIÓN
14	8 Calle Ote	RN 107	1 Av. Norte	9818.49	0.582	3.75	0.35715	357.148	357.148					
15	1 Av. Norte	6 Calle Ote.	8 Calle Ote.	2119.03	0.582	3.75	0.07708	77.080	77.080					
16	8 Calle Ote	1 Av. Norte	Av. Francisco Menéndez	4013.54	0.582	3.75	0.14599	145.993	580.220					
								<b>Q</b>	<b>580.220</b>				TRIB. COLECT. D	
17	8 Calle Pte	2 Av. Norte	Av. 2 de Abril	5109.9	0.582	3.75	0.18587	185.873	185.873					
18	Av. 2 de abril	8 Calle Pte.	6 Calle Pte.	3537.77	0.582	3.75	0.12869	128.686	128.686					
19	8 Calle Pte	Av. Francisco Menéndez	Av. 2 de Abril	4313.12	0.582	3.75	0.15689	156.890	471.449					
								<b>Q</b>	<b>471.449</b>				TRIB. COLECT. D	
20	Av. Francisco Menéndez	8 Calle Pte.	10 Calle Ote	4492.68	0.582	3.75	0.16342	163.421	5,871.796					
								<b>COLECTOR D</b>	<b>5,871.796</b>	<b>1.000</b>	<b>30</b>	<b>1000</b>		<b>NO SATISFACE</b>
21	10 Calle Ote	Calle Ashapuco	Av. Francisco Menéndez	20490.95	0.582	3.75	0.74536	745.358	745.358					
22	Av. Francisco Menéndez	10 Calle Ote.	12 Calle Ote	8288.91	0.582	3.75	0.30151	301.509	6,918.663					
								<b>COLECTOR E</b>	<b>6,918.663</b>	<b>1.000</b>	<b>30</b>	<b>1000</b>	TRIB. COLECT. F	<b>NO SATISFACE</b>
23	12 Calle Pte	Av. 2 de Abril	Av. Francisco Menéndez	2099.61	0.582	3.75	0.07637	76.373	11,354.337					
24	Av. 2 de Abril	12 Calle Pte.	10 Calle Pte	6297.4	0.582	3.75	0.22907	229.068	11,583.405					
								<b>COLECTOR G1</b>	<b>11,583.405</b>	<b>1.000</b>	<b>36</b>	<b>1,600.000</b>	TRIB. COLECT. G2	<b>NO SATISFACE</b>
25	2 Av. Norte	8 Calle Pte.	10 Calle Pte	4726.47	0.582	3.75	0.17193	171.925	171.925					
26	Callejón Mercado	10 Calle Pte.	12 Calle Pte	5793.55	0.582	3.75	0.21074	210.740	210.740					
27	10 Calle Pte	Av. 2 de Abril	Av. Francisco Menéndez	5062.17	0.582	3.75	0.18414	184.136	184.136					
28	Av. 2 de abril	10 Calle Pte.	8 Calle Pte.	2914.38	0.582	3.75	0.10601	106.011	106.011					
29	10 Calle Pte	2 Av. Norte	Av. 2 de Abril	8039.65	0.582	3.75	0.29244	292.442	965.254					
								<b>COLECTOR G2</b>	<b>12, 548.662</b>	<b>1.000</b>	<b>36</b>	<b>1,600.000</b>		<b>NO SATISFACE</b>
			ÁREA CUENCA	<b>344980.4</b>		DESCARGA	<b>12.54866</b>	<b>12,548.662</b>	<b>12, 548.662</b>	<b>1.000</b>	<b>60</b>	<b>6,500.000</b>		<b>NO SATISFACE</b>

**TABLA 3.11 ESTADO DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE DE LA CUENCA EN ESTUDIO**

TRAMO	DESDE	HASTA	DESCRIPCION	CONDICION
Ruta Nacional 107	Calle B	Av Santa Isabel	Canaleta Ambos Lados	Obstruidas por basura
Calle B	Ruta Nacional 107	Calle Ashapuco	Cuneta Ambos Lados	Bueno
Calle Ashapuco	Calle B	Canaleta de tierra	Canaleta de Tierra	Obstruida por vegetación y desechos sólidos.
Terreno Privado	Calle Ashapuco	12 Calle Ote	Canaleta de Tierra	Obstruida por vegetación y desechos sólidos.
12 Calle Oriente	Av Francisco Menendez	Av 2 de Abril	Colector Ø 30"	Azolvas
Av 2 de Abril	12 Calle Ote	Intersección frente a mercado municipal N° 1	Colector Ø 30"	Azolvas
1a Avenida Norte	6a Calle Ote.	8a Calle Ote.	Colector Ø 30"	Obstruido y azolvado
Ruta Nacional 107	Av Santa Isabel	10 Calle Ote	Canaleta Ambos Lados	Obstruidas por basura
Calle Ashapuco	10 Calle Ote	12 Calle Ote	Canaleta de Tierra Lateral derecho	Obstruida por vegetación y desechos sólidos.
12 Calle Oriente	Calle Ashapuco	Av Francisco Menendez	Cuneta Ambos Lados	Bueno
Ruta Nacional 107	10 Calle Ote	6 Calle Ote	Canaleta Lateral Derecho	Obstruida por basura
CA-08	6 Calle Ote	Ruta Nacional 107	Canaleta Ambos Lados	Limpias y funcionando
6 Calle Ote	CA-08	Ruta Nacional 107	Colector Ø 30"	Bueno
8 Calle Ote	Ruta Nacional 107	1 Av Nte	Cuneta	Bueno
8 Calle Ote	1 Av Nte	Av Francisco Menendez	Colector Ø 30"	Dañado y azolvado
8 Calle Pte	Av Francisco Menendez	Av 2 de Abril	Colector Ø 30"	Dañado y azolvado
8 Calle Pte	Av 2 de Abril	2 Av Nte	Colector Ø 30"	Azolvas
6 Calle Ote	Ruta Nacional 107	1 Av Nte	Colector Ø 30"	Dañado y azolvado
6 Calle Ote	1 Av Nte	Av Francisco Menendez	Colector Ø 30"	Azolvas y su pozo de visita se encuentra tapado por una cubierta de carpeta asfáltica.
6 Calle Pte	Av Francisco Menendez	Av 2 de Abril	Colector Ø 30"	Azolvas y su pozo de visita se encuentra tapado por una cubierta de carpeta asfáltica.
6 Calle Pte	Av 2 de Abril	2 Av Nte	Colector Ø 30"	Azolvas y su pozo de visita se encuentra tapado por una cubierta de carpeta asfáltica.
10 Calle Ote	Calle Ashapuco	Av Francisco Menendez	Colector Ø 30"	Azolvas
10 Calle Pte	Av Francisco Menendez	Av 2 de Abril	Colector Ø 30"	Dañado y azolvado
10 Calle Pte	Av 2 de Abril	2 Av Nte	Colector Ø 30"	Azolvas
Av Francisco Menendez	6 Calle Pte	8 Calle Pte	Colector Ø 30"	Azolvas
Av Francisco Menendez	8 Calle Pte	10 Calle Pte	Colector Ø 30"	Dañado y azolvado
Av Francisco Menendez	10 Calle Pte	12 Calle Pte	Colector Ø 30"	Azolvas
Av 2 de Abril	6 Calle Pte	8 Calle Pte	Colector Ø 30"	Azolvas
Av 2 de Abril	8 Calle Pte	10 Calle Pte	Colector Ø 30"	Azolvas
Av 2 de Abril	10 Calle Pte	Intersección frente a mercado municipal N° 1	Colector Ø 36"	Azolvas
2 Av Nte	6 Calle Pte	8 Calle Pte	Colector Ø 30"	Azolvas
2 Av Nte	8 Calle Pte	10 Calle Pte	Colector Ø 30"	Azolvas
			Tubo de descarga Ø 60"	Azolvas



SUBCUENCA NORTE



SUBCUENCA SUR

FIGURA 3.7 FLUJO DE CAUDALES

## UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION  
EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUACHAPAN

PRESENTAN:  
OSCAR ARTURO MARTINEZ CAMPOS  
INNER ERNESTO MOYA LEMUS  
WALTER ALBERTO ZALDAÑA SANTOS





**1. Colector A: Ubicado en la 6ª Calle Oriente entre la RN 107 y la 1ª Av. Norte.**

En este tramo se localiza una tubería de concreto de aproximadamente 129.57mts de longitud con un diámetro de 30 pulg. Esta tubería data de junio de 1952. la capacidad de la tubería es de 1000 lts/seg el caudal que llega a la misma es de 3387.19 lts/seg.

**2. Colector B: Ubicado en la 6ª Calle Oriente entre la 1ª Av. Norte y Av. Francisco Menéndez.**

Aquí se ubica una tubería de concreto de unos 95.63mts de longitud con un diámetro de 30 pulg. Esta tubería data de junio de 1952. la capacidad de la tubería es de 1000 lts/seg el caudal que llega a la misma es de 3674.613 lts/seg. Este tramo no cumple con la capacidad requerida en época de lluvia.

**3. Colector C: Ubicado en la Av. Francisco Menéndez Norte entre la 6ª y la 8ª Calle Oriente.**

En este tramo se localiza una tubería de concreto de aproximadamente 85.85 mts de longitud con un diámetro de 30 pulg. Esta tubería data de junio de 1952. la capacidad de la tubería es de 1000 lts/seg si embargo el caudal que llega a la misma es de 4656.706 lts/seg

**4. Colector D: Ubicada en la Av. Francisco Menéndez Norte entre la 8ª y la 10ª Calle Oriente.**

Aquí se encuentra una tubería de 30 pulg. el material de la misma es de concreto con una longitud de 94.31mts la capacidad del colector es de 1000 lts/seg el caudal que le llega es de 5871.796 lts/seg. En este tramo se encuentran las vendedoras de productos básicos en la calle en la cual no esta permitido el paso vehicular, la limpieza de este tramo es mínima. La obra de paso data de 1952.

**5. Colector E: Ubicada en la Av. Francisco Menéndez Norte entre la 10ª y la 12ª Calle Oriente.**

Tubería de concreto de 30 pulg. con una longitud de 129.36mts su colocación es del mismo años de las anteriores la capacidad es de 1000 lts/seg el caudal real o acumulado de los anteriores es de 6918.663lts/seg. este tramo es uno de los cuales debe soportar todo el caudal proveniente de la subcuenca sur es decir todo el caudal generado por la colonia Santa Isabel y parte de la colonia Santa Maria el cual es evacuado por una canaleta de tierra que pasa por un terreno privado el cual va a dar directamente a los colectores E y F. en esta

zona se ubican ventas callejeras y la terminal de buses de Ahuachapán.

**6. Colector F: Ubicado en 12ª Calle Poniente entre la Av. Francisco Menéndez y Av. 2 de Abril.**

Tubería adyacente al Mercado Municipal No.2 diseñado y colocada en el año de 1952 para un caudal no mayor de 1000lts/seg debe soportar en la actualidad un caudal de diseño acumulado de 4359.301lts/seg. Este es uno de los dos colectores a los cuales les llega todo el caudal generado por las colonias mencionadas y parte de la zona urbana. Es de hacer notar que el rodaje de la calle en la que se encuentran es bien angosto y con las ventas callejeras presentes es uno de los sitios que representan un verdadero peligro en invierno.

**7. Colector G1 Y G2: Ubicados en la Av. 2 de Abril entre la 10ª y la 12ª Calle Oriente.**

A estos dos colectores reciben todo el caudal generado por toda la cuenca que es de 12550lts/seg. En la tabla 3.11 se puede observar cuanto recibe cada uno individualmente, la tubería de ambos colectores es de 36 pulg. Colocadas en 1952 de material de concreto. Condiciones del Tramo: ventas callejera, ripio de materia orgánica e inorgánica, calle de pavimento asfáltico, hacinamiento de los vendedores de la misma, tragantes obstruidos por desechos mencionados. En la tabla 3.12 se puede observar el déficit de servicio que presentan los diferentes colectores mencionados.

**TABLA 3.12 DÉFICIT DE DESALOJO DE LAS OBRAS DE PASO**

<b>COLECTOR</b>	<b>DÉFICIT (%)</b>
<b>A</b>	<b>70.48</b>
<b>B</b>	<b>72.78</b>
<b>C</b>	<b>78.53</b>
<b>D</b>	<b>82.97</b>
<b>E</b>	<b>85.55</b>
<b>F</b>	<b>77.06</b>
<b>G1 y G2</b>	<b>86.19</b>

**3.5.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

De lo descrito en la tabla 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12 que muestra el máximo caudal esperado y la capacidad colectora existente, se diagnóstica que esta ultima es incapaz de

transportar el caudal máximo instantáneo, ocasionando riesgos que representan problemas de inundaciones, erosión y azolvamiento; en algunas de las principales arterias de la ciudad.

Las obras de paso que conducen el agua lluvia resultan insuficientes, ya que fueron construidas hace varios años y su vida útil ya caduco, a las que no se les ha proporcionado el mantenimiento adecuado o su oportuna sustitución, situación que con el tiempo empeora, pues el caudal se ha incrementado.

El agua al no encontrar capacidad colectora se desliza directamente sobre las calles y avenidas hasta alcanzar los cauces naturales de la Quebrada El Piro y Barranca El Chanal; en las áreas informales no dotadas de Sistemas de Alcantarillado Pluvial, las calles, avenidas y pasajes se constituyen en canales de conducción hacia las partes bajas y cauces superficiales con el consiguiente daño de las superficies de que han sido hechos: tierra, empedrado, asfalto, adoquinado. Las zonas reportadas con mayor vulnerabilidad a este tipo de riesgo natural y que coincide con aquellas áreas tributarias cuya capacidad de las tuberías de desalojo es insuficiente para evacuar la lámina caída de agua son las siguientes:

La zona del Mercado No.1

La zona del Mercado No.2

Terminal de Buses

Alrededor del parque Francisco Menéndez

### **3.6 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

1. Utilizar un sistema independiente que se encuentra paralelo al sistema de las zonas de inundación. Primeramente se debe observar que el caudal de diseño que le llegue a la misma pueda ser desalojado por el sistema existente en dicho tramo. Canalizar con una obra de paso parte todo el caudal generado por la subcuenca sur que esta llegando al punto mas bajo de la cuenca.
2. Cambio de la totalidad de las tuberías que dan mayor problema para evacuar las aguas lluvias, según el déficit de desalojo de las ya existentes, a través de un nuevo diseño según los nuevos reglamentos y estándares de construcción para la introducción de tuberías de aguas lluvias con finalidad que cumplan la función de evacuar el agua lluvia y evitar posibles inundaciones con período de diseño adecuado y apegado a ala zona urbana.

3. Dividir la recolección y evacuación del sistema para que no llegue todo el caudal a encontrarse en un solo punto.
4. Diseñar una obra de drenaje auxiliar que disminuya todo el caudal que esta llegando a la red ya existente. Según la deficiencia de cada colector y en base a los parámetros vigentes de diseño de alcantarillado pluvial así será el área hidráulica de la nueva tubería a colocar que se encontrará paralela a la ya existente.

## CAPÍTULO IV: "PROYECTO DE LAS OBRAS DE MITIGACION".

#### **4.1 CONDICIÓN ACTUAL DE LOS PUNTOS ANALIZADOS.**

De acuerdo con los resultados obtenidos en el capítulo 3 podemos determinar que los componentes que forman el sistema de aguas lluvias en su mayoría se encuentra en malas condiciones a causa de dos factores como lo son la falta de mantenimiento que han tenido las tuberías a lo largo de su vida habiendo lugares donde los pozos de visita se encuentran tapados con carpeta asfáltica y no se puede tener acceso a las tuberías y el incremento de caudales para la cual fueron diseñados, este último es el de mayor importancia ya que aunque se limpiara el sistema completamente; como quedo demostrado en el capítulo anterior las tuberías ya no son capaces de desalojar el agua, por lo tanto esta busca salidas que en este caso son los sumideros y las tapaderas de los pozos de visita que se encuentran en las principales calles y avenidas de la ciudad. Los cuales se describen mas detalladamente divididos por sectores:

- 1.) La zona del Mercado Compañía Ahuachapán S.A.** Las tuberías que componen este sector se encuentra sobre la 6ª calle oriente, esta compuesta por tuberías de concreto de diámetro de 30” y es de hacer notar que el pozo de visita de la tubería se encuentra tapado por la capa asfáltica de la calle la cual fue colocada en el año de 1999, por lo que no se le puede dar el mantenimiento adecuado, además de esto las calles adyacentes a la 6ª calle oriente (1ª Avenida Norte y la 8ª calle oriente) no poseen un sistema de recolección de aguas lluvias por lo que el agua corre superficialmente por la calle en época de invierno lo que provoca que la basura que se encuentra en las calles sea arrastrada hacia lo sumideros, lo que viene a reducir aún más el área hidráulica de las tuberías.
- 2.) La zona del Mercado No.1.** Este tramo se encuentra ubicado sobre la Avenida 2 de Abril, en este punto convergen los dos ramales (norte y sur) del drenaje del sector urbano de la zona de estudio las tuberías de 30” se transforman en una sola de 60”, las cuales descargan a través de la Bóveda en la Quebrada El Piro, este tubo de descarga de 60” al no ser capaz de desalojar todo el caudal que le esta llegando provoca que el agua busque otros medios de salida ocasionando inundaciones en la zona.
- 3.) Terminal de Buses.** Esta zona es tributaria de la zona de los mercados N°1 en este punto es donde llega todo el agua recolectada de la colonia Santa Isabel que junto con el agua recolectada de la zona sur de la colonia Santa María se unen a través de una

canaleta de tierra de sección (1.5x1.5x 1)mt. esta agua llega a una tubería ubicada en la calle Francisco Menéndez de 30” la cual no es capaz de desalojar todo el agua que recibe lo que provoca inundación.

**4.) Alrededores del Parque Francisco Menéndez.** Entre la Avenida 2 de Abril y la sexta calle poniente las tuberías son de ladrillo revestido con concreto y se encuentran resquebrajadas y húmedas, por lo que existen condiciones de falla por finalización de vida útil de la obra; el año de colocación de estas tuberías data de junio de 1952. Además que no cumple con la capacidad requerida en época de lluvia. Esto implica, que es necesario incrementar el área hidráulica del sistema a fin de eliminar los problemas que actualmente se presentan.

#### **4.2 OBRAS DE MITIGACION O PROTECCIÓN A PROPONER.**

La alternativa por la que se optó para solucionar el problema de desagüe de aguas lluvias fue la de sustituir los colectores y la de introducir tubería donde no existía, ya que según los análisis presentados no son capaces de prestar el servicio adecuado para todo el caudal que esta llegando, por lo tanto, según los resultados que lanzó el estudio hidrológico efectuado, el caudal que drena a los puntos críticos se dividió en dos ramales de colectores los cuales según la propuesta quedarán divididos de la siguiente forma:

**TABLA 4.1 COLECTORES DE TUBERÍAS A PROPONER**

CALLE O AVENIDA	DESDE	HASTA	LONG. (MTS)	DIÁMETRO (PULG)
SUBCUENCA SUR				
6a Calle Oriente	P1	P2	46.00	36.00
6a Calle Oriente (intermedio)	P2	P3	45.57	36.00
6a Calle Oriente	P3	P4	95.63	48.00
Av. Francisco Menéndez	P4	P5	85.85	48.00
Av. Francisco Menéndez	P5	P6	94.31	60.00
10ª Calle Poniente	P6	P7	93.69	60.00
Av. 2 de Abril	P7	P8	70.73	72.00
Av. 2 de Abril – Calle Hospital	P8	P9	63.00	72.00
Av. 2 de Abril – Calle Hospital	P9	P10	62.00	72.00
Av. 2 de Abril – Calle Hospital	P10	P11	60.00	72.00
DESCARGA	P11	DES	60.75	72.00

SUBCUENCA NORTE				
Calle a Cantón Ashapuco (Independiente)	P12	P13	126.37	24.00
Calle a Cantón Ashapuco (Independiente)	P15	P14	84.00	36.00
Calle a Cantón Ashapuco	P14	P15	84.31	36.00
12ª Calle Oriente	P13	P16	110.00	48.00
12ª Calle Oriente	P16	P17	113.32	48.00
10ª Calle Oriente (Independiente)	P18	P19	112.60	24.00
10ª Calle Oriente (Independiente)	P19	P20	112.60	24.00
Av. Francisco Menéndez	P20	P17	129.36	24.00
12ª Calle Oriente	P17	P21	89.46	60.00
Av. 2 de Abril	P21	P22	89.10	72.00
16ª Calle Poniente	P22	P23	55.00	72.00
16ª Calle Poniente	P23	P24	50.00	72.00
16ª Calle Poniente	P24	P25	55.00	72.00
16ª Calle Poniente	P25	P26	51.91	72.00
DESCARGA	P26	DES	29.34	72.00

#### **4.3 ANÁLISIS PARA LA SELECCIÓN DE OBRAS DE MITIGACION.**

Para un adecuado proceso de selección de las obras de paso y protección, es indispensable considerar diferentes criterios de gran importancia:

##### **4.3.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE.**

Respecto al sistema de drenaje, existen dos aspectos relevantes que definen la propuesta ideal:

1. Selección Técnica.
2. Selección Económica.

##### **1. Selección Técnica.**

Se basa en características geométricas y estructurales de una obra, adecuadas a salvar el paso. Existen dos factores técnicos principales que determinan la selección de una obra, estos son:

1.a Por Rasante: depende de la distancia de esta a la superficie del agua.

1.b Por Área Hidráulica: Relacionada con el caudal que pasa por las sección escogida donde la obra varía desde una simple tubería hasta bóvedas de gran envergadura.



Las principales estructuras que conforman un sistema de drenaje pluvial son las siguientes:<sup>16</sup>

- a. Pozos de registro.
- b. Sumideros o tragantes.
- c. Depósitos de retención
- d. Salidas de las alcantarillas.
- e. Colectores.
- f. Cabezal de descarga.

## **2. Selección Económica.**

Es de mucha importancia considerar los aspectos económicos, ya que este factor, junto al período de diseño de la obra proyectada, son los que definen en mayor grado la concretización o realización de la obra, es decir es la determinación del tipo de obra entre varias técnicamente apropiadas dados sus características económicas de esto se hablará más ampliamente en el capítulo V.

## **4.4 DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION.**

Con el fin de proponer alternativas de solución ante las necesidades de construcción o rehabilitación en obras de drenaje y protección y en base a aspectos técnicos y económicos ya mencionados, se plantean diferentes opciones, de acuerdo a las condiciones de cada sector:

**1) Sub - Cuenca Norte.** De acuerdo a la evaluación en la sección 3.5.1, no existe ningún componente de sistema de drenaje apropiado para evacuar las aguas que circulan en época de lluvia. La gran cantidad de agua que llega de la canaleta de tierra hacia la tubería ubicada en la calle Francisco Menéndez hace que esta rebalse y provoque inundaciones. Como opción para eliminar el problema, se propone el introducir tubería en el tramo de la Calle Ashapuco desde la Calle B hasta la 10ª calle, el material a utilizar será Novaloc para luego entroncar con la tubería de la calle 2 de Abril. Este sistema tendrá la capacidad de desalojar 7066.31 lt/seg.

**2) Sub – Cuenca sur.** Según los resultados obtenidos en este tramo se hará cambio de diámetros de tubería, para aquellos tramos que representaron un déficit de

---

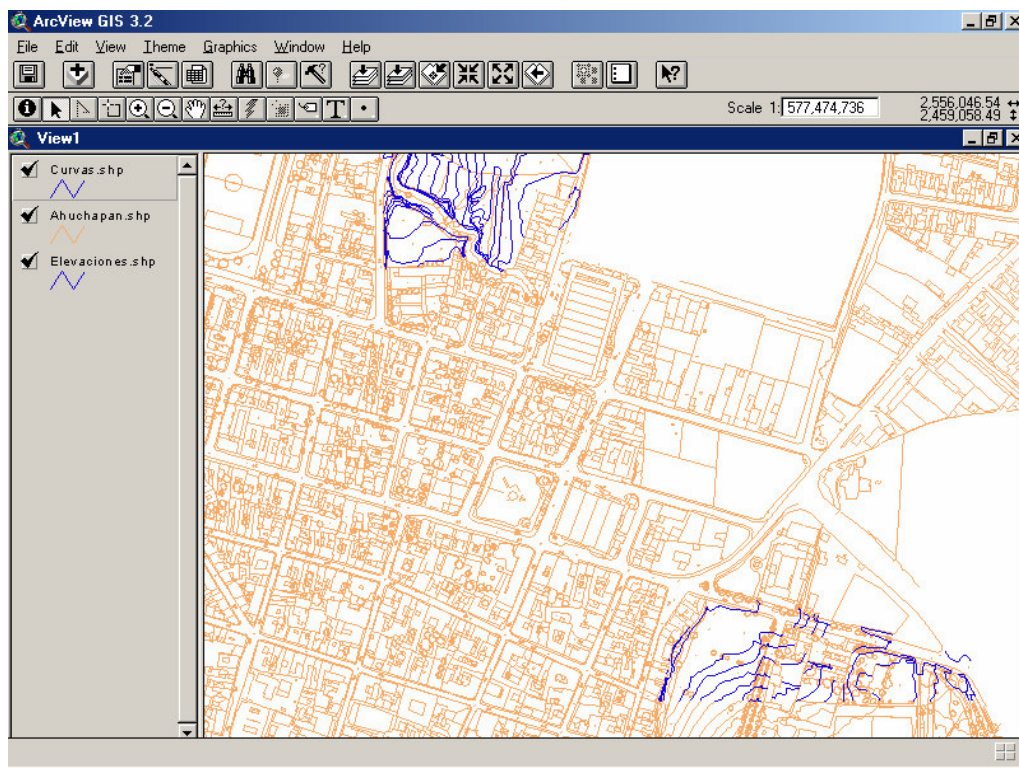
<sup>16</sup> VMVDU, DUA.

desalojo de las aguas lluvias, este colector tendrá 6406.17 lt/seg. Es de hacer notar que el diseño de los sistema de la cuenca sur y la cuenca norte se realizaron bajo situaciones extremas para evitar inundaciones futuras que se pudieran producir por cambios drásticos de caudales que pueden ser ocasionados por nuevas construcciones sin planificación.

#### 4.4.1 ALTIMETRÍA DE CALLES Y AVENIDAS

Para el levantamiento altimétrico de calles y avenidas de la zona urbana de Ahuachapán se utilizará los planos existentes elaborados en ArcView que fueron levantados utilizando el GPS, planos catastrales y cuadrantes, los diferentes puntos de nivelación encontrados se encuentran en las diferentes intersecciones de las arterias Fig. 4.1.

**FIGURA 4.1 CURVAS Y ELEVACIONES**



#### 4.4.2 DISEÑO DE RASANTES DE TUBERÍA

El diseño de las rasantes de tubería de aguas lluvias, se hace considerando las especificaciones mínimas permisibles como son: que la altura mínima entre la parte superior de la tubería y la rasante de la vía es de 1.5 mts., y que la pendiente mínima es del 0.50% y las máximas, según las especificadas para cada diámetro de tubería. Por lo cual siguiendo el

reglamento del Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU) y las pendientes del terreno se procede a calcular las diferentes pendientes para cada tramo, de acuerdo al comportamiento de los perfiles del terreno tal como se detallan en el anexo 6 de este documento.

#### 4.4.3 CALCULO DE DIÁMETRO DE TUBERÍA.

Para el cálculo de los diferentes diámetros de tubería que se utilizan para la red diseñada, se establece como velocidad mínima de 1.0m/s y la máxima de 3.0m/s para tubería de concreto y hasta un máximo de 6.0 m/s para tubería Novaloc. Para lo cual se sigue el siguiente procedimiento:

Para la tubería de la décima calle oriente entre los pozos P13-P16 tenemos las siguientes condiciones:

$$C = 0.582$$

$$I = 3.75\text{mm}/\text{min} = 6.25 \times 10^{-5} \text{m/s}$$

$$A = 23,521.98 \text{m}^2$$

Siendo el caudal tributario o parcial de este tramo de 855.61 m<sup>3</sup>/seg.

El caudal de diseño Q<sub>d</sub> para este tramo es el caudal acumulado que se obtiene de la siguiente forma:

$$Q_d = Q \text{ de pozo 13} + Q \text{ de pozo 16}$$

$$Q_d = 2724.31 + 855.61$$

$$Q = 4359.3 \text{ lts}/\text{seg} = 4.3593 \text{m}^3/\text{seg}$$

Con el caudal de diseño Q<sub>d</sub> encontrado se introducen los valores a la fórmula de Manning para tubería Novaloc de la siguiente forma con una pendiente de 1.29%:

$$Q = \frac{A \times R^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

Luego modificándola para este caso:

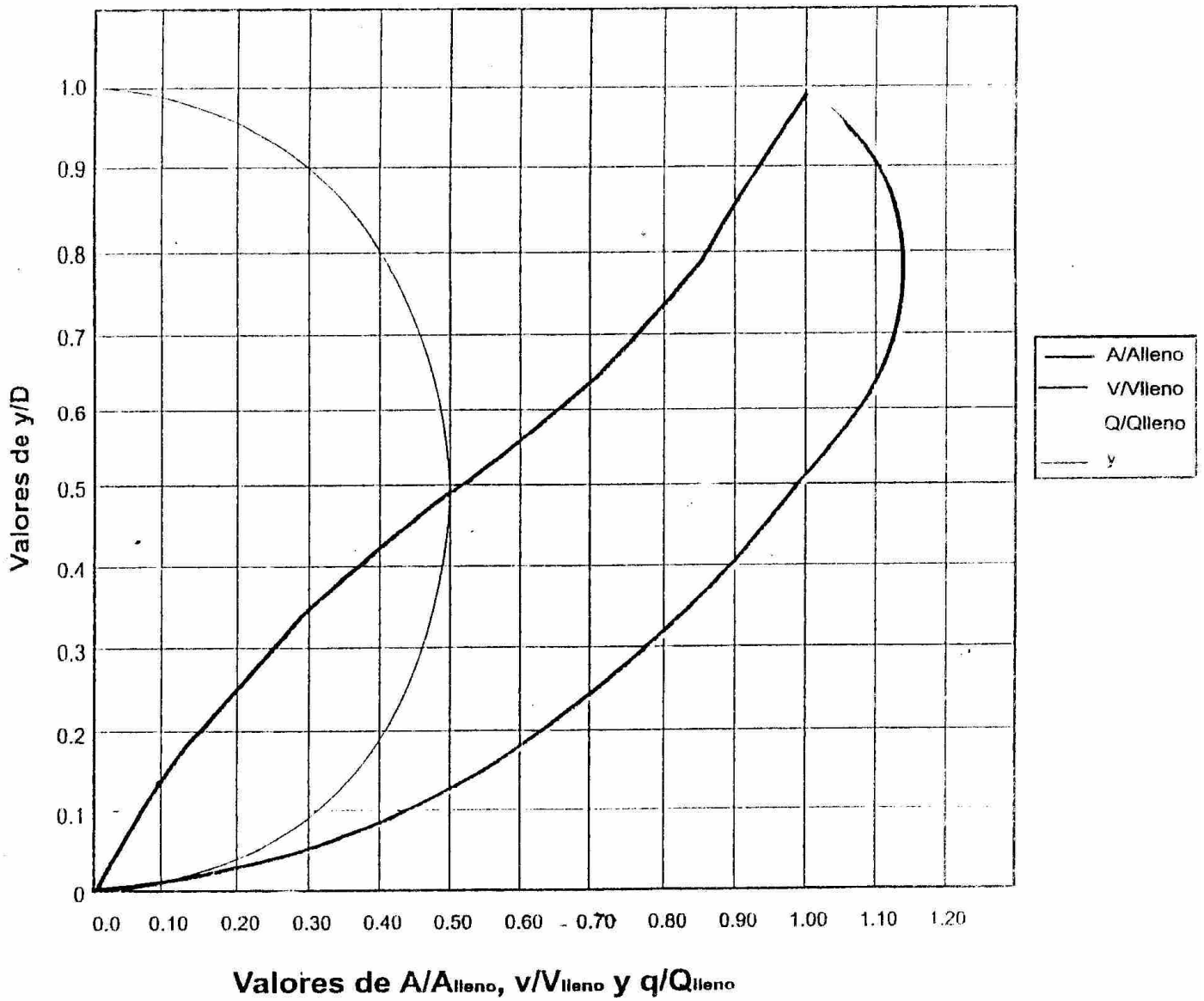
$$D = (0.02887 Q_d / S^{1/2})^{0.75}$$

$$D = (0.02887 \times 4.3593 / .0129^{1/2})^{0.75}$$

$$D = 1.08 \text{mts} = 108 \text{cms} \times (1'' / 2.54 \text{cm})$$

$$D = 42.5'' \approx 48''$$

### Curva de elementos hidráulicos



Luego se comprueba el caudal a tubo lleno:

Modificando la formula para este caso se tiene:

$$Q = 34.6317D^{4/3}S^{1/2}$$

$$Q = 34.6317 \frac{(48 \times 2.54)^{4/3}}{100} \times 0.0129^{0.5}$$

$$Q = 5.123 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Posterior la velocidad a tubo lleno:

$$V_{LL} = D^{2/3}S^{1/2}/0.0226786$$

$$V_{LL} = \frac{(48 \times 2.54)^{2/3}}{100} \times 0.0129^{1/2}$$

$$V_{LL} = 5.7 \text{ m/s}$$

Para este tubo de 48" con una pendiente de 1.29% tenemos un caudal a tubo lleno de 5.123m<sup>3</sup>/seg y una velocidad llena de 5.7m/s. Estableciendo con los datos encontrados la siguiente relación de caudales a tubería llena:

$$(Q_d) / Q = 4.359 / 5.123$$

$$(Q_d) / Q = 0.85$$

Con la relación anterior se calcula el factor de velocidad para sección llena del grafico 4.1 de Novaloc para la Curva de Elementos Hidráulicos. Para lo cual se entra al gráfico con el valor de dicha relación; ubicándolo en el eje horizontal del gráfico antes mencionado, luego se traza una perpendicular en el punto definido por el valor de la velocidad a tubería llena; hasta interceptar la curva de caudal, seguidamente se traza otra recta en dicho punto de intersección, perpendicular a la línea anterior hasta interceptar la curva de velocidad, trazando otra recta en este último punto perpendicular a línea anterior, bajando hasta la parte inferior del grafico al eje del porcentaje para sección llena; tomado este valor y siendo igual a 1.10 se tiene:

$$V_d = 1.10V_{LL}$$

$$V_d = 1.10 \times 5.7$$

$$V_d = 6.27 \text{ m/s}$$

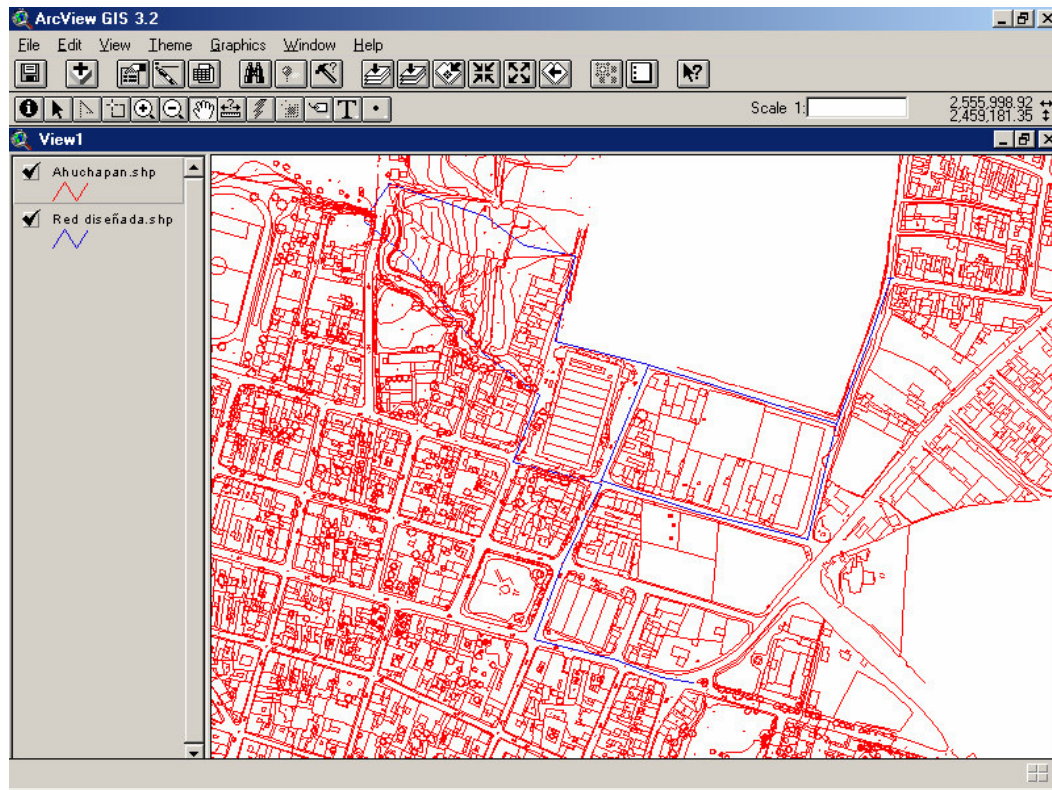
La cual es una velocidad máxima a soportar por tuberías Novaloc pero que cumple con los diseños requerido para este tipo de casos. El procedimiento antes descrito se utiliza

para el cálculo del resto de los diámetros de tubería de la red pluvial, apareciendo el resultado en la tabla 4.2

#### 4.4.4 UBICACIÓN DE TUBERÍAS DE AGUAS LLUVIAS

La ubicación de la tubería de aguas lluvias se ubica al centro de calles y avenidas, y puede constituir un ramal o un colector principal, cuya función es conducir el agua hacia los puntos de descarga. Considerando el diámetro mínimo de la tubería de 18 pulgadas, por tratarse de en este caso de vías vehiculares la ubicación de las nuevas tuberías se observa en la Fig. 4.2 y el plano general de tuberías en el anexo 7.

**FIGURA 4.2 RED DISEÑADA**



#### 4.5 PRESUPUESTO DE LA RED DISEÑADA.

Una de las etapas más importantes que debe considerarse para el desarrollo de todo proyecto de ingeniería, y la cual se considera prioritaria es el presupuesto del mismo, ya que este sirve de parámetro, de ser retomado por alguna institución para su ejecución. Y por lo que en el presente apartado se realiza el presupuesto de la red diseñada haciendo el respectivo análisis de costos unitarios de las cantidades de obra de cada una de las partidas

**TABLA 4.2 CAUDALES DE LA RED DISEÑADA**

CALLE O AVENIDA	DESDE	HASTA	LONG. (MTS)	Q PARC. (LTS/SEG)	Q ACUM. (LTS/SEG)	Ø (PULG)	PEND. S (%)	QLL (LTS/SEG)	VLL (M/S)	(VD/VLL)	VD (M/S)
SUBCUENCA SUR											
6a Calle Oriente	P1	P2	46.00	3387.19	3387.19	36.00	1.09	3500.00	4.34	1.10	4.77
6a Calle Oriente (intermedio)	P2	P3	45.57		3387.19	36.00	1.07	3500.00	4.30	1.10	4.72
6a Calle Oriente	P3	P4	95.63	287.42	3674.61	48.00	0.83	4109.00	4.57	1.11	5.00
Av. Francisco Menendez	P4	P5	85.85	982.09	4656.71	48.00	1.12	4774.00	5.01	1.05	5.26
Av. Francisco Menendez	P5	P6	94.31	1215.09	5871.80	60.00	0.61	6000.00	2.71	1.05	2.85
10a Calle Poniente	P6	P7	93.69	184.13	6055.93	60.00	0.60	6100.00	2.83	1.05	2.97
Av. 2 de Abril	P7	P8	70.73	1010.38	7066.31	72.00	0.62	7500.00	3.00	1.13	3.39
Av. 2 de Abril - Calle Hospital	P8	P9	63.00		7066.31	72.00	0.60	7500.00	2.81	1.11	3.13
Av. 2 de Abril - Calle Hospital	P9	P10	62.00		7066.31	72.00	0.61	7500.00	2.81	1.11	3.13
Av. 2 de Abril - Calle Hospital	P10	P11	60.00		7066.31	72.00	0.60	7500.00	2.81	1.11	3.13
DESCARGA	P11	DES	60.75		7066.31	72.00	0.60	7500.00	2.81	1.11	3.13
SUBCUENCA NORTE											
Calle a Canton Ashapuco (Independiente)	P12	P13	126.37	779.38	779.38	24.00	0.93	1750.00	3.06	0.95	2.91
Calle a Canton Ashapuco (Independiente)	P15	P14	84.00	2608.71	2608.71	36.00	0.80	2750.00	3.72	1.11	4.13
Calle a Canton Ashapuco	P14	P13	84.31	115.60	2724.31	36.00	0.79	2760.00	3.70	1.11	4.10
12a Calle Oriente	P13	P16	110.00	855.61	4359.30	48.00	1.29	5123.00	5.70	1.10	6.27
12a Calle Oriente	P16	P17	113.32		4359.30	48.00	1.39	5318.00	5.69	1.11	6.32
10a Calle Oriente (Independiente)	P18	P19	112.60	745.36	745.36	24.00	2.50	2830.00	5.01	0.78	3.91
10a Calle Oriente (Independiente)	P19	P20	112.60		745.36	24.00	2.59	2880.00	5.10	0.79	4.02
Av. Francisco Menendez	P20	P17	129.36	301.51	1046.87	24.00	0.65	4450.00	2.56	1.10	2.81
12a Calle Oriente	P17	P21	89.46		5406.27	60.00	0.69	5500.00	2.82	1.11	3.13
Av. 2 de Abril	P21	P22	89.10	249.9	5656.17	72.00	0.62	7100.00	2.65	1.12	2.96
14a Calle Poniente	P22	P23	55.00	500.00	6156.17	72.00	0.71	8000.00	2.84	1.10	3.13
14a Calle Poniente	P23	P24	50.00		6156.17	72.00	0.68	8000.00	2.80	1.10	3.07
14a Calle Poniente	P24	P25	55.00		6156.17	72.00	0.71	8000.00	2.84	1.10	3.13
14a Calle Poniente	P25	P26	51.91		6156.17	72.00	0.70	8000.00	2.83	1.09	3.10
DESCARGA	P26	DES	29.34	250	6406.17	72.00	0.69	8000.00	2.82	1.11	3.13

necesarias para obtener el monto total del proyecto, tomando en cuenta que para tal efecto deben considerarse tanto los costos directos como los indirectos.

#### **4.6 ASPECTOS CONSIDERADOS PARA EL PRESUPUESTO DE LA RED DE DRENAJE.**

Para la ejecución de todo proyecto de ingeniería civil, habrá que considerar una serie de aspectos que debe ser tomado en cuenta al momento de llevarse a cabo, para asegurar con ello la calidad de la obra, y los cuales definen a la vez el monto del proyecto. Por lo que se hará un listado de cada una de las partidas que se tendrán que utilizar par llevar el cabo dicho proyecto:

**TABLA 4.3 PARTIDAS**

Instalaciones Provisionales
Trazo para Tuberías
Trazo para pozo
Excavación a Mano
Desalojo de material sobrante
Demolición de Tubería
Fondo de pozo Ø 2.5mt
Cono de pozo con tapadera HoFo
Cilindro de pozo Ø 2.5mt
Colocación de tuberías
Relleno compactado con material existente
Colocación de carpeta asfáltica
Reparación en obras de drenaje existente
Emplantillado de piedra.
Mampostería de piedra
Caja Tragante
Caja Tragante para calle de tierra
Seguridad Industrial
Prueba de hermeticidad



#### **4.6.1 EXCAVACIÓN Y COMPACTACIÓN.**

El ancho de las zanjas para las tuberías, deberá ser lo suficientemente amplio para permitir el manejo y un ligado satisfactorio de los tubos y un apisonamiento adecuado del material de relleno, alrededor de la tubería, los materiales deberán depositarse en capas horizontales y con un espesor de 15 cm.; se podrá utilizar como material de relleno provenientes de la zona de excavación siempre y cuando no sean suelos orgánicos, arcillas de gran plasticidad o roca.

Todas las zanjas para colocación de tubería deberán tener sus paredes verticales y alineadas con la tubería que se colocará. Los anchos mínimos sugeridos de excavación serán:

**TABLA 4.4 ANCHOS DE EXCAVACIÓN.**

DIÁMETRO DE TUBERÍA	ANCHOS DE ZANJA
15	1.05
18	1.10
24	1.35
30	1.50
36	1.65
48	2.12
60	2.42
72	2.73

#### **4.6.2 POZOS DE VISITA O INSPECCIÓN**

Los pozos de visita o inspección serán construidos en los lugares indicados en los planos de ArcView y de la forma y dimensiones detalladas según las especificaciones que se encuentran en los costos unitarios tal como se muestra en la Fig. 4.3 que le preceden a los costos unitarios.

#### **4.6.3 CAJAS TRAGANTES**

La sección de las cajas tragantes será rectangular. Se construirán sobre una fundación de mampostería de piedra y las paredes serán de ladrillo de calavera puesto de lazo. Las paredes interiores de las cajas tragantes se repellarán con mortero con una proporción no menor a 1:3 (arena – cemento) y tendrá un espesor de 2 cm. En el fondo de

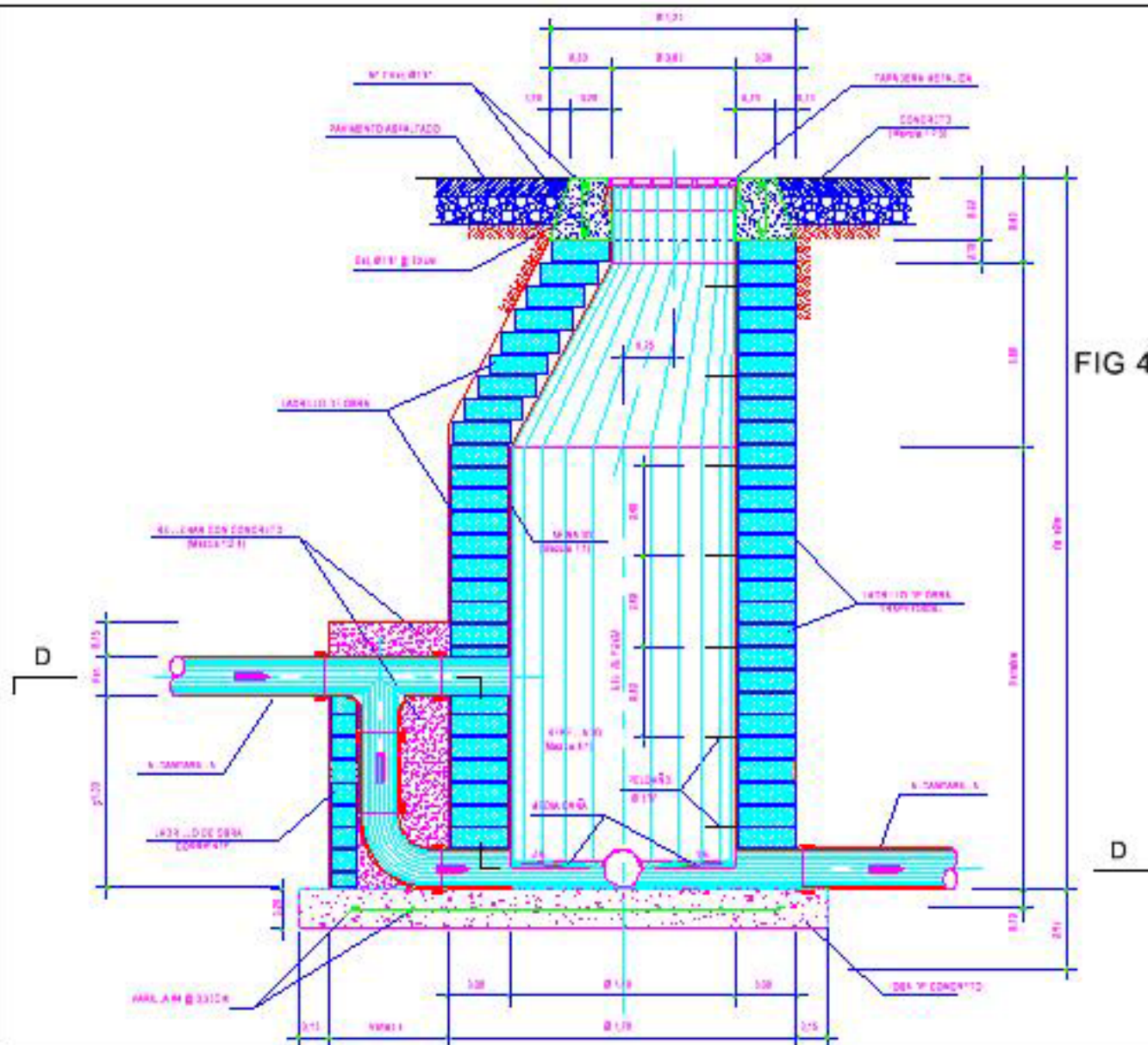


FIG 4.3 DETALLE DE POZO DE VISITA

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

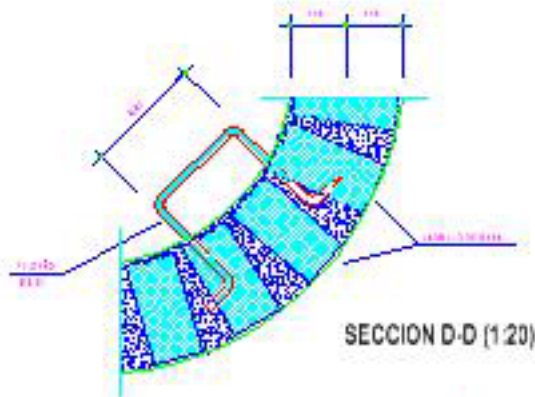
PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION  
EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUACHAPAN

PRESENTAN:  
OSCAR ARTURO MARTINEZ CAMPOS  
INMER ERNESTO MOYA LEMUS  
WALTER ALBERTO ZALDAÑA SANTOS



DETALLE PELDANO (1:10)

PLANTA (1:20)



SECCION D-D (1:20)

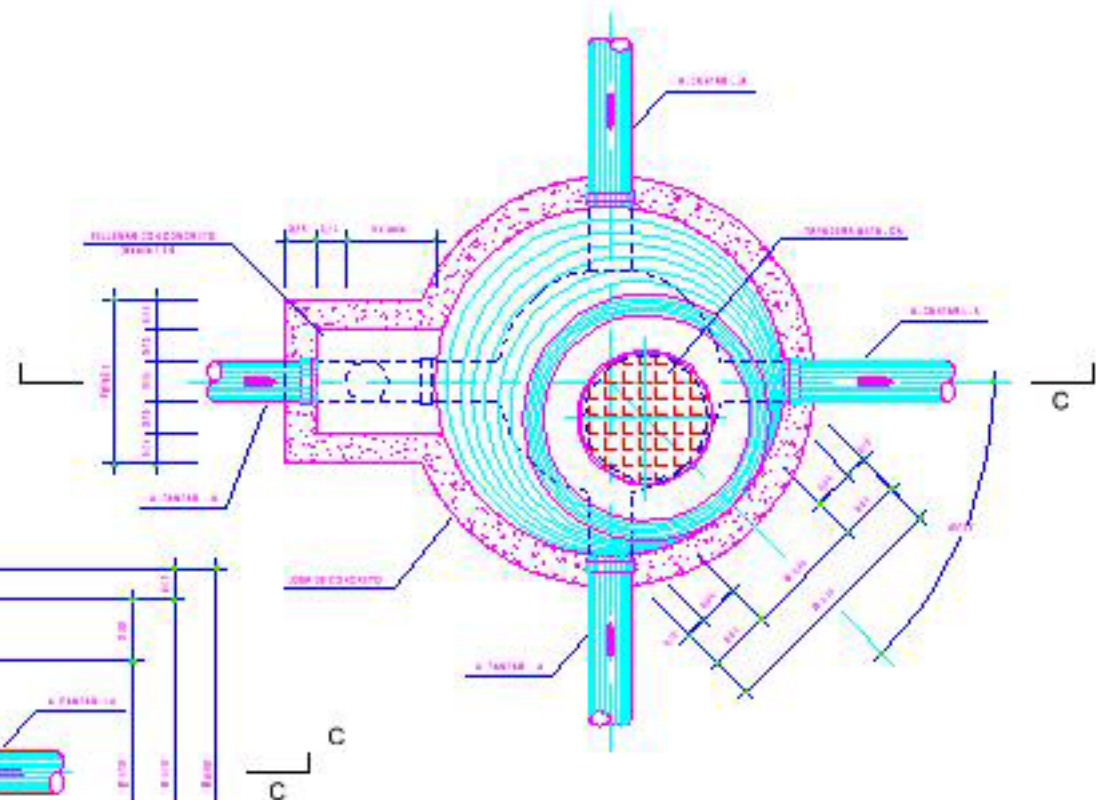


FIG 4.3.a DETALLE DE POZO DE VISITA

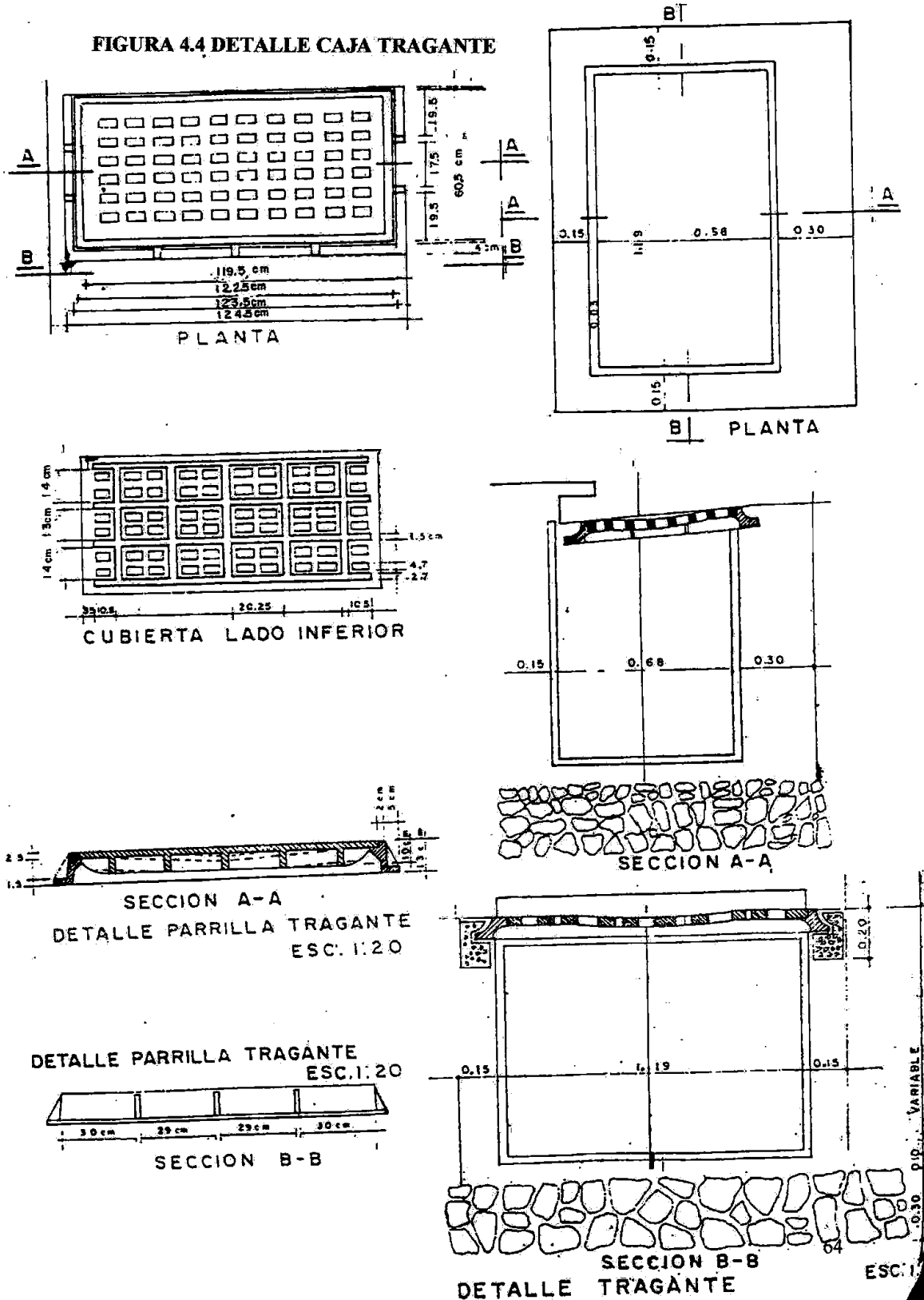
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION  
EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUACHAPAN

PRESENTAN:  
OSCAR ARTURO MARTINEZ CAMPOS  
INMER ERNESTO MOYA LEMUS  
WALTER ALBERTO ZALDAÑA SANTOS

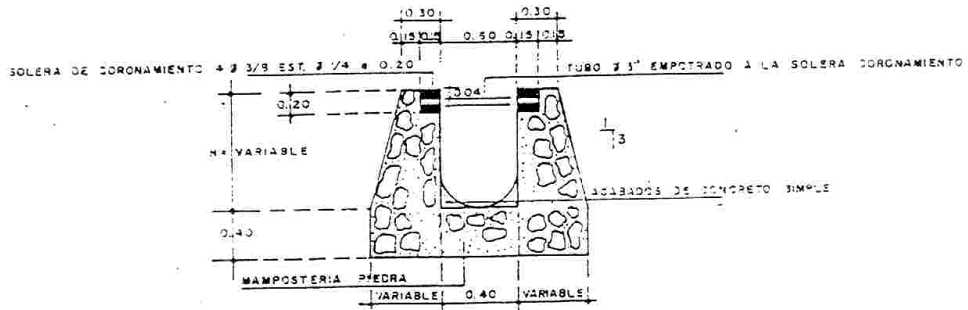


FIGURA 4.4 DETALLE CAJA TRAGANTE

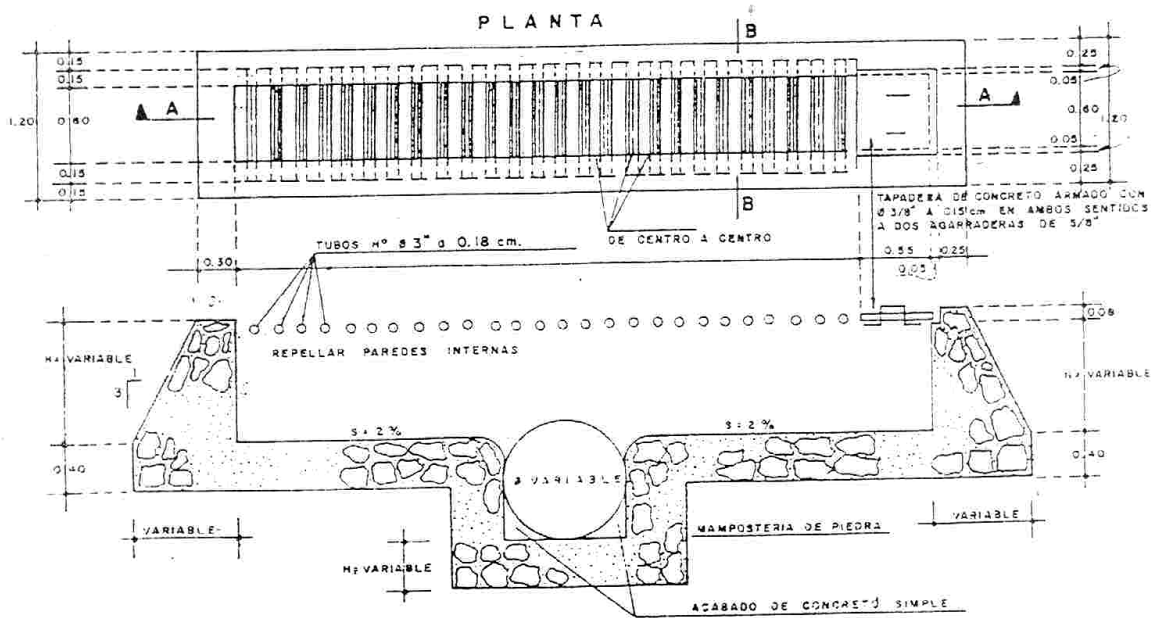


**FIGURA 4.5**

**CAJA TRAGANTE TIPO PARA CALLES DE TIERRA O CALLES EMPEDRADAS**



**SECCION B-B**  
**ESC. 1: 50**



s = 0.40 (PARA TUBOS MENORES DE 3' 36")  
s = 0.40 (PARA TUBOS MAYORES DE 3' 36")

**SECCION A-A**  
**ESC. 1: 50**

la caja se tendrá una capa de 5 cm. De concreto simple con una resistencia de 180Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

Las parrillas de las cajas tragantes será de hierro fundido, y el contramarco se apoyará sobre una solera de concreto armado. Las parrillas para ser efectivas deberán tener sus aberturas paralelas a la dirección del flujo tal como aparecen en los detalles ubicados antes de cada costo unitario. Es de hacer notar que la mayoría de cajas tragantes existentes se les hará una reparación puntual en cada obra de drenaje, la cual se pagará por metro lineal reparado y se tendrá una partida aparte para su cálculo ver Fig. 4.4.

#### **4.6.4 CAJAS TRAGANTES PARA CALLES DE TIERRA**

La sección de la caja será rectangular y se construirá de mampostería de piedra, pegada con mortero con una relación arena – cemento no menor a 1:3 y con un repello interno de 2 cm. De espesor con mortero de la misma proporción.

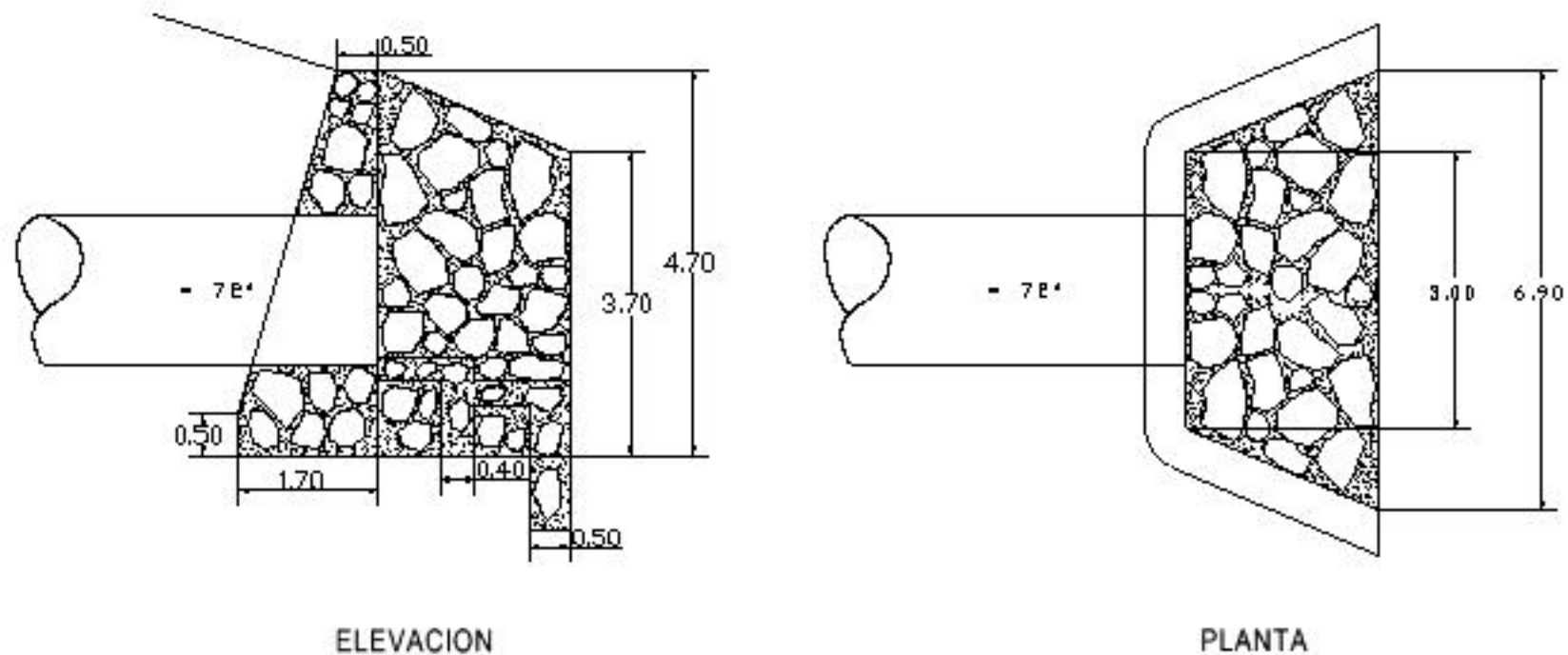
La parrilla de la caja será de tubo de hierro de 3 pulgadas de diámetro a cada 18 cm centímetros; embebido en sus extremos a una solera de concreto armado con 4 varillas de 3/8 de pulgada, y estribos de 1/4 de pulgada a cada 20 centímetros, con una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

Contando dichas cajas con una tapadera de concreto armado con acero No. 3 a cada 15 cm., la cual servirá para darle mantenimiento ver Fig. 4.5.

#### **4.6.5 DESCARGA DE LOS COLECTORES**

Todos los elementos que constituyen las descargas colectoras serán construidos con mampostería de piedra ligada con mortero con una proporción no menor de 1:3. La piedra deberá tener por lo menos dos de sus caras fracturadas y libres de porosidades, además deberán ser lavadas y cepilladas antes de ser usadas ver figura 4.6.

FIG 4.6 DETALLE DE DESCARGA DE LOS COLECTORES DISEÑADOS



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION  
EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUACHAPAN

PRESENTAN:  
OSCAR ARTURO MARTINEZ CAMPOS  
INMER ERNESTO MOYA LEMUS  
WALTER ALBERTO ZALDAÑA SANTOS



#### 4.6.6 VOLUMENES DE OBRA DEL PROYECTO

<b>Tramo: Calle a Cantón Ashapuco De P15 a P14</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	84	ml
Caja tragante para calle de tierra	1	c/u
Excavación a mano de 2.0 a 4.0 m	311.85	m3
Desalojo de material sobrante	77.96	m3
Relleno compactado con material existente	280.67	m3
Tubería Novaloc 36"	84	ml

<b>Tramo: Calle a Cantón Ashapuco De P14 a P13</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	84.31	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Excavación a mano de 4.0 a 6.0 m	591.22	m3
Desalojo de material sobrante	147.81	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	532.1	m3
Tubería Novaloc 36"	84.31	ml
Cajas Tragantes	2	c/u

<b>Tramo: Calle a Cantón Ashapuco De P12 a P13</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	126.37	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Excavación a mano de 2.0 a 4.0 m	597.1	m3
Desalojo de material sobrante	149.27	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	537.39	m3
Tubería Novaloc 24"	126.37	ml
Cajas Tragantes	2	c/u

<b>Tramo: 12a Calle Oriente De P13 a P16</b>
--



<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	110	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Excavación a mano de 4.0 a 6.0 m	816.2	m3
Desalojo de material sobrante	204.05	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	734.58	m3
Tubería Novaloc 48"	110	ml
Cajas Tragantes	4	c/u
Colocación de carpeta asfáltica	275	m2
Prueba de Hermeticidad	128.42	m3

<b>Tramo: 12a Calle Oriente De P16 a P17</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	113.32	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Excavación a mano de 4.0 a 6.0 m	960.95	m3
Desalojo de material sobrante	240.24	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	864.86	m3
Tubería Novaloc 48"	113.32	ml
Cajas Tragantes	3	c/u
Colocación de carpeta asfáltica	283.3	m2

<b>Tramo: 10a Calle Oriente De P18 a P19</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	112.6	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Demolición de tubería	112.6	ml
Excavación a mano de 4.0 a 6.0 m	608.04	m3
Desalojo de material sobrante	152.01	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	547.24	m3
Tubería Novaloc 24"	112.26	ml
Reparación en obras drenaje existente	8	ml
Colocación de carpeta asfáltica	268	m2
<b>Tramo: 10a Calle Oriente De P19 a P20</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>

Trazo para tubería	112.6	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Demolición de tubería	112.6	ml
Excavación a mano de 4.0 a 6.0 m	608.04	m3
Desalojo de material sobrante	152.01	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	547.24	m3
Tubería Novaloc 24"	112.26	ml
Reparación en obras drenaje existente	16	ml
Colocación de carpeta asfáltica	268	m2
Prueba de Hermeticidad	168.11	m3

<b>Tramo: Av. Francisco Menéndez De P20 a P17</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	129.36	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Demolición de tubería	129.36	ml
Excavación a mano de 2.0 a 4.0 m	567.57	m3
Desalojo de material sobrante	141.89	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	510.81	m3
Tubería Novaloc 24"	129.36	ml
Reparación en obras drenaje existente	16	ml
Colocación de carpeta asfáltica	232.85	m2

<b>Tramo: 12a Calle Poniente De P17 a P21</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	89.46	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Demolición de tubería	89.46	ml
Excavación a mano de 4.0 a 6.0 m	979.63	m3
Desalojo de material sobrante	244.91	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	881.67	m3
Tubería concreto reforzado 60"	89.46	ml
Reparación en obras drenaje existente	16	ml
Colocación de carpeta asfáltica	268.38	m2

<b>Tramo: Av. 2 de Abril De P21 a P22</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>

Trazo para tubería	89.1	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Excavación a mano de 4.0 a 6.0 m	1283.11	m3
Desalojo de material sobrante	320.78	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	1154.8	m3
Tubería concreto reforzado 72"	89.1	ml
Cajas tragantes	3	c/u

<b>Tramo: 14a Calle Poniente De P22 a P23</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	55	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Demolición de tubería	55	ml
Excavación a mano de 4.0 a 6.0 m	720.72	m3
Desalojo de material sobrante	180.18	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	648.65	m3
Tubería concreto reforzado 72"	55	ml
Reparación en obras de drenaje existente	12	ml
Colocación de carpeta asfáltica	176	m2

<b>Tramo: 14a Calle Poniente De P23 a P24</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	50	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Demolición de tubería	50	ml
Excavación a mano de 2.0 a 4.0 m	477.75	m3
Desalojo de material sobrante	119.44	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	429.98	m3
Tubería concreto reforzado 72"	50	ml
Reparación en obras de drenaje existente	16	ml
Colocación de carpeta asfáltica	160	m2

<b>Tramo: 14a Calle Poniente De P24 a P25</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	55	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Demolición de tubería	55	ml
Excavación a mano de 2.0 a 4.0 m	480.48	m3
Desalojo de material sobrante	120.12	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	432.43	m3
Tubería concreto reforzado 72"	55	ml
Reparación en obras de drenaje existente	16	ml
Colocación de carpeta asfáltica	176	m2

<b>Tramo: 14a Calle Poniente De P25 a P26</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	51.91	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Demolición de tubería	51.91	ml
Excavación a mano de 2.0 a 4.0 m	450.67	m3
Desalojo de material sobrante	115.14	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	414.51	m3
Tubería concreto reforzado 72"	51.91	ml
Reparación en obras de drenaje existente	16	ml
Colocación de carpeta asfáltica	176	m2

<b>Tramo: 14a Calle Poniente De P26 a Descarga</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	29.34	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Demolición de tubería	29.34	ml
Excavación a mano de 2.0 a 4.0 m	312.38	m3
Desalojo de material sobrante	78.1	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	281.15	m3
Tubería concreto reforzado 72"	29.34	ml
Reparación en obras de drenaje existente	12	ml
Colocación de carpeta asfáltica	93.89	m2
Mampostería de piedra	60.72	m3
Emplantillado de piedra	12.5	m2

<b>Tramo: Sexta Calle Oriente De P1 a P2</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	46	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Excavación a mano de 2.0 a 4.0 m	212.52	m3
Demolición de tubería	46	ml
Desalojo de material sobrante	53.13	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	191.27	m3
Tubería Novaloc 36"	46	ml
Colocación de carpeta asfáltica	92	m2
Reparación en obras de drenaje existente	16	ml

<b>Tramo: Sexta Calle Oriente. De P2 a P3</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	45.57	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Excavación a mano de 2.0 a 4.0 m	210.53	m3
Demolición de tubería	45.57	ml
Desalojo de material sobrante	52.63	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	189.48	m3
Tubería Novaloc 36"	45.57	ml
Colocación de carpeta asfáltica	91.14	m2
Reparación en obras de drenaje existente	8	ml

<b>Tramo: Sexta Calle Oriente. De P3 a P4</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	95.63	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Excavación a mano de 2.0 a 4.0 m	608.21	m3
Demolición de tubería	95.63	ml
Desalojo de material sobrante	152.05	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	547.39	m3
Tubería Novaloc 48"	95.63	ml
Colocación de carpeta asfáltica	91.14	m2
Reparación en obras de drenaje existente	8	ml

<b>Tramo: Av. Francisco Menéndez De P4 a P5</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	85.85	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Excavación a mano de 2.0 a 4.0 m	591.51	m3
Demolición de tubería	85.85	ml
Desalojo de material sobrante	147.88	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	532.36	m3
Tubería Novaloc 48"	85.85	ml
Colocación de carpeta asfáltica	214.63	m2
Reparación en obras de drenaje existente	16	ml

<b>Tramo: Av. Francisco Menéndez De P5 a P6</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	94.31	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Excavación a mano de 4.0 a 6.0 m	1001.93	m3
Demolición de tubería	94.31	ml
Desalojo de material sobrante	250.48	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	901.74	m3
Tubería concreto reforzado 60"	94.31	ml
Colocación de carpeta asfáltica	282.93	m2
Reparación en obras de drenaje existente	16	ml

<b>Tramo: 10a Calle Poniente De P6 a P7</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	93.69	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Excavación a mano de 4.0 a 6.0 m	1165.39	m3
Demolición de tubería	93.69	ml
Desalojo de material sobrante	291.35	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	1048.85	m3
Tubería concreto reforzado 60"	93.69	ml
Colocación de carpeta asfáltica	281.07	m2
Reparación en obras de drenaje existente	16	ml

<b>Tramo: Avenida 2 de Abril De P7 a P8</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	70.73	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Excavación a mano de 4.0 a 6.0 m	928.58	m3
Demolición de tubería	70.73	ml
Desalojo de material sobrante	232.14	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	835.72	m3
Tubería concreto reforzado 60"	70.73	ml
Colocación de carpeta asfáltica	212.19	m2
Reparación en obras de drenaje existente	8	ml

<b>Tramo: Avenida 2 de Abril - Calle Hospital De P8 a P9</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	63	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Excavación a mano de 4.0 a 6.0 m	791.15	m3
Demolición de tubería	63	ml
Desalojo de material sobrante	197.79	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	712.04	m3
Tubería concreto reforzado 72"	63	ml
Colocación de carpeta asfáltica	201.6	m2

<b>Tramo: Avenida 2 de Abril - Calle Hospital De P9 a P10</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	62	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Excavación a mano de 4.0 a 6.0 m	605.1	m3
Demolición de tubería	62	ml
Desalojo de material sobrante	151.28	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	544.59	m3
Tubería concreto reforzado 72"	62	ml
Colocación de carpeta asfáltica	198.4	m2

<b>Tramo: Avenida 2 de Abril - Calle Hospital De P10 a P11</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	60	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Excavación a mano de 4.0 a 6.0 m	556.1	m3
Demolición de tubería	60	ml
Desalojo de material sobrante	139.02	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	500.49	m3
Tubería concreto reforzado 72"	60	ml

<b>Tramo: Avenida 2 de Abril - Calle Hospital De P11 a Descarga</b>		
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Trazo para tubería	60.75	ml
Trazo para pozo	1	c/u
Excavación a mano de 4.0 a 6.0 m	712.32	m3
Demolición de tubería	60.75	ml
Desalojo de material sobrante	178.08	m3
Fondo de pozo Ø2m	1	c/u
Cono de pozo con tapadera HoFo	1	c/u
Relleno compactado con material existente	641.08	m3
Tubería concreto reforzado 72"	60.75	ml
Colocación de carpeta asfáltica	32.5	m2
Mampostería de piedra	60.2	m3
Emplantillado de piedra	12.5	m2
Prueba de Hermeticidad	168.11	m3



#### 4.6.7 PRECIOS UNITARIOS APLICADOS AL PROYECTO

#### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

#### PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN

PARTIDA: TRAZO PARA TUBERIA

UNIDAD: ML

##### A.MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Costanera de pino	vr	0.13	0.37	0.05
Regla pacha de pino	vr	0.07	0.37	0.03
Clavo de 2½" con cabeza	lb	0.05	0.30	0.02
Clavo de 1" sin cabeza	lb	0.05	0.30	0.02
Cordel No.15	rollo	0.00	1.40	0.00
SUBTOTAL				0.10

##### B.MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Trazo topografico	ml	1.00	0.14	0.14
Trazo con niveletas	ml	1.00	0.10	0.10
SUBTOTAL				0.24

##### C. EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
SUBTOTAL					

COSTO DIRECTO = A+B+C	0.34
COSTO INDIRECTO = 22%CD	0.08
PRECIO UNITARIO \$	0.42

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA:TRAZO PARA POZO

UNIDAD:

C/U

**A.MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Cuartron de Pino	vr	1.00	1.03	1.03
Costanera de Pino	vr	1.00	0.37	0.37
Regla pacha de pino	vr	0.50	0.37	0.19
Clavo de 2½" con cabeza	lb	0.10	0.30	0.03
SUBTOTAL				1.62

**B.MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Hechura de trazo para pozo	c/u	1.00	1.00	1.00
SUBTOTAL				1.00

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
SUBTOTAL					

COSTO DIRECTO = A+B+C	2.62
COSTOINDIRECTO = 22%CD	0.58
PRECIO UNITARIO\$	3.19

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA: EXCAVACION A MANO 2-4 MTS

UNIDAD: M3

**A.MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL \$
SUBTOTAL				

**B.MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
EXCAVACION A MANO HASTA 4MTS	m3	1.00	3.33	3.33
SUBTOTAL				3.33

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
SUBTOTAL					

COSTO DIRECTO = A+B+C	3.33
COSTOINDIRECTO = 22%CD	0.73
PRECIO UNITARIO	4.27

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA:EXCAVACION A MANO 4-6 MTS

UNIDAD: M3

A.MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
SUBTOTAL				

B.MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
EXCAVACION A MANO DE 4-6 MTS	m3	1.00	3.72	3.72
SUBTOTAL				3.72

C. EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
SUBTOTAL					

COSTO DIRECTO = A+B+C	3.72
COSTOINDIRECTO = 22%CD	0.81
PRECIO UNITARIO	4.77

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA: DESALOJO DE MAT. SOBRANTE

UNIDAD: M3

**A.MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
<b>SUBTOTAL</b>				

**B.MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Desalojo de material sobrante	m3	1.00	3.25	3.25
<b>SUBTOTAL</b>				3.25

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
<b>SUBTOTAL</b>					

COSTO DIRECTO = A+B+C	3.25
COSTOINDIRECTO = 22%CD	0.72
PRECIO UNITARIO	3.97

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA: FONDO DE POZO Ø2.50M INTERNO

UNIDAD: C/U

**A.MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Piedra en Bruto	m3	2.40	9.14	21.94
Arena de Río	m3	0.49	9.14	4.48
Cemento Gris	bolsa	5.70	4.15	23.66
Agua	barril	0.69	0.57	0.39
Grava No.1	m3	0.10	9.14	0.91
SUBTOTAL				51.38

**B.MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Hechura de fundacion de pozo Ø2.50m	ml	1.00	7.43	7.43
Acarreo de materiales	s.g.	1.00	0.50	0.50
SUBTOTAL				7.93

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
SUBTOTAL					

COSTO DIRECTO = A+B+C	59.31
COSTOINDIRECTO = 22%CD	13.05
PRECIO UNITARIO	72.36

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

### PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN

PARTIDA: CONO DE POZO CON

UNIDAD:

C/U

TAPADERA HoFo

A.MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Grava No.1	m3	0.12	20.57	2.47
Arena de rio	m3	0.80	9.14	7.31
Hierro corrugado de 5/8" bajo norma	qq	0.11	18.20	2.00
Hierro corrugado de 1/2" bajo norma	qq	0.13	18.20	2.37
Hierro corrugado de 3/8" bajo norma	qq	0.06	18.20	1.09
Alambre de amarre	lb	0.90	0.30	0.27
Cemento gris	bolsa	10.00	4.15	41.50
Ladrillo de barro	c/u	480.00	0.09	43.20
Tapadera de HoFo de D60cm	c/u	1.00	99.50	99.50
Agua	barril	0.85	0.57	0.48
<b>SUBTOTAL</b>				<b>200.19</b>

B.MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Hechura de cono incluye estribo y repello	c/u	1.00	57.14	57.14
Colocacion de tapadera HoFo	c/u	1.00	7.00	7.00
Armaduria para tapadera HoFo	c/u	1.00	2.00	2.00
Hechura de estribos Ø5/8"	c/u	3.00	1.20	3.60
<b>SUBTOTAL</b>				<b>69.74</b>

C. EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
<b>SUBTOTAL</b>					

COSTO DIRECTO = A+B+C	269.93
COSTOINDIRECTO = 22%CD	59.39
PRECIO UNITARIO	329.32

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS****PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA: RELLENO COMPACTADO CON

UNIDAD:

M3

MATERIAL

A.MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
SUBTOTAL				

B.MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Relleno compactado con maetrial existente	m3	1.00	3.00	3.00
SUBTOTAL				3.00

C. EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
Vibrocompactadora	Wacker		0.40	1.50	0.60
SUBTOTAL				0.60	

COSTO DIRECTO = A+B+C	3.60
COSTOINDIRECTO = 22%CD	0.79
PRECIO UNITARIO	4.39



**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA:TUBERIA NOVALOC 15"

UNIDAD: ML

**A.MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Suministro de tubería Novaloc 15"	ml	1.00	16.74	16.74
SUBTOTAL				16.74

**B.MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Instalacion de Tuberia	ml	1.00	1.60	1.60
SUBTOTAL				1.60

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
SUBTOTAL					

COSTO DIRECTO = A+B+C	18.34
COSTOINDIRECTO = 22%CD	4.03
PRECIO UNITARIO	22.37

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA:TUBERIA NOVALOC 24"

UNIDAD: ML

**A.MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Suministro de Tuberia Novaloc 24"	ml	1.00	51.69	51.69
SUBTOTAL				51.69

**B.MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Instalacion de Tuberia Novaloc 24"	ml	1.00	1.60	1.60
SUBTOTAL				1.60

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
SUBTOTAL					

COSTO DIRECTO = A+B+C	53.29
COSTOINDIRECTO = 22%CD	11.72
PRECIO UNITARIO	65.01

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA:TUBERIA NOVALOC 36"

UNIDAD: ML

**A.MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Suministro de Tuberia Novaloc de 36"	ml	1.00	107.65	107.65
	SUBTOTAL			107.65

**B.MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Instalacion de tuberia	ml	1.00	2.29	2.29
	SUBTOTAL			2.29

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
	SUBTOTAL				

COSTO DIRECTO = A+B+C	109.94
COSTOINDIRECTO = 22%CD	24.19
PRECIO UNITARIO	134.13

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA:TUBERIA NOVALOC 48"

UNIDAD: ML

**A.MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Suministro de Tuberia Novaloc 48"	ml	1.00	138.62	138.62
SUBTOTAL				138.62

**B.MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Instalacion de Tuberia Novaloc 48"	ml	1.00	2.29	2.29
SUBTOTAL				2.29

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
SUBTOTAL					

COSTO DIRECTO = A+B+C	140.91
COSTOINDIRECTO = 22%CD	31.00
PRECIO UNITARIO	171.91

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA:MAMPOSTERIA DE PIEDRA

UNIDAD: M3

**A.MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Piedra en Bruto	m3	1.25	9.14	11.43
Cmento Gris	bolsa	2.20	4.15	9.13
Arena de rio	m3	0.35	9.14	3.20
Agua	barril	0.80	0.57	0.46
Costanera de Pino	vr	0.80	0.37	0.30
Regla pacha de pino	vr	0.80	0.37	0.30
Clavo de 2½" con cabeza	lb	0.10	0.30	0.03
<b>SUBTOTAL</b>				<b>24.83</b>

**B.MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Colocacion y pegamento piedra en muro	m3	1.00	7.15	7.15
Acarreo de materiales	m3	1.00	1.80	1.80
<b>SUBTOTAL</b>				<b>8.95</b>

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
<b>SUBTOTAL</b>					

COSTO DIRECTO = A+B+C	33.79
COSTOINDIRECTO = 22%CD	7.43
PRECIO UNITARIO	41.22

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA:TUBERIA NOVALOC 60"

UNIDAD: ML

**A.MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Suministro de Tuberia Novaloc 60"	ml	1.00	162.56	162.56
SUBTOTAL				162.56

**B.MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Instalacion de Tuberia Novaloc 60"	ml	1.00	2.29	2.29
SUBTOTAL				2.29

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
SUBTOTAL					

COSTO DIRECTO = A+B+C	164.85
COSTOINDIRECTO = 22%CD	36.27
PRECIO UNITARIO	201.12

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA:TUBERIA RIBLOC 72"

UNIDAD: ML

**A.MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Suministro de Tuberia Ribloc 72"	ml	1.00	180.61	180.61
SUBTOTAL				162.56

**B.MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Instalacion de Tuberia Ribloc 72"	ml	1.00	2.29	2.29
SUBTOTAL				2.29

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
SUBTOTAL					

COSTO DIRECTO = A+B+C	182.90
COSTOINDIRECTO = 22%CD	40.24
PRECIO UNITARIO	223.14

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA: REPARACION EN OBRAS DE DRENAJE  
A.MATERIALES

UNIDAD: ML

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Cmento gris	bolsa	2.20	4.57	10.05
Arena de rio	m3	0.25	9.14	2.29
SUBTOTAL				12.34

**B.MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Albañil	1.00	1.00	8.80	8.80
Auxiliar	1.00	1.00	5.71	5.71
SUBTOTAL				14.51

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
Pala			0.02	1.14	0.023
Piocha			0.02	1.14	0.023
SUBTOTAL				0.046	

COSTO DIRECTO = A+B+C	26.9
COSTOINDIRECTO = 22%CD	5.92
PRECIO UNITARIO	32.82



**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA: CILINDRO DE POZO Ø 2.50 MT

UNIDAD: ML

**A.MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Arena de rio	m3	1.10	9.14	10.05
Hierro corrugado 5/8" bajo norma	Quintal	0.07	18.20	1.27
Cemento gris	Bolsa	8.00	4.15	33.20
Ladrillo de barro	c/u	610.00	0.09	54.90
Agua	Barril	1.10	0.57	0.63
SUBTOTAL				100.06

**B.MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Forjado cilindro pozo Ø 2.50mt, (incluye colocación de estribos y repello)	ml	1.00	62.86	62.86
Hechura de estribos Ø 5/8"	unidad	3.00	1.20	3.60
SUBTOTAL				66.84

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
SUBTOTAL					

COSTO DIRECTO = A+B+C	166.52
COSTOINDIRECTO = 22%CD	36.63
PRECIO UNITARIO	203.15

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA:EMPLANTILLADO DE  
PIEDRA

UNIDAD: M2

**A.MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Piedra en bruto.	m3	0.37	9.14	3.38
Cemento gris	Bolsa	0.70	4.15	2.91
Arena.	m3	0.11	9.14	1.01
Agua	Barril	0.30	0.57	0.17
Costanera de pino.	Vara	0.24	0.37	0.09
Regla pacha de pino.	Vara	0.24	0.37	0.09
Clavo de 2 1/2" con cabeza.	Libra	0.03	0.30	0.01
SUBTOTAL				7.65

**B.MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Empalntillado de piedra.	m2	1.00	2.50	2.50
Acarreo de materiales.	m2	1.00	0.54	0.54
SUBTOTAL				3.04

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
SUBTOTAL					

COSTO DIRECTO = A+B+C	10.69
COSTOINDIRECTO = 22%CD	2.35
PRECIO UNITARIO	13.04

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA: PRUEBA DE HERMETICIDAD

UNIDAD: M3

**A.MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
SUBTOTAL				

**B.MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Prueba de Hermetecidad	m3	1.00	12.04	12.04
SUBTOTAL				

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
SUBTOTAL					

COSTO DIRECTO = A+B+C	12.65
COSTOINDIRECTO = 22%CD	2.78
PRECIO UNITARIO	15.43

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA: COLOCACION CARPETA

UNIDAD:

M2

ASFALTICA

A.MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Asfalto liquido RC-250	galón	0.32	1.90	0.61
Cemento asfáltico 60-70	galón	2.80	2.35	6.58
Grava #2	m3	0.07	21.71	1.52
Grava #1	m3	0.03	21.71	0.65
Grava #0 (chispa)	m3	0.01	14.28	0.14
SUBTOTAL				9.50

B.MANO DE OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Colocacion Carpeta Asfaltica (Incluye remoción pavimento, y restitucion pavimento )	m2	1.00	4.00	4.00
SUBTOTAL				

C. EQUIPO Y HERRAMIENTA

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
SUBTOTAL					

COSTO DIRECTO = A+B+C	13.50
COSTOINDIRECTO = 22%CD	2.97
PRECIO UNITARIO	16.47

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA: DEMOLICION DE TUBERIA

UNIDAD: M3

**A.MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
SUBTOTAL				

**B.MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Demolicion de tuberia	m3	1.00	30.44	30.44
SUBTOTAL				

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
SUBTOTAL					

COSTO DIRECTO = A+B+C	30.44
COSTOINDIRECTO = 22%CD	6.70
PRECIO UNITARIO	37.14

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA: CAJA SOSTEN

UNIDAD: ML

**A.MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Tubo PVC 8" JC 100 PSI	ml	1.10	12.90	14.19
Yee Tee soldada Ø8"	c/u	1.15	13.40	15.41
Codo soldado PVC a 90° 8"	c/u	1.15	9.50	10.93
Cemento solvente	s.g.	1.00	1.20	1.20
SUBTOTAL				41.73

**B.MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Hechura caja sosten	ml	1.00	4.25	4.25
SUBTOTAL				

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
SUBTOTAL					

COSTO DIRECTO = A+B+C	45.98
COSTOINDIRECTO = 22%CD	10.12
PRECIO UNITARIO	56.10

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA: CAJA TRAGANTE PARA  
CALLE DE TIERRA\*

UNIDAD: C/U

**A.MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Mamposteria	m3	20.52	11.12	228.18
Tapadera de Concreto	c/u	1.00	25.71	25.71
Parrilla de tubo de hierro de 3"	c/u	1.00	92.94	92.94
Solera de coronamiento	c/u	1.00	59.82	59.82
SUBTOTAL				406.65

**B.MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
SUBTOTAL				

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
SUBTOTAL					

COSTO DIRECTO = A+B+C	406.65
COSTOINDIRECTO = 22%CD	89.46
PRECIO UNITARIO	496.11

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUCHAPAN**

PARTIDA: CAJA TRAGANTE

UNIDAD: C/U

**A.MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Tapadera HoFo para tragante	c/u	1.00	142.86	142.86
Ho Ø 1/2" bajo norma	qq	0.50	18.20	9.10
Ho Ø 3/8" bajo norma	qq	0.30	18.20	5.46
Ladrillo de barro	c/u	430.00	0.09	38.70
Arena de rio	m3	0.65	9.14	5.94
Grava #1	m3	0.25	20.57	5.14
Piedra	m3	0.57	9.14	5.21
Cemento	bolsa	5.30	4.15	22.00
Alambre de amarre	lb	2.00	0.30	0.60
Tabla de pino	vr	1.50	1.01	1.52
Costanera de pino	vr	1.20	0.37	0.44
Clavos 2 1/2" con cabeza	lb	0.40	0.30	0.12
Agua	barril	0.48	0.57	0.27
SUBTOTAL				237.36

**B.MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
Hechura de fundacion de tragante	c/u	1.00	4.50	4.50
Forjado de tragante, incluye repello y afinado	c/u	1.00	37.50	37.50
Colocacion de tapadera de HoFo	c/u	1	6.86	6.86
SUBTOTAL				48.86

**C. EQUIPO Y HERRAMIENTA**

DESCRIPCION	TIPO	CAPACIDAD	RENDIMIENTO	COSTO/HORA	SUBTOTAL
SUBTOTAL					

COSTO DIRECTO = A+B+C	286.22
COSTOINDIRECTO = 22%CD	62.97
PRECIO UNITARIO	349.19

NOTA: PRECIOS UNITARIOS EXTRAIDOS DE FISDL, AMANCO, FOVIAL, DURMAN ESQUIVEL.



#### 4.7 PRESUPUESTO

**TABLA 4.5 PRESUPUESTO DE LA RED DISEÑADA**

PARTIDAS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB-TOTAL	IVA (13%)	TOTAL
Instalaciones Provisionales	1	C/U	1065.83	1065.83	138.56	1204.39
Trazo para Tuberías	2069.90	ML	0.42	869.36	113.02	982.37
Trazo para pozo	26.00	ML	3.19	82.94	10.78	93.72
Excavación a Mano						
Excavación a Mano de 2 a 4 mts	4820.57	M3	4.27	20583.83	2675.90	23259.73
Excavación a Mano de 4 a 6 mts	12328.48	M3	4.77	58806.85	7644.89	66451.74
Desalojo de material sobrante	4289.74	M3	3.97	17030.27	2213.93	19244.20
Demolición de Tubería	1462.68	M3	37.14	54323.94	7062.11	61386.05
Fondo de pozo Ø 2.5mt	26.00	C/U	72.36	1881.36	244.58	2125.94
Cono de pozo con tapadera HoFo	26.00	C/U	329.32	8562.32	1113.10	9675.42
Cilindro de pozo Ø 2.5mt	65.80	ML	203.15	13367.27	1737.75	15105.02
Caja Sostén	31.20	ML	56.10	1750.32	227.54	1977.86
Colocación de tuberías						
Diámetro 15"	56.00	ML	22.37	1252.72	162.85	1415.57
Diámetro 24"	480.25	ML	65.01	31221.05	4058.74	35279.79
Diámetro 36"	259.88	ML	134.13	34857.70	4531.50	39389.21
Diámetro 48"	404.80	ML	171.91	69589.17	9046.59	78635.76
Diámetro 60"	348.19	ML	201.12	70027.97	9103.64	79131.61
Diámetro 72"	576.10	ML	223.14	128550.95	16711.62	145262.58
Relleno compactado con material existente	15434.15	M3	4.39	67755.92	8808.27	76564.19
Colocación de carpeta asfáltica	4042.22	M2	16.47	66575.36	8654.80	75230.16
Reparación en obras de drenaje existente	216.00	ML	32.82	7089.12	921.59	8010.71
Emplantillado de piedra.	25.00	M2	13.04	326.00	42.38	368.38
Mampostería de piedra	120.40	M3	41.22	4962.89	645.18	5608.06
Caja Tragante	14.00	C/U	349.19	4888.66	635.53	5524.19
Caja Tragante para calle de tierra	1.00	C/U	496.11	496.11	64.49	560.60
Seguridad Industrial	1.00	s.g	1.00	1000.00	130.00	1130.00
Prueba de hermeticidad	296.53	M3	15.43	4575.46	594.81	5170.27
				670427.54		757583.12

## CAPITULO V: "FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONOMICA"

## **5.1 OBJETIVOS**

### **5.1.1 GENERAL**

- ✓ Comprobar la posibilidad de ejecución del proyecto, para mejorar las características actuales de drenaje pluvial en el sector urbano de la ciudad de Ahuachapán.

### **5.1.2 ESPECÍFICOS.**

- ✓ Definir el monto del proyecto.
- ✓ Indicar los requisitos técnicos de ejecución del proyecto.
- ✓ Especificar la viabilidad económica del proyecto.

## 5.2 ESTUDIO TÉCNICO DEL PROYECTO.

### 5.2.1 GENERALIDADES.

El cambio de diámetros de tuberías en algunos sectores y la introducción de tubos en otros, tiene como objetivo mejorar las condiciones de drenaje en el sector urbano de la ciudad de Ahuachapán, estos procesos harán que el sistema tenga la suficiente capacidad de descarga de las aguas lluvia lo que permitirá un drenaje rápido y eficiente de las aguas que se descargan directamente sobre la Quebrada El Piro.

La longitud total del proyecto es de 1957.3 mt de tubería, la cual fue dividida en dos tramos que se muestran en la siguiente tabla.

**TABLA 5.1 LONGITUD DE PROYECTO**

<b>TRAMO</b>	<b>POZOS COMPRENDIDOS</b>	<b>LONGITUD</b>
Sub-cuenca norte	Del P1 al P11	777.53 metros
Sub-cuenca sur	Del P12 al P26	1179.77 metros

La introducción de tubería incluye también la construcción de pozos de visita, reparación de cajas tragantes, construcción de caja de descarga.

El proyecto comienza en la zona oriente de la ciudad de Ahuachapán en la ruta nacional 107 y termina con el desalojo de las aguas en la Quebrada el Piro ubicado en el surponiente de la ciudad de Ahuachapán. Este proyecto se vincula con todo el sector urbano de la ciudad de Ahuachapán. Para el diseño del proyecto en general se aplicaron los siguientes conceptos básicos; establecer la solución que más se adapte a las condiciones actuales de la Ciudad de Ahuachapán:

-Colocar solo las tuberías que realmente fuesen necesarias para solucionar el problema.

-Evitar en la medida de lo posible afectar a los habitantes, comercios aledaños al sistema de drenaje.

El beneficio más palpable con la construcción del sistema de aguas lluvias, será el mejoramiento del drenaje de la precipitación del sector urbano, además de disminuir la

proliferación de vectores que producen enfermedades como el dengue y la contaminación de los mantos acuíferos.

Todo lo anterior redundará positivamente en la mejora de la calidad de vida de los habitantes de la ciudad de Ahuachapán.

Se consideró un período de vida útil de 25 años ya que este es el tiempo estipulado para proyectos de alcantarillado pluvial.

Para la realización del sistema de drenaje se ocupará tubería plástica (NOVALOC Y RIBLOT) debido a sus facilidades las cuales se describen en sus características técnicas:

- Excelente comportamiento mecánico. Gracias al diseño óptimo de su pared estructurada, lo que le permite alcanzar un alto grado de rigidez.
- Facilidad de manejo por ser más liviana que las tuberías plásticas convencionales de pared sólida.
- Superficie internas lisas que permiten una mayor capacidad hidráulica. Su coeficiente de Manning es de 0.009; evitando la aparición de incrustaciones.
- Alta resistencia al ataque de sustancias químicas.
- Resistencia a la corrosión química y electroquímica.
- Resistencia a la abrasión; gracias a la lisura de sus paredes internas y el espesor de las mismas, el desgaste generado por los sólidos en suspensión contenidos en los fluidos transportados es mínimo.
- Flexibilidad; por su junta con empaque de hule el sistema puede absorber asentamiento diferenciales, movimientos telúricos y contracciones y dilataciones por cambio de temperatura.

La colocación de este tipo de tuberías conlleva ciertas ventajas con relación a la tubería de cemento como son las siguientes:

- Optimizar los costos de transporte, utilizar equipo más liviano para su manejo e instalación.
- La longitud de los tubos y su junta con empaque de hule permiten mayor rapidez en la instalación.
- Disminuir volúmenes de excavación, relleno y compactación, así como el número de pozos de registros, debido a que existen distancia entre pozos de

hasta 126 mt, lo cual esta dentro del margen del reglamento de VMVDU el cual exige como máximo 150 mts de longitud.

- No contaminar los acuíferos y evitar la intrusión de raíces o de sustancias ajenas al sistema.

Para realizar el proyecto debe gestionarse el financiamiento a través de la Alcaldía Municipal de Ahuachapán o el Gobierno de El Salvador, ante instituciones como el BID, BCIE y otras instituciones.

### 5.2.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS FINANCIERAS.

ÍTEM	MONTO TOTAL	COSTO POR METRO DE TUBERÍA
MONTO DEL PROYECTO	\$ 757,583.12	\$ 387.06

### 5.2.3 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

LONGITUD	1957.3 MT
CANTIDADES DE OBRA MÁS IMPORTANTE	-EXCAVACIÓN DE MATERIAL BLANDO (LIMO ARENOSO): 17149.05 MT3 - COLOCACIÓN DE TUBERÍAS (NOVALOC Y RIBLOC): 1957.3 ML. - DESALOJO DE MATERIAL SOBRANTE: 4289.74 MT3 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL EXISTENTE: 15434.15 MT3

## 5.3 FACTIBILIDAD ECONÓMICA

### 5.3.1 CUADRO RESUMEN DE CANTIDAD DE OBRA.

DETALLE	CANTIDAD	UNIDAD
Instalaciones Provisionales	1	C/U
Trazo para Tuberías	2069.90	ML
Trazo para pozo	26.00	ML
Excavación a Mano	17149.05	M3
Desalojo de material sobrante	4289.74	M3
Demolición de Tubería	1462.68	M3
Fondo de pozo	26.00	C/U
Cono de pozo con tapadera HoFo	26.00	C/U
Cilindro de pozo Ø 2.5mt	65.80	ML
Caja Sostén	31.20	ML
Colocación de tuberías	1957.30	ML
Relleno compactado con material existente	15434.15	M3
Colocación de carpeta asfáltica	4042.22	M2
Reparación en obras de drenaje existente	216.00	ML
Emplantillado de piedra.	25.00	M2
Mampostería de piedra	120.40	M3
Caja Tragante	14.00	C/U
Caja Tragante para calle de tierra	1.00	C/U
Seguridad Industrial	1.00	s.g
Prueba de hermeticidad	296.53	M3

### 5.3.2 COMPARACIÓN DE COSTOS CON OTRO MATERIAL.

En todo proyecto los costos juegan un papel importante para la realización de las obras, es por eso que se deben de analizar los costos con distintos materiales de construcción, para el caso del proyecto de alcantarillado pluvial, se han comparado los costos con tubería de concreto (simple y armado) y los costos obtenidos con la propuesta de tubería plástica (Novaloc y Ribloc). Tal como se muestran en los siguientes cuadros comparativos:

**CUADRO COMPARATIVO DE PRECIOS TUBERÍA PLÁSTICA (RIBLOC Y NOVALOC)**

PARTIDAS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB-TOTAL	IVA (13%)	TOTAL
Instalaciones Provisionales	1	C/U	1065.83	1065.83	138.56	1204.39
Trazo para Tuberías	2069.90	ML	0.42	869.36	113.02	982.37
Trazo para pozo	26.00	ML	3.19	82.94	10.78	93.72
Excavación a Mano						
Excavación a Mano de 2 a 4 mts	4820.57	M3	4.27	20583.83	2675.90	23259.73
Excavación a Mano de 4 a 6 mts	12328.48	M3	4.77	58806.85	7644.89	66451.74
Desalojo de material sobrante	4289.74	M3	3.97	17030.27	2213.93	19244.20
Demolición de Tubería	1462.68	M3	37.14	54323.94	7062.11	61386.05
Fondo de pozo Ø 2.5mt	26.00	C/U	72.36	1881.36	244.58	2125.94
Cono de pozo con tapadera HoFo	26.00	C/U	329.32	8562.32	1113.10	9675.42
Cilindro de pozo Ø 2.5mt	65.80	ML	203.15	13367.27	1737.75	15105.02
Caja Sosten	31.20	ML	56.10	1750.32	227.54	1977.86
Colocación de tuberías						
Diámetro 15"	56.00	ML	22.37	1252.72	162.85	1415.57
Diámetro 24"	480.25	ML	65.01	31221.05	4058.74	35279.79
Diámetro 36"	259.88	ML	134.13	34857.70	4531.50	39389.21
Diámetro 48"	404.80	ML	171.91	69589.17	9046.59	78635.76
Diámetro 60"	348.19	ML	201.12	70027.97	9103.64	79131.61
Diámetro 72"	576.10	ML	223.14	128550.95	16711.62	145262.58
Relleno compactado con material existente	15434.15	M3	4.39	67755.92	8808.27	76564.19
Colocación de carpeta asfáltica	4042.22	M2	16.47	66575.36	8654.80	75230.16
Reparación en obras de drenaje existente	216.00	ML	32.82	7089.12	921.59	8010.71
Emplantillado de piedra.	25.00	M2	13.04	326.00	42.38	368.38
Mampostería de piedra	120.40	M3	41.22	4962.89	645.18	5608.06
Caja Tragante	14.00	C/U	349.19	4888.66	635.53	5524.19
Caja Tragante para calle de tierra	1.00	C/U	496.11	496.11	64.49	560.60
Seguridad Industrial	1.00	s.g	1.00	1000.00	130.00	1130.00
Prueba de hermeticidad	296.53	M3	15.43	4575.46	594.81	5170.27
				670427.54		757583.12



**CUADRO COMPARATIVO DE PRECIOS TUBERIA DE CONCRETO**

PARTIDAS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB-TOTAL	IVA (13%)	TOTAL
Instalaciones Provisionales	1	C/U	1065.83	1065.83	138.56	1204.39
Trazo para Tuberías	2069.90	ML	0.42	869.36	113.02	982.37
Trazo para pozo	26.00	ML	3.19	82.94	10.78	93.72
Excavación a Mano de 2 a 4 mts	5850.30	M3	4.27	24980.78	3247.50	28228.28
Excavación a Mano de 4 a 6 mts	15026.37	M3	4.77	71675.78	9317.85	80993.64
Desalojo de material sobrante	4289.74	M3	3.97	17030.27	2213.93	19244.20
Demolición de Tubería	1462.68	M3	37.14	54323.94	7062.11	61386.05
Fondo de pozo Ø2.5m	26.00	C/U	72.36	1881.36	244.58	2125.94
Cono de pozo con tapadera HoFo	26.00	C/U	329.32	8562.32	1113.10	9675.42
Caja Sosten	31.20	ML	56.10	1750.32	227.54	1977.86
Colocación de tuberías						
Diámetro 15"	56.00	ML	22.37	1252.72	162.85	1415.57
Diámetro 24"	480.25	ML	65.01	31221.05	4058.74	35279.79
Diámetro 36"	259.88	ML	134.13	34857.70	4531.50	39389.21
Diámetro 48"	404.80	ML	171.91	69589.17	9046.59	78635.76
Diámetro 60"	348.19	ML	201.12	70027.97	9103.64	79131.61
Diámetro 72"	576.10	ML	223.14	128550.95	16711.62	145262.58
Flete de Tuberías	8.75	ML	2125.22	18595.68	2417.44	21013.11
Cuñas Triangulares	25.00	C/U	35.00	875.00	113.75	988.75
Bajado de tuberías con grúa	924.29	ML	1.25	1155.36	150.20	1305.56
Relleno compactado con material selecto	7043.29	M3	18.23	128399.18	16691.89	145091.07
Relleno compactado con material existente	15434.15	M3	4.39	67755.92	8808.27	76564.19
Colocación de carpeta asfáltica	4042.22	M2	16.47	66575.36	8654.80	75230.16
Reparación en obras de drenaje existente	216.00	ML	32.82	7089.12	921.59	8010.71
Mampostería de piedra	120.40	M3	41.22	4962.89	645.18	5608.06
Emplantillado de piedra.	25.00	M2	13.04	326.00	42.38	368.38
Caja Tragante	14.00	C/U	349.19	4888.66	635.53	5524.19
Caja Tragante para calle de tierra	1.00	C/U	496.16	496.16	64.50	560.66
Seguridad Industrial	1.00	s.g	1.00	1000.00	130.00	1130.00
Prueba de hermeticidad	296.53	M3	15.43	4575.46	594.81	5170.27
				824417.25		931591.50

Como podemos observar de los cuadros anteriores es más económica la propuesta con tubería de plástico.

## CAPITULO VI: "CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES".

## 6.1 CONCLUSIONES

- Que los diámetros de tubería existentes ya no cumplen con la capacidad de descarga. Por lo que se deben de sustituir por diámetros de mayor capacidad.
- El sistema diseñado para solucionar el problema de las inundaciones resulta ser el que posee mayor factibilidad económica comparada con otras alternativas.
- Con la realización de las obras civiles propuestas en el presente proyecto, se logrará una evacuación rápida del caudal que circula en lo que es la zona de los mercados municipales de Ahuachapán y de la terminal.
- Con la realización del proyecto “MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACIÓN EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUACHAPÁN” se estará contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida de la población del municipio de Ahuachapán.

## 6.2 RECOMENDACIONES.

- ✓ La implementación inmediata del diseño del sistema de drenaje que se han planteado para la solución del problema de inundación.
- ✓ Mientras no se ejecute el proyecto, la alcaldía debe de proporcionar un constante mantenimiento de limpieza de los componentes del sistema de alcantarillado pluvial.
- ✓ Mejorar el sistema de recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos

## BIBLIOGRAFÍA

- Hidrología Aplicada.  
Ven Te Chow  
Editorial Mac Graw Hill, Segunda Edición 1994.
  
- Fundamentos de Hidrología de Superficie.  
Aparicio Mijares Francisco Javier.  
Tercera Edición, 1994.
  
- Guía Básica Para Realizar Estudios Hidrológicos en El Salvador.  
Sandra Elizabeth Hernández Díaz.  
Tesis UES, 1997.
  
- Propuesta de Solución al Problema del Drenaje Pluvial en el área urbana del municipio de Candelaria de la Frontera.  
Sonia Evelin Moran Zuniga.  
Tesis UES, 1998.
  
- Monografía de Ahuachapán.  
Casa de la Cultura de Ahuachapán  
2002.

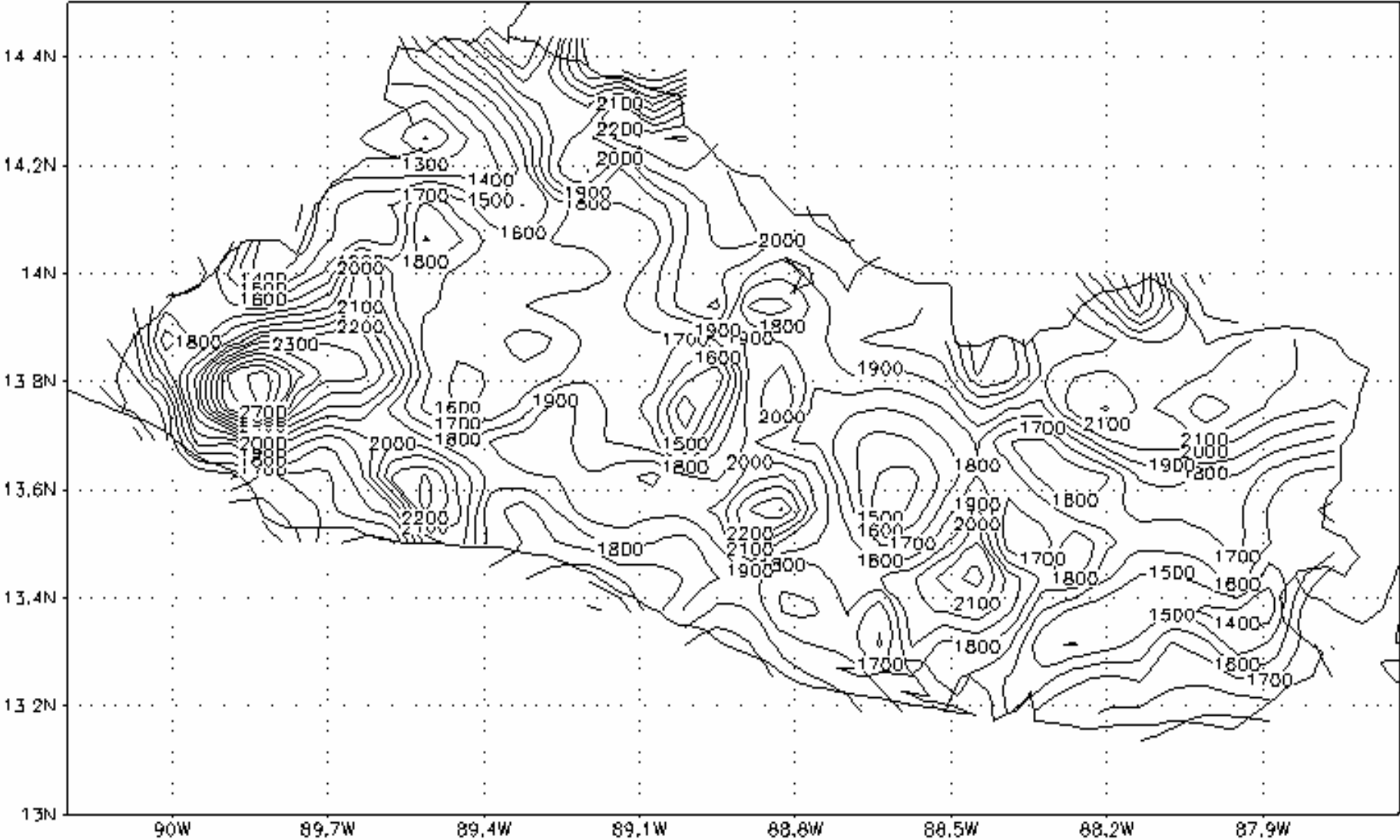
- Los Desastres en El Salvador, Visión Histórica Social Desastres por Actividad Metereológica.  
Velis L. Campo, N.  
Ministerio de Agricultura y Ganadería.
  
- La Prensa Gráfica.  
Edición El Heraldo de Occidente  
30-Agosto-2002.
  
- Metodología de la Investigación  
Roberto Hernández Sampieri  
Segunda Edición  
McGraw Hill
  
- Proyecto de un Canal de Descarga en el Sector Poniente de la Ciudad de Santa Ana Para el Drenaje Total del Sector Urbano Adyacente.  
Jerónimo Posadas; Amado Francisco  
Tesis UES, Enero 2003

A N E X O S



ANEXO 1: "GRAFICA DE PRECIPITACION ANUAL EL SALVADOR".

GRAFICA DE PRECIPITACIÓN ANUAL EL SALVADOR (En mm)

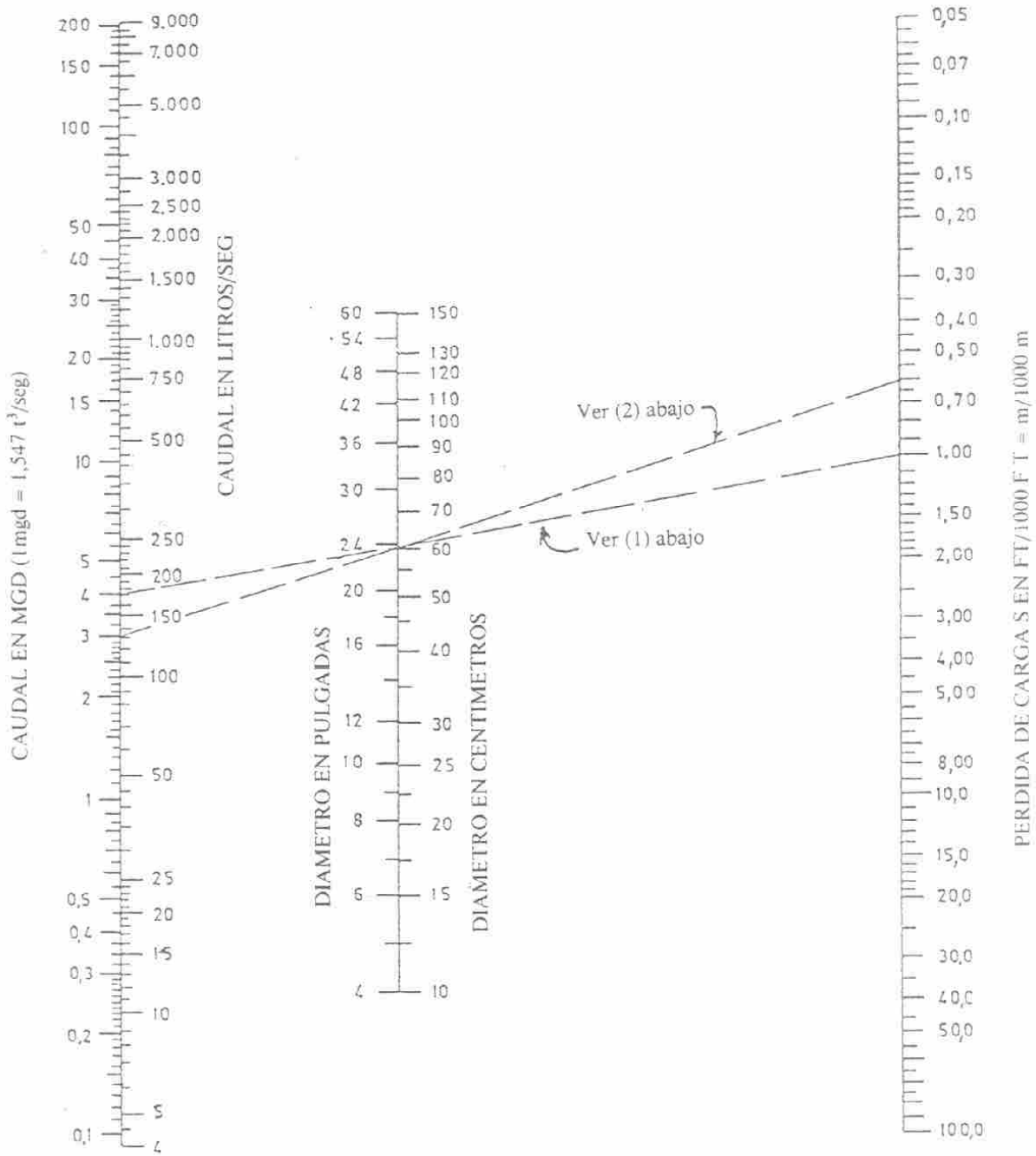


## ANEXO 2: "DIAGRAMAS FORMULA DE HAZEN-WILLIAMS"

# DIAGRAMA B-1

## MONOGRAMA DE CAUDALES

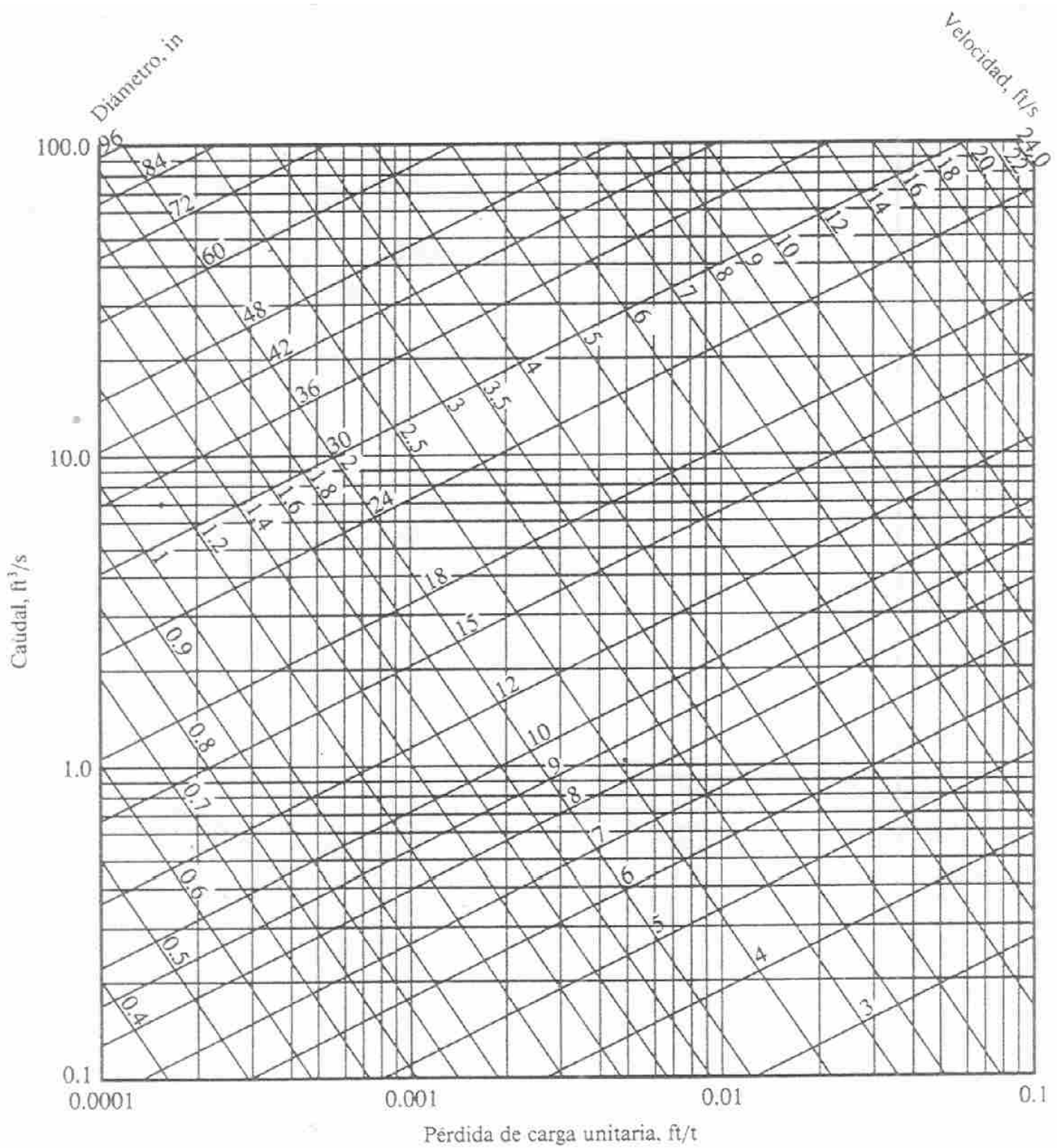
### FORMULA DE HAZEN-WILLIAMS, C = 100



#### UTILIZACION DEL MONOGRAMA

- (1) Dado  $D = 60$  cm,  $S = 1,0$  m/1000 m,  $C_1 = 120$ ; determinar el caudal  $Q$ .  
 El nomograma da  $Q_{100} = 170$  l/seg.  
 Para  $C_1 = 120$ ,  $Q = (120/100) 170 = 204$  l/seg.
- (2) Dado  $Q = 156$  l/seg,  $D = 60$  cm,  $C_1 = 120$ ; determinar la pérdida de carga.  
 Cambiando  $Q_{120}$  a  $Q_{100}$ :  $Q_{100} = (100/120) 156 = 130$  l/seg.  
 El nomograma da  $S = 0,60$  m/1000 m.

## ANEXO 3: "DIAGRAMAS FORMULA DE MANNING".



**Diagrama B-4.** Diagrama de tuberías: Ecuación de Manning ( $n = 0.013$ ). British Engineering System.

# ANEXO 4: "CUENCA EN ESTUDIO".



ANEXO 4:  
CUENCA EN  
ESTUDIO

## UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION  
EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUACHAPAN

PRESENTAN:  
OSCAR ARTURO MARTINEZ CAMPOS  
INMER ERNESTO MOYA LEMUS  
WALTER ALBERTO ZALDAÑA SANTOS





## ANEXO 5: "COMPROBACION DE LA PROBLEMÁTICA".



Fotografía 1: Rompimiento y acumulación de basura en caja tragante sobre la Avenida Francisco Menéndez.



Fotografía 2: Acumulamiento de Basura en caja tragante sobre 6ª Calle.



Fotografía 3: Obstrucción de caja tragante frente a Mercado Compañía Ahuachapán S.A.



Fotografía 4: Ripio y basura acumulada después de lluvias frente a Mercado Municipal No.2



Fotografía 5: Obstrucción de caja tragante que facilita la inundación frente a Mercado Municipal No. 1



Fotografía 6: Inundación en 1ª Calle Oriente y 5ª Avenida Sur.



Fotografía 7: Inundación en 6ª Calle Oriente Frente a Mercado Municipal No. 2



Fotografía 8. Pozo azolvado y dañado 12 Calle Oriente.



Fotografía 9: Limpieza de tuberías y cajas tragantes por trabajadores de la Alcaldía sobre la 1ª Calle Oriente y 5ª Avenida sur.

## ANEXO 6: "PERFILES DE LA RED DISEÑADA".

**PERFILES SUBTERRANEA SUR**

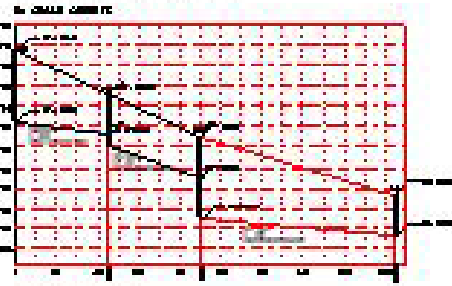


Fig. 1.01 - 1000000

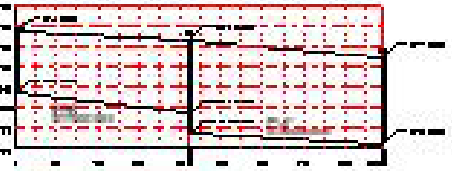


Fig. 1.02 - 1000000

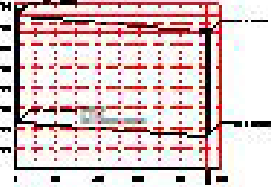


Fig. 1.03 - 1000000

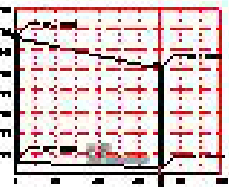
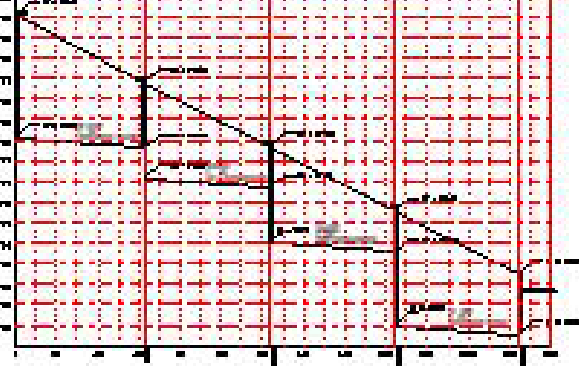


Fig. 1.04 - 1000000



**PERFILES SUBTERRANEA NORTE**

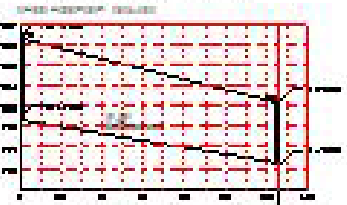


Fig. 1.05 - 1000000

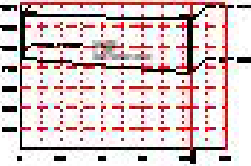


Fig. 1.06 - 1000000

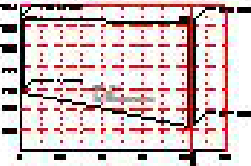


Fig. 1.07 - 1000000

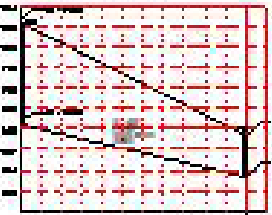


Fig. 1.08 - 1000000

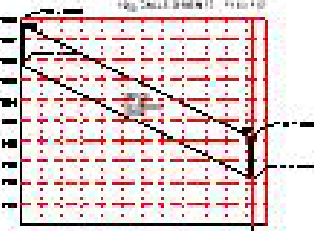
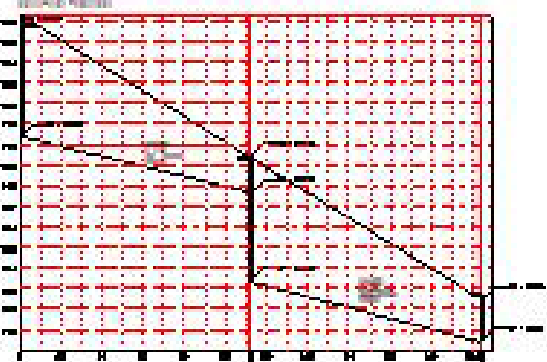


Fig. 1.09 - 1000000



**PERFILES SUBTERRANEA NOROCCIDENTAL**

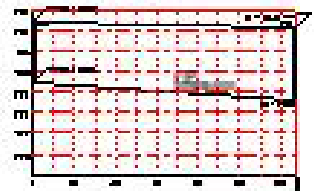


Fig. 1.10 - 1000000

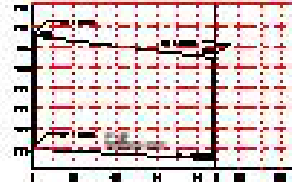
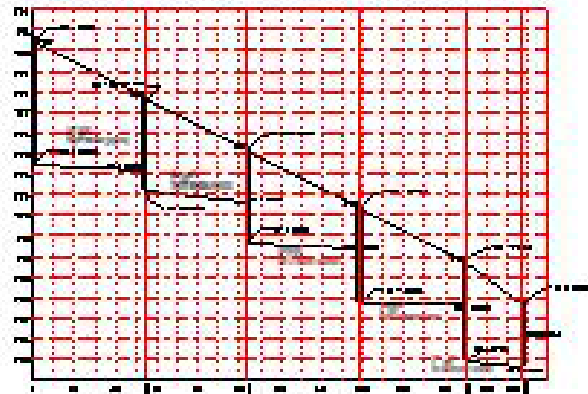


Fig. 1.11 - 1000000



<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR</b>	
PROYECTO DE ATRILACION DE ATRILAS PARA LA ATRILACION DEL SECTOR SUBTERRANEO DE LA ZONA DE LA GUADALUPE	
Escala 1:100	DISEÑADO POR: INGENIERO CIVIL INGENIERO EN ELECTRICIDAD INGENIERO EN MECANICA
DISEÑADO POR: INGENIERO CIVIL INGENIERO EN ELECTRICIDAD	ESCALA: 1:100 DISEÑADO POR:



# ANEXO 7: "RED DISEÑADA".

## ANEXO 7: RED DISEÑADA DE AGUAS LLUVIAS



## UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACION  
EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUACHAPAN

PRESENTAN:  
OSCAR ARTURO MARTINEZ CAMPOS  
INMER ERNESTO MOYA LEMUS  
WALTER ALBERTO ZALDAÑA SANTOS