

TUES  
1501  
A384d  
1996  
Lj.2

2286378  
Jan 17 1997

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO COMPLEMENTARIO DE SISTEMAS DE  
DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS  
DE LA CIUDAD DE CHALCHUAPA .**

PRESENTADO POR

SAUL ANDRÉS AGUIRRE ARGUETA  
JAIME WILFREDO RECINOS  
NELSON ANTONIO VANEGAS SALAZAR



15101670

15101670

PARA OPTAR AL TITULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO 1996

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

R E C T O R :

DR. JOSE BENJAMIN LOPEZ GUILLEN

SECRETARIO GENERAL :

LIC. ENNIO ARTURO LUNA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

D E C A N O :

ING. JOAQUIN ALBERTO VANEGAS AGUILAR

S E C R E T A R I O :

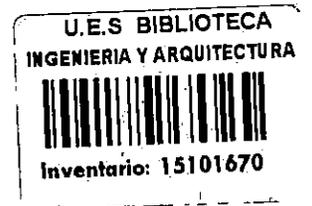
ING. JOSE RIGOBERTO MURILLO CAMPOS

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

D I R E C T O R :

ING. JULIO EDGARDO BONILLA ALVAREZ





**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**TRABAJO DE GRADUACION PREVIO A LA OPCION AL TITULO DE :**

**INGENIERO CIVIL**

**TITULO :**

**DISEÑO COMPLEMENTARIO DE SISTEMAS  
DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS  
DE LA CIUDAD DE CHALCHUAPA.**

**PRESENTADO POR :**

**SAUL ANDRES AGUIRRE ARGUETA**

**JAIME WILFREDO RECINOS**

**NELSON ANTONIO VANEGAS SALAZAR**

**TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR :**

**COORDINADOR :**

**ING. JOAQUIN MARIANO SERRANO CHOTO**

**ASESOR :**

**ING. MIGUEL ANGEL RIVAS MONTERROSA**

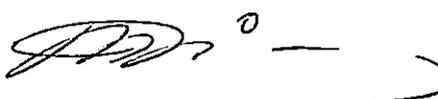
**SAN SALVADOR, MARZO DE 1996.**

TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR :

COORDINADOR :

  
ING. ~~JOAQUIN MARIANO~~ SERRANO CHOTO

A S E S O R :

  
ING. MIGUEL ANGEL RIVAS MONTERROSA

## AGRADECIMIENTOS

El presente documento fue posible realizarlo gracias a la colaboración incondicional de algunas personas, va nuestro imperecedero agradecimiento a:

ING. MIGUEL ANGEL MARROQUIN.

ING. RAUL ERNESTO MARTINEZ.

ING. JORGE FLORES.

ING. MAXIMO PANIAGUA.

ING. MARIO ALBERTO UREY.

A nuestro Coordinador :

ING. JOAQUIN MARIANO SERRANO CHOTO.

A nuestro Asesor :

ING. MIGUEL ANGEL RIVAS MONTERROSA.

Así como a :

DIRECCION DE URBANISMO Y ARQUITECTURA  
SECCION OCCIDENTAL.

## DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO : Por permitirme estar con vida para obtener este triunfo.

A MI MADRE : ALICIA RECINOS RUIZ, a quien le debo todo lo que soy.

A MI HERMANA : ANGELICA YANIRA RECINOS, por su apoyo en todo momento.

A MIS PADRINOS : MARIA JULIA CUELLAR y CARLOS HERBERT MOLINA CUELLAR.

A MI COMPAÑERO DE TESIS : SAUL ANDRES AGUIRRE ARGUETA, que no tuvo la oportunidad de celebrar este triunfo con nosotros, pero que siempre vivirá en nuestros corazones.

A MI COMPAÑERO DE TESIS : NELSON ANTONIO VANEGAS SALAZAR, por su preocupación y esfuerzo a lo largo de este trabajo.

## DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO : Por haberme guiado en el camino hacia la obtención de mi meta y por cumplir muchas de mis peticiones.

A MIS PADRES : NAHUM L. SALAZAR y MARIA MAGDALENA VANEGAS, por haberme apoyado siempre y por enseñarme el sendero a seguir en mi vida.

A MIS HERMANOS : VILMA ELIDA, RENE WALTER Y WILLIAM ERNESTO, por brindarme cariño y darme aliento para seguir adelante.

A MI SOBRINA : ROCIO IVETH, con cariño especial.

A MI COMPAÑERO DE TESIS : SAUL ANDRES AGUIRRE ARGUETA, de quien guardo gratos recuerdos y que ya no está con nosotros para disfrutar este triunfo.

A MI COMPAÑERO DE TESIS : JAIME WILFREDO RECINOS, por contribuir a este logro de todos.

A FAMILIARES Y AMIGOS : Que de una u otra forma me dieron muestras de apoyo durante mi formación académica.

N E L S O N .

Este trabajo de Graduación es un homenaje póstumo a nuestro compañero SAUL ANDRES AGUIRRE ARGUETA, quien dedicó muchas horas para la realización de este proyecto, pero que por designios divinos falleció trágicamente faltando pocas semanas para la presentación de este documento.

Los Autores.

# INDICE

## RESUMEN

## INTRODUCCION

## CAPITULO I

1.0	GENERALIDADES . . . . .	1
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA . . . . .	2
1.1.1	ANTECEDENTES. . . . .	2
1.1.2	ENFOQUE DEL PROBLEMA . . . . .	4
1.1.2.1	IMPORTANCIA DEL PROYECTO . . . . .	4
1.1.2.2	JUSTIFICACION. . . . .	5
1.2	OBJETIVOS. . . . .	6
1.2.1	OBJETIVOS GENERALES . . . . .	6
1.2.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS . . . . .	6
1.3	ALCANCES Y LIMITACIONES. . . . .	10
1.3.1	ALCANCES. . . . .	10
1.3.2	LIMITACIONES. . . . .	10
1.4	REVISION BIBLIOGRAFICA . . . . .	11
1.4.1	HIDROLOGIA. GENERALIDADES. . . . .	11
1.4.2	SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL. GENERALIDADES . . . . .	16
1.4.2.1	ELEMENTOS DEL DRENAJE PLUVIAL. . . . .	17
1.4.2.2	FACTORES DETERMINANTES DE LA CAPACIDAD DE LOS ELEMENTOS DEL DRENAJE PLUVIAL . . . . .	25

## CAPITULO II

2.0	MATERIALES, METODOLOGIA Y ANALISIS HIDROLOGICO DE UNA CUENCA HIDROGRAFICA . . . . .	.36
2.1	INFORMACION REQUERIDA . . . . .	.36
2.1.1	CARTOGRAFIA . . . . .	.36
2.1.2	HIDROMETEOROLOGIA . . . . .	38
2.1.3	GEOLOGIA . . . . .	.38
2.1.4	ESTACIONES CLIMATOLOGICAS . . . . .	40
	METODOS PARA DETERMINAR EL CAUDAL DE ESCORRENTIA . . . . .	40
A.	METODOS DIRECTOS. . . . .	40
B.	METODOS INDIRECTOS. . . . .	.40
B.1	METODO DE LAS ISOCRONAS. . . . .	40
B.2	METODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO . . . . .	44
B.3	METODO RACIONAL . . . . .	.49
2.2	CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS DE LA CUENCA. . . . .	.51
2.3	ESTUDIO HIDROLOGICO . . . . .	.52

### CAPTULO III

3.0	DESCRIPCION ACTUAL DEL SISTEMA DE DRENAJE . . . . .	.72
3.1	CRONOLOGIA DEL SISTEMA. . . . .	.72
3.2	SISTEMA ACTUAL. . . . .	.72
3.3	ZONAS CRITICAS DE INUNDACION . . . . .	.74
3.4	FOTOGRAFIAS MOSTRANDO LA ESCORRENTIA GENERADA POR LA CUENCA . . . . .	79
3.5	FOTOGRAFIAS DE ALGUNOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE LA CIUDAD . . . . .	86
3.6	CALCULO DE CAUDALES Y VELOCIDADES MEDIANTE EL NOMOGRAMA DE HAZEN WILLIAMS. . . . .	.102
3.7	EVALUACION DE LA EFICIENCIA CON LA QUE FUNCIONAN LOS RAMALES DE TUBERIA EN LA CIUDAD. . . . .	.104

### CAPTULO IV

4.0	ALTERNATIVAS DE SOLUCION . . . . .	111
4.1	DRENAJE PERIFERICO. . . . .	111
4.2	SUSTITUCION COMPLETA DEL SISTEMA ACTUAL DE DRENAJE . . . . .	114
4.3	SOLUCION AL PROBLEMA POR RAMALES PARCIALES. . . . .	117
4.4	SOLUCION AL PROBLEMA POR RAMALES INDEPENDIENTES . . . .	120

## CAPITULO V

5.1	DESCRIPCION DEL DISEÑO. . . . .	125
5.2	JUSTIFICACIONES DE DISEÑO. . . . .	127
5.3	CALCULO DE CAUDALES DE DISEÑO . . . . .	130
5.4	CALCULOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE . . . . .	133
5.4.1	DISEÑO DE RAMAL No.1. . . . .	133
5.4.2	DISEÑO DE RAMAL No.2 . . . . .	133
5.4.3	DISEÑO DE RAMAL No.3. . . . .	134
5.4.4	DISEÑO DE RAMAL No.4. . . . .	136
5.5	CALCULOS DE DISEÑO DE OBRAS DE CAPTACION. . . . .	136
5.5.1	DISEÑO DE OBRAS DE CAPTACION DE RAMAL No.1. . . . .	136
5.5.2	DISEÑO DE OBRAS DE CAPTACION DE RAMAL No.2. . . . .	137
5.5.3	DISEÑO DE OBRAS DE CAPTACION DE RAMAL No.3. . . . .	139
5.5.4	DISEÑO DE OBRAS DE CAPTACION DE RAMAL No.4 . . . . .	140
5.6	NOTAS DE DISEÑO . . . . .	141
5.7	ESQUEMAS DE OBRAS DISEÑADAS. . . . .	143
5.8	PERFILES. . . . .	147

## CAPITULO VI

6.1	CONCLUSIONES. . . . .	150
6.2	RECOMENDACIONES . . . . .	151

## A N E X O S

A-1	BOVEDAS TIPOS
A-2	MANUAL DE TUBERIA RIB-LOC
A-3	REGLAMENTO DE DUA PARA DISEÑO DE AGUAS LLUVIAS

## BIBLIOGRAFIA

# RESUMEN

## INTRODUCCION

Es de vital importancia que toda Ciudad, cuente con un adecuado sistema de drenaje pluvial, el cual permita el desalojo oportuno de la escorrentía superficial durante la época lluviosa.

En el presente trabajo se hizo una evaluación del sistema actual de drenaje de aguas lluvias de la Ciudad de Chalchuapa, a fin de buscar una solución a los problemas que se presentan en época lluviosa.

### ENFOQUE DEL PROBLEMA.

Chalchuapa es una ciudad de tamaño mediano, de origen colonial, en las últimas décadas la ciudad ha crecido sin control, por lo que la mayoría de sus calles no presenta sistema de drenaje de aguas lluvias; sino que, la ciudad sólo cuenta con tres ramales de drenaje pluvial que en la actualidad no cumplen con un adecuado drenaje pluvial.

Siendo Chalchuapa una ciudad de importancia turística y comercial es necesario que cuente con un adecuado sistema de drenaje de aguas lluvias. Por lo que en este proyecto se presenta la solución al problema imperante en la ciudad en época lluviosa.

Se realizó un estudio completo basado en el tema "Diseño Complementario de Sistemas de Drenaje de Aguas Lluvias de la Ciudad de Chalchuapa", auxiliándose de notas bibliográficas para obtener información sobre definiciones hidrológicas y de drenaje pluvial.

Se presentan tres diferentes métodos para el cálculo del caudal de diseño, utilizando el más sencillo y práctico, el Método Racional, cuyas suposiciones son aplicables a la cuenca en estudio. Debido a que son obras primarias a diseñar se hicieron con un período de diseño de 25 años.

El Capítulo III presenta una descripción del sistema actual de drenaje detallando las obras existentes, así como también las zonas críticas de inundación.

Se realizó un chequeo del sistema de drenaje pluvial existente para revisar la capacidad del sistema y sus velocidades a tubo lleno, dicho análisis fué la base para evaluar la eficiencia con que el sistema funciona. Realizado dicho estudio se procedió a proponer alternativas de solución, siendo las siguientes :

**1. DRENAJE PERIFERICO.**

Consiste en un canal de mampostería de piedra de sección y pendiente hidráulica idónea para un buen drenaje que recorra la periferia de la ciudad, dicho canal se cambiará por bóveda cuando recorra por calles de la ciudad, hasta descargar el caudal total generado en la cuenca en la quebrada Chinquiz.

**2. SUSTITUCION COMPLETA DEL SISTEMA ACTUAL DE DRENAJE.**

Se propone la sustitución de los ramales de drenaje pluvial, por un sólo sistema que recorra la ciudad y al cual se dirigirá el caudal proveniente de las sub-cuencas por medio del diseño de ramales secundarios.

**3. SOLUCION AL PROBLEMA POR RAMALES PARCIALES.**

Se propone un ramal de tubería o bóveda para conducir el caudal de la sub-cuenca No.1 para descargar en la Laguna Cuzcachapa.

Para la conducción de las otras tres sub-cuencas se propone el diseño de ramales de tubería o bóveda y que converjan a la caja existente, hasta donde su capacidad lo permita y para la que tendrán que modificarse sus dimensiones para poder cumplir con la demanda.

#### 4. SOLUCION AL PROBLEMA POR RAMALES INDEPENDIENTES.

Consiste en el diseño de cuatro ramales de drenaje de aguas lluvias independientes para cada una de las sub-cuencas tributarias, aprovechando también la caja existente en la ciudad para transportar el caudal de una sub-cuenca.

De todas las alternativas presentadas se seleccionó la última por presentar ventaja sobre las demás en cuanto a condiciones técnicas necesarias para un drenaje de aguas lluvias.

Seleccionada la alternativa se procedió a su diseño, el que se hizo en base al cálculo de caudales de cada sub-cuenca adicionándoles el caudal generado en las zonas urbanas. Además se hizo una descripción detallada de los cuatro ramales independientes diseñados con sus justificaciones y notas de diseño. Se diseñaron también las respectivas obras de captación de cada ramal con detalles de construcción.

Finalmente se presentan los esquemas de las obras diseñadas, tanto de conducción como de captación y los perfiles de los ramales independientes diseñados.

Después de todo lo anteriormente mencionado se obtuvieron conclusiones y recomendaciones que ayudarán en un futuro a llevar a cabo el proyecto de "Diseño Complementario de Sistemas de Drenaje de Aguas Lluvias de la Ciudad de Chalchuapa".

## INTRODUCCION

Es de vital importancia que toda Ciudad, cuente con un adecuado sistema de drenaje pluvial, el cual permita el desalojo oportuno de la escorrentía superficial durante la época lluviosa.

Un sistema inadecuado o muy antiguo por no tener la capacidad hidráulica adecuada origina problemas de inundaciones, lo cual produce daños a los bienes de la población así como a la infraestructura de la Ciudad y en algunos casos con pérdidas de vidas humanas; inundaciones que deterioran las calles, dificultan el tránsito de vehículos e impiden el paso peatonal.

En el presente trabajo se hizo una evaluación del sistema actual de drenaje de aguas lluvias de la Ciudad de Chalchuapa, a fin de buscar una solución a los problemas que se presentan en época lluviosa.

El desarrollo del trabajo se realizó con la ayuda de visitas de campo, entrevistas, consultas bibliográficas, cálculos, análisis e investigaciones propias, que permitieron obtener conclusiones y sugerir recomendaciones para el mejoramiento de dicho sistema.

C A P I T U L O I

## CAPITULO I

### 1.0 GENERALIDADES

Chalchuapa, Ciudad y Distrito del mismo nombre, situada a 710 metros sobre el nivel del mar. Esta limitado al Norte por la República de Guatemala y el Municipio de Candelaria de la Frontera; al Este por los Municipios de El Porvenir, San Sebastian Salitrillo y Candelaria de la Frontera, al Sur-Este por el Municipio de Santa Ana; al Sur-Oeste por el Municipio de Atiquizaya, y el Refugio; al Nor-Oeste por la República de Guatemala; el área del Municipio es de 165.76 Kilómetros cuadrados y se encuentra entre 13° 53'50" latitud Norte y los 89°40'45" longitud Oeste, a 13 Kilómetros de la ciudad de Santa Ana.

En el transcurso de los últimos años, han ocurrido numerosos cambios en la ciudad de Chalchuapa, la cual ha experimentado un crecimiento poblacional y por consiguiente un aumento de las áreas urbanas y una reducción en las áreas de infiltración, lo cual ha originado que una mayor cantidad de escorrentía superficial corra por la ciudad. Esto unido a que en nuestro medio se dan épocas lluviosas copiosas, origina que la cantidad de agua lluvia que se concentra en la ciudad sea abundante provocando problemas de inundación en las principales arterias.

Es de hacer notar que el agua lluvia en su recorrido por la superficie al no ser desalojada por el inadecuado sistema de drenaje actual, está repercutiendo en el desgaste de los elementos constitutivos de las calles adoquinadas y pavimentadas.

Todo esto, induce a abordar el problema y brindarle soluciones de carácter técnico, con disposiciones de proyección futurista para que este problema no se repita más adelante, y además, que éstas soluciones

estén acorde con la realidad física, económica y social de la ciudad.

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1.1 ANTECEDENTES

El fenómeno de la precipitación es uno de los factores climatológicos que más inciden en los problemas encomendados a la hidrología. La precipitación ocurre en distintas intensidades y láminas, tanto si se trata de una tormenta aislada, o bien de la precipitación anual.

Después de una tormenta y durante un período relativamente corto, parte de la precipitación escurre sobre la superficie de la tierra; agua que debe ser conducida por las estructuras de drenaje, desde los lugares en que no se desea su acumulación, hasta los puntos de descarga, dicha conducción debe hacerse en un tiempo lo suficientemente corto como para evitar grandes caudales que pueden provocar daño a la comunidad.

Al observar el comportamiento meteorológico se puede fijar en el país dos estaciones claramente definidas y dos períodos de transición entre las estaciones correspondientes, así como también, límites fijados por las precipitaciones y no por los cambios de o en la vegetación, como se presenta en otras partes del planeta. Las siguientes estaciones (Invierno y Verano) y períodos de transición se han delimitado, basándose en observaciones verificadas en nuestro país.

Se ha mencionado todo lo anterior referente a precipitaciones y esorrentía, ya que son los fenómenos que provocan la inundación de calles en época lluviosa en la ciudad de Chalchuapa, unida a la incapacidad de evacuación del sistema actual de drenaje de aguas lluvias.

La ciudad de Chalchuapa es de origen colonial, por lo que inicialmente

se construyó con drenaje superficial sobre calles de tierra, posteriormente, algunas calles principales fueron empedradas, conservándose el mismo tipo de drenaje. A medida que la ciudad fue creciendo, se presentaron los problemas de inundaciones en sus calles, ya que convergió hacia ella la escorrentía superficial recaudada en los cantones ubicados al Sur de la misma.

Analizando el problema, la Dirección de Urbanismo y Arquitectura (D.U.A.) construyó algunos ramales de tubería de drenaje pluvial pero que en la actualidad no cumplen con el objetivo con el cual fueron diseñados, por lo que se hace necesario un rediseño del mismo.

Actualmente, se cuenta con poca información en las oficinas de D.U.A. debido a que gran parte de la documentación recopilada fue consumida por un incendio ocurrido en la década de los años 80. Por lo tanto, no se tiene antecedentes más exactos acerca del sistema de drenaje.

### 1.1.2 ENFOQUE DEL PROBLEMA

Chalchuapa es una ciudad de tamaño mediano que remonta su origen en la época colonial; en las últimas décadas, la ciudad ha crecido sin control, razón por lo cual, la mayoría de sus calles no presenta sistema de drenaje de aguas lluvias ya que solo se cuenta con tres ramales de tuberías de desagüe, las cuales no cumplen con su objetivo de diseño debido a la falta de estructuras de captación (cordón-cuneta, cajas tragantes, etc.). Como es lógico de pensar, al ocurrir la precipitación, las obras existentes no reciben toda el agua superficial, lo cual ocasiona un torrente que llega a alcanzar en las condiciones más críticas, el ancho de las calles sobre las cuales circula. Esto debido a que se adiciona al agua precipitada en la ciudad el agua caída en cantones aledaños, tal como se mencionó en el numeral anterior. Las inundaciones se dan principalmente en cuatro avenidas que son: 9a Av. Sur, 1a. Av. Sur, Av. 2 de Abril Sur y 10a Av. Sur. Cuando esto ocurre, es casi imposible para el peatón cruzar dichas arterias y es muy dificultoso transitar en vehículos sobre ellas. Por todo lo antes mencionado es necesario hacer un estudio hidrológico e hidráulico a fin de poder solucionar el problema de inundaciones que en estas arterias se da, lo cual será posible gracias a la información proporcionada por la Dirección de Urbanismo y Arquitectura región occidental, CENREM, Instituto Geográfico de El Salvador y nuestras propias investigaciones.

#### 1.1.2.1 IMPORTANCIA DEL PROYECTO

La ciudad de Chalchuapa es una de las ciudades más importantes de la República de El Salvador, lo cual se puede comprobar con el Título de Distrito que se le ha concedido, por lo cual, no tiene razón de dejarse en el olvido por parte de las autoridades gubernamentales en ninguna

de sus funciones. Por otra parte, Chalchuapa posee un carácter histórico-turístico, por tal motivo, sus vías vehiculares deben permanecer en buen estado para la comodidad del usuario y la imagen de la ciudad. Por lo expuesto anteriormente, es que se denota la importancia de que la misma cuente con sus vías vehiculares en buen estado, ya que actualmente muchas se encuentran deterioradas a causa de ineficientes procesos constructivos con que se realizan, pero también es debido a la cantidad de escorrentía superficial que sobre ellas circula en época lluviosa, estación en la que más problemas presentan al usuario tanto peatonal como vehicular.

#### 1.1.2.2 JUSTIFICACION

Como ya se ha señalado anteriormente, cuando ocurre la precipitación se da la obstrucción de algunas avenidas, la cuales dirigen el caudal de agua recolectada hacia la 1a. Calle, exceptuando a la 9a Av. Sur, que lo dirige hacia la laguna Cuzcachapa. Es necesario pues, rediseñar el sistema de drenaje de aguas lluvias, principalmente el ramal ubicado a lo largo de la 5a. calle y que converge con otro ramal en la 10a Av. Sur y que desemboca finalmente en una quebrada al final de dicha avenida (Ver Figura No.1); ya que es el que puede utilizarse para conducir el agua proveniente de los cantones: Piedra Rajada, El Cuje, Las Cruces, El Porvenir, Las Flores, El Calvario, El Arado, La Libertad. (Ver Figura No.2). Actualmente esta tubería se encuentra sub-utilizada pues no cuenta con estructuras de captación adecuadas, sino que cuenta con cajas tragantes y parrillas que están fuera de servicio o que se obstruyen fácilmente con los sólidos flotantes que arrastran la escorrentía superficial proveniente de los cantones mencionados.

Al elaborar este proyecto de "Diseño Complementario de Sistemas de Drenaje de Aguas Lluvias" se estará haciendo un gran aporte social a

la ciudad de Chalchuapa, que es una de las funciones de la Universidad de El Salvador.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVOS GENERALES**

- a) Realizar un análisis de la condición en que se encuentran las obras hidráulicas existentes, verificando si es o no necesario plantear otra alternativa de diseño.
- b) Plantear la solución al problema hidráulico que afecta la zona urbana, a fin de poder mejorar las condiciones de tránsito, y además que al implementarse ayude a disminuir el deterioro de las calles debido a la gran cantidad de agua superficial que sobre ellas se drena.
- c) Establecer al final del trabajo de investigación las obras hidráulicas que sean adicionales o complementarias que permitan una mejor funcionalidad en el desalojo superficial del agua precipitada en la ciudad de Chalchuapa para evitar las inundaciones.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- a) Realizar el estudio hidrológico, para determinar la cantidad de escorrentía superficial que es drenada en este caso por las calles, realizando un chequeo del diseño actual de las tuberías y obras hidráulicas existentes, así como realizar un diseño complementario en las zonas en donde se requiera.

- b) Plantear las recomendaciones técnicas que pueden servir de apoyo a instituciones como la Dirección de Urbanismo y Arquitectura, a la municipalidad y otras organizaciones interesadas en ejecutar el proyecto de mejoramiento de drenaje.

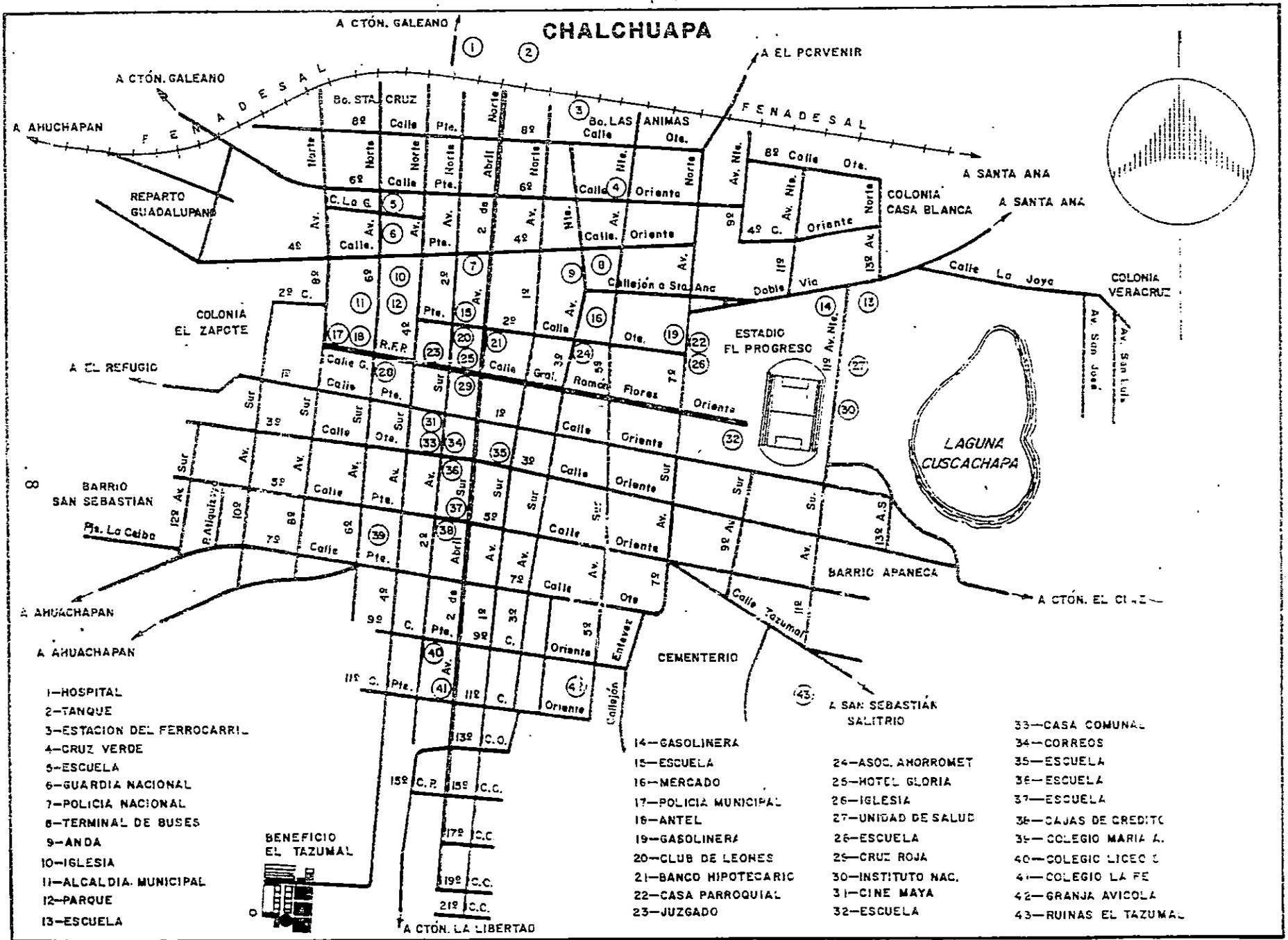


FIG. 1

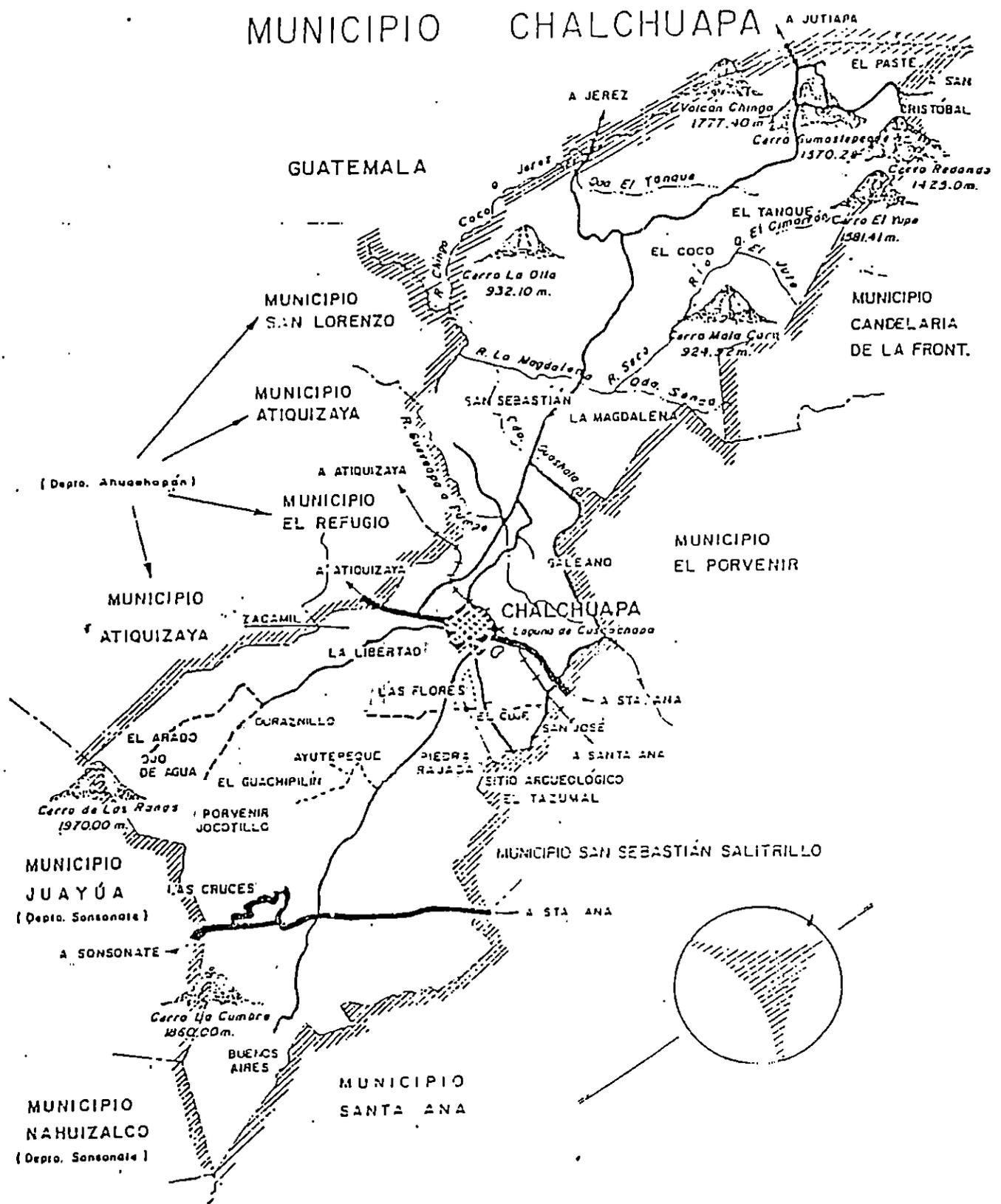


FIG. 2 9

### 1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES

#### 1.3.1 ALCANCES

- a) Elaborar un diagnóstico del sistema actual de drenaje de aguas lluvias de la ciudad de Chalchuapa, que permita evaluar la eficiencia con que éste funciona y a partir de él proponer la mejor solución al problema.
- b) En base al diagnóstico elaborar una serie de alternativas que den solución al problema actual del drenaje de aguas lluvias, tomando en consideración el aspecto económico, de manera que la alternativa seleccionada sea factible en su construcción.
- c) Realizar el diseño de la alternativa seleccionada, de manera que puede ser tomada en cuenta por las instituciones idóneas, para resolver el problema que por mucho tiempo se ha mantenido en esta Ciudad.

#### 1.3.2 LIMITACIONES

- a) Una de las principales limitantes para el presente trabajo será el hecho de la inexistencia de documentos que den referencia del sistema actual de drenaje de aguas lluvias de la ciudad de Chalchuapa. Dichos documentos que constituirían los antecedentes del problema fueron destruidos a causa de un incendio en la Institución en la década de los años 80, por lo cual, nos auxiliaremos de una pequeña fuente de datos recolectados recientemente, por el Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano que consiste en un levantamiento planimétrico.
- b) Debido a la desaparición de documentos no se cuenta con perfiles que muestren como está configurado el sistema de drenaje de aguas lluvias de la ciudad, por lo cual será necesario realizar un

levantamiento topográfico que permita visualizar si el sistema cumple o no con los reglamentos respectivos y a partir de éste, diagnosticar la mejor solución y diseñarla.

- c) Por encontrarse solamente dos estaciones pluviográficas en la ciudad de Chalchuapa, para realizar el estudio hidrológico, fue necesario auxiliarse de una tercera estación que está afuera de ella, la cual constituye un punto de interés para nuestro estudio, ya que sirve de comprobación con las otras dos estaciones existentes.

#### 1.4 REVISION BIBLIOGRAFICA

##### 1.4.1 HIDROLOGIA. GENERALIDADES

La Hidrología es la ciencia que estudia las aguas terrestres, su origen, su movimiento y su repartición en el planeta; sus propiedades físicas y químicas, su interacción con el medio ambiente físico y biológico y su influencia sobre las actividades humanas.

Según esta definición, la Hidrología responde a la satisfacción de las necesidades de los seres humanos, procurando no perturbar el medio ambiente.

Una definición más simplista, en el sentido de la palabra, es que la Hidrología es la ciencia que trata de la hidrósfera y los fenómenos del agua que en ella ocurren. <sup>(1)</sup>

#### A. DEFINICIONES. <sup>(1)</sup>

En el inicio de este estudio, se dan algunos conceptos, como información de apoyo, para poder comprender el tema a desarrollar.

- (1) Hidrología para Ingenieros, Segunda Edición. Autor: Ray K. Linsley, Editorial Mc Graw Hill.

## 1. PRECIPITACION

Es toda forma de humedad que proviene de las nubes y cae sobre la superficie de la tierra, tanto en forma líquida como sólida (agua, granizo, etc). Estas formas de precipitación son medidas, por su equivalente en agua a través de pluviómetros.

### a) Intensidad de Lluvia.

Es la relación existente, entre la cantidad de lluvia caída en un lugar y duración de ella. La intensidad se expresa en mm/min o mm/hora.

### b) Tiempo de Duración de la Lluvia.

Es el tiempo durante el cual, el fenómeno de la precipitación se realiza, pero sólo para un evento.

### c) Frecuencia.

Es la persistencia de los fenómenos ocurridos para distintas intensidades.

## 2. CUENCA HIDROGRAFICA

Es una extensión de terreno, que cuenta con características orográficas, geológicas, de vegetación propias de cada una. Además de su ubicación geográfica, latitud, longitud y altitud, que diferencian a una de otra cuenca.

## 3. COBERTURA VEGETAL

Es la vegetación contenida en un área específica, y según como sea la cantidad de ésta, así será mayor o menor la transpiración.

## 4. PENDIENTE DEL TERRENO

Es el grado de inclinación de éste, con respecto a un plano horizontal imaginario. Según sea su inclinación, así será la velocidad de la escorrentía superficial la cual es expresada en porcentaje.

## 5. PERMEABILIDAD DEL SUELO

"Es la capacidad de transmitir el agua y el aire"; si la permeabilidad es elevada ofrece un buen escurrimiento.

### a) Propiedades Geológicas.

Dependiendo de la constitución y propiedades geológicas de los materiales presentes, así se tendrá una idea de la permeabilidad del terreno.

### b) Influencia de la Pedología.

La Pedología clasifica los tipos de suelo existentes en una región dada, siendo la permeabilidad una variable dependiente del tipo y granulometría del suelo.

## 6. ESCORRENTIA

### a) Escorrentía Superficial.

Es el flujo que se mueve por gravedad, sobre la superficie del suelo, según la pendiente del terreno y de la micro-red hidrográfica de las aguas que han escapado a la infiltración, evaporación y almacenaje superficial.

### b) Escorrentía Subsuperficial.

Es la escorrentía, de la parte de las precipitaciones infiltradas que fluye primero, casi horizontalmente, por las capas superiores del terreno, para reaparecer posteriormente al aire libre, en el encuentro de un canal, de un talud o generalmente en la superficie del suelo, en un nivel inferior al de su punto de infiltración.

**B. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO DE UNA CUENCA HIDROGRAFICA.**

**B.1 FACTORES CLIMATICOS.**

Son aquellos que dependen de condiciones meteorológicas, especialmente de la precipitación. Los factores climáticos son:

a) Intensidad de la Precipitación

Mientras más intensa sea una lluvia, se producirá una avenida mayor o viceversa, siendo ésta, inversamente proporcional al tiempo de duración.

b) Duración de la Precipitación.

Una lluvia que dure más tiempo que otra, producirá una avenida mayor, siempre que la duración sea igual o menor al tiempo de concentración de la cuenca.

c) Distribución Espacial de la Precipitación.

Se refiere a la cantidad de precipitación, así como a su concentración dentro del espacio físico denominado cuenca.

Se puede aseverar que si llueve en un lugar cercano al punto bajo estudio, la avenida generalmente será mayor y en iguales condiciones

de intensidad y duración que si lloviera en lugares más lejanos, ya que en el primer caso el camino es más corto y habrá menos pérdidas.

d) Dirección del Movimiento de la Precipitación.

Si la lluvia se dirige al punto bajo estudio, la avenida será mayor; ya que su distribución espacial será uniforme y el incremento de los caudales será proporcional a la cantidad de lluvia.

e) Precipitaciones Anteriores.

Si ha llovido mucho anteriormente, la humedad del suelo será mayor, la infiltración será menor y, por lo tanto, la avenida será mayor.

**B.2. FACTORES FISIOGRAFICOS.**

Se establecen con el fin, de obtener la relación hidrológica, entre cuencas comparables. Entre estos factores, se mencionan:

a) Superficie de la Cuenca.

Indica el área drenada, es decir, desde donde nace hasta el punto de interés; a mayor extensión del área tributaria, las avenidas tenderán a ser mayores, por el efecto físico del área.

b) Forma de la Cuenca.

La forma de la cuenca tiene fundamental importancia en la cantidad de escorrentía, ya que para una misma área y una misma intensidad de lluvia, el hidrograma de salida depende directamente de la forma de la cuenca.

c) Elevación Media de la Cuenca.

Es un factor que se considera y relaciona con la temperatura y la precipitación. Para calcular la elevación media de una cuenca, se hace uso de un mapa cartográfico que contenga curvas de nivel del terreno.

d) Pendiente Media de la Cuenca.

Guarda una relación completa con el grado de infiltración, con la humedad del suelo y con la contribución de agua subterránea a la corriente del cauce.

#### 1.4.2 SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL. GENERALIDADES

Se da el nombre de sistema de drenaje pluvial, al conjunto de obras e instalaciones destinadas a desaguar las aguas generadas por las precipitaciones pluviométricas, que fluyen superficial y subterráneamente en una área determinada.

Los sistemas de aguas lluvias generalmente, son menos extensos que los de aguas negras, debido a que pueden descargarse en el canal de drenaje más próximo y adecuado; en cambio el alcantarillado sanitario tiene que ser llevado a puntos más lejanos, donde su descarga no resulte perjudicial. Para descargar las aguas lluvias debe buscarse naturalmente la trayectoria más corta hacia los canales superficiales existentes.

Los factores determinantes de la capacidad de los elementos del drenaje pluvial son:

- a) La intensidad, duración y frecuencia de las tormentas.
- b) Topografía del terreno.
- c) Tamaño de las áreas tributarias y las características del escurrimiento.
- d) La economía en el diseño.

Las tormentas a considerarse para el diseño pluvial, son aquellas que a través del tiempo han demostrado tener una frecuencia e intensidad objetables.

La precipitación cae en el suelo, áreas techadas y otras áreas impermeables, arrastrando sólidos y materia orgánica fácilmente putrescible; llega a las cunetas de pasajes peatonales y calles, fluye por ellas, penetrando en las coladeras (tragantes) para ser conducidas por tuberías hasta los puntos de descarga.

La topografía del terreno determina el sentido del escurrimiento superficial, el cual puede ser lento o rápido según la inclinación o pendientes de las áreas a drenar.

Las dimensiones de las áreas y el tipo de superficie donde se origina la escorrentía, influyen en la cantidad de caudal a transportar por las estructuras pluviales de acuerdo al grado de permeabilidad de dichas áreas.

#### 1.4.2.1 ELEMENTOS DEL DRENAJE PLUVIAL

El sistema del desagüe pluvial, normalmente comprende :

- A) Estructuras de conducción: canales y tuberías.
- B) Estructuras de captación: tragantes.
- C) Estructuras de conexión: pozos de visita.
- D) Estructuras de descarga: muros, cabezales, etc.

##### A) Estructuras de Conducción.

Su objetivo es transportar la escorrentía pluvial proveniente de las diversas áreas tributarias. Se clasifican como canales abiertos funcionando generalmente parcialmente llenos y por gravedad. En muchas ocasiones son exigidos a funcionar a plena capacidad, por lo que deben ser analizados y diseñados en esa condición para determinar sus dimensiones adecuadamente.

En lo relativo a urbanizaciones se entenderá como sistema de drenaje, al conjunto de las estructuras de conducción constituido por: cordón-cuneta, canaletas y colectores o tuberías.

#### Sección Cordón-Cuneta.

La definición que proporciona el reglamento de la Ley de Urbanismo y construcción en lo relativo a urbanización y fraccionamiento es:"Franja del derecho de vía ubicada a ambos lados de la calle contiguo al cordón, construida para el desagüe superficial de las aguas lluvias". (Ver figura No.3)

Generalmente se construyen de concreto simple en la colectora y vía local principal, de concreto simple o ciclópeo en calles de acceso local y vías vehiculares, para todos los tipos de urbanizaciones. Podrán construirse de ladrillo de barro, bloques de concreto y mampostería en los pasajes peatonales o de paso, para las urbanizaciones tipo U3 y U4.<sup>(1)</sup>.

Su forma generalizada es triangular y se encuentran localizadas en las orillas de las calles o vías.

- (1) Las parcelaciones según el desarrollo de sus obras de urbanización serán de cuatro tipos:  
U1 : Urbanización Completa  
U2 : Urbanización de Servicios Domiciliarios  
U3 : Urbanización de Servicios Colectivos  
U4 : Urbanización Simple  
Ver Art.III.58. Obras de Urbanización para Aguas LLuvias. Reglamento de la Ordenanza del Control del Desarrollo Urbano y de la Construcción (OPAMSS).

Están destinadas a recoger el agua lluvia de las alcantarillas domiciliarias, aceras, rodamientos, áreas verdes, etc. y transportarla a los tragantes. (1)

#### Canaleta Rectangular y Semicircular.

Son estructuras destinadas a la conducción de la esorrentía, recogiénola desde la alcantarilla domiciliaria, acera y áreas verdes hasta transportar las a los tragantes o sumideros. (Ver figura No. 4)

Se encuentran ubicadas en las orillas de las aceras de los pasajes peatonales o de paso y normalmente son utilizadas en urbanizaciones U3 y U4.

La sección rectangular se construye de piedra o ladrillo de calavera y la sección semicircular se puede construir en el sitio, prefabricada o de la mitad del tubo de cemento. La superficie interior de ambas deben repellarse. (1)

#### Colectores o tuberías de aguas lluvias.

Un colector es un tubo que está destinado a la conducción de las aguas lluvias, bajo la superficie de la tierra, llevándola hacia los puntos de descarga, con el cuidado de no ocasionar daños; normalmente funcionan parcialmente llenos.

Se diseñan o construyen lo suficientemente grandes, con pendientes hidráulicas preestablecidas y adecuadas para el desalojo rápido; con el objeto de prevenir la inundación de calles, aceras, plazas y otras estructuras de tal manera que no se interrumpa el tráfico vehicular, ni se causen daños a las propiedades.

(1) Art. III.62. Obras de Urbanización para Aguas Lluvias. Reglamento de la Ordenanza del Control del Desarrollo Urbano y de la Construcción (OPAMSS).

- 1) Primarios
- 2) Secundarios
- 3) Terciarios

La profundidad a que se colocan debe ser lo suficientemente grande para:

Protegerlos contra rotura por cargas uniformes, concentradas y de impacto del tráfico.

Evitar interferencias con las alcantarillas sanitarias y de agua potable.

Las tuberías están sujetas a cargas externas fuertes, por lo que debe considerarse también su resistencia estructural. En nuestro país se fabrican de concreto simple hasta un diámetro de 18 pulgadas; los de 24 pulgadas se pueden construir de concreto simple o armado.

Los tubos mayores de 24 pulgadas son construídos de concreto armado hasta un diámetro de 72 pulgadas.

B) Estructuras de Captación.

Tragantes <sup>(1)</sup>

Son estructuras que tienen como función la captura de las aguas lluvias que transportan los elementos de conducción superficiales.

Constan normalmente de una cámara o caja de almacenamiento y de la boca de entrada por la cual penetra el agua lluvia. Las paredes de la caja se construyen de ladrillo de calavera colocado de lazo, excepto en la pared paralela y adyacente al rodamiento que es colocado de trinchera.

(1) Art. III.64 Tragante. Reglamento de la Ordenanza del Control del Desarrollo Urbano y de la Construcción (OPAMSS).

Las paredes también se construyen de piedra o de concreto armado.

Las bases o fundaciones se construyen de piedra y tanto éstas como las paredes deben repellarse y afinarse para evitar filtraciones.

La entrada debe estar constituida por una abertura rectangular hecha en el cordón, por una parrila de acero o loseta de concreto armado y/o por la combinación de ellas.

Los tragantes se conectan por medio de tuberías pudiendo unir dos tragantes o unirse directamente al pozo o a la caja de registro.

Se colocan en las canaletas de los pasajes y en las cunetas de las vías de circulación. En las calles generalmente se ubican en las intersecciones, en sus puntos medios cuando las distancias son mayores de 100 mts. y en los puntos bajos de las curvas verticales.

#### Clasificación de los tragantes.

Los tragantes se clasifican en tres tipos que son:

- 1) Remetidos o de acera
- 2) De cuneta
- 3) Combinados

1) Tragante Remetido

Se caracteriza porque su entrada de captura está constituida por una abertura rectangular construida en el cordón, como se muestra en la Figura No.5. Su caja se construye en el área de arriate o acera, funcionando hidráulicamente según el principio de los vertederos. En nuestro país es permitido usarlos hasta una pendiente longitudinal igual al 6%.

2) Tragante de Cuneta.

Se denomina así, porque la parrilla se construye directamente en la cuneta, apoyada sobre la caja.

El material de la parrilla normalmente es de hierro fundido, con agujeros de forma cuadrada o como ranuras; pero también se construye de concreto armado en vías de poco tráfico para que no sufran mucho desgaste y se destruyan por el exceso de carga.

El tragante de cuneta es más efectivo que el de acera para capturar el flujo, pero presenta el problema de acumular muchos desperdicios. Su funcionamiento se basa en la teoría de flujo en orificios (Ver Figura No.6).

3) Tragante Combinado

Es una combinación del tragante de acera y el de cuneta.

C) Estructuras de Conexión

C.1. Pozos de Visita o Registro (1).

Los pozos de visita son estructuras de conexión del sistema, que se emplean para:

(1) Art.III.63. Pozo de Visita para Aguas Lluvias. Reglamento de la Ordenanza del Control del Desarrollo Urbano y de la Construcción (OPAMSS).

- a) Inspección y limpieza de las alcantarillas
- b) Cambios de diámetro de tuberías
- c) Variación considerable de pendiente
- d) Disipador de energía.

Generalmente los pozos se colocan en las intersecciones de las vías de circulación a distancias de 100 metros o menos cuando se producen cambios de dirección. La forma constructiva de los pozos se ha normalizado considerablemente, y en la mayor parte de países se han establecido diseños que se adoptan de un modo general. Se construyen de mampostería de piedra, ladrillo de calavera y de concreto armado, repeliéndose interiormente, con un afinado hasta una altura de 2 metros a partir del fondo.

La fundación se hace de mampostería de piedra, y cuando la pared se construye de ladrillo de calavera, éste se coloca en forma de trinchera.

En las paredes a cada 50 centímetros de profundidad, se empotra un peldaño hecho de varilla de hierro para facilitar su inspección.

Los pozos tienen un marco de hierro fundido, el cual descansa sobre las paredes de éste; que se ensanchan hasta alcanzar un diámetro no menor de 1.10 mts y generalmente de 1.2 mts. a una distancia que varía entre 0.90 y 1.50 desde la boca del pozo.

Luego continúa con este diámetro constante hasta el fondo, tomando la forma cilíndrica. Si la profundidad total es menor de 3.60 metros, las paredes se construyen con un espesor de 0.30 metros por cada 1.80 mts. de profundidad que aumente, debe incrementarse el espesor en 0.10 mts.

La Tabla No.1 muestra la relación que guarda el diámetro de los pozos con el diámetro de los colectores que conecta. El diámetro del tubo determina el diámetro del pozo a construir.

Diámetros de pozos de acuerdo a diámetros de tuberías convergentes (Ver Figura No.7).

TABLA No.1

$\phi$ de tuberías <u>(pulgs.)</u>	$\phi$ de pozo <u>(mts.)</u>
Hasta 24.....	1.20
30 - 36.....	1.80
42 - 48.....	2.20
60.....	2.80

C.2) Cajas de registro

Tienen las mismas funciones que los pozos de visita con la diferencia de que su resistencia de cargas verticales es menor. Su forma generalizada es cuadrada o rectangular, y se instalan en los pasajes peatonales de las urbanizaciones R3 y R4. Se construyen de piedra, ladrillo de calavera o por la combinación de éstos materiales. La tapadera se fabrica de concreto armado.

### C.3) Estructuras de Descarga

Son estructuras construídas, con la finalidad de proteger los inmuebles u obras civiles aledañas al sitio de descarga. Los sitios de descarga cuentan con un área hidráulica, que debe ser capaz de recibir y absorber el agua lluvia, proveniente de un sistema de drenaje en particular.

#### 1. Cabezal

Es una estructura hecha en el sitio de descarga, con la tubería ubicada de tal forma que sea protegida por dicha estructura; a manera de retener el triángulo de fuerza, creado por la masa de tierra sobre la tubería. (fig. 8 y 9).

#### 2. Muro

Es el mismo trabajo a desempeñar por el cabezal, su diferencia es que este no cuenta con aletones. En ambos casos pueden tener como estructura siguiente, una serie de gradas que van reduciendo la energía potencial y cinética del volumen de agua que está siendo descargado.

### 1.4.2.2 FACTORES DETERMINANTES DE LA CAPACIDAD DE LOS ELEMENTOS DEL DRENAJE PLUVIAL.

Estos factores son:

#### a) Intensidad, Duración y Frecuencia de las tormentas

Las tormentas a considerarse para el diseño pluvial, son aquellas que a través del tiempo han demostrado tener una frecuencia, intensidad y duración considerable.

b) Topografía del Terreno

Este factor determina el sentido del escurrimiento superficial, el cual puede ser lento o rápido según las áreas a drenar.

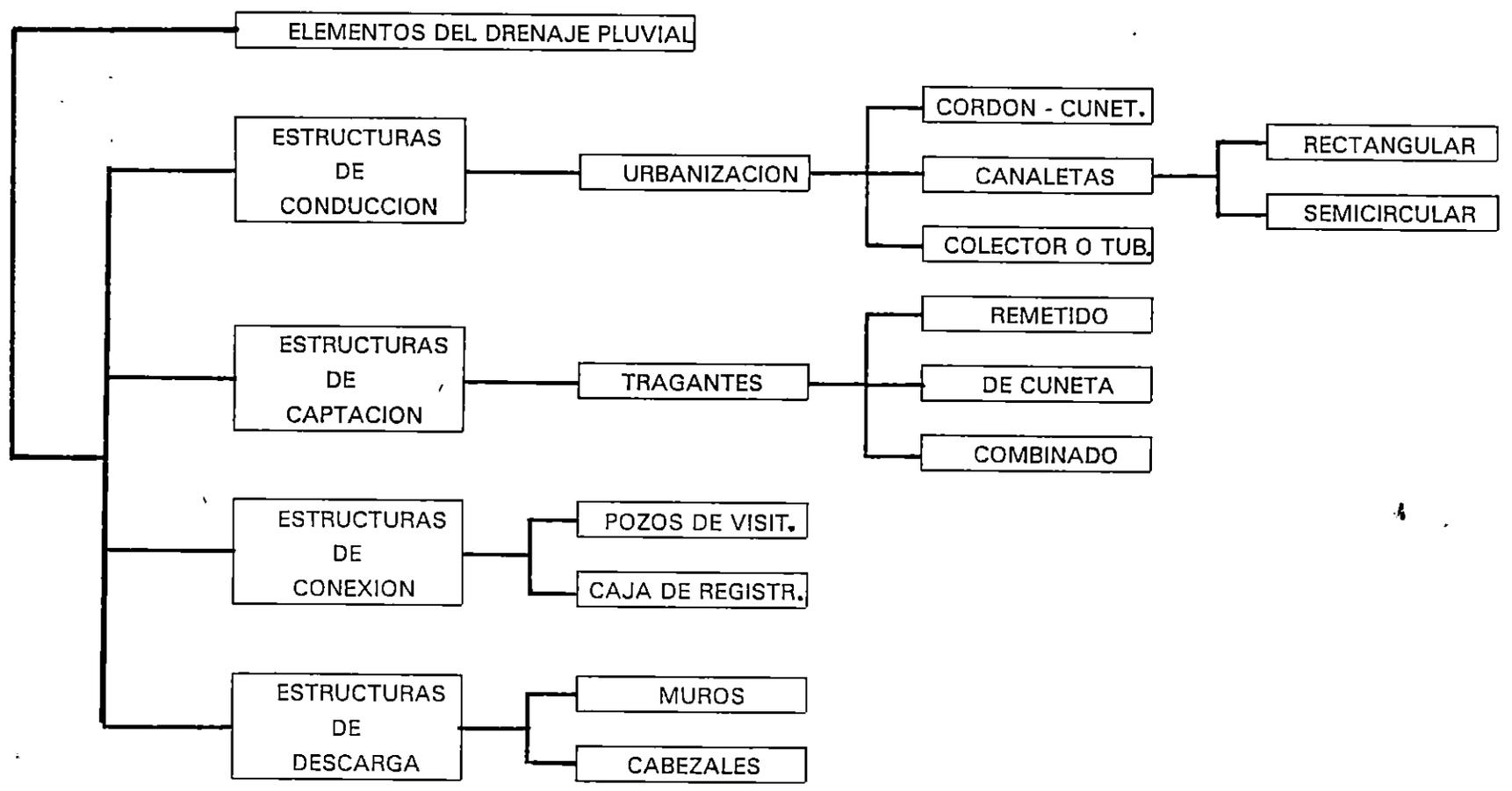
c) Tamaño de las áreas Tributarias y las características del Escurrimiento

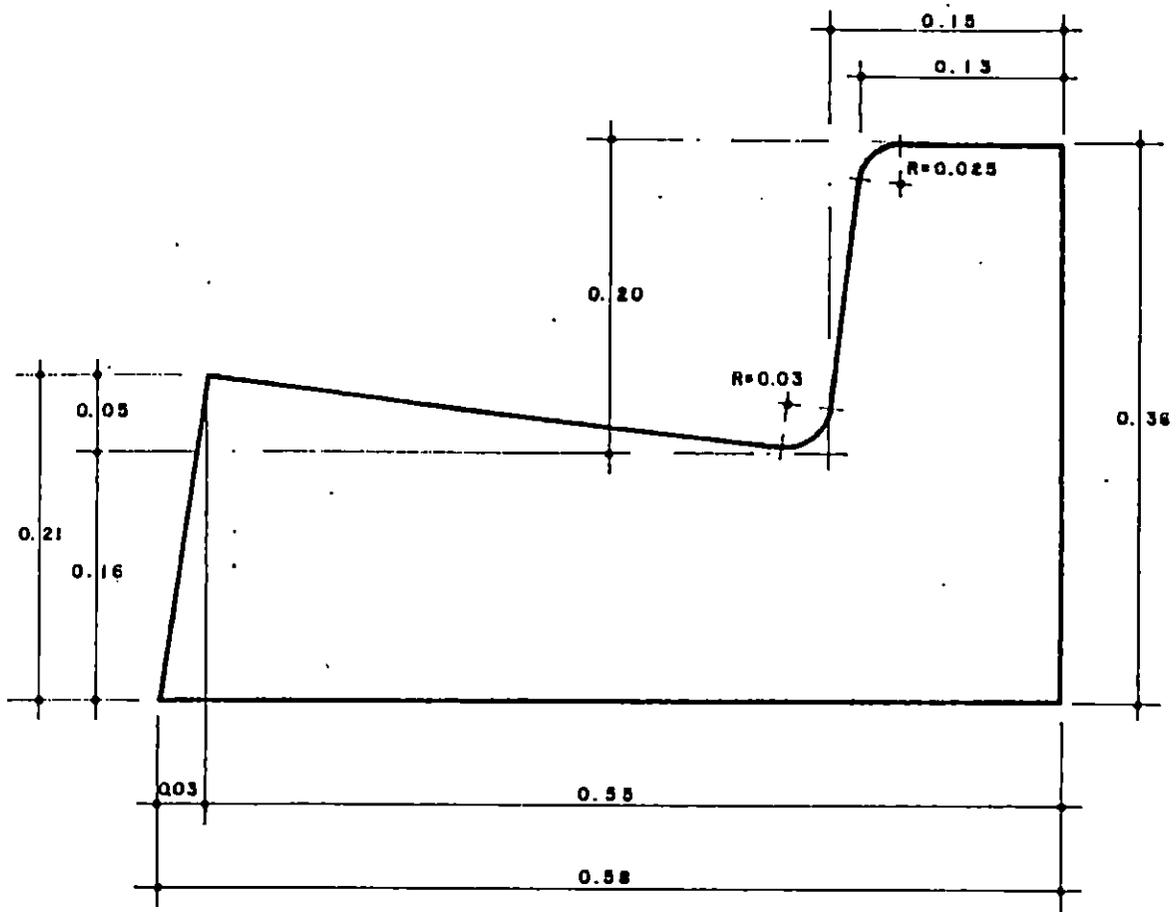
Estas, pueden ser de poca o gran extensión y dependiendo de esto, así será el menor o mayor escurrimiento del terreno.

d) Economía en el Diseño

Si se pretende dar la eficiencia adecuada a un elemento del sistema, se debe presupuestar e invertir por igual, para no crear deficiencias en la capacidad de éste y por ende afectar el sistema total.

A continuación se presenta un esquema detallado de los elementos de Drenaje Pluvial, explicando el tipo de estructuras:

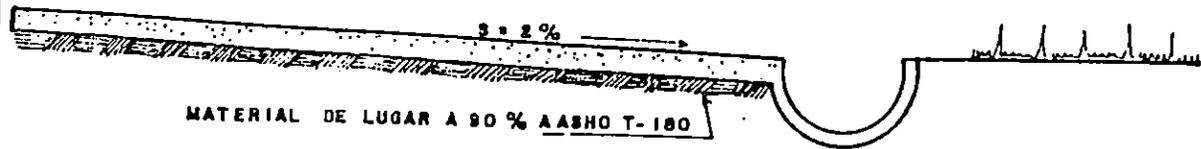




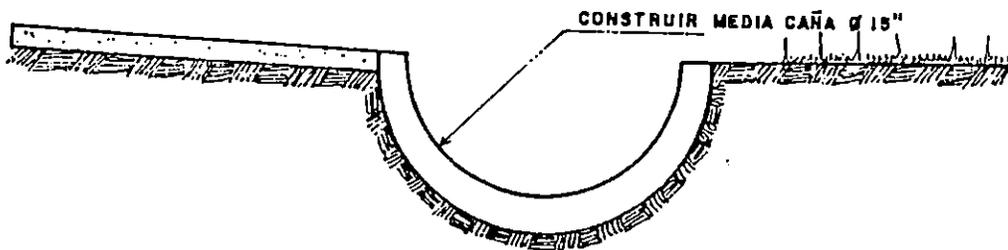
DETALLE  
 CORDON Y CUNETA NORMAL Esc: 1:5



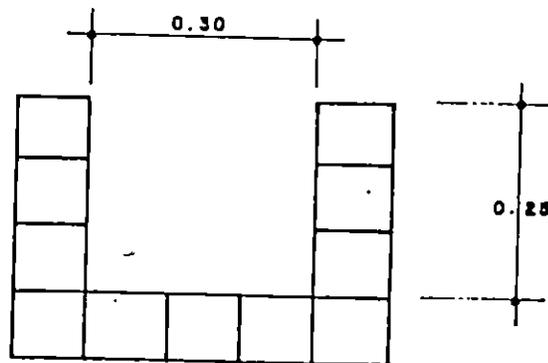
DRENAJES LATERALES



DETALLE DE ACERA EN PASAJES



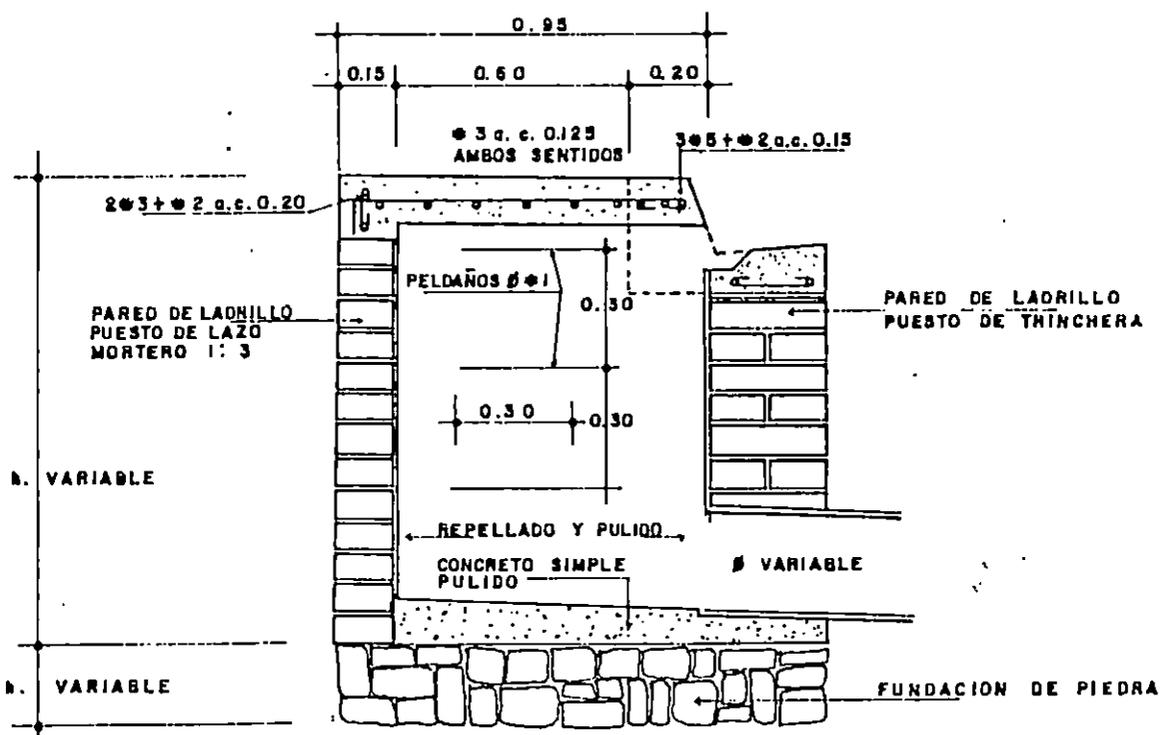
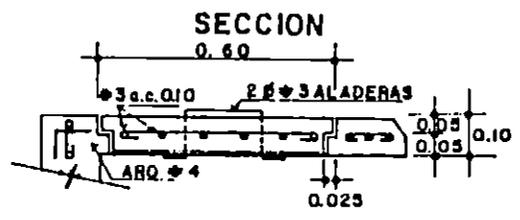
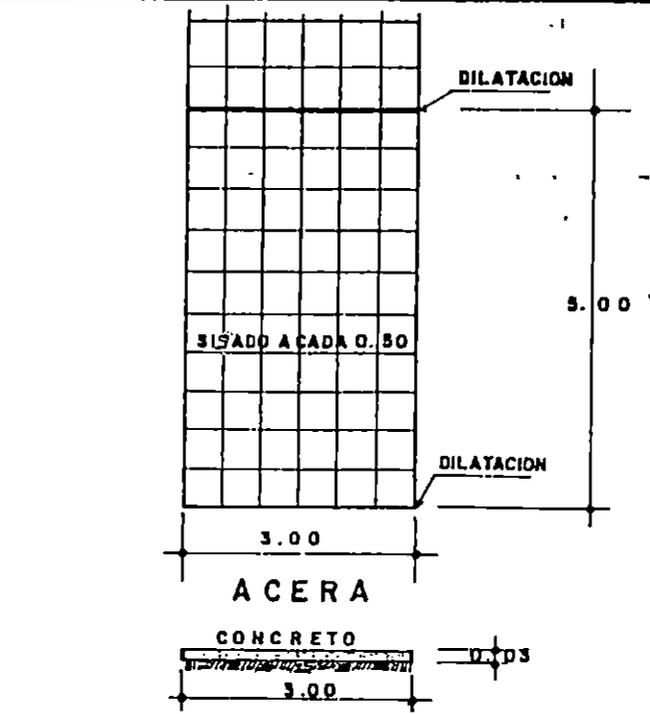
DETALLE SECCION CANAL AGUAS LLUVIAS



DETALLE SECCION CANAL AGUAS LLUVIAS

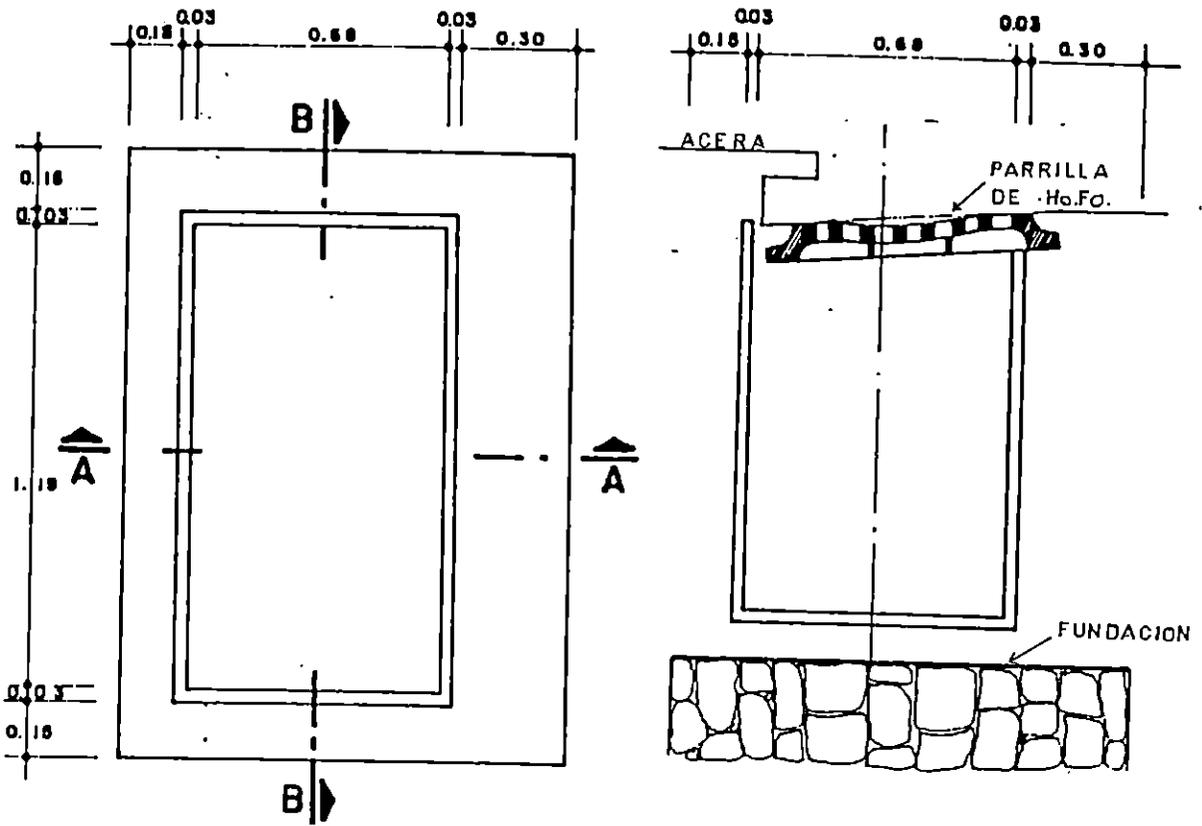
DETALLE CANALETAS EN PASAJES PEATONALES

Fig. 4



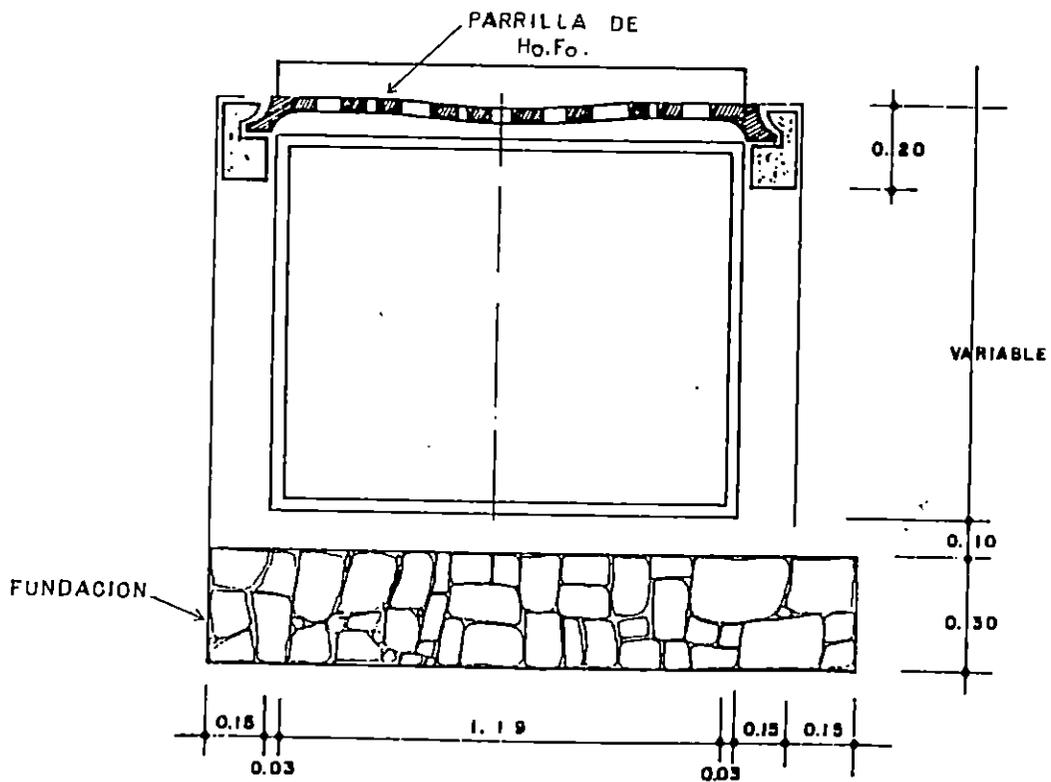
TRAGANTE REMETIDO

Fig. 5



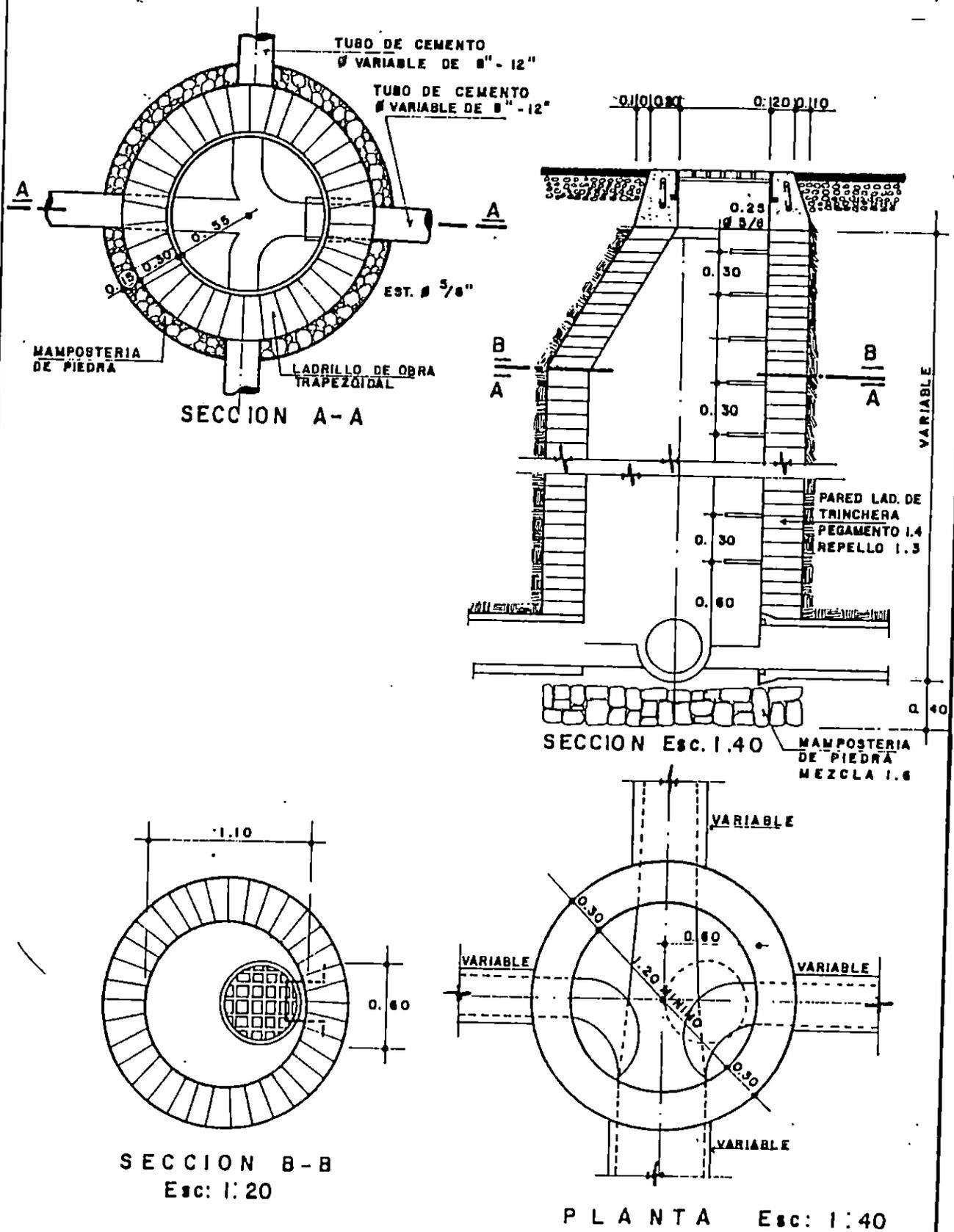
PLANTA Esc: 1:20

SECCION A-A



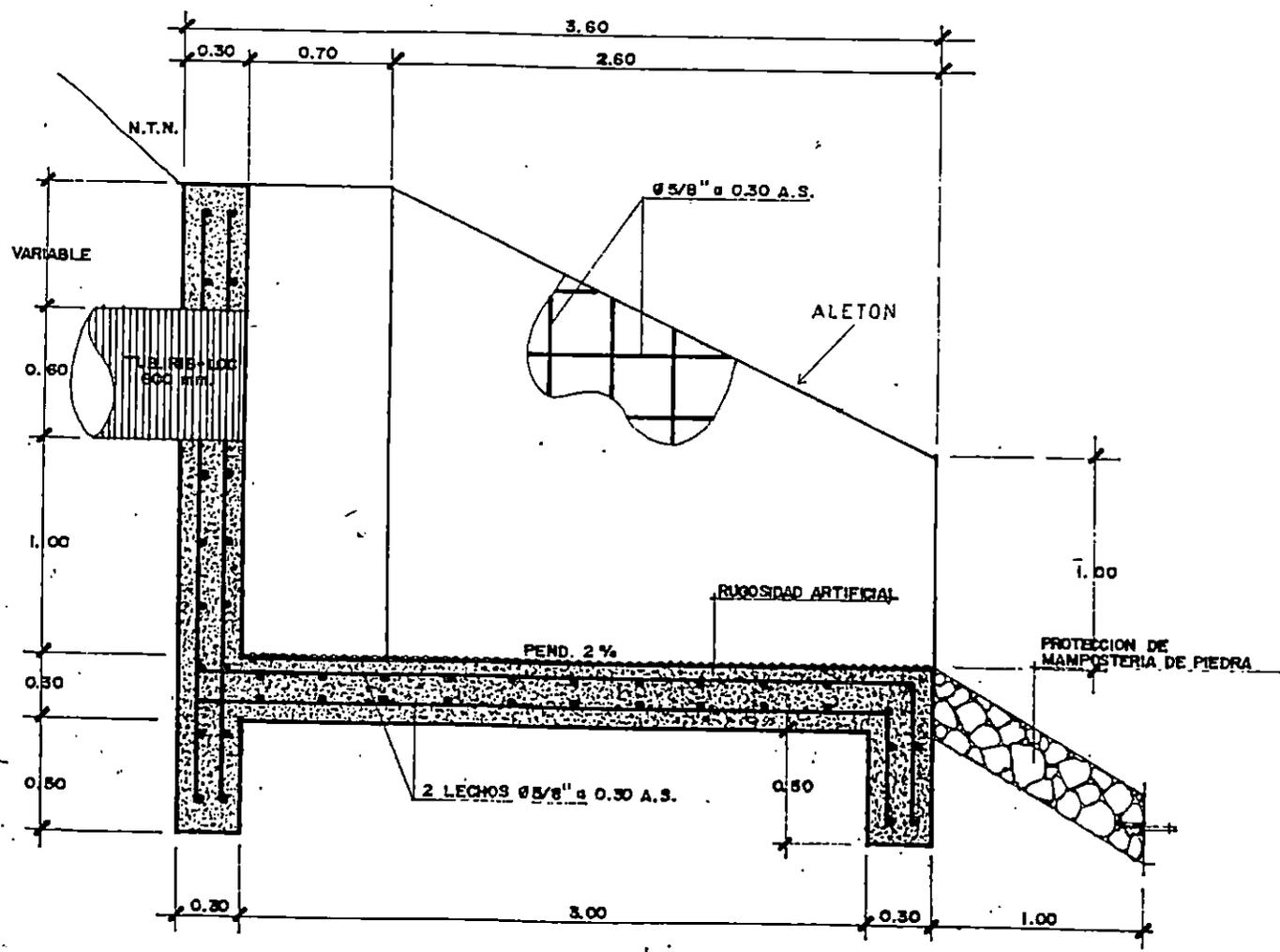
DETALLE DE TRAGANTE DE CUNETA Esc: 1:20

Fig. 31 6



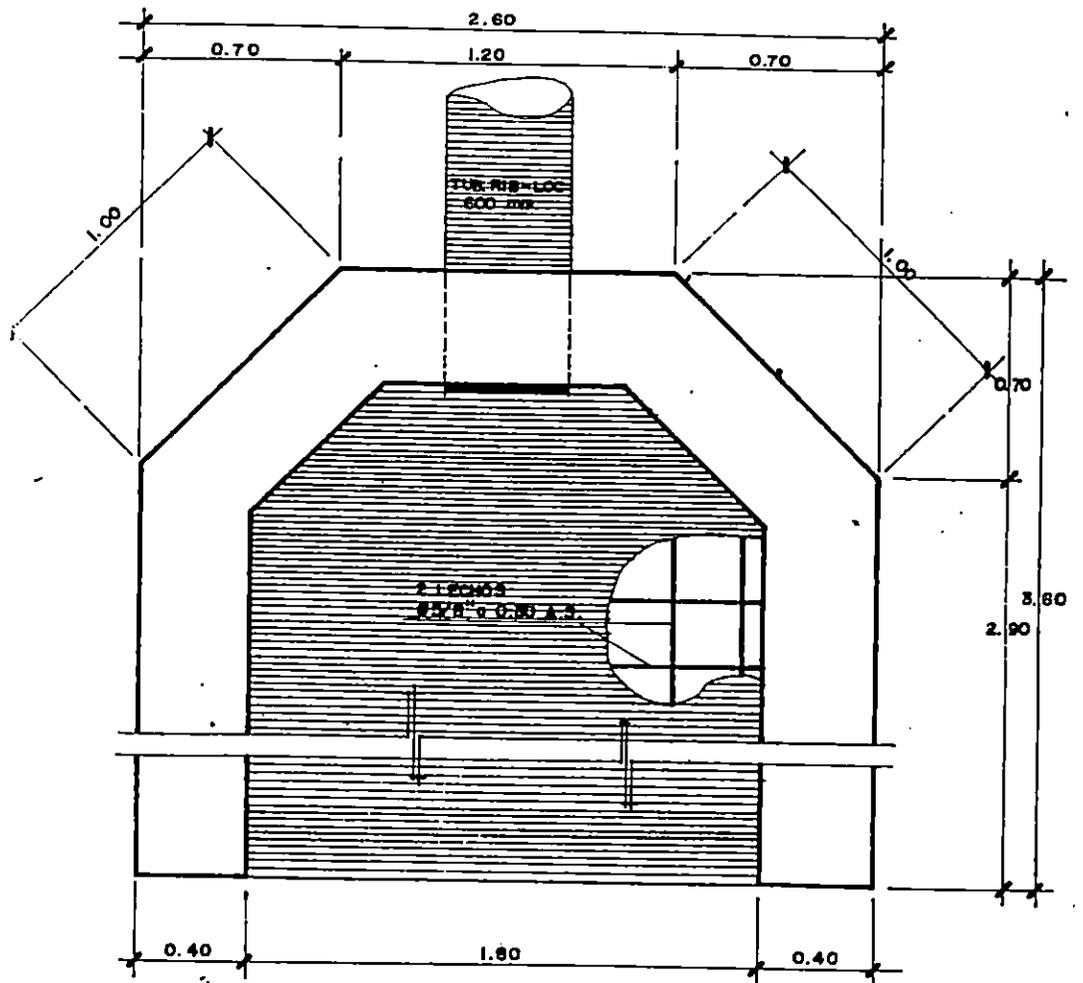
DETALLE POZO TIPO PARA AGUAS LLUVIAS

Fig. 7



CABEZAL DE DESCARGA  
ELEVACION.

Fig. 8



**VISTA EN PLANTA ESC. 1:20**

**CABEZAL DE DESCARGA**

**Fig. 9**

C A P I T U L O   I I

## CAPITULO II

### 2.0 MATERIALES, METODOLOGIA Y ANALISIS HIDROLOGICO DE UNA CUENCA HIDROGRAFICA.

Para realizar un análisis hidrológico es necesario conocer, no sólo las características fisiográficas y geológicas del lugar por donde el agua se encausa, sino también la información hidrométrica disponible. La cantidad y calidad de esta información depende, de los registros efectuados en la red de estaciones hidrométricas.

### 2.1 INFORMACION REQUERIDA

#### 2.1.1 CARTOGRAFIA

Dependiendo de la información existente y de las características propias de cada área, así será la escala de los mapas cartográficos a usar. Esta información comprende la hidrológica y la fotogramétrica.

El empleo de fotografías aéreas e imágenes de radar y satélite, son útiles a los efectos de determinar algunas características físicas de las cuencas. En el país el Instituto Geográfico Nacional "Ing. Pablo Arnoldo Guzmán", cuenta con información cartográfica a diferentes escalas.

## CRITERIOS PARA LA DELIMITACION DE UNA CUENCA

1. La línea divisoria corta ortogonalmente a las curvas de nivel y , generalmente se hace en sentido antihorario.
2. Cuando el terreno va aumentando de altitud, la divisoria corta a las curvas de nivel por su parte convexa aguas arriba.
3. Si el terreno disminuye de altitud, la divisoria corta a las curvas de nivel por su parte cóncava aguas abajo.
4. La línea divisoria no debe cortar a un río, arroyo, o vaguada (quebrada de invierno); excepto del punto que se quiera obtener su divisoria.
5. Si se corta al terreno por el plano normal a la divisoria, el punto de intersección del plano con ésta debe ser el punto de mayor altitud de la cuenca.

En la zona urbana lo que delimita el área de influencia, es el diagrama de flujos de agua lluvia, éste se hace en un plano, a través de observar, las rasantes de los pavimentos en las calles y avenidas que, son las que determinan el sentido del flujo.

### 2.1.2 HIDROMETEOROLOGIA

Esta información permite un mejor conocimiento de las condiciones hidroclimáticas de la zona. Comprende la información hidrométrica y la climatológica y de ésta, en forma especial la pluviométrica. Las estaciones hidrometeorológicas a usar dependerán de su ubicación dentro y en los alrededores de la cuenca en estudio. A nivel nacional existe una red pluviométrica, que cuenta con registros de cada una de las estaciones, la cual, al haberlas seleccionado, se procede a recopilar y analizar los datos pluviométricos tabulados por ellas. (Ver figura No. 10).

### 2.1.3 GEOLOGIA

Otro tipo de información que no debe faltar es la geológica, la cual proporciona datos sobre las estructuras rocosas y la estratigrafía de los suelos.

Estos aspectos son de gran ayuda, porque al conocer el manto rocoso del lugar, los estratos de suelo, granulometría, etc., se tiene una idea de como es la permeabilidad de la zona, y la escorrentía superficial y subsuperficial.

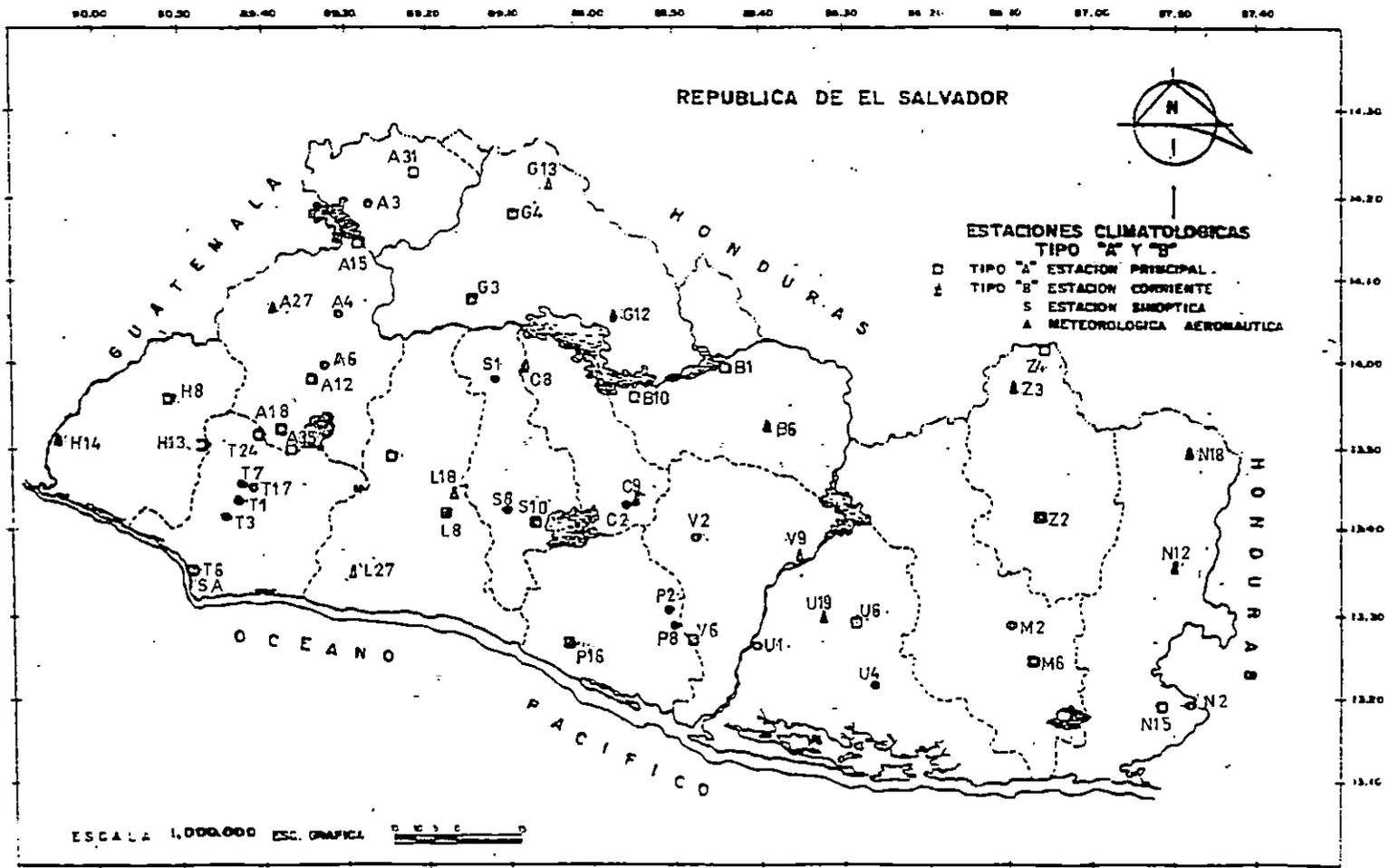


FIG. 10

A- SANTA ANA	T- SONSONATE	S- SAN SALVADOR	C- CUSCATLAN	B- CABAÑAS	U- USulutAN	Z- MORAÑAN	
3. Hda. Montecristo	27. Cand. de la Frontera	3. Izalco	2. Ing. La Cabaña	8. Ing. Fco. Aguilares	1. Chorrera/Guayabo	6. Stgo. de Maria	2. Sn. Fco. Gotera
12. Sta. Ana El Palmar	31. Planes de Montecristo	6. Acajutla Pto. Mvo.	4. S.S. ITIC.	9. Cojutepeque	6. Sensuntepeque	11. Hda. La Carrera	4. Perquin
15. Güija	35. Cerro Verde		10. Aerp. Ilopango		10. Cerrón Grande	13. Jucuarán	4. La Galera
18. Finca Los Andes						19. Berlín	
H- AHUACHAPAN	L- LA LIBERTAD	P- LA PAZ	G- CHALATENANGO	V- SAN VICENTE	M- SAN MIGUEL	N- LA UNION	
8. Ahuachapán	4. San Andres	16. Aeropuerto Inter. EL SALVADOR	3. Nva. Concepción	3. Santa Cruz Portillo	6. El Papelón	12. Pasaquina	
10. Hda. Sta. Lucía	8. Santa Tecla		4. La Palma	9. Puente Cuscatlán		13. Intipucá	
14. La Hachadura	18. Boquerón		12. Concepción	12. Apastepeque		15. La Unión	
	22. Chiltiupan		13. Las Pilas			18. Anamorós	

#### 2.1.4 ESTACIONES CLIMATOLOGICAS

El Centro de Investigaciones Geotécnicas, cuenta con suficiente información, facilitando el análisis geológico de una zona en particular.

#### METODOS PARA DETERMINAR EL CAUDAL DE ESCORRENTIA

Entre estos tipos de métodos existen dos grupos que son:

a) Metodos Directos

Son los que permiten obtener valores de escorrentía máxima, partiendo de la información hidrológica controlada en las estaciones hidrométricas. Entre estos métodos estan: Método del hidrograma sintético, métodos estadísticos, etc.

b) Metodos Indirectos

Estos métodos son aquellos que en una u otra forma relacionan alguna variable meteorológica con una hidrológica, para la determinación del escurrimiento de la cuenca. Son aplicables cuando se dispone de datos de lluvia y de avenidas reales. Entre estos métodos se pueden mencionar:

b.1. Metodo de las Isocronas

Para usar este método, se determinará la intensidad de precipitación y las velocidades de propagación de la onda crecida, que suele suponerse constante e independiente de la intensidad, el coeficiente de escorrentía y el tiempo de duración del temporal.

Aunque las tres primeras variables son distintas para las diversas zonas parciales de la cuenca en cada una de las hipótesis, para fijar estos

valores se utilizan datos directos o se estiman por fórmulas empíricas, métodos estadísticos o por comparación con otras cuencas de características parecidas.

Como la densidad de precipitación se reduce notablemente con la duración del temporal, generalmente, los valores máximos de crecidas corresponden a temporales cuya duración sea del orden del tiempo de concentración. Usualmente se usa la hipótesis de que los temporales más desfavorables pueden ocurrir en cualquier zona de una región y también, que las crecidas se propagan con velocidad constante a lo largo de los cauces.

Para la aplicación del método de isocronas, es necesario descomponer la superficie de la cuenca en cierto número de zonas: (S1, S2, S3,.....) limitadas por líneas (ISOCRONAS), de forma que una gota de agua que caiga en una de estas zonas, tarde en llegar tiempos sucesivos de valor  $t$ ,  $2t$ ,  $3t$ , ....., siendo  $t$ , la unidad de tiempo considerada (generalmente en horas). Se halla así: el tiempo que tarda en llegar el agua al punto de interés desde una serie de puntos con los que (a semejanza de las curvas de nivel de un levantamiento topográfico), se dibujan las curvas isocronas.

El intervalo de tiempo de separación entre isocronas, debe calcularse para que el número de zonas delimitadas sean cinco como mínimo.

Una vez fijado el intervalo, se curvimetran los cauces principales y el mayor número suficiente de puntos para encajar las curvas isocronas, que se trazan de acuerdo a los siguientes criterios:

- 1) Las ISOCRONAS cortan ortogonalmente a los cauces, presentando su concavidad hacia aguas abajo.
- 2) Las ISOCRONAS cortan a las divisorias, formando ángulos agudos, hacia aguas arriba.
- 3) Si una ISOCRONA llega a una divisoria parcial total, sigue por ella, hasta encontrar la misma ISOCRONA de la cuenca contigua, si antes no tiene que cortar a otra ISOCRONA; en caso contrario, sigue por la divisoria hacia aguas abajo, hasta encontrar la inmediata inferior. Multiplicando el área comprendida entre cada dos de estas curvas, por la intensidad de precipitación y por el coeficiente de escorrentía supuesto, se obtienen los caudales producidos por las precipitaciones en cada una de estas zonas. Una vez obtenidos estos caudales que llegarán en cada instante, a partir del momento inicial (suponiendo un tiempo de lluvia infinito), hasta el punto de menor elevación de la cuenca.

En la utilización de este método se ha de tener en cuenta, la determinación de las intensidades máximas instantáneas, la estimación de las llamadas "Precipitaciones eficaces", que es la parte de la precipitación que llega a incrementar los caudales de crecida en el curso del temporal. Para la determinación de la precipitación eficaz, se puede suponer una retención media constante o suponer que ésta varía con el tiempo, ya que la retención disminuye con la duración de la tormenta hasta un mínimo constante, eso si la lluvia dura suficiente.

Para la determinación de las intensidades máximas de precipitación en 24 horas, que son en general, los únicos datos utilizables, se

ajustan curvas de distribución; las más empleadas son las que se obtienen por el método de Gumbel, para distintos períodos de recurrencia y a partir de los valores obtenidos para máximos de 24 horas, se estiman las intensidades unitarias de precipitación para distintos períodos de recurrencia. Como se ha dicho, las máximas crecidas suelen corresponderse con duraciones de temporal análogas al tiempo de concentración " $t_c$ ", que es el tiempo que tarda en llegar al punto estudiado.

Los caudales producidos por las precipitaciones en los puntos más alejados, son obtenidos una vez fijada la velocidad de propagación determinada por fórmulas empíricas y por medidas directas que, en orden de magnitud y salvo casos extremos, pueden suponerse comprendido entre 4 y 7 km/h. En cuanto a la duración del temporal suelen hacerse un mínimo de tres hipótesis, considerando respectivamente,  $0.5 t_c$ ,  $1 t_c$ ,  $1.5 t_c$ , aunque a veces, es necesario estudiar el hidrograma para duraciones pequeñas de una o dos horas, e incluso menos; para estudiar la punta del caudal también se suelen estudiar hidrogramas de mayor duración para estudiar volúmenes acumulados.

En cuencas de gran superficie (mayores de  $300 \text{ km}^2$ ), es necesario estudiar, la máxima crecida por cuencas parciales y posteriormente la probabilidad de efectos simultáneos en toda la cuenca, teniendo principalmente en cuenta el desfase de la propagación de la crecida. El tiempo de concentración resultante suele encontrarse empíricamente por las siguientes fórmulas:

GIANDOTTI:

$$t_c = \frac{4 \sqrt{S} + 1.5 L}{0.8 \sqrt{H}} \quad (1)$$

$$\frac{L}{3600} \geq T_c \geq \frac{L}{3600 \times 1.5}$$

donde:

$t_c$  = Tiempo de concentración en horas

$S$  = Superficie de la cuenca en  $\text{km}^2$

$L$  = Longitud del río principal en kms.

$H$  = Altura media en metros.

## b.2 Método del Hidrograma Unitario

Uno de los métodos que se utilizan para el análisis de la formación de caudales y de su modulación, en correspondencia con una sección de una cuenca hidrográfica, consiste en el estudio del diagrama,  $Q(t)$ , de la distribución del caudal en función del tiempo, llamado comunmente hidrograma.

El hidrograma unitario en una cuenca determinada no puede obtenerse sino después de observar y registrar varias crecidas, producidas, a ser posible, por temporales cortos y uniformes en el tiempo y en el espacio, siendo conveniente que sean lo más intensos posibles, pues así se reducen los errores causados por las inciertas pérdidas transitorias o permanentes, por

(1) Manual de Hidrología. Tomo III. Autor: Rafael Heras.

infiltración, evaporación, etc. y por compensarse los errores debidos a fluctuaciones de intensidad durante el temporal.

Teóricamente, se puede determinar el hidrograma unitario a partir de un temporal de intensidad variable, pero las irregularidades de los hidrogramas unitarios obtenidos de estos temporales suelen tener errores muy superiores a los calculados a partir de temporales de intensidad uniforme.

#### Estudio del Hidrograma.

El área encerrada por el hidrograma representa el volumen total de agua que afluye a la red hidrográfica, como consecuencia de una lluvia de duración total,  $t_p$ , y de intensidad  $I(t)$ . Su forma, sin embargo, es la resultante de algunos factores invariables (geología y morfología de la cuenca, capacidad de retención en pequeños vasos, etc.) y de otras variables (distribución de la lluvia en el tiempo y en el espacio, tiempo transcurrido desde otras precipitaciones, estado de humedad del suelo, etc.).

En un hidrograma genérico pueden distinguirse tres ramas principales:

1. Ascendente o de concentración, de duración igual al tiempo  $t_o$ .
2. De apogeo, que puede limitarse a un solo instante en que el caudal es máximo, valor al que se llama punta del hidrograma, o extenderse por un tiempo  $t_s$ , que suele ser el comprendido entre los puntos de inflexión de las ramas ascendente y descendente.

3. Descendente o de agotamiento, de duración  $t'a$ , que se subdivide en una rama de agotamiento superficial, de duración  $t_a$ , y en otra de agotamiento profundo, correspondiente al drenaje subterráneo, de duración  $t''a$ . Así pues,  $t'a = t_a + t''a$  ó lo que es igual,  $t_a = t'a - t''a$  (1).

Por tanto, la duración total del hidrograma es:

$$T' = t_o + t_s + t'a$$

en tanto que la del hidrograma superficial es:

$$T = t_o + t_s + t_a$$

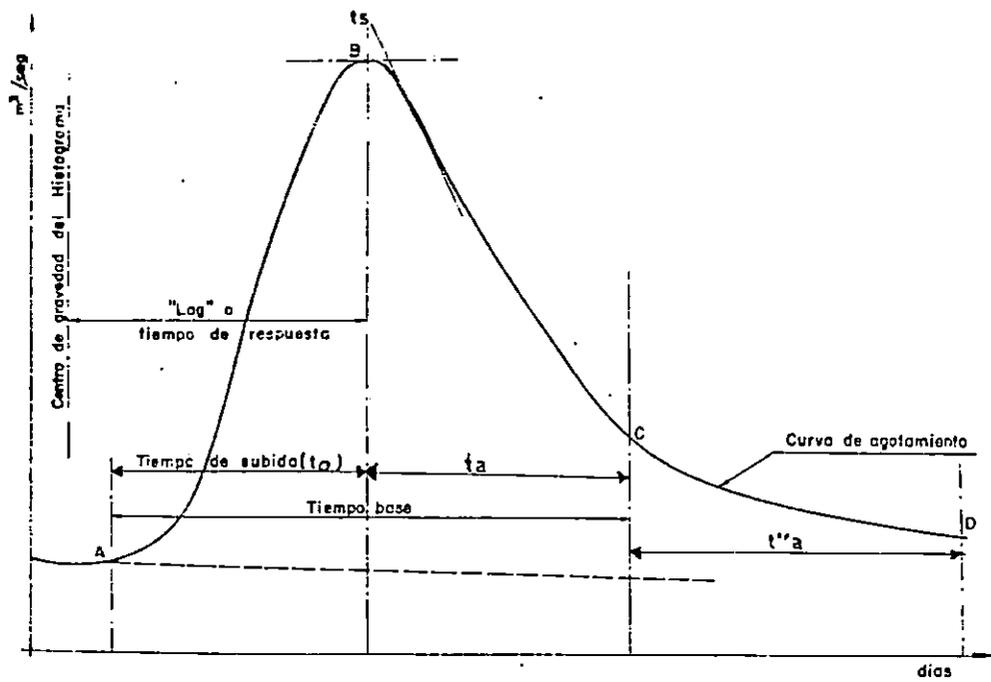
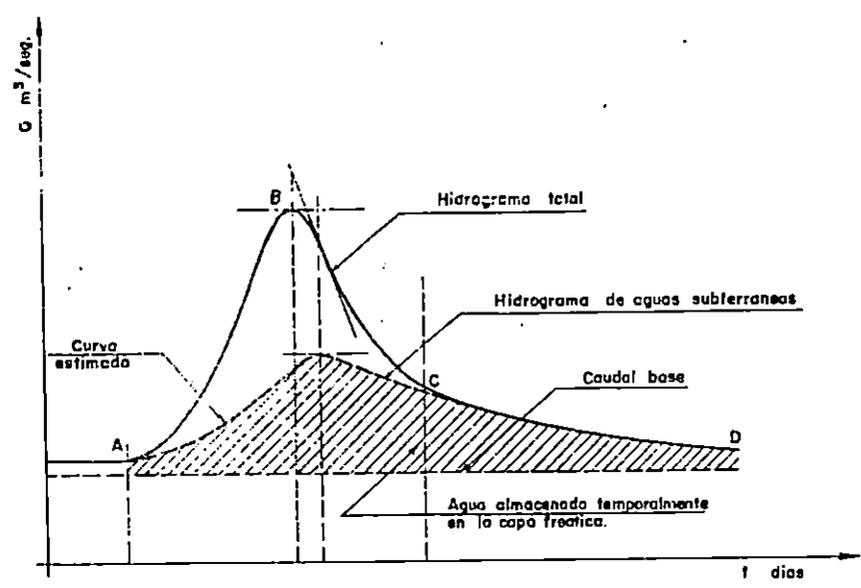
y define la base efectiva del hidrograma.

Considerando el tiempo de apogeo,  $t_s$ , como nulo, por corresponder el caudal máximo a un instante determinado, el tiempo base será:

$$T = t_o + t_a$$

(1) Ver Gráficas de Diagrama Unitario.

# GRAFICAS DE HIDROGRAMA UNITARIO



Por tanto, el hidrograma superficial en una sección dada de una cuenca es una invariante de la misma para lluvias eficaces con iguales características de duración, intensidad y distribución, definiendo como lluvia eficaz la diferencia entre la lluvia real y las pérdidas (por infiltración y retención superficial).

La invariabilidad de la base del hidrograma superficial está relacionada con la correspondiente diagrama de flujo, uniformemente distribuido sobre la cuenca, de duración  $t_p$  y de intensidad  $I(t)$  constante para toda la duración  $t_p$ , definido como pluviograma eficaz o pluviograma base o de referencia.

Si ahora consideramos como pluviograma de referencia aquel para el cual el flujo eficaz (definido por el producto de la intensidad de la lluvia eficaz,  $I(t)$ , por la duración,  $t_p$ ) es igual a la unidad de medida (1mm, 1cm, etc.), se tiene el pluviograma unitario,  $t_p I(t) = 1$ , que, a su vez, origina el hidrograma unitario de caudales.

El hidrograma unitario también puede interpretarse como un diagrama de distribución porcentual de los caudales respecto al total, en cada intervalo de tiempo, porcentaje que ha de estimarse, para flujos de distribución o intensidad uniformes, proporcional al porcentaje del área de la cuenca afectado por la precipitación.

#### **APLICACIÓN DEL HIDROGRAMA UNITARIO PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES DE CRECIDAS**

De las principales precipitaciones registradas durante un temporal en la cuenca estudiada o de las precipitaciones previsibles en un período determinado, deducidas las pérdidas por intercepción, evaporación, infiltración y llenado de

huecos superficiales del terreno pueden determinarse las intensidades de precipitación eficaz en el curso del temporal,  $I(t)$ .

Suponemos conocidos los hidrogramas unitarios correspondientes a una duración,  $t_i$ , o varias:  $q(t_i, t)$  contando el tiempo,  $t$ , a partir de la iniciación de la precipitación unidad.

Los caudales producidos por el temporal de intensidad  $I(t)$  y duración  $T$  serán:

$$Q(t) = \int I(t_i) \cdot q[t_0, (t - (i-1) t)] dt$$

### b.3 Método Racional

Es el método más común, para determinar el escurrimiento en estructuras hidráulicas menores. Su fórmula es:

$$Q = C I A$$

donde:

$Q$  = Caudal máximo en  $\text{Pie}^3/\text{Seg}$  o  $\text{m}^3/\text{seg}$

$C$  = Coeficiente de escorrentía, que es igual al porcentaje de lluvia que aparece como escurrimiento directo.

$I$  = Intensidad de lluvia en  $\text{pulg}/\text{hora}$ ,  $\text{mm}/\text{hora}$  o  $\text{mm}/\text{min}$

$A$  = Cuenca hidrológica o área de drenaje en  $\text{Pie}^2$ ,  $\text{m}^2$  o  $\text{Km}^2$

Las suposiciones incluídas en la fórmula racional son:

- a) La tasa máxima de escurrimiento, para una intensidad particular de lluvia ocurre, si la duración de la lluvia es igual o mayor que el tiempo de concentración.

El tiempo de concentración, se define como "el tiempo requerido, para que corra el agua desde el punto más distante de una cuenca, hasta el punto de medición del flujo".

- b) La tasa máxima de escurrimiento, para una intensidad específica de lluvia, la cual tiene una duración igual o mayor que el tiempo de concentración, es directamente proporcional a la intensidad de la lluvia.
- c) La frecuencia máxima de la ocurrencia de la descarga máxima, es la misma que la de la intensidad de lluvia con la cual se calculó.
- d) La descarga máxima por área unitaria disminuye conforme aumenta, el área de drenaje y la intensidad de la lluvia disminuye conforme aumenta su duración.
- e) El coeficiente de escorrentía, permanece constante para todas las tormentas en una cuenca hidrológica.

Estas suposiciones tienen una aplicación razonable a las zonas urbanizadas, con instalaciones para drenaje de dimensiones y características hidráulicas fijas. Por su sencillez y facilidad de aplicación, también se utiliza en zonas rurales, en donde las suposiciones no pueden aplicarse con la misma facilidad.

Se ha criticado a la fórmula racional, porque expresa el escurrimiento como función de la precipitación pluvial, sin considerar las pérdidas y porque combinan todos los factores complejos que afectan el escurrimiento en un solo coeficiente.

Aunque esas críticas y otras semejantes son válidas, no se justifica el uso de una fórmula más complicada, porque las estructuras hidráulicas menores no valen la pena, el tiempo y el dinero gastado para obtener los datos necesarios. (1)

(1) Tesis: "Generación de un Modelo Paramétrico. Autor: Chévez Guerrero, Diógenes de Jesús

## 2.2 CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS DE LA CUENCA.

La cuenca que se encuentra al sur de la ciudad de Chalchuapa, está cubierta de abundante vegetación, formada por fincas cultivadas de café, las cuales tienen un suelo de limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad, con un subsuelo de mantos rocosos a una profundidad de 2 a 2.50 mts. La zona urbana está formada por un suelo de arcillas limosas de baja plasticidad y un subsuelo de estratos rocosos a solo 0.60 mts. en algunos lugares y a 0.20 mts. en otros, como sucede principalmente en la primera calle poniente (Ver Plano No.1) en donde al no poder colocar tuberías se tuvo que construir aceras con una altura de cordón de 2 mts. para que la fuerte escorrentía fluyera superficialmente, sin inundar las viviendas de ese sector.

### 2.2.1 Clases de Suelo

Los suelos encontrados dentro de los límites de la cuenca se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Suelo clase 3: Andosoles y regosoles. Suelos originados de cenizas y escorias volcánicas, de textura medianamente gruesa.
- Suelo clase 5: Regosoles, andosoles y latosoles. De origen volcánico, de textura media y profundidad moderada. Los suelos latosoles son de textura finas y de profundidad moderada.
- Suelo clase 6: Latosoles, alfisoles y molisoles. Cenizas volcánicas profundas, de onduladas a fuertemente alomadas.

De lo anterior se puede deducir los suelos que se encuentran dentro de la cuenca son de tipo semi-permeable.

### 2.2.2 Pendiente del Terreno

Para determinar la pendiente existen varios métodos, para este proyecto se utilizó un plano alimétrico en escala 1:5,000, calculándose la pendiente de tres áreas en las que los niveles varían casi constantes.

### 2.2.3 Cálculo de la Pendiente del Terreno

$$P = \frac{\text{Elevac. Max.} - \text{Elevac. Min.}}{Lc}$$

$$P = \frac{866.0 - 715.0}{1,500.0} \times 100$$

$$P = 10.07\%$$

∴ la pendiente es de tipo media.

## 2.3 ESTUDIO HIDROLOGICO.

Este comprende el análisis de todas las variables que nos permitirán llegar al resultado deseado.

### 2.3.1 Delimitación del área de influencia.

La cuenca de la zona sur de la ciudad de Chalchuapa, es un área de recogimiento delimitada por una línea imaginaria llamada "parteaguas".

Este parteaguas actúa como un sistema natural de drenaje de las aguas lluvias y posee características que definen y establecen el comportamiento y la forma de como se realiza dicho drenaje.

### 2.3.2 Determinación de la escorrentía que llega a la ciudad.

En la época de invierno las precipitaciones que caen en la zona provocan una fuerte escorrentía que se desplaza en su mayor parte de sur a norte, la cual lo hace superficialmente causando serios daños e inconvenientes.

El Centro de Recursos Naturales (CENREM) a través de la unidad especializada denominada "Servicio de Meteorología e Hidrología" mantiene un inventario continuo y sistemático del recurso-agua, tanto en calidad como en cantidad; así como de los sólidos arrastrados en el cauce, por medio de una red hidrométrica diseminada en todo el país.

### 2.3.3 Fuente de datos hidrológicos.

La mayoría de los datos hidrológicos los recopilan y publican las entidades gubernamentales. Su amplio sistema de aparatos de medición suministra datos completos de precipitación e hidrológicos. Estos datos se recopilan y presentan en resúmenes mensuales y anuales del servicio en su publicación.

En estos resúmenes se publican artículos de interés especial como intensidad de la lluvia en diversos períodos e intervalos de recurrencia.

Es necesario hacer notar que los registros de varias de las estaciones son incompletas, razón por la cual los técnicos de las estaciones meteorológicas, recurren al relleno de los datos de las mismas, para lo cual utilizan el método de "Correlación Líneal", tomando como datos base o comparativos los de las estaciones más próximas a las que era necesario rellenar.

#### 2.3.4 Método para determinar el caudal máximo.

Debido a las características de la zona y a la información obtenida, se decidió por aplicar en este caso el método de la Fórmula Racional, considerando que éste es un método indirecto con características hidrometeorológicas para el cual se dispone de suficientes datos de lluvia.

### **DETERMINACION DE LAS VARIABLES C.I.A.**

#### Coefficiente de Escorrentía (C)

El valor del coeficiente de escorrentía, es una variable muy importante que depende de las características fisiográficas de la cuenca, de no ser seleccionada con sumo cuidado puede generar graves errores de diseño.

Este coeficiente de escorrentía representa el porcentaje del agua precipitada que fluye sobre la superficie, del resto del agua precipitada una parte se evapora y otra se infiltra en el terreno.

Dichas características fisiográficas de la cuenca proporcionan los parámetros necesarios para seleccionar el valor del coeficiente de escorrentía. Por lo cual se hizo una visita en el campo, determinando allí que la cobertura vegetal existente son cafetales por lo que se clasifica en el tipo cultivos. Además como ya se determinó la pendiente de tipo media y se determinó que el tipo de suelo varía de semi-permeable a permeable, se tomará un promedio entre los dos valores, como puede apreciarse en la Tabla No.2

Analizando dicha tabla se determina que el valor de "C" para suelos semi-permeables es de 0.5 y para suelos permeables es de 0.3. Por lo tanto el valor de "C" a utilizar para la determinación del caudal generado en la cuenca será :

$$C = 0.4$$

CLASIFICACION PARA VALORES DE "C"

TABLA No. 2

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C						
COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		Mayor de 50%	20% - 50%	5% - 20%	1% - 5%	Menor del 1%
SIN VEGETACION	IMPERMEABLE	0.80	0.75	0.70	0.65	0.50
	SEMIPERMEABLE	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	PERMEABLE	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
CULTIVOS	IMPERMEABLE	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	SEMIPERMEABLE	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	PERMEABLE	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
PASTOS VEGETACION LIGERA	IMPERMEABLE	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	SEMIPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	PERMEABLE	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
HIERBA, GRAMA	IMPERMEABLE	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	SEMIPERMEABLE	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	PERMEABLE	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
BOSQUES DENSA VEGETACION	IMPERMEABLE	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	SEMIPERMEABLE	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	PERMEABLE	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

NOTA: Para zonas que se espera puedan ser quemadas se deben aumentar los coeficientes asi:

Cultivos: multiplicar por 1.1

Hierba, pastos y vegetacion ligera, bosques y densa vegetacion por 1.3

### Area Tributaria (A)

Para calcular el área, se realizaron varias lecturas, para obtener un valor promedio, tal como se detalla a continuación:

Tabla No. 3

TABLA DE MEDICION DE AREAS

Nos.	Lecturas (Km <sup>2</sup> )			Promedio (km <sup>2</sup> )
1	0.69950	0.70000	0.70000	0.69980
2	0.59250	0.59250	0.59300	0.59270
3	0.37425	0.37325	0.37200	0.37316
4	0.92875	0.90675	0.92075	0.91875
Suma				2.58441

### Intensidad de lluvia (I)

Con el propósito de calificar las características de la precipitación, es necesario analizar el comportamiento de la intensidad de lluvia en relación con la duración de la tormenta y la frecuencia de ocurrencia de los fenómenos extremos; los dos últimos factores son determinantes para la obtención de las condiciones de respuesta de la escorrentía en la cuenca en estudio.

Para conocer la lluvia efectiva que es uno de los elementos vitales en el modelo de simulación a ser aplicado en relación con el período de diseño de la obra, es necesario determinar la razón entre la intensidad de la lluvia en sitios especiales de la zona en estudio y la duración de la precipitación en la cuenca de estudio.

Para lograr definir dicha relación es necesario la construcción de las curvas intensidad-duración-frecuencia (I.D.F.), lográndose mediante el ajuste Gumbel (Ver Gráfica No.1) demostrar la buena calidad de los datos de intensidad de lluvia, que es uno de los aspectos importantes en el estudio. Sin embargo, como no se tenía información de intensidades en el propio lugar en donde se desea obtener los datos de escorrentía, fué necesario utilizar los datos de intensidad de la Estación PLuviográfica de El Palmar en Santa Ana (Ver Tabla No.5) que está a sólo 13 km de Chalchuapa y cuenta con un registro suficiente para realizar el estudio hidrológico.

El cálculo de frecuencias se ofrece en la Tabla No.6

### Características Físicas

Las características físicas de la cuenca se muestran en la siguiente tabla :

TABLA No.4

CARACTERISTICAS	DATOS	UNIDAD
AREA DE RECOGIMIENTO (A)	2.58	Km <sup>2</sup>
ELEVACION MAXIMA	866.0	M.S.N.M
ELEVACION MINIMA	715.0	M.S.N.M
ELEVACION MEDIA (H)	790.5	M.S.N.M
DIFERENCIA DE ELEVACION (E)	151.0	M.
LONGITUD MAXIMA	1.5	Km

El tiempo de Concentración ( $t_c$ ) se calcula entonces por la fórmula de GIANDOTTI dada en el numeral 2.1.4 literal b.1 :

$$t_c = \frac{4 \sqrt{A} + 1.5 (l_c)}{0.8 \sqrt{H}} \quad \sqrt{\text{km}^2 + \text{km}}$$

$$t_c = \frac{4 \sqrt{2.58} + 1.5 (1.5)}{0.8 \sqrt{790.5}}$$

$$t_c = 0.35651 \text{ /hr} = 21.39 \text{ min.}$$

TABLA DE INTENSIDADES MAXIMAS ANUALES

TABLA No. 5

ESTACION SANTA ANA, EL PALMAR INDICE A12  
 UBICACION 13 58.6'  
 ELEVACION 225 m.s.N.D.M.

ELEMENTO Intensidad de Precipitacion Maxima Anual (absoluta)  
 en mm/minuto para diferentes periodos  
 Periodo (minutos)

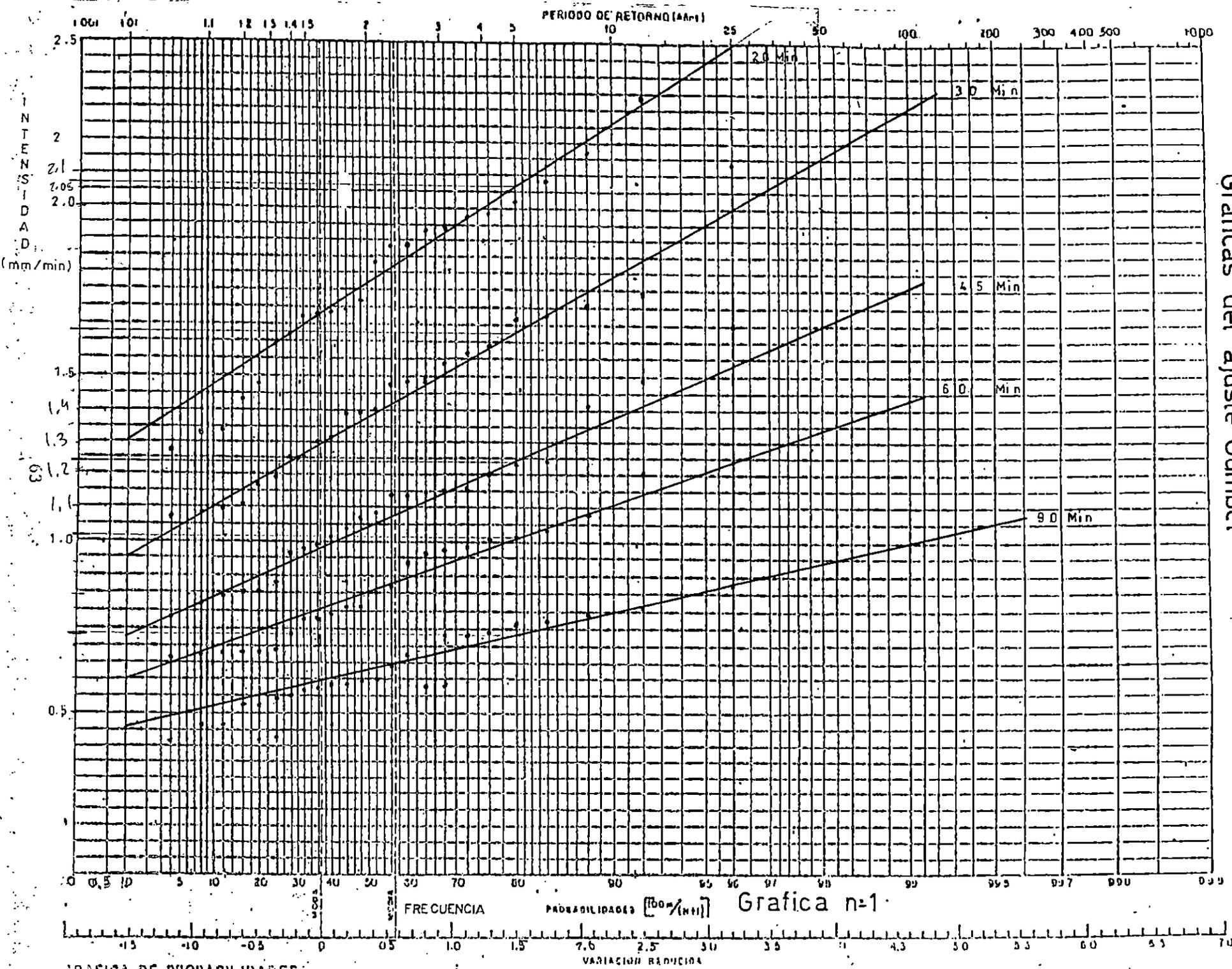
21,34

ANO	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	240	360
1959	3.28	2.66	2.07	1.69	1.40	0.97	0.81	0.47	0.34	0.28	0.24	0.19	0.15
1960	2.40	2.25	2.13	1.88	1.56	1.20	1.01	0.77	0.62	0.50	0.42	0.33	0.20
1961	3.20	3.01	2.67	2.34	1.74	1.49	1.20	0.81	0.62	0.52	0.44	0.34	0.23
62	3.00	2.37	2.13	1.98	1.48	1.14	0.93	0.64	0.58	0.36	0.28	0.21	0.20
63	2.16	1.90	1.78	1.48	1.08	0.85	0.69	0.41	0.30	0.25	0.22	0.18	0.16
64	3.52	2.83	2.54	2.40	2.18	1.65	1.24	0.74	0.48	0.34	0.36	0.22	0.20
65	2.78	1.99	1.67	1.43	1.11	0.85	0.67	0.47	0.36	0.27	0.23	0.18	0.17
66	2.48	2.10	1.79	1.62	1.25	0.96	0.74	0.54	0.33	0.28	0.24	0.19	0.18
67	2.26	2.10	1.98	1.83	1.39	1.06	0.79	0.59	0.51	0.42	0.36	0.27	0.14
68	2.20	2.04	1.82	1.72	1.39	1.15	1.03	0.76	0.61	0.59	0.58	0.29	0.24
69	2.64	2.32	2.15	1.93	1.59	1.24	0.98	0.73	0.59	0.54	0.27	0.18	0.11
1970	2.64	2.07	1.95	1.88	1.70	1.41	1.08	0.87	0.67	0.55	0.47	0.18	
71	2.04	1.72	1.47	1.33	1.09	0.78	0.66	0.52	0.43	0.36	0.29	0.23	0.20
72	2.30	2.04	1.90	1.67	1.25	0.88	0.68	0.52	0.47	0.32	0.28	0.23	0.14
73	2.30	2.10	1.90	1.68	1.30	1.02	0.81	0.60	0.47	0.40	0.35	0.22	0.18
74	2.56	1.84	1.43	1.34	1.31	1.14	0.96	0.73	0.60	0.50	0.42	0.33	0.13
75	2.98	2.52	1.94	1.68	1.19	0.84	0.68	0.58	0.44	0.36	0.24	0.18	0.18
76	2.96	2.19	2.12	2.08	1.67	1.15	0.87	0.58	0.52	0.49	0.42	0.32	0.22
77	3.64	3.51	2.62	2.16	1.48	0.99	0.85	0.57	0.43	0.34	0.29	0.21	0.19
78	3.18	2.67	2.16	1.94	1.47	1.04	0.78	0.56	0.50	0.40	0.35	0.26	0.23
79	3.04	2.27	1.98	1.59	1.17	1.08	0.78	0.56	0.42	0.34	0.32	0.24	0.16
80	3.02	2.06	1.97	2.02	1.65	1.23	0.97	0.67	0.53	0.42	0.36	0.29	0.20
81	3.04	2.90	2.16	1.97	1.54	1.15	1.01	0.79	0.72	0.60	0.51	0.39	0.26
	Extraviado												
83	2.10	1.86	1.58	1.27	1.07	0.82	0.68	0.73	0.58	0.48	0.41	0.31	0.11

## CALCULO DE FRECUENCIAS

TABLA No. 6

20 min	30 min	45 min	60 min	90 min	$f = m/(n + 1)$
1.27 ✓	1.07	0.78	0.66	0.41	4.0
1.33 ✓	1.08	0.82	0.67	0.47	8.0
1.34 ✓	1.09	0.84	0.68	0.47	12.0
1.43 ✓	1.11	0.85	0.68	0.52	16.0
1.48 ✓	1.17	0.85	0.68	0.52	20.0
1.59 ✓	1.19	0.88	0.69	0.54	24.0
1.62 ✓	4.00	0.96	0.74	0.55	28.0
1.67 ✓	1.25	0.97	0.78	0.56	32.0
1.68 ✓	1.30	0.99	0.78	0.57	36.0
1.68 ✓	1.31	1.02	0.79	0.58	40.0
1.69 ✓	1.39	1.04	0.81	0.58	44.0
1.72 ✓	1.39	1.06	0.81	0.59	48.0
1.83 ✓	1.40	1.08	0.85	0.60	52.0
1.88 ✓	1.47	1.14	0.87	0.64	56.0
1.88 ✓	1.48	1.14	0.93	0.67	60.0
1.93 ✓	1.48	1.15	0.96	0.73	64.0
1.94 ✓	1.54	1.15	0.97	0.73	68.0
1.97 ✓	1.56	1.15	0.98	0.73	72.0
1.98 ✓	1.59	1.20	1.005	0.74	76.0
2.02 ✓	1.66	1.23	1.01	0.76	80.0
2.08 ✓	1.67	1.24	1.03	0.77	84.0
2.16 ✓	1.70	1.41	1.08	0.79	88.0
2.34 ✓	1.74	1.49	1.20	0.81	92.0
2.40 ✓	2.18	1.65	1.24	0.87	96.0



GRAFICA DE PROBABILIDADES [100/(n+1)] Grafica n=1

GRAFICA DE PROBABILIDADES

DATOS PARA EL TRAZO DE LAS CURVAS I.D.F.

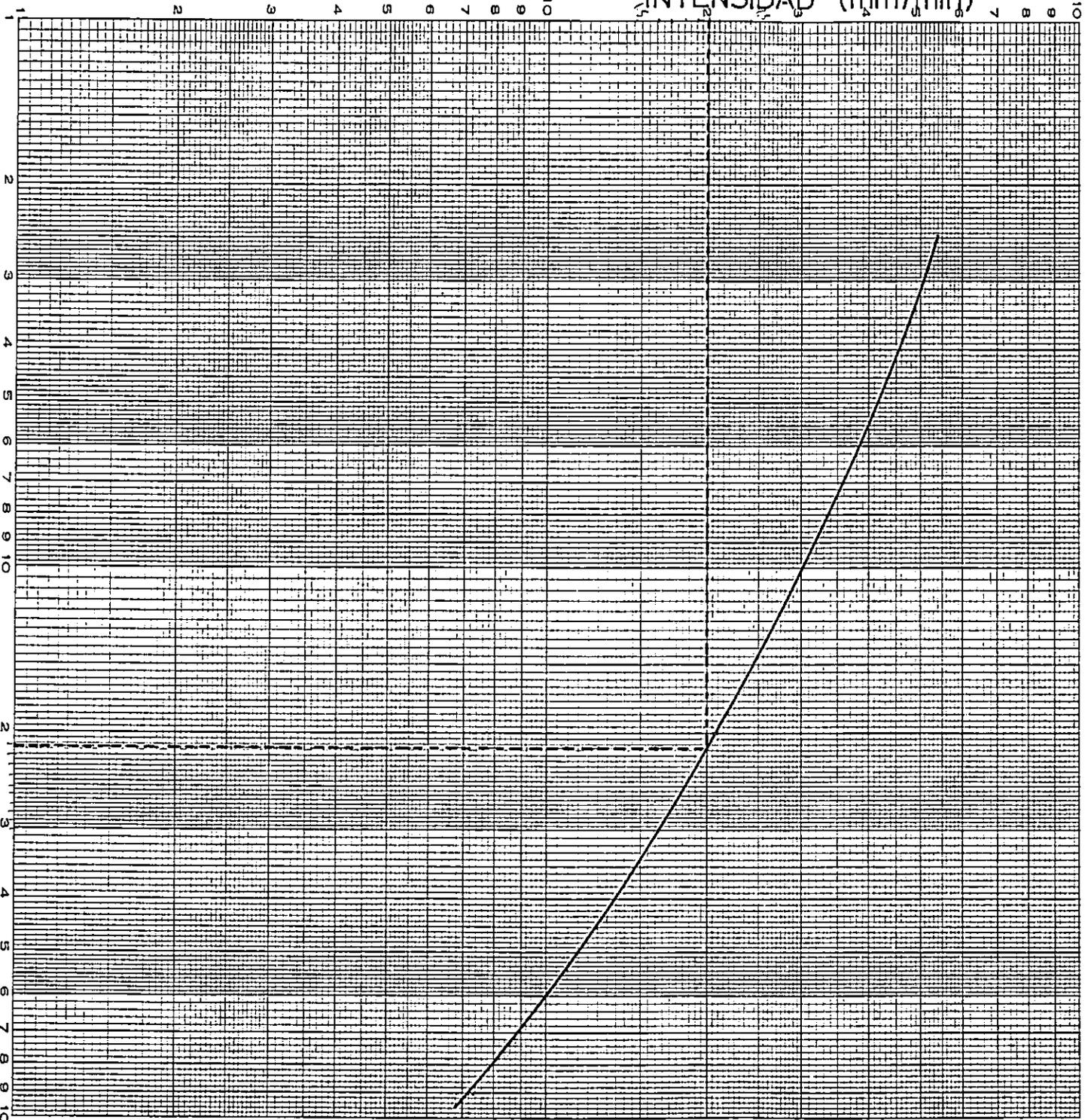
TABLA No. 7

TABLA DE DATOS PARA CONFORMAR LAS CURVAS IDF (\*)

td	PERIODO DE RETORNO			
	5 años	10 años	25 años	50 años
20 min	2.06	2.20	2.50	2.67
30 min	1.63	1.79	2.00	2.15
45 min	1.24	1.38	1.54	1.65
60 min	1.01	1.11	1.24	1.35
90 min	0.74	0.80	0.88	0.95

(\*) Ver gráficas No. 2, 3, 4 y 5

INTENSIDAD (mm/min)

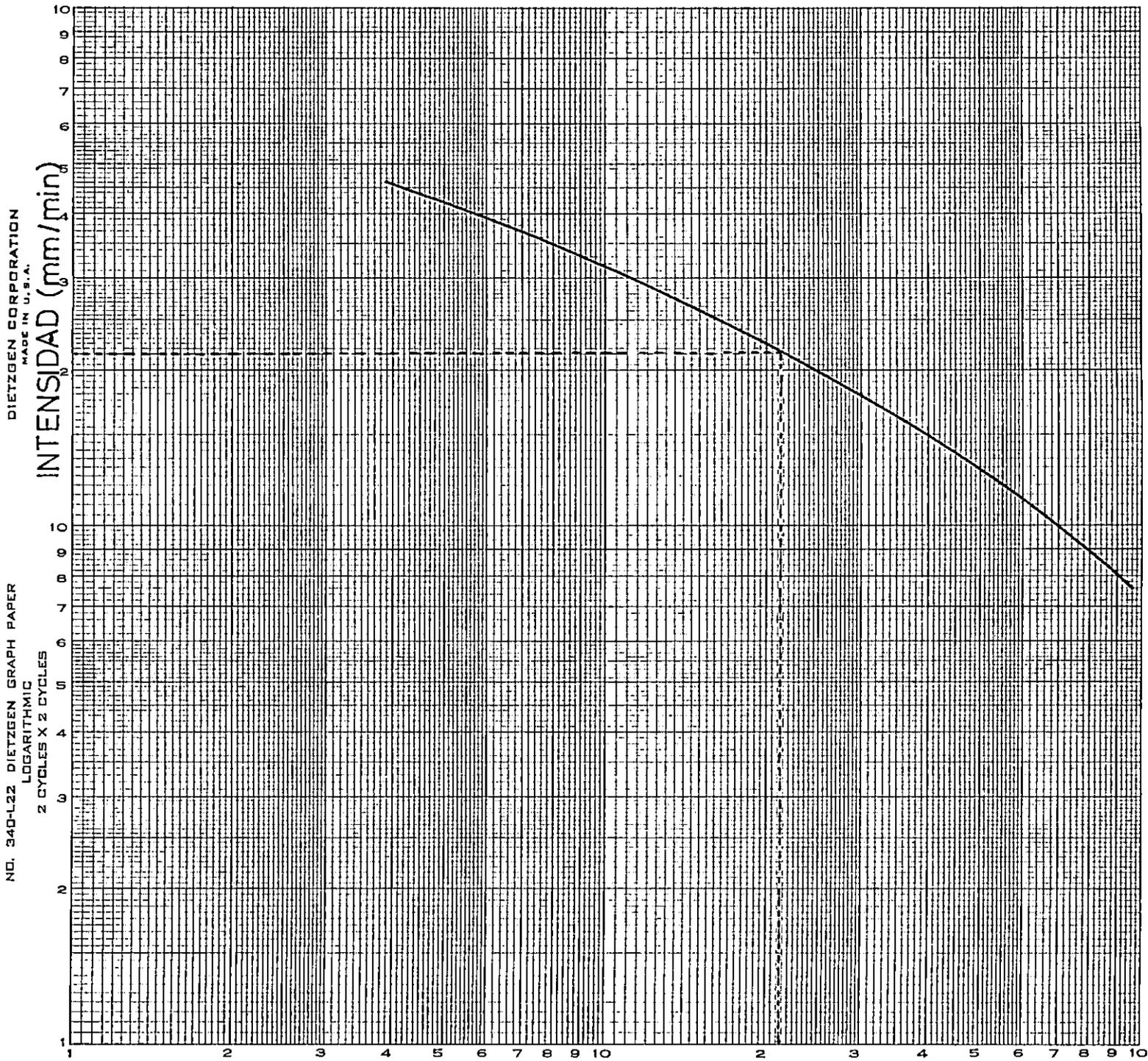


Curva IDF para 5 años

$T_c = 21.39 \text{ min.}$

DURACION (min.)  
GRAFICA N.º 2

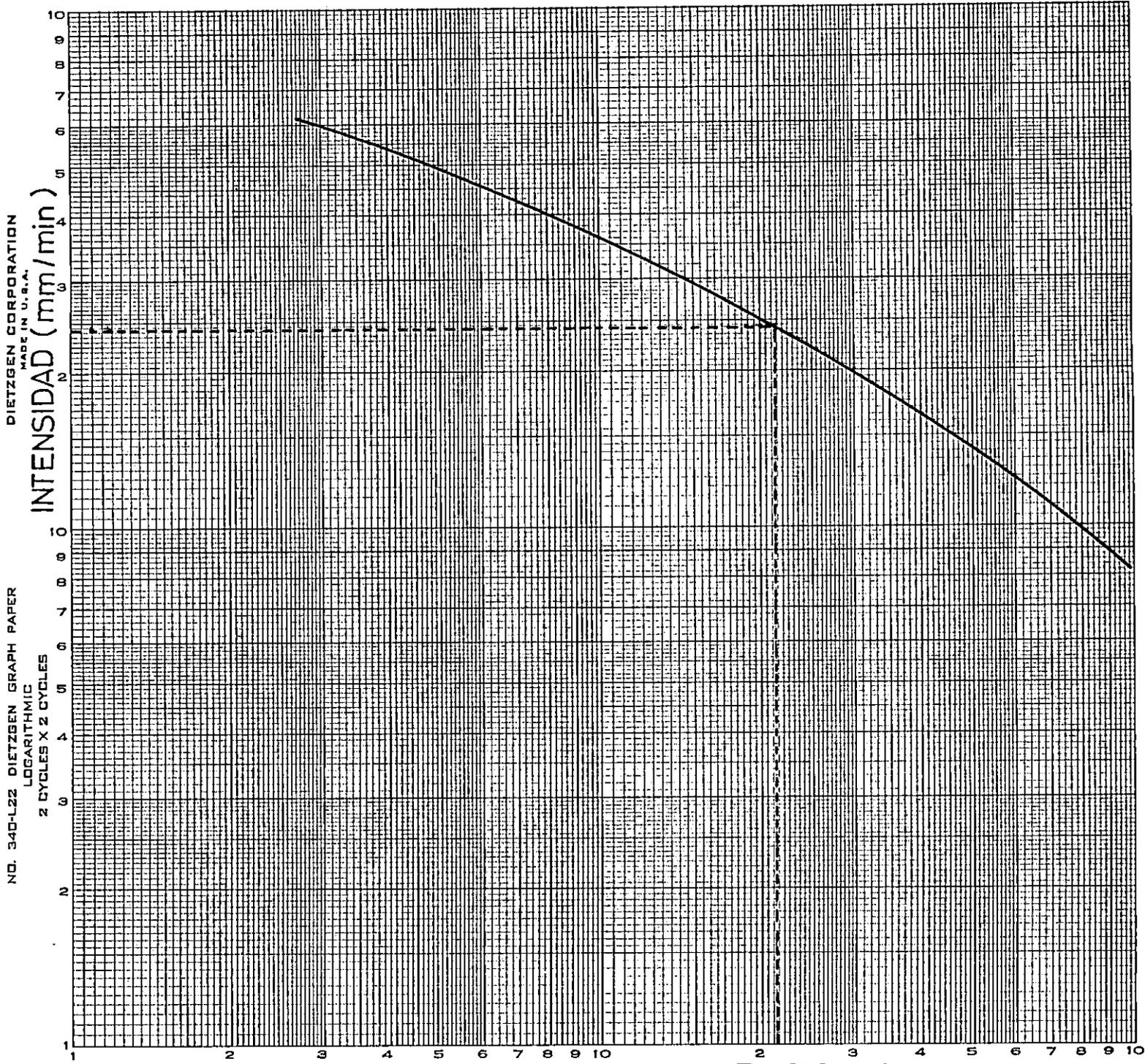
# Curva IDF para 10 años



$T_c = 21.39$  min.

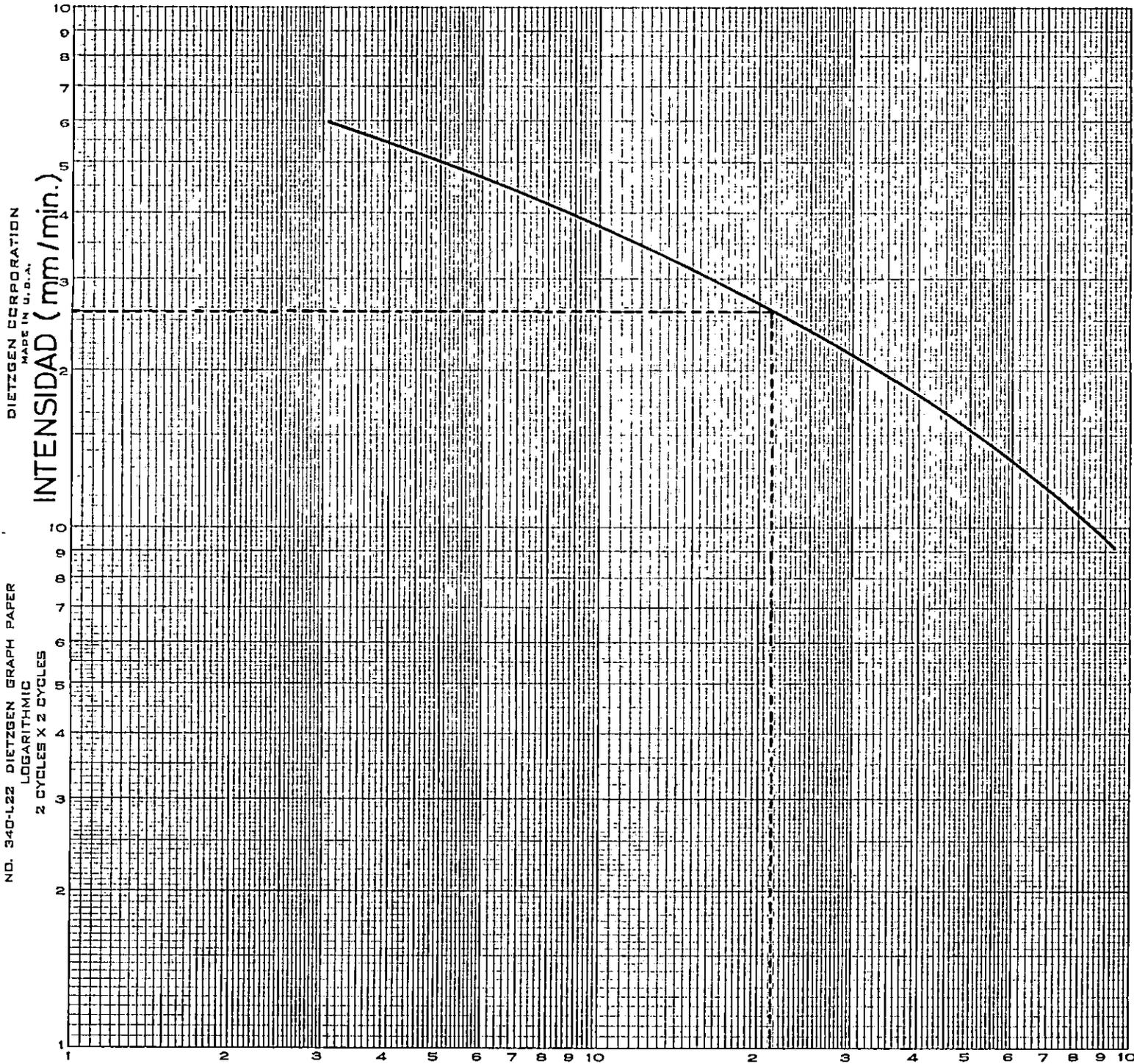
DURACION (min.)  
GRAFICA No 3

# Curva IDF para 25 años



DURACION (min.)  
GRAFICA No 4

# Curva JDF para 50 años



$T_c = 21.39$  min.

DURACION (min.)  
GRAFICA No 5

De las curvas I.D.F. se obtienen las intensidades de Diseño con  $t_c = 21.39$  min.

$$I_5 = 2.0 \text{ mm/min}$$

$$I_{10} = 2.15 \text{ mm/min}$$

$$I_{25} = 2.44 \text{ mm/min}$$

$$I_{50} = 2.60 \text{ mm/min}$$

#### CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO DE LA CUENCA

$$Q_{\max} = 16.667 \text{ C.I.A.}$$

Para la fórmula anterior, los valores de las distintas variables están dados en:

$$Q = \text{m}^3 / \text{s}$$

$$A = \text{Km}^2$$

$$I = \text{mm/min.}$$

TABLA No. 8

CALCULO DEL CAUDAL PARA PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS

Sub-cuenca	Constante	Valor de "C"	Area A (km <sup>2</sup> )	Intensidad I (mm/min)	Caudal máximo Q(m <sup>3</sup> /seg).
1	16.667	0.4	0.69980	2.44	11.384
2	16.667	0.4	0.59270	2.44	9.641
3	16.667	0.4	0.37316	2.44	6.070
4	16.667	0.4	0.91875	2.44	14.945

TABLA No. 9

CALCULO DEL CAUDAL PARA PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

Sub-cuenca	Constante	C	A (km <sup>2</sup> )	I <sub>50</sub> (mm/min)	Q(m <sup>3</sup> /seg)
1	16.667	0.40	0.69980	2.60	12.274
2	16.667	0.40	0.59270	2.60	10.274
3	16.667	0.40	0.37316	2.60	6.468
4	16.667	0.40	0.91875	2.60	15.925

C A P I T U L O   I I I

## CAPITULO III

### 3.0 DESCRIPCION ACTUAL DEL SISTEMA DE DRENAJE

#### 3.1 CRONOLOGIA DEL SISTEMA

Después de realizar entrevistas en la Dirección de Urbanismo y Arquitectura (D.U.A) región Occidente, de visitas de campo para corroborar fechas de construcción en tapaderas de pozos y recolectar información con la población de la ciudad de Chalchuapa, se llegó a recopilar la siguiente información:

Siendo la ciudad de Chalchuapa evidentemente cafetalera, cultivo que dió origen a que en 1939 se procediera a pavimentar la cuarta avenida sur, la cual salía del Beneficio Tazumal y llegaba al Costado Oriente de la Iglesia Parroquial, esto con el objetivo de facilitar la salida del producto para su exportación (Ver figura No.11).

En el año de 1957 un grupo de ciudadanos aledaños a la Décima Avenida Sur, solicitó al D.U.A la construcción de un colector que recogiera el agua lluvia que fluía sobre dicha avenida, ya que la escorrentía estaba erosionando la zona, provocando daños a la infraestructura y por consiguiente poniendo en peligro a la población de la zona (Ver figura No.11).

En 1975 se construyeron unas parrillas de metal en la intersección de la Séptima Avenida Sur y Quinta Calle Oriente, con el objetivo que recogiera la escorrentía de la zona.

#### 3.2 SISTEMA ACTUAL

Chalchuapa cuenta con los siguientes ramales para la evacuación del agua lluvia:

### 3.2.1 Ramal Quinta Calle Oriente - Poniente

La zona sur de Chalchuapa cuenta con un ramal principal, el cual se encuentra sobre la Quinta Calle Oriente - Poniente, comenzando con una parrilla que se encuentra en la Calle Tazumal la cual sale con una tubería de 48 pulgadas que llega a la Séptima Avenida Sur donde se conecta a otra parrilla, a partir de la cual sale con una tubería de 60 pulgadas hasta la segunda avenida sur donde se une a una caja de 2 metros de ancho por 2 metros de alto. A este punto donde se inicia la caja también llega una tubería de 60 pulgadas proveniente de la Séptima Calle Poniente a través de la segunda avenida sur. La caja sigue por la Quinta Calle Poniente hasta la Octava Avenida Sur por lo cual baja hasta la Primera Calle Poniente en donde cruza por terreno privado hasta descargar en la quebrada "CHINQUIZ". La caja está construída de concreto armado en la losa superior y el piso de mampostería de piedra, lo mismo que las paredes laterales y aletones, diseñadas para proteger los taludes y encausar las aguas, ampliando sus dimensiones a 2.65 mts. de ancho por 2.40 mts. de alto en su sección de descarga (Ver figura No.12).

### 3.2.2 Ramal de la Décima Avenida Sur

Sobre la Décima Avenida Sur se encuentra un colector el cual comienza con una tubería de 48 pulgadas en la intersección de la Séptima Calle Poniente, iniciando con una parrilla, para luego cambiar a una tubería de 60 pulgadas de diámetro en la intersección con la Tercera Calle, descargando finalmente en la quebrada "CHINQUIZ" (Ver figura No.12).

### 3.2.3 Ramal de la Avenida 2 de Abril Sur

Este ramal se inicia con una tubería de 30 pulgadas a partir de la 13 Calle Oriente hasta la Novena Calle, donde cambia a una tubería de 48 pulgadas hasta la Séptima Calle, punto al cual llega también una tubería de 36 pulgadas que se inicia con una parrilla, continuando con una tubería de 60 pulgadas hasta intersectar con la Segunda Avenida Sur para conectarse con la caja existente (Ver figura No. 12).

### 3.2.4 Ramal de la Onceava Avenida Sur

Este ramal se inicia en la calle que conduce al Cantón El Cuje, con parrillas las cuales se encuentran soterradas y se conectan con una tubería de 18 pulgadas hasta intersectar con la Onceava Avenida Sur, donde se mantiene con un diámetro de 24 pulgadas hasta descargar a la Laguna Cuscachapa con una tubería de 30 pulgadas de diámetro (Ver figura No. 12).

## 3.3 ZONAS CRITICAS DE INUNDACION

### 3.3.1 Zona Uno

La constituye la Onceava Avenida Sur, donde se subdivide un porcentaje del caudal de la Novena Avenida Sur, que luego converge nuevamente con la primera mencionada (Ver Figura No.13).

### 3.3.2 Zona Dos

La constituye el Callejón Estévez, que dirige su caudal sobre la Onceava y Novena Calle Oriente, hasta desviarse sobre la Primera Avenida Sur (Ver figura No.13).

### 3.3.3 Zona Tres

La constituye la calle proveniente de la Loma El Calvario, que dirige su caudal sobre la Avenida 2 de Abril Sur (Ver figura No. 13).

### 3.3.4 Zona Cuatro

La calle proveniente del Cantón El Arado, que conduce su caudal hacia la 10a., 8a., y 6a. Avenida Sur (Ver figura No. 13).

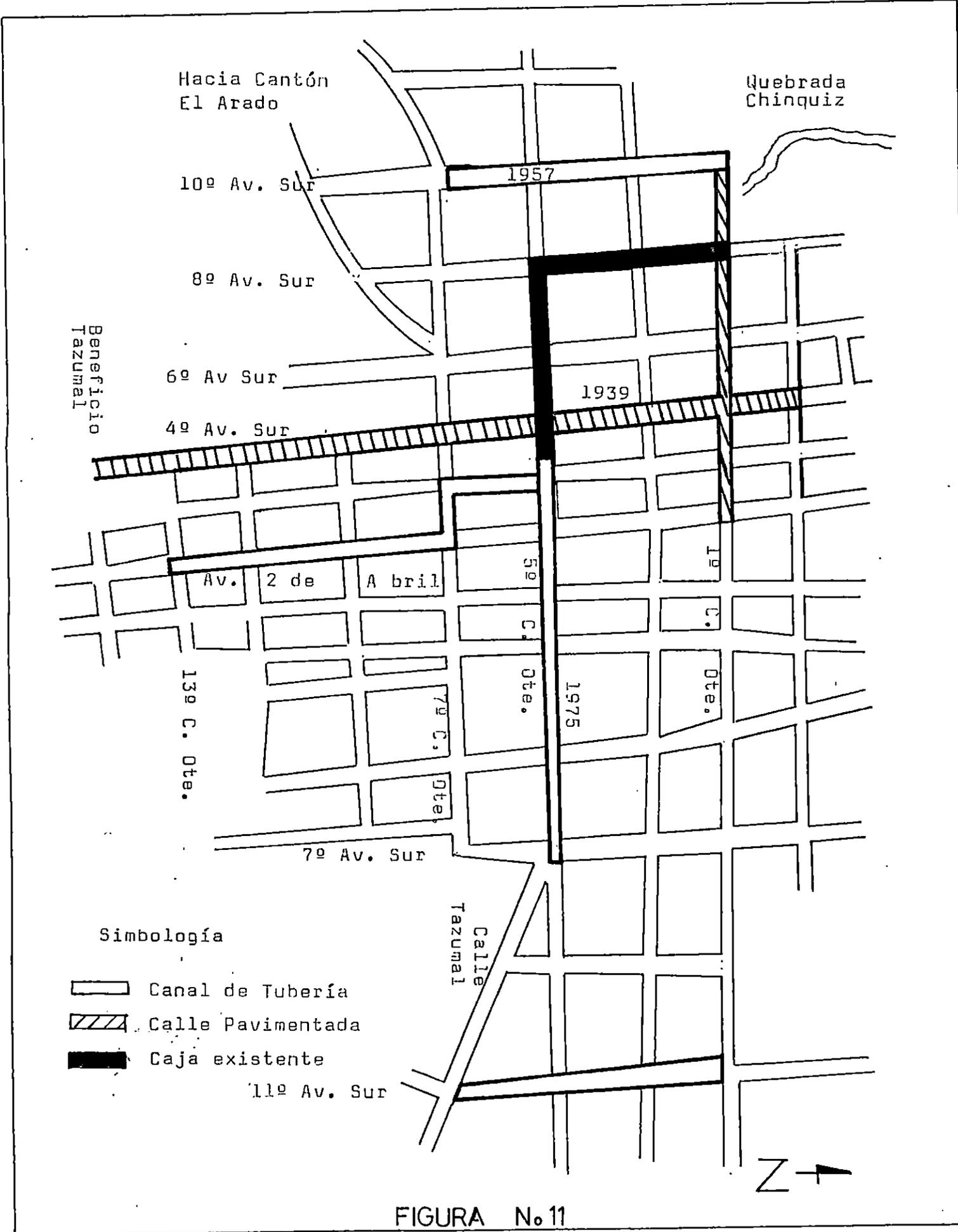


FIGURA No 11

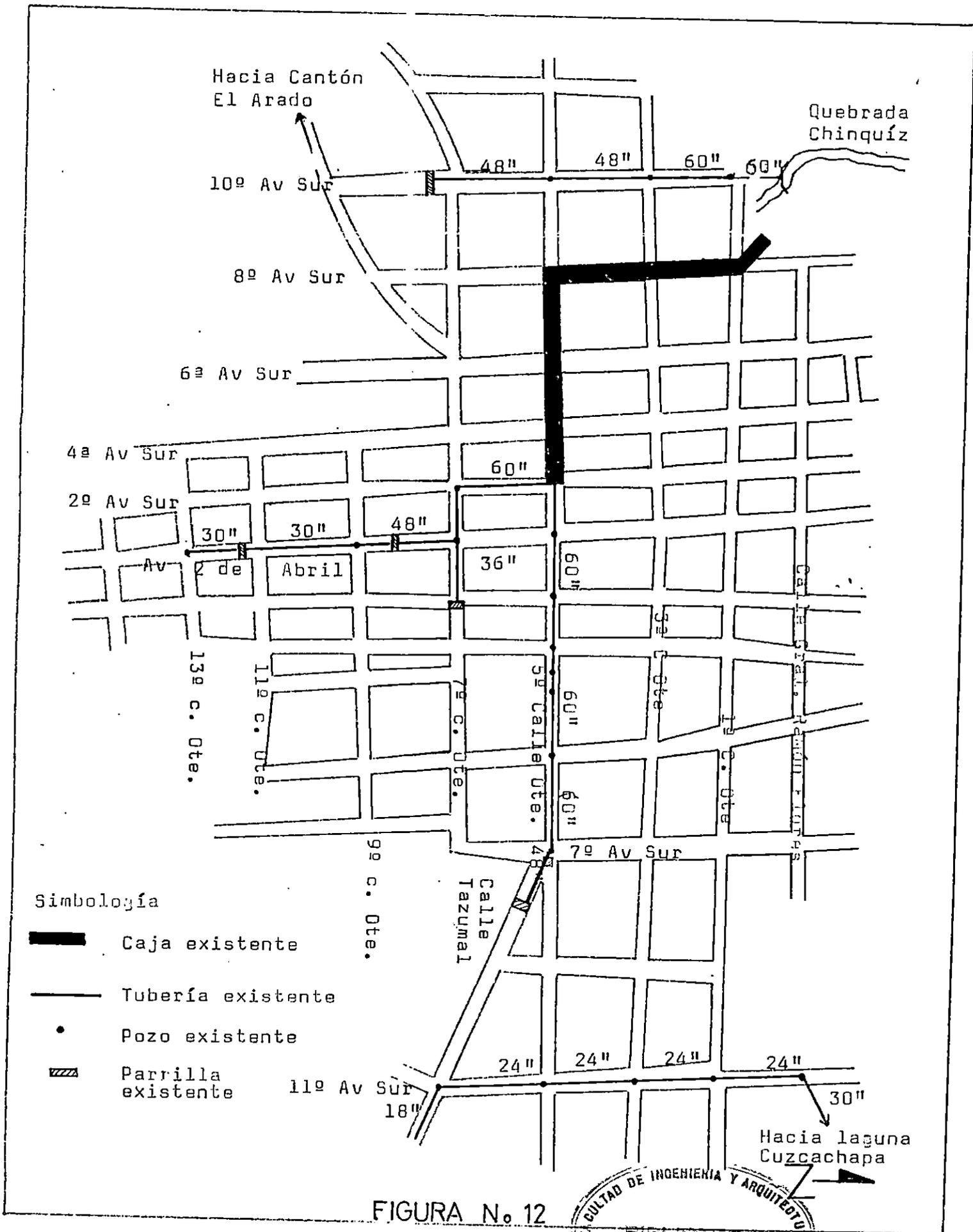
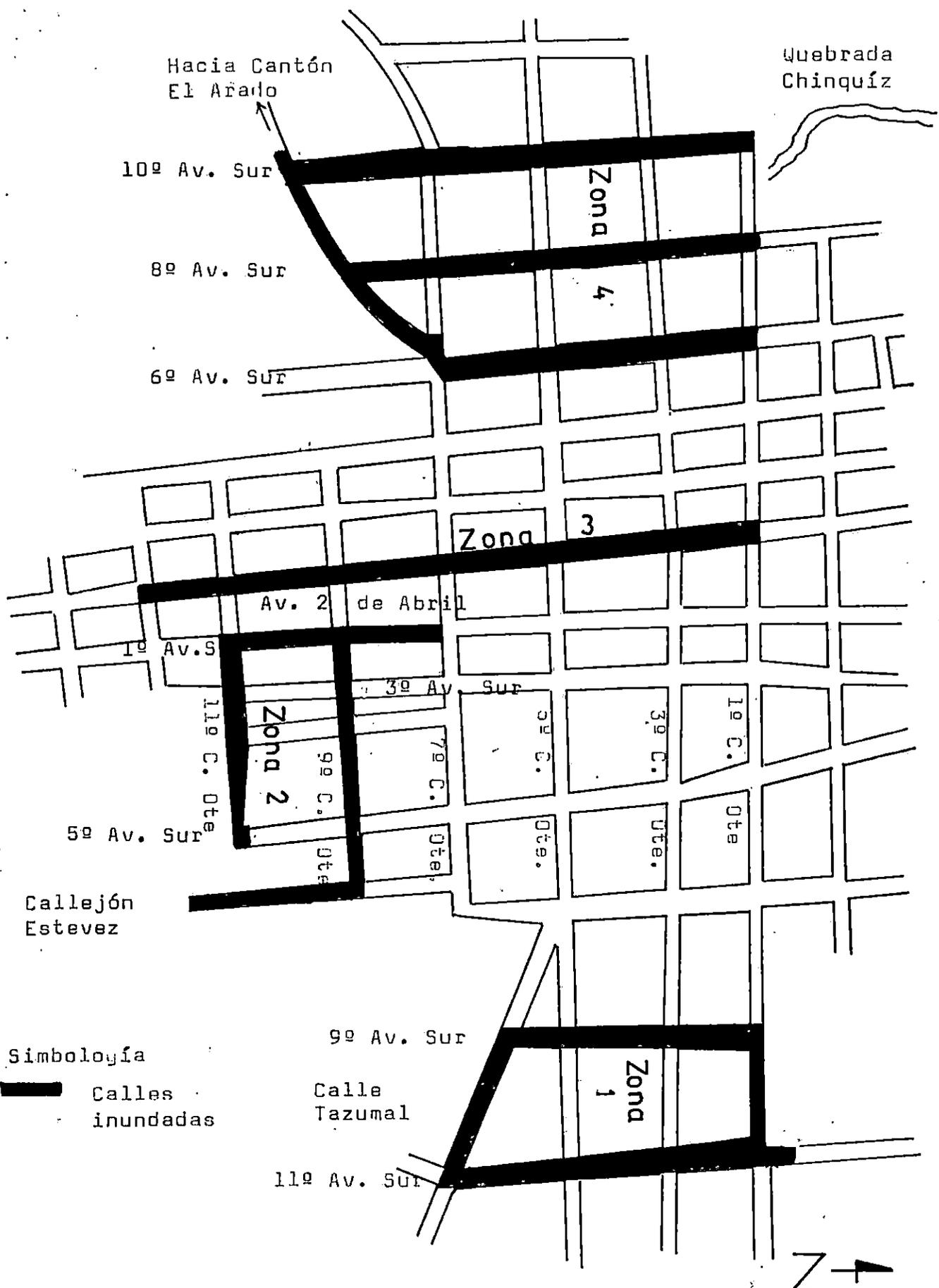


FIGURA No 12





Simbología

**█** Calles inundadas

— Calle Tazumal

FIGURA N.º13

**3.4 FOTOGRAFIAS MOSTRANDO LA ESCORRENTIA GENERADA  
POR LA CUENCA**

FOTO No. 1



Se muestra la cantidad de escorrentía superficial que baja del Cantón Las Flores, ubicado al sur-oriente de la Ciudad de Chalchuapa, inundándose, la 11ª Av. Sur, siendo la primera zona afectada.

FOTO No. 2



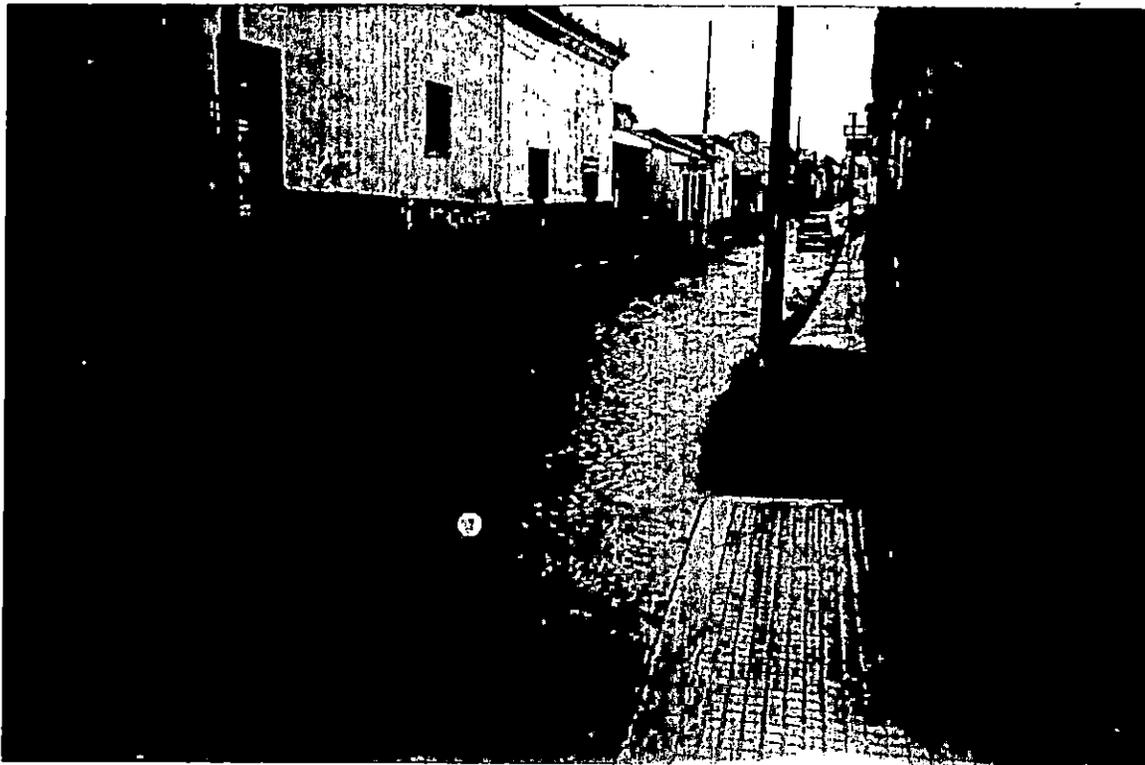
Inundación de la 9ª Avenida Sur; esorrentía proveniente, también se la zona sur-oriente de la ciudad e intersectándose con la 1ª Calle Oriente y uniéndose a la 11ª Avenida Sur.

FOTO No. 3



Inundación sobre la 7ª Calle Oriente-Poniente, provocada por la fuerte escorrentía superficial que baja de la Loma El Calvario, ubicada al sur de la ciudad.

FOTO No. 4



Se muestra la fuerte escorrentía superficial que corre sobre la 1ª Calle Poniente, agua que es drenada de la 1ª Av. Sur, Av. 2 de Abril Sur y 2ª Avenida Sur, proveniente de la Loma El Calvario ubicada en la zona más elevada de la ciudad (al Sur).

Observándose, además sobre esta calle, aceras con cordón de aproximadamente 2.00 metros de altura.

FOTO No. 5



Escorrentía, que es drenada sobre la 1ª Calle Poniente, hasta cajas tragantes a lo ancho de la calle, cajas que conectan con la caja existente sobre la 8ª Avenida Sur.

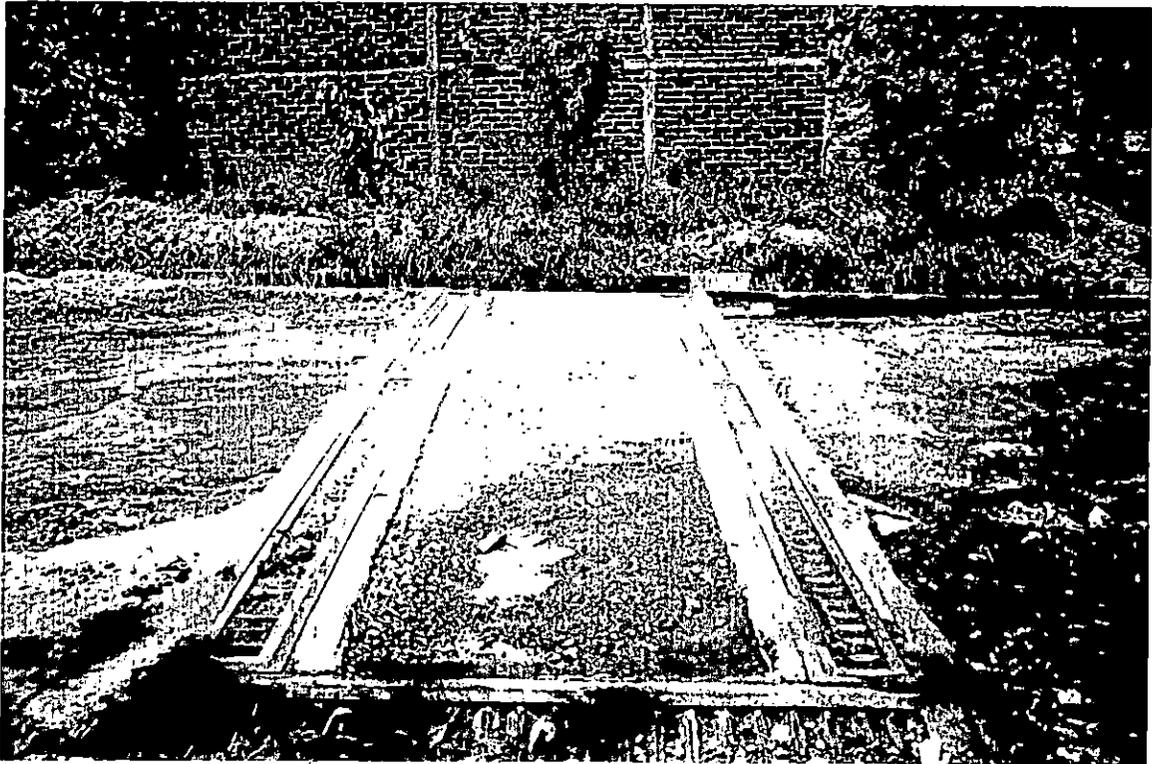
FOTO No. 6



Escorrentía proveniente de la caja, ubicada aguas arriba de la quebrada Chinquiz, observándose además el agua lluvia proveniente desde la zona sur-poniente de la ciudad (Cantón El Arado), la cual corre a través del ramal existente sobre la 10ª Avenida Sur, recolectándose por medio de una caja tragante, ubicada entre la 7ª. calle poniente y 10ª Avenida Sur, hasta llegar a la quebrada Chinquiz.

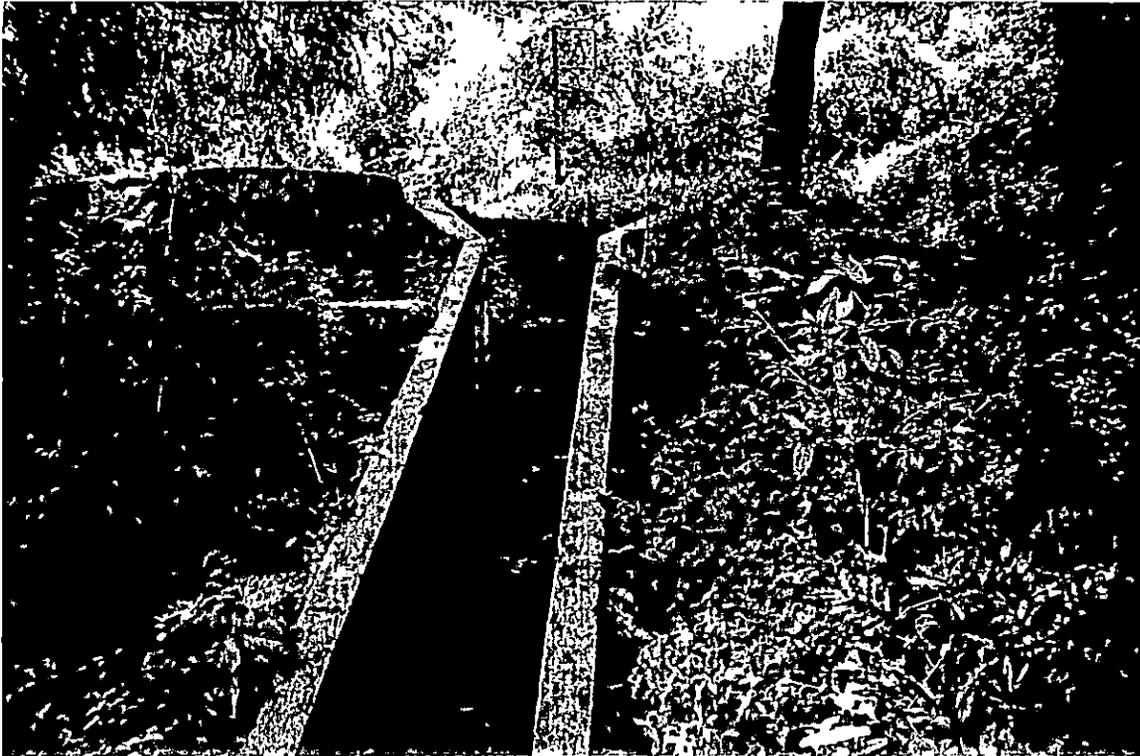
**3.5 FOTOGRAFIAS DE ALGUNOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE LA CIUDAD.**

FOTO No. 7



Caja tragante con parrilla metálica, ubicada sobre la 11ª Avenida Sur, la cual muestra, el deterioro de la arteria; así como también, la saturación de la parrilla.

FOTO No. 8



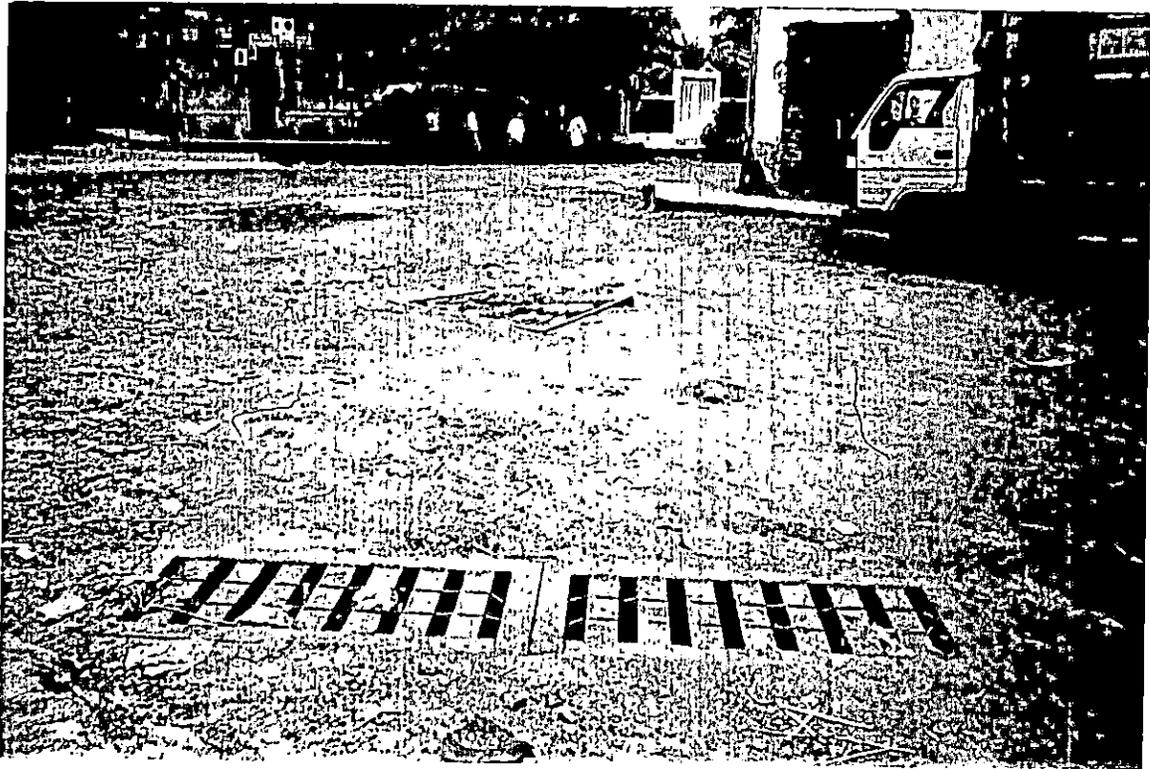
Cabezal de descarga, combinado con un disipador de energía. La llegada al disipador es un tubo de diámetro de treinta pulgadas, proveniente del ramal ubicado sobre la 11ª Avenida Sur, llegando a descargar a la Laguna de Cuzcachapa.

FOTO No. 9



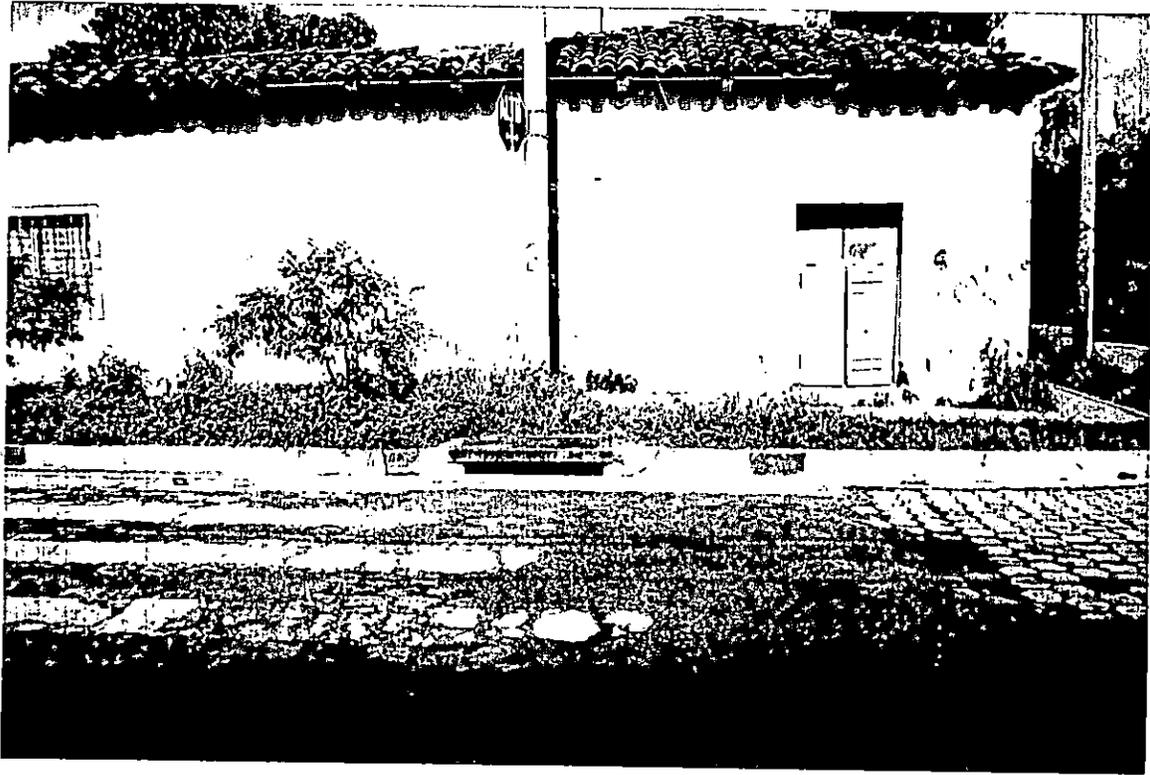
Caja tragante, ubicada sobre calle Tazumal, conectándose por medio de tubería de diámetro de cuarenta y ocho pulgadas hasta llegar a otra caja tragante, ubicada sobre la 5ª Calle Oriente y 7a. Avenida Sur.

FOTO No. 10



Caja tragante, ubicada sobre la 5a. Calle Oriente, la cual se conecta por medio de un tubo de diámetro de cuarenta y ocho pulgadas, hacia el pozo ubicado sobre la intersección de la 7a. Avenida Sur y 5a Calle Oriente.

FOTO No. 11



Caja tragante remetida, ubicada sobre la 5a. Avenida Sur y 5a Calle Oriente, conectándose con un diámetro de dieciocho pulgadas al ramal existente sobre la 5a Calle Oriente.

FOTO No. 12



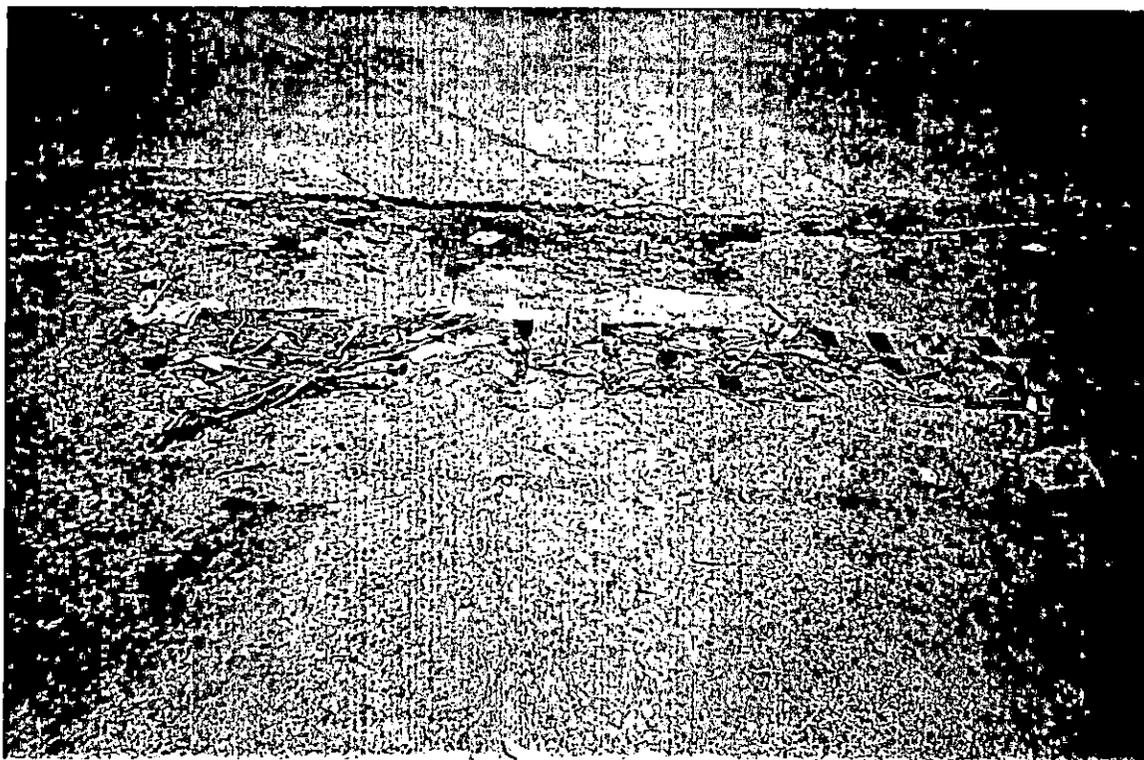
Caja tragante con parilla metálica, ubicada al centro de la 3ª Avenida Sur, conectándose al ramal existente ubicado sobre la 5ª Calle Oriente, por medio de tubería de diámetro de dieciocho pulgadas.

FOTO No. 13



Caja tragante, ubicada a lo ancho de la 1ª Avenida Sur y la intersección con la 7a. Calle Oriente, saturada de material arrastrado por la fuerte escorrentía superficial que baja del callejón Estévez.

FOTO No. 14



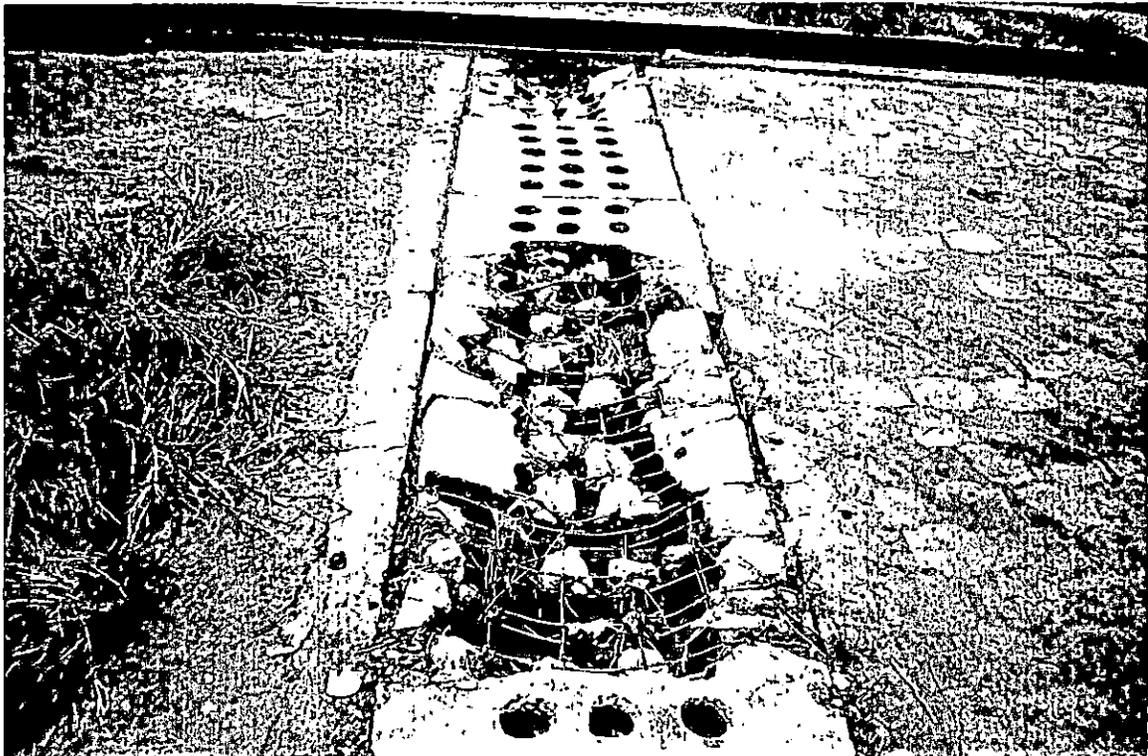
Caja tragante ubicada entre la 7a. Calle Oriente y 1a Avenida Sur la cual se conecta al ramal ubicado en la Avenida 2 de Abril sur por medio de tubería de diámetro de cuarenta y ocho pulgadas.

FOTO No. 15



Caja tragante tragante con parrilla de hierro fundido, de construcción reciente, ubicada en la intersección de la 1a. Av. Sur y 5a. Calle Oriente. Se muestra la saturación debida a los sólidos flotantes arrastrados por la fuerte escorrentía proveniente del sur de la ciudad. Además puede observarse el deterioro de la infraestructura.

FOTO No. 16

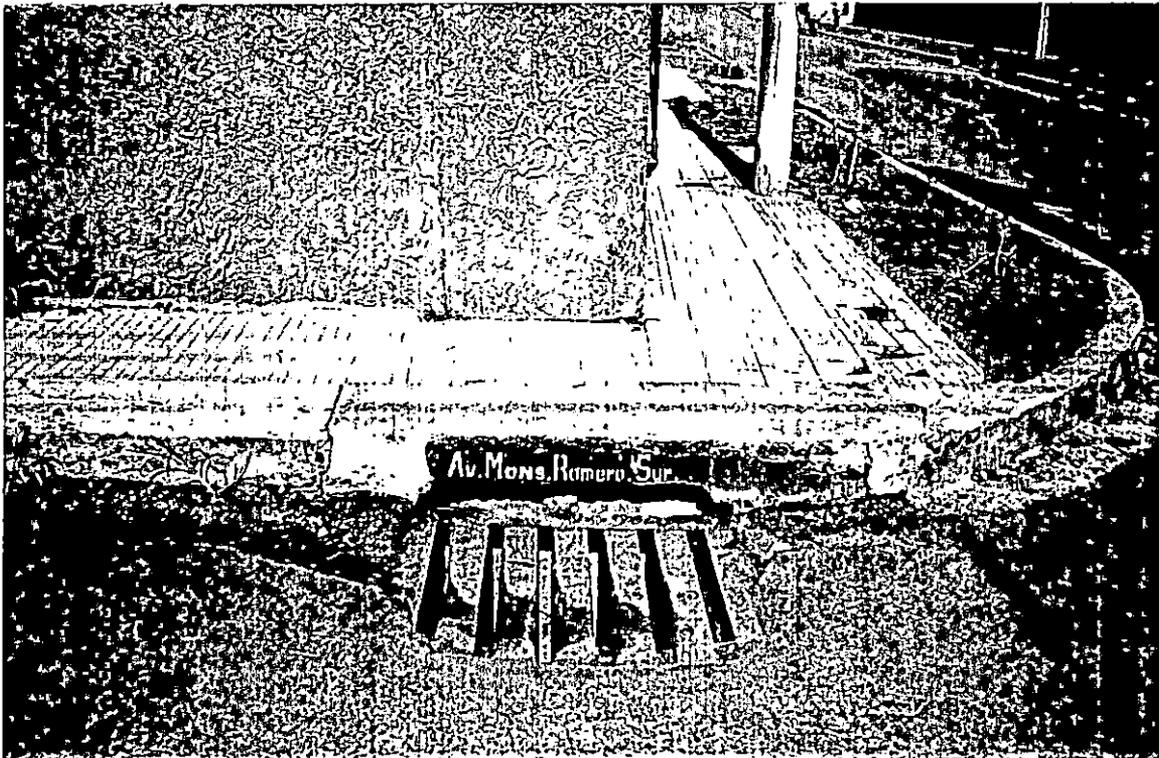


Caja tragante ubicada entre la 5ª Calle Oriente y Avenida 2 de abril sur, la cual tiene parrilla de concreto reforzado; se encuentra en mal estado.

FOTO No. 17

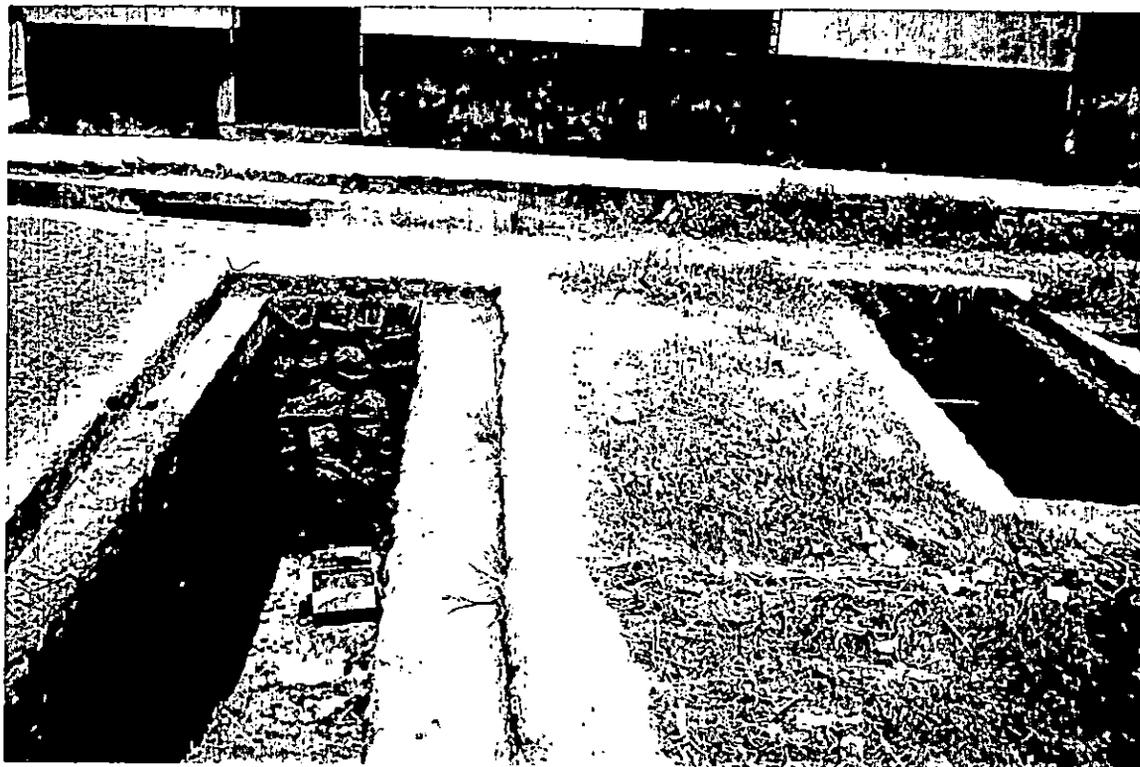


Caja tragante ubicada al final de la Avenida 2 de abril sur, la cual se conecta al ramal ubicado sobre la misma avenida, por medio de tubería de diámetro de treinta pulgadas.



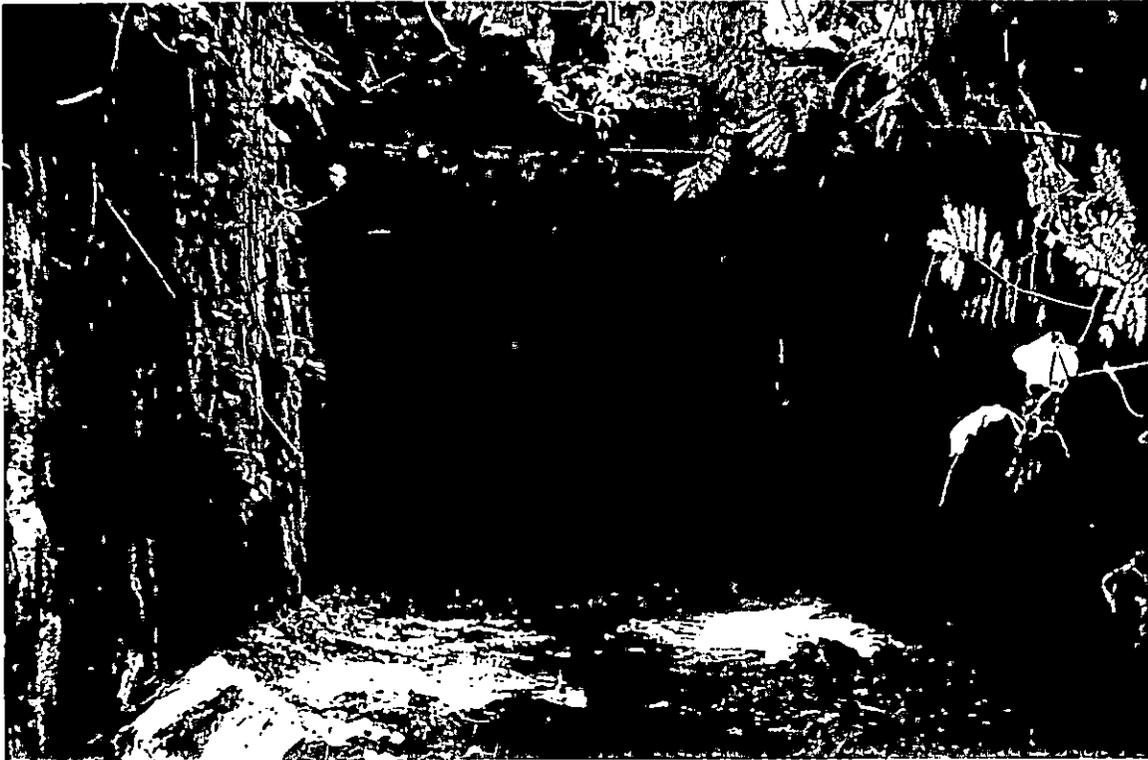
Caja tragante remetida, ubicada en la Avenida Monseñor Romero (4ª Avenida Sur) y la intersección con la 5ª Calle Poniente, conectándose a la caja que pasa sobre la 5ª. Calle Oriente, por medio de tubería de dieciocho pulgadas.

FOTO No. 19



Caja recién construída, ubicada sobre la 1ª Calle Poniente y la intersección con la 8a. Avenida sobre la cual viene la caja; donde la caja tragante se conecta a la caja por medio de tubería de treinta pulgadas. Además, se observa en la intersección de la calle y la Avenida antes mencionada, la caja tragante con parrilla de concreto reforzado, la cual se conecta a la caja de concreto, por tubería de diámetro de dieciocho pulgadas.

FOTO No. 20



Se muestra la salida de la caja que se conecta a la quebrada Chinquiz, con dimensiones de 2.65x2.40 metros. Esta caja es la que viene sobre la 8ª Avenida Sur, hasta conectarse a este punto con la quebrada.

FOTO No. 21



Cabezal de descarga principal que conecta a la tubería  $\phi$  60" con la quebrada Chinquiz.

La tubería que llega al cabezal, proviene de la 10ª Avenida Sur, que es el otro ramal que recoge el agua proveniente de la zona sur-poniente de la ciudad.

3.6 CALCULO DE CAUDALES Y VELOCIDADES MEDIANTE EL NOMOGRAMA DE HAZEN WILLIAMS (VER FIGURA No.14).

TABLA No. 10

Chequeo del ramal de tubería que se encuentra en la 11ª Avenida Sur, entre Calle Tazumal y Calle La Laguna.

Tramo	Pozo # a Pozo #	Longitud L(mts)	Diámetro ϕ(pulg.)	Pendiente S	Caudal a tubo lleno Q <sub>C</sub> (lt/seg.)	Velocidad a tubo lleno v(m/seg)
Calle Tazumal	1-2	40.0	18	0.0187	350.0	2.18
Calle Tazumal 5ª Calle Oriente	2-3	106.0	24	0.0217	800.0	2.8
5ª Calle Oriente - 3ª Calle Oriente	3-4	85.0	24	0.0190	760.0	2.62
3ª Calle Oriente - 1ª Calle Oriente	4-5	80.0	24	0.0152	680.0	2.27
1ª Calle Oriente - Calle La Laguna	5-6	43.0	24	0.0165	700.0	2.44

TABLA No. 11

Chequeo del ramal de tubería ubicado sobre la Avenida 2 de Abril entre la 13ª Calle y la 7ª Calle.

Tramo	Pozo # a Pozo #	Longitud L(mts)	Diámetro ϕ(pulg.)	Pendiente S	Caudal a tubo lleno Q <sub>C</sub> (lt/seg.)	Velocidad a tubo lleno v(m/seg)
13ª Calle - 11ª Calle	A-P2	63.0	30	0.0404	2000.0	4.40
11ª Calle - 9ª Calle	P2-B	110.0	30	0.0062	850.0	1.95
9ª Calle - 7ª Calle	B-C	95.0	48	0.0091	3400.0	2.9

TABLA No. 12

Chequeo del ramal de tubería ubicado sobre la 7ª Calle entre la 1ª Avenida Sur y la 2ª Avenida Sur.

Tramo	Pozo # a Pozo #	Longitud L(mts)	Diámetro Ø(pulg.)	Pendiente S	Caudal a tubo lleno Q <sub>c</sub> (lt/seg.)	Velocidad a tubo lleno v(m/seg)
1ª Avenida Sur - Av. 2 de abril	P3-C	60.0	36.0	0.007	1350.0	2.08
Avenida 2 de abril - 2ª Av. Sur.	C-D	56.0	60.0	0.0059	5200.0	2.70

TABLA No. 13

Chequeo del ramal de tubería ubicado sobre la 5ª Calle entre la 7ª Avenida Sur y la 8ª Avenida Sur.

Tramo	Pozo # a Pozo #	Longitud L(mts)	Diámetro Ø(pulg.)	Pendiente S	Caudal a tubo lleno Q <sub>c</sub> (lt/seg.)	Velocidad a tubo lleno v(m/seg)
7ª Avenida Sur - 5ª Avenida Sur	7-8	104.0	60.0	0.0155	8400.0	4.2
	8-9	65.0	60.0	0.0188	9000.0	7.15
	9-10	34.5	60.0	0.0235	10225.0	8.00
5ª Avenida Sur - 3ª Avenida Sur	10-11	16.0	60.0	0.0068	5500.0	2.80
3ª Avenida Sur - 1ª Avenida Sur	11-12	56.0	60.0	0.006	5200.0	2.70
1ª Avenida Sur - 2ª Avenida Sur	12-13	66.5	60.0	0.0044	4500.0	2.34
Avenida 2 de abril - 2ª Avenida Sur		56.0	60.0	0.005	4750.0	2.43
2ª Avenida Sur - 4ª Avenida Sur		55.0		0.01	13032.0	4.65
4ª Avenida Sur - 6ª Avenida Sur		75.0	C	0.01	13032.0	4.65
6ª Avenida Sur - 8ª Avenida Sur		95.0	A	0.008	11656.2	4.16
5ª Calle Oriente - 3ª Calle Poniente		100.0	J	0.01	13032.0	4.65
3ª Calle Poniente - 1ª Calle Poniente		85.0	A	0.015	15960.9	5.70

NOTA: Para la caja se hizo un análisis de capacidad hidráulica con el 70% de su altura y un valor de coeficiente de Manning de n=0.040.

**TABLA No. 14**

**Chequeo del ramal de tubería ubicado sobre la 10ª Avenida Sur entre la 7ª Avenida Sur y la Quebrada Chiquiz.**

Tramo	Pozo # a Pozo #	Longitud L(mts)	Diámetro Ø(pulg.)	Pendiente S	Caudal a tubo lleno $Q_c$ (lt/seg.)	Velocidad a tubo lleno $v$ (m/seg)
7ª Calle Poniente - 5ª Calle Poniente	PI-14	106.5	48	0.035	6500.0	8.42
5ª Calle Poniente - 3ª Calle Poniente	14-15	99.0	48	0.02	5200.0	4.25
3ª Calle Poniente - 1ª Calle Poniente	15-16	85.0	60	0.0066	5500.0	2.8
1ª Calle Poniente - Cabezal	16- CAB	62.0	60	0.0121	7500.0	3.74

Ver esquema de ubicación de colectores existentes en Plano No.2 y Perfiles Actuales de Tuberías de Aguas Lluvias de la Ciudad de Chalchuapa en Plano No.3

**3.7 EVALUACION DE LA EFICIENCIA CON LA QUE FUNCIONAN LOS RAMALES DE TUBERIA EN LA CIUDAD.**

**SE UTILIZARA LA FORMULA RACIONAL PARA EL CALCULO DE CAUDALES.**

**TABLA No. 15**

**Evaluación del sistema de drenaje ubicado sobre 11ª Avenida Sur.**

Tramo	Pozo # a Pozo #	Valor de C	Intensid. I (mm/min)	Area Tributa- ria A(m²)	Caudal Adicional $Q_a$ (lts/- seg)	Caudal Entrada $Q_t$ (lts- /seg)	Caudal Acumul. $Q_c$ (lts/seg)	Capac. Drenaje $Q_c$ (lts/seg)	Conclusión
5ª Calle Ote. - 3ª Calle Ote.	3-4	0.51	4.90	17280.0	719.73	11384.0	12103.73	760.0	No cumple
3ª Calle Ote. - 1ª Calle Ote.	4-5	0.50	4.55	20362.5	772.09	11949.5	12721.52	680.0	No cumple
1ª Calle Ote. - Calle La Laguna	5-6	0.53	4.25	41912.5	1573.50	12567.2	14140.70	700.0	No cumple
Descarga		0.48	4.00	2890.0	92.48	13754.7	13847.18	800.0	No cumple

**TABLA No. 16**

Evaluación del Sistema de Drenaje ubicado sobre la 5ª Calle Oriente.

Tramo	Pozo # a Pozo #	Valor de c	Intensid. I (mm/mm)	Area Tributa- ria A(m <sup>2</sup> )	Caudal Adicional Qt(its/- seg)	Caudal Entrada Qt(its- /seg)	Caudal Acumul. Qt (its/seg)	Capac. Drenaje Qc (its/seg)	Conclusión
7ª Av. Sur - 5ª Av. Sur	7-8	0.67	4.90	7625.0	417.22	—	417.22	8400.0	Cumple
5ª Av. Sur - 3ª Av. Sur	8-11	0.58	4.55	4317.5	189.90	249.1	439.00	5500.0	Cumple
3ª Av. Sur - 1ª Av. Sur	11-12	0.58	4.25	7275.0	298.89	380.1	678.99	5200.0	Cumple
1ª Av. Sur - Av. 2 Abril S.	12-13	0.57	4.00	11865.0	450.88	10227.2	10678.08	4500.0	No cumple
Av. 2 de abril - 2ª Av. Sur		0.60	3.80	6800.0	258.41	16613.6	17872.01	4750.0	No cumple
2ª Av. Sur - 4ª Av. Sur		0.71	3.60	2650.0	112.89	16785.9	16898.79	13032.0	No cumple
4ª Av. Sur - 6ª Av. Sur		0.59	3.45	7825.0	265.47	16849.5	17134.97	13032.0	No cumple
6ª Av. Sur - 8ª Av. Sur		0.53	3.30	8537.5	248.87	17029.5	17278.37	11656.2	No cumple
5ª Calle Pta. - 3ª Calle Pta.		0.57	3.15	10100.0	302.25	17217.3	17519.55	13032.0	No cumple
3ª Calle Pta. - 1ª Calle Pta.		0.52	3.05	8950.0	236.58	17429.4	17665.98	15960.9	No cumple
1ª Calle Pta. - Descarga		0.40	2.95	38225.0	751.77	17611.4	18363.17	—	—

**TABLA No. 17**

Evaluación del Sistema de Drenaje ubicado sobre la 10ª Av. Sur.

Tramo	Pozo # a Pozo #	Valor de c	Intensid. I (mm/mm)	Area Tributa- ria A(m <sup>2</sup> )	Caudal Adicional Qt(its/- seg)	Caudal Entrada Qt(its- /seg)	Caudal Acumul. Qt (its/seg)	Capac. Drenaje Qc (its/seg)	Conclusión
3ª Calle Pta. - 1ª Calle Pta.	15-16	0.52	4.90	17075.0	680.74	14945.0	15625.74	5500.0	No cumple
Descarga	—	0.52	4.55	11700.0	461.40	15502.8	15967.20	7500.0	No cumple

**Notas:**

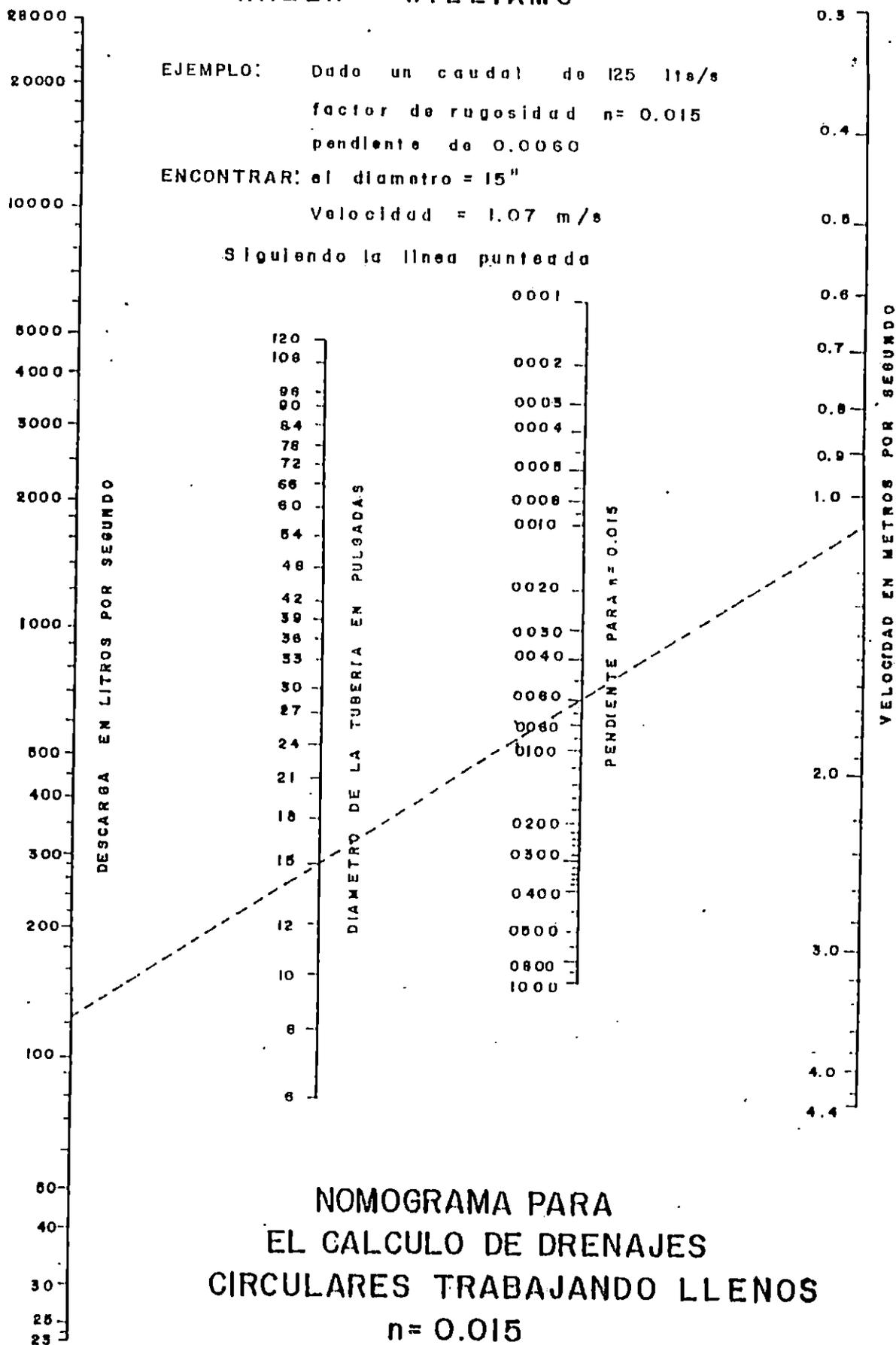
1. Los caudales de diseño utilizados corresponden a un período de diseño de 25 años. Ver Tabla No.8
2. El valor del coeficiente de escorrentía "C" fue obtenido de la tabla No.18
3. Los cuadros anteriores presentan las áreas tributarias en metros cuadrados, pero para los cálculos se utilizaron en unidades de kilómetros cuadrados.
4. En las intersecciones de la 5ª Calle Ote. con la 1ª Av. Sur y con la Avenida 2 de abril se le adicionó los caudales provenientes de esas avenidas.
5. Las conclusiones se realizaron comparando el caudal acumulado contra capacidad de drenaje.

# HAZEN WILLIAMS

EJEMPLO: Dado un caudal de 125 lts/s  
 factor de rugosidad  $n = 0.015$   
 pendiente de 0.0060

ENCONTRAR: el diametro = 15"  
 Velocidad = 1.07 m/s

siguiendo la línea punteada



NOMOGRAMA PARA  
 EL CALCULO DE DRENAJES  
 CIRCULARES TRABAJANDO LLENOS  
 $n = 0.015$

FIGURA No 14

TABLA No. 18

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA PARA PERIODOS DE 5 A 10 AÑOS EN ZONAS URBANAS O INDUSTRIALES (\*).

<u>DESCRIPCION DEL AREA</u>	<u>COEFICIENTE DE ESCORRENTIA</u>
<b>COMERCIAL:</b>	
- Centro	0.70 - 0.95
- Alrededores	0.50 - 0.70
<b>RESIDENCIAL:</b>	
- Vivienda Unificada Dispersa	0.30 - 0.50
- Vivienda Unifilar Unidad	0.40 - 0.60
- Vivienda Multifamiliar Dispersa	0.45 - 0.65
- Vivienda Multifamiliar Unida	0.60 - 0.75
- Sumarios	0.25 - 0.40
<b>INDUSTRIALES:</b>	
- Densa	0.60 - 0.90
- Dispersa	0.50 - 0.80
PARQUES Y CEMENTERIOS	0.10 - 0.25
AREAS DEPORTIVAS	0.20 - 0.235
PATIOS DE FERROCARRIL	0.20 - 0.40
<b>CALLE Y AVENIDA:</b>	
- Asfalto	0.70 - 0.95
- Concreto	0.80 - 0.95
- Adoquines	0.70 - 0.85
TECHOS	0.75 - 0.95
<b>CESPED EN SUELOS LIMO-ARENOSOS:</b>	
- Plano 2	0.50 - 0.10
- Promedio 2 - 7	0.10 - 0.15
- Inclinado 7	0.15 - 0.20
<b>CESPED EN SUELO LIMO-ARCILLOSOS:</b>	
- Plano 2	0.13 - 0.17
- Promedio 2 - 7	0.18 - 0.22
- Inclinado 7	0.25 - 0.35

(\*) Hidrología. Modelo de Cantidad y Calidad del Agua, Tomo I. (Sexto Curso del CRICA).

C A P I T U L O   I V

## CAPITULO IV

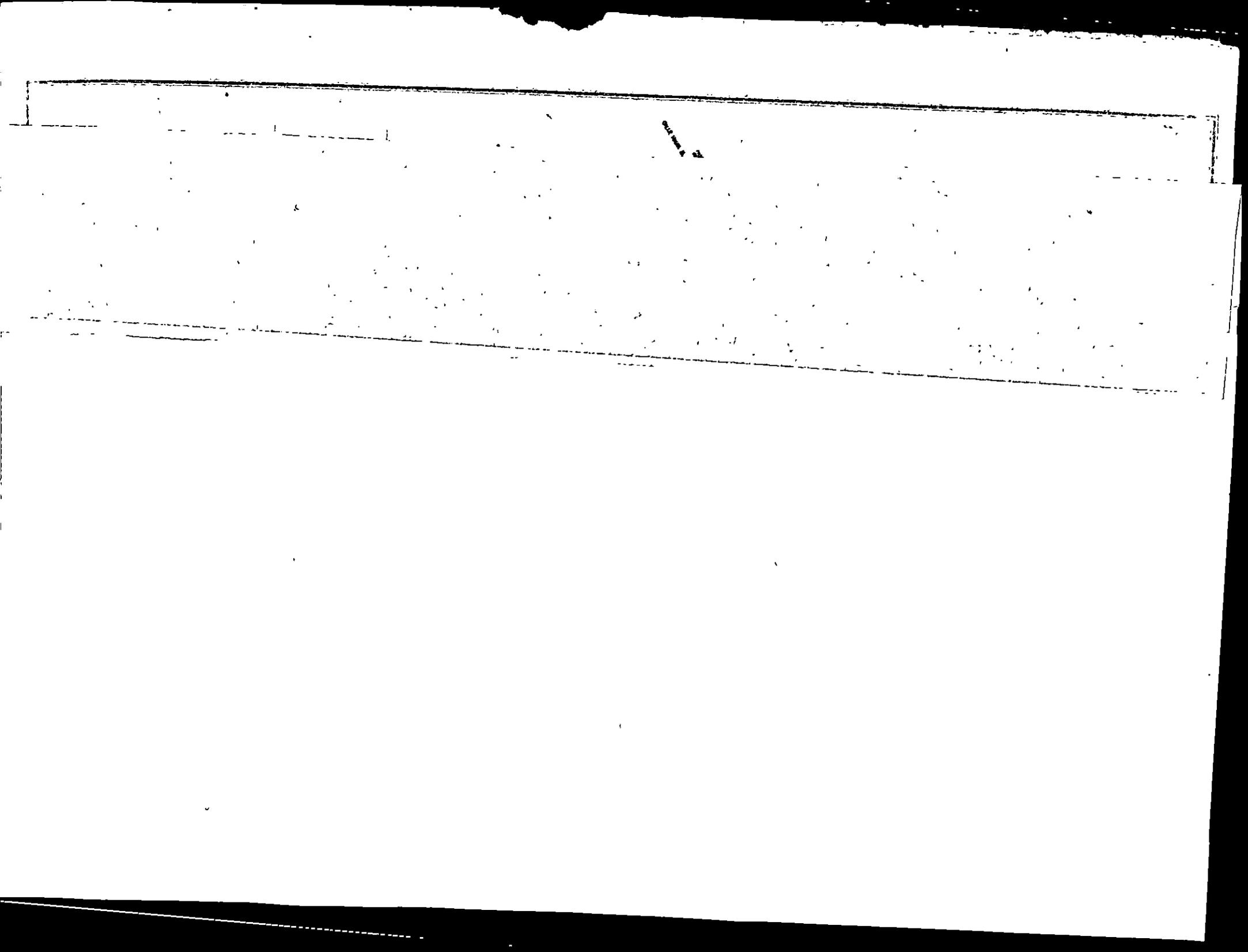
### 4.0 ALTERNATIVAS DE SOLUCION

#### 4.1 DRENAJE PERIFERICO

En vista que la escorrentía que causa problemas de inundación en la ciudad, es la que proviene del agua precipitada en la cuenca ubicada al sur, principalmente, se hace necesario la construcción de un sistema de drenaje que sea capaz de conducir todo el caudal que se genera durante las tormentas, para lo cual, se propone la construcción de un drenaje periférico a la Ciudad, el cual consiste en un canal de mampostería de piedra de sección y pendiente tal que cumplan con las condiciones hidráulicas a que se verá sometido. A éste canal le transportaría agua una tubería que capte el agua que proviene de la sub-cuenca No. 1 a la altura de la lotificación San Ignacio y que escurre sobre la calle que proviene del Cantón Las Flores. Luego este canal recibiría toda la escorrentía que llega de la sub-cuenca No.2, al intersectarse el sistema con la 21ª Calle Oriente, se pasaría a la construcción de una bóveda hasta llegar a la Avenida 2 de abril; donde convergería también una tubería proveniente de la calle de La Loma El Calvario conduce a Chalchuapa, donde se ubicarán parrillas a lo ancho de la calle para captar el total del caudal de la sub-cuenca No. 3. La Bóveda se dirigirá por la Avenida 2 de abril hasta la intersección con la 9ª Calle Pte. donde cruzaría para conducirse por ella hasta la altura de la 6ª Avenida Sur, donde cambiaría nuevamente a ser un canal abierto con la intención de captar el agua precipitada sobre la cuenca No. 4. Dicho canal se prolongaría hasta dirigirse a la 10ª Avenida Sur donde se colocarían parrillas para recolectar el agua proveniente de la calle que viene del Cantón El Arado. Luego se convertiría nuevamente a bóveda,

conduciéndose sobre la 10ª Avenida Sur, hasta desembocar en la quebrada Chinquiz.

El objetivo de hacer variar el sistema de canal a bóveda y viceversa es debido que cuando dicho ramal se conduce por las calles de la ciudad se hace necesario el uso de un conducto cerrado; mientras que cuando se conduce en zona de cultivos se puede utilizar canal abierto para captar toda la escorrentía de la cuenca en todos sus puntos. Esta alternativa presenta el inconveniente de tener un elevado costo económico debido a que es un sistema de grandes dimensiones, ya que se encontrará ubicado a través de toda la cuenca y no por áreas parciales. Otra desventaja es que no logrará captar la totalidad del caudal generado por la cuenca; ya que estaría construido al sur del límite entre la cuenca y la ciudad por lo que la parte restante generaría un caudal que siempre llegaría a la ciudad. Además otro inconveniente que presenta esta alternativa es que gran parte del sistema a diseñar se ubicaría sobre terrenos privados, lo que provocaría retrasos jurídicos para su ejecución (Ver Plano No.4).



#### 4.2 SUSTITUCION COMPLETA DEL SISTEMA ACTUAL DE DRENAJE

Otra de las alternativas para dar solución al problema de inundación en la ciudad de Chalchuapa es sustituir en forma completa el actual sistema de Drenaje de aguas lluvias. El nuevo sistema tendrá que funcionar como una sola red, la cual estará formado por un ramal principal al cual se conectarán ramales de menor capacidad hidráulica.

El ramal estará constituido por una bóveda que inicia entre la intersección de la 11ª Avenida Sur y 5ª Calle Oriente, manteniéndose a lo largo de la 5ª Calle hasta la intersección con la 10ª Avenida Sur, prolongándose sobre ésta desde la 5ª Calle Poniente hasta el punto de descarga que se encuentra en la quebrada Chinquiz.

Los ramales secundarios a diseñar serán los siguientes:

- Un ramal que puede ser tubería o bóveda ubicada sobre la 11ª Avenida Sur entre Calle Tazumal y 5ª Calle.
- Un ramal de tubería o bóveda ubicada sobre la 9ª Calle Oriente entre el Callejón Estévez y la 1ª Avenida Sur, siguiendo el ramal sobre la avenida antes mencionada hasta conectarse con el ramal principal ubicado sobre la 5ª Calle.
- Un tercer ramal sobre la avenida 2 de abril, entre la 13ª calle hasta conectarse con el ramal principal sobre la 5ª Calle.
- Un último ramal ubicado sobre la 10ª Avenida Sur entre 7ª calle y 5ª Calle Poniente, que se conecta directamente con la bóveda.

Todo el sistema contará con suficientes obras de captación (tragantes, parrillas, etc) con el objeto de evacuar en forma eficiente la esorrentía superficial.

Esta solución presenta la desventaja de ser de alto costo económico debido a que se tendría que demoler completamente el sistema actual y construir una bóveda y ramales secundarios de mayores dimensiones (Ver Plano No.5).

#### 4.3 SOLUCION AL PROBLEMA POR RAMALES PARCIALES

Determinados los caudales que ingresan a la ciudad de Chalchuapa y la precipitación sobre ella y habiéndose establecido las zonas críticas se formularán a continuación las siguientes alternativas:

- a) Para el caudal que proviene de la zona sur-oriente de la cuenca (sub-cuenca No. 1) y escurre sobre la 11ª Avenida Sur, entre la calle Tazumal y calle a La Laguna de Cuzcachapa, se propone sustituir la tubería existente de 24 pulgadas de diámetro, por un ramal de tubería de diámetro mayor o por una bóveda iniciando el sistema con dos parrillas de captación consecutivas a fin de captar la totalidad de la escorrentía superficial.
- b) Para recolectar al escorrentía superficial proveniente de la sub-cuenca No. 2 y que llega a la ciudad por el Callejón Estévez se recomienda la construcción de un ramal que bien podría ser de tubería mayor de 60 pulgadas de diámetro o una bóveda que cumpla con las condiciones hidráulicas, conjuntamente con sus respectivas obras de captación. Dicho ramal se conducirá por la 9ª Calle Oriente desviándose en la 1ª Avenida Sur, hasta intersectarse con el ramal ubicado en la 5ª Calle Oriente.
- c) Para aumentar la capacidad de drenaje del ramal que se encuentra en la 5ª Calle Oriente y satisfacer la demanda de que se verá sometido debido a la adición del caudal del ramal de la 1ª Avenida Sur se recomienda la sustitución de la tubería de 60 pulgadas de diámetro que se encuentra entre la 1ª Avenida Sur y 2ª Avenida Sur por una sección de caja hidráulica que sea capaz de conducir el caudal.

- d) Se propone la sustitución del ramal de tubería que se encuentra ubicado en la Avenida 2 de abril Sur comprendido entre la 13ª Calle Oriente y la 7ª Calle Oriente por un ramal de mayor diámetro para poder evacuar la escorrentía que proviene de la sub-cuenca No.3. Dicho ramal se propone desviarlo sobre la 7ª Calle Poniente hasta intersectarse con la 8ª Avenida Sur, conduciéndose por ella hasta conectarse con la caja hidráulica existente en la intersección con la 5ª Calle Poniente; donde dicha caja hidráulica ya tiene la capacidad para desalojar el caudal acumulado.
- e) Se propone hacer la sustitución de la tubería existente sobre la 10ª Avenida, entre la 7ª calle poniente y la quebrada Chinquiz, por la construcción de una bóveda, que satisfaga hidráulicamente el desalojo del caudal proveniente de la sub-cuenca No. 4, ubicada al sur-poniente de la Ciudad de Chalchuapa.
- Esta alternativa presenta la desventaja de necesitarse demolición de una parte de la caja hidráulica existente para aumentar su capacidad de conducción, lo cual eleva los costos y podría ser difícil de llevar a la práctica. (Ver Plano No.6).

#### 4.4 SOLUCION AL PROBLEMA POR RAMALES INDEPENDIENTES

Otra de las alternativas para dar solución al problema de inundación en la ciudad, consiste en generar cuatro ramales independientes, que descarguen en los puntos ya establecidos en la ciudad ( Laguna de Cuzcachapa y Quebrada Chinquiz ).

El primer ramal desalojará el caudal proveniente de la subcuenca No.1 ubicado al sur-oriente de la ciudad, para lo cual se propone el diseño de una bóveda que satisfaga hidráulicamente el desalojo. Este ramal comienza en la Calle Tazumal hasta intersectarse con la 11a. Av.Sur, sobre la cual se desviará hasta intersectarse con la calle que conduce a la Laguna Cuzcachapa, dirigiéndose sobre ésta hasta la descarga (Laguna Cuzcachapa).

El Segundo Ramal inicia en el callejón Estévez hasta intersectarse con la 9a. Calle Oriente, siguiendo por esta calle hasta intersectar la 1a. Av.Sur, sobre la cual se conduciría hasta desviarse en la 1a. Calle Oriente, manteniéndose sobre ésta de Oriente a Poniente hasta desviarse en la 6a. Av. Norte conéctandose a la Calle Ramón Flores sobre la cual se conducirá hasta la descarga ( Quebrada Chinquiz ). Para este ramal se propone el diseño de una bóveda que permita desalojar el caudal proveniente de la sub-cuenca No.2.

El Tercer Ramal desalojará el caudal proveniente de la sub-cuenca No.3 ubicado al Sur de la ciudad, para lo cual se propone la utilización de tubería o caja, la cual inicia sobre la Av. 2 de Abril, entre la 13a. Calle

Oriente y 5a. Calle, desviándose sobre ésta hasta conectarse con la caja existente que inicia en la 2a. Av. Sur, la cual continúa hasta la 8a. Av. Sur bajando sobre la misma hasta la 1a. Calle, para luego descargar a la quebrada Chinquiz.

El Cuarto Ramal evacuará el caudal proveniente de la sub-cuenca No.4, el cual iniciará en la intersección de la calle hacia el cantón El Arado con la 10a. Av. Sur. Dicho Ramal estará constituido por una tubería de mayor diámetro a la existente o por una bóveda capaz de evacuar el caudal, lo cual se mantendrá desde su inicio hasta su descarga, donde la 10a. Av. Sur intersecta con la quebrada Chinquiz.

Esta alternativa será complementada con las obras de captación que permitan resolver el problema de inundación superficial en la ciudad (Ver Plano No.7).

Esta solución presenta la ventaja que las obras serán en su mayoría nuevas o remodeladas, de tal manera que cumplan con las condiciones hidráulicas necesarias.

C A P I T U L O V

## CAPITULO V

Después de analizadas cada una de las alternativas tomando en cuenta sus ventajas y desventajas, se seleccionó la más conveniente, tanto, desde el punto de vista de optimización del funcionamiento del sistema de Drenaje Pluvial; como también que fuera la alternativa más factible económicamente, la cual será tratada más adelante en este capítulo, conjuntamente con algunas explicaciones de diseño.

El presente capítulo contiene lo concerniente a los cálculos de Caudales de Diseño para cada ramal del sistema propuesto, lo cual se hizo tomando como base los caudales generados por cada sub-cuenca, para un período de diseño de 25 años, adicionándoles además, los caudales generados por la precipitación caída sobre la ciudad. Dichos caudales fueron utilizados para diseñar los diferentes ramales de Drenaje Pluvial, dependiendo de ellos, las dimensiones y tipo de estructura de drenaje a utilizar.

Después de diseñadas las estructuras de drenaje pluvial mayor, se procedió al diseño de las obras de captación necesarias para evacuar la escorrentía superficial que fluye por las calles de la ciudad. Además para completar el trabajo se incluyen algunas Notas de Diseño que deben ser tomadas en cuenta cuando se realice el proyecto. Se presentan figuras de las obras diseñadas y sus respectivos perfiles por cada ramal diseñado.

## 5.1 DESCRIPCION DEL DISEÑO

En este Capítulo se presenta el diseño de la alternativa seleccionada, la cual fue "Solución al problema por Ramales Independientes" ya que esta alternativa cumplió con todos los requisitos hidráulicos, por lo cual permitirá desalojar en forma efectiva el caudal generado tanto por la cuenca, como la escorrentía superficial que corre por la ciudad. Esta solución contará con las suficientes obras de captación que permitirán el tráfico peatonal y vehicular durante la época de lluvias evitando la inundación de las diferentes zonas críticas que se dan en la ciudad.

### 5.1.1 DESCRIPCION DEL DISEÑO DE RAMAL No.1

Este ramal recolectará el caudal proveniente de la sub-cuenca No.1 a lo largo de la calle que conduce al Cantón "Las Flores", colocando al inicio una parrilla de captación en donde se iniciará con un tramo de bóveda de diámetro de diez pies (10') (Ver Anexo A-1), hasta intersectarse con la calle que conduce a la Laguna para dirigirse a la descarga (Laguna de Cuzcachapa), manteniéndose el diámetro de diez pies. La bóveda se ha diseñado a base de disipadores de energía con el objetivo de mantener el nivel de llegada en la descarga. (Ver Tabla No.23).

### 5.1.2 DESCRIPCION DEL DISEÑO DE RAMAL No.2

Este ramal recolectará el agua proveniente de la sub-cuenca No.2, el cual se inicia a lo largo del Callejón Estévez, empleando el sistema de una parrilla, la cual se conectará a un tramo de bóveda de diámetro de diez pies hasta intersectarse con la 9ª Calle Oriente, donde se desviará hasta

intersectarse con la 1ª Av. Sur, prolongándose sobre ésta hasta intersectarse con la 1ª Calle Oriente, dirigiéndose de Oriente a Poniente sobre la 6ª Av. Norte hasta interceptarse con la Calle General Ramon Flores, manteniéndose sobre ésta hasta descargar en la quebrada "Chiquiz". La bóveda de diez pies se mantiene rectangular desde la 8ª Av. Norte hasta la descarga (Ver Tabla No.24).

#### 5.1.3 DESCRIPCION DEL DISEÑO DE RAMAL No.3

Este ramal recolectará el agua proveniente de la loma "El Calvario" (Sub-cuenca No.3), a lo largo de Av.2 de Abril Sur. El sistema se iniciará con una parrilla conectándose ésta a un tramo de tubería Rib-Loc de 1600 milímetros de diámetro entre la 13ª calle y 9ª calle, para luego cambiar a un diámetro de 1700 milímetros entre la 9ª calle y la 5ª calle, desviándose sobre ésta con el mismo diámetro, hasta conectarse con la caja rectangular existente en la 2ª Av. Sur, manteniéndose ésta hasta desviarse con la 8ª Av. Sur, la cual se prolonga hasta la altura de la 1ª Calle Poniente para luego desviarse a la descarga en la Quebrada Chiquiz (Ver Tabla No.25). Para asegurar un buen funcionamiento de la caja existente se mejoraron las condiciones de ésta y manteniéndose las mismas pendientes.

#### 5.1.4 DESCRIPCION DEL DISEÑO DE RAMAL No. 4

Este ramal recolectará el caudal proveniente de la sub-cuenca No.4, ubicada al Sur-poniente de la ciudad. El ramal se inicia a lo largo de la calle que conduce al Cantón El Arado con una parrilla, la cual se conectará a un tramo de bóveda de diez pies de diámetro que inicia en la intersección de esta calle con la 10ª Av. Sur manteniéndose hasta la 3ª Calle Poniente, a

partir de ésta se iniciará un sistema de caja rectangular hasta la descarga (Ver Tabla No.27). El objetivo de la caja es de respetar el nivel de llegada en la descarga que es la Quebrada Chiquiz.

Ver Esquema de Alternativa Seleccionada en Plano No.8.

## 5.2 JUSTIFICACIONES DE DISEÑO

Debido a los grandes caudales generados en las subcuencas, se hizo imposible diseñar un sistema de tuberías de concreto, por lo cual se optó por un nuevo sistema a base de bóvedas de mampostería.

Para realizar el diseño del Ramal No.3 se evaluaron y diseñaron varias alternativas las cuales se fueron descartando por el surgimiento de inconvenientes.

Las alternativas que se evaluaron fueron:

- Construcción de una bóveda de seis pies en el tramo inicial, la cual se diseño cumpliendo con los requisitos hidráulicos, pero se descartó por no cumplir con las pendientes de las calles.
- Como segunda alternativa se diseñó un tramo inicial con tubería de concreto de diámetro de setenta y dos pulgadas (72"), pero por necesitar pendientes mayores igualmente no cumplió con las pendientes de las calles.
- Se planteó la utilización de la caja existente mejorando sus condiciones físicas tales como acabados de piso y paredes, mediante repellos, concreto y el cambio de pendientes para disminuir las velocidades generadas y funcionando al 70%.
- Como solución al problema se diseño el tramo inicial con tubería Rib-  
Loc, la cual por necesitar menos pendientes para conducir el caudal

cumplió con las pendientes de las calles.

- Finalmente se propuso mejorar las condiciones de la caja existente mediante repellos de las paredes y pisos, dejando las mismas pendientes. En este caso las velocidades se pasan de las velocidades límites de diseño, esto se realizó con la idea de aprovechar el sistema existente.

### 5.3 CALCULO DE CAUDALES DE DISEÑO

Ejemplo de Cálculo de "C"      Valores de "C"

Area de Vivienda = 5700 m<sup>2</sup>      Vivienda C = 0.5

Calle Adoquin      = 900 m<sup>2</sup>      Adoquin C = 0.775

Calle de Tierra      = 700 m<sup>2</sup>      Tierra C = 0.4

$Ac_1 + Bc_2$

C =  $\frac{\text{-----}}{\text{-----}}$

A + B

$5700(0.5)+900(0.775)+700(0.4)$

C =  $\frac{\text{-----}}{\text{-----}}$

5700+900+700

3827.5

C =  $\frac{\text{-----}}{\text{-----}}$

7300

C = 0.52

**TABLA No.19**

**Cálculo de Caudales para Diseño de Ramal No.1**

Tramo	C	I (mm/min)	A(M2)	Caudal (lt/seg)	Cudal Acumulado (l/s)
Calle Tazumal - 5ª Calle Oriente	0.52	4.90	7300	310.01	11694.01
5ª Calle Oriente - 3ª Calle Oriente	0.51	4.55	17280.0	668.32	12362.33
3ª Calle Oriente - 1ª Calle Oriente	0.50	4.25	20362.5	721.19	13083.52
1ª Calle Oriente - Calle la Laguna	0.53	4.00	41912.5	1480.94	14564.46
Descarga	0.48	3.80	2890.0	87.86	14652.32

**TABLA No.20**

**Cálculo de Caudales para Diseño de Ramal No.2**

Tramo	C	I (mm/min)	A(M2)	Caudal (lt/seg)	Cudal Acumulado (l/s)
Callejon Estévez - 5a. Av. Sur	0.50	4.90	3800	155.17	9796.17
5ª Av. Sur - Callejon Los Gatos	0.47	4.55	9212.50	328.36	10124.33
Callejon Los Gatos - 3ª Av. Sur	0.47	4.25	8425.00	280.49	10404.82
3ª Av. Sur - 1a. Av. Sur	0.46	4.00	3987.5	122.29	10527.11
9ª Calle Oriente - 7ª Calle Oriente	0.47	3.80	6362.5	189.39	10716.5
7ª Calle Oriente - 5ª Calle Oriente	0.50	3.60	5475.0	164.25	10880.75
5ª Calle Oriente - 3ª Calle Oriente	0.56	3.45	16575.0	533.72	11414.47
3ª Calle Oriente - 1ª Calle Oriente	0.51	3.30	24125.0	676.72	12081.19
1ª Calle Oriente - Av. 2 de Abril	0.57	3.15	13085.0	391.58	12472.77
Av. 2 de Abril - 2ª Av. Sur	0.59	3.05	12450.0	373.40	12846.17
2ª Av. Sur - 4ª Av. Sur	0.58	2.95	10075.0	287.31	13133.48
4ª Av. Sur - 6ª Av. Sur	0.55	2.85	10200.0	266.48	13399.96
1ª Calle Pte. - Calle Gral. Flores	0.48	2.75	12400.0	272.81	13672.77
6ª Av. Norte - 8ª Av. Norte	0.47	2.65	4150.0	86.15	13758.92
8ª Av. Norte - Descarga	0.48	2.56	4500.0	92.16	13851.08

**TABLA No.21**

**Cálculo de Caudales para Diseño de Ramal No.3**

Tramo	C	I (mm/min)	A(M2)	Caudal (lt/seg)	Cuadal Acumulado (l/s)
11ª Calle - 9ª Calle	0.54	4.90	3900.00	171.99	6241.99
9ª Calle - 7ª Calle	0.56	4.55	4400.00	186.86	6428.85
7ª Calle - 5ª Calle	0.54	4.25	4437.50	169.74	6598.47
Av. 2 de Abril - 2a. Av. Sur	0.59	4.00	5262.50	206.99	6805.46
2ª Av. Sur - 4ª Av. Sur	0.61	3.80	3575.00	138.12	6943.58
4ª Av. Sur - 6ª Av. Sur	0.60	3.60	6500.00	234.00	7177.58
6ª Av. Sur - 8ª Av. Sur	0.52	3.45	8200.00	245.18	7422.76
5ª Calle Pte. - 3ª Calle Pte.	0.53	3.30	4325.00	126.08	7548.84
3ª Calle Pte. - 1ª Calle Pte.	0.52	3.15	9487.50	259.01	7807.85
1ª Calle Pte. - Descarga	0.52	3.05	9062.50	239.56	8047.41

**TABLA No.22**

**Cálculo de Caudales para Diseño de Ramal No.4**

Tramo	C	I (mm/min)	A(M2)	Caudal (lt/seg)	Cuadal Acumulado (l/s)
7ª Calle Pte. - 5ª Calle Pte.	0.64	4.90	925.0	48.35	14993.35
5ª Calle Pte. - 3ª Calle Pte.	0.57	4.55	11350.0	490.61	15483.96
3ª Calle Pte. - 1ª Calle Pte.	0.52	4.25	12225.0	450.29	15934.25
1ª Calle Pte. - Descarga	0.53	4.00	6900.0	243.80	16178.05

## 5.4 CALCULOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE

### 5.4.1 DISEÑO DE RAMAL No.1

TABLA No. 23

Tramo	BOVEDA	h1 (m)	h2(m)	S	Q <sub>e</sub> (m <sup>3</sup> /seg)	V (m/seg)	Q (m <sup>3</sup> /seg)	(Q <sub>e</sub> / Q)
Entrada al Sistema	10'	1.30	3.60	0.005	11.384	3.70	14.445	0.79
Calle Tazumal - 5ª Calle	10'	1.30	3.60	0.005	11.694	3.70	14.445	0.80
5ª Calle - 3ª Calle	10'	1.40	3.70	0.005	12.362	3.80	15.966	0.77
3ª Calle - 1ª Calle	10'	1.40	3.70	0.005	13.083	3.80	15.966	0.82
1ª Calle - Calle La Laguna	10'	1.50	3.80	0.005	14.564	3.89	17.511	0.83
Calle La Laguna - Descarga	10'	1.50	3.80	0.005	14.652	3.89	17.511	0.83

### 5.4.2 DISEÑO DE RAMAL No.2

TABLA No. 24

Tramo	BOVEDA	h1 (m)	h2(m)	S	Q <sub>e</sub> (m <sup>3</sup> /seg)	V (m/seg)	Q (m <sup>3</sup> /seg)	(Q <sub>e</sub> / Q)
Entrada a 9ª Calle	10'	1.00	3.30	0.007	9.641	3.97	11.9036	0.81
Cal. Estévez - 5ª Av. Sur	10'	1.00	3.30	0.007	9.79617	3.97	11.9036	0.82
5ª Av. Sur - Cal. Los Gatos	10'	1.10	3.40	0.006	10.12433	3.81	12.5846	0.80
Cal. Los Gatos - 3ª Av. Sur	10'	1.10	3.40	0.0065	10.40482	3.97	13.0984	0.79
3ª Av. Sur - 1ª Av.	10'	1.20	3.50	0.006	10.52711	3.94	14.1870	0.74
9ª C. Ote. - 7ª C. Ote.	10'	1.30	3.60	0.005	10.7165	3.70	14.445	0.74
7ª C. Ote. - 5ª C. Ote.	10'	1.30	3.60	0.005	10.88075	3.70	14.4447	0.75
5ª C. Ote. - 3ª C. Ote.	10'	1.30	3.60	0.005	11.41447	3.70	14.4447	0.79
3ª C. Ote. - 1ª C. Ote.	10'	1.40	3.70	0.005	12.08119	3.80	15.9658	0.76
1ª Av. Sur - Av. 2 de Abril	10'	1.40	3.70	0.005	12.47277	3.80	15.9658	0.78
Av. 2 de Abril - 2ª Av. Sur	10'	1.40	3.70	0.005	12.84617	3.80	15.9658	0.80
2ª Av. Sur - 4ª Av. Sur	10'	1.40	3.70	0.0055	13.13348	3.98	16.7451	0.78
4ª Av. Sur - 6ª Av. Sur	10'	1.40	3.70	0.0055	13.39996	3.98	16.745	0.80
1ª C. Pte. - C. Gral. Flores	10'	1.50	3.70	0.005	13.67277	3.89	17.5111	0.78
6ª Av. Nte. - 8ª Av. Nte.	10'	1.50	3.80	0.005	13.75892	3.89	17.511	0.79
8ª Av. Nte. - Descarga	(*)	1.40	2.90	0.0045	13.85108	3.50	14.4813(**)	0.70

(\*) Caja 2x2.9 metros

(\*\*) El Análisis para la caja es funcionando a un 70% de su capacidad.

### 5.4.3 DISEÑO DE RAMAL No.3

**TABLA No. 25**  
**SISTEMA RIB - LOC**

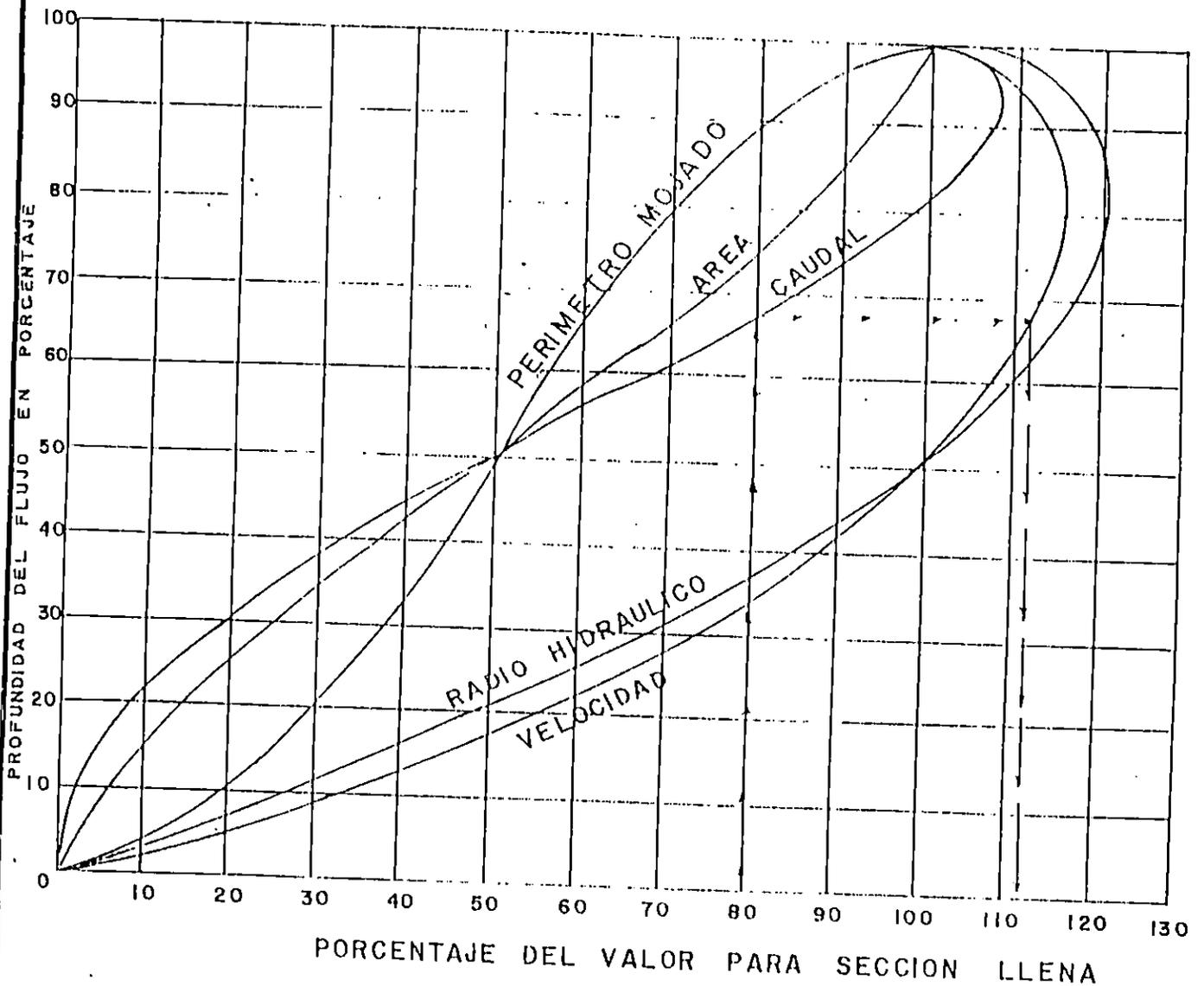
Tramo	$\phi$ (m)	S	$Q_e$ (m <sup>3</sup> /seg)	V (m/s)	$Q$ (m <sup>3</sup> /seg)	( $Q_e/Q$ )	$V_0/V_u$	$V_0$ (m/seg)
13ª Calle - 11ª Calle	1.6	0.005	6.07	4.61	9.262	0.66	1.06	4.89
11ª Calle - 9ª Calle	1.6	0.005	6.24199	4.61	9.262	0.67	1.065	4.91
9ª Calle - 7ª Calle	1.6	0.005	6.42885	4.61	9.262	0.69	1.08	4.98
7ª Calle - 5ª Calle	1.70	0.005	6.59847	4.80	10.8871	0.61	1.05	5.04
Av.2 de Abril - 2ª Av.	1.70	0.005	6.80546	4.80	10.8871	0.63	1.065	5.11

NOTA: Ver Figura No.15

**TABLA No. 26**  
**DISEÑO ACTUAL (CAJA RECTANGULAR)**  
**MEJORANDO CONDICIONES MISMA PENDIENTE**

Tramo	h (m)	b (m)	S	$Q_e$ (m <sup>3</sup> /seg)	V (m/seg)	$Q$ (m <sup>3</sup> / seg)
2ª Av.Sur - 4ª Av. Sur	0.9	2.0	0.018	6.94358	4.05	7.2919
4ª Av.Sur - 6ª Av. Sur	0.9	2.0	0.010	7.17758	4.05	7.2919
6ª Av.Sur - 8ª Av. Sur	1.0	2.0	0.008	7.42276	3.75	7.51272
5ª C.Pte. - 3ª C.Pte.	0.95	2.0	0.01	7.54884	4.13	7.8425
3ª C.Pte. - 1ª C.Pte.	0.85	2.0	0.015	7.80785	4.86	8.2648
1ª C.Pte. - Descarga	1.1	2.0	0.009	8.04741	4.11	9.0414

NOTA : Para aumentar la capacidad de la Caja Rectangular existente, se mejorarán las condiciones de la superficie.



EJEMPLO:

PARA  $d_{\text{DISEÑO}} = 100 \text{ l/s}$   
 $Q_{\text{LLENO}} = 125 \text{ l/s}$   
 $V_{\text{LLENO}} = 1.07 \text{ m/s}$

$$\frac{Q_D}{Q_{LL}} = \frac{100}{125} = 0.80$$

DEL GRAFICO:

$$\frac{V_D}{V_{LL}} = 1.12$$

$$V_D = 1.12 (V_{LL}) = 1.12 (1.07) = 1.20 \text{ m/s}$$

ENCONTRAR  $V_{\text{DISEÑO}}$

VALORES DE LOS ELEMENTOS HIDRAULICOS

PARA SECCIONES CIRCULARES Y

VARIAS PROFUNDIDADES DE FLUJO

FIGURA No 15

#### 5.4.4 DISEÑO DE RAMAL No.4

TABLA No. 27

Tramo	BOVEDA	h1 (m)	h2(m)	S	$Q_e$ (m <sup>3</sup> /seg)	V (m/seg)	$Q$ (m <sup>3</sup> /seg)	( $Q_e / Q$ )
Entrada Sistema C. Arado	10'	1.60	3.90	0.005	14.945	3.97	19.078	0.78
7ª Calle - 5ª Calle	10'	1.60	3.90	0.005	14.993	3.97	19.078	0.78
5ª Calle - 3ª Calle	10'	1.60	3.90	0.005	15.483	3.97	19.078	0.81
3ª Calle - 1ª Calle	(*)	1.70	4.10	0.045	15.934	3.95	22.705	0.70
1ª Calle - Descarga	(**)	1.40	4.20	0.045	16.178	3.98	23.411	0.69

(\*) Caja 1.40 x 4.10

(\*\*) Caja 1.40 x 4.20

#### 5.5 CALCULOS DE DISEÑO DE OBRAS DE CAPTACION

##### 5.5.1 DISEÑO DE OBRAS DE CAPTACION DE RAMAL No.1

TABLA No. 28

TRAMO	$\phi$ (pulg)	S	$Q$ (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	COMENTARIO
Entrada Calle Tazumal	---	---	---	---	Parrilla Transversal de 0.50 m. de ancho con cajas tragantes laterales descubiertas.
Calle Tazumal	15	0.04	0.317	2.78	Pozo de visita de altura H=3.30mts. y dos cajas tragantes de H=1.50m. de profundidad ubicadas en Calle Tazumal.
5ª Calle Oriente	15	0.04	0.317	2.78	Pozo de visita de H=3.56mts.de profundidad. El número de cajas tragantes a ubicar son cuatro de profundidad H=1.50mts.
3ª Calle Oriente	15	0.04	0.317	2.78	Pozo de visita de H=3.0mts.de profundidad. El número de cajas a ubicar cuatro, de profundidad H=1.0mts.
1ª Calle Oriente	24	0.02	0.785	2.69	Pozo de visita de H=2.83m.de profundidad.Dos cajas tragantes de H=1m. de profundidad al poniente, con $\phi$ 24", y dos cajas tragantes de 1 mt.de profundidad al oriente con $\phi$ 15".
	15	0.04	0.317	2.78	
Calle a La Laguna	15	0.01	0.158	1.39	

## 5.5.2 DISEÑO DE OBRAS DE CAPTACION DE RAMAL No-2

TABLA No. 29

TRAMO	$\phi$ (pulg)	S	Q (m <sup>3</sup> /s)	v (m/s)	COMENTARIO
Entrada Callejón Estévez	---	---	---	---	Parrilla de 0.50 m. de ancho y dos cajas tragantes descubiertas, ubicadas en los laterales de la calle.
9ª C.Ote. y Callejón Estévez	15	0.02	0.224	1.97	Pozo de visita de altura H=3.10m. de profundidad, se ubicaran dos cajas tragante de H=1.0m. con un NFC=716.76 sobre el Callejón Estévez.
5ª Av.Sur y 9ª C.Ote.	15	0.02	0.224	1.97	Pozo de visita de H=3.28m.de profundidad, se ubicaran cuatro cajas tragantes de profundidad H=1.0m. y NFC=715.70
Callejón Los Gatos y 9ª Calle Oriente	15	0.02	0.224	1.97	Pozo de visita de H=3.12m.de profundidad, y se ubicaran dos cajas tragantes de H=1.0m. de profundidad al oriente de la 9ª C.Ote. y una al sur de Callejón Los Gatos, con NFC=714.0
3ª Av. Sur y 9ª C. Oriente	15	0.02	0.224	1.97	Pozo de visita de H=4.46mts.de profundidad, y se ubicaran dos cajas tragantes de H=2.0mts. de profundidad al oriente de la 9ª Calle y una al Sur de la 3ª Av., con un NFC=712.32
Intercep.19 Av.Sur y 9ª Calle Ote.	15	0.02	0.224	1.97	Pozo de visita de H=2.89m.de profundidad, se ubicaran cuatro cajas tragantes de H=1.0m.de profundidad con un NFC=708.59
7ª Calle Ote.y 1ª Av-.Sur	15	0.02	0.224	1.97	Pozo de visita H=2.92m.de profundidad, se ubicaran dos cajas tragante al Ote. de la 7ª Calle y una al Sur de la 1ª Av.Sur con H=1.0m. y un NFC=708.10
5ª Calle Ote. y 1ª Av.Sur	15	0.04	0.317	2.78	Pozo de visita de H=3.73m.de profundidad se ubicaran cuatro cajas tragante con H=1.50m. de profundidad y NFC=706.91
3ª Calle Ote. y 1ª Av.Sur (*)	15	0.04	0.317	2.78	Pozo de visita de H=2.46m. de profundidad se ubicaran dos cajas tragante al Oriente de la 3ª Calle y una caja al Sur de la 1ª Av. con H=0.6m. de profundidad y un NFC=706.15
1ª Calle Ote. y 1ª Av.Sur (*)	15	0.02	0.224	1.97	Pozo de visita de H=2.67m. de profundidad, se ubicaran dos cajas tragante al Ote. de la 1ª Calle y una caja al Sur de la 1ª Av. con H=0.70m. y un NFC=705.83
Av.2 de Abril y 1ª Calle Pte. (*)	15	0.01	0.158	1.39	Pozo de visita de H=2.14m. de profundidad, se ubicaran dos cajas al Ote.de la 1ª Calle y una caja al Sur de la Av.2 de Abril con H=0.4m. de profundidad y un NFC=705.23
2ª Av.Sur y 1ª Calle Pte. (*)	15	0.02	0.224	1.97	Pozo de visita de H=2.12m. de profundidad, se ubicaran dos cajas tragantes al Ote.de la 1ª Calle y una caja al Sur de la 2ª Av. con un NFC=704.96

( CONTINUACION )

TABLA No. 29

5.5.2 DISEÑO DE OBRAS DE CAPTACION DE RAMAL No.2

TRAMO	$\phi$ (pulg)	S	Q (m <sup>3</sup> /s)	v (m/s)	COMENTARIO
4ª Av. Sur y 1ª C. Pte. (*)	15	0.02	0.224	1.97	Pozo de visita de H=2.2m., de profundidad, se ubicaran dos cajas al Oriente de la 1ª calle y una caja al Sur de la 4ª Av. con un H=0.4m. de profundidad y un NFC=704.71
6ª Av. Sur y 1ª Calle Pte. (*)	15	0.02	0.224	1.97	Pozo de visita de altura H=2.04 mts. de profundidad, se ubicaran cuatro cajas tragante con un H=1.50m. de profundidad y NFC=704.23
Calle Gral. Ramón Flores y 6ª Av. Sur	15	0.01	0.158	1.39	Pozo de visita de H=3.35mts. de profundidad, se ubicara una caja tragante al Pte. de la calle Gral. Ramón Flores y dos cajas al Sur de la 6ª. Av., con un H=1.50m. de profundidad y NFC=70-4.18
Intercepción de Calle Gral. Ramón Flores y 8ª Av. Sur	15	0.01	0.158	1.39	Pozo de visita de H=2.54mts. de profundidad, se ubicaran dos cajas al Ote. de Calle Ramón Flores y una caja al Sur de la 8ª Av. Sur, con un H=0.7M. y NFC=703.69

(\*) La tubería que tiene un recubrimiento menor de 1m. deberá protegerse con una losa reforzada de concreto  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  y acero #3 @ 10 en a.s. y espesor  $e=12\text{cms}$ .

**TABLA No. 30**  
**5.5.3 DISEÑO DE OBRAS DE CAPTACION DE RAMAL No.3**

TRAMO	φ (pulg)	S	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	COMENTARIO
7ª Calle Pte.y 10ª Av. Sur (*)	15	0.01	0.158	1.39	Pozo de visita de H=3.20m., de profundidad, se ubicara una caja al Nor Pte. de la 10ª Av.Sur, con un H=1.0m.de profundidad y un NFC=708.992
5ª Calle Pte.y 10ª Av.Sur (*)	15	0.01	0.158	1.39	Pozo de visita de altura H=2.566mts.de profundidad, se ubicara una caja al Nor-Ote. conectada a una caja al Sur-Ote. con H=1.50m. y un NFC=709.376, ambas con un (s=0.01) conectada a una caja ubicada al Sur-Pte.con (s=0.02) una caja ubicada al Nor-Pte.conectada al Sur-Pte.con un (s=0.01)
	15	0.02	0.224	1.97	
9ª Calle y Av.2 de Abril Sur	15	0.01	0.158	1.39	Pozo de visita de H=2.405mts. de profundidad, se ubicara una caja tragante al Sur-Ote. (s=0.01) conectada a una al Sur-Pte. (s=0.03). Una caja al Sur-Pte.(s=0.01) con un H=1.5 m. y un NFC=708.365
	15	0.03	0.275	2.41	
7ª Calle y Av.2 de Abril Sur	15	0.01	0.158	1.39	Pozo de visita de H=2.606m.de profundidad se ubicaran dos cajas tragante al Ote.de la 7ª Calle (s=0.01), conectando a una caja al Sur-Pte. de la Av.2 de Abril, con H=1.50m.de profundidad y NFC=707.591
	15	0.02	0.224	1.97	
5ª Calle y Av.2 de Abril	15	0.01	0.158	1.39	Pozo de visita de H=3.03m.de profundidad se ubicaran dos cajas al ote. de la 5ª Calle (s=0.01) conectándose a una caja al Sur de la Av.2 de Abril, con H=1.0m. y un NFC=708.015
	15	0.03	0.275	2.41	
2ª Av.Sur y 5ª Calle Pte.	15	0.01	0.158	1.39	Se ubicaran dos cajas tragante al Ote. de la 5ª Calle (s=0.01) conectandose a una, ubicada al Sur de la 2ª Av.
	15	0.02	0.224	1.97	
4ª Av.Sur y 5ª Calle Pte.	15	0.01	0.158	1.39	Se ubicara una caja al Nor-Ote.de la 4ª Av.Sur (s=0.01), conectandose una caja al Sur-Ote. de 4ª Av. y esta a una caja al Pte.de la 5ª Calle.
	15	0.03	0.275	2.41	
6ª Av.Sur y 5ª Calle Pte.	15	0.01	0.158	1.39	Se ubican una caja al Nor-Ote.de la 6ª Av.(s=0.01) conectada a una al Sur-Ote.de la 6ª Av. (s=0.02) y esta conectada a una caja ubicada al Sur-Pte.de la 6ª Av. (s=0.04)
	15	0.02	0.224	1.97	
	15	0.04	0.317	2.78	
3ª Av.Sur y 5ª Calle Pte.	15	0.01	0.158	1.39	Se ubicaran dos cajas tragantes al Ote.de la 5ª Calle (s=0.01) conectándose a una caja al Sur de la 8ª Av. con (s=0.02)
	15	0.02	0.224	1.97	
3ª Calle Pte. y 8ª Av.Sur	15	0.01	0.158	1.39	Se ubicaran una caja al Nor-Ote.de la 8ª Av.Sur (s=0.01) conectada a una caja al Sur-Ote.(s=0.02) y ésta conectada a otra caja al Sur-Pte. (s=0.04). Una caja al Nor-Pte. con (s=0.01) conectada a una caja al Sur-Pte. (s=0.04)
	15	0.02	0.224	1.97	
	15	0.04	0.317	2.78	
1ª Calle Pte. y 8ª Av.Sur	15	0.01	0.158	1.39	Se ubicaran una caja al Nor-Ote.de la 8ª Av.Sur (s=0.01), conectandose a una al Sur-Ote. (s=0.02) la que se conectara a una caja al Sur-Pte.(s=0/03)
	15	0.02	0.224	1.97	
	15	0.03	0.275	2.41	

TABLA NO.31

5.5.4 DISEÑO DE OBRAS DE CAPTACION DE RAMAL NO.4

TRAMO	φ (pulg)	S	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	COMENTARIO
7ª Calle Pte. y 10ª .Av. Sur (*)	15	0.01	0.158	1.39	Pozo de visita de H=3.20m., de profundidad, se ubicara una caja al Nor Pte. de la 10ª Av.Sur, con un H=1.0m.de profundidad y un NFC=708.992
5ª Calle Pte. y 10ª Av.Sur (*)	15	0.01	0.158	1.39	Pozo de visita de altura H=2.90 mts.de profundidad, se ubicara una caja al Nor-Ote. de la 10a.Av.Sur (s=0.03) y esta conectada a una al Sur-Pte. (s=0.02) con tubo diámetro 24". Además una caja al Nor-Pte.(s=0.01) conectada a la caja del Sur-Pte.con H=0.70m. de profundidad y NFC=707.463
	15	0.03	0.275	2.41	
	24	0.02	0.785	2.69	
3a.Calle Pte. y 10a- .Av.Sur	15	0.01	0.158	1.39	Pozo de visita de H=3.67mts. de profundidad, se ubicara una caja tragante al Nor-Pte. (s=0.01), conectada a una caja al Sur-Ote.(s=0.03) la cual a su vez se conecta a otra caja al Sur-Pte. con diámetro de 24" y (s=0.02). Además se ubicará una caja al Nor-Pte. (s=0.01) conectada a la caja del Sur-Pte., con H=1.0m.de profundidad y NFC=705.440
	15	0.03	0.275	2.41	
	24	0.02	0.785	2.69	
1ª Calle Pte. y 10a. Av. Sur	15	0.01	0.158	1.39	Pozo de visita de H=2.91mts. de profundidad, se ubicara una caja tragante al Nor-Ote. (s=0.01), conectada a una al Sur-Ote.(s=0.02); la cual se conectará a otra caja ubicada al Sur-Pte. (s=0.04), con un H=1.0m. y NFC=703.598
	15	0.02	0.224	1.97	
	15	0.04	0.317	2.78	

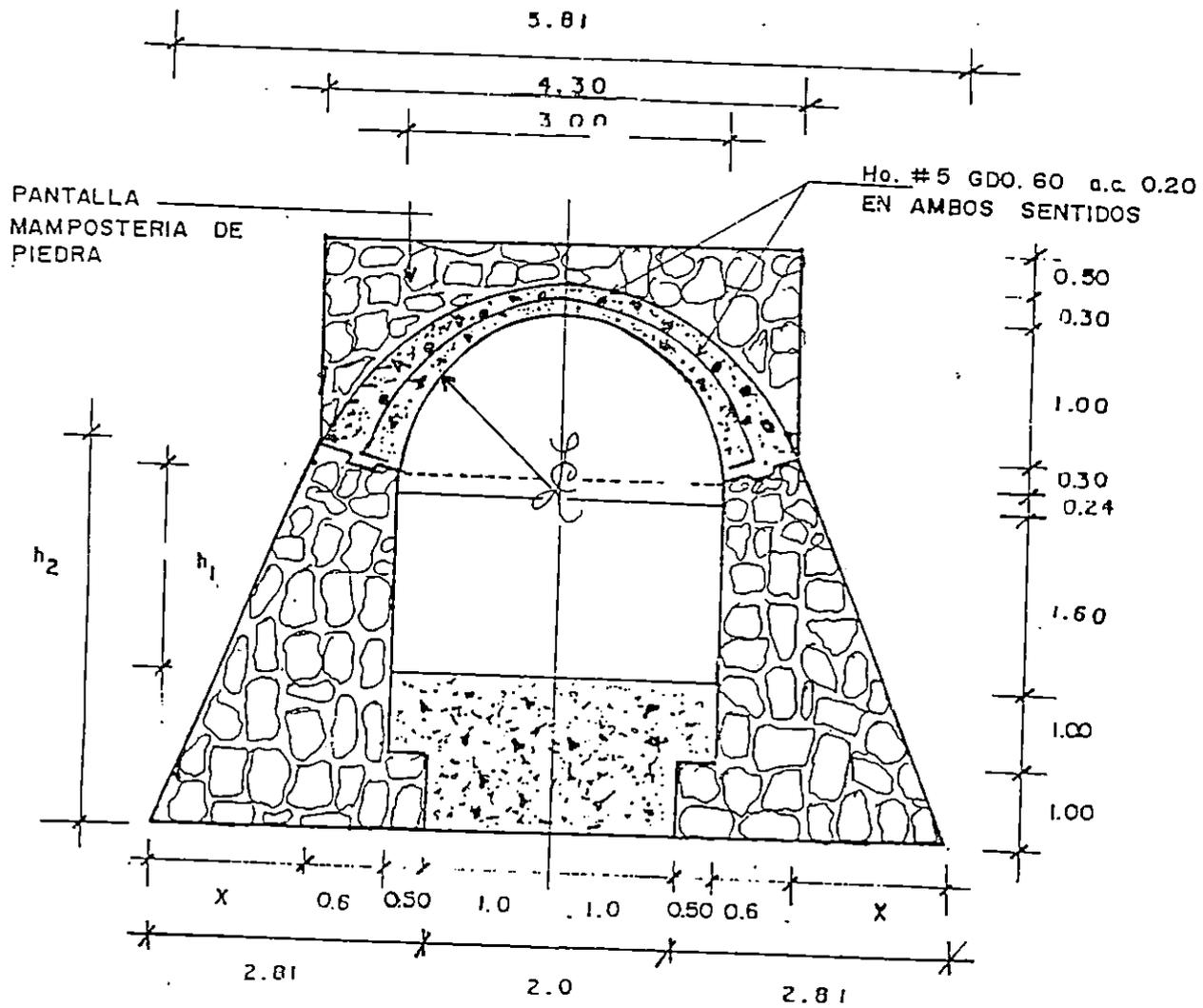
NOTA : Se deberá proteger con losas de concreto reforzado, las tuberías que conectan de caja a pozo o de caja a caja, si se encuentra a profundidad menor de 1.0 m.

## 5.6 NOTAS DE DISEÑO

- Las bóvedas se construirán en el costado Norte ó Este, según sea el caso, ya que debido a sus grandes dimensiones cubren gran parte de la calle. Sus paredes y pisos deberan ser repellados y afinados para mejorar su capacidad. (Ver Figura No.16)
  
- Los niveles de incorporación de los caudales adicionales en cada tramo serán los niveles máximos de conducción indicados en cálculos y se harán a través de un pozo, ubicado al lado de la bóveda a donde llegaran las tuberías de tragantes. Las tapaderas de los pozos serán de hierro fundido, lo mismo que las tapaderas de los tragantes. (Ver Figura No.17)
  
- Los tragantes han sido diseñados para los ramales 1 y 2 con tuberías independientes hacia los pozos debido a caudales considerables generados por las áreas tributarias urbanas. Para los ramales 3 y 4, dichos tragantes fueron diseñados interconectados entre si con una sola descarga al pozo, cumpliendo con las normas de D.U.A.
  
- En los tramos en que no se cumple con el relleno mínimo sobre la bóveda o la tubería se deberá reforzar el sistema con losas de concreto armado para garantizar su protección.

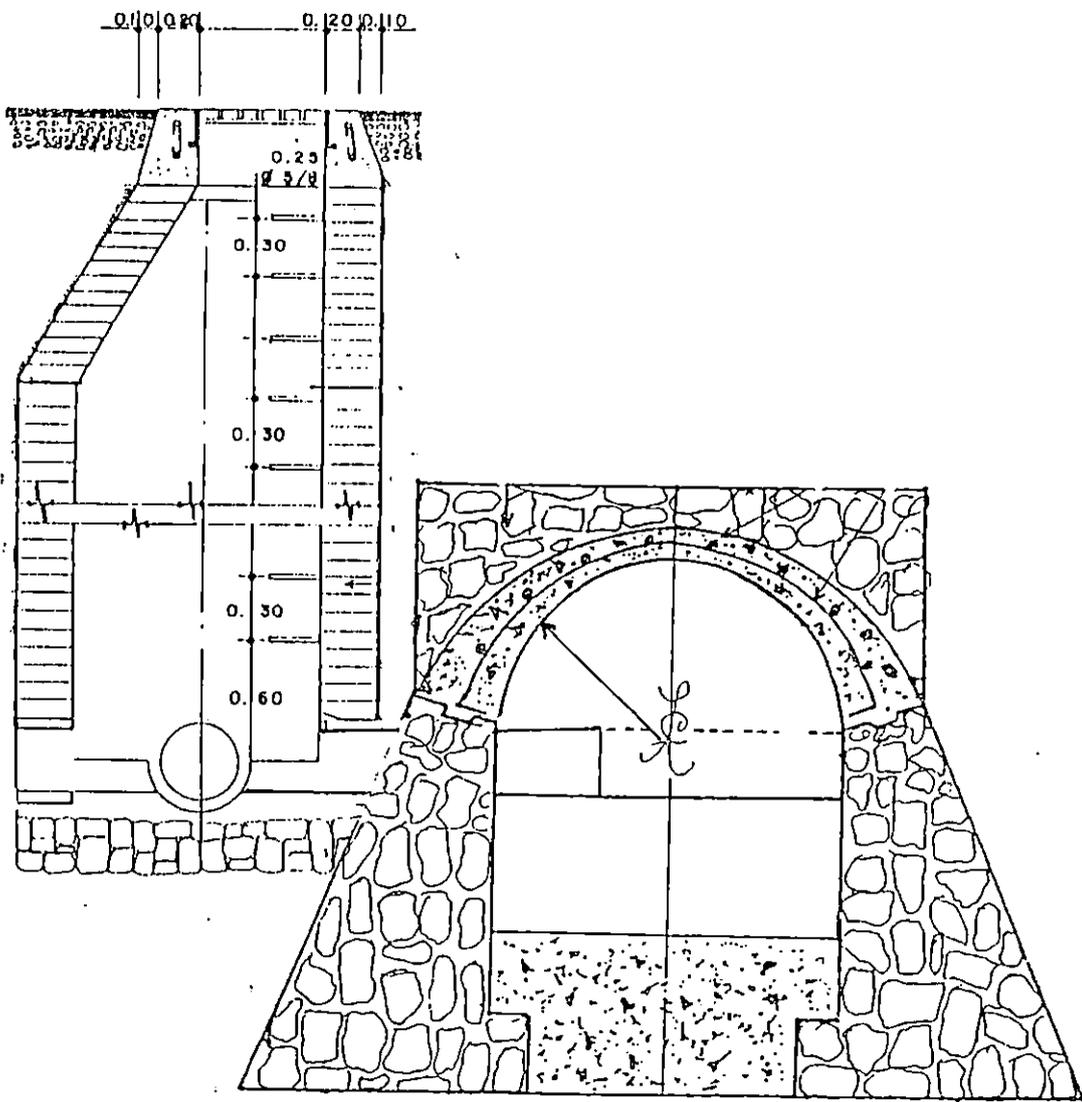
- En el inicio del Ramal No.3 que se diseño con tubería Rib-Loc se deberá compactar el terreno sobre el que irá el tubo como mínimo 0.8 mts., igualmente a los lados y sobre el tubo ya que, el confinamiento es lo que le da la resistencia al tubo (Ver Anexo A-2).
  
- En el inicio de cada Ramal se instalará una parrilla transversal a la calle, acompañada de un tragante a cada lado que serán alimentados por una canaleta de 10 mts. cada una (Ver figura No.18). El piso de las parrillas deberá ser compuesta por dos rampas de concreto reforzado que converjan al centro de la bóveda.





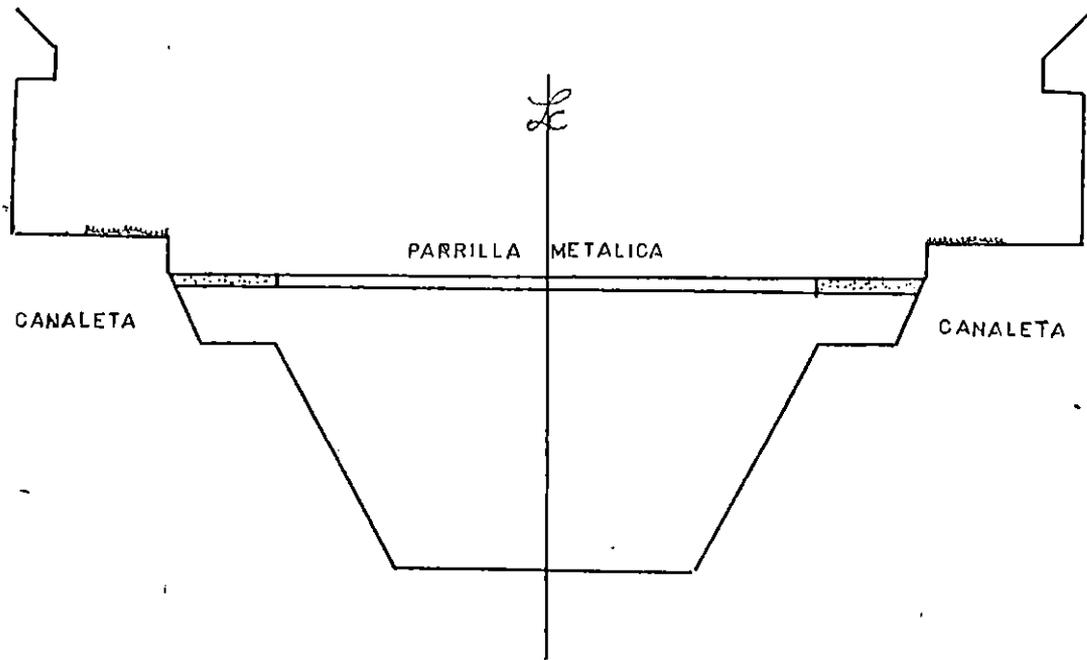
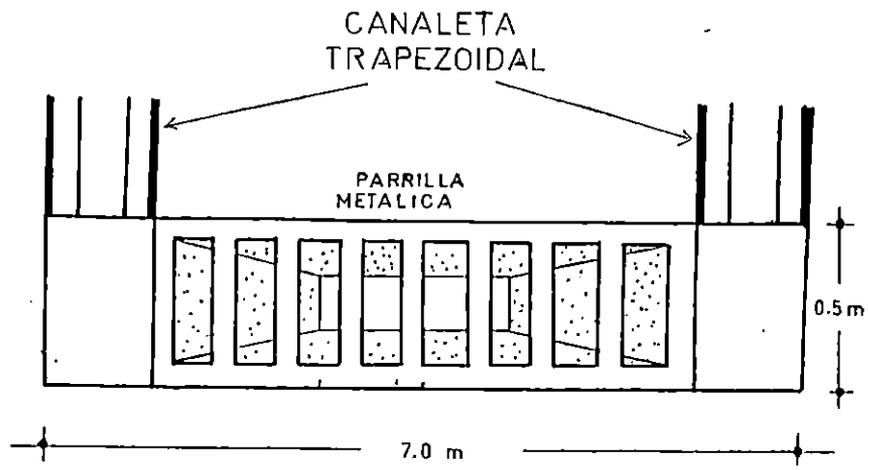
DETALLE BOVEDA 10'

FIGURA No 16



DETALLE CONEXION POZO BOVEDA

FIGURA N.º 17



DETALLE DE PARRILLA  
FIGURA N° 18



C A P I T U L O V I

## CONCLUSIONES

- La elaboración del presente documento ayudará a impulsar el desarrollo turístico, económico y social de la ciudad de Chalchuapa, ya que de llevarse a la realidad dicho proyecto se resolverá el problema de las inundaciones que en época de invierno se generan en la ciudad.
  
- Debido a los grandes caudales que llegan a la ciudad, provenientes de las subcuencas ubicadas al sur de la ciudad, se hizo necesario el diseño de ramales parciales constituídos por bóvedas de diez pies, así como también se utilizó un tramo de tubería Rib-Loc.
  
- Se utilizó tubería Rib-Loc en el tramo que comprende la 13ª Calle a la 2ª Av. Sur del Ramal No.3, después de analizar otras alternativas, porque presenta la ventaja que con una tubería de menor diámetro y con una pendiente menor se puede transportar un mayor caudal que con una bóveda de concreto.
  
- Para poder captar la totalidad de los caudales de las diferentes subcuencas se propuso un sistema de captación compuesto por una parrilla transversal y dos cajas tragantes alimentadas por canaletas trapezoidales ubicadas a los lados.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que las parrillas transversales con que inicia cada ramal tengan una rampa de concreto armado, debido a que los grandes caudales que se generan ocasionarán desgastes en ellas.
  
- Debido a las grandes dimensiones de las bóvedas, éstas deberán ubicarse en los costados Norte ó Este de las calles, según sea el caso (Avenida o Calle). Para coincidir con el costado a que se encuentran las cañerías de agua potable, las cuales presentan un menor obstáculo en la construcción que las tuberías de aguas negras que se encuentran en los costados opuestos.
  
- Los pozos de visita se ubicaran en los costados Sur u Oeste de la bóveda en las intersecciones y el nivel de incorporación del caudal proveniente de las cajas tragantes, se diseño considerando el nivel de aguas máximas en las bóvedas para evitar que se den presiones en éstas.
  
- Se recomienda tanto a las autoridades Municipales como a la Dirección de Urbanismo y Arquitectura, revisar el sistema de Drenaje de Aguas Lluvias después de cada época de lluvia y cuando se sospeche hayan daños en las estructuras a fin de poder corregir cualquier desperfecto y evitar daños en el sistema.

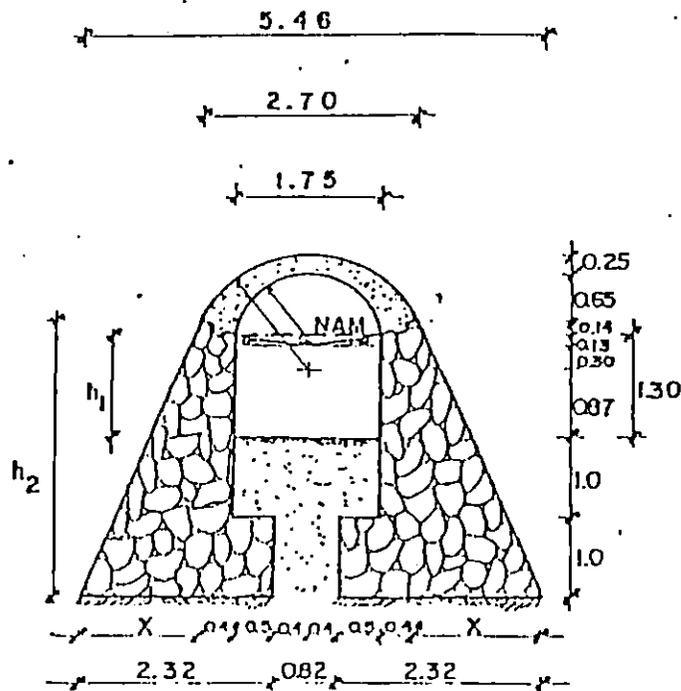
A-1	BOVEDAS TIPOS
A-2	MANUAL DE TUBERIA RIB-LOC
A-3	REGLAMENTO DE D.U.A. PARA DISEÑO DE AGUAS LLUVIAS

A N E X O S

A-1

BOVEDAS TIPOS

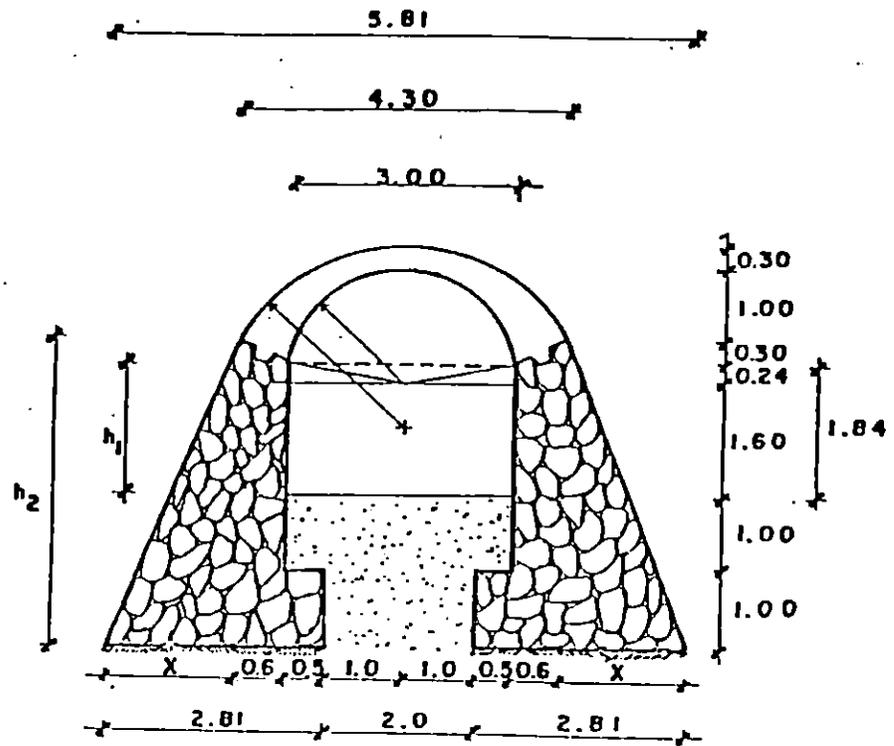
# BOVEDA DE 6'



RELLENO MAXIMO	M	15.0
RELLENO MINIMO	M	1.0
AREA HIDRAULICA CIRCUNSCRITA	M <sup>2</sup>	2.37
AREA SECCION HORMIGON	M <sup>2</sup>	1.08

$h_1$	$h_2$	b	AH	Pm	RH	$RH^{2/3}A$	V	Q
1.00	3.14	2.20	1.820	3.82	0.476	1.110	2.44	4.44
1.10	3.24	2.24	2.002	4.02	0.498	1.257	2.51	5.02
1.20	3.34	2.28	2.184	4.22	0.518	1.409	2.58	5.63
1.30	3.44	2.32	2.366	4.42	0.532	1.560	2.64	6.25
1.40	3.54	2.36	2.548	4.62	0.552	1.715	2.69	6.85
1.50	3.64	2.40	2.730	4.82	0.566	1.867	2.74	7.48
1.60	3.74	2.44	2.912	5.02	0.580	2.024	2.78	8.11
1.70	3.84	2.48	3.094	5.22	0.593	2.184	2.82	8.72
1.80	3.94	2.52	3.276	5.42	0.604	2.339	2.86	9.37
1.90	4.04	2.56	3.458	5.62	0.615	2.500	2.89	9.99
2.00	4.14	2.60	3.640	5.82	0.625	2.661	2.92	10.63
2.10	4.24	2.64	3.822	6.02	0.635	2.824	2.96	11.31
2.20	4.34	2.68	4.002	6.22	0.643	2.981	2.98	11.92
2.30	4.44	2.72	4.186	6.42	0.652	3.148	3.01	12.60
2.40	4.54	2.76	4.368	6.62	0.660	3.311	3.03	13.24

# BOVEDA DE 10'



RELLENO MAXIMO	M	15.0
RELLENO MINIMO	M	1.0
AREA HIDRAULICA CIRCUNSCRITA	M <sup>2</sup>	5.52
AREA DE SECCION HORMIGON	M <sup>2</sup>	2.11

$h_1$	$h_2$	$b$	AH	$P_m$	RH	$RH^{2/3}/A$	V	Q
1.00	3.30	2.47	3.00	5.00	0.60	2.134	2.84	
1.10	3.40	2.51	3.30	5.20	0.635	2.437	2.96	9.75
1.20	3.50	2.55	3.60	5.40	0.667	2.747	3.05	10.99
1.30	3.60	2.59	3.90	5.60	0.696	3.064	3.14	12.25
1.40	3.70	2.63	4.20	5.80	0.724	3.387	3.22	13.54
1.50	3.80	2.67	4.50	6.00	0.750	3.715	3.30	14.86
1.60	3.90	2.71	4.80	6.20	0.774	4.047	3.37	16.18
1.70	4.00	2.75	5.10	6.40	0.797	4.384	3.44	17.54
1.84	4.14	2.81	5.52	6.68	0.826	4.861	3.52	19.44
1.90	4.20	2.83	5.70	6.80	0.838	5.067	3.56	20.26
2.00	4.30	2.87	6.00	7.00	0.857	5.414	3.61	21.65
2.10	4.40	2.91	6.30	7.20	0.875	5.763	3.66	23.05
2.20	4.50	2.95	6.60	7.40	0.892	6.120	3.71	24.46
2.30	4.60	2.99	6.90	7.60	0.908	6.472	3.75	25.88
2.40	4.70	3.03	7.20	7.80	0.923	6.826	3.79	27.30

A-2

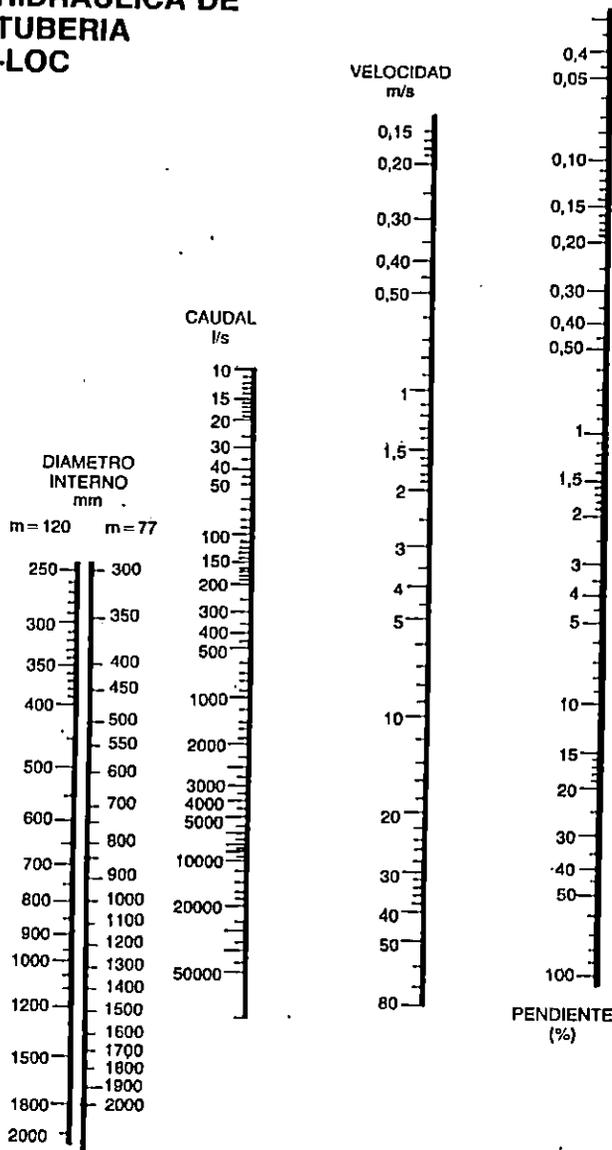
MANUAL DE TUBERIA RIB-LOC



**Durman Esquivel**

SISTEMAS **RIB-LOC**

**LA HIDRAULICA DE LA TUBERIA RIB-LOC**



**HIDRAULICA**

Por su bajo coeficiente de rugosidad, la tubería RIB-LOC garantiza un caudal desaguado del 41 por 100 superior al desaguado por una tubería de hormigón del mismo diámetro, o en otras palabras, a igualdad de caudal desaguado, RIB-LOC necesita un 12 por 100 menos de diámetro, lo que significa un ahorro adicional de excavación.

Este bajo coeficiente de rugosidad hace que sean inexistentes los depósitos por adherencias.

En la fórmula de Manning, el coeficiente de RIB-LOC es 120.

$$V = M.E^{2/3}.J^{1/2}$$

V = Velocidad (m/s)

M = Coeficiente de Manning = 120

E = Radio hidráulico

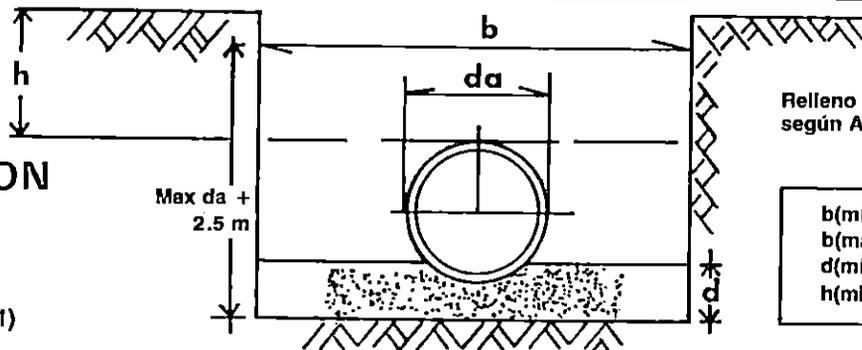
J = Pendiente (m/m)

**CARACTERISTICAS FISICAS**

CARACTERISTICAS	VALOR
Peso específico	1,41 gr/cm <sup>3</sup>
Módulo de elasticidad	30.000 kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente de dilatación lineal	8 x 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>
Resistencia a la tracción	500-560 kg/cm <sup>2</sup>
Alargamiento a la rotura	100-160 por 100
Resistencia a la flexión	≥ 800 kg/cm <sup>2</sup>
Punto de reblandecimiento VICAT	> 83 °C
Tensión de trabajo	100 kg/cm <sup>2</sup>
Absorción de agua	≤ 1 mg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al choque CHARPY (con probeta entallada)	6-7 kg.cm/cm <sup>2</sup>
Resistencia de aislamiento al 20 °C	> 10 <sup>10</sup> ohm.cm
Rigidez dieléctrica sobre placa de 2 mm	25 KV/mm
Coefficiente de conductibilidad térmica a 20 °C	3,65 · 10 <sup>-4</sup> Cal/seg.cm °C
Dureza Shore D	80-90

**INSTALACION EN ZANJA**

(Según A Y A 86 D-1)



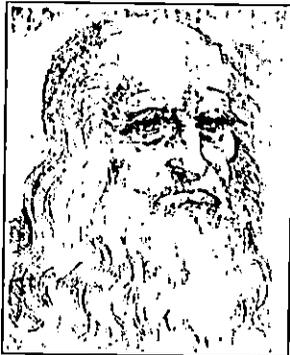
Relleno y compactación según A y A - 86 D-1, 3.3

- $b(\text{mín}) = d_a + 0.40m$
- $b(\text{max}) = d_a \times 1.5$
- $d(\text{mín}) = 80 \text{ mm}$
- $h(\text{mín}) = \text{ver tabla}$



**Durman Esquivel**

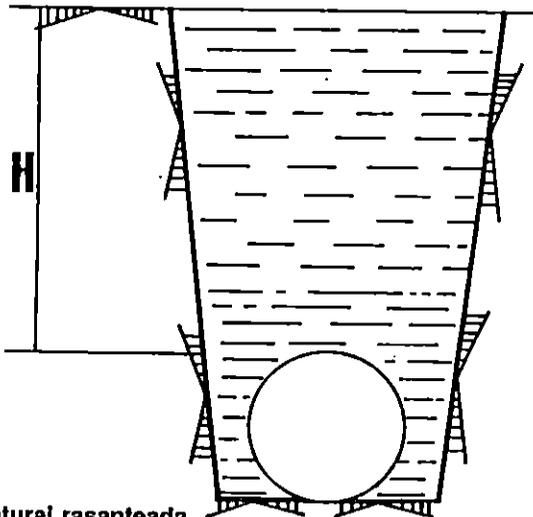
SISTEMAS **RIB<sup>®</sup>LOC**



«Acuérdate, cuando trates del agua, de alegar primero una experiencia y después una razón.»

(LEONARDO DA VINCI)

**Relleno compactado (Según A Y A 86 D-1)**



Solera natural rasanteada sin aristas cortantes.

**PROFUNDIDADES MINIMAS DE ENTERRAMIENTO**

(TABLA I)

(PARA DISTINTAS SOBRECARGAS DE TRAFICO)

230	1,00	0,90	0,80
250	1,00	0,90	0,80
300	1,10	1,00	0,90
315	1,10	1,00	0,90
350	1,10	1,00	0,90
400	1,30	1,20	1,10
450	1,40	1,30	1,20
500	1,40	1,30	1,20
600	1,30	1,20	1,10
700	1,30	1,20	1,10
800	1,30	1,20	1,10
900	1,30	1,20	1,10
1000	1,30	1,20	1,10
1100	1,40	1,30	1,20
1200	1,40	1,30	1,20
1300	1,60	1,50	1,40
1400	1,60	1,50	1,40
1500	1,60	1,50	1,40

H(m)

DIAMETRO (MM)	CAMION * 38 TM	CAMION 24 TM	CAMION 12 TM
---------------	----------------	--------------	--------------

\* MAXIMO AUTORIZADO POR EL MOPT

**CARACTERISTICAS QUIMICAS**

PRODUCTO	CONCENTRACION	20 °C	60 °C	PRODUCTO	CONCENTRACION	20 °C	60 °C
Aceite de linaza		++	++	Gasoil		++	++
Aceites minerales (sin aromáticos)		++	++	Heptano	100	++	++
Aceites minerales (vehículos)		++	++	Hexano	100	++	++
Acetato de butilo	100	—	—	Hidróxido sódico		++	0
Acetato de etilo	100	—	—	Hiposulfito sódico		++	+
Alcohol isopropílico	100	++	0	Ioduro potásico		++	++
Aguarrás		++	0	Isooctano	100	++	++
Alcohol metílico	100	++	+	Lanolina		++	++
Asfalto		++	++	Lejía		++	(+)
Bicarbonato sódico		++	++	Perborato sódico		++	++
Carbonato sódico		++	++	Sulfato sódico		++	++
Cloroformo	100	—	—	Sulfito sódico		++	++
Cloruro de etilo	100	—	—	Sulfuro sódico		—	—
Cicloexano	100	++	+	Tetracloroetano	100	—	—
Detergente líquido		++	0	Tetracloroetileno	100	—	—
Eter Dietílico	100	—	—	Tetrahidrofurano	100	—	—
2 Etil-Exanol.	100	++	—	Tiosulfato sódico		++	++

NOTA: ++ Resistente. + Bastante resistente. (+) Medianamente resistente. — No resistente. 0 no hay ensayos.

REGLAMENTO DE D.U.A. PARA  
DISEÑO DE AGUAS LUVIAS

A-3

### A-3 REGLAMENTO DE D.U.A. PARA DISEÑO DE AGUAS LLUVIAS

#### ART.III. 62 OBRAS DE URBANIZACION PARA AGUAS LLUVIAS

Los proyectos de parcelación que tengan áreas de influencia que converjan a ellos o que sean atravesados por quebrada o río, deberán contar con un estudio hidrológico de la cuenca en que se encuentren ubicados, a fin de considerar el desarrollo de otros proyectos tanto aguas arriba como aguas abajo. Si el sector en donde se encuentra ubicado el proyecto es de pendientes fuertes, deberá prevenirse la erosión hacia adentro o hacia afuera con los terrenos que lo circundan, para lo cual será necesario proyectar las obras de protección y canalización necesarias. También deberán contar con un diseño hidráulico de las tuberías y otras obras de drenaje internas del proyecto.

El sistema de drenaje de aguas lluvias de toda parcelación será calculado por el urbanizador para intensidades de lluvia que ocurran con una frecuencia de una vez cada cinco años (Período de Retorno), tomando en consideración las características especiales del sector en donde se encuentre ubicada. Para aquellas obras de drenaje cuyo diámetro exceda de 72 pulgadas, su diseño será con Períodos de retorno de diez a veinticinco años, según el caso.

El escurrimiento superficial máximo permisible en cordones y cunetas o canaletas será de cien metros. Casos especiales serán analizados por la OPAMSS.

En toda vía de circulación menor, las tuberías de aguas lluvias se instalarán al centro de las mismas.

En vías vehiculares de diámetro mínimo de conexión de tragante a pozo de visita será de 15 pulgadas y de dos tragantes a pozo, de 18 pulgadas a partir del segundo tragante. Cuando estas vías tengan una longitud total no mayor de 75.00 Mts., el diámetro mínimo de conexión de tragante a pozo de visita será de 15 pulgadas y de dos tragantes a pozo, también de 15 pulgadas a partir del segundo tragante. El diámetro mínimo para tuberías de aguas lluvias sobre una vía vehicular será de 18 pulgadas.

En pasajes Peatonales únicamente, se podrá utilizar canaletas rectangulares o medias cañas de concreto en sustitución de cordones y cunetas.

En Pasajes Peatonales el diámetro mínimo de conexión de tragante a caja de registro o pozo de visita será de 12 pulgadas y de dos tragantes a caja o pozo, será de 15 pulgadas a partir del segundo tragante. El diámetro mínimo sobre pasaje peatonal será de 15 pulgadas.

La distancia permisible entre la parte superior de las tuberías de aguas lluvias y la rasante de las vías será de 1.50 Mts., con la finalidad de evitar interferencias con las tuberías de otros sistemas; pero en caso de no existir dichas interferencias, la distancia en mención podrá reducirse como máximo a 1.00 Mt. Casos especiales serán analizados por la OPAMSS.

En todo cambio de dirección o pendiente de tuberías para aguas lluvias, se deberá construir un pozo de visita o una caja de registro. Las cajas de registro se permitirán únicamente en Pasjes Peatonales en sustitución de pozos de visita y para tuberías con un diámetro máximo de 24 pulgadas. Los pozos de visita y las cajas de registro deberán contar con su correspondiente tapadera de inspección. No se permitirán pozos de visita ni cajas de registro ciegos.

La entrega de aguas pluviales a un colector (quebrada o no), deberá tomar en cuenta el nivel máximo probable de las avenidas de éste último, a fin de no obstaculizar la incorporación de las aguas. Si cae a un río o quebrada, su salida debe de estar en dirección del flujo de las aguas con un ángulo de 45 grados y a no más de 1.00 Mt. de altura para disminuir el golpe de agua al caer. Esta altura podrá ser mayor si se proyecta en el lecho de la quebrada o río, un emplantillado de mampostería de piedra y/o concreto.

La pendiente mínima en tuberías de aguas lluvias será del 0.5%, salvo en casos especiales, y la máxima será la que le corresponda a cada tubería según la tabla siguiente:

DIAMETRO DE TUBERIAS PULGADAS	PENDIENTE MAXIMA PERMISIBLE
12	7.0
15	6.0
18	5.0
24	3.0
30	2.5
36	2.0
42	2.0
48	2.0
60	2.0
72	1.5

Por razones de tipo hidráulico, no se permitirá pasar de una pendiente mayor a otra menor con el mismo diámetro; se podrá utilizar el diámetro inmediato superior. Asimismo, no se permitirá pasar de un diámetro de tubería mayor a otro menor. Casos especiales serán analizados por la OPAMSS.

La pendiente mínima y máxima permisible en bóvedas será determinada en el diseño, pero en todo caso la velocidad mínima de la corriente no podrá ser inferior a 1.00 Mt./Seg. y la máxima no podrá ser superior a 5.00 Mts./Seg., salvo en los casos que se proyecten rampas (rápidos) con una longitud de desarrollo adecuada y con elementos adicionales en su piso (chutes) para disipar la energía de la corriente. Su piso deberá ser de mampostería de piedra con un recubrimiento de concreto simple, de concreto armado o la combinación de ambos.

Los cambios de dirección en bóvedas podrán suavizarse dándole una forma circular en una longitud de desarrollo adecuada. También podrá diseñarse según el caso, una caja especial en sustitución del pozo de visita, la cual deberá contar con una estructura de choque en la dirección de las aguas.

En los puntos de descarga de tuberías y bóvedas o quebradas o ríos, deberán proyectarse cabezales con gradas disipadoras de energía o rampas (rápidos) con una longitud de desarrollo adecuada y con elementos adicionales en su piso (chutes).

#### **ART. III.63 POZOS DE VISITA PARA AGUAS LLUVIAS**

Los pozos de visita para aguas lluvias podrán ser de ladrillo de barro repellados o de piedra, cuando su altura no exceda de 6.00 Mts., cuando su altura sea mayor o en el caso de tener caídas iguales o mayores de 3.00 Mts. éstos deberán ser reforzados adecuadamente, debiendo presentarse en los planos respectivos, los detalles y cálculos estructurales.

La distancia máxima entre pozos de visita será de cien metros (100.00 Metros), con una variación permisible del 15% en casos especiales.

Las tapaderas de los pozos serán de hierro fundido en las vías de circulación vehicular, pudiendo ser de concreto armado en los Pasajes Peatonales.

#### ART. III.64 TRAGANTES

En todas las Vías de circulación Menor serán de ladrillo de barro. Las parrillas de éstos serán de hierro fundido en las vías de circulación vehicular, pudiendo hacerse de concreto armado o de estructura metálica en los Pasajes Peatonales. En las Vías de Distribución y de Reparto, no se permitirán los tragantes rematados. La distancia máxima entre tragantes será de cien metros (100.00 Mts.) Casos especiales serán utilizados por la OPAMSS.

## BIBLIOGRAFIA

"Hidrología para Ingenieros"

Autor: Ray K. Linsley Jr.

Editorial: Mc Graw Hill

Tesis:

"Generación de un Modelo Paramétrico para la determinación de Crecidas en Pequeñas Cuencas".

Autor: Chévez Guerrero, Diógenes de Jesús

Universidad de El Salvador.

Manual de Hidrología, Tomo I,III.

Autor: Rafael Heras

Reglamento de la Ordenanza del Control del

Desarrollo Urbano y de la Construcción. OPAMSS

Manual Técnico de Sistemas RIB-LOC

Durman Esquivel.